

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS  
FARMACÊUTICAS

DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO SECO POR ASPERSÃO  
OBTIDO A PARTIR DAS AMÊNDOAS DE *Bertholletia excelsa*  
*H.B.K*

NATACHA PINHEIRO COSTA LIMA

MANAUS  
2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS  
FARMACÊUTICAS

NATACHA PINHEIRO COSTA LIMA

DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO SECO POR ASPERSÃO  
OBTIDO A PARTIR DAS AMÊNDOAS DE *Bertholletia excelsa*  
*H.B.K*

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Farmacêuticas da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para obtenção do Título de Mestre em Ciências Farmacêuticas.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ariane Mendonça Kluczkovski

MANAUS  
2014

## Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

L732d Lima, Natacha Pinheiro Costa  
Desenvolvimento de produto seco por aspersão obtido a partir das  
amêndoas de *Bertholletia excelsa* H.B.K / Natacha Pinheiro Costa  
Lima. 2014  
69 f.: il. color; 31 cm.

Orientadora: Ariane Mendonça Kluczkovski Dissertação  
(Mestrado em Ciências Farmacêuticas) -  
Universidade Federal do Amazonas.

1. Tecnologia. 2. castanha- do- Brasil. 3. produto seco por aspersão. 4.  
processamento. 5. avaliação. I. Kluczkovski, Ariane Mendonça II.  
Universidade Federal do Amazonas III. Título

NATACHA PINHEIRO COSTA LIMA

DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO SECO POR ASPERSÃO  
OBTIDO A PARTIR DAS AMÊNDOAS DE *Bertholletia excelsa*  
*H.B.K*

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Farmacêuticas da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para obtenção do Título de Mestre em Ciências Farmacêuticas.

Aprovada em 14 de março de 2014

BANCA EXAMINADORA

---

Prof.a. Dra. Ariane Mendonça Kluczkovski  
Universidade Federal do Amazonas - UFAM  
1º Membro

---

Prof.<sup>a</sup>. Dra. Francisca das Chagas do Amaral Souza  
Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia - INPA  
2º Membro

---

Prof.<sup>a</sup>. Dra. Maria Katherine Oliveira  
Centro de Biotecnologia da Amazônia - CBA  
3º Membro

Este trabalho é dedicado às pessoas que sempre estiveram ao meu lado pelos caminhos da vida, me acompanhando, apoiando e principalmente acreditando em mim: Meus pais Carlos e Cássia, e meus irmãos Lorena e Renan.

Dedico também a quatro pessoas que sempre foram e serão exemplos de caráter e dignidade, sempre presentes na minha vida: Meus tios e padrinhos Gutemberg e Nazaré; Maria Luiza, minha segunda mãe e amiga; e minha amada vó Nazaré (*in memoriam*).

“Vó Nazaré, tenho certeza que de onde você estiver você está sempre olhando por mim. Você permanecerá eternamente em nossas lembranças e, principalmente em nossos corações”.

Vocês são muito especiais para mim. Amo muito todos!

## AGRADECIMENTOS

Durante estes dois últimos anos muitas pessoas participaram da minha vida. Algumas já de longas datas, outras mais recentemente. Dentre estas pessoas algumas se tornaram muito especiais, cada uma ao seu modo, seja academicamente ou pessoalmente; e seria difícil não as mencionar.

A Deus, acima de tudo, por me dar força, coragem e saúde para realizar mais este sonho;

À minha orientadora, Dr<sup>a</sup>. Arianne Mendonça minha orientadora, pela oportunidade de ter desenvolvido este trabalho, pela orientação, pela paciência, pelo exemplo profissional e pelos ensinamentos que certamente procurarei transmitir-las. A ti, meu respeito, admiração e amizade;

À Dr<sup>a</sup>. Katherine/CBA, que me ajudou bastante no início dessa jornada e se dedicou a este trabalho. Obrigada pela confiança, ensinamentos, paciência e dedicação;

Ao Professor Dr. Emerson Lima/UFAM pelo auxílio e disponibilidade de seu laboratório e equipamentos;

A todos os meus professores que são os maiores responsáveis por eu estar concluindo esta etapa da minha vida, compartilhando a cada dia os seus conhecimentos conosco;

Aos meus colegas de turma: Hellen, Carol Pacheco, Carol Ralph, Fernanda, Rodrigo, Jéssica, Sheila, Neila, Nayana, Socorro, Cláudia, Rafaela, Chanderley e Helen Senna, que, se tornaram amigos e exemplos de profissionais dedicados;

Aos meus pais Carlos e Cássia que, acreditando em mim, me deram conselhos, apoio e muito amor para persistir e seguir meus sonhos. Amo vocês;

Aos meus irmãos Lorena e Renan que estão sempre dispostos a me ajudar;

À Maria Luiza, minha segunda mãe, que mesmo com pequenos gestos e com muito carinho sempre me ajudou sem pedir nada em troca;

Aos meus familiares por me ajudarem, direta ou indiretamente, nesta minha etapa;

Aos meus amigos, Ludmila, Ana Elisa, Viviane, Vivian, João Gustavo, Carol, Flávia e Larissa pelo apoio e momentos de gargalhadas;

Às minhas grandes amigas Leidyana da Costa e Tatiana Pedrosa, colegas de faculdade, confidentes e parceiras de todas as horas. Vocês estarão sempre no meu coração. Nunca me esquecerei de vocês;

À Nutricon e seus funcionários: Neide, Ediney e Tatiane, que disponibilizaram seu tempo, equipamentos, conhecimentos e paciência para que eu realizasse meus objetivos. Obrigada pela amizade;

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas e à Faculdade de Ciências farmacêuticas da UFAM;

Ao CNPq pelo apoio financeiro;

Obrigada a todos vocês por participarem desta importante etapa, pois direta, ou indiretamente me fizeram crescer, tanto pessoalmente como profissionalmente. Valeu!

*Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível.*

*Charles Chaplin*

## RESUMO

A espécie vegetal *Bertholletia excelsa* H.B.K conhecida popularmente como “castanha- do-brasil” é largamente utilizada pela culinária popular da Amazônia devido seu sabor agradável e seu valor nutricional. Dentre os seus principais constituintes químicos destacam-se o selênio. Estudos farmacológicos realizados com as amêndoas desta espécie demonstraram atividades antioxidantes. Para promover a incorporação da castanha- do- brasil na dieta do brasileiro é necessário estabelecer melhorias tecnológicas. O presente trabalho refere-se ao desenvolvimento e caracterização tecnológica de produtos secos por aspersão a partir de solução extrativa aquosa das amêndoas da *Bertholletia excelsa* H.B.K. O material vegetal de *Bertholletia excelsa* H.B.K foi coletado em diferentes usinas de beneficiamento de Manaus e diferentes safras. Os produtos secos foram produzidos através de um delineamento fatorial do tipo 2<sup>2</sup>, tendo como variável independente o tipo de adjuvante de secagem (maltodextrina e goma arábica) e como variáveis dependentes as características tecnológicas e organolepticas dos extratos secos obtidos e a proporção dos adjuvantes utilizados, bem como a composição centesimal e análise do tempo de vida de prateleira dos produtos com melhor rendimento. Dentre os parâmetros tecnológicos avaliados nos pós destacam-se o rendimento operacional, umidade residual e atividade de água. Além disso, foram avaliados o potencial antioxidante e o teor de selênio dos produtos obtidos. Os resultados dessa pesquisa permitiram observar que os parâmetros estudados estão dentro dos limites preconizados pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária. No entanto, todos os demais parâmetros avaliados evidenciaram diferenças quantitativas estatisticamente significantes entre as amostras estudadas sugerindo que as condições edafoclimáticas alteram as características físico-químicas desta espécie e, portanto, podem influenciar na qualidade, eficácia e segurança do produto final proposto.

**Palavras-chave:** tecnologia; castanha- do- Brasil; produto seco por aspersão; processamento; avaliação.

## ABSTRACT

The plant species *Bertholletia excelsa* HBK popularly known as “castanha-do-Brazil” is widely used by popular cuisine of the Amazon due to its pleasant taste and its nutritional value. Among its main chemical constituents stand out selenium. Pharmacological studies with almonds this species showed antioxidant activities. To facilitate the integration of castanha- do- Brazil in the brazilian diet is necessary to establish technological improvements. This paper refers to the development and technological characterization of granular materials by spraying from aqueous extraction solution of *Bertholletia excelsa* HBK almonds. The plant material of *Bertholletia excelsa* HBK was collected in different Manaus processing plants and different vintages. The dried products were produced using a 2<sup>2</sup> factorial design type, having as independent variables the type of glidant (maltodextrin and gum arabic) and dependent variables technological and organoleptic characteristics of the obtained dry extract and the ratio of adjuvants used, as well as the chemical composition and analysis of the shelf life of products with higher yields. Among the technological parameters evaluated in the post stand out from the operating income, residual moisture and water activity. In addition, the antioxidant activity was evaluated and the selenium content of the products obtained. The results of this research allowed to observe that the studied parameters are within the limits recommended by the National Health Surveillance Agency. However, all other evaluated parameters showed statistically significant quantitative differences between samples studied suggesting that soil and climatic conditions alter the physical and chemical characteristics of this species and therefore may influence the quality, efficacy and safety of the final product proposed.

**Keywords:** technology; Brazil nuts; atomization; processing; evaluation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1– Detalhe das folhas, sementes e frutos da castanheira-do- Brasil .....	20
Figura 2 – Fotos da Castanheira-do- brasil e seus componentes.....	21
Figura 3 – Distribuição da Castanheira-do-Brasil entre as regiões Oeste e Leste da Bacia Amazônica.....	22
Figura 4 – Municípios do Estado do Amazonas e atividades relativas à Castanha-do-Brasil .	23
Figura 5 – Fluxograma de processo de beneficiamento da castanha com e sem casca.....	30
Figura 6 – Material vegetal (amêndoas) de <i>Bertholletia excelsa</i> , H.B.K .....	44
Figura 7 – Processamento do extrato hidrossolúvel de castanha-do-Brasil .....	45
Figura 8 – Aspecto macroscópico dos produtos secos por aspensão obtidos a partir de solução extrativa aquosa das amêndoas de <i>Bertholletia excelsa</i> H.B.K.....	59

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação taxonômica da planta <i>Bertholletia excelsa</i> H.B.K .....	19
Tabela 2 – Comparação da composição centesimal e valor calórico da amêndoa de castanha-do-Brasil. ....	24
Tabela 3 – Composição química centesimal, teor de selênio e valor calórico da amêndoa e torta de amêndoa de castanha-do-Brasil.....	25
Tabela 4 – Composição em ácidos graxos (%) do óleo extraído da castanha-do-Brasil.....	26
Tabela 5 – Etapas da cadeia produtiva da castanha-do-Brasil .....	28
Tabela 6 – Produção de castanha do Brasil 2003-2011.....	31
Tabela 7 – Quantidade e valor dos produtos da extração vegetal, por produtos, segundo as Grandes Regiões e as Unidades da Federação – 2010.....	32
Tabela 8 – Níveis de aflatoxinas em amostras de alimentos no Distrito Federal de 1998 a 2001 .....	42
Tabela 9 – Planejamento fatorial 2 <sup>2</sup> para a produção dos produtos secos.....	47
Tabela 10 – Descrição do planejamento fatorial 2 <sup>2</sup> utilizado para a preparação dos produtos secos de <i>Bertholletia excelsa</i> , H.B.K.....	47
Tabela 11 – Condições operacionais de secagem da solução extrativa aquosa de <i>Bertholletia excelsa</i> , H.B.K .....	48
Tabela 12 – Caracterização físico-química da matéria-prima e do extrato seco obtido (PSA3) (valores médios para 100g).....	56
Tabela 13 – Caracterização físico-química da matéria-prima bruta (média ± desvio padrão).57	
Tabela 14 – Caracterização físico-química da solução extrativa aquosa produzida a partir das amêndoas .....	57
Tabela 15 – Aspectos macroscópicos do ESA e dos PSA .....	58
Tabela 16 – Rendimento de secagem e umidade residual do ESA e dos PSA obtidos.....	60
Tabela 17 – Efeito do tratamento por aspersão no extrato de castanha-do-Brasil e o teor de aflatoxinas.....	61
Tabela 18 – Análise microbiológica do PSA3 ao longo de 60 dias .....	62

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Tempo de vida de prateleira do PSA3 por 60 dias.....	63
--	----

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

AFL	Aflatoxina
ANOVA	Análise de variância
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CMC	Celulose microcristalina
LOD	Limite Operacional de Detecção
MPV	Matéria-prima vegetal
OMS	Organização Mundial de Saúde
PD	Perda por dessecação
PSA	Produto seco por aspersão
TE	Teor de extrativos

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>CAPÍTULO 2 – REVISÃO DO TEMA .....</b>	<b>19</b>
<b>2.1 Classificação botânica da espécie Bertholletia excelsa H.B.K.....</b>	<b>19</b>
<b>2.2 Aspectos gerais da espécie.....</b>	<b>19</b>
2.2.1 Aspectos botânicos .....	19
2.2.2 Área de distribuição geográfica.....	21
2.2.3 Composição Nutricional.....	23
2.2.4 Cadeia Produtiva da castanha-do-Brasil (Bertholletia excelsa H. B.K.).....	27
2.2.5 Beneficiamento.....	29
2.2.6 Fatores econômicos .....	31
<b>2.3 Alimentos Funcionais .....</b>	<b>32</b>
2.3.1 Componentes antioxidantes e benefícios a saúde.....	33
<b>2.4 Tecnologias aplicadas à castanha do Brasil (Bertholletia excelsa H. B.K.).....</b>	<b>34</b>
<b>2.5 Secagem por aspersão e alimentos .....</b>	<b>35</b>
2.5.1 Adjuvantes.....	38
2.5.1.1 Goma Arábica .....	38
2.5.1.2 Maltodextrina .....	38
<b>2.6 Desenvolvimento de novos produtos.....</b>	<b>39</b>
2.6.1 Testes de vida de prateleira .....	39
<b>2.7 Aflatoxinas e legislação .....</b>	<b>40</b>
<b>CAPÍTULO 3 - OBJETIVOS .....</b>	<b>43</b>
<b>3.1 Geral .....</b>	<b>43</b>
<b>3.2 Específicos .....</b>	<b>43</b>
<b>CAPÍTULO 4 – MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>44</b>
<b>4.1 Matéria-Prima .....</b>	<b>44</b>
4.1.1 Caracterização da matéria-prima .....	44
<b>4.2 Obtenção do extrato hidrossolúvel.....</b>	<b>44</b>
4.2.1 Despeliculação e extração do óleo.....	44
4.2.2 Preparação e caracterização do extrato hidrossolúvel .....	46
4.2.2.1 Determinação do teor de sólidos totais.....	46
4.2.2.2 Determinação de densidade relativa.....	46

4.2.2.3 Determinação do pH .....	46
4.2.3 Obtenção e desenvolvimento de produtos secos por aspersão de <i>Bertholletia excelsa</i> H. B.K. ....	47
4.2.4 Caracterização físico-química do PSA de <i>Bertholletia excelsa</i> , H.B.K .....	48
4.2.4.1 Rendimento operacional.....	48
4.2.4.2 Avaliação das características macroscópicas.....	48
4.2.4.3 Determinação do pH .....	49
4.2.4.4 Determinação da acidez titulável.....	49
4.2.4.5 Determinação de lipídeos.....	49
4.2.4.6 Determinação do teor de proteína.....	50
4.2.4.7 Determinação do teor de umidade .....	51
4.2.4.8 Determinação de cinzas .....	51
4.2.4.9 Determinação de fibra bruta .....	51
4.2.4.10 Determinação do teor de carboidratos .....	52
4.2.4.11 Determinação da atividade de água ( $A_w$ ).....	52
<b>4.3 Análises microbiológicas .....</b>	<b>52</b>
4.3.1 Número mais provável de coliformes totais e termotolerantes .....	53
4.3.2 Análise de <i>Salmonella</i> sp.....	53
4.3.3 Contagem de bolores e leveduras .....	53
<b>4.4 Teor de Selênio.....</b>	<b>54</b>
<b>4.5 Avaliação do Potencial Antioxidante - Teste do Diphenylpicrylhidrazil (DPPH) .....</b>	<b>54</b>
<b>4.6 Análise estatística.....</b>	<b>55</b>
<b>CAPÍTULO 5 – RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>56</b>
<b>5.1 Caracterização da matéria-prima de <i>Bertholletia excelsa</i> H.B.K.....</b>	<b>56</b>
<b>5.2 Obtenção e caracterização do extrato seco (ESA) e dos produtos secos por aspersão (PSA).....</b>	<b>58</b>
<b>5.3 Toxicidade .....</b>	<b>60</b>
5.3.1 Aflatoxinas .....	60
5.3.2 Selênio .....	61
<b>5.4 Ensaio microbiológicos .....</b>	<b>61</b>
<b>5.5 Tempo de vida-de-prateleira .....</b>	<b>62</b>
<b>CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES .....</b>	<b>64</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>65</b>

# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

O princípio “deixe o alimento ser teu remédio e o remédio ser teu alimento”, exposto por Hipócrates aproximadamente 2.500 anos atrás, está recebendo um interesse renovado. Em particular, tem havido uma expansão súbita do interesse dos consumidores no papel de alimentos específicos ou componentes alimentares ativos biologicamente, os supostos alimentos funcionais de melhorar a saúde (MOURÃO, 2012). Segundo a Portaria nº 18 de 30/04/99, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) do Ministério da Saúde, no Brasil, alimento funcional é definido como todo alimento ou ingrediente que, além das funções nutricionais básicas, quando consumido como parte da dieta usual, produz efeitos metabólicos e/ou fisiológicos à saúde, devendo ser seguro para consumo sem supervisão médica (BRASIL, 1999).

Esta categoria de alimentos encontra aplicação na prevenção e/ou tratamento de enfermidades como: câncer, diabetes, doenças cardiovasculares e hipertensão. Outras doenças, tais como osteoporose, disfunções intestinais e artrite também podem ser prevenidas ou tratadas por alimentos funcionais (CRAVEIRO, 2003).

As propriedades que se atribui a alguns alimentos funcionais relacionados à saúde podem ser provenientes de constituintes naturais destes alimentos ou através da adição de ingredientes que modificam as propriedades originais. Podem incluir: fibras alimentares, oligossacarídeos, proteínas modificadas, peptídeos, carboidratos, antioxidantes, minerais e outras substâncias naturais e microrganismos probióticos (VIEIRA, 2001).

Para lançar um produto no mercado com um registro de um alimento com alegação de propriedades funcionais de saúde, esta deve seguir a legislação do Ministério da Saúde e apresentar um relatório técnico - científico com muitas informações que comprovam os seus benefícios e a garantia de segurança para seu consumo. Por isso vem sendo pronunciada atividades de sensibilização nos setores industriais de alimentos para produtos industrializados mais saudáveis e naturais.

No Brasil, o mercado ainda é tímido em relação a alimentos funcionais, mas as perspectivas são evidentes para que o país seja um grande produtor de alimentos *in natura* e processados. Portanto, as indústrias brasileiras, quando necessitam do uso de produtos e ingredientes funcionais, fazem por meio de importação.

Nesse contexto, a realização de estudos objetivando o desenvolvimento de alimentos funcionais, contendo matéria-prima nativa, vem incentivando um número crescente de pesquisadores.

Na indústria de alimentos, a secagem por nebulização, mais conhecida por “spray drying”, teve seus primeiros passos na metade do século 18, quando foi patenteada a primeira operação de secagem de ovos (1865). Porém, o início de sua utilização como processo a nível industrial data da década de 20.

A partir de então, seu uso disseminou-se pela indústria de processos em geral, sendo hoje, especialmente aplicado para a secagem em larga de produtos das linhas alimentícia e farmacêutica. Sua versatilidade operacional permite desde escalas laboratoriais da ordem de mililitros por hora até dezenas de toneladas por hora na indústria. Além disto, dada sua versatilidade e o pequeno tempo de se o principal equipamento para a secagem de materiais que apresentam sensibilidade ao calor, como alimentos e materiais de origem biológica (FILKOVA; MUJUMDAR, 1995).

O extrato vegetal na forma de pó, desde que obtido adequadamente, apresenta inúmeras vantagens frente à forma fluida, tais como, menor espaço necessário para o armazenamento do produto, melhor estabilidade, facilidade de manuseio e padronização dos princípios ativos presentes (SENNA *et al.*, 1997), o que aumenta o interesse de industriais de alimentos que fabricam produtos derivados de vegetais.

Entretanto, em geral, extratos secos vegetais não possuem boas características reológicas e nem de compressibilidade. Soma-se ainda sua elevada higroscopicidade. Assim, faz-se necessária uma seleção apropriada da técnica de secagem e emprego de adjuvantes farmacêuticos, os quais podem alterar as propriedades físicas e/ou físico-químicas do produto obtido. Por isso, é de extrema importância, do ponto de vista tecnológico, o desenvolvimento do extrato seco, o que inclui avaliação de parâmetros que influem no processo de secagem e caracterização dos extratos, visando à obtenção de um produto padronizado.

A espécie vegetal *Bertholletia excelsia* H.B.K., popularmente conhecida como castanha-do-Brasil é uma das plantas nobres e valiosas da Amazônia, é o produto vegetal extrativo mais importante da região em valor ecológico, social, econômico e alimentar.

Seu valor nutricional é reconhecido pela sua composição em lipídios e proteínas de alto valor biológico, elevado teor vitamínico, especialmente, vitamina B1 e quantidades apreciáveis de minerais. Mas, segundo Frank; Betancourt, existe uma grande variação do teor de minerais para a castanha-do-Brasil, até mesmo em função da localização das árvores. A

quantidade de selênio também varia amplamente na castanha-do-Brasil e resultados de análise das amêndoas de castanhas apresentaram valores variando de 0,03 a 51,2 mg/100g (CHUNHIENG *et al.*, 2004; SOUZA; MENEZES, 2004).

Diversos estudos demonstram que a castanha-do-Brasil apresenta de 60 a 70% de lipídios e de 15 a 20 % de proteína de boa qualidade biológica, além de vitaminas e minerais como: bário, cálcio, ferro, magnésio, zinco, entre outros. Seu nutriente de maior destaque dentre os outros é o selênio (Se), por seu teor superar em até três vezes o valor da quantidade diária recomendada para um indivíduo adulto, o que a torna um alimento recomendado na dieta. Em relação ao teor vitamínico, destacam-se as vitaminas do grupo B e vitamina E (CARDARELLI, 2000; SOUZA; MENEZES, 2004). Entretanto, é importante ressaltar que os dados de composição podem diferir com origem geográfica, tamanho da amêndoa e suas variedades. Devido principalmente ao elevado teor de lipídios da castanha-do-Brasil, seu valor calórico é de 676,56 kcal. A castanha-do-Brasil apresenta teor de compostos fenólicos com capacidade antioxidante, bem como, seu consumo tem sido relacionado ao grupo de nozes com capacidade de reduzir o risco de doenças cardiovasculares e câncer.

A amêndoa é consumida, geralmente, in natura ou seca, contudo, produz um extrato grosso e branco, utilizado como substituinte do leite de vaca. Esse extrato é rico em proteínas, e considerado um subproduto de grande valor na culinária regional por sua versatilidade. Devido ao agradável sabor e reconhecido valor nutricional, a castanha-do-Brasil está alcançando consumo considerável no mercado interno. Por conta disso, pesquisas para desenvolvimento de novos produtos derivados de castanha-do-Brasil estão ganhando uma atenção especial.

Essa criação de novos produtos de castanha-do-Brasil visa não só estimular a economia regional, como auxiliar no processo de inserir no mercado um produto de qualidade e que possa fornecer compostos funcionais ao organismo. Nesse processo, alguns aspectos são de importante relevância, tais como: fornecedores dos ingredientes, etapas de processamento, estudo de vida de prateleira, análise sensorial e determinação da composição centesimal do alimento, fundamental para fornecer a informação nutricional ao consumidor, de acordo com a legislação específica. Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver um produto seco por aspersão a partir de uma solução extrativa aquosa obtida das amêndoas de *Bertholletia excelsa* H.B.K, utilizando diferentes adjuvantes de secagem.

## CAPÍTULO 2

### REVISÃO DO TEMA

#### 2.1 Classificação botânica da espécie *Bertholletia excelsa* H.B.K

A *Bertholletia excelsa* H.B.K. possui diversas sinonímias populares, tais como: castanheira-do-pará, amendoeira-da-américa, castanha-mansa, castanheira-verdadeira, castanheira (LORENZI, 2002). A classificação taxonômica dessa espécie vegetal encontra-se na Tabela 1.

Taxonomia	
Divisão	<i>Angiospermae</i>
Classe	Dicotiledônea
Ordem	<i>Myrtiflorae</i>
Família	<i>Lecythidaceae</i>
Gênero	<i>Bertholletia</i>

Tabela 1 – Classificação taxonômica da planta *Bertholletia excelsa* H.B.K  
 FONTE: FLORENZI, 2002.

#### 2.2 Aspectos gerais da espécie

##### 2.2.1 Aspectos botânicos

A castanheira-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*, H.B.K) é originária da região amazônica (CECHETTIET *et al.*, 2011), encontrada em grupos que vegetam na terra firme da mata alta, quase sempre em solos argilosos ou argilo-silicosos, sendo uma espécie arbórea de grande porte, da família Lecythidaceae (SOUZA, 2006), que ocorre nos Estados brasileiros do Acre, Amazonas, Amapá, Pará, Roraima e Rondônia, assim como em boa parte do Maranhão, Tocantins e do Mato Grosso e parte da Amazônia internacional, compreendendo áreas da Venezuela, Colômbia, Peru, Bolívia, Guianas e Equador. (PACHECO, 2003).

Pertencente ao grupo das nozes de árvores, a castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*, H.B.K) foi descrita pela primeira vez em 1808, quando Humboldt e Bonpland, e posteriormente Kunth, denominaram a árvore majestosa presente na Floresta Amazônica (MENNINGER, 1977). O Ministério da Agricultura por meio do Decreto 51209 de

18/09/1961, para efeito de comércio exterior, regulamentou a denominação de Castanha-do-Brasil (BRASIL, 1961).

A castanheira pode atingir alturas de 30 a 60 m, o tronco é retilíneo, cilíndrico e desprovido de ramos, com diâmetro de 100 a 180 cm (PACHECO; SCUSSEL, 2006). Os galhos são encurvados nas extremidades, compostos de folhas esparsas, alternadas, verde – escura na parte superior e pálida na parte inferior. As flores desenvolvem-se em panículas retas, verticais, racemosas nas extremidades dos ramos (AVILA, 2006). O ovário é recoberto e o estilete estende-se, normalmente, além das anteras. Apresenta seis pétalas brancas, grandes, côncavas e decíduas (FERNANDES, 1993). Seu fruto é do tipo pixídio arredondado que pesa entre 200 g a 1,5 kg; contem de 12 a 25 sementes, com tamanhos que variam de 4 a 7 cm e peso de 4 a 10 g cada uma, sua casca é bastante dura e rugosa (Figura 1).

A família tem 325 tipos de árvores nos trópicos americanos, divide-se em 15 gêneros, em que o *Bertholletia* é dominante com 75 espécies (BRASIL, 2002).

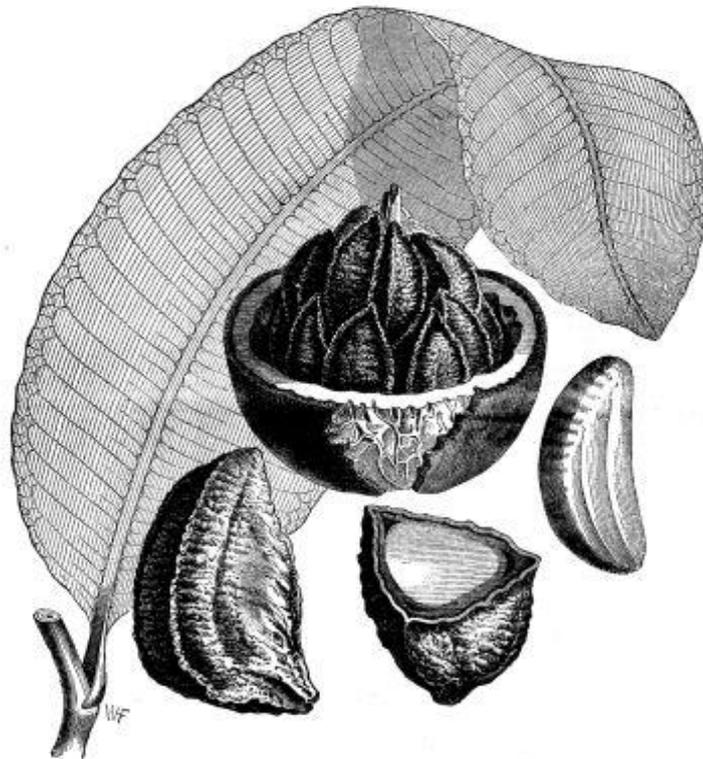


Figura 1– Detalhe das folhas, sementes e frutos da castanheira-do- Brasil  
FONTE: MORI; PRANCE, 1990.

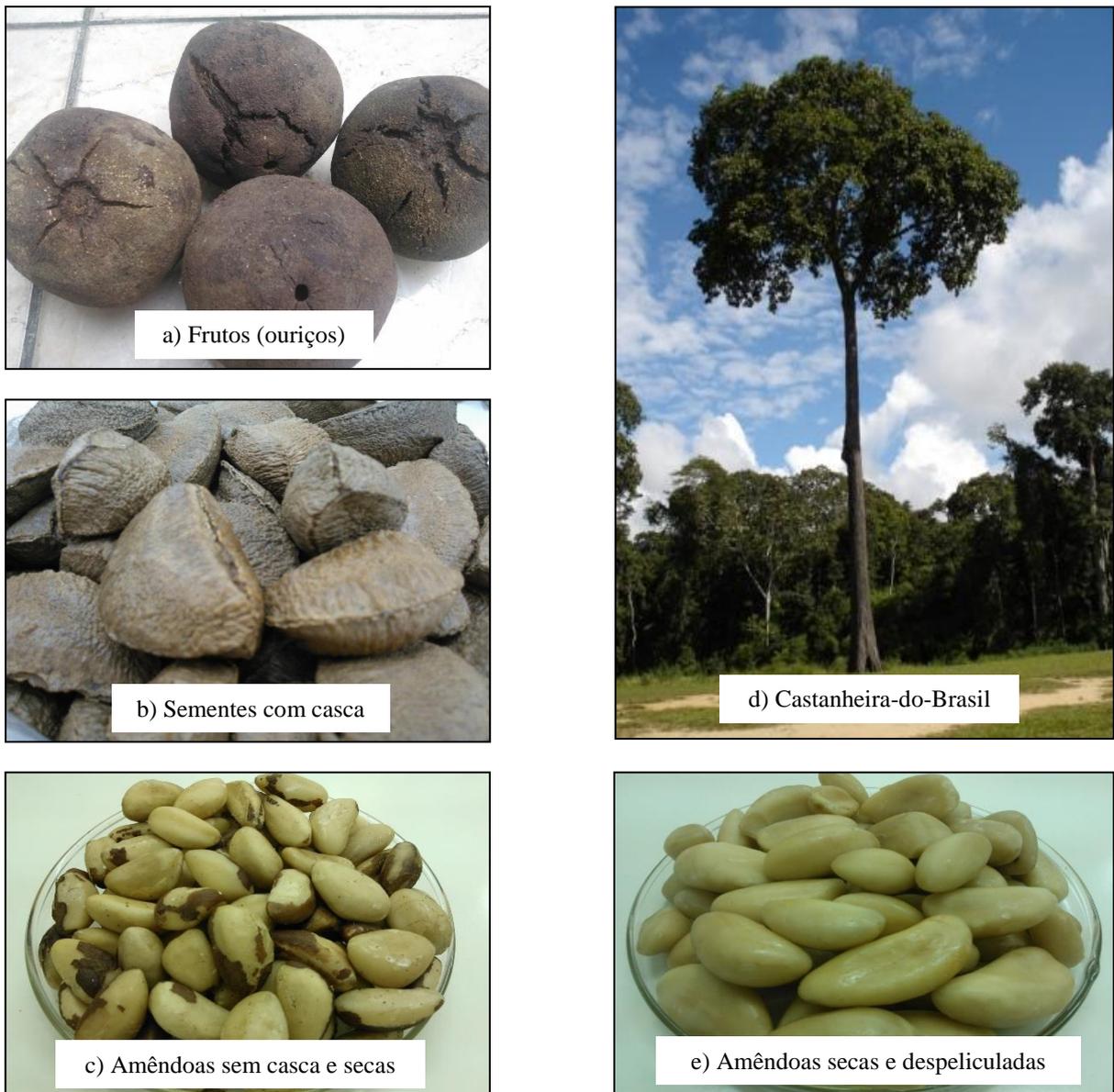


Figura 2 – Fotos da Castanheira-do- brasil e seus componentes

FONTE: Retirado de <<http://g1.globo.com/platbmaryallegretti>>. Acesso em: 10 fevereiro 2014.

### 2.2.2 Área de distribuição geográfica

A castanha é a semente da castanheira-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) cultivada em toda a Amazônia e é considerada uma de suas maiores riquezas na região dos castanhais. O Brasil é um dos países exportadores de castanha-do-Brasil.

A castanha-do-Brasil produzida é comercializada para fora do país, sendo que os maiores compradores são os Estados Unidos, a Inglaterra, França, Alemanha e Itália. Apesar da importância do comércio externo, a comercialização da castanha dentro do país é uma

importante fonte de renda para milhares de agricultores, seringueiros e povos indígenas que vivem na Amazônia (APIZ, 2008).

A castanheira é uma planta encontrada em sua maioria, em estado nativo na Amazônia, e localiza-se em maiores concentrações na porção brasileira, como apresentado na Figura 2 (PACHECO; SCUSSEL, 2007).



Figura 3 – Distribuição da Castanheira-do-Brasil entre as regiões Oeste e Leste da Bacia Amazônica  
 FONTE: PACHECO; SCUSSEL, 2007.

No Estado do Amazonas, a castanheira é distribuída, uniformemente, em todo o território, porém, sua ocorrência é mais frequente ao longo das calhas dos rios Madeira, Purus e Solimões (PACHECO; SCUSSEL, 2007).

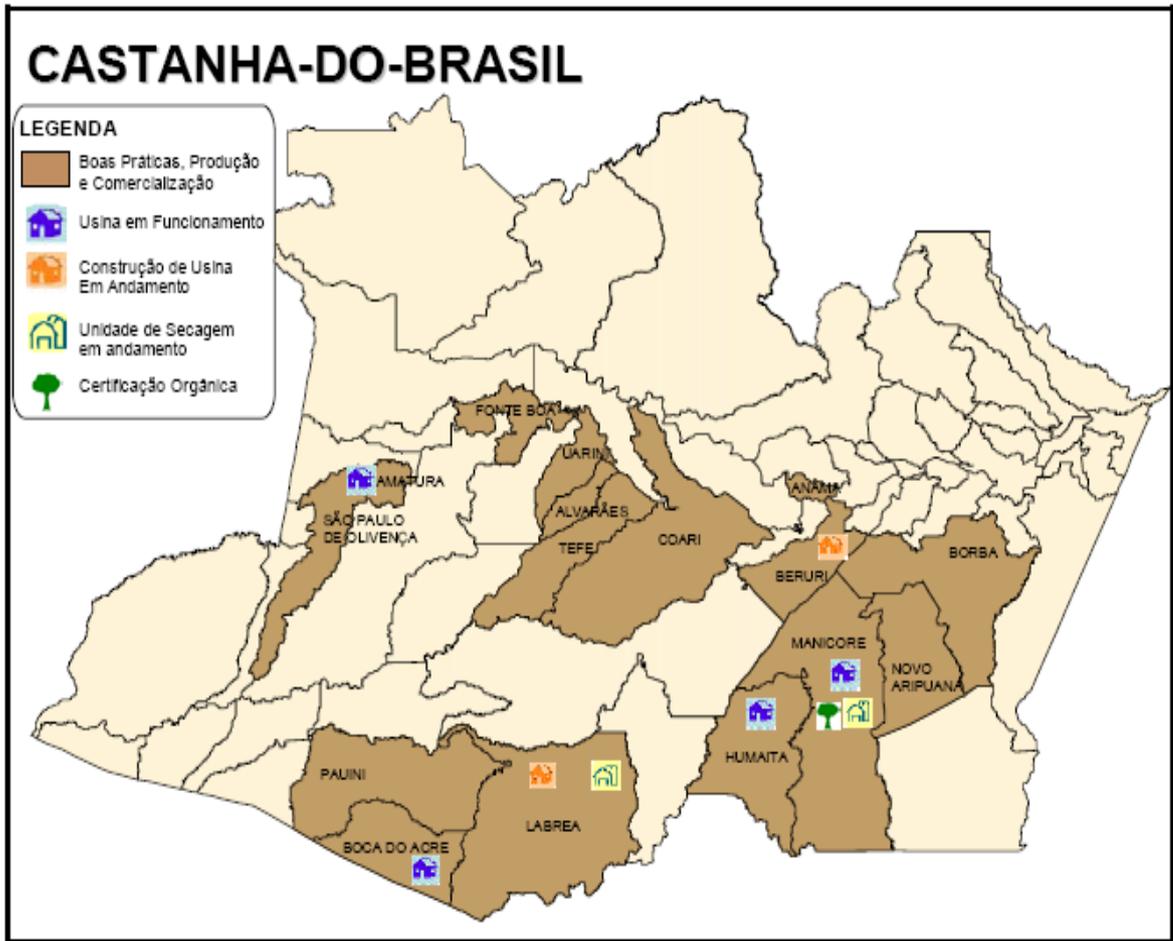


Figura 4 – Municípios do Estado do Amazonas e atividades relativas à Castanha-do-Brasil  
 FONTE: PACHECO; SCUSSEL, 2007.

### 2.2.3 Composição Nutricional

Devido ao elevado teor proteico, calórico e lipídico, a castanha-do-Brasil está incorporada na alimentação culinária da Região Norte Brasileira, e tem alcançado novos grupos de consumidores. Dentre esses, destacam-se os que buscam uma dieta rica em antioxidantes, que na castanha-do-Brasil, com teor de Selênio (Se) superior às de outras nozes de árvores, atrai apreciadores da dieta naturalista, esportistas e idosos. Por outro lado, além das vantagens, devido à preocupação com a saúde do consumidor e às restrições comerciais impostas por outros países, houve necessidade de instituir mecanismos que garantissem a segurança na cadeia produtiva.

A castanha-do-Brasil contém uma amêndoa com elevado teor de proteínas de alto valor biológico, lipídios, fibras (PACHECO; SCUSSEL, 2006; SOUZA, 2003), vitamina E e,

minerais como fósforo, potássio, magnésio, cálcio e selênio (CHUNHIENG *et al.*, 2004; SOUZA; MENEZES, 2004). Este último é o oligoelemento presente em maior quantidade na castanha-do-Brasil dentre todos os alimentos conhecidos (PACHECO; SCUSSEL, 2007).

E, além de apresentar importantes qualidades nutricionais, é um alimento apreciado pelo seu sabor. É constituída por 60 a 70 % de lipídios, expressivamente de ácidos graxos poli-insaturados, e de 15 a 20 % de proteína de boa qualidade biológica (CARDARELLI; OLIVEIRA, 2000).

Seu óleo apresenta 13,8% de ácido palmítico, 8,7% de ácido esteárico, 31,4% de ácido oléico e 45,2% de ácido linoleico, além de pequenas quantidades dos ácidos mirístico e palmitoléico (FREITAS *et al.*, 2007)

Segundo Souza & Menezes (2004), a amêndoa de castanha-do-Brasil apresenta a seguinte composição química centesimal (Tabela 1 e 2), que se assemelha a composição apresentada por outros autores.

<b>Análise</b>	<b>Ferreira, 2000</b>	<b>Santos, 2002</b>	<b>Souza; Menezes, 2004</b>
Umidade (%)	3,15 ± 0,02	3,75	3,13
Proteína (%)	15,60 ± 0,29	13,55	14,26
Lipídios (%)	61,00 ± 1,32	69,53	67,3
Fibra (%)	7,79 ± 0,22	n.d.	8,02
Resíduo Mineral Fixo	3,13 ± 0,04	2,88	n.d.
Carboidrato	17,12 ± 1,46	10,29	3,42
Valor Calórico Total	680,20 Kcal	721,10 Kcal	676,56 Kcal

Tabela 2 – Comparação da composição centesimal e valor calórico da amêndoa de castanha-do-Brasil.  
FONTE: \*n.d.: não divulgado pelo autor

A castanheira apresenta várias aplicações: a) “ouriços” como combustível ou na confecção de objetos, mas o maior valor é a amêndoa, alimento rico em proteínas, lipídios e vitaminas podendo ser consumida ou usada para extração de óleo; b) do resíduo da extração do óleo obtém-se torta ou farelo usada como misturas em farinhas ou rações; c) “leite” de castanha, que é de grande valor na culinária regional; c) madeira com boas propriedades, sendo indicada para reflorestamento e empregada tanto na construção civil como naval (EMBRAPA, 2009).

Segundo Souza, Menezes (2004), a amêndoa de castanha-do-Brasil apresenta a seguinte composição química centesimal (Tabela 2 e 3).

Componente	Castanha-do-Brasil	
	Amêndoa	Torta
Umidade (%)	3,13	6,7
Cinzas (%)	3,84	8,85
Lipídios (%)	67,3	25,13
Proteínas (%)	14,26	40,23
Carboidratos (%)	3,42	3,37
Fibra total (%)	8,02	15,72
Fibra insolúvel (%)	4,89	12,67
Fibra solúvel (%)	3,12	3,04
Valor calórico (kcal)	676,56	400,6
Selênio (mg/kg)	2,04	7,13

Tabela 3 – Composição química centesimal, teor de selênio e valor calórico da amêndoa e torta de amêndoa de castanha-do-Brasil  
 FONTE: SOUZA; MENEZES, 2004.

A proteína da amêndoa e torta de amêndoa de castanha-do-Brasil é rica em todos os aminoácidos essenciais, com elevado teor dos sulfurados (metionina e cisteína), geralmente insuficientes em proteínas vegetais. Sugere-se sua mistura com outras matérias-primas com o objetivo de enriquecê-las em qualidade e quantidade protéicas. Na torta de amêndoa, os aminoácidos essenciais encontram-se em valores acima do padrão teórico da FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO-1985), com exceção de treonina, isoleucina, lisina e triptofano, entretanto o escore químico inferior ao estabelecido pelo padrão da FAO foi apenas em relação ao aminoácido lisina (SOUZA; MENEZES, 2004).

O alto teor de lipídio da amêndoa (67,30%) e da torta (25,13%) de castanha-do-Brasil é um constituinte importante do ponto de vista nutricional, de modo que grande parte da fração graxa da amêndoa de castanha-do-Brasil é o ácido graxo linoléico (35,48%), reconhecido universalmente como ácido graxo essencial, de grande relevância para a alimentação humana (RODRIGUES *et al.*, 2005).

Estudos sugerem que pode haver relação entre a frequência de consumo de nozes com redução da incidência de doenças do coração, constituindo uma fonte alimentar, benéfica à saúde apesar de as nozes serem reconhecidamente ricas em teor de lipídico (KOCYIGIT *et al.*, 2006).

Ácidos Graxos <sup>a</sup>	Andrade <i>et al.</i> , (1999)	Ryan <i>et al.</i> , (2006)	Venkatachalam; Sathe (2006)
Mirístico (14:0)	ND <sup>b</sup>	0,06	0,05
Palmítico (16:0)	ND	13,50	0,00
Palmitoléico (16:1)	ND	0,33	15,1
Margárico (17:0)	15,0	0,22	0,08
Esteárico (18:0)	10	11,77	9,51
Oléico (18:1)	28,0	29,09	28,75
Linoléico (18:2)	6,9	42,80	45,43
Linolênico (18:3)	21,7	0,20	0,18
Araquídico (20:0)	24,9	0,54	0,25
Gadoléico (20:1)	ND	0,21	0,00
Behênico (22:0)	-	0,12	0,06
Erúcido (22:1)	-	0,34	0,00

Tabela 4 – Composição em ácidos graxos (%) do óleo extraído da castanha-do-Brasil

FONTE: PACHECO, 2007.

<sup>a</sup> Número de átomos de carbono: número de insaturações <sup>b</sup> Não detectado

Há ampla diferença entre o teor de alguns minerais em castanha-do-Brasil, a presença de valores elevados de Ferro (Fe), Magnésio (Mg) e Manganês (Mn) também podem ser interessantes do ponto de vista nutricional, no enriquecimento de dietas (CHUNHIENG *et al.*, 2004).

A castanha-do-Brasil tem pesquisa focada na presença de selênio, devido à ação antioxidante nos processos metabólicos (PACHECO; SCUSSEL, 2006). A atuação do selênio está relacionada com a enzima glutationa- peroxidase, dependente do Se, no que se refere à formação de radicais livres no organismo (HOLBEN; SMITH, 1999), proteção contra a ação nociva de metais pesados, prevenção de doenças crônicas não transmissíveis e aumento da resistência do sistema imunológico (COMINETTI, 2011; GONZAGA, 2002).

Segundo Souza & Menezes (2004), a quantidade de selênio encontrada na torta de castanha-do-Brasil (7,13mg/kg) foi 3,5 vezes maior que o teor da amêndoa (2,04 mg/kg). Isto pode ser explicado pela grande quantidade de amêndoas com película utilizada para obtenção da torta e ao seu menor percentual de lipídio, sugerindo-se que a película da amêndoa poderá possivelmente, conter elevada concentração de selênio. Em estudo realizado por Chunhieng *et al.* (2004), as amêndoas das castanhas-do-Brasil apresentaram um elevado conteúdo de selênio, em média 126ppm, sendo evidenciado ainda que o selênio permanecia naturalmente distribuído nas frações protéicas da amêndoa.

Por outro lado, Souza (2003) e Souza; Menezes (2004) destacam que além do selênio, outro apelo muito forte para a utilização da castanha do Brasil é a quantidade e a qualidade da proteína contida na amêndoa e o baixo emprego no mercado interno pelas indústrias processadoras de alimentos.

Em relação ao teor vitamínico, destacam-se as vitaminas do grupo B, principalmente, B1 e B3, pró-vitamina A e vitamina E e, selênio, constituindo-se como a melhor fonte alimentar antioxidante, além de evitar a propagação do câncer (SILVA; MARSAIOLI, 2003).

#### 2.2.4 Cadeia Produtiva da castanha-do-Brasil (*Bertholettia excelsa* H. B.K.)

Nas etapas de comercialização e manuseio da matéria-prima (beneficiamento), grande contingente de mão-de-obra é empregado em decorrência dos métodos manuais de processamento e transporte, e as condições higiênicas são precárias tanto para os utensílios usados, como para a manipulação por parte do pessoal envolvido (PACHECO, 2003).

A coleta dos “ouriços” dá-se entre os meses de janeiro a maio, quando caem ao solo, na estação chuvosa. Nesta etapa, de cata dos ouriços (frutos), o extrator os coloca em um cesto que leva às costas. Quando o cesto está carregado, são transportados aos barracões (de palha ou cobertos com lonas), denominadas de “região de quebramento” ou “comunidades”, destinadas à operação de extração das sementes. A segunda parte consiste na quebra manual dos ouriços, para a retirada das castanhas. Uma vez extraídas, são lavadas para eliminar impurezas, classificadas e armazenadas a granel, para transporte até o beneficiamento (BRASIL, 2002).

O produto é armazenado em barracões e levado aos portos primários de comercialização e daí, até a sede do município, sendo o transporte feito por embarcações de pequeno porte, em face da difícil navegabilidade dos rios. Nesta etapa, as maiores dificuldades de transposição surgem em trechos de cachoeiras dos rios, sendo possível somente na estação chuvosa, quando o nível das águas o permite, apesar de que em algumas localidades, o transporte ocorre via terrestre, como no Estado do Acre. Dos portos de convergências secundários, a castanha é transportada a granel em embarcações, tais como “alvarengas”, uma embarcação fechada ou barcos de passeio e ensacada em balsas até a usina, onde será desembarcada, para o beneficiamento (PACHECO; SCUSSEL, 2006).

Após as etapas de pré e pós-colheita a castanha é beneficiada em usinas com equipamento para produção em larga escala, sendo obtida com e sem casca. A sequência de procedimentos é variável de acordo com a usina.

Após o beneficiamento, o produto *com casca* é acondicionado em *big bags*, normalmente de 1000 kg, sacos de juta ou polietileno, e o produto *sem casca* em embalagem aluminizada a vácuo ou sacos revestidos com caixas de papelão (PACHECO, 2003). Na Tabela 5, o esquema da cadeia produtiva sugerida por Brasil (2002).

<b>Etapas</b>	<b>Fase</b>
<b>Etapa 1:</b> Desde a caída natural dos ouriços até a venda ao intermediário ou à cooperativa, compondo-se de cinco principais fases:	1) Preparo do castanhal 2) Colheita a) Coleta b) Amontoa 3) Pré-beneficiamento a) Corte b) Lavagem 4) Primeiro transporte a) Terrestre b) Fluvial 5) Primeiro armazenamento
<b>Etapa 2:</b> Inicia com o segundo transporte, feito pelo intermediário que compra as castanhas do extrativista. Composta de duas fases:	1) Segundo transporte a) Fluvial b) terrestre 2) Segundo armazenamento
<b>Etapa 3:</b> O beneficiamento com casca inicia com a chegada para o beneficiamento, composta das seguintes fases:	1) Recepção 2) Terceiro armazenamento 3) Beneficiamento a) Lavagem/peneiramento b) Secagem c) Resfriamento d) Primeira seleção (manual) e) Ensaque das castanhas com casca
<b>Etapa 4:</b> O beneficiamento sem casca é a etapa mais longa, composta pelo maior número de fases:	1) Autoclavagem 2) Segundo resfriamento 3) Descascamento 4) Segunda seleção por tamanho (mecânica ou manual) 5) Desidratação 6) Terceiro resfriamento 7) Terceira seleção 8) Embalagem
<b>Etapa 5:</b> Industrialização da amêndoa: é realizada com castanhas sem casca, sendo considerada a última etapa da cadeia produtiva, tendo em vista que o processo de industrialização para a obtenção de subprodutos e derivados (óleo, torta/farelo, farinha, leite, biscoito, doces, etc). As principais fases são:	1) A recepção 2) A seleção 3) O armazenamento
<b>Etapa 6:</b> Comercialização: Esta etapa é considerada importante do ponto de vista da valorização do produto e acompanhado o mercado a que se destina verificam-se dois segmentos: o mercado externo e o interno.	

Tabela 5 – Etapas da cadeia produtiva da castanha-do-Brasil  
 FONTE: BRASIL, 2002.

### 2.2.5 Beneficiamento

Para a preservação da qualidade da castanha devem ser observadas certas recomendações durante as etapas de beneficiamento, tais como (Figura 5):

a) Recepção: retirada de amostra para avaliação da qualidade das castanhas (amostra será avaliada quanto às: castanhas mofadas, manchadas, deterioradas e vazias por meio de uma inspeção visual). Esta atividade é denominada de corte (PACHECO; SCUSSEL, 2006).

b) Armazenamento na usina: as castanhas com casca são armazenadas em galpões com boa ventilação. Embaladas em sacos de polipropileno ou aniagem são mantidas sobre estrados limpos evitando o contato com o piso e umidade. Os lotes a granel são mantidos em baias ou silos igualmente impermeáveis e de fácil limpeza e sanitização (CAMPOS; PAS, 2004).

c) Lavagem: objetiva a retirada de excesso de matéria orgânica, identificando e descartando as castanhas chocas, promovendo choque térmico antes da quebra (PACHECO; SCUSSEL, 2006).

d) Tratamento térmico: dois métodos são utilizados. Ou a castanha lavada é tratada por imersão em água em ebulição, durante 1 a 2 minutos ou é autoclavada por um período de 2 a 5 segundos imediatamente após a lavagem. Esse processo além de reduzir a carga microbiológica da matéria prima, facilita a retirada da casca (CAMPOS; PAS, 2004).

e) Descasque: as castanhas ainda quentes são descascadas manualmente com o auxílio de um pequeno aparelho de ferro, que as comprime pelas extremidades, quebrando a casca e deixando a amêndoa livre (CAMPOS; PAS, 2004).

f) Seleção: feita manualmente para identificar castanhas deterioradas ou danificadas e/ou tamanhos diferentes (PACHECO; SCUSSEL, 2006).

g) Classificação: as castanhas são classificadas ou separadas por classificadores vibratórios ou manualmente conforme as especificações para padronização, comercialização e classificação definidas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que determina seis classes (extragrande, grande, semigrande, extra média, média e pequena) para castanha em casca e oito classes (grande, extra média, média, pequena, miúda, miudinha, ferida e quebrada) para amêndoa descascada (BRASIL, 1976; BRASIL, 2002).

h) Desidratação: as castanhas sem casca são levadas à estufa com circulação forçada de ar, com temperatura de 60°C por 24 horas ou até atingirem entre 11 a 15% de umidade. Já as castanhas com casca, podem ser secas em secadores rotativos ou em estufas obedecendo-se ao mesmo teor de umidade (CAMPOS/PAS, 2004).

i) Polimento: após classificadas, as castanhas com casca são polidas mecanicamente em polidores com superfície interna áspera para melhoria da aparência da casca através da eliminação das arestas. As amêndoas são polidas através de rolos de escova ou espuma para a retirada de resíduos de película (CAMPOS; PAS, 2004).

j) Pesagem e embalagem: as amêndoas são pesadas e embaladas a vácuo por processo semi-automático em sacos aluminizados, e/ou organizados em caixas de papelão. As castanhas com casca são embaladas em sacos de propileno de 60 kg ou em grandes sacos de rafia (*big bags*) de 500 a 1000 kg (PACHECO; SCUSSEL, 2006).

k) Armazenamento do produto final: os sacos e caixas com castanhas ou amêndoas desidratadas são empilhados sobre estrados de madeira que deve obedecer às BPF, em depósito arejado, limpo e com iluminação natural (CAMPOS; PAS, 2004).

l) Etapa de expedição: tornou-se foco da atenção das usinas exportadoras brasileiras, principalmente quanto ao controle de temperatura, umidade e tempo de transporte até o mercado de destino, sem afetar negativamente a qualidade do produto (PACHECO; SCUSSEL, 2006).

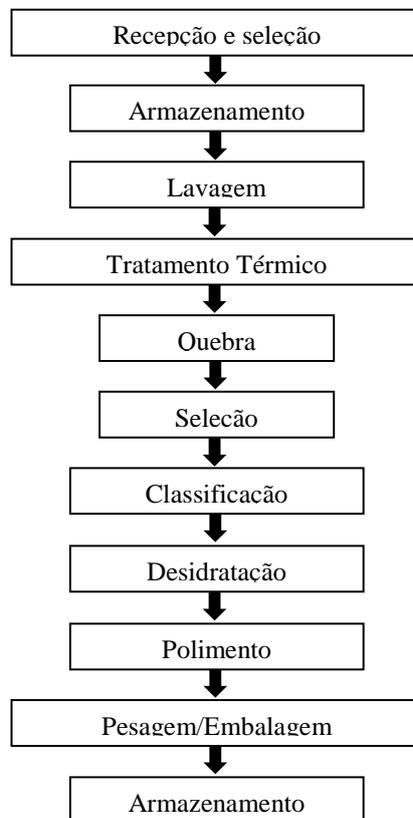


Figura 5 – Fluxograma de processo de beneficiamento da castanha com e sem casca  
 FONTE: CAMPOS; PAS, 2004.

### 2.2.6 Fatores econômicos

Após a decadência da borracha, a castanha-do-Brasil passou a constituir o principal produto extrativo para exportação da região norte brasileira. A exploração de exemplares nativos dessa árvore é protegida por lei (Decreto 1.282, de 19/10/1994) e seu fruto tem elevado valor econômico como produto extrativo florestal, o que não impede seu plantio em sistema de monocultivo ou consorciado (LOCATELLI; VIEIRA; GAMA, 2005).

A produção brasileira de castanha, como mostra nas Tabelas 6 e 7, basicamente, no que se refere ao comércio, obedece a dois fluxos: o consumo interno e a exportação. Essa relação tem se alterado na proporção de 25% a 30% para exportação, e 70% a 75% para o consumo interno. No caso das exportações pode-se destacar como principal destino a Bolívia, com o produto “in natura”, seguida dos Estados Unidos, incluindo castanha beneficiada, Honk Kong, Europa e Austrália. Nos quatro primeiros meses de 2012, o volume total das exportações de castanha atingiu 4.940 toneladas, gerando uma receita de US\$ 6,5 milhões, valor 65,6% superior ao observado no mesmo período de 2011 (MAPA, 2012).

O comércio da castanha no Brasil tem se expandido nos últimos anos (Tabela 6), porém sua utilização no mercado interno ainda é pouco explorada, seus derivados como a farinha, o óleo e a torta não têm preço fixo, não apresentando produção significativa (MAPA, 2002).

<b>Resultados alcançados</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>
Produção Total (t)	538	6.770	6.263	6.609	6.500	6.800	8.840	8.840	6.204
Valor total da produção (R\$)	33.600	6.729.500	14.266.900	8.229.741	8.400.000	8.787.000	11.423.100	11.423.100	8.015.568
Nº de famílias beneficiadas	25	945	5.169	5.415	5.500	5.700	7.410	7.410	6.500
Nº de municípios atendidos	1	7	9	11	15	16	16	16	16

Tabela 6 – Produção de castanha do Brasil 2003-2011

FONTE: AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO AMAZONAS – ADS, 2009.

Grandes regiões e unidades da Federação	Castanha-do-Brasil	
	Quantidade (t)	Valor (1000 R\$)
Brasil	40.357	55.194
Norte	38.879	53.419
Rondonia	1.797	2.492
Acre	12.362	14.083
Amazonas	16.039	26.224
Roraima	106	68
Pará	8.128	10.129
Amapá	447	402
Tocantins	0	0

Tabela 7 – Quantidade e valor dos produtos da extração vegetal, por produtos, segundo as Grandes Regiões e as Unidades da Federação – 2010

FONTE: PRODUÇÃO DA EXTRAÇÃO VEGETAL E SILVICULTURA, 2010; IBGE, 2011.

### 2.3 Alimentos Funcionais

Os alimentos funcionais fazem parte de uma nova concepção de alimento lançada pelo Japão na década de 80 através de um programa de governo que tinha como objetivo desenvolver alimentos saudáveis para uma população que envelhecia e apresentava uma grande expectativa de vida.

O termo “alimentos funcionais” foi primeiramente introduzido no Japão em meados dos anos 80 e se refere aos alimentos processados, contendo ingredientes que auxiliam funções específicas do corpo além de serem nutritivos, sendo estes alimentos definidos como “Alimentos para uso específico de saúde” (Foods for Specified Health Use - FOSHU) em 1991. Estabelece-se que FOSHU são aqueles alimentos que têm efeito específico sobre a saúde devido a sua constituição química e que não devem expor ao risco de saúde ou higiênico (MORAES; COLLA, 2006).

A portaria nº 398 de 30/04/99, da Secretaria de Vigilância do Ministério da Saúde no Brasil fornece a definição legal de alimento funcional.

A definição oficial da ANVISA: Alimentos Funcionais, é todo alimento ou ingrediente com alegação de propriedades funcionais e/ou de e que pode, além de funções nutricionais básicas, quando se tratar de nutriente, produz efeitos metabólicos e/ou fisiológicos e/ou benéficos á saúde, devendo ser seguro para o consumo sem supervisão médica.

Alegação de propriedade funcional: É aquela relativa ao papel metabólico ou fisiológico que uma substância (seja nutriente ou não) têm o crescimento, desenvolvimento, manutenção e outras funções normais do organismo humano.

Portanto, a castanha - do- brasil, pela sua rica composição de compostos antioxidantes possui um potencial benéfico a saúde.

### 2.3.1 Componentes antioxidantes e benefícios a saúde

Os efeitos favoráveis do selênio (Se), da vitamina (vit. E) vêm sendo estudados nos últimos anos. A vitamina E é o mais importante antioxidante lipossolúvel. Está inserida nas membranas lipídicas e as protege contra o ataque de radicais superóxido (Combs & Combs, 1986). O selênio é um micronutriente essencial presente nos tecidos do corpo. É parte integrante da enzima glutathione peroxidase que atua no citosol celular convertendo peróxido de hidrogênio em compostos atóxicos (COMBS; COMBS, 1986).

Além de atuar na destoxificação do peróxido de hidrogênio e de outros peróxidos orgânicos, a glutathione peroxidase atua também na manutenção de grupos sulfidrilas vitais na forma reduzida, na síntese de hormônios derivados do ácido araquidônico e no metabolismo de compostos estranhos ao organismo, por exemplo, compostos aromáticos derivados de plantas e pesticidas; atua, ainda, como co-fator no metabolismo de certos aldeídos, por exemplo, o formaldeído e o metilglioxal e, supostamente, no transporte de alguns aminoácidos nos rins. Recentemente, constatou-se que o selênio é um constituinte da 5'-iodinase, enzima atuante no metabolismo dos hormônios da tireóide, e que as síndromes de deficiência de iodo são mais graves quando há deficiência simultânea de selênio.

Alguns estudos mostraram que essa oleaginosa ajuda a prevenir câncer, esclerose múltipla e mal de Alzheimer. Sua fração oleosa é rica em ácidos graxos monoinsaturados (48%) sendo indicada na prevenção de doenças cardiovasculares, controles glicêmicos e de peso.

Fonte riquíssima de selênio, a castanha-do-Brasil ajuda na prevenção do câncer, ajuda no equilíbrio do hormônio ativo da tireóide e age como antioxidante, protegendo o organismo contra os danos provocados pelos radicais livres. Uma única castanha contém a quantidade diária de selênio necessária para um adulto (55 microgramas). A castanha-do-Brasil é indispensável aos desnutridos, anêmicos, desmineralizados, com problemas mentais e tuberculosos. É um alimento que não deve faltar na alimentação das crianças, gestantes e lactantes.

A concentração de selênio na castanha-do-Brasil pode apresentar grande variação, dependendo dos teores presentes no solo. Em função da importância do selênio, é necessário conhecer a composição nutritiva dos alimentos, de forma a garantir um consumo adequado desse elemento por parte da população.

## 2.4 Tecnologias aplicadas à castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa* H. B.K.)

A castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa*, H. B. K.) é um dos principais produtos da biodiversidade da Floresta Amazônica. Têm alto potencial econômico, especialmente na Amazônia brasileira, na qual representa um dos elementos principais para a economia das famílias extrativistas. Entretanto, seu uso, embora comum na culinária Amazônica, ainda está se difundindo nas demais regiões do País (FELBERG *et al.*, 2004).

A castanha do Brasil apresenta importante potencial nutritivo, baixa utilização no Brasil como ingrediente na elaboração de alimentos e/ou consumo in natura, baixa agregação de valor (SOUZA; MENEZES, 2008). Especificamente, o óleo tem sido utilizado na fabricação de cosméticos, fitoterápicos, e as cascas, na produção de biocombustível, fabricação de tapetes, peças de artesanato e composição de tintas (BRASIL, 2002). Os Extratos da castanha-do-Brasil são usados como fitoterápicos e também na ação de redução do *Trypanosoma cruzi*, causador da doença de Chagas (CAMPOS *et al.*, 2005).

A amêndoa produz um extrato grosso, branco e leitoso. Esse extrato da castanha é considerado um subproduto de grande valor na culinária regional, com bom potencial de mercado em alguns estados, inclusive para complementação da merenda escolar (BRASIL, 2002).

O processo tecnológico de obtenção do leite de castanha-do-Brasil leva a um derivado com elevado teor de proteína (21,19%) e baixo teor de lipídios (5%) consistindo em uma alternativa viável para a complementação energético-protéica de dietas. Em estudo realizado por Cardarelli & Oliveira (2000) sobre a conservação do leite de castanha-do-Brasil, verificou-se que o emprego de pasteurização e refrigeração permitiu que o produto se mantivesse estável microbiologicamente por, pelo menos, 30 dias, podendo ser classificado como semi-perecível e que o efeito aditivo de pasteurização, refrigeração e adição de conservantes garantiu a estabilidade do produto durante os 180 dias de armazenamento.

O óleo da castanha-do-Brasil obtido pela prensagem das sementes, ou com uso de solvente, tem sido utilizado no enriquecimento de alimentos industrializados (SOLIS, 2001). Além da aplicação na fórmula de cosméticos, o óleo também pode ser utilizado em adição a meios específicos, como fonte de carbono para microrganismos, propiciando a produção de substâncias biosurfactantes, que devido à importância ecológica, são mais aceitos que os surfactantes sintéticos (COSTA *et al.*, 2006).

Além da utilização da castanha-do-Brasil como aperitivo, ela tem alcançado outros grupos de consumidores, tais como: crianças, esportistas e pessoas da terceira idade, pois os mesmos têm maior necessidade de proteínas, vitaminas e ácidos graxos essenciais. A produção de castanhas cobertas com camadas doces (drageados), de chocolate ou iogurte e também como salgado, apenas com sal e condimentos do tipo ervas e pimenta, tem sido bastante difundida e aceita pelos consumidores brasileiros e também de outros países (EMBRAPA, 1998).

A castanha-do-Brasil tem sido utilizada como ingrediente em alimentos extrusados de forma a enriquecer o teor protéico de alimentos processados (SOUZA; MENEZES, 2004). Souza e Menezes (2008) estudaram a aceitabilidade dos consumidores, visando otimizar as condições de processamento por extrusão termoplástica de misturas de castanha do Brasil com farinha de mandioca.

A tecnologia de extrusão é uma alternativa viável para processar misturas de castanha do Brasil desengordurada de forma a obter alimento prático e pronto para consumo, disponibilizando ao mercado um produto alimentício alternativo rico em proteína vegetal, carboidratos, lipídios, fibras e selênio, contribuindo para a diversificação de produtos alimentícios desse grupo, similares aos cereais matinais existentes no mercado (SOUZA; MENEZES, 2008).

Felberg *et al.*, (2004) elaboraram bebidas à base de extrato de soja integral e castanha-do-Brasil de forma a aumentar o aproveitamento da castanha-do-Brasil, matéria prima nacional pouco aproveitada industrialmente no mercado interno.

## **2.5 Secagem por aspersão e alimentos**

No secador por aspersão ou *spray-dryer*, a matéria-prima inicial deve se apresentar no estado líquido ou pastoso. O produto é inserido na câmara de secagem por um sistema de aspersão, de forma a reduzir o tamanho das partículas na forma de gotículas, permitindo uma maior área de transferência de calor e uma maior quantidade de transferência de massa. O tamanho das gotículas é, portanto, um fator importante para indicar a eficiência da secagem. A escolha das temperaturas, de entrada e de saída do equipamento de secagem, é determinada de acordo com o grau de sensibilidade do produto à temperatura. A velocidade de evaporação varia em razão inversa a pressão interna do secador, sendo assim, uma pressão baixa facilita a evaporação. A secagem por *spray-dryer* também pode ser empregada para diversos tipos de

produtos alimentícios como: leite, chás, suco de tomate, ovos, bem como na indústria química como na secagem de massas de cerâmicas, argilas e detergentes (DEGÁSPARI *et al.*, 2002).

O processo de secagem por aspersão apresenta diversas vantagens, tais como (OLIVEIRA; PETROVICK, 2010):

- Seleção adequada do equipamento com base nas características pretendidas para o produto final;
- O controle da uniformidade e do tamanho das partículas do produto pela manipulação das variáveis do processo;
- Processo contínuo, podendo ser alteradas condições de operação sem a necessidade de interrupção, rapidez e rendimento;
- A evaporação ocorre em frações de segundos, em virtude da formação de inúmeras gotículas que proporcionam uma grande área superficial para trocas térmicas e transferência de massa;
- Baixa agressividade ao produto, o que a faz apropriada para produtos termossensíveis devido ao curto tempo de contato com a fonte de calor, podendo assim, ser empregada com sucesso na produção de produtos intermediários para fitomedicamentos;
- As partículas resultantes apresentam forma esférica uniforme e uma rápida dissolução, devido à grande área específica;
- Os custos do processo são baixos;
- Alguns sistemas podem operar em modo de circuito-fechado com um gás inerte para reduzir a oxidação do produto.

Entre as desvantagens acerca da utilização da técnica de secagem por este método podem ser citadas: i. O equipamento apresenta grandes dimensões, necessitando de instalações físicas adequadas; ii. O custo inicial é alto, pois necessita de investimento em instalações. Porém, o valor do produto final pode justificar o ônus inicial (OLIVEIRA; PETROVICK, 2010).

Em geral, produtos secos por aspersão de extratos vegetais, mostram-se muito finos, leves, de baixa compressibilidade e de fluxo ruim, além de apresentarem-se higroscópicos (SPANIOL, 2007). Diante dessas características desfavoráveis, a necessidade de utilizar adjuvantes de secagem foi colocada em evidência por diversos pesquisadores, tanto como fator crítico no rendimento do processo, como na padronização da qualidade e manutenção da estabilidade de produtos secos obtidos. Entre os adjuvantes já testados estão o dióxido de

silício coloidal, a celulose microcristalina, a goma arábica, o fosfato tricálcico e a maltodextrina (SILVA, 2007).

Adicionalmente, estudos realizados sobre o emprego de adjuvantes de secagem têm demonstrado uma melhora nas propriedades físico-químicas, bem como a capacidade de proporcionar um aumento do rendimento da operação, além de contribuir, positivamente, para a reconstituição de água do produto e para a estabilidade dele frente à umidade. Em contrapartida, a otimização dos parâmetros de secagem como temperaturas de entrada e de saída e velocidade de fluxo de alimentação, concentração e tipo de adjuvante tecnológico, assim como os teores de resíduo seco do extrato fluido a aspergir, são fatores indispensáveis para obtenção de extratos secos com melhores características tecnológicas e rendimento (VASCONCELOS *et al.*, 2005).

A qualidade do pó obtido é baseada em uma série de propriedades dependentes das variáveis de processo utilizadas. Em geral, o conteúdo de umidade final, o índice de solubilidade e a densidade aparente são de fundamental importância (SOUZA, 2003).

O spray-dryer é frequentemente utilizado em processos na indústria alimentícia que envolvem a geração e secagem de gotículas líquidas. Pós finos secos, granulados ou aglomerados podem ser produzidos continuamente pela secagem de soluções, emulsões ou suspensões. Os pós produzidos por spray-dryer reúnem padrões elevados de qualidade com respeito à granulometria do produto, umidade final, homogeneidade, densidade e forma, sendo que estas características podem ser alteradas por modificações nos parâmetros do processo (REMILI *et al.*, 1994).

Os produtos obtidos por spray-dryer são, em geral, mais solúveis e concentrados. Uma vantagem do processo spray-dryer é que a secagem ocorre em condições assépticas evitando possíveis contaminações durante o processamento, podendo-se assumir que a contaminação bacteriana final procede essencialmente da planta original ou após o processamento, pela manipulação humana.

Na indústria alimentícia a técnica também é utilizada para secagem de polpa de frutas, como: açaí, abacaxi e melancia, devido à boa qualidade conferida ao pó resultante e às facilidades de transporte e armazenamento, além de maior estabilidade físico-química (OLIVEIRA, 2010).

### 2.5.1 Adjuvantes

O conceito antigo de adjuvante considerava sua inércia química e sua inatividade toxicológica e farmacológica. Atualmente, a inércia química é vista com reservas, pois os adjuvantes possuem uma energia termodinâmica própria, atribuindo certa reatividade, provocando variações nas propriedades físico-químicas do componente ativo e sendo gatilho de algumas reações. Os adjuvantes adicionados à formulação devem favorecer a estabilidade, não prejudicando a forma final.

#### 2.5.1.1 Goma Arábica

O uso de materiais poliméricos naturais também tem sido foco de grande atividade de pesquisa voltadas ao desenvolvimento formas farmacêuticas sólidas orais e/ou de liberação modificada. Os polímeros naturais (polissacarídeos e/ou oligossacarídeos), devido a suas propriedades de baixa toxicidade, biodegradabilidade, características filmogênicas, facilidade de derivatização, disponibilidade e baixo custo têm constituído um elemento de elevado interesse e destaque nas investigações voltadas à sua inclusão no grupo de excipientes farmacêuticos. Dentre as inúmeras propostas destaca-se o polissacarídeo goma arábica, (GABAS; CAVALCANTI, 2003).

A goma arábica ou goma acácia é um produto obtido pela dessecação espontânea do exsudato dos troncos e dos ramos da espécie *Acácia senegal* (Linne). Não é produzida no Brasil, somente em países africanos, principalmente no Sudão. As propriedades físico-químicas e químicas da goma-arábica sofrem modificações, dependendo da idade da planta, origem, condições climáticas, tempo de exsudação e tipo de armazenamento (LANDIM, 2008).

#### 2.5.1.2 Maltodextrina

A maltodextrina é usada porque, além do baixo custo, apresenta baixa higroscopicidade, evitando a aglomeração das partículas; tem efeito antioxidante e mostra retenção de voláteis na faixa de 65 a 80% (SHAHIDI, F; HAN, X.Q, 1993). É também utilizada na obtenção de alimentos em pó, incluindo aqueles por atomização e liofilização.

Maltodextrinas são obtidas pela hidrólise do amido constituídas de unidades  $\beta$ -D-glicose e classificadas de acordo com sua dextrose equivalente (DE) (KUROZAWA *et al.*, 2009).

## **2.6 Desenvolvimento de novos produtos**

O desenvolvimento de novos produtos é uma atividade de vital importância para a sobrevivência da maioria das empresas. A renovação contínua de seus produtos é uma política generalizada no âmbito empresarial (PENNA, 1999).

A região amazônica oferece grandes vantagens no mercado competitivo pela sua imensa floresta que oferece às suas populações a chance de trabalho e renda com recursos extraídos da natureza que os cerca, proporcionando uma diversidade de alternativas em relação a produtos que podem conquistar o mercado nacional e internacional.

O desenvolvimento de novos produtos e aplicações tecnológicas a partir da biodiversidade amazônica poderá agregar valor às matérias primas da região e se tornar uma alternativa para o desenvolvimento econômico da região.

Esses novos produtos podem trazer ao mercado consumidor novidades como forma de criar novas tendências ou hábitos de consumo, por meio do produto.

Porém, essa jornada requer uma série de requisitos para que o produto final seja de qualidade e atenda a legislação específica, principalmente, quando tratamos de produtos ou insumos alimentícios. Alguns requisitos são de grande importância, dentre eles podemos citar: análises de fornecedores dos ingredientes, etapas de processamento, estudo de vida de prateleira, análise sensorial e determinação da composição centesimal do alimento, fundamental para fornecer a informação nutricional ao consumidor.

### **2.6.1 Testes de vida de prateleira**

O principal requisito para garantir a qualidade de um alimento é a sua vida de prateleira, popularmente conhecida por prazo de validade, que é o período temporal no qual um alimento, conservado em determinadas condições de temperatura e umidade, apresenta alterações que são, até certo ponto, consideradas aceitáveis pelo fabricante, consumidor e pela legislação alimentar vigente (VITALI, 2004). Ao mesmo tempo em que mantem suas características sensoriais, físicas, químicas e funcionais desejadas, e estando de acordo com as

características nutricionais evidenciadas na rotulagem, sob as condições de armazenagem recomendadas (ZUNIGA, 2011).

A previsão da vida-de-prateleira não é uma tarefa fácil e de resultado preciso. Contudo, é sempre útil ter o máximo de informações sobre o alimento a ser conservado, conhecendo-se de preferência o mecanismo e a cinética das principais reações de deterioração. Estes conhecimentos possibilitam uma melhor estimativa da vida-de-prateleira do alimento, além de fornecer informações que orientam quanto às condições de conservação mais adequadas. A vida útil de um produto é informação estratégica de uma empresa, que pode gerenciar melhor sua distribuição e informar, de forma mais adequada, as condições de sua conservação aos consumidores (MOURA *et al.*, 2007).

A maioria dos alimentos por provir de material biológico de origem vegetal ou animal está sujeita a diferentes processos de deterioração, sendo os mais emergentes aqueles de origem microbiana e que, portanto, recebem sempre o máximo de atenção. Contudo, mesmo com a prevenção adequada a esse tipo de deterioração, o alimento estará sujeito durante o seu ciclo de vida útil a uma série de outras reações, cuja velocidade variará em função de muitos fatores, tais como: temperatura, umidade, acidez, teor de oxigênio, embalagem e outros.

## **2.7 Aflatoxinas e legislação**

As aflatoxinas são metabólitos secundários, produzidos por algumas cepas de fungos do gênero *Aspergillus*, principalmente das espécies *A.flavus* e *A.parasiticus*, os quais desenvolvem-se naturalmente em produtos alimentícios, como amendoim, milho, feijão, arroz, castanhas, entre outros.

Vários estudos envolvendo a microbiota das castanhas-do- brasil vem sendo feita. As espécies mais comuns isoladas são *Aspergillus flavus*, *A. nomius*, *A. parasiticus*, *A. niger*, *A. tamarii*, *A. pulverulentus*, *A. flavo-furcatis*, *Penicilliumglabrum*, *P. citrinum*, *Rhizopus spp.* e *Fusarium oxysporum* (SCUSSEL, 2011). Dentre essas espécies, a maior preocupação está relacionada ao *Aspergillus flavus*, porque possuem maior potencial para produção de aflatoxinas. Um grande desafio na produção de castanha- do- Brasil está no controle da taxa de contaminação por espécies *Aspergillus*, portanto, o potencial de alta produção de aflatoxina.

Aflatoxinas (AFs) são um grupo de micotoxinas mutagênicos, teratogênicos, e imunossupressores que incluem os mais estudados aflatoxinas B1 (AFB1), B2 (AFB2), G1

(AFG1) e G2 (AFG2). AFB1 é considerado o composto mais carcinogênico produzido naturalmente (RODRIGUES, 2011).

A presença de micotoxinas em alimentos está relacionada à causa de diversas patologias humanas, por isso autoridades de saúde no mundo todo têm criado legislações para diminuir o consumo dessas toxinas. De acordo com o International Agency for Research on Cancer (IARC), existe evidência suficiente de que a mistura de todas as aflatoxinas produzidas naturalmente (AFB1, AFB2, AFG1 e AFG2) é carcinogênica no homem.

No Brasil, as aflatoxinas são as únicas micotoxinas cujos níveis máximos em alimentos estão previstos na legislação. O Ministério da Saúde estabelece o limite de 30 µg/kg AFB1+AFG1 em alimentos de consumo humano, e o Ministério da Agricultura e do Abastecimento estabelece 20µg/kg de aflatoxinas totais para matérias-primas de alimentos e rações. Este limite é comparável aos estabelecidos por outros países e recomendado pela Organização Mundial da Saúde e pela Organização para Alimentação e Agricultura (OMS/FAO) (BRASÍLIA, 2000).

No Brasil a Legislação vigente para a castanha-do-Brasil em casca e descascada para exportação ou importação ainda é a descrita na Resolução CNNPA/MS nº 34/76, que dispõe sobre os limites de aflatoxina para alimentos em geral destinados ao consumo humano, na qual é fixado pela Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos - CNNPA a tolerância de 30 ppb.kg para as aflatoxinas, resultado obtido pela soma dos conteúdos das aflatoxinas B1 e G1, determinadas segundo as técnicas que vierem a ser recomendadas pelo laboratório credenciado (BRASIL, 1977).

O Ministério da Saúde por meio da Resolução RDC no 274, da ANVISA, de 15 de outubro de 2002, publicada no Diário Oficial da União, de 16/10/2002 preconiza o limite de aflatoxinas em Amendoim (com casca, descascado, crú ou tostado) pasta de amendoim (pasta de amendoim ou manteiga de amendoim): Aflatoxinas B1+B2+G1+G2 = 20 µg/kg (ppb) (ANVISA, 2002).

Para os demais produtos alimentícios, ainda prevalece a legislação de 1974, do Ministério da Saúde da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos referente a Resolução no. 34/76, publicada no Diário Oficial da União, em 19 de janeiro de 1977, que limita aflatoxinas B1 + G1 = 30 µg/kg em alimentos para consumo humano.

Em nível internacional, a Comissão do Codex Alimentarius tem colocado em discussão o problema da contaminação da castanha-do-Brasil, tendo em vista que é a única

árvore que produz nozes entre as principais culturas comercializadas que emprega o extrativismo como atividade de produção (FAO, 2008).

Segundo um estudo realizado em 2002 por Caldas e colaboradores, observou que os níveis de contaminação encontrados em castanha-do-Brasil, amendoim e derivados ultrapassaram os níveis máximos permitidos pela legislação brasileira (Tabela 8), podendo significar fator de risco para a população que os consome regularmente. A conscientização dos produtores de alimentos e as ações de vigilância sanitária permanentes são essenciais para diminuir a exposição humana a esses compostos e prevenir doenças crônicas advindas dessa exposição.

Alimentos	% Amostras positivas	AFB1+AFG1		AFB1+AFB2+AFG1+AFG2	
		Concentração* média (µg/Kg)	Média**(µg/Kg)	Concentração* média (µg/Kg)	Média**(µg/Kg)
Amendoim cru	39,2	10-1.200	69	31-1.421	107
Paçoca e doces de amendoim	29,4	15-1.280	59	25-1.710	84
Amendoim confeitado***	26,3	11-530	39	13-660	48
Castanha-do-Brasil	15,8	42-245	20	48-294	27
Milho de pipoca	6,3	101-341	13	111-404	17

Tabela 8 – Níveis de aflatoxinas em amostras de alimentos no Distrito Federal de 1998 a 2001

FONTE: CALDAS, 2002.

\*Faixa de concentração das amostras positivas;

\*\*Amostras negativas = 1 µg/kg (1/2 limite de quantificação);

\*\*\*Amendoim torrado, amendoim frito e amendoim confeitado.

## **CAPÍTULO 3**

### **OBJETIVOS**

#### **3.1 Geral**

Desenvolver um produto seco por aspersão a partir do extrato hidrossolúvel de castanha- do- brasil.

#### **3.2 Específicos**

- Definir a formulação mais adequada de extrato seco por aspersão visando um produto funcional e atrativo;
- Caracterizar físico- quimicamente o produto seco por aspersão das amêndoas de *Bertholletia excelsa* H.B.K;
- Avaliar por meio de ensaios microbiológicos a qualidade do produto seco obtido;
- Executar testes de vida de prateleira do produto seco por aspersão, verificando a estabilidade do mesmo ao longo do tempo de estocagem;
- Verificar as concentrações de aflatoxinas e selênio no produto seco obtido.

## CAPÍTULO 4

### MATERIAIS E MÉTODOS

#### 4.1 Matéria-Prima

Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsea*, H.B.K) secas, sem casca, com película, embaladas em sacos aluminizados, a vácuo, procedente de uma usina de beneficiamento em Manaus, safra 2011/2012.



Figura 6 – Material vegetal (amêndoas) de *Bertholletia excelsea*, H.B.K

##### 4.1.1 Caracterização da matéria-prima

A caracterização da matéria-prima se deu pela análise bromatológica de sua composição centesimal, segundo metodologia citada no item 4.2.4, subitens: 4.2.4.3, 4.2.4.4, 4.2.4.5, 4.2.4.6, 4.2.4.7, 4.2.4.8, 4.2.4.9 e 4.2.4.10.

#### 4.2 Obtenção do extrato hidrossolúvel

##### 4.2.1 Despeliculação e extração do óleo

A metodologia utilizada para a despeliculação foi descrita por SANT'ANNA (1985), com modificações (FERBERG, 2002). Após prévia seleção, as amêndoas foram imersas em solução de hidróxido de sódio 2%, em ebulição por 1 minuto, na proporção de 2:1 (solução de

NaOH: castanha). Foram drenadas, colocadas em água fria na proporção de 5:1 (água: castanha) por 2 minutos, despeliculadas manualmente em água corrente, e imersas novamente em água fria por 10 minutos para eliminar o resíduo de hidróxido de sódio. As castanhas foram prensadas em prensa hidráulicas (tecnal<sup>®</sup>), e calculado rendimento de óleo bruto. O resíduo (torta) provenientes das prensagens foram embalados em papel alumínio e sacos plásticos na quantidade de 300g cada, e armazenada sob refrigeração (-18°C). Para a obtenção do extrato, a torta foi homogeneizada em liquidificador juntamente com água filtrada, a temperatura de 75°C, na proporção de duas partes de água para uma parte de torta, por três minutos, até a obtenção de consistência homogênea. Foi então filtrada e centrifugada e, obteve-se o extrato hidrossolúvel e a farinha úmida (não utilizada no experimento). Aos extratos foram adicionados ácido cítrico na proporção de 500 ppm, sorbato de potássio na proporção de 0,2% p/v, acondicionados em sacos de náilon-polietileno com capacidade para 100 ml e selados termicamente e, então, pasteurizados em banho-maria a 72±2°C por 20 minutos, resfriados por imersão em gelo. Após atingirem a temperatura ambiente (20°C), foram armazenados sob refrigeração (-18±2°C), conforme descrito na Figura 6. A metodologia utilizada para a obtenção do extrato foi resultado de adaptações dos trabalhos de Souza *et al.*, (1987), Siqueira & Regitano D'Arce (1993) e Cardarelli; Oliveira (2000).

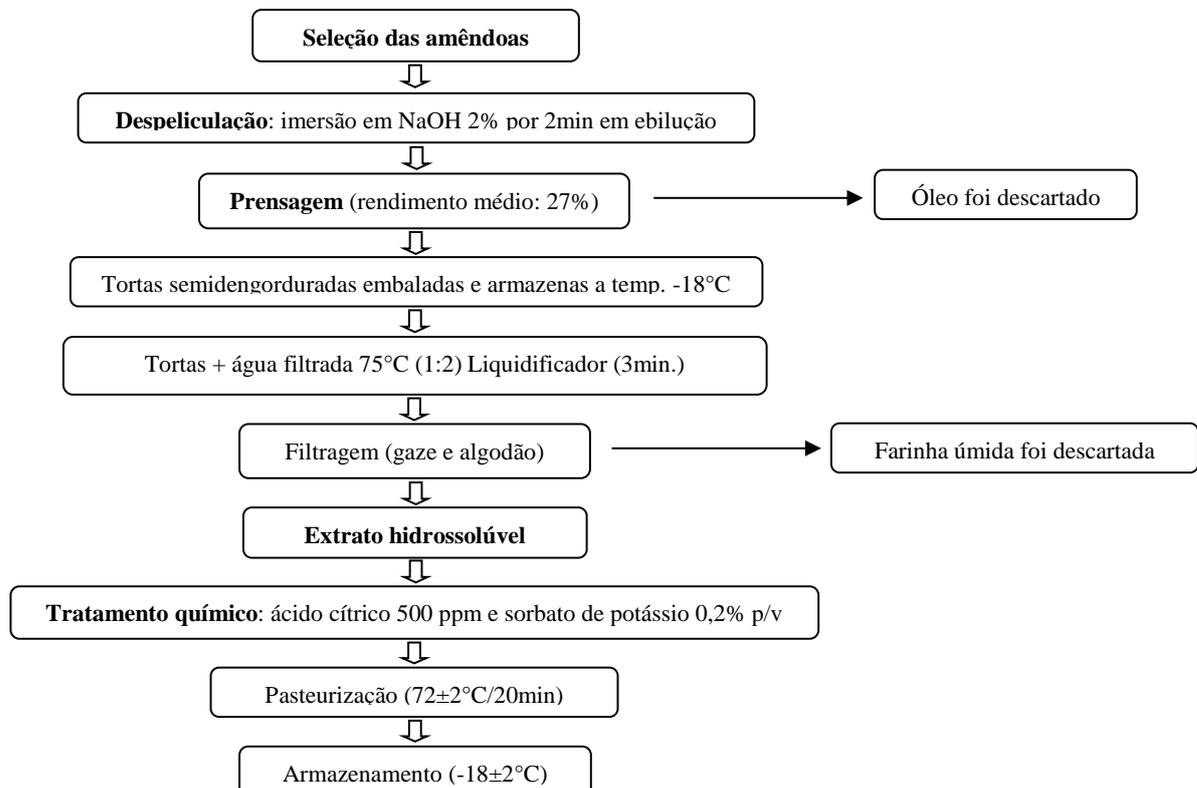


Figura 7 – Processamento do extrato hidrossolúvel de castanha-do-Brasil

#### 4.2.2 Preparação e caracterização do extrato hidrossolúvel

Para a obtenção do extrato hidrossolúvel, a torta remanescente da prensagem foi homogeneizada em liquidificador com água filtrada, a temperatura de 75°C, na proporção de duas partes de água para uma parte de torta, por três minutos, até a obtenção de consistência homogênea. Posteriormente, o extrato foi caracterizado conforme os ensaios discriminados abaixo.

##### 4.2.2.1 Determinação do teor de sólidos totais

Uma alíquota de 20,0 ml da solução extrativa foi exatamente pesada, diretamente em pesa-filtro, previamente tarado e evaporada até secura em banho-maria, sob agitação ocasional. Após evaporação da solução extrativa, o pesa-filtro contendo o resíduo seco foi levado à estufa 105°C ± 2°C até peso constante. O resultado foi expresso pela média e desvio padrão de três determinações (ADOLFO LUTZ, 2005).

##### 4.2.2.2 Determinação de densidade relativa

Está análise foi realizada em picnômetro de 100 mL, previamente calibrado através da aferição do mesmo vazio e contendo água. Em seguida, foi determinada a massa do picnômetro contendo o extrato. A densidade foi expressa pela média e desvio padrão de três determinações e calculada segundo a equação (FARMACOPEIA, 2010).

$$d = \frac{m_{ext.}}{m_{H_2O}}$$

Onde: d = densidade relativa; m<sub>ext.</sub> = massa do extrato; m<sub>H<sub>2</sub>O</sub> = massa da água a 25 °C.

##### 4.2.2.3 Determinação do pH

O pH foi determinado utilizando-se cerca de 20,0 mL do extrato hidrossolúvel, em pHmetro da marca QUIMIS, modelo Q-400A previamente calibrado. O resultado foi expresso pela média de três determinações (ADOLFO LUTZ, 2005).

#### 4.2.3 Obtenção e desenvolvimento de produtos secos por aspersão de *Bertholettia excelsa* H. B.K.

A influência de diferentes tipos de adjuvantes sobre as características dos produtos secos produzidos a partir do extrato hidrossolúvel das amêndoas de *Bertholettia excelsa* H. B.K. foi estudada através de um delineamento fatorial qualitativo do tipo 2<sup>2</sup>. Os fatores qualitativos estudados foram os adjuvantes de secagem: maltodextrina e goma arábica (Tabela 9).

Fatores	Níveis (%)
(A) Maltodextrina	(-) 0 (+) 10
(B) Goma Arábica	(-) 0 (+) 30

Tabela 9 – Planejamento fatorial 2<sup>2</sup> para a produção dos produtos secos

As características utilizadas como resposta para avaliação dos efeitos dos fatores foram: umidade residual e densidade aparente.

Foram preparados lotes correspondentes à secagem de um litro de solução extrativa para cada um dos experimentos obtidos, sendo os mesmos ordenados ao acaso e sem reposição (Tabela 10).

Experimento (n°)	Denominação	Combinações	Fator e Nível	
			Fator A	Fator B
1	ESA	0	-	-
2	PSA1	A	-	+
3	PSA2	A	+	-
4	PSA3	B	-	+
5	PSA4	B	+	+
6	PSA5	AB	+	-

Tabela 10 – Descrição do planejamento fatorial 2<sup>2</sup> utilizado para a preparação dos produtos secos de *Bertholettia excelsa*, H.B.K

Quando todos os fatores estudados estão no nível inferior (experimento 1) obtém-se um produto seco sem adjuvante, o qual se convencionou chamar de extrato seco por aspersão (ESA) e os demais produtos, contendo adjuvante, chamaram-se de produtos secos por

aspersão (PSA) com diferentes numerações, referentes aos tipos e concentrações de adjuvantes.

Os adjuvantes de secagem foram adicionados em proporção ponderal calculada sobre o resíduo seco da solução extrativa. O material a ser seco foi mantido sob agitação, com auxílio de agitador magnético, durante todo o procedimento de secagem, com o intuito de obter um produto com características homogêneas. Os ESA e PSA foram adicionados em frascos opacos, a fim de protegê-los da luz. As condições operacionais de secagem que foram utilizadas estão descritas na Tabela 11.

<b>Parâmetros</b>	<b>Valores</b>
Temperatura de entrada	140°C
Temperatura de saída	90 ± 3°C
Fluxo de alimentação	6,5 mL/min
Diâmetro do aspirador	1,0 mm

Tabela 11 – Condições operacionais de secagem da solução extrativa aquosa de *Bertholletia excelsea*, H.B.K

Uma amostra foi retirada do tratamento tecnológico que obteve melhor rendimento e melhores características organolépticas para ser caracterizado de acordo com as análises citadas a seguir.

#### 4.2.4 Caracterização físico-química do PSA de *Bertholletia excelsea*, H.B.K

##### 4.2.4.1 Rendimento operacional

O rendimento operacional foi determinado pela pesagem do produto obtido no final da secagem e comparação com o teor de sólidos esperado.

##### 4.2.4.2 Avaliação das características macroscópicas

As características macroscópicas foram avaliadas pela observação visual da cor e aspecto do produto (CARVALHO, 1997).

#### 4.2.4.3 Determinação do pH

O pH foi determinado por leitura direta em pHômetro previamente calibrado (MODELO). Foram pesados, cerca de 5 gramas do PSA, adicionado 50 mL de água destilada e agitada até a homogeneização das partículas, em seguida feita a leitura em pHômetro. O resultado foi expresso pela média de três determinações (ADOLFO LUTZ, 2005).

#### 4.2.4.4 Determinação da acidez titulável

Foram pesados de 1g a 5 g da amostra, transferidos para um frasco Erlenmeyer de 125 mL com o auxílio de 50 mL de água. Em seguida, foram adicionados de 2 a 4 gotas da solução de fenolftaleína e titulado com solução de hidróxido de sódio 0,1 M, até coloração rósea (ADOLFO LUTZ, 2005). A acidez titulável foi determinada segundo cálculo abaixo:

$$\frac{V \times f \times 100}{P \times c} = \text{acidez em solução molar por cento}$$

Onde,

V = no de ml da solução de hidróxido de sódio 0,1 M gasto na titulação

f = fator da solução de hidróxido de sódio 0,1M

P = no de g da amostra usado na titulação

c = correção para solução de NaOH 1 M, 10 para solução NaOH 0,1 M e 100 para solução NaOH 0,01 M.

#### 4.2.4.5 Determinação de lipídeos

O teor de lipídeos foi determinado pela extração com éter em aparelho do tipo Soxhlet, seguida pela remoção por evaporação ou destilação do solvente empregado.

Foram pesados de 2g a 5g do PSA em cartucho de Soxhlet e acoplado ao extrator ao balão de fundo chato previamente tarado a 105°C, então, foi adicionado éter em quantidade suficiente para o Soxhlet, adaptado a um refrigerador de bolas, mantendo-se, sob aquecimento em chapa elétrica, a extração continuou até extração completa da gordura das amostras.

O cartucho foi retirado do aparelho e o éter foi destilado, em seguida, o balão com o resíduo foi transferido para uma estufa a 105°C, mantendo por cerca de uma hora, e então, resfriado em dessecador até temperatura ambiente e pesado (ADOLFO LUTZ, 2005).

O cálculo foi feito segundo formula abaixo:

$$\frac{100 \times N}{P} = \text{lipídeos por cento m/m}$$

P

Onde,

N = no de gramas de lipídios

P = no de gramas da amostra

#### 4.2.4.6 Determinação do teor de proteína

As análises foram realizadas em triplicata, conforme método de Kjeldahl, processo de digestão em três etapas: digestão, destilação e titulação. Foi pesado 1g da amostra em papel de seda, transferidos para o balão de Kjeldahl (papel+amostra). Então, foi adicionado 25 mL de ácido sulfúrico e cerca de 6 g da mistura catalítica ao tubo e levado a aquecimento em chapa elétrica, na capela, até a solução se tornar azul-esverdeada e livre de material não digerido (pontos pretos), então, foi aquecido por mais uma hora e deixado esfriar.

O material do balão foi transferido para o frasco de destilação e adicionadas 10 gotas do indicador fenolftaleína e 1 g de zinco em pó (para ajudar a clivagem das moléculas grandes de proteínas. O balão foi conectado imediatamente ao conjunto de destilação e a extremidade do refrigerador, mergulhada em 25 mL de ácido sulfúrico 0,05 M, contido em frasco Erlenmeyer de 500 mL com 3 gotas do indicador vermelho de metila. Após essa operação, foi adicionada ao frasco que contem a amostra digerida, por meio de um funil com torneira, a solução de hidróxido de sódio a 30% até garantir um ligeiro excesso de base. O processo foi aquecido e destilado até obtenção de cerca de (250-300) mL do destilado. O excesso de ácido sulfúrico 0,05 M foi titulado com solução de hidróxido de sódio 0,1 M, usando vermelho de metila. O cálculo foi feito segundo formula abaixo (ADOLFO LUTZ, 2005):

$$\frac{V \times 0,14 \times f}{P} = \text{proteína por cento m/m}$$

P

Onde,

V = diferença entre o no de mL de ácido sulfúrico 0,05 M e o no de mL de hidróxido de sódio 0,1 M gastos na titulação. P = no de g da amostra f = fator de conversão

#### *4.2.4.7 Determinação do teor de umidade*

Cerca de 2g da amostra foram pesados, em cápsula de porcelana previamente tarada, então, a cápsula mais a amostra foram aquecidos em estufa a 105°C durante 3 horas em estufa e esfriada em dessecador até temperatura ambiente, após o procedimento a amostra foi pesada. Este procedimento se repetiu até peso constante.

Depois disso, foi calculada a diferença de peso entre a amostra inicial e a final, determinando-se a perda por dessecação. O ensaio foi realizado em triplicata (ADOLFO LUTZ, 2005).

#### *4.2.4.8 Determinação de cinzas*

Foram pesados 5g da amostra em uma cápsula, previamente tarada. As cápsulas com as amostras foram incineradas. Quando as cinzas se tornaram brancas ou ligeiramente acinzentadas foram levadas a mufla a 550°C por 3 horas. Após o tempo decorrido, as cápsulas foram resfriadas em dessecador até a temperatura ambiente e pesados. A operação de aquecimento e resfriamento se repetiu até peso constante (ADOLFO LUTZ, 2005).

#### *4.2.4.9 Determinação de fibra bruta*

Foram pesados cerca de 2 g da amostra, envolvidas em papel de filtro e amarradas com lã. Então, foi feita a extração contínua em aparelho de Soxhlet, usando éter de petróleo como solvente. Após esse processo, a amostra foi aquecida em estufa para eliminar o resto de solvente. O resíduo foi transferido para um frasco Erlenmeyer de 750 mL, com boca esmerilhada, e então, adicionados 100 mL de solução ácida e 0,5 g de agente de filtração. Em seguida, o frasco de Erlenmeyer foi adaptado a um refrigerador de refluxo por 40 minutos a partir do tempo em que a solução ácida foi adicionada, mantendo sob aquecimento e agitação frequente, a fim de evitar que gotas secassem na parede do frasco.

A solução foi filtrada com auxílio de vácuo e lavado com água fervente até que a água de lavagem não tivesse reação ácida. Então, foi lavado com 20 mL de álcool e 20 mL de éter,

depois, aquecido em estufa a 105°C, por 2 horas, resfriado em dessecador até a temperatura ambiente e pesado. Essas operações de aquecimento e resfriamento foram repetidas até peso constante. Após peso constante, as amostras foram incineradas em mufla a 550°C, resfriadas em dessecador até a temperatura ambiente e pesadas. As operações de aquecimento e resfriamento foram repetidas até peso constante. A perda de peso será igual a quantidade de fibra bruta. O cálculo será feito segundo formula abaixo (ADOLFO LUTZ, 2005):

$$\frac{100 \times N}{P} = \text{fibra bruta por cento m/m}$$

Onde,

N = no de g de fibra

P = no de g da amostra

#### *4.2.4.10 Determinação do teor de carboidratos*

A quantificação de carboidratos foi calculada por diferença entre 100 e a soma dos teores de umidade, cinzas, lipídeos, fibras e proteína (ADOLFO LUTZ, 2005).

#### *4.2.4.11 Determinação da atividade de água (Aw)*

A atividade de água foi feita por medida direta, em instrumento AquaLab Series 3TE da DECAGON, com controle interno de temperatura; a 25 °C. As leituras foram realizadas em triplicata.

### **4.3 Análises microbiológicas**

As análises realizadas foram: coliformes totais (NMP/g), Salmonella (UFC/g) e bolores e leveduras (UFC/g), de acordo com a RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária.

#### 4.3.1 Número mais provável de coliformes totais e termotolerantes

Alíquotas de 1mL das diluições  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$  foram transferidas para 10mL de Caldo Verde Brilhante Lactose Bile (CVBLB) em triplicata de 3 tubos (contendo um tubo de Durham invertido) e incubadas por 24/48 horas a 35°C para o teste confirmativo de coliformes totais. Após a incubação dos mesmos, foram observados os tubos que apresentaram produção de gás, dos quais com auxílio de alça níquel- cromo foram retiradas alíquotas e transferidas para tubos de caldo EC (contendo tubo de Durham invertido) e incubados por 24 horas a 45°C em banho-maria para o teste confirmativo de coliformes termotolerantes. Mediante a consulta da tabela de Hoskins (1993), foi calculado o Número Mais Provável de Coliformes Totais e termotolerantes por grama da amostra. Conforme Vanderzant e Splittstoesser (1992).

#### 4.3.2 Análise de *Salmonella sp*

Para a análise de *Salmonella sp*, as amostras foram submetidas a um pré-enriquecimento, onde foram pesados 25 gramas do PSA e transferidos para um erlenmeyer contendo 225mL de caldo lactosado esterilizado. A amostra assim diluída foi homogeneizada e incubada a 35°C por 24 horas. Após a incubação, 1mL dessa diluição foi transferida para 10mL de caldo selenito- cistina e incubados novamente a 35°C por 24 horas.

Em seguida, foram realizadas semeaduras por esgotamento em placas de Petri contendo ágar *Salmonella/ Shiguella* e ágar verde brilhante e, incubadas por mais 24 horas a 35°C.

#### 4.3.3 Contagem de bolores e leveduras

Para realizar a primeira diluição (1:10) foi retirada 25g do PSA e diluí em 225mL de água peptonada 0,1%. A partir da diluição inicial, foram feitas as demais diluições seriadas, pegando 1mL da diluição anterior para 9mL do diluente.

As placas de Petri estéreis foram previamente preparadas com 15mL de Agar Dicloran Rosa de Bengala Cloranfenicol (DRBC). Após o resfriamento do meio, foi inoculado 0,1 mL de cada diluição na superfície das placas previamente preparadas e, usando a Alca de

Drigalski, o inóculo foi espalhado por toda a superfície do meio. Depois da secagem das placas, as mesmas foram incubadas a 25°C durante 5 dias.

Transcorrido o período de incubação, foi feita a contagem das colônias. O resultado foi multiplicado por 10, para levar em conta o volume dez vezes menor inoculado no plaqueamento em superfície e o resultado foi expresso pelo número de Unidades Formadoras de Colônia por grama de material (UFC.g<sup>-1</sup>).

#### **4.4 Teor de Selênio**

Os teores de selênio foram determinados em aparelho de absorção atômica (leitura a 196,0 nm usando chama de ar-acetileno) acoplado ao gerador de hidreto. Para a formação de hidretos, foi utilizada solução de borohidreto de sódio (NaBH<sub>4</sub> 3 g e NaOH 3 g diluídos a 500 mL com água deionizada), filtrada e preparada no momento da análise, e solução de HCl (3 M). A curva de calibração foi preparada com solução-padrão própria para absorção atômica. O ponto zero da curva de calibração foi preparado com todos os reagentes e com os mesmos procedimentos utilizados para a digestão das amostras. Após 10 leituras, procedeu-se à verificação do aparelho com a leitura do branco e do terceiro ponto da curva de calibração.

#### **4.5 Avaliação do Potencial Antioxidante - Teste do Diphenylpicrylhydrazyl (DPPH)**

Para avaliar o potencial antioxidante do PSA, foi avaliada a reação entre diferentes concentrações do extrato e a solução alcoólica de DPPH (MOLYNEUX, 2004). Foram pesados 2 mg de DPPH (Diphenil-picryl-hidrazina) e dissolvidos em 12 mL de álcool etílico absoluto. Para o teste, foram adicionados 30µL da diluição do PSA e 270µL da solução de DPPH e a placa foi incubada ao abrigo da luz por 30 minutos, decorridos os quais, realizou-se a leitura (A1) e, mensurada a redução do radical livre DPPH a 492 nm. Como controle negativo foi utilizado 30µL de DMSO e 270µL de solução de DPPH. Os resultados foram expressos em porcentagem de captura do radical DPPH, calculado segundo a equação abaixo (onde A1= absorbância 1) (KIM *et al.*, 2002).

$$\% \text{ inibição} = 100 - A1 \text{ amostra} / A \text{ controle (-)} \times 100$$

A determinação da concentração de eficiência mediana do DPPH (CE50) ou a concentração do extrato que causa 50% da cor do DPPH, foi obtida por regressão linear simples dos pontos plotados graficamente no programa Origin 6.0. Os resultados obtidos do PAS foram comparados com uma curva de atividade de quercetina, um controle positivo de atividade antioxidante.

#### **4.6 Análise estatística**

Na análise estatística dos dados será utilizado um delineamento experimental de blocos completos casualizados que serão analisados pelo método de Friedman, com 95% de confiança e, pela análise de variância empregando-se o software STATISTICA versão 10.0 (StatSoft, Tulsa).

## CAPÍTULO 5

### RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 5.1 Caracterização da matéria-prima de *Bertholletia excelsa* H.B.K

Os resultados de caracterização da matéria prima (Tabela 12) demonstram que a matéria-prima estudada apresentou umidade apropriada, de acordo com a literatura, deve ser de no máximo 3,0 % de umidade. E, na Tabela 13 estão discriminados os resultados da caracterização físico-química para a solução extrativa aquosa das amêndoas.

Parâmetros <sup>a</sup>	Amêndoa Seca (g)	Torta semidesengordurada	PSA3 <sup>b</sup>
Cinzas	3,51 ± 0,03 <sup>c</sup>	3,22 ± 0,03 <sup>c</sup>	3,92 ± 0,08 <sup>c</sup>
Umidade	2,84 ± 0,02	2,24 ± 0,02	2,06 ± 0,20
Lipídeos	64,76 ± 0,35	44,19 ± 0,35	23,57 ± 0,83
Fibra bruta	1,3 ± 0,02	1,8 ± 0,02	0,22 ± 0,15
Proteína	13,19 ± 0,31	14,76 ± 0,31	30,12 ± 0,27
Carboidratos <sup>c</sup>	12,37 ± 0,05	33,79 ± 0,05	40,11 ± 0,05

Tabela 12 – Caracterização físico-química da matéria-prima e do extrato seco obtido (PSA3) (valores médios para 100g)

<sup>a</sup>g% ; <sup>b</sup> Extrato seco+goma arábica 30% ; <sup>c</sup> média ± desvio padrão; <sup>d</sup> Carboidratos por diferença

Os ensaios realizados para a caracterização físico-química da matéria-prima foram limitados àqueles solicitados pela legislação brasileira (Brasil, 1976), que especifica critérios para padronização, classificação e comercialização interna da castanha-do-Brasil. Os parâmetros avaliados estão descritos na Tabela 13 e estavam dentro dos padrões preconizados.

A umidade das castanhas analisadas variou de 2,10% a 2,87% (Tabela 12), sendo semelhante ao encontrado por Ribeiro et al. (1993) e Álvares et al. (2012), (2,00% a 3,12%) para castanhas descascadas e armazenadas ao ambiente. De acordo com estes autores, o armazenamento das castanhas a 2 °C faz com que estas mantenham os níveis iniciais de umidade, mas as castanhas descascadas e embaladas a vácuo mantêm a umidade controlada pelas condições próprias da embalagem. No caso deste experimento, os lotes recebidos estavam embalados em sacos aluminizados à vácuo, apresentando por isso um menor teor de umidade dentre as amostras analisadas.

O teor de umidade depende, dentre outros fatores, do tipo de embalagem e do período de armazenamento do produto, segundo Álvares *et al.*, (2009), característica esta que varia

muito entre os produtos encontrados no comércio. A umidade das castanhas é um fator que pode favorecer a proliferação de fungos, inclusive os produtores de aflatoxinas. Por isso, obrigatoriamente as castanhas devem passar por um período de secagem após a coleta. O recomendado pelo Codex alimentarius (CAC; RCP, 2005) é que a umidade das castanhas, após a coleta, deve ser reduzida até um limite de segurança e, de acordo com o Programa de alimentos Seguros (PAS 2004), a castanha é considerada segura quando seca abaixo de 13%.

Durante o beneficiamento das castanhas na usina, o produto passa por uma etapa de desidratação, alcançando segundo PAS (2004), valores de 11 a 15% de umidade, que é o limite estabelecido pela Portaria nº 846, de 08 de novembro de 1976. Portanto, como a análise de umidade variou entre 2,10% a 2,87%, todos os lotes recebidos foram utilizados na pesquisa.

Parâmetros	Lotes (g)				
	1	2	3	4	5
Acidez Titulável	0,98 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,94 ± 0,05 <sup>a</sup>	0,95 ± 0,08 <sup>a</sup>	0,99 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,98 ± 0,05 <sup>a</sup>
Umidade	2,10 ± 0,15 <sup>a</sup>	2,54 ± 0,11 <sup>a</sup>	2,37 ± 0,21 <sup>a</sup>	2,11 ± 0,25 <sup>a</sup>	2,87 ± 0,04 <sup>a</sup>

Tabela 13 – Caracterização físico-química da matéria-prima bruta (média ± desvio padrão)

<sup>a</sup> média ± desvio padrão. Tukey  $\alpha=0,05$

O índice de acidez abaixo de um indica que as amêndoas estão próprias para consumo, esses valores também indicam um grau de deterioração significativamente baixo diretamente ligado aos ácidos presente nas castanhas.

A média do teor de aflatoxinas em todos os lotes da matéria-prima de foi 4,0 µg/kg de forma que atendeu ao limite máx. de 10 µg/kg para castanha-do-Brasil sem casca (CAC, 2010).

Parâmetro físico-químico	Dados experimentais X ± s (CV %)
pH	4,02 ± 0,020 (0,50)
Densidade	1,107 ± 0,006 (0,01)
Resíduo Seco (g%)	11,87 ± 0,003 (0,33)

Tabela 14 – Caracterização físico-química da solução extrativa aquosa produzida a partir das amêndoas

Devido à comprovada influência do pH sobre a estabilidade de soluções extrativas vegetais e sua composição química, a sua determinação é fundamental para inferências sobre a qualidade do produto (SOARES *et al.*, 1998). A solução extrativa aquosa das amêndoas de

*Bertholletia excelsa* H.B.K possui natureza ácida e densidade relativa semelhante à água, o que era esperado, por ser este o solvente de extração (Tabela 14).

O valor do resíduo seco é um parâmetro que pode ser empregado como medida para avaliação da eficiência de extração do solvente, sem considerar, geralmente, a extração específica de uma classe de substâncias ou de substâncias isoladas. No caso da preparação de extratos secos, este parâmetro é empregado também para o cálculo das concentrações de adjuvantes a serem empregados na secagem. De acordo com o resultado, a solução extrativa aquosa apresenta um baixo teor de sólidos solúveis (RS = 11,87 g%), o que pode significar um bom rendimento na operação de secagem.

## 5.2 Obtenção e caracterização do extrato seco (ESA) e dos produtos secos por aspersão (PSA)

Os PSA foram obtidos através da secagem da solução extrativa aquosa das amêndoas de *Bertholletia excelsa* H.B.K sem e com adjuvantes tecnológicos (maltodextrina e goma arábica) realizada em mini *spray-dryer*. Para facilitar o entendimento, convencionou-se chamar o produto oriundo da solução extrativa sem adjuvante de extrato seco por aspersão (ESA) e com adição de adjuvante de produto seco por aspersão (PSA).

Observou-se que, de um modo geral, os adjuvantes adicionados à solução extrativa proporcionaram uma boa estabilidade física, mantendo o aspecto de pó fino e solto. Os PSA obtidos mostraram-se diferentes quanto ao aspecto macroscópico (Tabela 15). Os PSA com adição de 10% de maltodextrina e suas combinações apresentaram grânulos grossos e aglomerados, de coloração mais clara em relação ao extrato seco sem adjuvante e aos demais produtos secos, os quais apresentaram, também, tendência à aglomeração (Figura 8).

Amostra	Aspecto macroscópico
ESA	fino com muitas aglomerações, de cor marrom claro, com odor bastante característico e levemente adocicado (Figura 8A).
PSA1	grosso com aglomerações, de cor branco amarelado, com odor bastante característico e levemente adocicado (Figura 8B).
PSA2	grosso com aglomerações, de cor branco amarelado, com odor bastante característico e levemente adocicado (Figura 8C).
PSA3	fino com aglomerações, de cor branco, com odor bastante característico e levemente adocicado (Figura 8D).
PSA4	grosso com aglomerações, de cor branco amarelado, com odor bastante característico e levemente adocicado (Figura 8E).
PSA5	grosso com aglomerações, de cor branco amarelado, com odor bastante característico e levemente adocicado (Figura 8F).

Tabela 15 – Aspectos macroscópicos do ESA e dos PSA

Aspecto macroscópico dos produtos secos por aspersão obtidos a partir de solução extrativa aquosa das amêndoas de *Bertholletia excelsa* H.B.K.

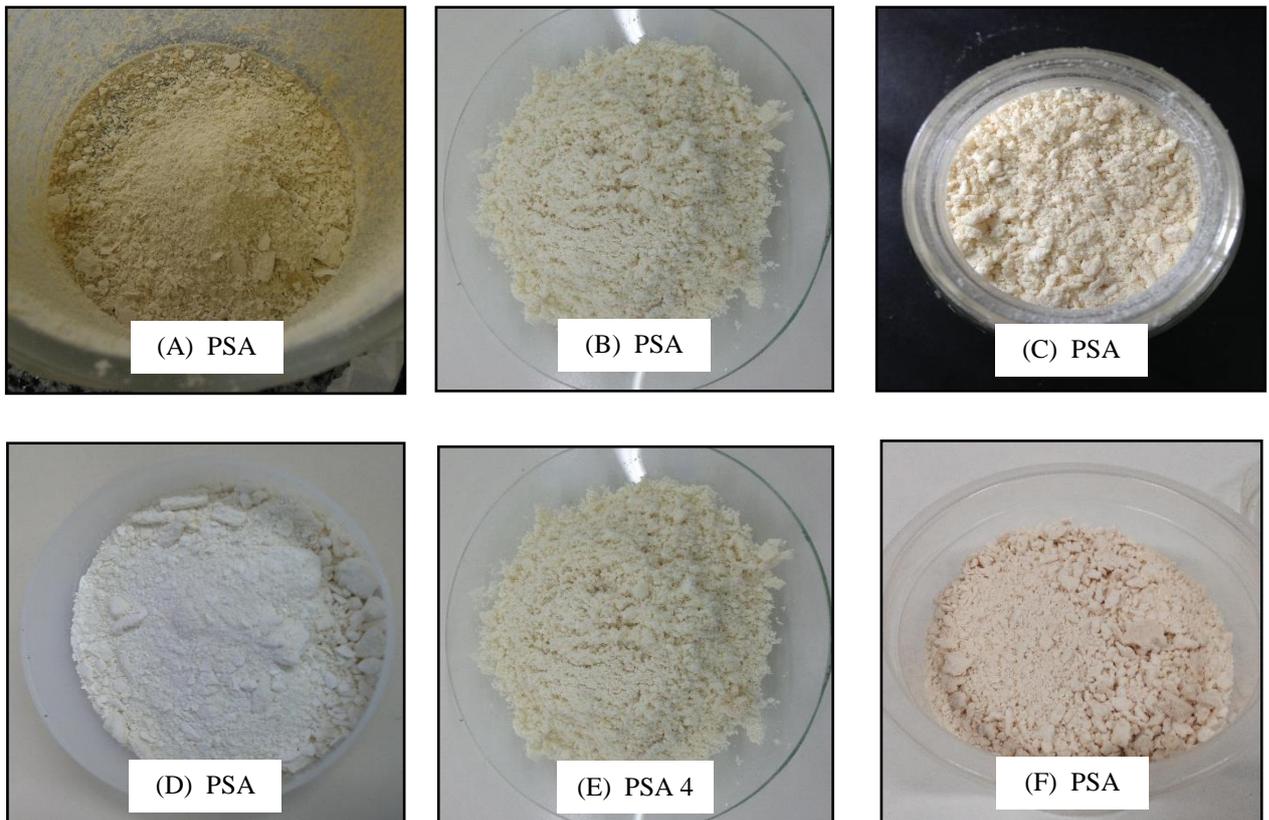


Figura 8 – Aspecto macroscópico dos produtos secos por aspersão obtidos a partir de solução extrativa aquosa das amêndoas de *Bertholletia excelsa* H.B.K

A qualidade de alimentos em pó é baseada na variedade de propriedades que dependem de aplicações específicas. Em geral, o conteúdo de umidade final, a solubilidade, as propriedades reológicas do pó e a densidade são de primeira importância. Os dados da composição centesimal da matéria-prima utilizada e do produto obtido neste estudo encontram-se na Tabela 12. Como pode ser observado, a formulação PSA3 apresentou teores de lipídeos, proteínas e carboidratos superiores aos da amêndoa seca de castanha-do-brasil. O teor de óleo foi superior na amêndoa da castanha. Os resultados referentes à composição centesimal das castanhas-do-Brasil foram similares aos apresentados por Macrae *et al.*, (1993) e Pereira (1976).

Com relação ao rendimento operacional (Tabela 16), o PSA produzido somente com goma arábica (PSA3) apresentou rendimento superior quando comparado aos demais adjuvantes e suas combinações, fato provavelmente relacionado com a menor aderência,

proporcionada por esse adjuvante, das partículas às paredes de secagem durante a nebulização.

Portanto, de um modo geral, os adjuvantes adicionados à solução extrativa contribuíram para um rendimento superior quando comparado ao extrato seco sem adjuvante, como afirma a literatura, uma vez que os adjuvantes de secagem, geralmente, aumentam o rendimento operacional (VASCONCELOS *et al.*, 2005). Fato semelhante foi observado por TONON (2008), constatando que a secagem por aspersão de solução extrativa aquosa, obtida a partir dos frutos do açaí (*Euterpe oleraceae* Mart.) com adjuvante, gerou maior rendimento tecnológico quando comparado ao rendimento da solução extrativa sem adjuvante.

<b>Tipo de PSA</b>	<b>Rendimento de secagem</b>
ESA	4,02%
PSA1: maltodextrina 30%	20,54%
PSA2: maltodextrina 10%	11,87%
PSA3: goma arábica 30%	26,83%
PSA4: goma arábica 10%	19,11%
PSA5: maltodextrina + goma arábica	16,34%

Tabela 16 – Rendimento de secagem e umidade residual do ESA e dos PSA obtidos

### 5.3 Toxicidade

#### 5.3.1 Aflatoxinas

A elaboração de novos produtos requer a avaliação dos aspectos toxicológicos de suas matérias-primas e ingredientes e inclui o teor de aflatoxinas, de forma a garantir a segurança do novo produto (SOUZA; MENEZES *et al.*, 2004). A Tabela 17, demonstra que no presente trabalho, foi observado que após o primeiro processamento houve aumento no teor de aflatoxinas. A matéria-prima com 4,0 µg/Kg atendia aos limites legais para castanha sem casca de até 10 µg/Kg. Ao final do processamento o teor passou para 65 µg/Kg no produto acabado.

Desta forma foi preciso descartar a produção inicial e utilizar nova matéria-prima com teor de AFL abaixo do LOD (<2,0 µg/Kg) e que permitiu a elaboração de um produto seguro nesse aspecto. Em relação a concentração de nutrientes estudos demonstraram que o processamento de alimentos promove a concentração de seus compostos no produto seco por aspersão, como foi observado por Tanaka (2007), a concentração de ácido ascórbico em 30% de polpas de acerola desidratadas pelo processo de atomização. Portanto, pode haver

concentração de nutrientes, bem como de contaminantes, como no nosso caso, as Aflatoxinas, como efeito do processamento de alimentos.

Tratamento por Aspersão	Teor de Aflatoxinas (ug/kg)	
	Matéria-Prima	Produto Acabado
1 <sup>a</sup>	4,0	65,0
2 <sup>b</sup>	<2,0 <sup>c</sup>	<2,0 <sup>c</sup>

Tabela 17 – Efeito do tratamento por aspersão no extrato de castanha-do-Brasil e o teor de aflatoxinas  
<sup>a</sup>matéria-prima testada e descartada o produto após processamento em spray-dryer% ; <sup>b</sup>segundo processamento;  
<sup>c</sup>Limite de detecção do método (LOD) para aflatoxinas totais (B1+B2+G1+G2)

### 5.3.2 Selênio

Nas plantas, o selênio apresenta propriedades químicas semelhantes às do enxofre, estando presente em aminoácidos sulfurados como selenometionina e selenocisteína. As plantas apresentam capacidades diferenciadas de absorção e acumulação de Se do solo, sendo classificados como acumuladoras e não acumuladoras de Se. A castanha do Brasil é um exemplo de planta acumuladora de selênio, apresentando concentrações do oligoelemento de até 100,81µg.100g<sup>-1</sup> (FERNANDES, 2011). Já em plantas não acumuladoras, como é o caso da soja, o limite de concentração desse elemento é o de no máximo 6µg. 100g<sup>-1</sup> ainda que cultivado em solos seleníferos (WHANGER, 2002).

De acordo com Turakainem *et al.*, (2005), o selênio tem a propriedade de promover um reforço na capacidade das plantas de combater o estresse oxidativo causado por radicais livres do oxigênio. Por outro lado, a presença de altas concentrações na planta causa toxidez e ativa reações oxidativas.

### 5.4 Ensaios microbiológicos

Os resultados das análises microbiológicas do PSA3 apresentaram-se de acordo com os padrões determinados pela legislação vigente, demonstrando que o produto está apto para consumo. Obtendo os seguintes resultados (Tabela 18):

<b>Tempo<sup>a</sup></b>					
Ensaio	0	15	30	45	60
Coliformes totais (NMP/g)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
<i>Salmonella</i> (UFC/g)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Bolores e leveduras (UFC/g)	0	0	0	0	0

Tabela 18 – Análise microbiológica do PSA3 ao longo de 60 dias  
<sup>a</sup> em dias

Os valores apresentados de coliformes totais indicam que o PSA3 não oferece riscos à saúde, pois seus resultados demonstraram ausência de crescimento microbiológico, sendo que a legislação tolera o valor máximo de 102/g, indicando que o produto está apto ao consumo humano até o período de 60 dias.

A ausência de *Salmonella sp* (Tabela 18) indica que o PSA3 e seu respectivo processamento, foram eficientes, já que alimentos contaminados por essas bactérias são considerados como fontes potenciais de infecção humana, representando riscos de agravos a saúde pública.

### 5.5 Tempo de vida-de-prateleira

Os valores reduzidos de atividade de água, umidade e acidez favorecem a estabilidade microbiológica e físico-química do produto. Ao longo do período de armazenamento estudado, pequenas oscilações foram observadas nos valores de atividade de água do produto PSA3 (Gráfico 1), no entanto, ao final do armazenamento esses valores não diferenciaram significativamente dos valores observados no tempo inicial ( $p > 0,05$ ), pelo teste de Tukey. Uma vez que o crescimento microbiano é um fator importante na preservação dos alimentos, o teor de  $A_w$  é uma eficiente para prevenir a deterioração dos alimentos e determinar a sua vida de prateleira. Para castanha-do-Brasil o teor de  $A_w$  recomendado para prevenção da contaminação de fungos produtores de aflatoxina é 0.70 (CAC, 2007). Como observado no Gráfico 1, os valores de  $A_w$  do PSA3 permaneceu abaixo do valor de referência encontrado na literatura, abaixo de 1,0. Tornando o produto estável pelo período de 60 dias. Como também pode ser observado por Oliveira *et al.*, (2015) que avaliou a estabilidade do fruto do mandacaru em pó formulado com 10% de maltodextrina, e relatou que a atividade de água das amostras foi considerada microbiologicamente segura em razão de ter atingido o valor

máximo de 0,351. A baixa atividade de água é um fator positivo, já que se considera que abaixo de 0,60 praticamente não ocorre desenvolvimento de microrganismos (TROLLER, 1980).

Como pode ser observado no Gráfico 1, há uma pequena variação dos parâmetros de avaliação de vida de prateleira do PSA3. Levando-se em consideração que o tempo de validade do produto comercial de referência é de dois anos, o PSA3 apresentou potencial para estudos futuros.

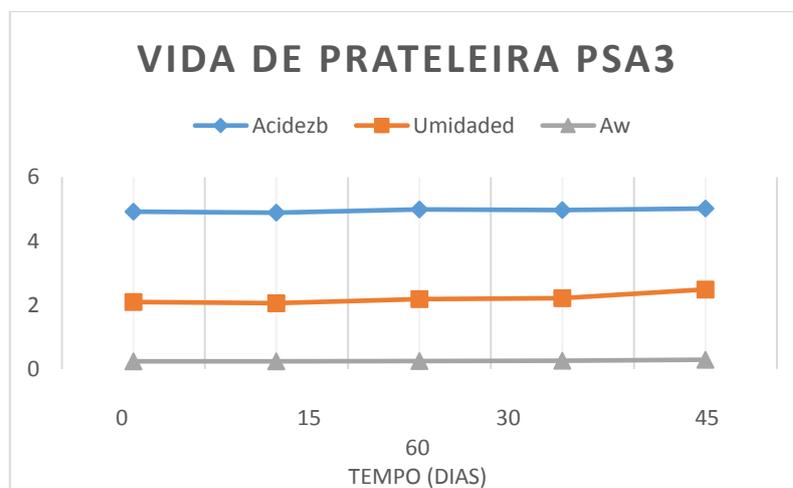


Gráfico 1 – Tempo de vida de prateleira do PSA3 por 60 dias

## CAPÍTULO 6

### CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste estudo permitem afirmar que:

- O extrato hidrossolúvel seco por aspersão desenvolvido demonstrou boas características macroscópicas e rendimento (26,83%). Os resultados da composição centesimal e teor de selênio apresentaram uma grande melhora quando comparados com os valores obtidos para a amêndoa seca, principalmente os teores de lipídeos e proteína.
- O produto estudado obedece aos padrões microbiológicos estabelecidos pela legislação brasileira, ao final do tempo de armazenamento de 60 dias.
- Assim, o extrato hidrossolúvel seco por aspersão de *Bertholletia excelsea*, H.B.K desenvolvido, pode ser usado como uma excelente matéria-prima e como um ingrediente alternativo para a indústria alimentar funcional, além de poder ser utilizada para o desenvolvimento de produtos alimentares específicos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC INTERNATIONAL. **Official Methods of Analysis**. 16 ed. Gaithersburg: AOAC International, 2005.

APHA. American Public Health Association. Committee on microbiological for foods. 4 ed. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. Washington: American Public Health Association, 2001.

ASSIS, L. M.; ZAVAREZE, E. R.; Carlos PRENTICE-HERNÁNDEZ, C.; SOUZA-SOARES, L. A. Características de nanopartículas e potenciais aplicações em alimentos. **Brazil Journal of Food Technology**. Campinas, v. 15, n. 2, p. 99-109, abr./jun. 2012.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução - RDC nº 274, de 15 de outubro de 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Instrução Normativa nº 11 de 22/03/2010. Critérios e procedimentos para o controle higiênico-sanitário da castanha-do-brasil e seus subprodutos, destinados ao consumo humano. MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília: Brasil, 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução n. 18, de 30 de abril de 1999. Diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos. Brasília, DF, 1999.

BRASIL. Ministério da Saúde. Visalegis: Legislação em Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada - RDC n. 269, de 22 de setembro de 2005. Regulamento Técnico sobre a Integridade Diária Recomendada (IDR) de Proteína, Vitaminas e Minerais. 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Prevenção de aflatoxinas em castanha-do-Brasil: Cartilha do produtor. Brasília (DF), 2000.

BRASIL. Portaria Nº 846, de 08 de novembro de 1976. Especificações para padronização, classificação e comercialização interna da castanha do Brasil. Ministério da Agricultura. Brasília: Brasil, 1976.

CALDAS, E. D, SILVA, S. C; OLIVEIRA, J. N. Aflatoxinas e ocratoxina A em alimentos e riscos para a saúde humana. **Revista Saúde Pública**, v. 36, n. 3, p 319-323, 2002.

CAMARGO, P. I., CASTRO, M. E., GIVILANES, L. M. Aspectos da anatomia e morfologia de amêndoas e plântulas de castanheira-do-Brasil. **CERNE**, v. 6, n. 2, p. 11-18, 2000.

CARDARELLI, H. R.; OLIVEIRA, A. J. Conservação do leite de castanha-do-Pará. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 4, p. 617-622, out./dez. 2000.

CARDOSO, A.L.; OLIVEIRA, G.G. Alimentos Funcionais. **Jornal eletrônico da UFSC**. Florianópolis, SC, n. 5, p. 3-6, jun. 2008.

- CECHETTIET, R. et al. Análise físico-química e caracterização espectroscópica da casca da castanha-do-Pará. In: Encontro de Divulgação Científica e Tecnológica. **Anais do ENDICT**. Paraná: UTFPR, p. 1, 2011.
- CHAIYASIT W, ELIAS RJ, MCCLEMENTS DJ, DECKER EA. Role of physical structures in bulk oils on lipid oxidation. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 47, n. 3, p. 299-317, 2007.
- CHUNHIENG, T. et al. Study of selenium distribution in the protein fractions of the Brazil nut, *Bertholletia excelsa*. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 52, n. 13, p. 4318-4322, 2004.
- CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION et al. **Report of the Fourth Session of the Codex Committee on Contaminants in Foods**. CL 2010/13-CF. Izmir, Turkey, 2010.
- COMINETTI, C., BORTOLI, M.C., PURGATTO, E., ONG, T.P., MORENO, F.S., GARRIDO, A.B., COZZOLINO, S.M.F. Associations between glutathione peroxidase-1 Pro198Leu polymorphism, selenium status, and DNA damage levels in obese women after consumption of Brazil nuts. **Nutrition**, v. 27, n. 9, p. 891-896, 2011.
- CRAVEIRO, A. C.; CRAVEIRO, A. A.; QUEIROZ, D. C. Alimentos funcionais: a nova revolução. In: **Alimentos funcionais: a nova revolução**. PADETEC, 2003.
- DEGÁSPARI, C. H. et al. **Obtenção de extrato de carqueja (*Baccharis articulata* (Lam.) Pers.) por diferentes processos de concentração**. 2002. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, n. 29, p. 119-130, 2002.
- EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**. 2º ed. São Paulo: Editora Atheneu, 1998.
- FELBERG, I.; ANTONIASSI, R. DELIZA, R., FREITAS, S.C., MODESTA, R.C.D. Soy and Brazil nut beverage: processing, composition, sensory, and color evaluation. **Food Science and Technology (Campinas)**, v. 29, n. 3, p. 609-617, 2009.
- FELBERG, I.; CABRAL, L. C.; GONÇALVES, E. B.; DELIZA, R. FERBERG, Ilana et al. Efeito das condições de extração no rendimento e qualidade do leite de castanha-do-Brasil despelucada. **Boletim Ceppa**, p. 75-88, 2002.
- FERNANDES, D. C.; SOUSA, A. G. O., ALVES, A. M., FREITAS, J. B., NAVES, M. M. V. Teor de selênio e vitamina E de amêndoa exótica em relação ao amendoim e a castanha do brasil. **Nutrire**, v. 36, n. Suplemento, p. 164-164, 2011.
- GONZAGA, I. GONZAGA, Irland Barroncas. **Avaliação nutricional relativa ao selênio em crianças com dieta enriquecida de castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*, L)**. 2002. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Faculdade de Ciências Farmacêuticas, 2002.
- JOHN, J. A.; SHAHIDI, F. Phenolic compounds and antioxidant activity of Brazil nut (*Bertholletia excelsa*). **Journal of Functional Foods**, v. 2, n. 3, p. 196-209, 2010.
- LANNES, S. C. S.; MEDEIROS, M. L. Processamento de achocolatado de cupuaçu por spray-dryer. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 39, n. 1, p. 115-123, 2003.

- LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. **Nova Odessa: Editora Plantarum 352p.-col. illus. Por Geog.** v. 1, 2002.
- MacRAE; R.; ROBINSON, R.K.; DADLER, M. Brazil nuts. In: MACRAE; R.; ROBINSON, R.K.; DADLER, M. **Encyclopaedia of food science food technology and nutrition.** London: Academic Press, v. 1, p. 458-461, 1993.
- MENNINGER, E. A. **Edible nuts of the world. Brazil nut Family.** 174 p. 1977.
- MOURÃO, L. H. E.; PONTES, D. F.; RODRIGUES, M. C. P.; BRASIL, I. M.; CAVALCANTE, M. T. B. Avaliação de barras de cereais de caju ameixa. **Alim. Nutr., Araraquara**, v. 23, n. 2, p. 287-295, abr./jun. 2012.
- MORARU, C.; PANCHAPAKESAN, C.; HUANG, Q.; TAKHISTOV, P.; LIU, S.; KOKINI, J. MORARU, Carmen I. et al. Nanotechnology: a new frontier in food science. **Food Technology**, v. 57, n. 12, p. 24-29, 2003.
- NAOZUKA, J., VIEIRA, E. C., NASCIMENTO, A.N., OLIVEIRA, P.V. Elemental analysis of nuts and seeds by axially viewed ICP OES. **Food Chemistry**, v. 124, n. 4, p. 1667-1672, 2011.
- OLIVEIRA, C. A. F., GERMANO, P. M. L Aflatoxinas: conceitos sobre mecanismos de toxicidade e seu envolvimento na etiologia do câncer hepático celular. **Revista de saúde pública**, v. 31, n. 4, p. 417-424, 1997.
- OLIVEIRA, O. W.; PETROVICK, P. R. Secagem por aspersão (spray drying) de extratos vegetais: bases e aplicações. **Revista brasileira de farmacognosia. São Paulo, SP. Vol. 20, n. 4 (Ago./Set. 2010), p. 641-650**, 2010.
- OLSON, O.E., PALMER, I.S., & CARY, E.L Modification of the official fluorometric method for selenium in plants. **J. Assoc. Off. Anal. Chem.; (United States)**, v. 58, n. 1, 1975.
- PACHECO, A. M. et al. Association between aflatoxin and aflatoxigenic fungi in Brazil nut (*Bertholletia excelsa* HBK). **Food Science and Technology (Campinas)**, v. 30, n. 2, p. 330-334, 2010.
- PACHECO, A. M., SCUSSEL, V. M. **Castanha-do-Brasil: da floresta tropical ao consumidor.** Florianópolis, SC: Editograf, 2006.
- PAS. Programa Alimentos Seguros. 2004. **Manual de qualidade e segurança da Castanha do Brasil.** Brasília, DF: Campo PaS, 62 pp. (Série Qualidade e Segurança dos alimentos). 2004.
- RAMADAN M. F, MOERSEL J. T. Screening of the antiradical action of vegetable oils. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 19, n. 8, p. 838-842, 2006.
- SAHOO, S. K.; PARVEEN, S.; PANDA, J. J. The present and future of nanotechnology in human health care. **Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine**, v. 3, n. 1, p. 20-31, 2007.
- SENNA, E. L. et al. Preparation and characterization of spray-dried powders from

Achyrocline satureioides (Lam.) DC extracts. **Phytotherapy Research**, v. 11, n. 2, p. 123-127, 1997.

SCUSSEL, V. M., GIORDANO, B. N., SIMAO, V., MANFIO, D., GALVAO, S., RODRIGUES, M. N.F. Effect of oxygen-reducing atmospheres on the safety of packaged shelled Brazil nuts during storage. **International journal of analytical chemistry**, v. 2011, 2011.

SILVA, R.F; ASCHERI, J. L. R; SOUZA, J. M. L. Influência do processo de beneficiamento na qualidade de amêndoas de castanha-do-Brasil. **Ciência Agrotec., Lavras**, v. 34, n. 2, p. 445-450, mar./abr.,2010.

SILVA, Francilene Amaral da. **Avaliação tecnológica e atividade antioxidante de produtos secos por spray-drying de *Ilex paraguariensis* A. St. Hil.** – Aquifoliaceae (erva-mate). 2007. 243f. Tese (Doutorado em Ciências Farmacêuticas). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

SILVA, F. A.; MARSAIOLI, A. JR. Atividade de água em amêndoa e torta de castanha-do-brasil (*bertholletia excelsa*) secas por microondas e convencionalmente. **Revista ciências exatas e naturais**, vol. 5, n.1, 2003.

SPANIOL, B. **Comparação do comportamento compressional de granulado contendo produto seco por aspersão de *Phyllanthus niruri* L. entre máquinas de comprimir alternativa e rotativa.** 2007. 137f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

SZYDŁOWSKA-CZERNIAK, A.; KARLOVITS G.; DIANOCZKI C.; RECSEG K.; Comparison of two analytical methods for assessing antioxidant capacity of rapeseed and olive oils. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 85, n. 2, p. 141-149, 2008.

TANIWAKI, M. H., PITT, J. I., IAMANAKA, B. T., SARTORI, D., COPETTI, M. V., BALAJEE, A., MARIA FUNGARO, H. P., FRISVAD, J.C. *Aspergillus bertholletius* sp. nov. from Brazil Nuts. **PloS one**, v. 7, n. 8, p. e42480, 2012.

VARGA, J., FRISVAD, J. C., R.A. SAMSON, R. A. Two new aflatoxin producing species, and an overview of *Aspergillus* section Flavi. **Studies in Mycology**, v. 69, p. 57-80, 2011.

VASCONCELOS, E. A. F. et al. Influência da temperatura de secagem e da concentração de Aerosil® 200 nas características dos extratos secos por aspersão da *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae). **Rev Bras Farmacogn**, v. 15, p. 243-249, 2005.

VITALI, A. A.; QUAST, D. G. Vida de prateleira de alimentos. **Reações de transformações e vida de prateleira de alimentos processados: manual técnico**, n. 6, p. 3-10, 2004.

VIEIRA, S. M. **Biscoito tipo cookie com adição de quitosana.** 2001. 75f. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará–UFC, Fortaleza, 2001.

VIDAL, A.M. et al. A ingestão de alimentos funcionais e sua contribuição para a diminuição da incidência de doenças. **Caderno de Graduação-Ciências Biológicas e da Saúde-UNIT**, v. 1, n. 1, p. 43-52, 2012.

YANG, J.; HAI LIU, R., HALIM, L. Antioxidant and antiproliferative activities of common edible nut seeds. **LWT-Food Science and Technology**, v. 42, n. 1, p. 1-8, 2008.

ZUNIGA, A. D. G., COELHO, A. F. S., FERREIRA, E. M. S., RESENDE, E. A., ALMEIDA, K. N. A. Avaliação da vida de prateleira de biscoito de castanha de caju tipo integral. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande**, v. 13, n. 3, p. 251-256, 2011.