



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**EDIVANIA DANIEL DE LIMA**

**ESTUDO DO DESPELICULAMENTO DA AMÊNDOA DA CASTANHA DE CAJU COM  
APLICAÇÃO DE BAIXAS TEMPERATURAS E ULTRA-SOM.**

**FORTALEZA  
2009**

**EDIVANIA DANIEL DE LIMA**

**ESTUDO DO DESPELICULAMENTO DA AMÊNDOA DA CASTANHA DE CAJU COM  
APLICAÇÃO DE BAIXAS TEMPERATURAS E ULTRA-SOM.**

Dissertação submetida à apreciação da banca examinadora do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Ciências e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. José Osvaldo Beserra Carioca

**FORTALEZA  
2009**

EDIVANIA DANIEL DE LIMA

**ESTUDO DO DESPELICULAMENTO DA AMÊNDOA DA CASTANHA DE CAJU COM  
APLICAÇÃO DE BAIXAS TEMPERATURAS E ULTRA-SOM**

Dissertação submetida à apreciação da banca examinadora do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Ciências e Tecnologia de Alimentos.

Aprovada em \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA

---

**Prof. Dr. José Osvaldo Beserra Carioca (Orientador)**  
Universidade Federal do Ceará-UFC

---

**Prof. Dr. Marcos Rodrigues Amorim Afonso**  
Universidade Federal do Ceará-UFC

---

**Dr. Lucas Antônio de Sousa Leite**  
Centro Nacional de Pesquisa Agroindústria Tropical-EMBRAPA

## Dedico

À Deus, meus pais José Daniel de Lima e Terezinha Portácio de Lima e aos meus irmãos Edilma, Eliezer e Evandro Daniel de Lima por todo apoio e incentivo que sempre tiveram para fazer chegar onde cheguei e me tornar a pessoa que sou hoje.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo Dom da vida e por abençoar minha caminhada.

Aos meus pais, por todo amor, dedicação e apoio em todos os momentos de minha vida.

Ao meu orientador, Prof. Dr. José Osvaldo Beserra Carioca, pelos preciosos esclarecimentos e pela agradável maneira com que conduziu esta orientação, sempre me apoiando e acreditando no meu potencial, serei eternamente grata por seus ensinamentos e amizade.

Ao pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Francisco Fábio de Assis Paiva, pela co-orientação realizada no trabalho, pela ajuda na elaboração dos testes experimentais e principalmente pela amizade que com certeza foi gerada entre nós.

Ao pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Dr. Lucas Antônio de Sousa Leite, pela vasta experiência profissional aportada a este projeto e pela participação na comissão julgadora na defesa da minha dissertação.

Ao professor Marcos Rodrigues Amorim Afonso pela participação na comissão julgadora na defesa da minha dissertação.

Ao pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Antonio Calixto Lima por orientações em parte da análise estatística e na redação da dissertação.

Às colegas do curso de mestrado, Sandra, Mariana, Tânia Sulamytha, Ana Maria, Lívia, Josiele, Patrícia e Claudia pela amizade e companheirismo nesta etapa tão importante de nossas vidas.

À Embrapa Agroindústria Tropical, pela colaboração com apoio técnico e financeiro para a realização e custeio dos trabalhos experimentais.

A todos aqueles que, de maneira direta ou indireta, tenham colaborado com a realização deste trabalho e que eu tenha esquecido de mencionar.

## RESUMO

As indústrias brasileiras de beneficiamento da castanha de caju têm sofrido atualmente dificuldades em superar gargalos tecnológicos, trazendo como conseqüências a elevação de custos e a limitação de implementar melhorias nos atributos de qualidade que o mercado mais valoriza. As evidências dessa problemática são resultantes dos procedimentos operacionais do sistema mecanizado que repercutem sobremaneira na qualidade da amêndoa. A aplicação de altas temperaturas no processo de cozimento em LCC provoca a aderência da película na superfície da amêndoa, além da incidência de manchas. A etapa de despeliculagem nesse processo também favorece os altos índices de quebra de amêndoas inteiras. Esses fatores reduzem a capacidade de adicionar valor a um produto, até então, com relevante aceitação no mercado internacional de nozes. O presente estudo foi realizado com o objetivo de se identificar uma rota tecnológica alternativa para o despeliculamento da amêndoa da castanha de caju (*Anacardium occidentale*, L). A tecnologia de despeliculamento com uso de baixas temperaturas e ultra-som é um método inovador, apresentando-se com uma ampla possibilidade de aplicação tanto para o beneficiamento da castanha de caju em pequena escala, como também para grande escala de produção. Por meio dessa técnica há a possibilidade de se obter uma amêndoa isenta de película e manchas e com baixos índices de quebra, agregando valor ao produto. No presente trabalho foram utilizadas castanhas de caju cedidas pela Embrapa Agroindústria Tropical em Fortaleza/Ceará. O desempenho do processo de despeliculamento foi estudado utilizando os seguintes parâmetros: classe de castanhas por tamanho (Pequena, Média e Grande), tratamento com congelamento estabelecidos em três tempos (24, 48 e 72 horas), tratamento com o ultra-som estabelecido em três tempos (10, 15 e 20 minutos) e estufagem (70°C em 6 horas). Os resultados obtidos foram os seguintes: o despeliculamento no tempo de 24h de congelamento e 10 minutos de ultra-som, as amêndoas da classe P obtiveram os melhores resultados, onde foram totalmente despeliculadas. No despeliculamento com congelamento de 48h, os melhores resultados foram observados nos tempos de 10 minutos de ultra-som para as amêndoas da classe Média e Pequena e nos tempos de 15 e 20 minutos para as amêndoas da classe Pequena e Grande respectivamente. Já com o despeliculamento no tempo de 72h de congelamento, os melhores resultados foram com 15 minutos de ultra-som para as amêndoas de classe Grande e 20 minutos para as amêndoas de classe Média.

**Palavras – chave:** amêndoa da castanha de caju; despelculamento; congelamento; ultra-som.

### ABSTRACT

Brazilian Industries of Cashew nuts processing have actually had difficulties to overcome technological bottlenecks, which bring as consequences the increase in cost and limitation to implement improvements in quality attributes most appreciate by the market. The evidences of these problems come from the mechanized system of operational procedures that impact particularly on the quality of the kernel. The application of high temperatures in the process of cooking the LCC causes the adhesion of the film on the surface of the kernel, and the incidence of blemishes. The disfilm stage of this process also favors the high rate of whole kernels breaking. These factors dramatically reduce the ability to add value to a product, so far, with relevant acceptance in the nut's market. This study was conducted with the objective of identifying an alternative route to a technological disfilm of the kernel of the cashew nut (*Anacardium occidentale*,L). The technology of disfilm using low temperature and ultrasound is a novel method, presenting a wide possibility of application both for the improvement of cashew nuts on a small scale, but also for large scale production. Through this technique it is possible to get a nut free of films and spots with low rates of decline, adding value to the product. In the present study there were used cashew nuts provided by Embrapa Tropical Agroindustry in Fortaleza / Ceará. The performance of the disfilm was studied using the following parameters: kind of nuts by size (Small, Medium and Large), treatment with freeze set in three times (24, 48 and 72 hours), treatment with ultrasound established in three times (10, 15 and 20 minutes) and drying (70 ° C in 6 hours). The results obtained were as follows: in the disfilm time of 24 hours of freezing and 10 minutes of ultrasound, the kernels of the Small class had the best results, in which they were fully disfilmed. In disfilm time of 48 hours of freezing, the best results were observed in time of 10 minutes of ultrasound for the kernels of the Medium and Small class, in times of 15 and 20 minutes for small and large class kernels respectively. while in the disfilm time of 72 hours of freezing, the best results were with 15 minutes of ultrasound for kernels Large class and 20 minutes for kernels Medium class.

**Keywords:** kernel of cashew nuts; disfilm; freezing; ultrasound

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Estrutura da castanha.....	16
FIGURA 2 – Estrutura molecular da catequina.....	18
FIGURA 3 – Estrutura molecular de um tanino condensado com uma catequina.....	18
FIGURA 4 – Participação percentual na produção mundial da castanha de caju.....	22
FIGURA 5 – Participação percentual na produção brasileira da castanha de caju .....	25
FIGURA 6 – Fluxograma do processo artesanal.....	31
FIGURA 7 – Processo artesanal .....	32
FIGURA 8 – Fluxograma do processo mecanizado.....	34
FIGURA 9 – Fluxograma do processo semi-mecanizado.....	37
FIGURA 10 – Amêndoa SLW.....	41
FIGURA 11– Amêndoa LW.....	41
FIGURA 12 – Classes de amêndoas.....	42
FIGURA 13 – Cuba de ultra-som.....	51
FIGURA 14 – Superfície de resposta para os processos de despeliculamento nas amêndoas da classe Pequena.....	64
FIGURA 15 - Superfície de resposta para os processos de despeliculamento nas amêndoas da classe Média.....	65
FIGURA 16 - Superfície de resposta para os processos de despeliculamento nas amêndoas da classe Grande.....	66

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Produção mundial da castanha e amêndoas de caju - 2006	12
TABELA 2 - Composição química proximal e valor de energia bruta da película da amêndoa da castanha de caju.....	17
TABELA 3 - Composição global da amêndoa do caju (%) segundo alguns autores.....	19
TABELA 4 - Composição dos Aminoácidos da Amêndoa da Castanha de Caju (%).....	20
TABELA 5 – Participação mundial dos produtores de castanha de caju por produção.....	21
TABELA 6 – Participação mundial dos produtores de castanha de caju por área colhida.....	21
TABELA 7 – Especificação técnica das classes da castanha.....	40
TABELA 8 - Especificação técnica dos tipos de castanha.....	41
TABELA 9 – Delineamento experimental para despeliculamento com congelamento e umidificação.....	55
TABELA 10 – Delineamento experimental para despeliculamento utilizando fatorial completo 3 <sup>3</sup> .....	56
TABELA 11 – Respostas experimentais dos ensaios de despeliculamento com 24h de congelamento.....	61
TABELA 12– Respostas experimentais do despeliculamento com 48h de congelamento.....	62
TABELA 13 – Respostas experimentais do despeliculamento com 72h de congelamento.....	62
TABELA 14 – Análise do controle sem o uso do ultra-som.....	63
TABELA 15 – Análise de variância para o ultra-som e os blocos .....	63

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>iv</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>v</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>15</b>

<b>2.1. Objetivos específicos.....</b>	<b>15</b>
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>16</b>
<b>3.1. Aspectos gerais.....</b>	<b>16</b>
<b>3.2. Composição química da amêndoa.....</b>	<b>19</b>
<b>3.3. Produção mundial da castanha de caju.....</b>	<b>21</b>
<b>3.4. Produção da castanha de caju no Brasil.....</b>	<b>24</b>
<b>3.5. O Processo produtivo do beneficiamento da castanha de caju.....</b>	<b>26</b>
3.5.1. O processo produtivo de beneficiamento da castanha de caju no mundo .....	28
3.5.1.1. África.....	28
3.5.1.2. Índia.....	28
3.5.1.3. Sri Lanka.....	29
3.5.1.4. Vietnã.....	30
3.5.1.5. Brasil.....	30
3.5.2. Etapas do sistema artesanal .....	31
3.5.3. Etapas do sistema mecanizado.....	34
3.5.4. Etapas do sistema semi-mecanizado.....	37
<b>3.6. Legislação.....</b>	<b>40</b>
3.6.1. Classes.....	41
3.6.2. Tipos.....	44
<b>3.7. Despeliculagem.....</b>	<b>46</b>
<b>3.8. Radiação ultra-sônica.....</b>	<b>48</b>
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>50</b>
<b>4.1. Materiais.....</b>	<b>50</b>
4.1.1. Matéria prima.....	50
4.1.2. Máquinas e equipamentos.....	50
4.1.3. Reagentes dos testes preliminares.....	51
4.1.4. Equipamentos dos testes preliminares.....	51
<b>4.2. Métodos.....</b>	<b>52</b>
4.2.1. Métodos preliminares de despeliculamento.....	52
4.2.1.1. Despeliculamento com uso de solução emulsificante com concentração de 1% e 5% .....	53
4.2.1.2. Despeliculamento com uso de etanol.....	53
4.2.1.3. Despeliculamento com aplicação de escova e esponja umidificada.....	54
4.2.1.4. Despeliculamento com aplicação de umidificação e congelamento.....	54
4.2.1.5. Despeliculamento com aplicação do congelamento.....	55
4.2.2. Método de despeliculamento com congelamento e ultra-som.....	56
4.2.2.1. Delineamento dos experimentos.....	56
4.2.2.2. Metodologia.....	57
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>58</b>
<b>5.1. Resultados e discussões dos testes preliminares.....</b>	<b>58</b>
5.1.1. Despeliculamento com uso de solução emulsificante com concentração de 1% e 5%.....	58
5.1.2. Despeliculamento com uso do etanol.....	58

5.1.3. Despeliculamento com aplicação de escova e esponja umidificada.....	59
5.1.4. Despeliculamento com aplicação do congelamento e umidificação.....	59
5.1.5. Despeliculamento com aplicação do congelamento.....	60
<b>5.2. Resultados e discussões das amêndoas despeliculadas após processo de congelamento com ultra-som. ....</b>	<b>61</b>
<b>5.3. Análise de superfície de resposta para os processos de congelamento e ultra-som.....</b>	<b>64</b>
<b>6. CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....</b>	<b>67</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>70</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O cajueiro é geralmente cultivado em países de Terceiro Mundo, dos quais a Índia, o Brasil, Moçambique, Tanzânia e o Quênia são os tradicionais (LEITE, 1994). A sua exploração comercial representa incremento no número de empregos, aumento de renda e de arrecadação para estas nações, razões pelas quais o cultivo da planta tem aumentado em outros países emergentes, tais como Guiné-Bissau, Benin, Indonésia, Tailândia e Vietnã.(LOPES NETO, 1997).

A produção mundial comercializável da castanha e amêndoa de caju está concentrada em países como: Índia, Brasil e Vietnã, África oriental e ocidental, como pode ser observado na Tabela 1 (THE CRACKER, 2007).

Tabela 1 - Produção mundial de castanha e amêndoas de caju - 2006

<b>Origem</b>	<b>Produção (mil toneladas)</b>	<b>Importação/ Exportação (mil toneladas)</b>	<b>Produção (mil caixas)</b>	<b>Consumo Doméstico (mil caixas)</b>	<b>Exportação (mil caixas)</b>
<b>SUL</b>					
<b>Setembro/Janeiro</b>					
<b>Brasil</b>	295	0	2950	350	2600
<b>África (Leste)</b>	152	97	550	15	535
<b>Indonésia + Camboja, Tailândia</b>	115	103	120	0	120

<b>NORTE</b>					
<b>Fevereiro/Junho</b>					
<b>Índia</b>	320	555	8750	4000	4750
<b>Vietnã</b>	280	100	3800	40	3760
<b>África (Oeste)</b>	476	455	210	15	195
<b>TOTAL</b>	1638	0	16380	4420	11960

Atualmente o Brasil ocupa o terceiro lugar na produção mundial de castanha "in natura" e, também, na oferta de amêndoa da castanha de caju (ACC). O cajueiro no Brasil é disseminado em todo o território, entretanto em termos de importância econômica, a sua exploração concentra-se no Nordeste, principalmente nos Estados do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte, com mais de 95% da produção ocupando uma área de 700 mil hectares, onde é responsável por 300 mil empregos diretos e indiretos (SINDCAJU, 2006).

Dentre os subprodutos gerados pelo beneficiamento da castanha de caju destacam-se a amêndoa da castanha de caju (ACC) e o líquido da casca da castanha de caju (LCC). O produto de maior expressão econômica do cajueiro é a amêndoa, parte comestível da castanha, que representa em média 30% do seu peso (SANTOS, 1988).

De acordo com Arango (1994), a qualidade da amêndoa de castanha de caju pode ser definida como um conjunto de características sensoriais tais como, gosto, cor, cheiro e homogeneidade morfológica. Nesse caso, atributos como tamanho, integridade física do produto, cor e sabor são relevantes na determinação das preferências do consumidor final.

As indústrias tradicionais de beneficiamento, no entanto, vêm sofrendo perda de qualidade em função dos equipamentos utilizados e do processo de beneficiamento, que se reflete no índice de amêndoas inteiras, na incidência de manchas e na coloração das mesmas. Este quadro prejudica a exportação de amêndoas, que é uma das principais fontes geradoras de divisas para alguns estados da região, como o Ceará e o Rio Grande do Norte.

Atualmente o processo mais utilizado está sendo o mecanizado. Este processo se torna inviável aos pequenos produtores rurais que, por não poderem arcar com o beneficiamento de sua própria produção, são obrigados a vender a mesma a preços aviltados para atravessadores que têm acesso às grandes indústrias.

Outro problema do processo está na aderência da película e na absorção do LCC (líquido da casca da castanha) pela amêndoa, devido ao uso do banho em LCC quente para o

cozimento das castanhas antes do corte. No processo de corte, as amêndoas que saem da máquina praticamente despeliculadas, absorvem o LCC ficando escurecidas e com gosto amargo, perdendo o seu valor para o comércio internacional.

Dessa forma, novas pesquisas devem ser realizadas no desenvolvimento de processos para otimizar o beneficiamento da amêndoa de castanha de caju e promover um produto com alto padrão de qualidade exigido pelo mercado, proporcionando um despeliculamento satisfatório, ausência de manchas e redução de índice de quebras, agregando assim, valor ao produto.

Tendo em vista que a ocorrência da aderência da película, índice de quebras e a incidência de manchas nas amêndoas ocorrem na etapa de corte e despeliculagem, um tipo de processo promissor para a remoção da película da amêndoa da castanha de caju é o despeliculamento com uso de baixas temperaturas e ultra-som. É um método relativamente novo que consiste em criar um sistema que submeta a abertura da castanha a baixas temperaturas antes do corte e a posterior retirada da película na amêndoa com o auxílio de ultra-som. Dessa forma a amêndoa não sofre nenhum impacto físico que possa danificá-la e o LCC é conservado na sua forma bruta.

Neste sentido, o processo utilizando baixas temperaturas e aplicação de ultra-som poderá proporcionar um produto com características sensoriais e físico-químicas adequadas, além de promover uma redução em amêndoas quebradas, manchas e com coloração de acordo com o padrão de identidade e qualidade exigido pelo mercado.

## **2. OBJETIVOS**

O presente estudo tem como objetivo avaliar a eficiência do método de despêliculamento da amêndoa da castanha de caju – ACC, com aplicação do frio e do uso do ultra-som para a remoção da película da amêndoa. A conjugação desses fatores tem o intuito de avaliar o desempenho deste processo e dos seus atributos qualitativos e quantitativos em comparação com o sistema tradicional de beneficiamento utilizado pelas indústrias, que utilizam o calor.

### **2.1 Objetivos específicos:**

- a) Avaliar o potencial de utilização de novas rotas de processamento da castanha de caju;
- b) Avaliar os métodos de despêliculamento tradicionais;
- c) Avaliar o potencial de agregação de valor das amêndoas de castanha de caju quando submetidas aos processos conjugados de frio e ultra-som.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1. Aspectos gerais

Segundo Neto (2006), a castanha, verdadeiro fruto do cajueiro, constitui-se de um aquênio reniforme cuja forma apresenta a seguinte descrição: o pericarpo (a casca) de 1/8 polegada de espessura, de cor cinzenta, é constituído de um epicarpo coriáceo, atravessado por minúsculos poros e um endocarpo muito duro fortemente mineralizado, separados por um espesso mesocarpo alveolado, onde existe um bálsamo castanho-escuro, chamado impropriamente de óleo, de poder inseticida capaz de proteger a amêndoa do ataque de insetos (Figura1).



Figura 1 – Estrutura da castanha

A casca representa de 65% a 70% do peso da castanha, é constituída por um epicarpo coriáceo caracterizado por uma fina camada externa, que quando recém-colhida apresenta-se esverdeada e macia; seca, torna-se coriácea e de cor castanho-acizentado. No interior do epicarpo encontra-se o espesso mesocarpo esponjoso, com estrutura alveolar, no qual está contido o líquido fenólico, popularmente conhecido como líquido da casca da castanha (LCC), industrialmente valioso (PAIVA *et al.*, 1996).

A amêndoa contém uma película envolvente que é removida durante o processamento, do qual são extraídos alcalóides e taninos.(PINHEIRO *et al.*, 2000). Essa película encontrada dentro do mesocarpo, representa em média, 2,5% do peso total da castanha com variação de 2 a 3,2% (TREVAS FILHO, 1971). Seus teores de proteínas e carboidratos permitem aproveitá-la na composição de rações para aves e bovinos. A composição química dessa película pode ser observada na Tabela 2.

Tabela 2 -Composição química proximal e valor de energia bruta da película da amêndoa da castanha de caju

<b>MATÉRIA SECA (%)</b>	93,96
<b>PROTEINA BRUTA (%)</b>	12,60
<b>FIBRA (%)</b>	11,93
<b>EXTRATO ETÉREO (%)</b>	13,90
<b>CÁLCIO(%)</b>	0,11
<b>PROTEINA(%)</b>	0,15
<b>ENERGIA BRUTA (Kcal/Kg)</b>	5365
<b>ÁCIDO TÂNICO (%)</b>	41,8

FONTE: MAIA *et alii* (1981)

A riqueza em taninos chega a 25% do peso da película, podendo tornar-se um substituto aceitável da casca de acácia negra na produção dessa substância de uso consagrado na indústria de curtumes (LIMA, 1988).

A película que envolve a amêndoa também possui beta-sitosterol e epicatequinas (UDR, 2009). Os taninos condensados encontrados na película são constituídos por monômeros do tipo catequina e são conhecidos por flavonóides, estando presentes nas cascas de diversas espécies florestais (HASLAM, 1966; PIZZI, 1993).

As catequinas pertencem a um grupo de polifenóis encontrados nas folhas de *Camellia sinensis*, matéria-prima para a produção de chás verde e preto. Esses polifenóis são compostos incolores, hidrossolúveis, que contribuem para o amargor e a adstringência do chá verde (BALENTINE *et al.*, 1997).

Nas figuras 2 e 3 são indicadas respectivamente a estrutura molecular de uma catequina e de um tanino condensado com uma molécula de catequina agregada.

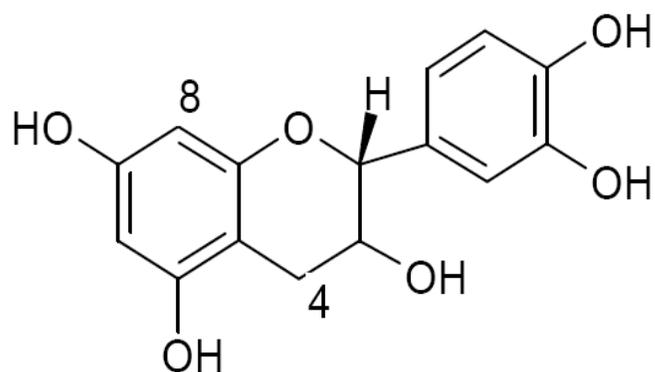


Figura 2 – Estrutura molecular da catequina

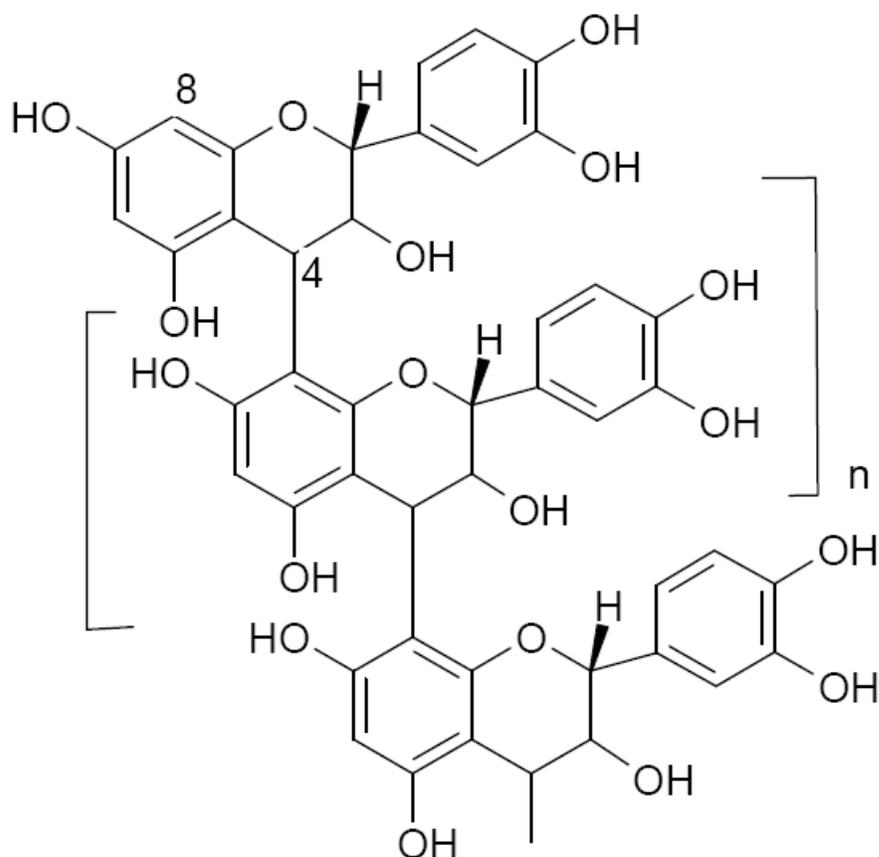


Figura 3 – Estrutura molecular de um tanino condensado

A amêndoa é formada por dois cotilédones de cor marfim, representando cerca de 28 a 30% do seu peso, com rendimento médio de 23% no processamento industrial (SOARES, 2005). A amêndoa da castanha de caju destaca-se pela riqueza em proteínas, em média de 25%, gorduras 46% e carboidratos 25%. Na sua composição encontram-se nove dentre os dez aminoácidos essenciais. As gorduras são compostas de ácidos graxos predominantemente monoinsaturados, a exemplo do ácido oléico, cujo consumo pode influenciar na redução do teor de colesterol no sangue (NETO, 2006).

No beneficiamento da castanha de caju, o aproveitamento industrial ainda é muito limitado à produção da amêndoa inteira e salgada, para ser consumida como aperitivo, normalmente acompanhando bebidas alcoólicas, ou a amêndoa partida, utilizada como insumo nos segmentos de confeitaria e panificação.(EMBRAPA, 2003).

### 3.2. Composição química da amêndoa

A amêndoa da castanha de caju tem alto valor nutritivo. Aqui, como acontece para o caju, há grande variação na sua composição química.

A Tabela 3 mostra a composição da amêndoa segundo (A) Adriano (1926), Wealth (1948), Parpa & Subrahmanyam (1959) e em (B) Finzi (1966), todos citados por Ohler (1979). (SOARES, 1986).

Tabela 3 - Composição global da amêndoa do caju (%) segundo alguns autores.

DETERMINAÇÕES	A	B
	%	%
Proteínas	21	21
Gorduras	47	44
Carboidratos	22	29
Composição das gorduras em ácidos graxos	-	-
Ácido oléico	73,73	59,60
Ácido linoléico	7,67	19,62
Ácido palmítico	-	0,89
Ácido esteárico	11,24	8,75
Ácido lignocérico	0,15	-
Matéria não saponificável	0,42	-

Fonte: Adriano (1926), Wealth (1948), Parpa & Subrahmanyam (1959), Finzi (1966), apud Ohler (1979).

De acordo com as análises efetuadas por Maia & Stull (1977), na fração lipídica da amêndoa da castanha, demonstraram que os ácidos graxos predominantes são: o oléico, linoléico, palmítico e esteárico, que juntos respondem por mais de 97% do total de ácidos graxos da amêndoa.

Do ponto de vista nutricional, cumpre considerar que o óleo da amêndoa da castanha de caju apresenta composição de ácidos graxos adequada, pois contém predominantemente ácidos insaturados. Hoje em dia, sabe-se que gorduras contendo grande proporção de ácidos graxos insaturados reduzem o teor de colesterol do sangue.

A Tabela 4 apresenta a composição dos aminoácidos nas proteínas presentes nas amêndoas da castanha de caju.

Tabela 4 - Composição dos Aminoácidos da Amêndoa da Castanha de Caju (%).

<b>Aminoácidos</b>	<b>SUBRAMANIAN (1957) (%)</b>	<b>MONTEFREDINI (1962) (%)</b>	<b>FETUGA et al. (1975) (%)</b>
Ácido glutâmico	28,00	6,51	18,74
Leucina	11,93	2,62	6,51
Isoleucina	-	-	3,86
Alanina	3,18	2,35	3,70
Fenilalanina	4,35	-	3,89
Tirosina	3,20	1,42	2,37
Arginina	10,30	2,14	10,70
Glicina	5,33	1,12	4,60
Histidina	1,81	0,88	2,06
Lisina	3,32	0,26	4,04
Metionina	1,30	-	1,40
Cistina	1,02	0,21	1,78
Treonina	2,78	-	3,10
Valina	4,53	-	5,80
Triptofano	-	-	1,37
Ácido Aspártico	10,78	-	9,20
Prolina	-	-	3,72
Serina	5,76	-	4,76

Fonte: SUBRAMANIAN (1957), MONTEFREDINI (1962), FETUGA et al. (1975) apud OHLER (1979).

### **3.3. Produção mundial da castanha de caju**

A produção de castanha de caju está totalmente concentrada em países em desenvolvimento intertropicais, nas regiões de temperaturas mais elevadas e estação seca bem definida, onde o cajueiro encontra condições ideais de crescimento. A rusticidade da planta permite que os pomares se localizem em áreas onde outras culturas têm dificuldade de prosperar, enquanto a relativa facilidade do cultivo e a ocorrência da colheita na entressafra de outras culturas locais permitem a absorção de mão de obra pouco qualificada e abundante nas zonas rurais desses países (USAID, 2006).

Em se tratando de produção da castanha, destaca-se o Vietnã, que começou a plantar cajueiros há 15 anos, utilizando apenas os clones ou pés-francos (mudas de sementes) do cajueiro anão precoce, e está deslocando produtores tradicionais de castanha de caju como a Índia, o Brasil e outros

países do continente africano. Em 2004, o Vietnã já superou a Índia na produção de castanha, como se pode observar na tabela 5 e 6(FAO, 2005).

Tabela 5 - Participação mundial dos produtores de castanha de caju por produção

<b>Países</b>	<b>1994</b>	<b>1996</b>	<b>1998</b>	<b>2000</b>	<b>2002</b>	<b>2004</b>
Índia	33	32	29	31	24	20
Brasil	14	13	4	8	9	9
Vietnã	20	18	17	16	27	36
África Ocidental	13	15	23	23	19	19
África Oriental	7	12	13	12	9	7
Outros	13	10	14	10	12	9

FONTE: FAO,2005

Produção (mil ton métricas) - 1994/2004

Tabela 6 - Participação mundial dos produtores de castanha de caju por área colhida

<b>Países</b>	<b>1994</b>	<b>1996</b>	<b>1998</b>	<b>2000</b>	<b>2002</b>	<b>2004</b>
Índia	26	27	25	24	25	24
Brasil	31	23	23	22	22	22
Vietnã	8	8	7	7	8	9
África Ocidental	16	20	25	27	28	28
África Oriental	5	6	5	5	5	5
Outros	14	16	15	15	12	12

FONTE: FAO, 2005

Área colhida (mil ha) – 1994/2004

A Índia, Vietnã e o Brasil são os maiores produtores mundiais. Em 2005 eles produziram respectivamente 400, 300 e 270 mil toneladas cada. Já os países formadores da região norte da África produziram juntos 400.000 toneladas, sendo eles: Nigéria, Benin, Ghana, Costa do Marfim, Burkina Faso e Guiné Bissau. A África Oriental e Ocidental ocupou uma posição de destaque no cenário mundial já que a produção de Moçambique, Tanzânia e Kenia totalizaram cerca de 165 mil toneladas (Sindicaju, 2006).

A figura 4 apresenta a participação na produção mundial dos principais países produtores da castanha de caju.

## PARTICIPAÇÃO PERCENTUAL NA PRODUÇÃO MUNDIAL DA CASTANHA DE CAJU

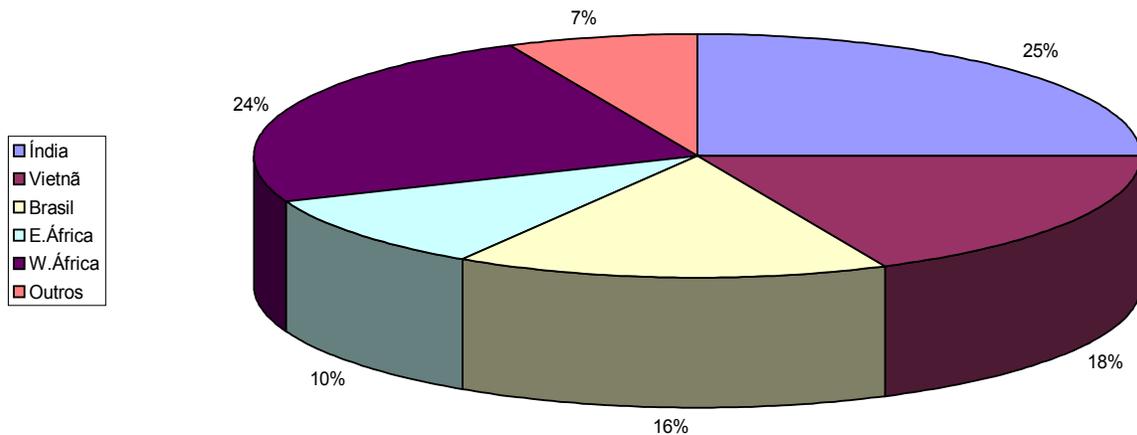


Figura 4 - Produção mundial da castanha de caju

Fonte: SINDICAJU, 2006

Devido à produção, o processamento para extração da amêndoa da castanha de caju concentra-se em três países - Índia, Vietnã e Brasil, nesta ordem - que respondem aproximadamente 354 mil toneladas ou 15.650 caixas de 50 libras de amêndoas da castanha de caju, com destaque para a crescente participação do Vietnã nos últimos anos (ITNC, 2004).

Além da referência na quantidade produzida, a Índia e o Vietnã também se destacam como países exportadores da castanha de melhor qualidade. Esta característica se explica no beneficiamento do produto. Enquanto no Brasil a maior parte do processo é feita mecanicamente, prejudicando a qualidade da castanha, nos referidos países, devido ao excesso de mão de obra, todo o processamento é feito manualmente. Tal procedimento garante uma castanha praticamente

sem quebras e/ou defeitos, elevando seu padrão de classificação para os melhores níveis de exportação (USAID, 2006).

A comparação entre a cajucultura destes três principais países produtores e processadores revela que a Índia, por seu pioneirismo no setor, enfrenta dificuldade em substituir seus cajueiros ainda tradicionais, semi-extrativistas, mas segue firme aumentando a área plantada com espécies mais produtivas, enquanto emprega o processo de extração de amêndoas manual apoiado em seu elevado contingente populacional de baixa renda. O Brasil, por sua vez, tem um percentual equivalente de cajueiros anões precoces, mas o processamento da castanha é praticamente todo feito pelo sistema tradicional, mecanizado e de baixo rendimento de amêndoas inteiras. O Vietnã, participante mais recente e onde também existe abundância de mão-de-obra barata, adotou o melhor dos modelos, exclusivamente com cajueiros anões no campo e com a extração manual prevalecendo no processamento (USAID, 2006).

A prática de extração manual da castanha para obter tipos mais nobres também vinha sendo empregada pela Índia com bastante sucesso há mais de duas décadas, baseada no baixo custo da sua mão de obra rural, refreando a perda de participação que o país vinha enfrentando depois da entrada do Brasil no mercado no final da década de 1960. Porém, a participação da Índia começou a cair a partir do momento que o Vietnã copiou seu processo de extração e implantou cultivares mais produtivos, também em pequenas propriedades (USAID, 2006).

### **3.4. Produção da castanha de caju no Brasil**

O Brasil teve o valor econômico do cultivo do cajueiro reconhecido no começo da Segunda Guerra Mundial, quando havia uma demanda considerável do líquido da castanha de caju para o esforço da guerra norte-americana (AZAM-ALI & JUDGE, 2001).

Passado este período, os EUA tornaram-se novamente o alvo da produção nacional. Desta vez o objetivo era a exportação da Amêndoa da Castanha de Caju (ACC). Na época o Brasil e a Índia eram os maiores exportadores mundiais, assim, o primeiro abastecia o mercado

americano, enquanto o segundo era responsável pelo abastecimento do mercado soviético. Tal situação prevaleceu até 1983 (CONAB, 2007)

A partir desta data o mercado soviético deixou de adquirir as amêndoas da Índia, que se tornou a maior concorrente do Brasil no mercado internacional. Nos dias atuais, o agronegócio do caju ainda contribui de maneira relevante para o desenvolvimento social e econômico da região nordestina (CONAB, 2007).

A expansão de áreas do caju começou ao término dos anos 1960 por incentivos fiscais e fundos do governo. Este aumento na produção permitiu ao Brasil entrar no mercado internacional, embora os rendimentos atuais da colheita fossem baixos. O cultivo do caju, do qual 99% estão no nordeste do país, é de grande importância econômica para os estados do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte, as quais algumas fazem parte das regiões mais pobres (CDI, 1995).

A ocupação de mão-de-obra temporária nos trabalhos de colheita que ocorre no período de setembro a dezembro chega a 200 mil pessoas. Estratificando estes números entre os principais Estados produtores, vê-se que no Ceará são gerados 30.000 empregos diretos e 100.000 indiretos (SINDICAJU, 2006). No Piauí a atividade proporciona 28.300 trabalhadores rurais permanentes e 56.700 temporários. (EMBRAPA, 2003). Sob a ótica econômica, a cajucultura atualmente ocupa 670 mil hectares, que representam 99% da área com cajueiro no Brasil. O Ceará, Piauí, Rio Grande do Norte, Maranhão, Pernambuco e Bahia são os Estados com maior participação na área plantada.

A figura 6 apresenta dados percentuais sobre a produção nacional dos principais estados produtores da castanha de caju.

## PARTICIPAÇÃO PERCENTUAL NA PRODUÇÃO BRASILEIRA DA CASTANHA DE CAJU

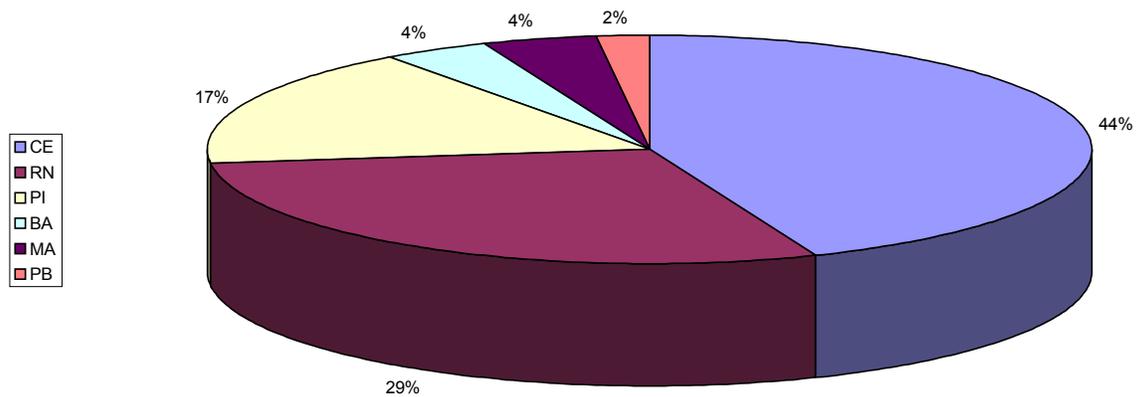


Figura 5 – Produção nacional da castanha de caju

Fonte: IBGE, 2006

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2005 a safra total foi de 148.042 t. Desta, os referidos estados produziram um percentual de 90%, traduzidos em 133.996 toneladas. Ressalta-se que de 1000 kg de castanha de caju obtém-se 230 kg de amêndoa (CONAB, 2007).

### 3.5. O Processo produtivo do beneficiamento da castanha de caju

O sistema de beneficiamento da castanha de caju pode ser realizado por três tipos de processo: artesanal, semi-mecanizado e mecanizado. O que diferencia os três processos é a tecnologia adotada no descasque da castanha, que pode ser feito manualmente, por corte mecanizado ou semi-mecanizado.(FIGUEIREDO & GUALBERTO FILHO, 1997)

O processo artesanal de beneficiamento da castanha ainda é muito adotado em pequenas propriedades no interior do Nordeste, principalmente no Piauí e Bahia, assim como também na Índia Ocidental e na África, consistindo basicamente em colocar as castanhas em chapas metálicas sob fogo intenso até a total queima do LCC, resultando numa castanha escura e de fácil abertura, os quais são utilizados pedaços de madeira ou metal para a quebra individual das castanhas. A soltura da película é facilitada devido ao processo inicial de queima da castanha, que chega a assar parcialmente a amêndoa. A produtividade está em torno de 1 a 10kg por oito horas de trabalho, obtendo um rendimento de 90 a 95% em termos de amêndoas inteiras. Este processo apresenta vários inconvenientes, principalmente das condições precárias de higiene do ambiente utilizado, que na maioria dos casos são realizados em beira de estradas e locais inadequados nas próprias casas.(SEBRAE, 2004; FIGUEIREDO & GUALBERTO FILHO, 1997)

No processo mecanizado, todas as etapas do processamento são eminentemente mecânicas, desde a limpeza da matéria prima em esteiras vibratórias, até a embalagem. O corte é realizado por decorticadoras que tem uma ótima produtividade, chegando a fazer uma média de 1000 caixas por dia, mas apresenta um baixo rendimento em termos de amêndoas inteiras, cerca de 60-65% (FIGUEIREDO & GUALBERTO FILHO, 1997).

A opção deliberada de mecanizar o descasque da castanha de caju teve início na metade da década de 1970, quando em face dos problemas de oferta ocasionados pela derrocada de Moçambique induziram os preços da amêndoa de castanha de caju, que praticamente haviam duplicado. A busca de redução do quadro de pessoal foi outro atrativo que contribuiu para a mecanização. Por fim, a existência e a facilidade de obtenção de incentivos fiscais contribuíram para que isso ocorresse. Com a mecanização observou-se o crescimento da ociosidade industrial, que eleva os custos, e o baixo rendimento de amêndoas inteiras que comprometem a

competitividade desta indústria e reduz drasticamente a sua capacidade de adicionar valor ao produto (LEITE, 1994).

No processo semi-mecanizado que consiste no corte manual, as castanhas previamente limpas e selecionadas são retiradas do armazém e submetidas a uma autoclavagem com vapor úmido saturado, utilizando-se pressão a 10 s.i. , por quinze a vinte minutos, com equipamentos tipo vaso cozedor com geração própria de vapor ou com auxílio de uma caldeira. Após o resfriamento, realiza-se o corte individual de cada castanha em máquinas de operação manual. Estas máquinas são dotadas de duas lâminas curvas que acompanham o formato da castanha e realizam a separação da casca da amêndoa. As amêndoas com película são levadas para a estufa para posterior despeliculagem, seleção, classificação e embalagem (SEBRAE, 2004).

Fatores específicos influenciam no processo semi-mecanizado ou manual tais como: boa autoclavagem, regulagem adequada das lâminas de corte e habilidade do operador da máquina de corte manual, repercutindo no rendimento e percentual de amêndoas inteiras que pode alcançar 85% no final do processo (SEBRAE,2004).

### 3.5.1. O processo produtivo de beneficiamento da castanha de caju no mundo

#### 3.5.1.1. África

Os países africanos costumam exportar a castanha com casca para a Índia, que exerce um poder monopsonico neste mercado, respondendo por aproximadamente 90% das importações mundiais de castanha “in natura”, utilizada para complementar o abastecimento de seu grande mercado interno e para o atendimento aos seus contratos de exportação de amêndoa da castanha de caju. (FAO, 2005)

A maior parte da castanha produzida na Guiné é exportada para a Índia para o processamento. No entanto, existe um centro de processamento de caju em um local chamado Quinhamel onde se realiza o beneficiamento. As castanhas de caju são cozidas em um grande caldeirão durante 25 minutos, em seguida, secadas ao sol durante 48 horas. Isto tornará mais fácil para separar a castanha da casca. As cascas são removidas individualmente da amêndoa por impacto em uma máquina.(FAO,2005)

As amêndoas são distribuídas em telas de arrefecimento e secadas durante sete horas a 77°C. A película que envolve a amêndoa é, posteriormente, removida manualmente por trabalhadores sentados em fileiras de mesas. As amêndoas limpas são então classificadas de acordo com seu tamanho e integridade. As partes menores das amêndoas são recolhidas para serem utilizadas em pastelaria e confeitaria. Uma vez separadas e classificadas de acordo com as normas internacionais, as amêndoas são torradas e embaladas para a navegação. Todas as partes do caju são utilizadas durante o processamento. A casca é descartada e queimada para aquecer o caldeirão no qual as castanhas são cozidas. As películas também podem ser queimadas ou misturadas com grãos para a alimentação animal. (FAO,2005)

#### 3.5.1.2. Índia

A Índia é o principal país de aperfeiçoamento de castanha de caju na Ásia. A força de trabalho altamente qualificada e os baixos custos laborais na Índia permitiu-lhe ter um virtual monopólio sobre o tratamento manual da castanha de caju por muitos anos. A castanha de caju foi tradicionalmente expedida da África para a Índia para o beneficiamento, devido à reputação

da elevada qualidade de tratamento indiano. A produção e o beneficiamento da castanha de caju proporciona emprego a mais de 500.000 pessoas nas fazendas e fábricas. Mais de 95% desses trabalhadores são mulheres dos setores mais pobres da sociedade.(FAO,2005)

A prática tradicional na região sul da Índia era espalhar as castanhas em terrenos planos sob o sol, a fim de permitir a secagem da casca e torná-la frágil. A amêndoa poderia então ser retirada da casca com uma ripa de madeira para dividi-la ao longo da linha de clivagem. A amêndoa da castanha de caju era então retirada da casca, sem ser contaminada pelo LCC. A utilização deste método foi possível graças à adequação de umidade e condições climáticas na região da Índia. As cascas eram tratadas posteriormente para obter o LCC.(FAO,2005)

Atualmente, a Índia tem utilizado o modelo de mini-fábricas semi-automatizadas, obtendo como índice de amêndoas inteiras em torno de 75 a 85%. A fragmentação dos processadores é aproximadamente de 1.100 com capacidade total de um milhão de toneladas por ano.(USAID, 2006)

### 3.5.1.3. Sri Lanka

As castanhas “in natura” são limpas e espalhadas em uma única camada sobre o solo sob luz solar durante seis a sete horas por dia, durante um período de dois a três dias, a fim de atingir a fase de secagem correta. Parcialmente secas as castanhas são cobertas com polietileno de um dia para o outro. Os trabalhadores treinados podem determinar a correta fase de secagem por agitação juntando algumas castanhas secas na palma de suas mãos, para dar a correta proporção.

Os trabalhadores sentam no chão e batem nas castanhas com um taco de madeira. Uma pedra dura é enterrada no solo para servir como uma plataforma estável para descansar a castanha e quebrar a casca. Depois que a casca está quebrada a amêndoa é extraída com o uso de uma ferramenta semelhante a uma pequeno canivete de metal.

Esse método é perigoso para os trabalhadores devido ao LCC exsudado para fora da casca entrar em contato com as mãos. O processador usa luvas de borracha e usa cinzas de lenha polvilhadas para neutralizar o líquido cáustico. As cinzas das lenhas também contribui para a aderência da casca. Além do perigo pelo LCC, este método de extração da amêndoa é muito trabalhoso e desconfortável para as mulheres que participam dessas atividades.

#### 3.5.1.4. Vietnã

O Vietnã, país participante mais recente na produção da castanha de caju e onde também existe abundância de mão de obra barata, adotou a extração manual da castanha que é aplicada na Índia. Porém, a participação da Índia começou a cair a partir do momento que o Vietnã copiou seu processo de extração e implantou cultivares mais produtivos, também em pequenas propriedades.(USAID, 2006)

O modelo de processamento de extração da amêndoa da castanha de caju se baseia na adoção de mini-fábrica prevaiente com elevado índice de inteiras (80%). A fragmentação de processadores chega à capacidade total superior a 350 mil toneladas por ano.(USAID,2006)

#### 3.5.1.5. Brasil

O Brasil adota o sistema de automação tradicional com índice de inteiras entre 50% e 55% com grande concentradores mecanizados e algumas mini-fábricas com capacidade total de 270 mil toneladas por ano. O processador brasileiro tradicional não possui margem suficiente para melhor remunerar o fornecedor de castanha, e como tem maior poder de barganha na formação dos preços da castanha, limita o patamar de preços da castanha no mercado interno a um valor inferior ao recebido pelos fornecedores da Índia e do Vietnã.(USAID, 2006)

## 3.5.2. Etapas do sistema artesanal

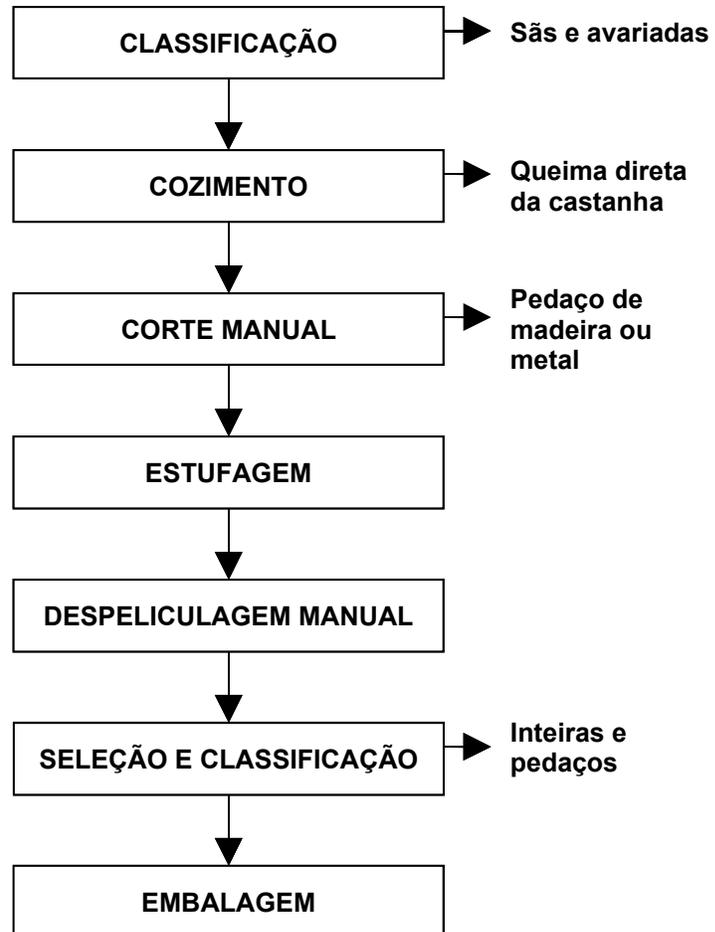


Figura 6 – Fluxograma do processo artesanal

Fonte: SEBRAE,2004

O fluxograma apresentado na figura 6 mostra o beneficiamento da castanha de caju no processo artesanal, realizado em pequenas quantidades quando a produção local é insuficiente para o processamento com autoclavagem e corte em máquina manual.

Coloca-se cerca de 40 quilos de castanhas por batelada, em chapas de metal, e leva-se ao fogo por aproximadamente oito minutos, com objetivo de promover a liberação parcial do líquido da casca da castanha, tornando simultaneamente a casca friável e quebradiça.

Em seguida, as castanhas são postas para resfriamento em temperatura ambiente, cobrindo-as com uma camada de pó de madeira ou cinza para absorver o excesso do líquido liberado no processo anterior.

Após resfriadas, as castanhas são postas em bancadas para o corte manual que consiste na quebra da casca, utilizando um pedaço de madeira de formato cilíndrico e aplicando uma força suficiente para a abertura das bandas da casca, tendo o cuidado de não danificar as amêndoas. Em muitos casos o corte da castanha é feito no próprio local onde foi realizado a torrefação da castanha, sem maiores cuidados de higiene, como pode ser observado na Figura 7.



Figura 7 - Processo artesanal

Fonte: AGROPACTO,2007

A operação seguinte é a secagem da amêndoa feita ao sol em bandejas, por cerca de seis horas, dependendo das condições climáticas da região. Pode também ser utilizada estufa com aquecimento solar, onde as amêndoas são colocadas em bandejas perfuradas sobrepostas, por um período de até doze horas. Neste caso, é importante observar o rígido controle da temperatura que não deve exceder a 60° C. O tempo recomendado em média é de seis horas. Na

maioria dos casos não são utilizadas estufas para a secagem da amêndoa já que no processo da queima da castanha o calor chega a ser suficiente para liberar por completo a película. Neste caso a amêndoa apresenta uma aparência de tostada, característica muito apreciada na amêndoa artesanal ou caseira.

Em algumas regiões da Venezuela, Honduras e principalmente na Índia, o processo de queima da castanha é feito de forma parcial com o objetivo de não manchar a amêndoa, e depreciar o preço, principalmente quando se trata de mercado externo, que tem exigências pelo atributo de cor.

Realizada esta operação, retira-se manualmente a película que envolve a amêndoa, utilizando-se uma mesa de despeliculagem com superfície de atrito, como também canivete ou facas apropriadas.

Após a retirada da película as amêndoas são selecionadas por cor, tamanho e integridade (inteiras, bandas, pedaços, etc)

A etapa da fritura das amêndoas pode ser realizada em fritadeiras convencionais de batata frita. Coloca-se cerca de um quilo da amêndoa (no cesto apropriado), em óleo vegetal ou gordura hidrogenada aquecido por cerca de quatro minutos, tomando-se o cuidado para não revolver em camadas. Após fritas, se for o caso, as amêndoas são colocadas sobre uma mesa para serem salgadas com 2 a 4 g de sal de cozinha por quilo de amêndoa frita. Para a embalagem recomenda-se sacos plásticos transparentes de textura média, tipo polipropileno em embalagens com peso de acordo com as necessidades do mercado.

## 3.5.3. Etapas do sistema mecanizado

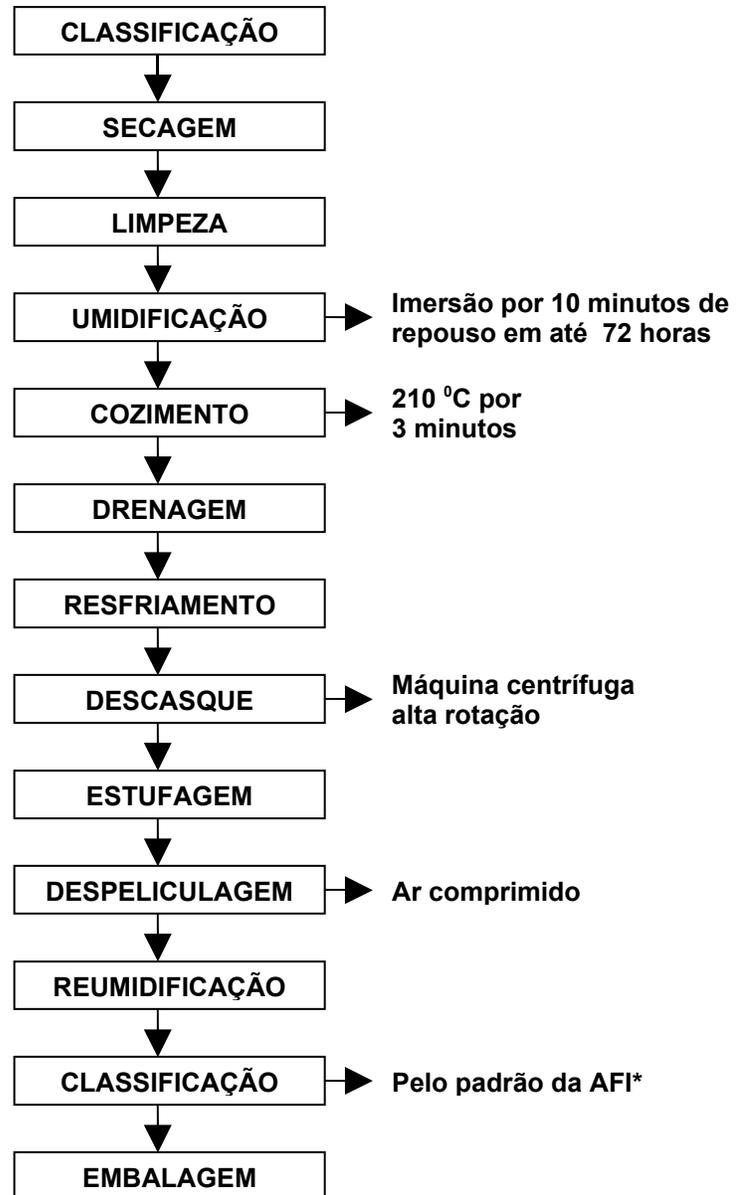


Figura 8 – Fluxograma do processo mecanizado  
AFI - The Association of Food Industries

Fonte: CIONE, 2008

O fluxograma apresentado na figura 8 mostra as etapas do beneficiamento da castanha de caju no processo mecanizado.

As castanhas são primeiramente classificadas em um classificador rotativo com retenção de malhas com diferentes calibres.

Após a obtenção da castanha, esta é submetida à secagem. Essa etapa é geralmente feita ao sol, sendo a castanha na maioria das vezes espalhada em terreiros. A secagem ao sol, além de diminuir a umidade, provoca ainda, segundo Russel (1969), a maturação da castanha pela atuação de raios infravermelho e ultravioleta. O teor de umidade gira em torno de 10 a 12%, de acordo com Correia (1963), e 6,5% segundo Lopes Neto (1972), já Russel (1969) fixa o limite máximo de umidade para uma boa armazenagem em 9%. A castanha, depois de seca, é armazenada por períodos que podem chegar a um ano. A armazenagem é feita em sacos ou a granel. O armazenamento deve ser feito sobre piso impermeabilizado, para evitar a migração de umidade, em local arejado, limpo, seco e sem possibilidade de umedecimento da castanha por água de chuva;

A limpeza é realizada utilizando-se peneira vibratória ou cilindro giratório horizontal, com a finalidade de retirar poeira, terra, matéria estranha e castanhas desprovidas de amêndoas;

A umidificação é realizada através de jatos de água alternando com períodos de repouso, em que as castanhas ficam cobertas com sacos de aniagem molhados. A umidificação evita que o LCC quente penetre na amêndoa, queimando-a e provocando sabor desagradável, prejudicando a qualidade do produto. A umidade deverá ser em torno de 12%;

A extração do LCC (líquido da castanha de caju) consiste em cozinhar as castanhas em um banho de LCC, com as finalidades de retirar das cascas da castanha parte do LCC, à razão de 10,00% do peso bruto do material cru, e tornar a casca mais quebradiça, facilitando a operação de decorticagem;

A drenagem é feita para a retirada do LCC da superfície da castanha. Esta remoção é necessária para prevenir a contaminação das amêndoas e das máquinas nas operações subsequentes e proteger os operários do contato com a mesma;

A etapa seguinte é o resfriamento, este é feito por intermédio de um cilindro resfriador, com dispositivo que injeta ar frio sobre as castanhas. As castanhas são resfriadas até atingirem a temperatura ambiente, com a finalidade de facilitar o manuseio e o descasque;

O descasque ou decorticação pode ser realizada por centrifugação (processo “Stutervant”) ou por corte (processo “Oltremare”). O processo de centrifugação consiste em um decortificador baseado na força centrífuga, que possui discos que arremessam as castanhas contra as paredes. Em seguida, o produto cai por cone perfurado em uma esteira transportadora, onde se efetua a separação. Na decorticação por corte, as castanhas passam automaticamente através de máquinas, onde são cortadas com lâminas ou serras;

Em seguida as amêndoas são colocadas em bandejas teladas e transportadas por carrinhos que entram na estufa, sob temperatura de 70°C a 80°C. O teor de umidade final deve ficar em torno de 2,5 a 3,0% para facilitar a despeliculagem (etapa de secagem);

A despeliculagem é feita por escovagem ou por sistema de aspiração. O acabamento do processo é manual;

Após a despeliculagem faz-se a reidratação da amêndoa, que devido ao seu baixo teor de umidade, de 2,5 a 3,0%, torna-se muito quebradiça, sujeita a 1,0% de quebra em cada manuseio.

A classificação é feita em duas etapas. A primeira por processo eletrônico, que utiliza máquinas pneumáticas que separam as amêndoas em inteiras, pedaços e bandas. A segunda etapa é realizada por processo manual considerando-se os tipos das amêndoas segundo a cor, tamanho e integridade;

A última etapa é a de embalagem, mas antes do fechamento da mesma faz-se necessário à injeção de gás inerte (gás carbônico ou nitrogênio) com o objetivo de preencher os espaços vazios, expulsando o oxigênio atmosférico com a finalidade de dificultar a proliferação de microorganismos e retardar a rancificação oxidativa. As latas e sacos de alumínio são acondicionados em caixas segundo a classificação para facilitar a comercialização.

## 3.5.4. Etapas do sistema semi-mecanizado

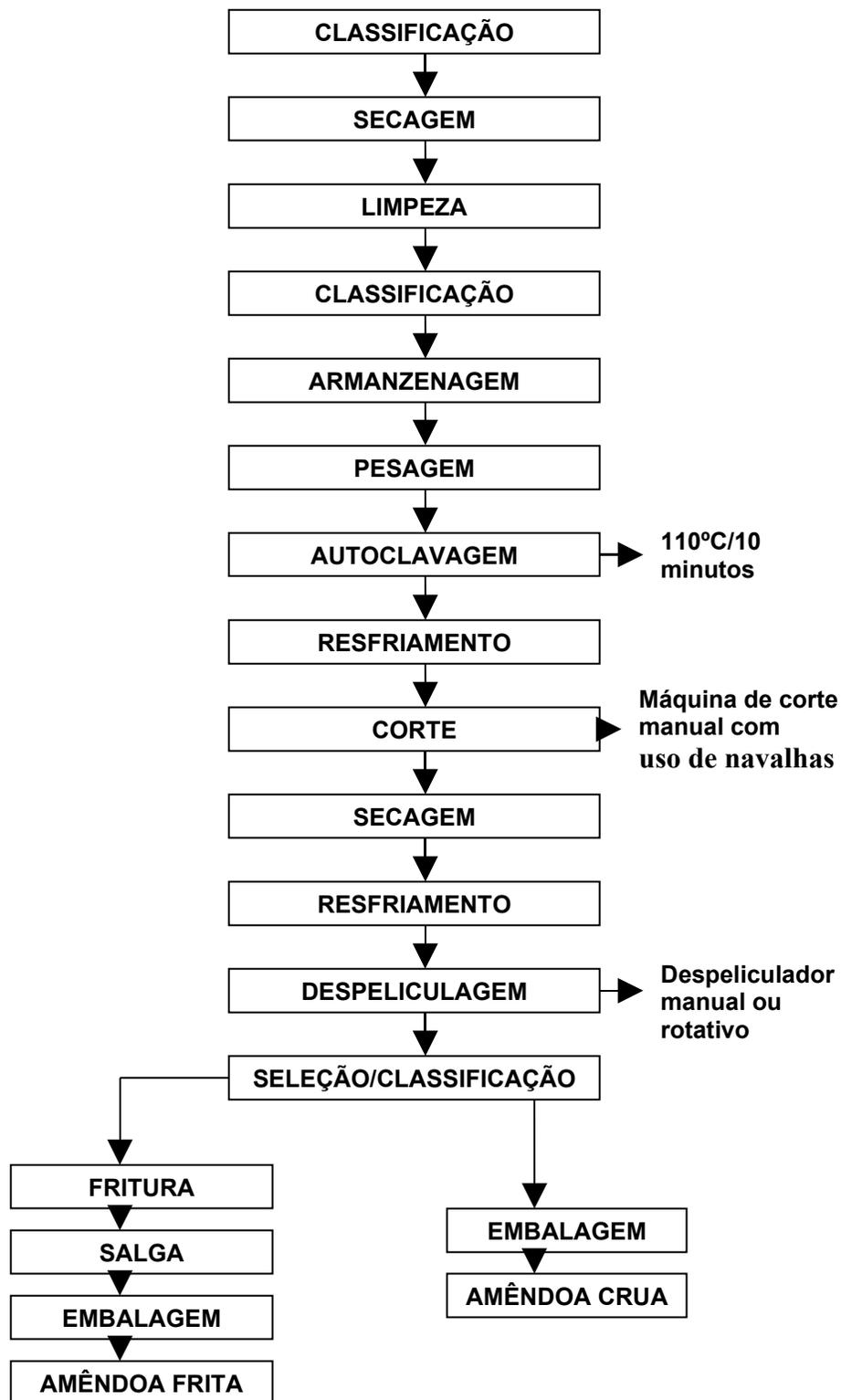


Figura 9 – Fluxograma do processo semi-mecanizado

Fonte: EMBRABA,2003.

O fluxograma da figura 9 apresenta as etapas do beneficiamento da castanha de caju no processo semi-mecanizado, muito utilizado em minifábricas.

Na secagem da castanha, durante o período de estocagem, para que não haja problemas de deterioração, principalmente por fungos, as castanhas devem secar até obter umidade de 7% a 9%. Esse processo é feito em quadras de cimento ou terreiros, por um período de até 5 dias.

Para evitar a contaminação e a deterioração, as castanhas devem estar limpas, livres de folhas, pedras, areia e outras impurezas. A limpeza é efetuada em peneiras manuais ou em chapas perfuradas utilizadas para a calibragem.

A classificação consiste em selecionar as castanhas por tamanhos (pequenas, médias, grandes e cajuís), por meio de uma peneira rotativa, em chapas perfuradas de calibres diversos cujos furos são de acordo com os tamanhos especificados.

Após o processo de secagem, limpeza e classificação, as castanhas estão aptas para o armazenamento por um período superior a 1 ano. É recomendável o uso de sacos empilhados sobre estrados de madeira, em local arejado, limpo e seco, sem contato com a água.

A pesagem se faz necessária para que se tenha uma idéia exata do volume a ser processado e da quantidade da matéria-prima a ser colocada na autoclave.

Como preparação para o corte, as castanhas são submetidas a uma etapa de cozimento, que pode ser feita em autoclave a, ou em caldeirão comum, por aproximadamente.

Depois de cozidas, as castanhas são colocadas em local arejado, para resfriamento e para que sequem, facilitando a quebra durante o corte.

Depois de resfriadas, as castanhas são levadas à operação de corte. Essa operação realiza-se em máquinas de corte, ajustada aos tipos especificados. Nas máquinas, trabalham duas operárias: uma corta, e outra, munida de estilete, retira as amêndoas que ficam aderidas á casca.

Com a estufagem das amêndoas visa reduzir a umidade da amêndoa, de 3,5% a 4%, para que a película, torna-se quebradiça, facilitando sua soltura. A secagem realiza-se em estufas com circulação de ar quente (60°C a 70°C), por um período de 6 a 8 horas.

O resfriamento da amêndoa pode ser realizado sobre mesas ou nas próprias bandejas, em suportes apropriados, por cerca de 2 horas à temperatura ambiente, com objetivo de preparar o produto para a retirada da película.

A etapa de despeliculagem é realizada por operários que com simples torção de dedos conseguem separar a película da amêndoa ou com despeliculador manual ou rotativo. Em alguns casos, lança-se mão de estiletes de metal, para a retirada de partes da película mais aderentes.

Após a despeliculagem, as amêndoas devem ser classificadas basicamente pelo tamanho, integridade e cor, podendo também serem divididas por bandas, batoques, pedaços, grânulos, xerém e farinha. A operação é realizada em mesas com bancadas revestidas de fórmica ou de tecido grosso, de cor clara que atuam como filtro, retendo a poeira existente nelas.

Para comercializar as amêndoas fritas, deve-se proceder à fritura com amêndoas já separadas por tamanho, permitindo assim a uniformização da fritura. O óleo deve ser de boa qualidade, com recomendação de uso de gordura hidrogenada, para não conferir sabor estranho à amêndoa, sendo os óleos mais utilizados o de milho ou de soja.

As embalagens utilizadas no acondicionamento das amêndoas de castanha de caju devem ser novas, limpas e secas, impermeáveis, isentas de chumbo, fechadas hermeticamente e sem qualquer revestimento de papel.

### 3.6. Legislação

De acordo com os principais pontos de classificação da castanha de caju (CC), a Secretaria de Agricultura e Pecuária do Estado do Ceará, SEAGRI, estabeleceu através de Portaria Ministerial nº 644 de 11 de setembro de 1975, normas para a padronização e classificação da castanha de caju –CC, que tem como objetivo definir as características de identidade, qualidade, apresentação, embalagem, armazenamento e transporte que se destina a comercialização interna.

A Castanha de Caju é classificada em Classes e Tipos, segundo o tamanho e qualidade respectivamente.

A tabela 7 apresenta a determinação das classes da Castanha de Caju em função do seu tamanho e de acordo com as peneiras abaixo discriminadas, ficando assim distribuídas em cinco classes.

Tabela 7 – Especificação técnica das classes da castanha

<b>CLASSES</b>	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	<b>CAJUS/kg</b>
<b>Grande</b>	Produto que fica retido na peneira de malha 25mm	90
<b>Média</b>	Produto que vazar na peneira de 25mm e ficar retido na peneira de furo circular de 23mm	91 a 140
<b>Pequena</b>	produto que vazar na peneira de 23mm e ficar retida na peneira de furo circular de 21mm	141 a 220
<b>Miúda</b>	produto que vazar na peneira de 21mm e ficar retida na peneira de furo circular de 19mm	221 a 300
<b>misturada</b>	Produto que não se enquadra nas classes anteriores e se apresenta constituído de duas ou mais classes	Acima de 300

Fonte: Ministério da Agricultura ,Pecuária e Abastecimento, 2008

Quanto à qualidade e respeitada a classe, a Castanha de Caju (C.C.) será classificada em 4 tipos segundo os critérios estabelecidos.

Independente do tipo a Castanha de Caju (C.C.) deverá ser constituída de castanhas novas, inteiras, cascas de cor natural, limpas, secas, livres de materiais estranhas, contendo amêndoas maduras, perfeitas e sãs. A diferenciação dos tipos será feita com base nos percentuais máximos permitidos de castanhas avariadas, impurezas, matérias estranhas e cajuís conforme apresentado na tabela 8.

Tabela 8 – Especificação técnica dos tipos de castanha

<b>TIPO</b>	<b>CASTANHAS AVARIADAS (%)</b>	<b>IMPUREZAS E MATÉRIAS ESTRANHAS (%)</b>	<b>CAJUI (%)</b>	<b>UMIDADE (%)</b>
<b>1</b>	4	1	1	10
<b>2</b>	6	1,5	2	10
<b>3</b>	8	2	3	10
<b>4</b>	10	2,5	4	10

Fonte: Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento , 2008

O regulamento técnico de identidade e de qualidade para a classificação da amêndoa da castanha de caju é de responsabilidade do Ministério da Agricultura e Pecuária e adotada por todas as fábricas que beneficiam a castanha para a exportação.

A amêndoa da castanha de caju será classificada em classes e tipos em função do tamanho e da qualidade respectivamente.

### 3.6.1 Classes

De acordo com o tamanho, a amêndoa da castanha de caju será classificada em 7(sete) classes. Observa-se para a denominação das classes, o uso das iniciais dos nomes em inglês, seguidas ou não do número correspondente à quantidade de amêndoa por libra massa (453,59 g), assim especificadas nas Figuras 10, 11 e 12 :

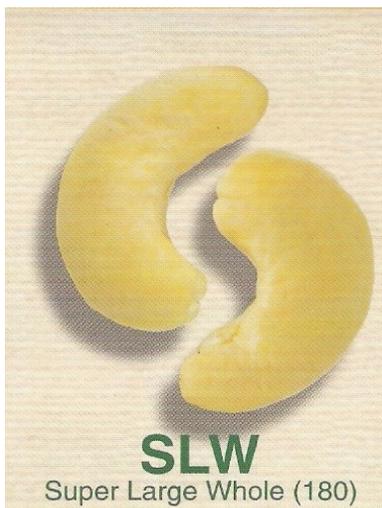


Figura 10 – amêndoa SLW FONTE: AFI,1999

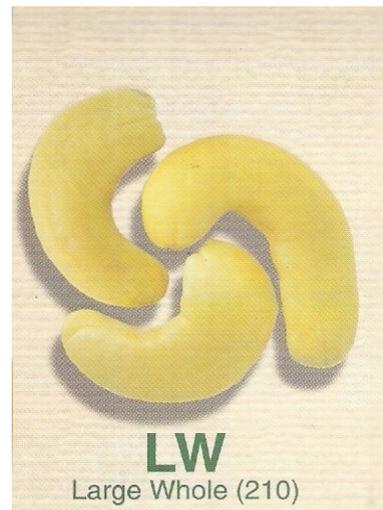


Figura 11 – amêndoa LW FONTE: AFI,1999

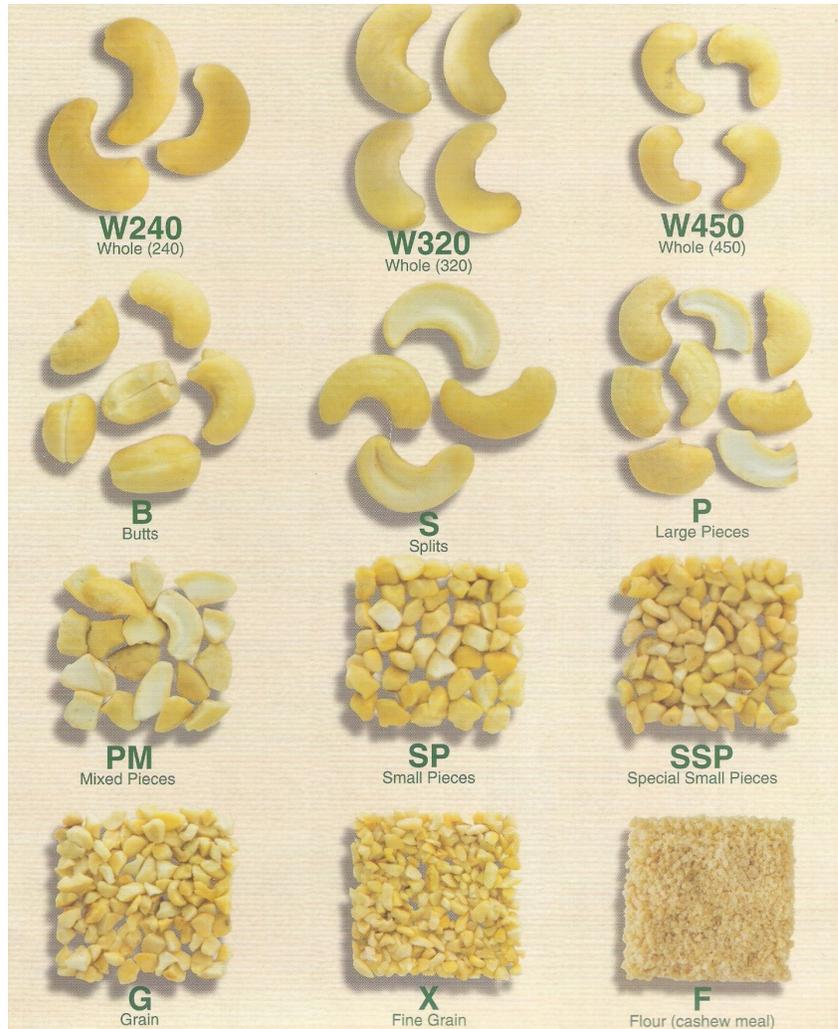


Figura 12: classes de amêndoas

FONTE: AFI, 1999

- Inteira: Constituída de amêndoas inteiras que obedecem a uma calibragem e apresentam características específicas conforme descritas abaixo:
- Inteira Super Especial (SLW): É o produto que contém até 180 amêndoas em 453,59 g.
- Inteira Especial (LW ou W210): É o produto que contém de 181 a 210 amêndoas em 453,59 g.
- Inteira (W240): É o produto que contém de 220 a 240 amêndoas em 453,59 g.
- Inteira (W280): É o produto que contém de 260 a 280 amêndoas em 453,59 g.
- Inteira (W320): É o produto que contém de 300 a 320 amêndoas em 453,59 g.
- Inteira (W450): É o produto que contém de 400 a 450 amêndoas em 453,59 g.
- Inteira Pequena (SW): É o produto que contém de 451 a 500 amêndoas em 453,59 g.

- Inteira Misturada (WM): Constituída da mistura das diversas classes acima mencionadas e composta de todos os tipos ( W1, W2, W3, W4 e W5 ).
- Inteira (W3): Constituída de amêndoas inteiras de todos os tamanhos e de cor uniformemente tostada.
- Banda (S): Constituída de cotilédones inteiros, incluindo aqueles com fraturas inferiores a 1/8, desde que em pequena quantidade.
- Batoque (B): Constituída de amêndoas com fratura transversal em um ou em ambos cotilédones, porém maiores do que 3/8 de seu tamanho original.
- Peçaço(P): Constituída de pedaços de amêndoas de tamanho variados, conforme denominação abaixo:
- Grande (P): Aquele que fica retido na peneira de malha de 6,35mm. Incluem-se nesta categoria os pedaços denominados P1, P2 e P3.
- Médio (PM): Aquele que vaza na peneira de malha de 6,35mm e fica retido na peneira de malha 4, fio 16 SWG ou 4,75 mm. Incluem-se nesta categoria os pedaços médios denominados P1M, P2M e P3M.
- Pequeno (SP): Aquele que vaza na peneira de malha 4, fio 16 SWG ou 4,75 mm e que fica retido na peneira de malha 7, fio 20 SWG ou 2,80 mm. Incluem-se nesta categoria os pedaços médios denominados SP1, SP2 e SP3.
- Peçaço Super Pequeno (SSP): Aquele que vaza na peneira de malha 7, fio 20 SWG ou 2,80 mm e que fica retido na peneira de malha 8, fio 20 SWG ou 2,36 mm. Incluem-se nesta categoria os pedaços denominados SSP1, SSP2 e SSP3.
- Grânulo (G): Fragmento de amêndoa que vaza na peneira de malha 8, fio 20 SWG ou 2,36 mm, e que fica retido na peneira de malha 10, fio 24 SWG ou 1,70 mm. Incluem-se nesta categoria os fragmentos denominados G1, G2 e G3.
- Baby Bits (B.B): É o próprio germe da amêndoa. Para separá-lo, utiliza-se a mesma peneira usada para os grânulos.
- Xerém (X): Fragmento de amêndoa que vaza na peneira de malha 10, fio 24 SWG ou 1,70 mm, e que fica retido na peneira de malha 14, fio 22 SWG ou 1,19 mm. Incluem-se nesta categoria os fragmentos denominados X1, X2 e X3.

- Farinha (F): Fragmento de amêndoa que vaza na peneira de malha 14, fio 22 SWG ou 1,19 mm. Incluem-se nesta categoria os fragmentos denominados F1, F2 e (FE, F3).

### 3.6.2 Tipos

Observada a classe a que pertence, a amêndoa da castanha de caju será classificada em 5 tipos, expressos por números arábicos, definidos em função da cor, dos limites máximos de tolerâncias de defeitos observados ainda os demais critérios de classificação estabelecidos neste Regulamento.

Na amêndoa, a designação dos tipos observa duas seqüências básicas. Na 1ª, utilizam-se as letras iniciais dos nomes em inglês da classe a que pertence, seguidas do algarismo arábico correspondente ao tipo. Na 2ª, utilizam-se as letras iniciais dos nomes em inglês da classe a que pertence, seguidas do número correspondente à quantidade de amêndoas/libra e do algarismo arábico correspondente ao tipo.

Os tipos 1, 2 e 3 devem ser constituídos de amêndoas secas, sãs, limpas e inteiras, com cor uniforme, odor e sabor característicos, livres de insetos e fungos (mofo, bolor ou levedura), observados os limites máximos de tolerâncias.

A diferenciação entre os tipos 1, 2 e 3 é feita com base na coloração da amêndoa que varia para cada tipo entre alva ou marfim pálido, marfim fechado e creme e/ou ligeiramente (tostada, acinzentada, azulada e manchada) respectivamente. Incluem-se nestes tipos as amêndoas abaixo denominadas:

- Tipo 1: (Cor alva ou marfim pálido): Incluem-se neste tipo as amêndoas das seguintes denominações: SLW1, LW1 ou W1-210, W1-240, W1-280, W1-320, W1-450, SW1, B1, S1, P1M, SP1, SSP1, G1, X1 e F1.
- Tipo 2: (Cor marfim fechado ou ligeiramente amarelada): Incluem-se neste tipo as amêndoas das seguintes denominações: SLW2, LW2 ou W2-210, W2-240, W2-280, W2-320, W2-450, SW2, B2, S2, P2, P2M, SP2, SSP2, G2, X2 e F2.

- Tipo 3: (Cor creme e/ou ligeiramente tostada): Podendo ser ainda ligeiramente acinzentada e azulada. Incluem-se neste tipo as amêndoas das seguintes denominações: SLW3, LW3 ou W3-210, W3, B3, S3, P3, P3M, SP3, SSP3, G3 e X3.
- O tipo 4: Deve ser constituído de amêndoas secas, limpas e inteiras, com cor idêntica à dos tipos 1 e 2, com odor e sabor característicos, livres de insetos e fungos (mofo, bolor e levedura), admitindo-se pontuações pretas(brocas) e/ou pequenas manchas em um ou em ambos os cotilédones, observados os limites máximos de tolerâncias estabelecidos na Tabela 1 deste Regulamento. Incluem-se neste tipo as amêndoas denominadas W4.
- O tipo 5: Deve ser constituído de amêndoas secas, limpas e inteiras, com coloração variada, podendo ser amareladas, acentuadamente (tostadas, acinzentadas, azuladas e arroxeadas), com odor e sabor característicos, livres de insetos e fungos (mofo, bolor e levedura), admitindo-se também, amêndoas manchadas, brocadas, imaturas e raspadas, observados os limites máximos de tolerâncias estabelecidos na Tabela 1 deste Regulamento. Incluem-se neste tipo as amêndoas denominadas de DW (W5).

O percentual máximo de amêndoas quebradas admitido para todos os tipos da amêndoa inteira da castanha de caju é de 8,0%, no ato do embarque. O produto que ultrapassar este percentual deverá ser re-beneficiado afim de enquadrá-lo no limite fixado.

A tipificação das bandas, batoques, pedaços, grânulos, xerém e farinha observa o mesmo critério utilizado na tipificação das amêndoas inteiras no que diz respeito à variação da cor.

O percentual máximo de pedaços e/ou fragmentos (grânulos ou baby bits, xerém e farinha) admitido para todos os tipos de batoques e bandas é de 8,0 %, no ato do embarque. O produto que ultrapassar este percentual deverá ser re-beneficiado afim de enquadrá-lo no limite fixado.

As amêndoas inteiras quando misturadas serão denominadas como WM não serão calibradas devido à diversidade de tamanhos mais serão tipificadas como tipo único.

### 3.7. Despeliculagem

Na etapa de despeliculamento, a película da amêndoa da castanha de caju pode ser removida manualmente por simples torção de dedos ou mecanicamente por um cilindro despeliculador provido de escovas ou cilindro rotativo elétrico, o que aumenta a produtividade da operação, porém corre-se o risco de aumentar consideravelmente a porcentagem de quebra das amêndoas (EMBRAPA, 2003).

A despeliculagem com o uso de um cilindro rotativo acionado por motor elétrico de baixa rotação consiste em submeter às amêndoas ao atrito em uma tela perfurada, promovendo a liberação parcial da película. Já na despeliculagem com cilindro despeliculador provido de escovas, as amêndoas são colocadas em uma mesa de madeira ou chapa galvanizada dotada com tela de metal, onde as mesmas são submetidas ao atrito através das escovas de cerdas até a obtenção da amêndoa parcialmente sem película. Em qualquer uma destas operações pode-se obter até 70% de amêndoas totalmente sem película, sendo o restante submetido ao processo de raspagem manual com auxílio de facas de despeliculagem. Esta operação em muitas fábricas é descentralizada e feita por mulheres (PAIVA & SIVA NETO, 2004).

Um dos problemas a serem resolvidos na despeliculagem mecânica refere-se à quebra das amêndoas nessa operação, pois se encontram em um estado de muita fragilidade, quebradiças, devido a seu baixo teor de umidade (3%) ao saírem das estufas, após cerca de 6 horas a 70°C. A quebra de amêndoas inteiras na despeliculagem pode chegar a 25 – 30%, levando-se em conta que algumas delas, antes da despeliculagem, só aparentemente estavam íntegras, protegidas pela película (OHLER, 1979).

No Brasil, emprega-se geralmente o processo mecânico com atrito por cilindro (fricção com escovas macias) como também pelo uso de esteiras vibratórias aquecidas com vapor seco - “fofnas”(BNB, 1973). Este aquecimento com vapor seco provoca um considerável amarelecimento da amêndoa brasileira, reduzindo-lhe o preço no mercado internacional (CASSÁDIO, 1971).

A despeliculagem pode também ser feita sem o auxílio do equipamentos descritos. Neste caso, os operários, com simples torção de dedos, conseguem separar a película da amêndoa. Em alguns casos lança-se mão de estiletos de metal para a retirada de partes da película

mais aderente. Muitas vezes essa “amêndoa difícil” necessita voltar à estufa para nova secagem, o que desvaloriza o produto (PAIVA & SILVA NETO, 2004).

É de suma importância que durante a despeliculagem não se arranhe ou fira a amêndoa, sendo, pois contra-indicado o emprego de facas e estiletes, quando não for estritamente necessário, pois a amêndoa é coberta por uma finíssima camada de açúcares que, durante a fritura posterior para a salga, se carameliza, tomando uma cor castanha (LOPES NETO, 1972).

O teor de umidade das amêndoas a serem embaladas é importante e deve ficar entre 4 a 6%. Acima de 6% as amêndoas ficam sujeitas ao ataque de fungos e podem manchar (“spot”) ao serem torradas em óleo vegetal. Abaixo de 4% de umidade as amêndoas tornam-se muito quebradiças e isso pode acarretar uma elevada porcentagem de quebradas durante o transporte, o que deve ser evitado, pois geralmente os importadores exigem, nos contratos de venda do tipo “WHOLE”, um mínimo de 90% de inteiras na chegada do produto (LIMA, 1988).

### 3.8. Radiação ultra-sônica

O ultra-som é uma onda sonora produzida por um elemento vibrador que pode ser um cristal; haste; corda e até cordas vocais. Para que haja ocorrência do som os elementos vibradores devem causar variação na densidade ou pressão do meio ao seu redor. As ondas sonoras são conhecidas como ondas de compressão, de pressão ou simplesmente som, são ondas mecânicas que podem ser propagadas em meios líquidos, sólidos e gases (OKUNO; CALDAS; CHOW, 1986).

A produção de ultra-som é um fenômeno físico baseado no processo de criar, aumentar e implodir cavidades de vapor e gases, denominado cavitação, em um líquido promovendo efeitos de ativação em reações químicas. Durante a etapa de compressão, a pressão é positiva, enquanto que a expansão resulta em “vácuo”, chamado de pressão negativa, constituindo-se em um ciclo de compressão-expansão que gera as cavidades(SUSLICK,1989).

O ultra-som consiste numa vibração mecânica, ou ultra-sônica, de alta frequência inaudível criada quando um gerador produz uma energia elétrica que é convertida em energia acústica através da deformação dos cristais piezoelétricos localizados no transdutor (SPEED, 2001).

A piezoelectricidade é um fenômeno natural, encontrado em certos cristais, tais como o germânio e quartzo. Ao se colocar um material piezoelétrico num campo elétrico, as cargas elétricas da rede cristalina do material interagem com esse campo, produzindo tensões mecânicas (ROMANO, 2001).

As ondas ultra-sônicas podem ser transversais ou longitudinais. As transversais são aquelas em que as partículas se deslocam em direção perpendicular à propagação da onda e são amortecidas de maneira muito rápida em líquido e tecidos moles, propagando-se somente em meios sólidos. As ondas longitudinais são aquelas em que as partículas se deslocam na mesma direção da propagação da onda, tendo um efeito compressivo e podendo propagar-se nos meios sólidos, líquidos e gasosos (ROMANO, 2001).

A aplicação de ultra-som na indústria de alimentos pode ser dividida em duas categorias, de alta e baixa densidade (McCLEMENTES, 1995). O ultra-som de baixa intensidade equivale a 0,125 a 3 W/cm<sup>2</sup>, enquanto de alta intensidade equivale a 5 W/cm<sup>2</sup> (LEUNG et al., 2004).

O uso de ultra-som de alta-intensidade é usado para alterar física e quimicamente as propriedades dos alimentos, por exemplo: geração de emulsões; ruptura de células; promover reações químicas; inativar enzimas; amaciamento de carnes; modificação dos processos de cristalização e promover reações de oxidação. O de baixa densidade é uma técnica não destrutiva e não invasiva que supre as informações sobre as propriedades físico-químicas como: composição, estrutura, estado físico e taxa de fluxo (McCLEMENTES, 1995).

O ultra-som pode ser produzido nas formas de ondas contínuas ou pulsadas. No modo contínuo, não ocorre interrupção na propagação da energia, ocorrendo transferência contínua dessa energia para o tecido irradiado. Já o modo pulsado apresenta breves interrupções na propagação da energia e resulta em uma redução do aquecimento tecidual, embora com o mesmo nível de estímulo mecânico, o que permite potencializarmos efeitos não-térmicos do ultra-som sobre os tecidos (ROMANO, 2001).

A principal vantagem do ultra-som está no fato de ser rápido, não destrutivo, não invasivo e pode ser aplicados a sistemas que são concentrados e opticamente opacos. Além disso, tem uma vantagem a mais, é relativamente barato e pode ser facilmente adaptado para medições na linha de produção (McCLEMENTES, 1995).

O ultra-som tem atraído considerável interesse na ciência e tecnologia de alimentos, devido aos efeitos promissores no processamento e preservação de alimentos. É um processo que aponta na direção de melhorar a qualidade e segurança de processos alimentares (KNORR; HEINZ; LEE, 2004).

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Materiais

#### 4.1.1. Matéria prima

O presente trabalho foi realizado com amêndoas de castanha de caju processadas, as quais apresentavam película aderida, fornecidas pela Empresa Irmãos Fontenelle S/A e castanhas de caju “in natura” fornecidas pela Embrapa Agroindústria Tropical. Todas as castanhas eram do tipo comum (não submetidas à enxertia), de modo a garantir a homogeneidade da matéria prima. O material utilizado estava em estado de maturação completa.

#### 4.1.2. Máquinas e equipamentos

- Para o congelamento da castanha de caju foi utilizado um freezer horizontal da marca Esmaltec S/A modelo EFH500 com voltagem de 220V, regulado para atingir a temperatura de -18°C.
- Para o corte da castanha foi utilizada uma maquineta de decorticagem com acionamento manual provida de três lâminas e auxílio de um pedal. Essa maquineta é uma réplica das máquinas de decorticagem que são utilizadas nas mini-fábricas situadas no Nordeste do Brasil, fabricada pro indústrias regionais.
- No tratamento com radiação ultra-sônica, as amêndoas foram colocadas em uma cuba de ultra-som da marca Ultra Sonic Cleaner modelo USC 1450 com frequência de 25Khz e potência de 150 W apresentado na Figura 13.
- A secagem foi realizada em uma estufa com circulação e renovação de ar da Tecnal modelo TE – 394/2.
- Agitador magnético modelo Q221M da marca Quimis;
- Balança semi-analítica da marca Quimis.



Figura 13: Cuba de ultra-som

#### 4.1.3. Reagentes dos testes preliminares

- Aditivo alimentar do tipo emulsificante, da marca ALINE 600- (Monoesterato de sorbitana com 20 moles de Óxido etileno HLB – 14:9) cedido gentilmente pela empresa Oxiteno;
- Álcool etílico absoluto 99,5° GL;

#### 4.1.4. Equipamentos dos testes preliminares

- Escovas;
- Esponjas;

## 4.2. Métodos

Os métodos utilizados neste trabalho foram divididos em duas categorias: métodos preliminares de despêliculamento e método de despêliculamento com congelamento e ultra-som.

### 4.2.1. Métodos preliminares de despêliculamento

Houve algumas informações veiculadas no meio empresarial sobre processos de beneficiamento da castanha de caju quanto à abertura da casca e ao despêliculamento da amêndoa em condições de criogenia. Portanto esses processos, apesar de serem eficazes, eram demasiadamente de alto custo operacional e, conseqüentemente, inviável economicamente para ser aplicado em sistema de pequenas unidades de produção, como as mini-fábricas, e até mesmo em produção de grande escala. No intuito de entender a aderência da película na amêndoa de castanha de caju após o beneficiamento, para efeitos exploratórios e qualitativos foram realizados alguns testes preliminares de corte e despêliculagem com o objetivo de avaliar a natureza química e a composição da película. Inicialmente, os experimentos foram realizados com:

- O uso de um aditivo alimentar, do tipo emulsificante;
- Etanol;
- Métodos físicos de fricção através de escovas e esponja;
- Umidificação seguida de congelamento;
- Congelamento.

Após concluídos os experimentos preliminares, realizou-se o método propriamente evidenciado neste trabalho - despêliculamento da amêndoa com congelamento e ultra-som.

Estes testes foram realizados nos laboratórios do Parque de Desenvolvimento Tecnológico - PADETEC e na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, com o intuito de desenvolver um estudo mais consistente sobre as possíveis causas que ocasionam a aderência da película na superfície da amêndoa da castanha de caju e avaliar o comportamento dessas amêndoas diante do tratamento a frio, promovendo assim uma otimização nos métodos aplicados.

#### 4.2.1.1.Despeliculamento com uso de solução emulsificante com concentração de 1% e 5%

As castanhas já chegaram desprovidas de casca, onde foram submetidas ao completo beneficiamento industrial, obtendo-se como resultado final amêndoas com película fortemente aderida, denominadas de “durão”, por não terem sido bem sucedidas no despeliculamento da operação convencional, utilizada na indústria. O objetivo do experimento foi procurar avaliar o efeito do agente emulsificante sobre a interação entre as ligações tanino-proteína da película com os compostos do emulsificante, a fim de promover a remoção da película.

Pesaram-se 200g de amêndoas com película, escolhidas aleatoriamente. Em seguida foram preparadas duas soluções com emulsificante da marca Aline 600 (monoesterato de sorbitana com 20 moles de óxido etileno HLB –14; 9) nas concentrações de 1% e 5%. Após esse preparo, essas amêndoas foram imersas na solução emulsificante e deixadas em repouso durante 30 minutos para as concentrações de 1% e de 5% respectivamente.

Observou-se visualmente durante esse tempo de repouso um notável desprendimento da película de algumas amêndoas. Para agilizar a remoção, a solução com as amêndoas foi colocada em um agitador automático para agitação da solução citada. O processo prosseguiu durante 30 minutos para ambas as concentrações.

Após a agitação, as amêndoas foram retiradas da solução e postas em uma forma plana e separadas cuidadosamente para observar o índice de despeliculamento.

#### 4.2.1.2.Despeliculamento com uso do etanol

Esse método foi utilizado com álcool etílico absoluto 99,5° GL. As castanhas foram cedidas pela Industria Irmãos Fontenelle S/A.

Pesaram-se 200g de amêndoas com película escolhidas aleatoriamente e logo após foram imersas em 500ml de etanol. Em seguida a solução de etanol com as amêndoas foi submetida ao aquecimento seguido de agitação com temperatura de 80°C durante 30 minutos.

#### 4.2.1.3. Despeliculamento com aplicação de escova e esponja umidificada.

Esse experimento foi realizado com o auxílio de uma escova de cerdas finas e uma esponja. Esse método visou uma maneira mais prática de remoção, principalmente na região de curvatura da amêndoa onde há uma maior dificuldade de retirada deste tegumento.

Primeiramente foram pesadas 200g de amêndoas com película escolhidas aleatoriamente. Logo em seguida, essas amêndoas foram imersas em 500ml de água e submetidas ao aquecimento de 80°C durante 15 minutos, com a finalidade de essas películas ficarem amolecidas e assim facilitar sua remoção.

Após o aquecimento as amêndoas foram retiradas da solução e colocadas em repouso. Em seguida, foram separadas em dois grupos. No primeiro grupo utilizou-se a escova a seco para a remoção da película com um leve esfregão. No segundo grupo, utilizou-se a esponja umidificada aplicando-lhes um leve esfregão.

#### 4.2.1.4. Despeliculamento com aplicação de umidificação e congelamento.

Esse método de despeliculamento foi o primeiro a ser utilizado com aplicação de umidificação seguido de congelamento. A metodologia se aplica com o intuito de que a água da umidificação, que precede ao congelamento das castanhas, se solidifique entre os espaços intersticiais no interior da castanha e assim promova a contração do núcleo da amêndoa e a separação da película. Foram realizados nove experimentos, seguindo um delineamento com duas variáveis, a saber: tempo de umidificação e tempo de congelamento, como apresentado na tabela 9.

Tabela 9 – Delineamento experimental para despeliculamento com congelamento e umidificação

<b>Ensaio</b>	<b>Tempo de umidificação</b>	<b>Tempo de resfriamento</b>
1	24h	24h
2	24h	48h
3	24h	72h
4	48h	24h
5	48h	48h
6	48h	72h
7	72h	24h
8	72h	48h
9	72h	72h

As castanhas de caju foram fornecidas pela Embrapa Agroindústria Tropical.

As castanhas foram escolhidas aleatoriamente e em seguida foram pesadas e medida suas umidades iniciais em um medidor de umidade automático.

Após essa etapa inicial, as castanhas foram imersas em um tanque de plástico contendo água durante 24,48 e 72h respectivamente.

Terminado o tempo de umidificação, as castanhas foram submetidas ao tratamento de congelamento durante 24, 48 e 72h respectivamente, à temperatura constante de -18°C.

Após o congelamento estabelecido, as castanhas foram cortadas em um equipamento de decorticagem provido de navalhas com acionamento manual. Com a retirada da casca, as amêndoas com película foram despeliculadas manualmente com simples torção de dedos e auxílio de estiletes para as áreas onde a película ficava mais aderente.

#### 4.2.1.5. Despeliculamento com aplicação do congelamento

As castanhas foram escolhidas aleatoriamente e em seguida foram pesadas e medida suas umidades iniciais em um medidor de umidade automático.

Após os procedimentos iniciais, as castanhas foram submetidas ao tratamento a frio durante 24, 48 e 72h de congelamento respectivamente, à temperatura constante de -18°C.

Logo após o congelamento, as castanhas foram cortadas em equipamento de decorticagem provido de navalhas com acionamento manual e seguiu-se a etapa de despeliculagem manualmente por torção de dedos e auxílio de estiletes.

#### 4.2.2. Método de despêliculamento com congelamento e ultra-som

Os dados oriundos dos experimentos preliminares permitiram o planejamento da metodologia a ser empregada no desenvolvimento deste trabalho, o qual teve como objetivo conjugar a ação do congelamento com o ultra-som para a despêliculagem da amêndoa da castanha de caju.

##### 4.2.2.1. Delineamento dos experimentos

A quantidade de experimentos necessária para o trabalho foi calculada através de um delineamento fatorial completo (BARROS NETO *et al.*, 1995), no qual foram escolhidos como variáveis para o estudo o tempo de congelamento, tempo de ultra-som e a classe das castanhas. Para o tempo de congelamento foram estabelecidos os tempos de 24, 48 e 72 horas; para o tempo de ultra-som adotou-se os tempos de 10, 15 e 20 minutos e a classe das castanhas foram classificadas de acordo com seus respectivos tamanhos em Pequena, Média e Grande. A tabela 10 mostra o delineamento experimental utilizando o fatorial completo.

Tabela 10 – Delineamento experimental para despêliculamento utilizando fatorial completo 3<sup>3</sup>

<b>Fatores</b>	<b>Níveis</b>
Tempo de congelamento	3 (24, 48 e 72h)
Tempo de ultra-som	3 (10, 15 e 20 min)
Classe de castanhas	3 (P, M e G)
Total de experimentos	27

##### 4.2.2.2. Metodologia

As castanhas obtidas foram classificadas por tamanho nas classes: Pequena, Média e Grande. Logo após a classificação, as castanhas foram pesadas em uma balança semi-analítica e submetidas à medição de umidade inicial em um medidor de umidade automático da marca Motocom modelo 919S. Após essa etapa, as castanhas foram distribuídas em bandejas de

plástico e colocadas em condição de congelamento em um freezer horizontal na temperatura de -18°C durante 24, 48 e 72 h respectivamente.

Terminada a etapa de congelamento, as castanhas foram submetidas ao corte numa maquina de decorticagem provida de três lâminas, onde estas realizavam o encravamento da castanha, uma aplicada no dorso da castanha e duas no lado oposto. Logo em seguida, as lâminas eram separadas com o movimento da alavanca, liberando as amêndoas. Com o corte obteve-se a separação da casca e a amêndoa parcial e totalmente com película.

Foram selecionadas apenas as amêndoas inteiras com película, onde foram submetidas ao tratamento de radiação ultra-sônica em uma cuba de ultra-som durante 10, 15 e 20 minutos respectivamente. Para finalizar, as amêndoas foram aquecidas em uma estufa a 70°C durante 6h, onde foram despeliculadas manualmente com simples torção.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **5.1. Resultados e discussões dos testes preliminares**

#### **5.1.1. Despeliculamento com uso de solução emulsificante com concentração de 1% e 5%**

Nas amêndoas submetidas ao tratamento com emulsificante na concentração de 1% visualizou-se na superfície destas, com bastante precisão, a presença de algumas manchas roxas localizadas especificamente no local onde a película foi desprendida, sendo que nas amêndoas com tratamento de concentração de 5% a quantidade de manchas eram mais intensas, possivelmente devido a maior concentração da solução emulsificante;

Além disso, a película removida de ambas concentrações apresentou duas camadas: uma camada mais escura de cor vinho, mais íntegra e que possivelmente apresentava um maior teor de taninos, e uma outra subcamada de consistência pastosa de coloração rósea.

Da amostragem de 100 amêndoas utilizadas, foi calculada a porcentagem total de despeliculagem nas duas concentrações. As amêndoas que foram submetidas à concentração de 1% de solução emulsificante obtiveram 38% de despeliculamento, já as amêndoas submetidas à concentração de 5% de solução emulsificante obtiveram 53% de despeliculamento.

Tendo em vista o aparecimento de manchas e camadas na amêndoa, o uso deste método foi invalidado.

#### 5.1.2. Despeliculamento com uso do etanol

No tratamento com etanol foi observado que durante a agitação o arraste para a remoção das películas foi satisfatório, e não houve o surgimento de manchas roxas na superfície da amêndoa. Porém esse método foi considerado desvantajoso, tendo em vista que houve uma desidratação intensa da amêndoa, que foi visivelmente notada pelo aspecto da aparência.

Foi calculada a porcentagem do total de 100 amêndoas utilizadas nesse experimento, onde se obteve 75% de despeliculagem.

Com base na intensa desidratação das amêndoas, este processo foi invalidado.

#### 5.1.3. Despeliculamento com aplicação de escova e esponja umidificada.

Nos métodos físicos aplicados com o uso da escova a seco, as amêndoas foram muito agredidas, apresentando ranhuras e estrias em sua superfície. Com o uso da esponja umidificada não houve nenhuma lesão visível na amêndoa, pois o atrito juntamente com a água que saía da esponja amenizou a fricção, além de facilitar a remoção. Quanto ao aspecto da cor, as amêndoas

apresentaram uma coloração amarelo-escuro, conseqüentemente devido a umidificação seguida de calor que promoveu a solubilidade dos taninos da película para a amêndoa.

Pelos resultados obtidos pode se concluir que a aplicação da umidificação associada com altas temperaturas não foi uma combinação satisfatória quanto à coloração da amêndoa, pois a mesma apresentou altos índices de manchas, causadas possivelmente pela solubilização dos taninos e catequinas encontrados na composição da película.

Foi calculada a porcentagem do total de 100 amêndoas utilizadas nesse experimento, onde se obteve 60% de despêliculamento nas amêndoas submetidas ao esfregaço com escova a seco, e 65% de despêliculamento nas amêndoas submetidas ao esfregaço com esponja umidificada.

#### 5.1.4. Despêliculamento com aplicação do congelamento e umidificação.

Inicialmente as castanhas foram submetidas aos seguintes tempos de umidificação: 24h, 48h e 72h, seguidos dos tempos de congelamento em 24h, 48 e 72h.

Com relação ao processo de umidificação em 24h, obteve-se os seguintes resultados:

- Obteve-se um corte mais favorável quando foi empregado 48h e 72h de congelamento, pois a casca mostrou-se mais quebradiça;
- No tempo de 24h de congelamento o corte foi menos favorável, pois a casca se mostrou mais resistente ao corte.

Com relação ao processo de umidificação em 48h, obteve-se os seguintes resultados:

- O corte não foi satisfatório quando foi empregado 24h e 48h de congelamento, pois a casca apresentou uma nítida rigidez na sua estrutura;
- O corte foi satisfatório quando foi empregado 72h de congelamento.

Com relação ao processo de umidificação em 72h, obteve-se os seguintes resultados:

- O corte foi desfavorável nos três tempos empregados de congelamento.

Pode-se concluir que os resultados observados no corte demonstraram que quanto menor o tempo de umidificação e maior o tempo de congelamento, mas eficiente será o corte da casca. Isso implica que a umidificação incide negativamente no aspecto da decorticagem.

Quanto ao aspecto da cor, as amêndoas com 24h e 48h de umidificação apresentaram uma intensa cor amarela. Já as amêndoas com tempo de umidificação de 72h apresentaram uma cor com tom caramelizado. Esses resultados demonstraram que o tempo de exposição a umidificação, repercutiu negativamente na incidência de manchas na amêndoa.

Houve escoamento do LCC para as amêndoas durante o corte das castanhas com 24h, 48h e 72h de umidificação quando foi empregado 24h de congelamento; já com o emprego de 48h e 72h de congelamento não ocorreu um escoamento intenso durante o corte, pois o LCC se apresentou cristalizado enquanto estava no estado friável.

O despêliculamento não apresentou resultados significativos, pois a película ficou fortemente aderida.

Esse método não foi calculado a porcentagem do total de despêliculamento, tendo em vista que o objetivo era avaliar o comportamento da amêndoa e da película nas condições de congelamento e umidificação.

#### 5.1.5. Despêliculamento com aplicação do congelamento

As castanhas com 24 e 48h de congelamento apresentaram durante o corte resultados satisfatórios, porém ainda havia uma pequena quantidade de LCC escoando.

As castanhas com 72h de congelamento apresentaram durante o corte resultados satisfatórios por se encontrarem mais quebradiças do que as demais e o LCC apresentar-se solidificado.

As amêndoas apresentaram uma cor amarelo-marfim, de acordo com os padrões exigidos para o mercado.

A despêliculagem foi satisfatória apenas enquanto as amêndoas estavam friáveis, após alguns minutos expostas à temperatura ambiente, a película se aderiu fortemente, sendo removida somente com o auxílio de um estilete.

Esse método não foi calculado a porcentagem do total de despêliculamento, tendo em vista que o objetivo era avaliar o comportamento da amêndoa e da película nas condições de congelamento e umidificação.

## 5.2. Resultados e discussões das amêndoas despeliculadas após processo de congelamento com ultra-som.

De acordo com a Tabela 11, nos tratamentos de 24h de congelamento com 10,15 e 20 minutos de ultra-som, a classe de amêndoas Pequena obteve a maior percentagem de despeliculamento em relação às classes Média e Grande, apresentando como destaque o tempo de 10 minutos, onde todas as amêndoas inteiras apresentaram-se totalmente despeliculadas.

Tabela 11 –Respostas experimentais dos ensaios de despeliculamento com 24h de congelamento

<b>Classes</b>	<b>Tempo de congelamento</b>	<b>Tempo de u.s</b>	<b>% amêndoas despeliculadas</b>
P	24h	10min	100
M	24h	10min	92
G	24h	10min	91
P	24h	15min	94
M	24h	15min	90
G	24h	15min	92
P	24h	20min	97
M	24h	20min	93
G	24h	20min	90

\* u.s: ultra-som

Nos tratamentos de 48h de congelamento com 10, 15 e 20 minutos de ultra-som, observou-se que o menor tempo de ultra-som, 10 minutos, foi favoravelmente eficaz para as amêndoas das classes Pequena e Média, porém no tempo de 15 minutos houve uma redução na despeliculagem para essas duas classes, e no tempo de 20 minutos ocorreu novamente um aumento na despeliculagem. Ao contrário das amêndoas da classe Pequena e Média, as castanhas da classe Grande apresentaram no tempo de 10 minutos de ultra-som um índice de despeliculagem inferior as outras duas classes, porém no tempo de 15 minutos obteve o melhor desempenho na despeliculagem do que as classes Pequena e Média. No tempo de 20 minutos ocorreu novamente uma redução na despeliculagem, como ficou evidenciado na Tabela 12.

Tabela 12 – Respostas experimentais do despeliculamento com 48h de congelamento

<b>Classes</b>	<b>Tempo de congelamento</b>	<b>Tempo de u.s</b>	<b>% amêndoas despeliculadas</b>
P	48h	10min	96

M	48h	10min	96
G	48h	10min	90
P	48h	15min	88
M	48h	15min	91
G	48h	15min	96
P	48h	20min	96
M	48h	20min	94
G	48h	20min	91

\*u.s: ultra-som

A tabela 13 mostra a percentagem de amêndoas despelculadas nos tratamentos de 72h de congelamento com 10, 15 e 20 minutos de ultra-som. Observou-se que a classe de amêndoas Pequena apresentou um maior índice de despeliculagem no tempo de 10 minutos de ultra-som, sofrendo uma pequena redução no tempo de 15 minutos e um aumento no tempo de 20 minutos. As castanhas da classe Média apresentou um despeliculamento gradativo à medida que aumentava o tempo de ultra-som, obtendo melhor resultado no tempo de 20 minutos. As castanhas da classe Grande apresentaram o menor índice de despeliculagem no tempo de 10 minutos em comparação com as outras duas classes, havendo um aumento no tempo de 15 minutos e apresentando uma redução no tempo de 20 minutos.

Tabela 13 – Respostas experimentais do despeliculamento com 72h de congelamento

<b>Classes</b>	<b>Tempo de congelamento</b>	<b>Tempo de u.s</b>	<b>% de amêndoas despelculadas</b>
P	72h	10min	94
M	72h	10min	91
G	72h	10min	82
P	72h	15min	93
M	72h	15min	92
G	72h	15min	96
P	72h	20min	97
M	72h	20min	96
G	72h	20min	92

\*u.s: ultra-som

A tabela 14 mostra os resultados das médias percentuais das três classes de castanha na análise do controle com o uso do congelamento sem o uso de ultra-som em comparação com as análises feitas com congelamento e ultra-som. Observa-se que os dados obtidos com o congelamento mais o ultra-som foi bastante significativo no rendimento da despeliculagem em comparação ao controle, demonstrando que o ultra-som auxilia positivamente na despeliculagem após o congelamento.

Tabela 14 – Análise do controle sem o uso do ultra-som

<b>Índice de despeliculamento</b>				
<b>Tempo de ultra-som</b>				
<b>Tempo de congelamento</b>	<b>0</b>	<b>10min</b>	<b>15min</b>	<b>20min</b>
24h	84	94	92	93
48h	84	97	91	94
72h	88	89	94	95

A análise de variância presente na Tabela 15 mostra que não se obteve diferença significativa entre os diferentes tempos de ultra-som a que foram submetidas às amêndoas. Apesar de ter se obtido em todos os tempos de congelamento valores elevados de amêndoas despeliculadas quando comparado com os dados obtidos no processamento convencional (controle).

Tabela 15 – Análise de variância para o ultra-som e os blocos

<b>Fonte de variação</b>	<b>Grau de liberdade</b>	<b>Soma dos quadrados</b>	<b>Quadrado médio</b>	<b>F</b>
Congelamento	2	3.18	1.59	0.0998
Ultra-som	2	31.62	15.81	0.9913
Int. Cong x U.S	4	52.37	13.09	0.8207ns
Tratamentos	8	87.18	10.89	0.6831 ns
Classes	2	90.74	45.37	2.8439 ns
Resíduo	16	255.25	15.95	
<b>Total</b>	<b>26</b>	<b>433.18519</b>		

Cong: congelamento, U.S: ultra-som, ns – não significativo, F: estatística do teste F

### 5.3. Análise de superfície de resposta para os processos de congelamento e ultra-som

A Figura 14 apresenta os dados da superfície de resposta para os resultados analisados das amêndoas da classe Pequena. Pode se verificar que o despeliculamento alcançou valores máximos quando o tratamento com o ultra-som foi conduzido nos tempos de 10 minutos

e 20 minutos. Quanto ao congelamento, os três tempos estabelecidos foram favoráveis ao despeliculamento de forma efetiva.

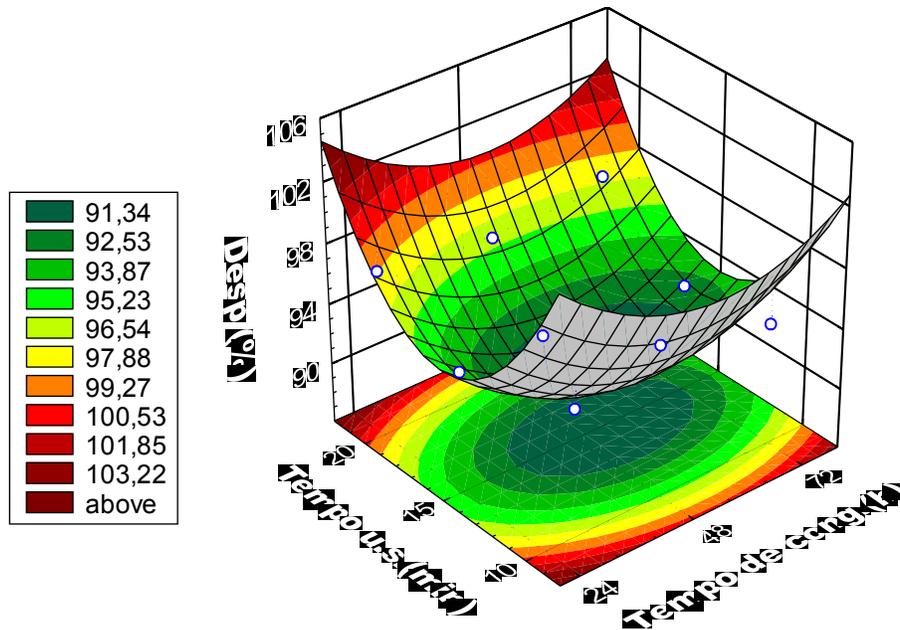


Figura 14: Superfície de resposta para os processos de despeliculamento nas amêndoas da classe Pequena.

De acordo com a figura 15 verificou-se que as amêndoas da classe Média apresentaram um efeito positivo apenas no tempo de ultra-som de 20 minutos, contrastando com os tempos de 10 e 15 minutos que não apresentaram resultados significativos. O tempo de congelamento foi significativo nos três tempos estabelecidos.

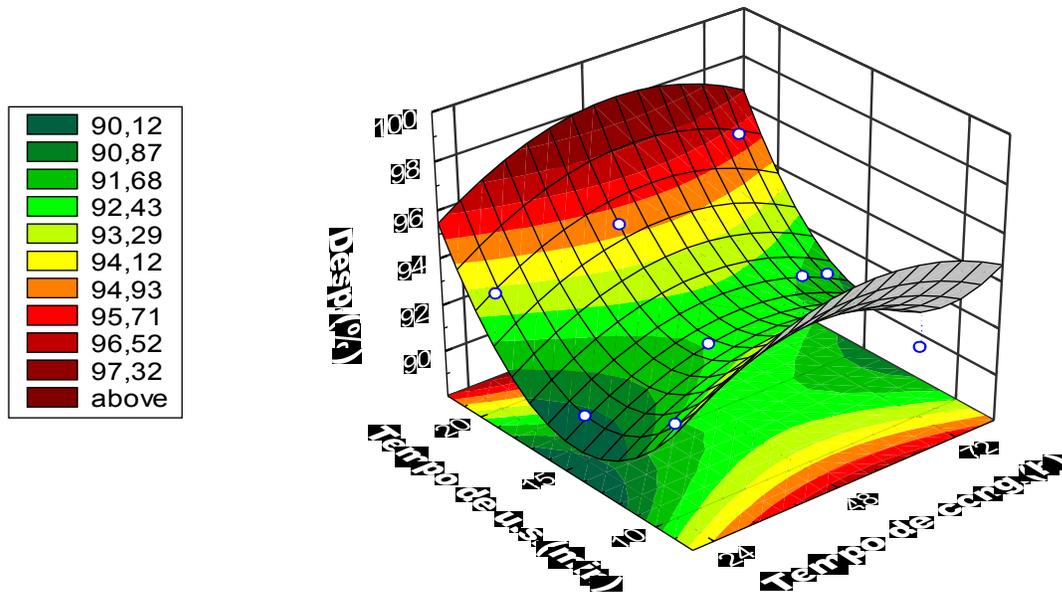


Figura 15: Superfície de resposta para os processos de despeliculamento nas amêndoas da classe Média

A figura 16 mostra a análise de superfície de resposta para as amêndoas da classe Grande. Observou-se que o tempo de congelamento não teve influência significativa nos três tempos estabelecidos, porém no tratamento com o ultra-som apresentou resultados favoráveis aos três tempos aplicados.

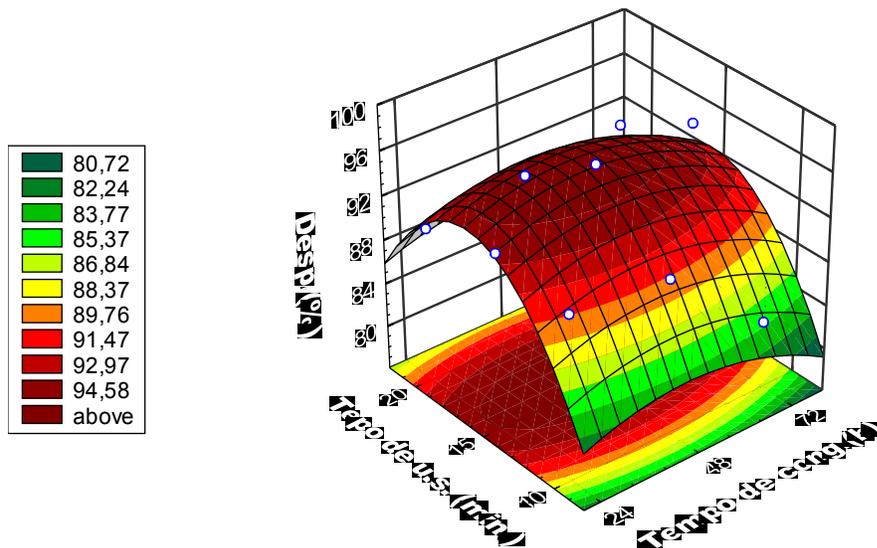


Figura 16: Superfície de resposta para os processos de despeliculamento nas amêndoas da classe Grande.

## 6. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

A partir dos resultados obtidos neste trabalho pode-se concluir que:

Apesar da análise estatística não ter sido significativa para os tratamentos de congelamento em conjunto com o ultra-som, todos os tratamentos apresentaram despeliculagem

satisfatória (entre 80 a 100%), ou seja, os tratamentos não se mostraram como limitantes a qualidade do processo de despeliculagem.

A análise dos tratamentos de congelamento em conjunto com ultra-som em comparação com a análise do controle utilizando os três tempos de congelamento sem o uso do ultra-som demonstrou que a presença do ultra-som favorece positivamente para a remoção da película da amêndoa, respondendo com mais de 90% de despeliculagem.

A análise de superfície de resposta apresentou de forma divergente o desempenho do despeliculamento com a interação do congelamento e ultra-som para as três classes de amêndoas.

De acordo com os dados apresentados para as amêndoas da classe Pequena pode-se concluir:

- A superfície de resposta apresentou um ponto mínimo correspondente ao tempo de congelamento de 48 horas e ao tempo de ultra-som de 15 minutos;
- Para os respectivos tempos de congelamento utilizados, o processo de despeliculamento apresentou uma curva que passa por um ponto mínimo durante o tempo de 15 minutos de ultra-som, bem como, uma máxima despeliculação durante 10 e 20 minutos de ultra-som;
- Para os respectivos tempos de ultra-som utilizados, o processo de despeliculamento apresentou uma curva que passa por um ponto mínimo durante o tempo de congelamento correspondente a 48 horas. Entretanto, este valor foi mais pronunciado para o tempo correspondente a 15 minutos de ultra-som;
- De modo geral, o comportamento da superfície de resposta para as amêndoas da classe Pequena indicou uma maior sensibilidade do processo de despeliculamento com relação ao uso do ultra-som do que em relação ao uso do congelamento;

De acordo com os dados apresentados para as amêndoas da classe Média pode-se concluir:

- Diferentemente do comportamento apresentado para as amêndoas da classe Pequena, a curva de superfície de resposta para as amêndoas da classe Média apresentou um comportamento diverso, ou seja, as curvas correspondentes ao processo de despeliculamento x tempo de ultra-som apresentou um ponto mínimo para os diferentes

tempos de congelamento, enquanto que as curvas correspondentes ao processo de despêliculamento x tempo de congelamento apresentaram um ponto máximo para os diferentes tempos de ultra-som;

- Novamente, o tempo de ultra-som mostrou-se como uma variável de maior sensibilidade do que o tempo de congelamento, entretanto, o comportamento geral dessa superfície de resposta não apresentou um ponto mínimo como aquele observado para as amêndoas de classe Pequena.

De acordo com os dados apresentados para as amêndoas da classe Grande pode-se concluir:

- Diferentemente dos resultados da superfície de resposta das classes de amêndoas Pequena e Média, o comportamento da curva de despêliculamento para a classe de amêndoas Grande apresentou um ponto máximo correspondente ao tempo de ultra-som de 15 minutos e o tempo de congelamento de 48 horas;
- Diferentemente dos casos anteriores, a curva do processo de despêliculamento x tempo de ultra-som apresentou um ponto máximo para diferentes tempos de congelamento, o que mais uma vez mostra a grande sensibilidade ao uso de ultra-som. Entretanto, no caso da classe das amêndoas Grande houve uma inversão do comportamento.

O tamanho das amêndoas teve grande influência sobre o comportamento das curvas de superfície de resposta. Apesar desse fato, o processo de despêliculamento mostrou-se mais sensível ao uso do ultra-som do que ao uso do congelamento, ao ponto de ocasionar uma inversão nas curvas de despêliculamento x tempo de ultra-som para diferentes classes de amêndoas;

Com relação à realidade física, nas amêndoas de classe Pequena o uso do ultra-som e do congelamento foram mais eficientes do que nas classes Média e Grande, como decorrência do menor raio de curvatura, o que torna esses processos mais eficazes.

Recomenda-se uma continuidade destes estudos visando levar em consideração outras faixas de tempo de ultra-som e de congelamento, tendo em vista que maiores proporções de despêliculamento possam ser alcançados.

Avaliar o uso de diferentes faixas dessas variáveis para diferentes classes de amêndoas.

Recomenda-se ainda para ampliar estes estudos, a utilização de castanhas de idades diferentes para poder avaliar se a idade das castanhas tem influência direta na facilidade ou dificuldade de despeliculagem.

Utilização apenas das variáveis nas quais se obtiveram os melhores resultados, com a realização de testes de aceitabilidade e de estabilidade do produto obtido, através da realização de análises sensoriais e de testes microbiológicos.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFI - The Association of Food Industries. **Especificações para amêndoas de castanha de caju** – Departamento de castanhas e produtos agrícolas, 1999.

Disponível em: < <http://www.sindicaju.org.br/site/download/afi.especificacoes.1999.pdf>>

Acesso em 27 jan. 2009

ANDRIGHETTI, L. BASSI, G.F. CAPELLA, P. DELOGU, AM. DEOLALIKAR, A.B. HAEUSTER, G. MALORGIO, G.A. FRANÇA, F.M.C. RIVOIRA, G. VANNINI, L. & DESSERTI R. **The world cashew economy**. L. Inchiostroblu, Italy, 1989.

ARANGO, O.; **The world cashew economy**. Bologna: 1994, 189 p.

ARAÚJO, P.S.C. DE. **Modelo Qualitativo de Organização e Gestão de Cadeias de Suprimento Baseado em Economia Solidária, Comércio Justo e Supply Chain Management**: O caso da cadeia de amêndoa de castanha de caju no Ceará. 2005. 133f. Dissertação de Mestrado. Programa de Mestrado de Engenharia de Transportes. Universidade Federal do Ceará – UFC, Fortaleza, 2005.

BALENTINE, D.A.; WISEMAN, S.A.; BOUWENS, L.C.M. The chemistry of tea flavonoids. **Crit. Rev. Food Sci. Nutr.**, v. 37, n. 8, p. 693-704, 1997.

BANCO DO NORDESTE DO BRASIL S. A. **A Agro-indústria do caju no Nordeste**. Banco do Nordeste do Brasil S.A., Fortaleza, Ceará, 220p., 1973.

BARROS NETO, B; SCARMINIO, I.S.; BRUNS, R.E. **Planejamento e otimização de experimentos**, Campinas: Editora da UNICAMP, 1995.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Portaria nº 644, de 11 de setembro de 1975. Disponível em: < <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao>>. Acesso em 26 nov. 2008

CARVALHO, E.B.S. **Efeitos da Política de minivalorizações cambiais sobre exportações agrícolas do Nordeste**. Fortaleza, 1991. 91p. Dissertação (Mestrado em Economia), Universidade Federal do Ceará.

CARVALHO, A.J.G.T. **Oportunidades e Limitações da Cadeia Produtiva do Caju – Segmento Industrial da Castanha, CE**. In: 499º Encontro Semanal do Pacto de Cooperação da Agropecuária Cearense – AGROPACTO, 7., 2007. Fortaleza.

CASSADIO, G.P. **Cashew nut growing, processing and marketing with particular reference to Brasil**. Report of UNIDO ID/WG. 88/4, 50p., Salvador, 1971.

CASHEW NUT BOARD OF TANZANIA, 2000. **production and processing of cashew nuts (the experience of Tanzania)**.

CDI, 1995. *Cashew nuts: potential in Africa. Partnership*, 18,6-7.

COBAS, V. **Caju: é vitamina, é proteína, é riqueza para o país**. JBM cultural, Rio de Janeiro, v.66, n.59, p.27-32, jan/fev., 1994.

CONAB. **Castanha de caju proposta de preço mínimo safra 2006/2007**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em 15 out. 2008.

CORREIA, A. R. **A industrialização da castanha**. Edição da Direção dos Serviços de Economia e Estatística Geral da Província de Moçambique, 270p., 1963.

CRISÓSTOMO, J. R., LEITE, L. <sup>a</sup> S., PEREIRA FILHO, J.E., PAULA PESSOA, P.F.A. **Avanços tecnológicos e desafios atuais do agronegócio caju no Nordeste do Brasil**. In: TALLER DEASROLLO AGROINDUSTRIAL DE LA GOMA, CASTAÑA Y OTROS PRODUCTOS COM POTENCIAL DE LA AMAZONIA BOLIVIANA, Guayamerin Beni (Bolívia), 11 a 14 dez. 1995. Anais... Guayamerin Beni (Bolívia), 1995. p.17.

DUVERNEUIL., G. & HAENDLER, L. **Évolution des methodes de traitement des noix de cajou**. *Fruits* 28(7): 561-581, 1973.

EDIBLE nut market report. **Rotterdam**: Man Producten, Mar. 1998.

EMBRAPA – Embrapa agroindústria tropical, Serviço Brasileiro de Apoio às Micro empresas. **Iniciando um pequeno grande negócio agroindustrial: castanha de caju**. Brasília: Embrapa informação Tecnológica, 2003. 131p.: il –(Série agronegócios).

ESTEVES, A. B. **Descasque mecânico da castanha de caju**. Garcia de Orta, Lisboa, 14(4): 537-44, 1996.

FAO. Key Statistics of food and agriculture external trade. Disponível em <<http://faostat.fao.org/UH>>. Acesso em 20 Dez. 2008.

GUALBERTO FILHO, A. ; FIGUEREDO, F. J. S. . **Análise do processo de beneficiamento da castanha de caju dentro do Princípio da Produção Segura**. In: ENEGEP 97, 1997, GRAMADO, 1997.

HANLON, J. **Power without responsibility: the World Bank and Mozambican cashew nuts**, *Review of African Political Economy*, 27(83) 2000.

International Tree Nut Council. Cashew Situation and Outlook (ITNC). *The Cracker*. Several editions from January 2001 to April 2005

JAFFE, S. & MORTON, J. **Marketing Africa. S high value foods**: Comparative experiences of an emergent private sector. The World Bank, Washington, USA, 1995.

KNORR, D. ; HEINZ, M.Z.V. ; LEE, D. **Applications and potencial of ultrasonics in food processing**. *Trends in Applied in Sciences & Technology* , London, v.15, n.5, p.261-266, May, 2004.

LEITE, L. **A agroindústria do caju no Brasil**: Políticas públicas e transformações econômicas. Fortaleza: EMBRAPA – CNPAT, 1994. 195p.

LEUNG, M. C.; NG G. Y.; YIP K. K. Effect of ultrasound on acute inflammation of transected medial collateral ligaments. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**. v.86, Jun 2004.

LIMA, V.de P.M.S. – org. **Cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil**. Escritório técnico de Estudos Econômicos do Nordeste, 1988, 486p.

LOPES NETO, A. **A industrialização da castanha de caju**. Superintendência o Desenvolvimento do Estado do Ceará, SUDEC, Divisão de Experimentação agropecuária, Publ. N.6, 60p., 1972.

LOPES NETO, A. **Agroindústria do Caju**. Ed. IPLANCE, Fortaleza, 1997.

MAIA, G. A & STULL, J.W. **Composição de ácidos graxos dos lipídios do caju (*Anacardium occidentale L.*)** Ciênc. Agron. 7 (1-2): 49-51, Fortaleza, 1977.

MAIA, G. A.; MARTINS, C. B.; OLIVEIRA, G. S. F. *et alii* (1981). **Aproveitamento industrial do caju (*Anacardium occidentale, L.*)**. Fortaleza-CE: Núcleo de Tecnologia Industrial (NUTEC).

McCLEMENTS, J. **Advances in the application of ultrasound in food analysis and processing**. Trend in Food Science and Technology, Oxford, UK, v.6, n.9, p. 293-299, Sept. 1995.

NAYAR, K.G. 1995. **cashew : a crop with unlimited potential**. **The cashew**, Jan/March, 1995.  
NAYUDAMMA, Y. & RAO, K. C. **Cashew testa: its use in leather industry**. India Cashew Journal, 4(2):12-13, 1967.

NETO, J.C.; **Competitividade na pequena produção agroindustrial: Estudo da agroindústria castanha de caju**. Tese submetida ao programa de engenharia de Produção da UFRN, Natal, RN-2006.

OHLER, J.G. **Cashew**. Amsterdã, Departament of Agricultural Researche. Koninkiljk Intuit voor de Tropen, 1979 (Communications,71).

OKUNO, E. ; CALDAS, I. L. ; CHOW, C. **Física para ciências biológicas e biomédicas**. 2. ed. São Paulo: Harbra, 1986. 490p

PAIVA, F. F., GARRUTI, D. S., SILVA NETO, R. M. **Aproveitamento industrial do caju**. Fortaleza: EMBRAPA/CNPAT, 1996, 25p.

PAIVA, F. F. A. (1997) **O Aproveitamento Industrial do Caju**. In: Carvalho, A. R. e J. A. Teles (org.) **Caju: Negócio & Prazer**. SETUR, Governo do Estado do Ceará, Fortaleza.

PAIVA, F. F. A. ; SILVA NETO, R. M. . **Industrialização da Castanha de Caju - processo manual**. 1. ed. Teresina: SEBRAE/ PI, 2004. v. 1. 52 p.

PARENTE, J. I & LOPES NETO, A. **A agroindústria do caju em Moçambique. Superintendência do Desenvolvimento do Estado do Ceará.** SUDEC, Série Agropecuária, Publ. nº 8, 2ed. (revista), 94p., 1973.

PAULA PESSOA, P. F. A. de LEITE, L. A. de s.; PIMENTEL, C. R. M. **Situação atual e perspectivas de agroindústria do caju.** In: ARAÚJO, J. P.P. de; SILVA, V.V. da. (Org). *Cajucultura; modernas técnicas de produção.* Fortaleza: EMBRAPA – CNPAT, 1995.p.23-42.

PAULA PESSOA, P. F. A.; LIMA, A. C. e L. A. S. LEITE (2003) **Classificação e Seleção de Matéria-Prima:** Atividades Vitais para Alavancar a Competitividade da Cadeia Produtiva da Amêndoa de Castanha de Caju Brasileira. Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza.

ROMANO, C. V. **Os efeitos do ultra-som aplicado na fase precoce da cicatrização do tendão. Estudo biomecânico em tendões de coelhos.** São Paulo, 2001. Dissertação (Mestrado em Bioengenharia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo.

RUSSEL. D.C. **Cashew Nut Processing.** FAO-Agricultural Services Bulletin n.6, 86p., 1969.  
SANTOS, V.P.M. **A cultura do cajueiro no nordeste do Brasil.** Fortaleza: Banco do Nordeste, 1988. Cap. 2, p.4361.

SINDICAJU. **Exportação.** Disponível em <<http://www.sindicaju.org.br/exportacao.html>>. Acesso em 10 Out. 2008.

SOARES, J. B. **O caju: Aspectos tecnológicos.** Fortaleza, BNB, 1986.256p.

SOARES, M.B. **Inclusão do farelo da amêndoa da castanha de caju na ração de postura para codornas (*Coturnix coturnix japonica*).** Dissertação apresentada a coordenação do curso de pós graduação em Zootecnia, Fortaleza-2005.

SPEED, C. A. **Therapeutic ultrasound in soft tissue lesions.** British Society for Rheumatology. v.40, p.1331-1336, jun 2001.

SUSLICK, K. S.; *Scientific American* 1989, 2, 80.

THE CRACKER, **The official voice the international nut and dried fruit council foundation for the world nut and dried fruit trade,** april 2007, nº 2.

TKATCHENCO, B. **L' anacadier.** *Fruits*, 4(6):199-205, 1949.

TREVAS FILHO, V. **Tecnologia dos produtos do pedúnculo do caju.** Fortaleza, I Semana do caju, 1971. 101p.

UDR. **Caju.** Disponível em: < [http://www.udr.org.br/plantas\\_medicinais3.htm](http://www.udr.org.br/plantas_medicinais3.htm)> . Acesso em 14 jan.2009

USAID – Brasil. **Análise da Indústria de Castanha de Caju:** inserção das micro e pequenas empresas no mercado internacional. Vol. I. Sucursal Brasil, Outubro de 2006.