



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
CURSO DE MESTRADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

ORQUÍDEA VASCONCELOS DOS SANTOS

**DESENVOLVIMENTO DE BARRAS DE ALTO TEOR
PROTÉICO A PARTIR DA CASTANHA-DO-BRASIL**

**Belém
2008**

ORQUÍDEA VASCONCELOS DOS SANTOS

**DESENVOLVIMENTO DE BARRAS DE ALTO TEOR PROTÉICO A
PARTIR DA CASTANHA-DO-BRASIL**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Pará, para obtenção do grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Profa. Dra. Alessandra Santos Lopes

Belém
2008

ORQUÍDEA VASCONCELOS DOS SANTOS

DESENVOLVIMENTO DE BARRAS DE ALTO TEOR PROTÉICO A
PARTIR DA CASTANHA-DO-BRASIL

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Ciência e
Tecnologia de Alimentos da Universidade
Federal do Pará, para a obtenção do grau
de Mestre em Ciência e Tecnologia de

Defesa: Belém (PA)..27...de...Maio...de 2008

Banca Examinadora

Profa. Dra. Alessandra Santos Lopes
Orientadora, FEA/ITEC/UFPA

Dra. Ana Vânia Carvalho
Membro, Pesquisador Embrapa Amazônia Oriental

Prof. Dr. Rosinelson da Silva Pena
Membro, FEA/ITEC/UFPA

Dedico este trabalho a meus pais Osvaldo Lopes e Olgarina Vasconcelos, a meus sobrinhos representados aqui por Lucas Bernard e a meu grande amor José Messildo Viana Nunes por todo amor, carinho, apoio, Incentivo e compreensão demonstrados em nossa convivência.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e aos anjos que são postos, por ele, em meu caminho nos momentos que mais preciso.

A minha orientadora, Profa. Dra. Alessandra dos Santos Lopes, que acreditou em mim para desenvolver essa pesquisa, apresentando contribuições relevantes e essenciais ao desenvolvimento da mesma.

A meus professores do mestrado por seus ensinamentos, contribuições e por todas as críticas construtivas que fizeram, dando-me condições de desenvolver melhor este trabalho.

Ao Prof. Dr. Rosinelson Pena e a Dr^a. Ana Vânia Carvalho pelo auxílio e contribuições, durante todo o decorrer deste trabalho.

Aos sinceros e inesquecíveis amigos formados durante o curso de mestrado: Angela, Glauce, Daniela, Giane, Denny, Cristine, Patrícia, Vitor, Edson.

Meu agradecimento especial a Maria Eunice, Rolf, Vivian e Jeferson cujas colaborações a este trabalho foram fundamentais.

A todos meus amigos do Laboratório, Rogério, Leandro, Regiane, Marília, Jonas, Diego, Anderson, Bruno, Rafael, Pedro e em especial a Sr. Mário, que sempre me ajudou na parte experimental do trabalho. Seus ensinamentos não serão esquecidos.

RESUMO

A castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) é uma das principais oleaginosas que compõem a diversidade de frutos da Amazônia, entretanto, o consumo desse fruto no mercado interno é estimado em apenas 5%, sendo a maior parte exportada para os países da União Européia e América do Norte. Este trabalho foi desenvolvido com o intuito de contribuir para o desenvolvimento de produtos a partir da castanha-do-Brasil, através de sua aplicação em um produto de fácil consumo e com apelo saudável. A presente pesquisa teve por objetivo geral avaliar a aplicação da farinha da castanha-do-Brasil na formulação de barras e definir seus níveis de adição considerando os aspectos de qualidade física e sensorial característicos desse tipo de produto. A farinha parcialmente desengordurada, segundo a análise morfológica, apresentou grânulos protéicos de constituição globular e característica esponjosa, e também foi verificada através das análises de ATD e ATG variação mínima, mesmo quando essa farinha foi submetida a elevadas temperaturas e combinada com o isolado protéico de soja. A partir da farinha foram desenvolvidas formulações de barras com diferentes proporções de farinha de castanha e isolado protéico de soja (70:30, 75:25 e 80:20, respectivamente) e a formulação que apresentou maior aceitação sensorial (91,78% para o sabor e 97,89% para a impressão global) foi a de 75:25 de farinha de desengordurada de castanha-do-Brasil e isolado protéico de soja. O perfil de aminoácidos mostrou a importante presença de aminoácidos sulfurados metionina e cisteína (78,62 mg/g de proteína) e elevados valores dos aminoácidos de cadeia ramificada isoleucina, leucina e valina (161,25 mg/g de proteína).

Palavras-chave: *Bertholletia excelsa*; farinha; barra protéica; soja; aminoácidos

ABSTRACT

The Brazil nut (*Bertholletia excelsa* HBK) is a major oleaginous of the diversity of fruits from the Amazon. However the consumption of fruit in the domestic market is estimated at only 5%. The remainder is exported to the countries of European Union and North America. This work was conducted to contribute to the development of products from the Brazil nut through its application in developing a product of easy consumption and healthy appeal. The goal of this study was to evaluate the application of the partial defatted flour from Brazil nut in formulation bars and to define their levels of addition considering the physical and sensor quality. The morphological analysis showed the presence of globular protein particles characterized by spongy form. The TGA e TDA results showed minimum variations under elevated temperatures and mixed isolated soy protein. From the flour were developed formulations of bars with different proportions of flour and isolated soy protein (70:30, 75:25 and 80:20, respectively) and the formulation that showed greater acceptance sensory (91.78% for flavor and 97.89% for the global impression) was to 75:25 (flour: isolated soy protein). The profile of amino acids showed the important presence of sulfur amino acids methionine and cysteine (78.62 mg/g of protein) and high levels of branched-chain amino acids isoleucine, leucine and valine .

Keywords: *Bertholletia excelsa*; flour; protein bar; soy; aminoacids

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Castanheira	15
Figura 2: Ouriço e sementes de castanha-do-Brasil	16
Figura 3: Amêndoas de castanha-do-Brasil	18
Figura 4: <i>Aspergillus Flavus</i>	22
Figura 5: Fórmulas moleculares e estruturais das principais aflatoxinas	23
Figura 6: Fluxograma de obtenção da farinha desengordurada de castanha-do-Brasil	47
Figura 7: Processamento das barras de alto teor protéicas.....	53
Figura 8: Formação de massa homogênea	53
Figura 9: Uniformização da massa homogênea	53
Figura 10: Nivelamento das barras	54
Figura 11: Embalagem primária	54
Figura 12: Índice de solubilidade do nitrogênio (ISN%)	65
Figura 13: Estabilidade da espuma em função do tempo	68
Figura 14: Análise térmica gravimétrica (ATG) e Análise térmica diferencial (ATD)...	70
Figura 15: Grânulos da mandioca	72
Figura 16: Grânulos da farinha mista	72
Figura 17a: Grânulo da farinha desengordurada de castanha-do-Brasil	72
Figura 17b: Superfície do grânulo da farinha desengordurada da castanha-do-Brasil	72
Figura 18a: Grânulo de isolado protéico de soja	73
Figura 18b: Grânulo de isolado protéico de soja em detalhe	73
Figura 19: Diagrama de barras para o teste de aceitação aplicado as barras de alto teor protéico.....	82
Figura 20: Diagramas de barras para o índice de aceitação médio aplicado às barras de alto teor protéico.....	84
Figura 21: Intenção de compra para as barras de alto teor protéico	85

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Usos em produtos e subprodutos da castanheira	18
Tabela 2: Composição centesimal da castanha-do-Brasil	20
Tabela 3: Nível de tolerância de aflatoxinas permitido em castanhas-do-Brasil	24
Tabela 4: Propriedades funcionais das proteínas em alimentos e exemplos de suas aplicações tecnológicas em alimentos.....	29
Tabela 5: Composição em aminoácidos essenciais e índices de digestibilidade de algumas proteínas em alimentos	30
Tabela 6. Composição em aminoácidos da torta da castanha-do-Brasil, comparados com a proteína padrão do ovo	34
Tabela 7: Quantidade dietética recomendada (QDR) de proteínas	36
Tabela 8: Fatores de conversão do nitrogênio protéico	37
Tabela 9: Formulações utilizadas na elaboração das barras protéicas a partir da farinha mista de castanha-do-Brasil e isolado e protéico de soja	52
Tabela 10: Composição física e físico-química da castanha-do-Brasil	57
Tabela 11: Avaliação microbiológica da castanha-do-Brasil	59
Tabela 12: Análise de micotoxina da castanha-do-Brasil: aflatoxinas B ₁ , B ₂ , G ₁ , G ₂	59
Tabela 13: Composição física e físico-química da farinha desengordurada de castanha-do-Brasil	60
Tabela 14: Capacidade de absorção de água e óleo de farinha desengordurada de castanha-do-Brasil	66
Tabela 15: Capacidade de formação de espuma e estabilidade da espuma na farinha desengordurada de castanha-do-Brasil	67
Tabela 16: Composição em macro e microminerais na farinha de castanha-do-Brasil	74
Tabela 17: Análise físico-química	75
Tabela 18: Avaliação microbiológica da barra de alto teor protéico	77
Tabela 19: Teor de aminoácidos totais (mg/g de proteína) da barra com alto teor protéico de castanha-do-Brasil.....	78
Tabela 20: Índice de aceitação (IC) para as diferentes formulações das barras	81

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO DA LITERATURA	15
2.1 CASTANHA-DO-BRASIL.....	15
2.1.1 Generalidades	15
2.1.2 Usos da castanha-do-Brasil	18
2.1.3 Composição química da amêndoa da castanha-do-Brasil	19
2.2 AFLOTOXINAS NA CASTANHA-DO-BRASIL.....	21
2.3 PROPRIEDADES FUNCIONAIS DAS PROTEÍNAS.....	25
2.3.1 Proteínas vegetais: leguminosas e oleaginosas	30
2.3.2 Proteínas da castanha-do-Brasil	32
2.4 APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS E INDUSTRIAIS NO DESENVOLVIMENTO DE BARRAS ALIMENTÍCIAS.....	37
3 MATERIAL E MÉTODOS	44
3.1 MATÉRIA-PRIMA	44
3.2 MÉTODOS	44
3.2.1 Caracterização físico-química da castanha-do-Brasil	44
3.2.2 Análises microbiológicas na castanha-do-Brasil	45
3.2.3 Análise de aflatoxinas B₁, B₂, G₁, G₂ da castanha-do-Brasil	45
3.3 PROCESSO DE OBTENÇÃO DA FARINHA DESENGODURADA DE CASTANHA-DO-BRASIL	46
3.3.1 Caracterização físico-química da farinha desengodurada da castanha-do-Brasil	47
3.3.2 Propriedades funcionais da farinha desengordurada de castanha- do-Brasil	48
3.3.3 Análise térmica da farinha desengordurada de castanha-do-Brasil, isolado protéico de soja e sua mistura	50

3.3.4 Análise morfológica da farinha desengordurada de castanha-do-Brasil, isolado protéico de soja e sua mistura	50
3.3.5 Caracterizações em macro e microminerais na farinha desengordurada de castanha-do-Brasil	51
3.4 FORMULAÇÃO DAS BARRAS DE CASTANHA-DO-BRASIL	51
3.4.1 Elaboração das barras de castanha-do-Brasil	53
3.4.2 Análise sensorial das barras de Castanha-do-Brasil	54
3.4.3 Análise físico-química das barras de castanha-do-Brasil	55
3.4.4 Análise microbiológica da barras de castanha-do-Brasil	55
3.4.5 Análise aminoacídica da barra padrão de castanha-do-Brasil	55
3.4.6 Análise estatística dos resultados	56
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	57
4.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E FÍSICO-QUÍMICA DA CASTANHA-DO-BRASIL	57
4.2 AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA DA CASTANHA-DO-BRASIL	59
4.3 ANÁLISE DE MICOTOXINA DA CASTANHA-DO-BRASIL: AFLATOXINAS B₁, B₂, G₁, G₂	59
4.4 ANÁLISES FÍSICAS E FÍSICO-QUÍMICAS DA FARINHA DESENGORDURADA DE CASTANHA-DO-BRASIL	60
4.5 ANÁLISES DAS PROPRIEDADES FUNCIONAIS DA FARINHA DESENGODURADA DE CASTANHA-DO-BRASIL	64
4.5.1 Solubilidade	64
4.5.2 Capacidade de absorção de água e óleo	65
4.5.3 Capacidade de formação e estabilidade de espuma	67
4.5.4 Atividade emulsificante	68
4.5.5 Análise térmica da farinha de castanha-do-Brasil, isolado protéico de soja e sua mistura	69

4.6 ANÁLISES MORFOLÓGICAS DA FARINHA DESENGORDURADA DE CASTANHA-DO-BRASIL, ISOLADO PROTÉICO DE SOJA E FARINHAS MISTAS	71
4.7 ANÁLISES DE MINERAIS DA FARINHA DESENGORDURADA DE CASTANHA-DO-BRASIL	73
4.8 ANÁLISES DA BARRA PADRÃO COM ALTO TEOR PROTÉICO DE CASTANHA-DO-BRASIL	75
4.8.1 Análises físico-químicas da barra padrão de castanha-do-Brasil	75
4.8.2 Análises microbiológicas da barra padrão de castanha-do-Brasil	77
4.8.3 Perfil de aminoácidos da barra padrão de castanha-do-Brasil	77
4.9 ANÁLISE SENSORIAL	81
4.9.1 Teste de aceitabilidade	81
4.9.2 Intenção de compra	84
5.CONCLUSÕES	86
REFERÊNCIAS	87

1 INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa uma posição de destaque no cenário agrícola mundial. Detentor de uma imensa área cultivada mantém-se como um dos maiores produtores agrícolas na produção e exportação de seus produtos, seja como fornecedor de matéria-prima e/ou como exportador de produtos industrializados (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2006).

Dentre tais potencialidades destaca-se a castanha-do-Pará, que segundo o Decreto Lei nº 51.209, de 1961, teve seu nome alterado, para efeito de comércio exterior, sendo a partir de então denominada castanha-do-Brasil, com a nomenclatura comercial internacional de *Brazil nuts* (BRASIL, 1961).

A castanha-do-Brasil é definida como a semente da castanheira (*Bertholletia excelsa* H. B. K.), da família das *Lecythidaceae*. É encontrada numa vasta região da América Latina, principalmente na Região Amazônica. Destaca-se por seus elevados teores em lipídios (60-70%) e proteínas (15-20%). Além do elevado teor em metionina, é também rica em selênio, importante antioxidante que vem sendo relacionado à redução do risco de desenvolvimento de diversas patologias (REGITANO-D'ARCE; SIQUEIRA, 1995; SOUZA, 1999; CARDARELLI; OLIVEIRA, 2000; GLÓRIA; REGITANO-D'ARCE, 2000).

As propriedades funcionais e tecnológicas das proteínas oriundas de oleaginosas, como as apresentadas pela castanha-do-Brasil, são de grande importância para aplicação na indústria de alimentos. Essas propriedades podem potencializar sua aplicação industrial e conseqüentemente o desenvolvimento de novos produtos (KINSELLA; DAMODARAN; GERMAN, 1985; SGARBIERI, 1996; ARAÚJO, 2004).

Uma das formas de ampliar a utilização e o uso da proteína da castanha é através da transformação desta em produtos alimentícios, como os concentrados e isolados protéicos, definidos pela legislação brasileira como produtos protéicos com, no mínimo, 68 e 88% de proteína em base seca, respectivamente (GLÓRIA; REGITANO-D'ARCE, 2000).

Nesse contexto, o desenvolvimento de um produto tipo barras com alto teor protéico, a partir da castanha-do-Brasil, poderá possibilitar a ampliação dos horizontes que norteiam a utilização das castanhas, especialmente para as comercializadas quebradas, que apresentam menor valor de mercado. Com isso,

podem surgir novos segmentos de mercado, que agreguem e valorizem essa matéria-prima.

Diante do exposto, propõe-se estudar o emprego da castanha-do-Brasil no desenvolvimento de barras com alto teor protéico, agregando as peculiaridades sensoriais com sua alta relevância comercial.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 CASTANHA-DO-BRASIL

2.1.1 Generalidades

A castanheira (*Bertholletia excelsa* H. B. K.) é uma árvore de grande porte, nativa da Região Amazônica, pertencente à família *Lecythidaceae* (Figura 1). Pode alcançar em média 50m de altura, sendo considerada uma árvore padrão de florestas de terra firme (COUTINHO; COZZOLINO, 1998; SOUZA; MENEZES, 2004; VILHENA, 2004).



Figura 1: Castanheira

Fonte: Pennacchio (2006)

Sua floração geralmente ocorre nos meses de agosto a outubro. Seu fruto é um ouriço de forma esférica ou capsular, com cerca de 20cm de diâmetro, que contém em seu interior cerca de 12 a 24 sementes (Figura 2), as quais envolvem as amêndoas. Possui uma variação de peso de 200g a 1,5kg, com uma média de 750g. Sua coleta é realizada nos meses de novembro a março, a partir de uma prática que sobrevive há décadas: o extrativismo de coleta (GONÇALVES, 1997; ENRÍQUEZ; SILVA; CABRAL, 2003).



Figura 2: Ouriço e sementes de castanha-do-Brasil

Fonte: Pennacchio (2006)

O fruto leva 14 meses para completar a sua maturação, sendo a colheita realizada de novembro a março. Antes de serem armazenadas ou ensacadas, as castanhas colhidas no dia são submetidas a uma rápida lavagem dentro de um pano¹ e posteriormente realiza-se a seleção dos frutos (LOCATELLI; SOUZA, 1990; BRYON, 1997; ENRÍQUEZ; SILVA; CABRAL, 2003).

A fruticultura brasileira é considerada um dos segmentos agroindustriais mais importantes na pauta de exportação, representando uma taxa em torno de 25% do valor do agronegócio brasileiro. Entretanto, a maior parte dessa produção ainda é comercializada no mercado interno, sendo exceção à castanha-do-Brasil, que constitui um importante item da pauta de exportação, tendo seu cultivo concentrado na região Norte (VILAS, 2002; FOOD ADMINISTRATION ORGANIZATION, 2006).

A castanha-do-Brasil é também utilizada entre os nativos da Região Amazônica, na culinária e preparação de pratos típicos. O “leite de castanha-do-Brasil”, por exemplo, é consumido puro, principalmente na alimentação infantil e em pratos regionais. A farinha é utilizada na preparação de biscoitos, doces, bolos e no enriquecimento de outras farinhas (CAMARGO; CASTRO; GAVILANES, 2000; FERBERG et al., 2006).

A amêndoa da castanha (Figura 3) pode ser consumida sob várias formas, *in natura*, desidratada, salgada, tostada, coberta com chocolate, caramelo, açúcar, mel ou outras coberturas. Também pode ser utilizada em produtos como granolas, sorvetes, chocolates, bolos, doces e biscoitos, como farinha ou “leite” de castanha

¹ Cesto de tala de palmeira e trançado largo (FERREIRA, 2001).

(CAMARGO; CASTRO; GAVILANES, 2000; VILHENA, 2004; BOWLES; DEMIATE, 2006; FERBERG et al., 2006).

As frutas oleaginosas, do ponto de vista nutricional, são excelentes fontes de nutrientes essenciais para o equilíbrio orgânico. A composição nutricional da castanha-do-Brasil apresenta alto conteúdo lipídico (60-70%) e protéico (15-20%) e tem como um de seus pontos diferenciais o elevado teor de metionina (aminoácido essencial deficiente em muitas proteínas de origem vegetal, especialmente nas leguminosas) (COUTINHO; COZZOLINO, 1998; CARDARELLI; OLIVEIRA, 2000; GONZAGA, 2002).

Em decorrência de seu alto percentual em selênio e lipídios insaturados, alguns frutos, como a castanha-do-Brasil, apresentam propriedades que os levam a serem denominados “alimentos funcionais” (SGARBIERI, 1996; BRASIL, 1999; IÑARRITU; FRANCO, 2001).

De acordo com a portaria 398, de 30 de abril de 1999, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, são definidos como alimentos funcionais àqueles considerados alimentos ou ingredientes que, além das funções nutricionais básicas, quando consumidos como parte de uma dieta usual, produzem efeitos metabólicos e/ou fisiológicos benéficos à saúde, devendo ser seguros para consumo sem supervisão médica (BRASIL, 1999).

Os compostos funcionais bioativos, como o selênio, podem intervir retardando ou impedindo alguns processos fisiológicos e metabólicos degradativos, atuando em benefício da saúde humana, diminuindo os riscos de patologias cardíacas, doenças crônico-degenerativas, câncer, Alzheimer, entre outras (COUTINHO; COZZOLINO, 1998; CARDARELLI; OLIVEIRA, 2000; IÑARRITU; FRANCO, 2001; GONZAGA, 2002).

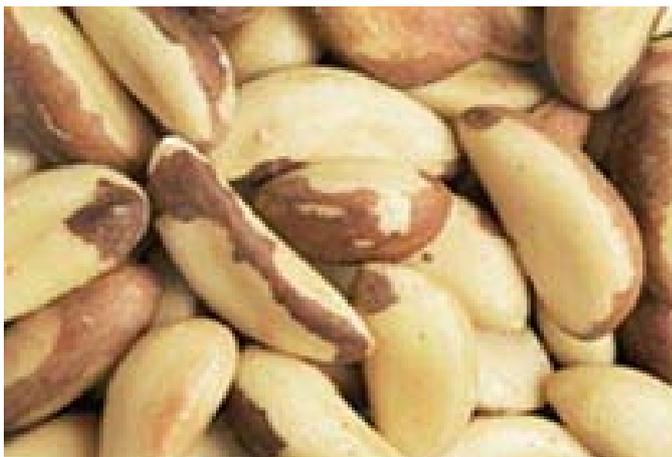


Figura 3: Amêndoas de castanha-do-Brasil

Dado o seu agradável sabor e elevado valor nutricional, a castanha-do-Brasil pode alcançar um consumo considerável, no cotidiano alimentar da população brasileira. Para isso são necessários maiores investimentos no seu potencial produtivo e aproveitamento industrial, preservando suas qualidades nutricionais e sensoriais (CARDARELLI; OLIVEIRA, 2000; ENRÍQUEZ; SILVA; CABRAL, 2003; SOUZA; MENEZES, 2004).

2.1.2 Usos da castanha-do-Brasil

A castanha-do-Brasil demonstra alto potencial produtivo, ampla diversidade de propriedades além de ser uma grande fonte para usos nos diferentes segmentos industriais, tanto por sua constituição em madeira, como pela utilização de seus produtos e subprodutos (Tabela 1).

Tabela 1: Usos em produtos e subprodutos da castanheira

Constituintes	Usos
Amêndoas	Indústria de alimentos devido a seu elevado valor nutricional. Elaboração de produtos e subprodutos.
Ouriço	Medicina doméstica, artesanato, adubos.
Casca	Potencial de utilização como adubo, além de servir como carvão vegetal.

Fonte: Kornexl (1999).

A partir da extração e por processos tecnológicos adequados, obtém-se o “leite” da castanha, adquirido da mistura de castanha ralada com água, podendo ser empregado em várias iguarias e componentes de diversos pratos culinários,

principalmente na utilização industrial (RIBEIRO, 1992; GLÓRIA; REGITANO-D'ÁRCE, 2000).

Os resíduos originados da extração da gordura da castanha-do-Brasil formam uma torta, de onde se obtém a farinha, que é um composto rico em proteínas que incrementa a indústria de alimentos. Essa farinha quando misturada a outros tipos de farinhas, como a de trigo, pode ser usada em grande escala na panificação, adquirindo-se assim um produto com maior valor nutritivo, além de um sabor apreciável (SOUZA, 1999; VILHENA, 2004).

Os principais produtos derivados das amêndoas da castanha-do-Brasil, já conhecidos pela indústria, como o óleo, o leite, a farinha e demais derivados, podem vir a ser amplamente utilizados não somente na área alimentícia, mas em outros ramos industriais, como os cosméticos, produtos farmacêuticos, etc (VILHENA, 2004).

2.1.3 Composição química da amêndoa da castanha-do-Brasil

A castanha apresenta constituintes nutricionais essenciais a uma boa alimentação, com alto percentual energético-protéico e a presença das vitaminas, B₁, B₂ e B₃, essenciais para a manutenção do equilíbrio metabólico (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2002; DUTRA-DE-OLIVEIRA; MARCHINI, 2003).

Os macro e micro-elementos constituintes da castanha-do-Brasil são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2: Composição centesimal da castanha-do-Brasil

Constituintes	Franco (2003)	Souza e Menezes (2004)
Energia (kcal/100g)	699	676,56
Água (g/ 100g)	3,5	3,13
Proteínas (g/100g)	17	14,29
Lipídios totais (g/100g)	67	67,30
Carboidratos (g/100g)	7,0	3,42
Fibra bruta (g/100g)	3,4	8,2
Cinzas (g/100g)	-	3,84
Selênio (µg/100g)	-	204
Potássio (mg/100g)	519,9	-
Cálcio (mg/100g)	172,0	-
Ferro (mg/100g)	5,0	-
Fósforo (mg/100g)	746,0	-
Sódio (mg/100g)	81,0	-

Fonte: Franco (2003); Souza e Menezes (2004)
(b.u.) base úmida; (-) não analisado

O valor energético relatado nessas pesquisas é derivado de seus macronutrientes, principalmente de lipídios e proteínas, uma vez que a contribuição em carboidratos na amêndoa é considerada baixa, quando comparado à ingestão diária recomendada de energia, tendo como parâmetro uma dieta de 2000 kcal (DUTRA-DE-OLIVEIRA; MARCHINI, 2003; SOUZA; MENEZES, 2004).

Segundo Estevez et al. (1995) em decorrência do alto conteúdo em lipídios nessas amêndoas, elas apresentam considerável quantidade de ácidos graxos poliinsaturados, o que pode promover maior suscetibilidade ao produto em relação às reações oxidativas, que podem reduzir sua estabilidade durante o armazenamento.

Na indústria de alimentos as proteínas da castanha apresentam grande diversidade de aplicações, pautadas em suas propriedades funcionais de hidratação, emulsificação entre outras, as quais dependem das interações proteína-água e das interações proteína-proteína (SGARBIERI, 1996; CÂNDIDO, 1998; CARVALHO, 2004).

As fibras (Tabela 2) apresentam importante função pautada em suas respostas locais e sistêmicas e/ou metabólicas no corpo humano. Essas

propriedades são relacionadas com a origem, o processamento e sua forma de ingestão (FRANCO, 2003; SOUZA; MENEZES, 2004).

As respostas locais correspondem ao efeito direto de sua ingestão, determinado pela presença da fibra no trato gastro-intestinal. Já a resposta sistêmica relaciona-se ao efeito metabólico que ocorre como uma resposta ao efeito local da fibra (DAVIDSON; MCDONALD, 1998; GUILLON; CHAMP; THIBAUT, 2000).

As fibras favorecem a motilidade gastro-intestinal e diminuem o tempo de trânsito intestinal, protegendo suas estruturas da exposição prolongada a substâncias tóxicas, que podem ser carcinogênicas, equilibrando, assim, o sistema do lúmen do cólon, protegendo sua integridade e evitando danos as suas estruturas (CUMMINGS, 1992; DAVIDSON; MCDONALD, 1998).

Outro componente de grande destaque na composição da castanha-do-Brasil é o selênio, considerado um micromineral ou elemento-traço que é essencial ao organismo humano, por fazer parte da composição de enzimas antioxidantes, protegendo a composição celular orgânica dos efeitos adversos produzidos pelos radicais livres durante o metabolismo normal do oxigênio (KANNAMKUMARATH; WROBEL; WUILLOUD, 2004; SOUZA; MENEZES, 2004).

Segundo a literatura, a quantidade de selênio encontrada na castanha-do-Brasil é superior à necessidade diária recomendada deste mineral, que variam de 50 a 75µg/dia, para mulheres e homens adultos, respectivamente (KANNAMKUMARATH; WROBEL; WUILLOUD, 2004; SOUZA; MENEZES, 2004).

O selênio quando ingerido em quantidades superiores 400µg/dia (máximo tolerável de ingestão de selênio/dia sem riscos de efeitos adversos) em alimentos é considerado tóxico. Seu balanço orgânico é regulado pelo seu nível de ingestão, com o objetivo de manter o equilíbrio metabólico (SOUZA; MENEZES, 2004; TEODORO, 2006).

2.2 AFLATOXINAS NA CASTANHA-DO-BRASIL

Os alimentos, de forma geral, estão sujeitos à contaminação por fungos, os quais sob certas condições ambientais podem se desenvolver, produzindo metabólitos, tornando-se fator determinante para que um alimento torne-se impróprio para o consumo humano (MÍDIO; MARTINS, 2000; JAY, 2005).

A maioria dos fungos produz substâncias tóxicas, denominadas micotoxinas, produzidas como metabólitos secundários, sendo formados durante o final da fase exponencial de crescimento, não possuindo significância aparente para o crescimento ou metabolismo do organismo produtor (OLIVEIRA; GERMANO, 1997; ARAÚJO, 2004; VILHENA, 2004; JAY, 2005).

As aflatoxinas são substâncias químicas que diferem entre si por variações em sua composição e estrutura molecular. São metabólitos secundários produzidos por espécies de fungos, principalmente *Aspergillus flavus* (Figura 4), *Aspergillus parasiticus* e *Aspergillus nomius*, os quais se desenvolvem em alimentos, como amendoim, castanha-do-Brasil, milho, feijão, arroz, trigo, cevada, leite, carne, semente de algodão, mandioca, dentre outros (ARAÚJO, 2004; JAY, 2005; HEDAYATI et al., 2007).



Figura 4: *Aspergillus flavus*
Fonte: Hedayati et al. (2007).

A palavra aflatoxina designa 17 substâncias químicas, de composição similar, mas normalmente se refere a quatro substâncias principais, de maior interesse alimentar, epidemiológico e médico-sanitário, identificadas como aflatoxinas B₁, B₂, G₁ e G₂. Estas apresentam fluorescência azul-violeta ou esverdeada, quando submetidas à luz ultravioleta e, por isso, são representadas pelas letras B (*Blue* – azul) ou G (*Green* – verde) (JAY, 2005; HEDAYATI et al., 2007).

As aflatoxinas são compostos que se caracterizam por elevada toxicidade, ocasionando efeitos tóxicos, agudos, mutagênicos, carcinogênicos e teratogênicos, sendo o fígado o principal órgão atingido. A aflatoxina B₁ (AFB₁) é a que apresenta maior poder toxigênico, seguida de G₁, B₂ e G₂. A Figura 5 mostra a fórmula

molecular e estrutural das principais aflatoxinas e os radicais que as diferenciam (OLIVEIRA; GERMANO, 1997; MÍDIO; MARTINS, 2000; HEDAYATI et al., 2007).

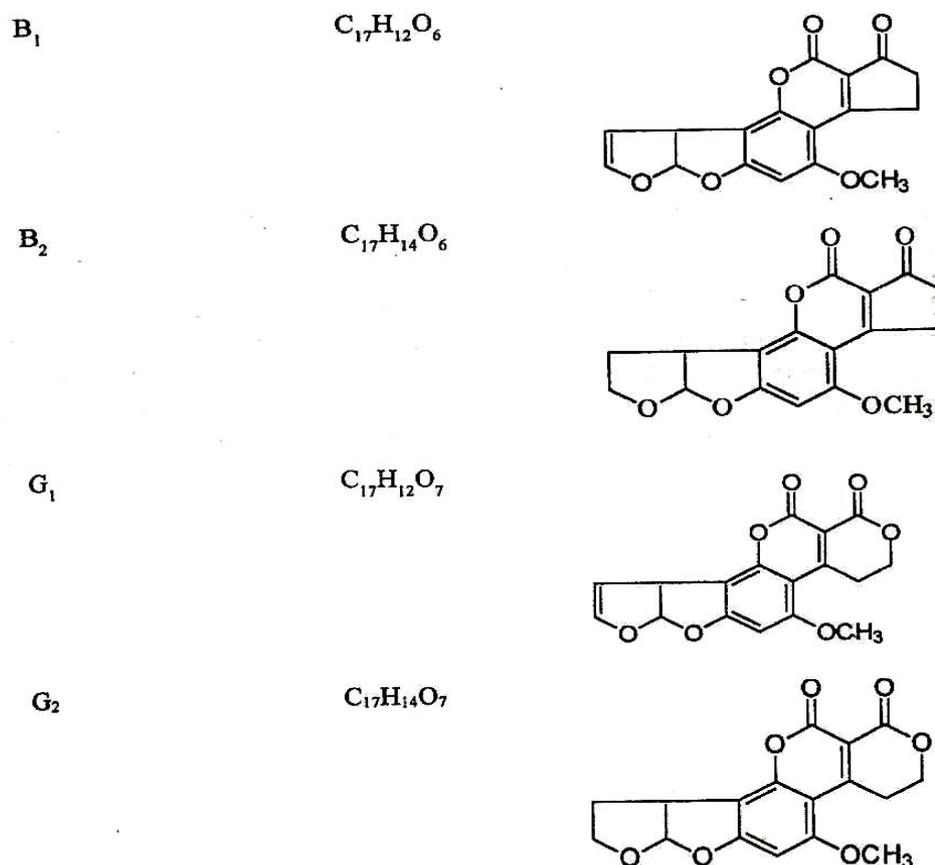


Figura 5: Fórmulas moleculares e estruturais das principais aflatoxinas

Fonte: Midio e Martins (2000)

De acordo com Mídio e Martins (2000) e Araújo (2004) os principais fatores que regulam o crescimento destas espécies de fungos (*Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus* e *Aspergillus nomius*), e conseqüentemente a produção de suas micotoxinas são a composição química do substrato e seu teor de água, incluindo fatores ambientais favoráveis, como a temperatura e a umidade. A partir desse conhecimento, as formas de controle podem ser determinadas evitando os fatores favoráveis de crescimento, tornando-os impróprios para metabolismo desses microorganismos. Dentre eles podemos citar:

- Temperatura: a temperatura ideal para produção de aflatoxinas encontra-se na faixa de 25-28°C.

- Umidade: a água no substrato deve estar disponível para o fungo, e tal disponibilidade é expressa em atividade da água (A_w). O valor ótimo de A_w para produção de aflatoxina encontra-se na faixa de 0,93 a 0,98.

- Disponibilidade de oxigênio: fungos são aeróbios, portanto oxigênio suficiente deve estar disponível para o crescimento e os processos biossintéticos associados.

- pH do substrato: afeta a produção da aflatoxina. Geralmente a produção é favorecida em valores de pH na faixa de 3,4 a 5,5.

- Substrato: substratos com elevado teor de carboidrato são mais adequados, no entanto, fungos podem produzir aflatoxinas em substratos ricos em gordura e proteína, e a presença de aflatoxinas em amendoim e queijo, por exemplo, comprova esta afirmativa.

- Interação microbiológica: afeta a produção da aflatoxina (competição). Fungos produtores de aflatoxinas raramente se encontram como cultura pura no alimento, estando geralmente associados com bactérias, leveduras e outros fungos (ARAÚJO, 2004).

As aflatoxinas têm sido identificadas como fatores envolvidos na etiologia² do câncer hepático, em consequência da ingestão de alimentos contaminados por micotoxinas. No Brasil, o Ministério da Saúde estabelece o limite de 30 μ g/kg em alimentos de consumo humano (OLIVEIRA; GERMANO, 1997; BRASIL, 1998a; VILHENA, 2004). O nível de tolerância referente às toxinas nas castanhas-do-Brasil é mostrado na Tabela 3.

Tabela 3: Nível de tolerância de aflatoxinas permitido em castanhas-do-Brasil

Local	Limites máximos de aflatoxinas
EUA	20 μ g/kg
Europa	4,0 μ g/kg

Fonte: Enríquez, Silva e Cabral (2003); Vilhena (2004)

A queda nas taxas de contaminação de aflatoxinas depende de programas de monitoramento dos níveis de contaminação de alimentos que direcionem as ações de vigilância sanitária, da eficiência na realização do manejo, dentre outras medidas pertinentes. As soluções aplicadas baseiam-se na utilização de técnicas que, apesar

² Parte da Medicina que pesquisa as causas das doenças (FERREIRA, 2001).

de aparentemente simples, poderiam garantir níveis satisfatórios de êxito (CALDAS; SILVA; OLIVEIRA, 2002; ENRÍQUEZ; SILVA; CABRAL, 2003; VILHENA, 2004).

É nesse sentido que Vilhena (2004) ressalta a importância da observância do período adequado do fim de queda das castanhas para fazer a coleta. O autor relata, também, que a quebra e higienização dos ouriços eram realizadas ainda na floresta com água e local para secagem favorável à contaminação e proliferação de fungos. Porém, ao se corrigir essas práticas, através do bom manuseio, o nível de contaminação por aflatoxina pode ser reduzido.

A partir dessa queda nos níveis de contaminação, é possível ampliar a produção de novos produtos e subprodutos, assim como a eficiência de diversidades na cadeia produtiva da castanha-do-Brasil, em função da inovação tecnológica (ENRÍQUEZ; SILVA; CABRAL, 2003; VILHENA, 2004).

A castanha pode fornecer a partir de uma melhora em seu beneficiamento, um fortalecimento de sua participação comercial como componente de produtos no mercado nacional e internacional, no sentido de que todas as ações envolvidas nessa atividade estejam de acordo com as normas federais e estaduais que regulamentam as operações tecnológicas nas indústrias de alimentos (ENRÍQUEZ; SILVA; CABRAL, 2003; VILHENA, 2004).

2.3 PROPRIEDADES FUNCIONAIS DAS PROTEÍNAS

A funcionalidade das proteínas é definida pelas propriedades físicas e químicas que afetam o seu comportamento no alimento durante o processamento, o armazenamento e a preparação. Determinadas pelos atributos finais de qualidade do produto, as propriedades funcionais baseiam-se nas diversas características agregadas a uma proteína hidratada e o quanto essa modificação auxilia num sistema alimentar e/ou produto alimentício (DUTRA-DE-OLIVEIRA; MARCHINI, 2003; WILLIAMS, 2003; ARAÚJO, 2004; CARVALHO, 2004).

As propriedades físicas e químicas que ditam a funcionalidade da proteína são: sua forma; composição de aminoácidos; carga líquida e sua distribuição; relação hidrofobicidade/hidrofilicidade; estruturas primárias, secundárias, terciárias e quaternárias; flexibilidade/rigidez; e habilidade de reagir com outros componentes (SUN; ALTENBACH; LEUNG, 1987; SUN; LEUNG; TOMICL, 1987; SGARBIERI, 1996; ARAÚJO, 2004).

Muitos fatores podem alterar essas características de funcionalidade protéica, dentre eles: a própria concentração protéica no alimento e/ou matéria-prima, seu pH, a temperatura, o tempo, as forças iônicas, a presença de outros componentes que podem alterar as forças que interagem entre as ligações proteína-proteína e proteína-água. Essas interações mantêm o equilíbrio das forças que determinam as propriedades funcionais das proteínas (SGARBIERI, 1996).

Quanto à classificação a partir de suas propriedades funcionais, poderá ser expressa com base em uma ou mais propriedades físicas e químicas das proteínas, as quais podem sofrer modificações em diferentes tipos e condições de tratamento dos alimentos, além de possíveis interações com outros componentes. Segundo Sgarbieri (1996) podem ser expressas da seguinte forma:

- Propriedades hidrofílicas: afinidade da proteína pela água (solubilidade, capacidade de hidratação e de retenção de água);
- Propriedades interfásicas: capacidade das moléculas de proteínas se unirem e formarem uma película entre duas fases imiscíveis (emulsificação, formação de espumas);
- Propriedades intermoleculares: habilidade da proteína em formar ligações cruzadas entre suas próprias moléculas ou com outros componentes do alimento (formação de fibras de proteínas, geleificação, formação de massa visco-elástica);
- Propriedades reológicas: propriedade relacionada com as características físicas e químicas específicas das proteínas (viscosidade);
- Propriedades sensoriais: são propriedades que se manifestam através dos órgãos dos sentidos (textura, cor, gosto, aroma).

Dentre as propriedades funcionais, algumas, especificamente, merecem destaque por sua maior aplicabilidade na indústria de alimentos como: a solubilidade que é uma propriedade físico-química de grande importância das proteínas, pois dela derivam diretamente outras propriedades como a capacidade de formar géis, estabilizar emulsões, formar espumas, e estas por sua vez atuam em outras propriedades funcionais, com grande importância na formação de sistemas de multicomponentes (SGARBIERI, 1996; CÂNDIDO, 1998; RAMOS; BORA, 2004).

Diversos fatores podem alterar a solubilidade de uma proteína, dentre eles podemos citar: seu peso molecular, conformação das moléculas, densidade,

distribuição das cargas elétricas, pH, força iônica, temperatura, composição de aminoácidos na proteína, interações com outros compostos presentes no alimento e pela maior ou menor afinidade de suas moléculas pelos solventes (SGARBIERI, 1996).

A quantificação das propriedades de solubilidade de uma proteína pode ser determinada pela aplicação de diferentes métodos, tais como o teor de nitrogênio solúvel em água, o índice de solubilidade, teor de proteína solúvel em água, índice de solubilidade em nitrogênio, índice de dispersibilidade da proteína etc. (SGARBIERI, 1996; GLÓRIA; REGITANO-D'ARCE, 2000; RAMOS; BORA, 2004).

A capacidade de absorção e retenção de água também é uma propriedade funcional bastante utilizada na indústria de alimentos, fazendo parte das propriedades hidrofílicas das proteínas e refletindo a capacidade de absorver água dos ingredientes protéicos, participando diretamente da elaboração de produtos que requerem uma textura bem particular, agregando-lhe propriedades de viscosidade, aderência, espessamento, consistência (SGARBIERI, 1996).

A determinação da capacidade de absorção de água de uma proteína ou alimento protéico pode ser analisada a partir da exposição da amostra a um meio aquoso, com aplicação de técnicas de separação da água, como a pressão, a centrifugação, o calor e a medição a partir da água retida pela proteína ou alimento protéico (SGARBIERI, 1996; RAMOS; BORA, 2004).

A capacidade de absorção de óleo, segundo Glória e Regitano-D'Arce (2000), é uma propriedade funcional característica das proteínas de oleaginosas, como por exemplo, a castanha-do-Brasil, podendo assim participar diretamente da elaboração de produtos que requerem uma textura bem particular.

A determinação da capacidade de absorção de óleo de uma proteína ou alimento protéico pode ser analisada a partir da exposição da amostra a um meio rico em óleo, com aplicação de técnicas de separação do óleo, como a pressão e centrifugação, sendo realizada a medição a partir do óleo retido na amostra (GLÓRIA; REGITANO-D'ARCE, 2000; RAMOS; BORA, 2004).

A capacidade de formação de espuma e a estabilidade de espuma pertencem às propriedades interfásicas, as quais dependem da capacidade das moléculas protéicas de se unirem e formarem uma película entre duas fases imiscíveis, onde uma é líquida e circunda a outra fase composta de bolhas de ar. As proteínas se comportam como elemento estabilizante desses sistemas. É uma propriedade

bastante utilizada pela indústria alimentícia em produtos como: massas e coberturas de bolo, diversos tipos de bebidas espumantes, suspiros, suflês etc. (GLÓRIA; REGITANO-D'ARCE, 2000).

A determinação da capacidade de formação de espuma e a estabilidade de espuma são realizadas medindo o aumento do volume da suspensão protéica, logo após seu batimento, agitação ou aeração, medindo-se o volume da espuma formada. A estabilidade da espuma é mensurada a partir do tempo em que esse sistema é capaz de reter o máximo volume da espuma formada, em função do tempo de repouso, medida normalmente pela liberação de fluido da espuma (SGARBIERI, 1996; GLÓRIA; REGITANO-D'ARCE, 2000).

A capacidade de emulsificação é uma propriedade interfásica das propriedades funcionais das proteínas sendo definida como a capacidade das moléculas de proteínas de se unirem e formarem uma mistura de dois líquidos imiscíveis, um deles disperso no outro sob a forma de glóbulos (SGARBIERI, 1996; GLÓRIA; REGITANO-D'ARCE, 2000; RAMOS; BORA, 2004).

A estabilidade dessa mistura é mantida pela presença de um agente emulsificante, tendo como suas principais características a presença na mesma molécula de partes hidrofóbicas e hidrofílicas, criando assim uma camada entre essas duas fases, distinguindo-as. As proteínas são bons agentes emulsificantes, formando uma barreira energética para a separação de ambas as fases, pela criação de uma camada de proteína na interface água-lipídio (SGARBIERI, 1996; GLÓRIA; REGITANO-D'ARCE, 2000; RAMOS; BORA, 2004).

A determinação da capacidade de emulsificação de uma proteína ou alimento protéico é baseada na capacidade da suspensão de formar uma mistura homogênea e estável com a água e o óleo. A capacidade máxima de emulsificação de uma mistura é verificada pela quebra visível da emulsão, deixando notória a separação das duas fases (SGARBIERI, 1996; GLÓRIA; REGITANO-D'ARCE, 2000; RAMOS; BORA, 2004).

Alguns exemplos de utilização das propriedades funcionais das proteínas na produção de alimentos estão listados na Tabela 4.

Tabela 4: Propriedades funcionais das proteínas em alimentos e exemplos de suas aplicações tecnológicas em alimentos

Propriedade	Aplicação	Proteína
Emulsificação	Salsicha, sopas, café, molhos	Carne, leite, ovo
Hidratação	Salsicha, massa (pão, bolo)	Carne, ovo
Viscosidade	Sopas, molhos, sobremesa	Gelatina
Espuma	Coberturas, bolos, sorvete	Ovo, leite
Coesão	Carne, salsicha, pasta	Carne, ovo, soro
Solubilidade	Bebidas	Soro

Fonte: Araújo (2004)

As propriedades funcionais das proteínas apresentam alguns alimentos como padrões de referência. Estes devem conter proteínas com boa digestibilidade, todos os aminoácidos essenciais e nitrogênio suficiente para síntese dos aminoácidos não-essenciais. Em geral a proteína do ovo, da carne e do leite é considerada funcionalmente adequada em muitas propriedades (MARCHINI et al., 1994; ALLEONI, 2006).

Pesquisas como as de Costa (2000), Freitas e Moretti (2005), Freitas (2005) e Coelho (2006) demonstram que misturas de composições vegetais, como de cereais, frutas, leguminosas e oleaginosas, entre outros, também resultam em misturas protéicas de alto valor biológico.

Tais estudos vêm sendo aplicados em nível industrial para elaboração de produtos enriquecidos, misturas em formulações, concentrados, isolados protéicos, dentre outros. Uma das conseqüências do avanço das pesquisas é a busca de novas fontes protéicas focalizando o estudo para as proteínas vegetais, como castanha-do-Brasil, soja, milho, amendoim, entre outras.

O foco é decorrente da comparação proteínas e constituintes aminoacídicos desses produtos com as proteínas-padrão de maior valor biológico, como as proteínas do ovo, do leite e da carne. Algumas destas composições em aminoácidos e seus respectivos índices de digestibilidade são mostrados na Tabela 5.

Tabela 5: Composição em aminoácidos essenciais e índices de digestibilidade de algumas proteínas em alimentos

Alimento	Aminoácidos essenciais (mg/g proteína)									Digestibilidade da proteína em %
	His	Tre	Val	Leu	Ile	Lis	Met	Fen	Trp	
Ovo (inteiro)	21	49	70	90	62	61	32	56	11	97
Ovo (albumina)	24	49	75	88	64	72	42	60	12	98
Leite de vaca	22	46	71	121	67	74	28	55	14	97
Caseína	30	45	74	100	64	81	33	54	10	96
Farinha de soja	29	39	53	80	60	68	17	53	14	78
Aveia	23	36	54	80	49	36	20	55	13	76
Arroz	17	38	62	82	52	32	34	50	13	75
Trigo	21	33	43	70	40	27	25	51	12	79
Milho	25	37	53	150	64	23	31	50	6	76
Milho (germe)	30	44	53	71	42	58	16	50	13	60
Trigo (germe)	25	63	45	67	45	55	13	30	10	65
Farinha de amendoim	21	28	46	71	41	35	8	49	8	-
Farinha de algodão	27	30	48	60	40	35	17	60	13	-

Fonte: Sgarbieri (1996)

His – histidina, Tre – Treonina, Val – valina, Leu – leucina, Ile – Isoleucina, Lis – Lisina, Met – Metionina, Fen – Fenilalanina, Trp – Triptofano; (-) – Não analisados

As composições protéicas dos diferentes grupos de alimentos vegetais, e principalmente sua composição aminoacídica, quantidade total de nitrogênio e a digestibilidade da mistura protéica, devem ser consideradas nas aplicações da indústria alimentícia, pois quantidades adequadas de aminoácidos essenciais, de nitrogênio total, além de boa digestibilidade protéica caracterizam uma mistura de boa qualidade ou de alto valor biológico (MARCHINI et. al., 1994; MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2002).

2.3.1 Proteínas vegetais: leguminosas e oleaginosas

As principais fontes de proteína vegetal na alimentação são derivadas principalmente de grãos, cereais e leguminosas. Dentre as proteínas dos grãos, algumas espécies adquiriram maior importância, pelo alto consumo no país, seja ele de forma direta ou processada (SGARBIERI, 1996; DUTRA-DE-OLIVEIRA; MARCHINI, 2003; WILLIAMS, 2003; ARAÚJO, 2004).

As proporções dessas várias classes de proteínas diferem muito entre os diversos tipos de leguminosas e oleaginosas e essas diferenças conferem propriedades químicas, físicas e nutricionais bastante diversas. Alguns exemplos são citados por Sgarbieri (1996):

- Feijão: apresenta em sua constituição em torno de 20-35% de proteína, com predominância em globulinas e albuminas. Seu valor nutritivo é diminuído pela quantidade limitante de aminoácidos sulfurados, principalmente pela metionina, e pela biodisponibilidade desses aminoácidos, que também é considerada baixa;

- Soja: os grãos de soja representam um das principais fontes protéicas de origem vegetal, com aproximadamente 40% de proteína. A grande parcela dessas proteínas é classificada em globulinas; que são insolúveis em água. Essa classe de proteína, quando isolada dá origem a duas principais frações: a globulina 7S e a globulina 11S. Essas duas frações perfazem 70% da proteína total da soja, o restante se caracteriza por frações 2S e 15S.

A importância da soja na alimentação e na indústria baseia-se no fato de ser uma excelente fonte de proteínas, com alto valor nutritivo, entretanto, contém proteínas tóxicas e de ação antinutricional, dentre elas o inibidor de tripsina, conhecido como inibidor de Kunitz. Por isso devem receber um tratamento térmico adequado antes do consumo. Têm-se como exemplos de aplicação na indústria: farinha de soja integral, farinha de soja desengordurada, concentrado protéico de soja, isolado protéico de soja, entre outros (MORETO; FETT, 1998; RODRIGUES; GOZZO; MORETTI, 2003; HENG et al., 2004).

O aproveitamento tecnológico das características protéicas pertencentes à soja tem alavancado o setor de processamento de alimentos, e um dos focos comerciais está na área da nutrição esportiva, pautada no desenvolvimento de produtos que agreguem combinações de seus ingredientes para melhorar a *performance* dos atletas (DUTRA-DE-OLIVEIRA; MARCHINI, 2003; WILLIAMS, 2003).

O principal componente entre os macronutrientes requeridos para essa melhora no desempenho é utilização e a adição de proteínas na dieta, ou seja, a suplementação, recurso freqüentemente requerido devido à necessidade de aminoácidos essenciais não produzidos pelo corpo, e que, portanto, devem ser supridos pela dieta (DUTRA-DE-OLIVEIRA; MARCHINI, 2003; WILLIAMS, 2003).

No processamento desses alimentos e suplementos esportivos, a proteína de soja e a combinação de novas fontes protéicas contribuem para formulação de isolados e concentrados de sua proteína, apresentando fácil digestão e equivalência qualitativa às proteínas do leite, carnes e ovos, considerados como alimentos de referência para padrões protéicos de alta qualidade biológica (SGARBIERI, 1996; RODRIGUES; GOZZO; MORETTI, 2003; HENG et al., 2004).

As indústrias de extração de óleo vegetal têm produzido subprodutos de grande valor protéico, expressos nas tortas obtidas como resultados dos processos de extração. Os resíduos do processamento desses grãos (tortas) podem ser usados como matéria-prima de alta qualidade tecnológica para a elaboração de produtos ou no enriquecimento de produtos alimentícios (MORETO; FETT, 1998; RODRIGUES; GOZZO; MORETTI, 2003; HENG et al., 2004).

No Brasil, a principal fonte de óleo vegetal deriva da soja, seguido do milho, arroz, oliva, girassol, entre outros. Alguns produtos já se apresentam no mercado pela utilização dos processos de extração do óleo e aproveitamento das tortas, dos quais a soja é uma dos mais conhecidos, tendo como exemplos de produtos, as farinhas desengorduradas de soja, os concentrados e isolados de soja, todos eles derivados de tortas. Porém novas fontes têm sido exploradas como o algodão, o amendoim e a castanha-do-Brasil (SGARBIERI, 1996; RODRIGUES; GOZZO; MORETTI, 2003; HENG et al., 2004).

2.3.2 Proteínas da castanha-do-Brasil

As sementes de diversos tipos de plantas, incluindo a castanha-do-Brasil, o girassol, o amaranto, entre outras, contém proteínas do tipo 2S, uma classe de baixo peso molecular, sendo facilmente encontradas em sementes, com percentuais protéicos em torno de 20 a 60% de sua massa total (ZUN; SUN, 1996; HENG et al., 2004; RAMOS; BORA, 2004).

As amêndoas da castanha-do-Brasil apresentam em média um percentual protéico de 15 a 20% do peso fresco e, em torno de 50% de proteína na farinha. As amêndoas de castanha-do-Brasil são provavelmente uma das fontes mais ricas,

entre os alimentos de origem vegetal, em conteúdo de aminoácidos sulfurados³. A proteína total da semente é relatada por conter aproximadamente 8,3% de metionina e cisteína (SUN; ALTENBACH; LEUNG, 1987; SUN; LEUNG; TOMICL, 1987; RAMOS; BORA, 2004).

As proteínas totais das amêndoas podem ser divididas em três classes sendo, as proteínas 11S (legumina), as 7S (vicilina) e as 2S. A fração 2S é considerada de maior importância por ser solúvel em água. Compreende aproximadamente 30% da proteína total e é excepcionalmente rica em aminoácidos que contêm enxofre, como a metionina e a cisteína, essa proteína tem atraído muito interesse, como fonte de alto valor nutricional (SUN; ALTENBACH; LEUNG, 1987; ZUN; SUN, 1996; HENG et al., 2004).

Suas propriedades funcionais, alto valor tecnológico e contribuição nutritiva fazem das proteínas da castanha-do-Brasil, um elemento essencial e de grande importância para a aplicação nos alimentos, uma vez que possui além de agradáveis características sensoriais, propriedades físicas, como a solubilidade, a capacidade de absorção de água, a emulsificação, a capacidade de formação de espuma, a capacidade de absorção de óleo, além da viscosidade, que devem ser aproveitadas na indústria de alimentos (BOBBIO; BOBBIO, 2003; HENG et al., 2004; RAMOS; BORA, 2004).

A principal proteína da castanha-do-Brasil é uma proteína globular denominada excelsina, e em sua composição aminoacídica verifica-se teores elevados de arginina, leucina, metionina e fenilalanina, com maior destaque para os três primeiros. A Tabela 6 mostra a composição aminoacídica da torta de castanha-do-Brasil desengordurada, em comparação com a proteína padrão do ovo (GLÓRIA; REGITANO-D'ARCE, 2000).

³ Os aminoácidos sulfurados (cisteína e metionina) são considerados geralmente não polares e hidrofóbicos. A metionina é um dos aminoácidos mais hidrofóbicos e é encontrado quase sempre no interior das proteínas. A cisteína também não é comum de ser encontrada na superfície de uma proteína.

Tabela 6: Composição em aminoácidos da torta da castanha-do-Brasil, comparados com a proteína padrão do ovo

Aminoácidos (g/100g de proteína)	Composição aminoacídica	
	Castanha-do-Brasil	Ovo
Isoleucina	3,75	6,224
Leucina	8,71	8,728
Lisina	3,71	6,904
Metionina*	9,55	3,328
Fenilalanina	4,92	5,672
Treonina	3,16	5,072
Valina	5,92	6,776

Fonte: Glória e Regitano-D'Arce (2000)

* Teor de metionina mais cisteína

As pesquisas de frutos amazônicos têm se desenvolvido com base no processamento tecnológico pautado no aproveitamento e utilização de seus potenciais protéicos. Fontes vegetais que antes eram vistas e utilizadas apenas como ração animal, atualmente tem sua relevância nutricional reconhecida e constata-se, em diversas pesquisas, seu emprego como alimento funcional para o consumo humano (RIBEIRO, 1992).

Muitos estudos e formulações de produtos e subprodutos têm sido realizados com a castanha-do-Brasil. Souza e Menezes (2004) citam pesquisas sobre o processamento de amêndoa e torta de castanha-do-Brasil em comparação com a farinha de mandioca e avaliam seus parâmetros de qualidade.

Siqueira e Regitano-D'Arce (1993), Gonçalves (1997), Glória e Regitano-D'Arce (2000) se referem à elaboração de subprodutos a partir da castanha-do-Brasil, dentre eles: leite e farinhas, obtidos por processo e hidratação da amêndoa ralada e por trituração e prensagem, de onde também se obtém a extração de seu óleo; a formulação de concentrado e isolado protéico de torta de castanha-do-Brasil.

As tortas de sementes de oleaginosas, como a castanha-do-Brasil, são conhecidas fontes de proteínas após extração do seu conteúdo em óleo, sendo uma alternativa para o incremento de produtos, elevando sua qualidade e valor nutricional. Assim, as pesquisas de Ribeiro et al. (1993) e Filho (1994) sobre a extração do óleo de castanha estabeleceram parâmetros de umidade relativa de equilíbrio e oxidação de lipídios em farinhas de castanha-do-Brasil.

Além de sua composição como produtos e subprodutos, na indústria de alimentos, a castanha-do-Brasil tem elevado o número de pesquisas sobre suas propriedades funcionais, não só em nível protéico, por sua riqueza em aminoácidos sulfurados, mas também por seu elevado valor em selênio, verificada nas pesquisas de Gonzaga (2002). Com a inclusão dessa matéria-prima como componente nutricional de enriquecimento nas dietas de crianças e adolescentes, além de ser considerado elemento com grande poder antioxidante, auxiliando no tratamento dos portadores de alguns tipos de câncer.

Alguns alimentos vêm sendo relatados na literatura, como desencadeadores de processos alérgicos ou reações alérgicas, dentre eles pode-se citar especialmente o leite, os frutos-do-mar, alguns tipos de peixes e algumas sementes de oleaginosas, entre elas a castanha-do-Brasil (GONZAGA, 2002; ALCOCER et al., 2004).

A composição protéica tem sido citada na literatura como uma das formas desencadeadoras das reações alérgicas, dentre as mais estudadas está a classe das proteínas que contém formas inibidoras e fatores antinutricionais como os inibidores de tripsina, e as albuminas 2S, encontradas em vários alimentos nas mais diversas proporções (CLEMENTE et al., 2004; MORENO et al., 2004).

Segundo Gonzaga (2002) e Alcocer et al. (2004), nas castanhas-do-Brasil a ativação de reações alérgicas em experimentos realizados com ratos, para a determinação de sua tolerância não obteve nenhuma resposta de imunoglobulinas IgE e IgG, que são as formas de determinação e detecção de respostas alérgicas, quando a ingestão de castanhas foi oral.

Entretanto, quando administradas, via parenteral, houve reação com síntese de IgE, IgG, das frações isoladas da proteína da castanha-do-Brasil, especialmente nas frações ricas em metionina, encontradas nas albuminas 2S. Embora algumas funções sejam atribuídas às albuminas 2S, suas funções biológicas específicas são na maior parte desconhecidas (GONZAGA, 2002; ALCOCER et al., 2004).

As quantidades dietéticas recomendadas (QDR) de proteínas se referem a uma ingestão mínima necessária para a saúde, e refletem as exigências nutricionais de uma população ao longo de um período, faixa etária, estilo de vida, agravos patológicos, entre outros. A necessidade específica de um indivíduo, somente poderá ser determinada através de mensurações laboratoriais. A desnutrição

protéica ocorre em virtude de dias, semanas e meses cumulativos de uma ingestão inadequada de nutrientes (MCARDLLE; KATCH; KATCH, 2003).

Os padrões de QDR representam uma declaração de probabilidade para uma nutrição adequada. À medida que a ingestão de nutrientes fica abaixo da QDR, a probabilidade estatística de desnutrição aumenta para esse indivíduo e a probabilidade aumenta progressivamente com uma menor ingestão de nutrientes (MCARDLLE; KATCH; KATCH, 2003). A Tabela 7 mostra a quantidade dietética recomendada (QDR) de proteína para homens e mulheres adultos e adolescentes.

Tabela 7: Quantidade dietética recomendada (QDR) de proteína

Quantidade recomendada de proteína	Homens		Mulheres	
	Adolescentes	Adultos	Adolescentes	Adultas
Gramas de proteína por kg de peso Corporal	0,9	0,8	0,9	0,8
Gramas por dia com base no peso médio*	59,0	56,0	50,0	44,0

Fonte: Mcardlle, Katch e Katch (2003)

* O peso médio se baseia em um homem e uma mulher de “referência”. Para adolescentes (14 - 18 anos), o peso médio é de aproximadamente 65,8kg para homens e 55,7kg para mulheres. Para homens adultos, o peso médio é de 70 kg; para mulheres adultas, o peso médio é de 56,8kg.

Nas aplicações tecnológicas as proteínas podem ser determinadas a partir do seu teor de nitrogênio, uma vez que este componente representa em média 16% de sua estrutura. Para se obter o teor de proteína de um alimento, dosa-se o teor de nitrogênio e multiplica-se por 6,25 para transformá-lo em proteína. Este valor é uma média, sendo necessária sua adequação para valores mais precisos, conforme a fonte protéica, por fatores médios que variam com a fonte protéica. A Tabela 8 apresenta alguns exemplos desses fatores de conversão (SGARBIERI, 1996; DUTRA-DE-OLIVEIRA; MARCHINI, 2003).

Tabela 8: Fatores de conversão do nitrogênio protéico

Alimentos	Fator
Castanha-do-Brasil	5,46
Farinha de trigo	5,83
Milho	6,25
Arroz	5,95
Cevada	5,83
Soja	5,70
Amendoim	5,30
Leite e derivados	6,38
Gelatina	5,55
Trigo	5,70
Ovos	6,68

Fonte: Sgarbieri (1996); Dutra-de-Oliveira; Marchini (2003)

Para elaboração de uma mistura alimentícia deve-se considerar a máxima exatidão possível na determinação protéica a partir da busca de fatores de conversão adequados, a fim de se obter boa precisão na proporcionalidade da proteína nesses alimentos (DUTRA-DE-OLIVEIRA; MARCHINI, 2003; MCARDLLE; KATCH; KATCH, 2003).

2.4 APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS E INDUSTRIAIS NO DESENVOLVIMENTO DE BARRAS ALIMENTÍCIAS

As tendências de mercado em agregar aos alimentos compostos mais nutritivos, que além de alimentar auxiliem positivamente os processos fisiológicos e metabólicos no organismo humano, são práticas já bastante documentadas (SOUZA; VALLE; MORENO, 2000; FREITAS; MORETTI 2005; 2006).

Paralelo a esses apelos nutricionais/funcionais e mercadológicos há um aumento na popularidade do consumo de produtos do tipo barras entre os mais diversos mercados consumidores, através de apelos comerciais do tipo “ingredientes naturais”, “saudáveis”, “funcionais”, entre outros (BOUSTANI; MITCHELL, 1990; BOWER; WHITTEN, 2000; FREITAS; MORETTI, 2005; SANTOS; WANZELLER, 2005).

Esses produtos são conhecidos genericamente como *snacks* ou *snack-foods*, e são determinados como alimentos com grande praticidade de consumo, caracterizados por seu pequeno porte, facilidade de transporte, baixo custo e apreciável sabor. As barras, de forma geral, estão incluídas nesta categoria (FREITAS, 2005).

Dentre essa categoria, os mais conhecidos no Brasil são as barras de cereais. No entanto, existem as mais diversas variações desses produtos, dentre elas as barras protéicas e/ou com alto teor protéico, as quais vêm obtendo uma grande demanda de mercado, principalmente pela crescente área da nutrição esportiva; diversificando o mercado com inovações que tornam esses produtos mais nutritivos sob os diversos pontos de vista (ESTÉVEZ et al., 1995; FREITAS, 2005).

Segundo Maschio, Broenstrup e Passos (2003) a primeira barra fabricada no Brasil, no ano de 1992, foi produzida e lançada pela empresa Nutrimental. O produto inicialmente era composto por cereais na sua formulação. Desde então as barras passaram a ser conhecidas genericamente por “barras de cereais”. Este produto foi inicialmente denominado de *Chonk*, sendo posteriormente chamada de *Nutry*, em 1994.

As barras protéicas e/ou com alto teor protéico compõem esse perfil, e foram introduzidas há cerca de uma década, como alternativa saudável aos consumidores que se mostravam mais preocupados com a saúde, assim como uma alternativa prática de alimentação. O consumo desses produtos foi direcionado no Brasil inicialmente aos adeptos de esportes radicais e, com o tempo, conquistou crianças, jovens e uma grande diversidade de público (FREITAS; MORETTI, 2005; FREITAS, 2005; GUIDOLIN; SANTOS, 2005; SANTOS; WANZELLER, 2005; FREITAS; MORETTI, 2006).

Segundo o Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas (SBRT) a barra protéica é um produto com proteínas, carboidratos, gordura monoinsaturadas e polinsaturadas, vitaminas e minerais. Oferece os nutrientes necessários para o desenvolvimento e a recuperação muscular, podendo trazer outros ingredientes como: frutas desidratadas e secas, sementes (como girassol, gergelim, linhaça) e cereais integrais (flocos de aveia, de milho e de arroz integral). Outras contêm oleaginosas, como nozes, avelã, castanha de caju e, principalmente, a castanha-do-Brasil, rica em proteínas e selênio, elemento antioxidante que também favorece a regeneração celular (SERVIÇO BRASILEIRO DE RESPOSTAS TÉCNICAS, 2007).

As barras protéicas são indicadas preferencialmente para quem pratica atividade física intensa, como os esportistas amadores ou profissionais: alpinistas, halterofilistas, lutadores de arte-marcial, maratonistas, praticantes de *trekking* e outras atividades de longa duração. São chamadas de compensadores por suprirem a perda de proteínas ocorrida durante os exercícios (BOWER; WHITTEN, 2000; SERVIÇO BRASILEIRO DE RESPOSTAS TÉCNICAS, 2007).

As barras tornaram-se uma alternativa prática na meta para se alcançar os valores de referências nutricionais, abrangendo os perfis de diferentes estilos de consumidores, bem como na suplementação de macro e micronutrientes, estimulando assim o setor industrial alimentício a elaborar e/ou desenvolver novos produtos e formulações, que venham a atender as novas solicitações e exigências dos mercados consumidores, alcançando desde novas composições nutricionais, altos valores protéicos, valores calóricos (*diet* e *light*), baixos valores lipídicos e diferentes tipos de sabores (BARBOSA, 2003; FREITAS; MORETTI, 2005; FREITAS, 2005; FRANCAL, 2006).

Segundo Palazzolo (2003) os elementos que impulsionam o crescimento comercial do segmento de barras, a partir da última década, foram produtos inovadores e com um foco em conveniência e saúde. Pehanich (2003) e Machado (2007). Estes produtos há bastante tempo mantém uma regulação própria dentro de portarias específicas da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BRASIL, 1998b).

As barras são conhecidas genericamente como barras de cereais, entretanto, podem ser classificadas em outras categorias, por conter substâncias capazes de inseri-las nestas categorias, conforme os padrões de mercado. Uma classificação de Machado (2007) enquadra as barras em: energéticas, as quais não necessariamente são formuladas à base de cereais; as de frutas; as fibras; as que mesclam proteínas e carboidratos; as especiais; as de alto teor protéico e as protéicas.

Para se enquadrar na categoria protéica as barras devem apresentar um valor mínimo de 65% de proteínas de alta qualidade, conforme a legislação estabelece. Para outras classificações, devem apresentar no mínimo 10% da Ingestão Diária de Referência (IDR) por 100g em produtos sólidos e 5% da IDR por 100ml em produtos líquidos. Como fonte protéica deve conter no mínimo 20% da IDR por 100g de produtos sólidos, e no mínimo 10% da IDR por 100ml em produtos líquido (BRASIL, 1998b; 1998c).

Baseados na classificação de Machado (2007), as barras podem ser definidas como:

- Barras protéicas: Produto obtido a partir da mistura de componentes, sendo a matéria-prima de maior proporção rica em proteína de alta qualidade biológica, com a função de auxiliar o trabalho muscular de praticantes de atividades físicas exaustivas, que buscam hipertrofia muscular, além de auxiliar na prevenção e regeneração das possíveis micro lesões e lesões que por ventura possam ocorrer, ajudando na regeneração das fibras musculares.

- Barras de cereais: são as mais antigas e por isso o segmento desses produtos no mercado consumidor acaba por denominar todas genericamente com sua denominação. São constituídas com base em cereais, fornecendo-os para os consumidores que buscam incrementar a ingestão desses componentes em sua dieta, sendo na atualidade um dos elementos mais requeridos, como fonte de prevenção de muitos agravos patológicos.

- Barras energéticas: São maioria no mercado, contendo em média 16 gramas de carboidratos por porção média de 30g. Não são indicadas para quem precisa perder ou manter o peso, ou encontra-se em dietas específicas, como padrão dietoterápico, ou seja, como parte de tratamento patológico. São mais indicadas para quem tem uma rotina de treinos físicos exaustivos.

- Barras de frutas: nesta categoria de barras, algumas propriedades das frutas, como as vitaminas, minerais e fibras encontram-se presentes. Esses nutrientes são essenciais para o bom funcionamento do organismo e podem ser encontrados também em muitas outras barras.

- Barras com fibras: as fibras são necessárias para assegurar o bom funcionamento do organismo, mantendo uma regulação eficiente dos sistemas digestivo e cardiovascular, entre outros benefícios à saúde. Para ser considerado rico nessa substância o alimento tem que oferecer mais de 2 gramas de fibras por porção.

- Barras especiais: as categorias consideradas especiais incluem as versões *diet* e *light*, entre outras que trazem em suas composições ingredientes especiais em maior percentual e compostos bioativos. Outra parcela de consumidores que não foi esquecida são os portadores de doença celíaca, que embora não haja um produto

específico, muitas versões são liberadas para os portadores dessa patologia, devendo apenas estar atentos à rotulagem.

A associação entre esses diversos tipos de barras e alimentos saudáveis é uma tendência já documentada no setor de alimentos, o que beneficia o mercado destes produtos (FREITAS; MORETTI, 2006). A crescente preocupação com uma alimentação, que além de alimentar promova a saúde, coloca alguns alimentos e ingredientes na lista de preferência de um número cada vez maior de consumidores brasileiros, como a soja, a lecitina de soja, o gérmen de trigo etc. A viabilidade da utilização de outros ingredientes em estudo como se apresenta a castanha-do-Brasil.

O crescimento visível do segmento do mercado de alimentos para fins especiais, unindo saúde e praticidade e combinando ingredientes com alegação funcional, vem recebendo grande atenção para a aplicação em produtos tipo barras, principalmente por ser um alimento saudável e prático de ser consumido (BARBOSA, 2003; PALAZZOLO, 2003; PEHANICH, 2003).

A expansão desse mercado suscita dia a dia inovações em matérias-primas, ingredientes, formulações especiais, elementos reguladores, energéticos, protéicos entre outros, tornando evidente a crescente competição que vem se destacando nesse segmento de mercado (BOWER; WHITTEN, 2000; BARBOSA, 2002; PALAZZOLO, 2003; PEHANICH, 2003; FREITAS; MORETTI, 2005; FRANCAL, 2006).

Muitas pesquisas têm se voltado para esse segmento, tornando-o cada vez mais específico, com linhas mais direcionadas, obedecendo diferenças e preferências de homens e mulheres com necessidades fisiológicas diferentes nas respectivas rotinas diárias, perfil metabólico, faixa de crescimento, nível de atividade física, entre outros aspectos que norteiam as peculiaridades individuais como preferência de sabores, funcionalidades, marcas, preço, entre outros (BOWER; WHITTEN, 2000; BARBOSA, 2002; FRANCAL, 2006).

Um segmento crescente e específico tem ganhando grande destaque na indústria de barras. Com o aumento pelo interesse em saúde e melhora do condicionamento físico, muitos atletas escolhem adicionar suplementos protéicos em suas dietas, buscando obter um aumento na ingestão de aminoácidos essenciais suplementados na dieta (PALAZZOLO, 2003; PEHANICH, 2003; FRANCAL, 2006).

Para as indústrias de alimentos e de suplementos esportivos algumas fontes de proteína contribuem com suas características aminoacídicas, funcionais e com suas propriedades funcionais adequadas, além de boa digestibilidade. Um exemplo é a proteína de soja, que contém todos os aminoácidos essenciais necessários para uma dieta saudável, não contendo colesterol e sendo livre de lactose (MOTT, 1997).

Costa (2000), Freitas e Moretti (2005), Freitas (2005) e Coelho (2006) elaboraram barras bem aceitas sensorialmente, com alto teor de fibra, produzidas pelo emprego de farelo de trigo e milho. Clark e Johnson (2002) estudaram o enriquecimento de barras de cereais com fibra de tremoço (*Lupinus angustifolius*) e verificaram a redução da aceitação sensorial global dos produtos elaborados.

Boustani e Mitchell (1990) realizaram uma pesquisa com o objetivo de examinar a opinião de consumidores com respostas associadas à barra de cereais, investigando os apelos envolvidos no *marketing* de barras, constatando na referida pesquisa que 33% dos entrevistados as associaram com benefícios à saúde, como fator de suas razões de compra, em segundo lugar o elemento citado em lembrança por 30% dos consumidores entrevistados foi a castanha-do-Brasil. Quando perguntados sobre a associação das barras com cereais, 88% relacionaram esse produto diretamente aos cereais.

Os resultados evidenciam a importância do ingrediente castanha-do-Brasil na composição desse produto, além de mostrar a relação de generalização do consumidor com a denominação barras de cereais, ainda que ela não necessariamente tenha esse componente em sua constituição.

Costa (2000) avaliou o resíduo final do processamento da farinha de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), denominado bagacinho, a fim de investigar seu potencial de utilização na indústria alimentícia e a possibilidade de aplicação desse resíduo rico em fibra alimentar e isento de glúten no desenvolvimento de um alimento destinado a celíacos, similar às barras de frutas existentes no mercado.

Freitas e Moretti (2005) desenvolveram uma formulação de barra de cereais de elevado teor protéico e vitamínico à base de proteína de soja e gérmen de trigo, acondicionadas em três filmes de embalagem diferentes.

Freitas (2005) elaborou um estudo de desenvolvimento e estabilidade de barra de cereais à base de proteína de soja, gérmen de trigo e aveia, incluindo como ingrediente a lecitina de soja e suplementada com vitaminas C e E.

Coelho (2006) desenvolveu e avaliou o grau da aceitação de cereais matinais e barras de cereais à base de amaranto (*Amaranthus carentus* L.), ingrediente com grande quantidade de proteínas e fibras.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 MATÉRIA-PRIMA

Foram utilizados cerca de 40kg de castanha-do-Brasil, provenientes da empresa Benedito Mutran Cia Ltda (safra de abril de 2007), quebradas e despelculadas, acondicionadas em embalagem flexível laminada e caixa de papelão. As amostras foram transportadas em caixas de papelão sendo armazenadas em caixas de isopor, no Laboratório de Operações e Separações (LAOS) da UFPA à temperatura de -18°C.

Os demais ingredientes utilizados: isolado protéico de soja, marca Supro® 783 (The Solae Company); açúcar líquido invertido (Berasugar 55) e xarope de glicose (Excell® 1040), obtidos no comércio de São Paulo.

3.2 MÉTODOS

3.2.1 Caracterização físico-química da castanha-do-Brasil

Foram realizadas as seguintes análises físico-químicas nas castanhas-do-Brasil quebradas e despelculadas:

- Atividade de água: através de medida direta, em instrumento AquaLab Series 3TE da DECAGON, com controle interno de temperatura a 25°C;
- pH: segundo método nº 981.12 da AOAC (1997), através do uso de um potenciômetro, previamente calibrado com soluções tampão pH 4 e 7;
- Umidade: segundo o método nº 920.151 da AOAC (1997), através de secagem em estufa com circulação forçada de ar na temperatura de 105°C, até que a amostra atinja peso constante;
- Proteína bruta: segundo o método de micro Kjeldahl nº 950.48 da AOAC (1997), que se baseia na determinação da quantidade de nitrogênio total existente na amostra. O teor de proteína bruta foi calculado através da multiplicação do nitrogênio total pelo fator 5,46 (%N x 5,46);

- Lipídios totais: de acordo com o método nº 948.22 da AOAC (1997) que consiste de extração em equipamento tipo Soxhlet usando como solvente éter de petróleo;
- Resíduo mineral fixo: o teor de cinzas foi determinado por incineração da amostra em forno mufla a 550°C, de acordo com método 930.05 da AOAC (1997);
- Fibras totais: na quantificação das fibras totais e insolúveis foi utilizado o método 985.29 enzimático-gravimétrico, oficialmente adotado pela AOAC (1997);
- Carboidratos totais: calculados por diferença (100g - gramas totais de umidade, proteínas, lipídios, fibras e cinzas), segundo a Resolução RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003 (BRASIL, 2003);
- Cálculo do valor energético: foi obtido aplicando-se os fatores de Atwater 4 - 9 - 4 kcal/g para os valores de proteínas, lipídios e carboidratos totais, respectivamente; segundo Anderson et al. (1988) e a Resolução RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003 (BRASIL, 2003).

3.2.2 Análises microbiológicas na castanha-do-Brasil

As amostras de castanha-do-Brasil foram submetidas a análises microbiológicas segundo parâmetros de tolerância exigidos pela Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001) de acordo com metodologias descritas por Vanderzant e Splittstoesser (1992), para coliformes a 45°C e *Salmonella sp.*

3.2.3 Análises de aflatoxina B₁, B₂, G₁, G₂ na castanha-do-Brasil

As análises de aflatoxinas B₁, B₂, G₁ e G₂ foram realizadas nas amêndoas, segundo o método de cromatografia em camada delgada descrito por Soares; Rodriguez-Amaya (1989), no Laboratório de Análises de Alimentos e Nutrição (LAN), da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ)/USP.

3.3 PROCESSO DE OBTENÇÃO DA FARINHA DESENGORDURADA DE CASTANHA-DO-BRASIL

As amostras de castanhas-do-Brasil foram previamente submetidas ao processo de secagem em temperatura de 50°C por 24 horas. Esta etapa foi realizada em estufa com circulação de ar marca FABBE modelo 170.

A extração de gordura das amêndoas foi realizada com auxílio de prensa hidráulica marca MARCON MPH-15, com capacidade de 15 toneladas de pressão, durante um período médio de 5 minutos de prensagem, no Laboratório de Operações e Separações (LAOS) da UFPA.

A torta desengordurada foi moída em moinho tipo *Willye* marca TECNAL modelo TE650, constituindo-se a farinha desengordurada de castanha-do-Brasil. Os produtos denominados farinhas são segundo Brasil (2004) obtidos por moagem ou pulverização de partes comestíveis de uma ou mais espécies de cereais, leguminosas, frutos, sementes, tubérculos e rizomas.

O produto resultante foi acondicionado em sacos de polietileno e embalado a vácuo até sua utilização.

O processo de obtenção da farinha desengordurada de castanha-do-Brasil é apresentado no fluxograma da Figura 6.

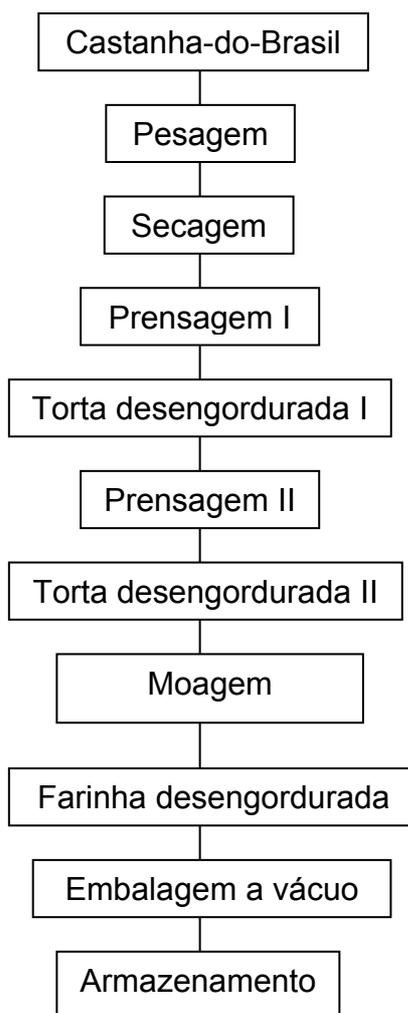


Figura 6: Fluxograma de obtenção da farinha desengordurada de castanha-do-Brasil

3.3.1 Caracterização físico-química da farinha desengordurada de castanha-do-Brasil

Na farinha desengordurada foram realizadas as análises de atividade de água, umidade, cinzas, proteína bruta e lipídios totais, conforme descrito no item 3.2.1 e fibras totais, solúveis e insolúveis, pelo método 985.29 (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, 1997).

Na quantificação das fibras totais, solúveis e insolúveis foi utilizado o método 985.29 enzimático-gravimétrico, oficialmente adotado pela AOAC (1997). Sua determinação baseia-se no princípio de que amido e proteínas são removidos da amostra enzimaticamente e o resíduo, o qual é insolúvel em etanol a 95%, é determinado gravimetricamente. Na quantificação da fração insolúvel não é realizada esta última etapa. Correções foram aplicadas pela dedução das frações de

proteínas residuais e componentes inorgânicos (cinzas). O teor de fibras solúveis foi determinado por diferença entre as frações de fibras totais e fibras insolúveis.

3.3.2 Propriedades funcionais da farinha desengordurada de castanha-do-Brasil

Na caracterização tecnológica das principais propriedades funcionais das proteínas da farinha desengordurada de castanha-do-Brasil, foram realizadas as seguintes análises:

- Solubilidade: A solubilidade das proteínas da farinha desengordurada de castanha-do-Brasil foi determinada de acordo com o método descrito por Chen e Morr (1985). Amostras de 1g do material em estudo foram homogeneizadas em 50ml de água destilada e o pH da solução foi ajustado com ácido clorídrico (0,5N), ou hidróxido de sódio (0,02N) na faixa que variou de 3 a 11 e após um período de 10 minutos, o pH foi reajustado. A dispersão foi mantida sob agitação por 1 hora e filtrada. Do sobrenadante foram retiradas alíquotas para a determinação de N total pelo método de micro Kjeldahl nº 950.48 da AOAC (1997). O índice de solubilidade de nitrogênio (ISN%) de cada amostra em cada pH, foi expresso pela razão entre a porcentagem de nitrogênio solúvel em solução aquosa pelo percentual de nitrogênio total da amostra multiplicado por 100 (Equação 1).

$$ISN = \frac{\% \text{ Nitrogênio em Solução Aquosa}}{\% \text{ Nitrogênio Total da Amostra}} \times 100 \quad (\text{Equação 1})$$

- Capacidade de absorção de água: a capacidade de absorção de água das proteínas da farinha desengordurada de castanha-do-Brasil foi determinada de acordo com os métodos descritos por Sosulski et al. (1976). Amostras de 0,5g do material pesquisado foram homogeneizadas em 10ml de água destilada por 1 minuto e deixada em repouso por 30 minutos à temperatura ambiente (28°C). Em seguida foram centrifugadas por 30 minutos a 1300xg. A água retida após a centrifugação foi considerada como água absorvida. O sedimento no tubo da centrífuga, após separação do sobrenadante foi pesado e a capacidade de absorção de água (CAA), calculado pela Equação 2:

$$\%CAA = \frac{\text{Peso do sedimento (g)}}{\text{Peso da amostra seca (g)}} \times 100 \quad (\text{Equação 2})$$

• Capacidade de absorção de óleo: a capacidade de absorção de óleos das proteínas da farinha desengordurada de castanha-do-Brasil foi determinada de acordo com uma combinação dos métodos descritos por Lin, Humbert e Sosulski (1974). Amostras de 0,5g foram homogeneizadas com 3g de óleo de milho refinado por 1 minuto e deixada em repouso por 30 minutos à temperatura ambiente (28°C) sendo a seguir centrifugadas durante 30 minutos a 1300xg. O sedimento no tubo da centrífuga, após separação do sobrenadante foi pesado e a capacidade de absorção de óleo (CAO) calculado pela Equação 3.

$$\%CAO = \frac{\text{Peso do sedimento (g)}}{\text{Peso da amostra seca (g)}} \times 100 \quad (\text{Equação 3})$$

• Capacidade de formação e de estabilidade da espuma: a capacidade de formação de espuma das proteínas da farinha desengordurada de castanha-do-Brasil foi determinada de acordo com os métodos descritos por Phillips, Haque e Kinsella (1987). A amostra de 5g foram homogeneizadas com 100ml de água destilada durante 5 minutos, usando-se a máxima rotação em liquidificador, marca Arno, modelo MMA. O volume aumentado pelo batimento foi medido em uma proveta de 500ml. A porcentagem do aumento de volume foi calculada pela Equação 4:

$$\%CFE = \frac{(B-A)}{A} \quad (\text{Equação 4})$$

A = volume antes da agitação

B = volume após batimento

O estudo da estabilidade da espuma (Equação 5) foi realizado através da medida do volume da espuma durante o repouso da amostra à temperatura ambiente (28°C) com leitura do volume total após intervalos de 1, 5, 10, 30 e 60 minutos.

$$\%EE = \frac{\text{Volume residual da espuma}}{\text{Volume inicial da espuma}} \times 100 \quad (\text{Equação 5})$$

• Atividade emulsificante: a capacidade de emulsificação das proteínas da farinha desengordurada de castanha-do-Brasil foi determinada de acordo com os métodos descritos por Kato et al. (1985) e Hung e Zayas (1991). Amostras de 0,5g foram dispersas em 10 ml de água destilada e misturadas em homogeneizador a 12.000rpm (18.514xg) Adicionou-se 10 ml de óleo misturando-se a 20.000rpm (51.428xg) por 1 minuto. A mistura formada foi centrifugada a baixa rotação 3.200rpm (1.317xg) por 5 minutos. A atividade emulsificante (AE) foi expressa pela razão entre a altura da camada emulsificada (h_{ce}) e a altura total do conteúdo do tubo (h_t) multiplicado por 100 (Equação 6).

$$AE = \frac{h_{ce}}{h_t} \times 100 \quad (\text{Equação 6})$$

3.3.3 Análise térmica da farinha desengordurada de Castanha-do-Brasil, isolado protéico de soja e sua mistura

Realizou-se a análise térmica das farinhas com o objetivo de caracterizar as principais modificações e avaliar as transformações que podem ocorrer durante as elevações de temperaturas impostas à farinha desengordurada de castanha-do-Brasil, isolado protéico de soja e as farinhas mistas, empregadas na elaboração das barras. As amostras foram previamente secas em estufa de circulação de ar a 105°C sendo realizadas as seguintes análises:

- ✓ Análise térmica diferencial (ATD)
- ✓ Análise termogravimétrica (ATG)

As análises foram realizadas em um equipamento PL-STA da *Thermal Sciences*, instalado no Laboratório de Geoquímica da UFPA.

3.3.4 Análise morfológica da farinha desengordurada de castanha-do-Brasil, isolado protéico de soja e sua mistura

Para a análise em Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) amostras de farinha desengordurada de castanha-do-Brasil, isolado protéico de soja e farinhas

mistas de castanha-do-Brasil e isolado protéico de soja nas proporções de 70:30, 75:25 e 80:20 foram previamente secas em estufa de circulação de ar a 105°C, por 48 horas, colocadas sobre suportes e metalizadas com ouro (camada de aproximadamente 20nm de espessura) por 150 segundos em corrente de 25mA (SILVEIRA, 1989).

As eletromicrografias foram obtidas em microscópio eletrônico de varredura LEO modelo 1450 VP, pertencente ao Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura, da Coordenação de Pesquisa e Pós-Graduação (CPPG), do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG). As escalas micrométricas foram projetadas nas mesmas condições ópticas.

3.3.5 Caracterizações em macro e microminerais na farinha desengordurada de castanha-do-Brasil

O protocolo de análises e quantificação dos minerais (Na, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn e Se) baseou-se na metodologia proposta pelo Laboratório de Hidrocarbonetos da Universidade do Estado do Pará (LABONI/UEPA). As amostras (5,0g) foram submetidas às análises de matéria seca e cinzas. Após isso, solubilizou-se o resíduo mineral obtido da calcinação em solução de ácido clorídrico 2M e corrigiu-se o volume a 30ml com água ultrapura. A leitura foi realizada em espectrômetro de emissão e absorção atômica (ICP-AES) da marca Varian, modelo Liberty II.

3.4 FORMULAÇÃO DA BARRA DE CASTANHA-DO-BRASIL

As formulações finais foram elaboradas a partir de experimentos laboratoriais preliminares, para verificar a viabilidade de tal substituição. Foram determinadas as melhores proporções de farinha de castanha-do-Brasil e isolado protéico de soja, considerando-se os seguintes aspectos: teor protéico, homogeneidade da massa, cor e textura. Foram selecionadas três formulações, as quais foram submetidas aos testes de aceitação sensorial. De acordo com os resultados da análise sensorial, a formulação que obteve maior índice de aceitabilidade foi selecionada como a “barra padrão”.

Os teores de farinha de castanha-do-Brasil e isolado protéico de soja somados corresponderam a 100% do teor de ingredientes secos da formulação, representando um percentual de 50% da formulação final. O restante dos

componentes líquidos usados foi: açúcar invertido, xarope de glicose e gordura vegetal hidrogenada, perfazendo os 50% restantes da formulação final.

Substituiu-se com isolado protéico de soja, no mínimo 20% e no máximo 30% da farinha desengordurada de castanha-do-Brasil. Com isso, as barras contiveram 70% a 80% de farinha de castanha-do-Brasil, como mostra a Tabela 9.

Tabela 9: Formulações utilizadas na elaboração das barras protéicas a partir da farinha mista de castanha-do-Brasil e isolado protéico de soja

Farinha de castanha-do-Brasil (%)	Isolado protéico de soja (%)	Mistura farinha de castanha-do-Brasil / Isolado protéico de soja (para 300g)
80%	20%	240 g de farinha de castanha-do-Brasil; 60g de isolado protéico de soja
75%	25%	225 g farinha de castanha-do-Brasil; 75 g de isolado protéico de soja
70%	30%	210g de farinha de castanha-do-Brasil; 90g isolado protéico de soja

O xarope de aglutinação foi preparado em recipiente de aço inoxidável, onde os ingredientes pesados foram adicionados e aquecidos sob agitação manual (mistura de xarope de glicose açúcar invertido e gordura vegetal), à temperatura de 95-100°C. Os ingredientes secos foram pesados e misturados ao xarope de aglutinação (95-100°C), seguido de deposição em forma metálica, para a laminação do produto.

O processo de obtenção da barra protéica de castanha-do-Brasil é apresentado no fluxograma da Figura 7.



Figura 7: Processamento da barra de castanha-do-Brasil.

3.4.1 Elaboração das barras de castanha-do-brasil

A elaboração das barras foi realizada pelo método no qual todos os constituintes foram adicionados no início ou durante a etapa de mistura. As barras foram produzidas no Laboratório de Fermentação e Panificação da UFPA.

Algumas etapas da formulação são apresentadas nas Figuras 8 a 13.



Figura 8: Formação de massa homogênea



Figura 9: Uniformização da massa homogênea

Na Figura 8, observa-se a etapa de formação da massa homogênea, pela mistura de ingredientes secos e líquidos. Na Figura 9, a formação e o modelamento da massa em uma superfície plana, com nivelamento de aproximadamente 2cm de espessura, uniformizando a superfície da massa. A Figura 10 mostra a fase de nivelamento e corte das barras no formato aproximado de 10cm de comprimento, 2cm de largura e 1cm de espessura.



Figura 10: Nivelamento das barras



Figura 11: Embalagem primária

As barras foram acondicionadas individualmente em embalagens (Figura 11) de filme flexível (PVC *Strtch* Film 280mm X 300m) e identificadas conforme as proporções de suas formulações, embaladas a vácuo e armazenadas à temperatura ambiente ($\approx 25^{\circ}\text{C}$).

3.4.2 Análise sensorial das barras de castanha-do-Brasil

As três formulações selecionadas de barras de alto teor protéico foram avaliadas sensorialmente aplicando-se os testes de aceitação com escala hedônica não-estruturada, tendo em seus extremos os termos *aceitei muitíssimo* (9) e *não aceitei muitíssimo* (1). Os atributos avaliados para as barras foram: cor, aroma, textura, sabor e impressão global e teste de intenção de compra, realizado logo após o término do teste de aceitabilidade, sendo feito pelos mesmos provadores, de acordo a metodologia descrita por Stone e Sidel (1993).

A equipe de 35 provadores não treinados foi recrutada entre alunos, funcionários e professores de uma academia de ginástica da cidade de Belém-PA. As amostras foram apresentadas de forma monádica e casualizada, em pratos descartáveis codificados com algarismos de três dígitos.

O índice de aceitação (IA) e de intenção de compra (IC) foram obtidos utilizando a Equação (7), onde M é a média das notas obtidas e X a nota máxima, a qual foi 9 para o teste de aceitabilidade e 5 para a intenção de compra.

$$IA \text{ ou } IC = \frac{M}{X} \times 100\% \quad (\text{Equação 7})$$

3.4.3 Análise físico-química na barra de castanha-do-Brasil

A formulação selecionada através dos testes sensoriais, denominada barra padrão, foi caracterizada através das análises de atividade de água, umidade, cinzas, proteína, lipídios e fibras, conforme descrito no item 3.2.1.

3.4.4 Análise microbiológica na barra de castanha-do-Brasil

Foram realizadas análises microbiológicas para detecção e contagem de coliforme a 45°C e *Salmonella sp*, em amostras indicativas, com o objetivo de avaliar a qualidade microbiológica do produto desenvolvido. Essas metodologias analíticas são descritas por Vanderzant e Splittstoesser (1992).

3.4.5 Análise aminoacídica na barra de castanha-do-Brasil

A quantificação dos aminoácidos presentes na barra protéica foi realizada no Laboratório de Fontes Protéicas do Departamento de Planejamento Alimentar e Nutrição (DEPAN), da Faculdade de Engenharia de Alimentos (FEA), UNICAMP. As proteínas constituintes da barra protéica foram hidrolisadas com ácido clorídrico 6N durante 24 horas. Os aminoácidos liberados durante a hidrólise ácida reagem com o fenilisotilcianato (PITC) e são separados por HPLC (*Thermo Separation Products* modelo A53000), em fase reversa (coluna AP-18 Fabricante PHENOMENEX) e quantificados pela absorvidade UV a 254 nm. A quantificação é feita por calibração interna multinível, com auxílio do ácido alfa-aminobutírico (AAAB), como padrão interno.

Os resultados obtidos foram avaliados calculando-se o escore químico de cada aminoácido (Equação 8). Os valores encontrados foram comparados ao padrão da FAO/WHO (1985).

$$EQ = \frac{\text{mg de aminoácidos/g de proteína}}{\text{Padrão FAO/WHO}} \quad (\text{Equação 8})$$

3.4.6 Análise estatística dos resultados

As análises físico-químicas foram realizadas em triplicata (média \pm desvio padrão) e os resultados dos testes sensoriais obtidos foram submetidos à análise estatística, com o auxílio do programa *Statistica*[®] versão 5.0 (STATSOFT INC., 1995) empregando as seguintes metodologias estatísticas:

- Análise de variância (ANOVA) a 5% de significância estatística segundo o teste F. Os valores de F da ANOVA foram comparados com valores de F tabelados (F_T), fornecidos por Dutcosky (1996). O valor de F maior que o valor de F_T indica diferença para o atributo, no nível de significância equivalente.
- Teste de Tukey ($p \leq 0,05$);

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E FÍSICO-QUÍMICA DA CASTANHA-DO-BRASIL

Na Tabela 10 são apresentados os valores médios, com os respectivos desvios padrões, da composição física e físico-química da castanha-do-Brasil.

Tabela 10: Composição física e físico-química da castanha-do-Brasil

Parâmetro	
VET (kcal)	676,33
Atividade de água	0,48 ± 0,01
pH	6,59 ± 0,02
Carboidrato (%)	3,87 ± 0,22
Proteína (%)	18,22 ± 0,12
Lipídio (%)	65,33 ± 0,21
Fibra alimentar (%)	4,85 ± 0,53
Umidade (%)	4,98 ± 0,01
Cinza (%)	2,75 ± 0,03

Dados expressos em base úmida (b.u)

Dados representam a média das triplicatas ± estimativa de desvio-padrão

* Proteína (N x 5,46)

** Teor de carboidratos calculados por diferença

Os resultados de caracterização física e físico-química apresentados na Tabela 10, mostraram concordância com Franco (2003) e Souza e Menezes (2004), apresentando valores na mesma ordem de grandeza que esses autores.

A castanha-do-Brasil apresentou valor de energia elevado (676,33kcal/100g). Seguindo-se uma dieta padrão com média de 2000 kcal/dia, esse valor pode estar próximo ao valor de uma das principais refeições cotidianas.

Um dos parâmetros mais importantes da estabilidade dos produtos é a atividade de água (Aa). O crescimento de determinados microorganismos, como as bactérias, cessa em Aa inferior a 0,90. A maioria das leveduras não cresce em Aa abaixo de 0,85 e os fungos em Aa abaixo de 0,70 (SILVA ; MARSALOLI, 2003).

O valor encontrado nas análises das amêndoas de castanha-do-Brasil neste estudo foi de $0,48 \pm 0,01$. Nas pesquisas de Silva e Marsaioli (2003), avaliando os índices de atividade de água de amêndoas de castanha-do-Brasil, verificou-se que este parâmetro permaneceu abaixo de 0,60 durante período avaliado (180 dias), demonstrando que o produto é estável sob o ponto de vista microbiológico.

O pH é a medida da quantidade do íon hidrogênio em solução, sendo o valor encontrado de 6,59. É um parâmetro que mede a concentração de H^+ de um alimento e é representado pela equação: $pH = \log 1/[H^+]$.

A determinação de cinzas ou resíduo mineral pode permitir uma estimativa da riqueza em minerais. Entretanto, nos alimentos de origem vegetal, os teores são muito variáveis. Na castanha-do-Brasil o valor médio obtido foi de 2,75g/100g.

O teor de água observado mostrou uma matéria-prima com baixa umidade, em torno de 4,98g/100g, resultado considerado um pouco mais alto se comparado com os estudos de Franco (2003), Souza e Menezes (2004) que, entretanto, podem expressar apenas as diferenças climáticas, o índice de umidade relativa local, fatores que podem alterar significativamente o resultado dessa análise.

A quantificação das proteínas baseia-se em uma determinação indireta, pois parte da determinação do nitrogênio da amostra, considerando os respectivos fatores de conversão. No caso da castanha-do-Brasil esse fator é de 5,46. O valor encontrado nesse estudo foi de (18,22g/100g). Nos trabalhos de Rogez (1995), Souza e Menezes (2004) os valores encontrados foram de 14,00 e 14,29g/100g, respectivamente. Já nos trabalhos de Franco (2003) o valor encontrado foi de 17,00g/100g. Diante desses resultados a castanha-do-Brasil pode ser considerada um alimento rico em proteína.

O resultado referente à análise de lipídios expressa, o conteúdo energético desse fruto. Foram obtidos neste estudo valores de lipídios totais de 65,33 g/100g. Nos estudos de Rogez (1995) os valores de lipídios totais foram de 66,00g/100g e Souza e Menezes (2004) com valor de 67,20g/100g.

Os carboidratos representam uma das maiores fontes energéticas nos alimentos, contribuindo normalmente com a maioria das calorias ingeridas durante o dia. Neste estudo, o valor obtido por diferença entre os principais macronutrientes foi de 3,87g/100g. Esse valor expressa as variações nos demais componentes.

4.2 AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA DA CASTANHA-DO-BRASIL

Na Tabela 11 são apresentados os valores das análises microbiológicas da castanha-do-Brasil.

Tabela 11: Avaliação microbiológica da castanha-do-Brasil

Amostra	Coliformes a 45°C (NMP/g)	<i>Salmonella sp</i>
Castanha-do-Brasil	< 3,0	Ausência

O resultado das análises microbiológicas da castanha-do-Brasil é apresentado de acordo com os padrões determinados pela legislação vigente, e demonstrou um produto apto para consumo.

O resultado da análise de coliformes a 45°C mostrou que as amêndoas de castanha-do-Brasil foram manipuladas em boas condições de higiene, estando aptas microbiologicamente para o consumo direto e/ou processamento tecnológico. De acordo com a legislação vigente, o valor máximo permitido é de 10²/g (BRASIL, 2001).

A ausência de *Salmonella sp* indicou que a matéria-prima e seu processamento foram eficientes, pois alimentos contaminados por essas bactérias são considerados como fontes potenciais de infecção humana, representando riscos à saúde pública (BRASIL, 2001).

4.3 ANÁLISES DE MICOTOXINAS DA CASTANHA-DO-BRASIL: AFLATOXINAS B₁, B₂, G₁, G₂

A Tabela 12 apresenta os resultados das análises de aflatoxinas B₁, B₂, G₁ e G₂, nas amêndoas de castanha-do-Brasil.

Tabela 12: Análise de micotoxina da castanha-do-Brasil: aflatoxinas B₁, B₂, G₁ e G₂

MICOTOXINA ANALISADA	QUANTIDADE (µg/Kg)	MÁXIMO PERMITIDO (B₁+B₂+G₁+G₂) (BRASIL, 1998a)
Aflatoxina B₁	7,0	20µg/kg
Aflatoxina B₂	< 1,0	20µg/kg
Aflatoxina G₁	Não detectada	20µg/kg
Aflatoxina G₂	Não detectada	20µg/kg

Os resultados das análises de aflatoxina da castanha-do-Brasil, com um limite de detecção do método de 0,5 µg para cada quilograma de amostra, apresentaram frações B₁ e B₂, com valores abaixo dos tolerados pela legislação brasileira (BRASIL, 1998a). As frações G₁ e G₂ não foram encontradas, para esse limite de detecção.

Segundo Brasil (1998a) a somatória de todas as frações (B₁+B₂+G₁+G₂), apresentam valores de tolerância máxima permitida de 20µg/kg para consumo humano.

A comprovação de sua qualidade em relação à segurança alimentar dos consumidores é estabelecida pelo Ministério da Saúde em Resolução da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), pela RDC n° 274 de 15 de outubro de 2002, determinando um limite de tolerância de 30 µg/kg para a somatória das frações de aflatoxinas (B₁+G₁), em produtos para consumo humano, por serem as frações com maior potencial toxigênico (BRASIL, 2002).

4.4 ANÁLISES FÍSICAS E FÍSICO-QUÍMICAS DA FARINHA DESENGORDURADA DE CASTANHA-DO-BRASIL

Na Tabela 13 observa-se o resultado da composição física e físico-química da farinha desengordurada de castanha-do-Brasil

Tabela 13: Composição física e físico-química da farinha desengordurada de castanha-do-Brasil

Parâmetro	
Energia (kcal/100g)	431,49
Aa	0,24 ± 0,03
Carboidrato (%)	3,25 ± 0,04
Proteína (%)	45,92 ± 0,03
Lipídio (%)	26,09 ± 0,79
Fibra alimentar (%)	17,14 ± 0,32
Fibra insolúvel (%)	12,09 ± 0,58
Fibra solúvel (%)	5,05 ± 0,38
Umidade (%)	4,31 ± 0,33
Cinza (%)	3,29 ± 0,02

(b.u.) base úmida
Média ± desvio-padrão

O valor energético total (VET) encontrado foi em média de 431,49kcal/100g. A redução do valor energético, quando comparada à castanha-do-Brasil está relacionada à queda do teor lipídico imposta pelas etapas de extração.

A partir dos valores expostos observa-se uma farinha com alto valor energético, quando comparado com farinhas de mandioca, com valor de 324,56kcal/100g; farinha de tapioca, com valor energético de 360,93kcal/100g e farinha de soja com 334,1kcal/100g, relatados respectivamente nas pesquisas de Souza e Menezes (2004), Dias e Leonel (2006) e Silva et al. (2006).

Os dados refletem todo o potencial energético desse produto, incrementando o número de opções em matérias-primas regionais que podem ser utilizadas pela indústria alimentícia no processamento e/ou enriquecimento de outros produtos, ou diferentes tipos de farinhas, como forma de agregar maior valor comercial e incremento energético-protéico no processamento de alimentos.

A atividade de água (0,24) da farinha desengordurada teve resultado esperado, pois se verificou que com a retirada dos compostos hidrofóbicos (etapa de extração de gordura) as moléculas de água presentes ficaram mais expostas ao tratamento térmico (secagem) e, portanto, houve uma queda significativa da atividade de água.

O resultado encontrado após as análises de umidade na farinha desengordurada de castanha-do-Brasil foi de 4,31. Esse valor representa, quando analisado em comparação com outros estudos, o menor percentual de umidade em relação a outros tipos de farinhas, dentre elas a farinha de mandioca (12,78%) e a farinha de soja (8,40%), respectivamente, como relatado por Souza e Menezes (2004) e Silva et al. (2006).

A proteína foi um dos principais macronutrientes na farinha da castanha-do-Brasil, e isso é reflexo da retirada da etapa de extração de gordura das amêndoas, alterando os teores nos demais componentes.

O valor nutricional apresentado pela farinha desengordurada de castanha-do-Brasil mostra sua potencialidade em recursos protéicos, mostrando-se com um valor muito próximo à farinha de soja que possui 46,7g/100g de proteína (NETO; FIGUEIREDO; QUEIROZ, 2003; DIAS; LEONEL, 2006; SILVA et al., 2006).

Nos trabalhos de Glória e Regitano-D'Arce (2000) com torta de castanha-do-Brasil, desengordurada por prensagem e posteriormente com solvente hexano, os autores encontraram percentuais de 47,6% de proteína na torta, caracterizando

assim a farinha de castanha-do-Brasil, como um produto de alto valor nutricional, e boa fonte de aplicação tecnológica na indústria alimentícia.

Na indústria de alimentos essa fonte de proteína concentrada na farinha desengordurada de castanha-do-Brasil pode apresentar grande diversidade de aplicações, pautadas em sua quantidade e qualidade protéica, além de suas propriedades funcionais e tecnológicas, as quais dependem das interações proteína-água, proteína-proteína e de suas propriedades de superfície como a hidrofobicidade, tensão superficial, emulsificação, entre outras (SGARBIERI, 1996; CÂNDIDO, 1998; CARVALHO, 2004).

Dentre todos os componentes analisados, as proteínas apresentaram importância qualitativa e quantitativa dentre todos os outros nutrientes, como era esperado pela finalidade do trabalho. É o macronutriente considerado mais nobre, uma vez que dele deriva a constituição e reconstituição da vida, e todos os componentes que dela fazem parte, estando presentes em todas as células dos organismos vivos, sejam eles vegetal ou animal (DUTRA-DE-OLIVEIRA; MARCHINI, 2003; WILLIAMS, 2003; ARAÚJO, 2004).

O teor lipídico resultante, mesmo após as etapas de extração, ainda manteve um elevado conteúdo (26,09 g/100g), quando comparado com a farinha de soja com 1,67g/100g, de acordo com Souza e Menezes (2004), Dias e Leonel (2006), Silva et al, (2006). Entretanto, isso se deve ao fato de que o processo de extração de gordura utilizado neste trabalho não foi sido eficiente, no entanto supõe-se que em equipamentos industriais que apresentem maior pressão de trabalho possa haver um incremento significativo da retirada da gordura.

A fração lipídica residual na farinha de castanha-do-Brasil possui relevância nutricional, já que o maior componente da fração graxa da castanha-do-Brasil é o ácido graxo linoléico, reconhecido universalmente como ácido graxo essencial, de grande importância para alimentação e saúde humana (DUTRA-DE-OLIVEIRA; MARCHINI, 2003).

No entanto, o alto conteúdo em lipídios que permaneceu na farinha de castanha-do-Brasil, segundo Estevez et al. (1995) pode promover maior suscetibilidade desse produto a alterações e/ou reações como as deteriorações oxidativas, que podem reduzir sua estabilidade durante o armazenamento.

Das reações que podem possivelmente ocorrer, a rancidez oxidativa das gorduras é a principal, podendo resultar na formação de produtos tóxicos, que

alteram características dos produtos como a cor, o sabor e o aroma, podendo levar à perda de valor nutricional, pela destruição de vitaminas e ácidos graxos essenciais (ESTÉVEZ et al., 1995).

Esses processos oxidativos são catalizados por uma série de fatores, como a presença de oxigênio, luz, calor, metais, pigmentos, e grau de insaturação das gorduras, entre outros (ESTÉVEZ et al., 1995).

Os resultados das análises de cinzas ou resíduo mineral encontrado na farinha desengordurada de castanha-do-Brasil, (3,29) se mostraram superiores aos encontrados nas análises de cinzas da amêndoa de castanha-do-Brasil (2,75), demonstrando uma provável interferência do percentual de lipídio nas análises de cinzas, já que apresentaram valores mais significativos quando a matéria-prima passou por um processo de extração lipídica, as análises de cinzas permitem estimativas da riqueza em minerais do alimento, entretanto nos produtos de origem vegetal a determinação de cinzas não demonstra muita precisão, pois sua composição em minerais é muito variável.

O valor de fibra alimentar total encontrado (17,14%) demonstra um produto com alto teor desse componente. Os teores de fibras insolúveis nessa pesquisa (12,09%) foram maiores do que os de fibras solúveis (5,05%) constituindo-se em importante fonte alimentícia de fibras, como matéria-prima de base ou como recurso de enriquecimento de produtos na indústria alimentícia (BRASIL, 1998c). Nos trabalhos de Souza e Menezes (2004) foram encontrados valores de (15,72%) de fibras na torta de castanha-do-Brasil.

Os efeitos atribuídos às fibras variam conforme sua solubilidade. De forma geral relacionam-se com a sua função de proteção do trato gastro-intestinal, sendo que o reconhecimento de determinadas funções são mais específicas para um tipo de fibra do que para outro. O efeito laxante e a prevenção de agravos patológicos no trato gastro-intestinal são os benefícios primários, principalmente relacionados às fibras insolúveis, que podem reduzir os riscos de surgimento de doenças gastrointestinais (GORBACH; GOLDIN, 1992; OHR, 2004).

Já as fibras solúveis têm seus efeitos metabólicos no organismo humano, relacionados principalmente à diminuição da taxa e da efetividade da absorção de nutrientes, como a glicose, os lipídeos e o colesterol – com suas respectivas taxas hipolipidemia e hipocolesterolemia (JENKINS et al., 1992; ANDERSON; AKANJI, 1992; OHR, 2004).

A diminuição da incidência de câncer no reto está associada à ingestão de vegetais, frutas, grãos integrais e fibras, nas quais a farinha de castanha-do-Brasil mostra-se, segundo a legislação brasileira, como produto com alto teor em fibras (BRASIL, 1998c).

As recomendações de ingestão de fibra alimentar na dieta variam de 20 a 35 gramas (10 a 13 gramas por 1000 kcal de alimento consumido) sendo, do total, aproximadamente um terço de fibras solúveis. Já a ADA (*American Dietetic Association*) recomenda consumo de 20 a 35 gramas de fibra alimentar por dia, sendo 5 a 10 gramas de fibra solúvel (OHR, 2004).

Os resultados encontrados nos valores de carboidratos foram obtidos por diferença de 100 menos a soma dos demais componentes (proteínas, lipídios, umidade e cinzas). Esse resultado expressa as variações nos demais componentes analisados, obtendo como resultado, o valor de carboidratos 3,25g/100g. Esse valor é considerado baixo quando comparado com o teor encontrado na farinha de soja (33,10g/100g), entretanto, apenas demonstram a grande riqueza desse produto nos demais macronutrientes energéticos (SOUZA; MENEZES, 2004; DIAS; LEONEL, 2006; SILVA et al., 2006).

4.5 ANÁLISES DAS PROPRIEDADES FUNCIONAIS DA FARINHA DESENGORDURADA DE CASTANHA-DO-BRASIL

4.5.1 Solubilidade

Os padrões de solubilidade expressos neste estudo pelo índice de solubilidade de nitrogênio (ISN%) apresentaram perfis semelhantes aos de outras proteínas vegetais como as verificadas nas pesquisas de Glória e Regitano-D'Arce (2000), Carvalho (2004) e Ramos e Bora (2004), onde são verificadas características similares entre essas proteínas vegetais, com alta solubilidade em pH alcalino e mínima solubilidade em valores baixos de pH. Os dados são apresentados na Figura 12.

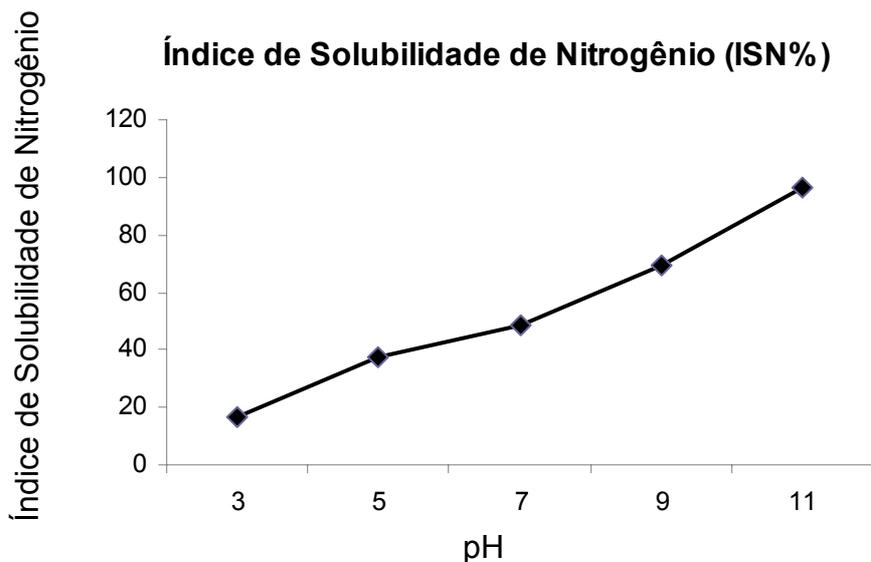


Figura 12: Índice de solubilidade de Nitrogênio (ISN%)

Os resultados encontrados mostram que o menor índice de solubilidade foi obtido na faixa de pH entre 3 e 5. Valor semelhante aos encontrados nos trabalhos de Glória e Regitano-D'arce (2000) com mínima solubilidade obtida entre os pH's 3 e 4. Nesta faixa encontram-se o ponto isoelétrico das proteínas vegetais, local de equilíbrio entre as cargas positivas e negativas das moléculas protéicas, levando à neutralização intramolecular com menor afinidade da amostra com o solvente, verificando nesse ponto a maior precipitação de material insolúvel (GLÓRIA; REGITANO-D'ARCE, 2000; CARVALHO, 2004).

O mais alto índice de solubilidade de nitrogênio foi obtido em pH alcalino (pH 11) onde os compostos nitrogenados da farinha desengordurada de castanha-do-Brasil apresentaram 96,48% de solubilidade de nitrogênio. Valor próximo ao encontrado nos trabalhos de Glória e Regitano-D'Arce (2000) apresentando valores de 98,73% de solubilidade em pH 12.

4.5.2 Capacidade de absorção de água e óleo

Os resultados de capacidade de absorção de água e capacidade de absorção de óleo das proteínas da farinha desengordurada de castanha-do-Brasil foram obtidos em pH próprio da amostra (pH 6,61) e estão apresentados na Tabela 14.

Tabela 14: Capacidade de absorção de água e óleo de farinha desengordurada de castanha-do-Brasil

Produto	% CAA*	% CAO*
Farinha de castanha-do-Brasil	328,4 ± 0,44	174,46 ± 0,62

* Média ± desvio-padrão

Observou-se uma alta capacidade de absorção de água (328,4%) mostrando valores próximos aos relatados em pesquisas de Glória e Regitano-D'Arce (2000), com valores de 327% em torta desengordurada de castanha-do-Brasil. Já nos trabalhos de Carvalho (2004) em pesquisas com farinha desengordurada de cupuaçu, obteve valores que variavam de 482,8 a 505,2% de capacidade de absorção de água, nos pH de 3,5 e 7,0, respectivamente.

Esses valores podem variar de acordo com a fonte protéica, a composição e a presença de carboidratos, o teor de lipídios na matéria-prima, o pH, entre outros fatores.

Verifica-se também alta capacidade de absorção de óleo, com valor médio de 174,46%. Em pesquisas de Glória e Regitano-D'Arce (2000), com a mesma matéria-prima e com as mesmas metodologias, o valor observado foi 174%. Nas pesquisas de Carvalho (2004) foram encontrados valores de 346,5% de capacidade de absorção de óleo em farinha desengordurada de cupuaçu.

Essas farinhas (castanha-do-Brasil e cupuaçu) demonstram alta capacidade de absorção de óleo importante propriedade funcional tecnológica com grande potencial de aplicação nas indústrias alimentícias, pois esta propriedade promove melhora na textura e maior retenção de sabor nos produtos.

Algumas considerações gerais podem ser observadas nos resultados das análises de capacidade de absorção de água e óleo. Ambas estão relacionadas às propriedades de hidratação das proteínas, sendo a última diretamente relacionada a uma característica das proteínas de oleaginosas como a castanha-do-Brasil, e reflete a capacidade de absorver óleo dos componentes protéicos desses frutos (GLÓRIA; REGITANO-D'ARCE, 2000).

Estas propriedades estão relacionadas às características de textura, como a consistência, a capacidade de espessamento, a viscosidade, a aderência, além de contribuir para intensificar o sabor, retendo-o nos alimentos, mostrando assim toda a sua diversidade nesses atributos, tornando-se mais uma alternativa de ingrediente

para a indústria de processamento de alimentos, agregando não só essas características às suas formulações, como melhor textura, retenção e incremento de sabor em seus produtos (CARVALHO, 2004).

4.5.3 Capacidade de formação e estabilidade de espuma

Os resultados expressos nas análises de capacidade de formação de espuma das proteínas da farinha desengordurada de castanha-do-Brasil foram obtidos em pH próprio da amostra (pH 6,61) e estão apresentados na Tabela 15. Observou-se uma baixa capacidade de formação de espuma, com percentual de 6,15% de aumento do volume.

Tabela 15: Capacidade de formação de espuma e estabilidade da espuma da farinha desengordurada de castanha-do-Brasil

Produto	%Capacidade de formação de espuma	Estabilidade de espuma após repouso (%)				
		1 min	5 min	10 min	30 min	60 min
Farinha de castanha-do-Brasil	6,15 ± 1,27	98,2± 0,55	94,6± 0,32	90,2±0,85	86,6± 0,95	86,6± 0,95

A presença de um teor ainda considerável de lipídios na farinha de castanha-do-Brasil pode explicar a baixa capacidade de formação de espuma, comparado ao trabalho de Carvalho (2004) em farinhas desengorduradas de cupuaçu que obteve resultados de 14,46 e 5,58% para pH de 3,5 a 7,0 respectivamente.

A estabilidade da espuma representada no gráfico (Figura 13) reflete a quantidade de espuma formada e acompanhada por um determinado tempo. Os valores apresentados na Tabela 15 e demonstrados na Figura16 indicam que a espuma formada reflete uma estabilidade após um período de 30 minutos de observação. A estabilidade da espuma é uma propriedade importante porque o sucesso de um agente espumante depende de sua habilidade de manter a espuma pelo maior tempo possível.

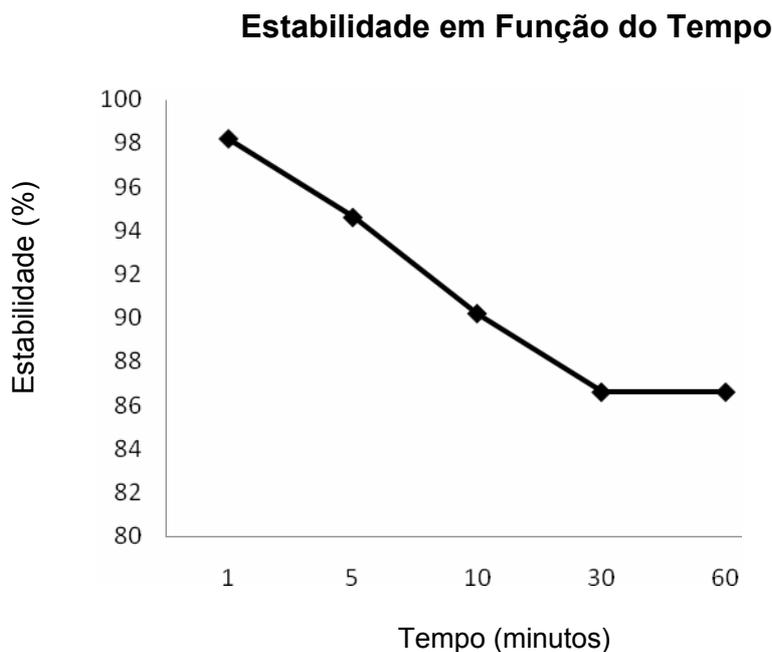


Figura 13: Estabilidade da espuma em função do tempo

Tendo como base estes resultados, pode-se afirmar que a farinha desengordurada de castanha-do-Brasil não deve ser utilizada como ingrediente em formulações onde se requer a formação de espuma, devido ao seu baixo volume. Entretanto, pode encontrar amplo âmbito de aplicação (produtos de confeitaria, pastelaria e massas em geral), tendo como base os resultados das propriedades funcionais de absorção de água e óleo, comparáveis às de produtos protéicos de outras origens vegetais.

4.5.4 Atividade emulsificante

O resultado obtido para a atividade de emulsificação da farinha desengordurada de castanha-do-Brasil foi obtido em pH próprio da amostra (pH 6,61), com percentual de atividade de emulsificação de 46,2%. Esse valor é próximo aos obtidos nos trabalhos de Ramos e Bora (2004), com castanha-do-Brasil, em pH 7,0, com resultado médio de 48,4% de atividade emulsificante.

As características desta atividade emulsificante podem ser afetadas por uma série de fatores, dentre eles a temperatura, tamanho da partícula de gordura, pH, quantidade, tipo e geometria da molécula protéica, grau de solubilidade, viscosidade, presença de açúcares, sais, exposição ao oxigênio, tipo de equipamento, condições laboratoriais, velocidade de adição do óleo, condições de leitura, etc.

Com base nesses resultados as proteínas são consideradas bons agentes emulsificantes, formando uma barreira contra a separação de fases de alguns sistemas alimentícios, pela criação de uma camada de proteína na interface água-lipídio, podendo ser utilizadas em produtos como: embutidos de carnes, produtos lácteos, de panificação, sorvetes, maionese entre outros (SGARBIERI, 1996; GLÓRIA; REGITANO-D'ARCE, 2000; RAMOS; BORA, 2004).

Em relação às propriedades funcionais, deve-se ressaltar que as determinações variam com os equipamentos e métodos usados em sua preparação. Com base nessas possibilidades de elementos variantes, a comparação e interpretação dos resultados obtidos, em diferentes condições locais, métodos, equipamentos e laboratórios, requerem freqüentemente muito cuidado na sua comparação, podendo levar a variações significativas.

4.5.5 Análise térmica das farinhas farinha desengordurada de castanha-do-Brasil, isolado protéico de soja e das farinhas mistas.

A análise térmica diferencial (ATD) e análise térmica gravimétrica (ATG) da farinha desengordurada de castanha-do-Brasil, isolado protéico de soja e das farinhas mistas nas concentrações (70:30, 75:25, 80:20), estão representadas na Figura 14. O ATG (—) representa a perda de massa e o ATD (—) à energia envolvida quando as amostras são submetidas a temperaturas crescentes.

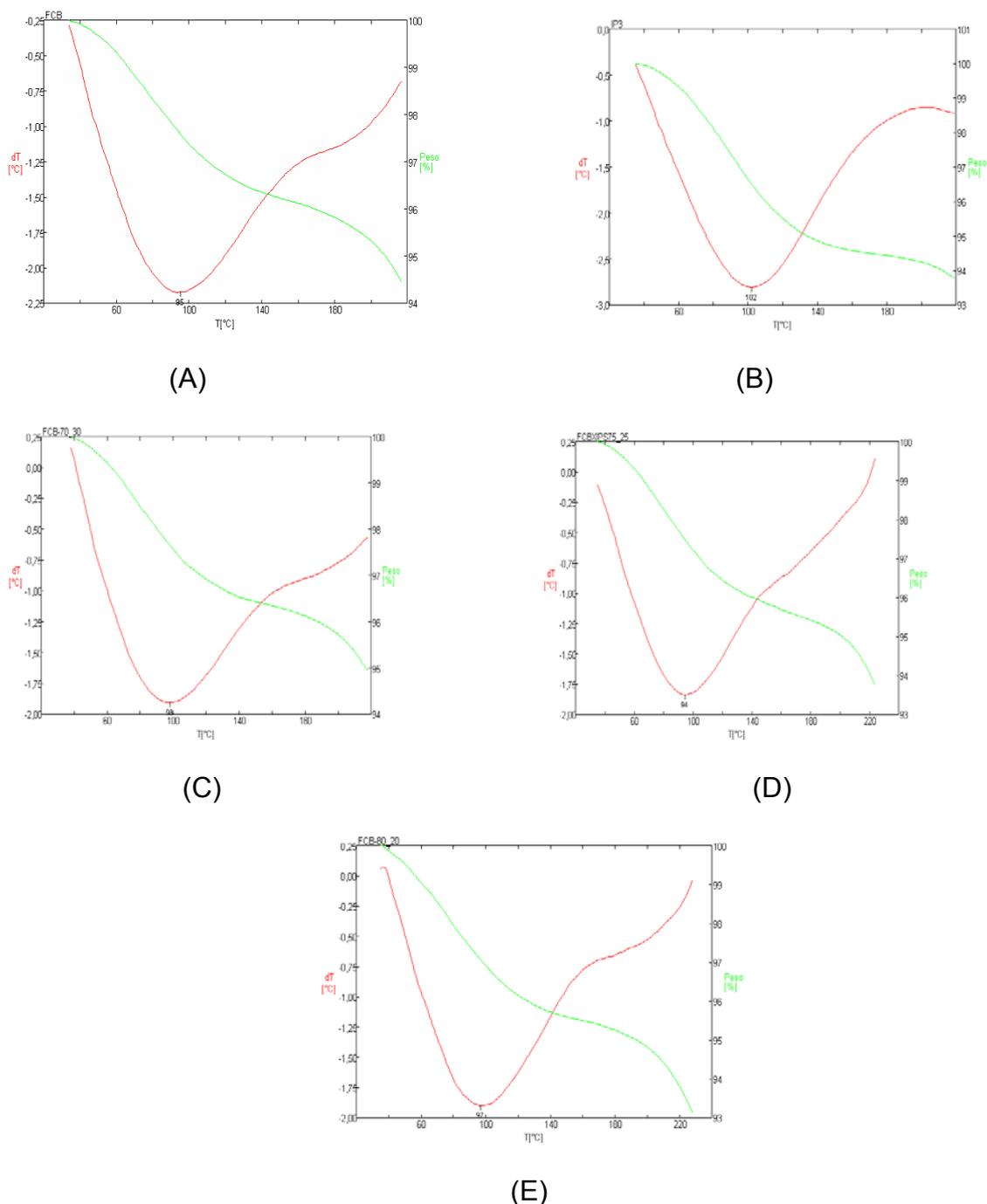


Figura 14: Análise térmica gravimétrica (ATG) (—) e Análise Térmica Diferencial (ATD) (—) das farinhas utilizadas.

Na elaboração das barras, a temperatura do ligante alcança valores máximos de 100°C, e a introdução dos componentes secos (farinha desengordurada de castanha-do-Brasil e isolado protéico de soja) se dá também nessa temperatura. No entanto, o estudo dessas possíveis variações de temperatura foi determinado em 20°C por minuto até 300°C, mas as avaliações dessas análises foram restringidas à faixa de temperatura de trabalho utilizadas na elaboração das barras.

Analisando os gráficos da Figura 14 é possível constatar que as curvas da análise térmica diferencial (ATD) apresentam um único pico endotérmico para todas as farinhas, próximo a temperatura de 100°C. Nesta faixa é possível que as perdas apresentadas sejam apenas de água, pois se encontram sempre próximas à temperatura de ebulição da água.

A expressão gráfica do ATG mostra valores de perdas de massa que confirmam o percentual de umidade do material, determinado na composição físico-química. Desta forma pode-se afirmar que esta perda de massa mostrada graficamente pelo pico endotérmico é a única modificação estrutural que ocorre nas farinhas, não havendo interferência quando adicionado o isolado protéico de soja, apresentando apenas uma pequena perda de umidade do material.

Esses dados confirmam a grande diversidade de aplicações que essas farinhas podem trazer para a indústria alimentícia, sem grandes perdas de componentes nutricionais como as proteínas, já que a expressão gráfica na faixa de temperatura determinada mostra apenas uma perda de água. Esta estabilidade em temperaturas elevadas pode ser requerida na elaboração e/ou enriquecimento de vários produtos como os da indústria de massas, panificação e confeitaria entre outras aplicações.

4.6 ANÁLISES MORFOLÓGICAS DA FARINHA DESENGORDURADA DE CASTANHA-DO-BRASIL, ISOLADO PROTÉICO DE SOJA E FARINHAS MISTAS

Nas Figuras 15, 16, 17a, 17b, 21a e 21b, podem ser visualizadas as micrografias eletrônicas de varredura da farinha desengordurada de castanha-do-Brasil, isolado protéico de soja e farinha mista.

Os resultados mostram as diferenças em componentes majoritários, presentes em diferentes tipos de estrutura de constituição, como os mostrados em comparação com a farinha de mandioca (Figura 18), onde se visualiza a riqueza em grânulos de amido presentes na fécula de mandioca, com formato característico predominantemente oval ou esférico.

Na Figura 19 observa-se uma composição heterogênea de farinha desengordurada de castanha-do-Brasil e isolado protéico de soja (farinha mista), com estruturas irregulares de formatos indefinidos, rica em material de aspecto esponjoso, com cavidades e espaços estruturais de tamanhos variados.

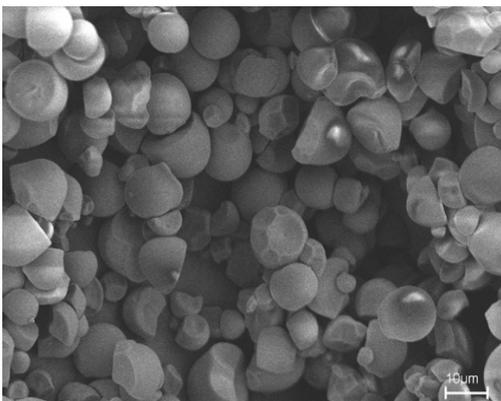


Figura 15: Grânulos da mandioca



Figura 16: Grânulos da farinha mista

Nas Figuras 20a e 20b observa-se um grânulo isolado de farinha desengordurada de castanha-do-Brasil, seu aspecto oval, de característica esponjosa, é mostrado em detalhes.



Figura 17a: Grânulo da farinha desengordurada de castanha-do-Brasil

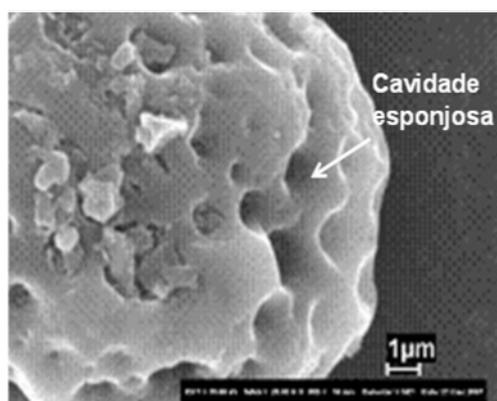


Figura 17b: Superfície do grânulo da farinha desengordurada de castanha-do-Brasil

Comparando-se as estruturas das Figuras 20a e 20b com a superfície de uma proteína globular, pode-se notar a presença de bolsões na estrutura protéica, nos quais outras moléculas podem se ligar. Apesar de cada proteína seguir um padrão único, semelhanças podem ser verificadas, como modelos estruturais que surgem em proteínas distintas os quais podem levar ao desenvolvimento de bancos de dados que permitem comparações informativas, relativas às estruturas protéicas (LEHNINGER, 2002).

As Figuras 21a e 21b mostram a constituição do isolado protéico de soja e um grânulo isolado de soja. Sua configuração estrutural apresenta um formato semelhante à forma cúbica e superfícies apresentando sulcos irregulares.

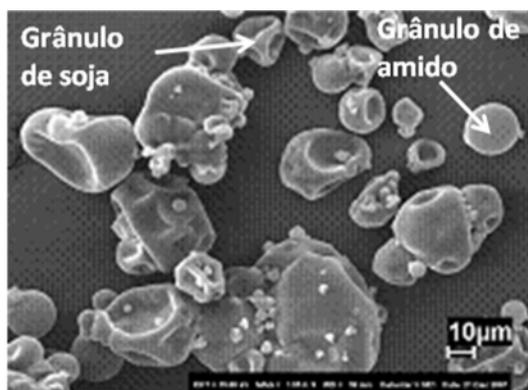


Figura 18a: Grânulo de isolado protéico de soja

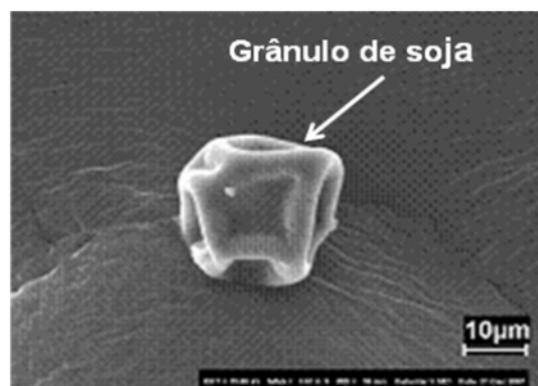


Figura 18b: Grânulo de isolado protéico de soja em detalhe

Todas as características apresentadas nas figuras de farinha desengordurada de castanha-do-Brasil, isolada protéico de soja e na farinha mista, Figuras 19, 20a, 20b, 21a e 21b respectivamente, mostram características peculiares, com formações irregulares.

Suas conformações estruturais podem ser responsáveis pelos resultados obtidos em algumas análises das propriedades funcionais das proteínas da farinha desengordurada de castanha-do-Brasil, principalmente por apresentar em sua constituição uma superfície esponjosa, fato que pode ser diretamente relacionado com sua alta capacidade de absorção de água (CAA) e óleo (CAO).

4.7 ANÁLISES DE MINERAIS DA FARINHA DESENGORDURADA DE CASTANHA-DO-BRASIL

Na composição mineral encontrada na farinha desengordurada de castanha-do-Brasil é mostrada na Tabela 16, considerando a classificação dos minerais em macrominerais e microminerais, temos:

Tabela 16: Composição em macro e microminerais na farinha de castanha-do-Brasil

Macrominerais (mg/100g)*			
Na	K	Ca	Mg
3,96±0,01	799,7± 31,5	44,8±4,5	725,8±28,2
Microminerais (mg/100g)*			
Fe	Cu	Mn	Se
5,08±0,65	4,01±0,29	3,30±0,39	0,11±0,00

A composição mineral encontrada na farinha desengordurada de castanha-do-Brasil apresentou elevado conteúdo em macrominerais importantes como o cálcio, sódio e potássio. Esse três constituintes são responsáveis pelo potencial elétrico através das membranas pelo sistema de “bomba” de Na/K/Ca/ATPase importantes na regulação e manutenção do potencial e transporte através das membranas celulares.

Dentre os macronutrientes o de maior destaque são é o magnésio que apresentou valor acima das recomendações diárias de ingestão para adultos de 350 mg/dia (DUTRA, 2003).

Destaca-se também a presença dos microminerais essenciais como o cobre, o manganês, o ferro, além do selênio. Os valores variáveis, quando comparados aos resultados encontrados para amêndoa de castanha-do-Brasil, podem ser explicados pela diminuição do teor lipídico, pelas sucessivas secagens e processos de extrações, ou seja, pela concentração de outros componentes, os quais poderiam alterar a composição em minerais na farinha desengordurada de castanha-do-Brasil.

Porém, entre todos os macros e microminerais presentes na castanha-do-Brasil, destaca-se, por sua funcionalidade de elemento antioxidante, o selênio. O teor de selênio encontrado na farinha desengordurada de castanha-do-Brasil foi de 110,0 µg/100g. Nos trabalhos de Souza e Menezes (2004) foi encontrado o valor de 204µg/100g.

Entende-se que as diferenças consideradas mínimas na maioria das análises, entre os valores encontrados em outras pesquisas e os deste trabalho podem ser reportadas a vários fatores como: a origem e tipo da castanha, amêndoas inteiras ou quebradas, com ou sem película, aos métodos de extração de óleo da amêndoa para obtenção da torta, entre outros possíveis fatores.

4.8 ANÁLISE DA BARRA PADRÃO COM ALTO TEOR PROTÉICO DE CASTANHA-DO-BRASIL

4.8.1 Análises físico-químicas da barra de alto teor protéico da castanha-do-Brasil.

Na Tabela 17 são apresentados os valores médios, com os respectivos desvios padrões, da composição física e físico-química da barra padrão de castanha-do-Brasil.

Tabela 17: Análise físico-química

Determinações	Barra padrão
VET (kcal/100g)	350,94
Atividade de água	0,60±0,02
Umidade (%)	15,10±0,54
Cinza (%)	2,59±0,76
Proteína*(%)	28,09±0,32
Lipídio (%)	12,22±0,15
Fibra Alimentar (%)	9,85 ±0,64
Carboidrato* (%)	32,15±0,43

Dados expressos em base úmida (b.u)

Média ± desvio-padrão

* Proteína (N x 5,46)

** Teor de carboidratos calculados por diferença

Os resultados referentes às caracterizações físicas e físico-químicas da barra apresentaram um produto com elevado valor energético com 350,94kcal. Ao ser comparado a uma dieta padrão de 2000kcal, representou um percentual de aproximadamente 20% dos requerimentos energéticos diários.

Um dos parâmetros mais importantes para estabilidade de um produto é a atividade de água (Aa). O resultado encontrado de 0,60 atribui boa estabilidade ao produto frente às possíveis alterações causadas pelos microorganismos e outras reações químicas (SILVA; MARSAIOLI, 2003).

O teor de proteína é a principal meta do produto elaborado. Os valores obtidos foram comparados aos valores apresentados em rótulos de algumas barras comerciais denominadas de barras protéicas e/ou com alto teor protéico, as quais apresentaram um teor de proteína entre 10 a 15g para peso médio de 46g.

A concentração de componentes protéicos em barras é um fator atrativo para o principal público-alvo desses produtos, os praticantes de atividades físicas. Isso se

dá pelo fato da constituição e reconstituição de tecido muscular requerem constituintes protéicos para a hipertrofia muscular (anabolismo e catabolismo muscular), bem como para a recuperação de microlesões causadas pelo esforço repetitivo característicos da prática de atividades físicas.

O teor protéico é de grande relevância para as indústrias de alimentos, principalmente as de suplementos esportivos, pois um dos maiores segmentos de mercado desses produtos tem nas barras protéicas ou com alto teor protéico, um de seus principais produtos entre todas as formas de barras (barras de cereais, barras energéticas, barras de frutas, barras com fibras, barras *diet*, barras *light*, entre outras); além de serem as de maior valor comercial.

O teor médio de lipídios da barra elaborada (12,22%) expressa o menor conteúdo entre os macronutrientes energéticos. Comparando este valor com valores encontrados em rótulos das barras comerciais (10 a 15%), observou-se que o mesmo se enquadrou – um fator relevante para a escolha do consumidor que procura produtos, com elevado valor nutricional e baixo teor de lipídios.

O valor de fibra alimentar total encontrado na barra foi de 9,85%, valor considerado de grande relevância nutricional, estando acima dos encontrados em formulações comerciais, as quais apresentam teores variando entre 1,0 e 3,0%. Fato que pode ser explicado pela matéria-prima utilizada, no caso, a farinha desengordurada de castanha-do-Brasil, que apresenta alto teor em fibra.

Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) o produto em questão pode ser caracterizado como fonte de fibras ou com alto teor de fibras. A exigência para que um produto apresente-se como fonte de fibra é que contenha, pelo menos, 3 gramas de fibras a cada 100 gramas do total de sólidos. Para ter “alto teor de fibra” deve conter, pelo menos, o dobro (BRASIL, 1998c).

Através dos resultados obtidos no estudo, observa-se que as barras com alto teor protéico de castanha-do-Brasil constituem-se em uma importante fonte alimentícia, além de apresentar componentes funcionais em sua constituição.

Os carboidratos representam uma das maiores fontes energéticas nos alimentos, contribuindo normalmente com a maioria das calorias ingeridas durante o dia. Na formulação da barra padrão seu valor foi obtido por diferença entre os demais componentes. O valor obtido desse macronutriente 32,15g/100g, expressa a riqueza energética do produto.

Esse resultado é considerado desejável já que um dos maiores perfis de mercado consumidor desses produtos são os praticantes de atividades físicas, faixa da população onde a procura por produtos que agreguem maior valor energético tem sido bastante reportada e incrementada, com novos produtos, pela indústria de alimentos. O desgaste energético provocado pela atividade física requer um incremento no valor energético total (VET) desses indivíduos, com objetivo de suprir uma demanda metabólica maior que a recomendada pelos valores médios diários de referência, para uma dieta de 2000kcal.

4.8.2 Análises microbiológicas da barra de alto teor protéico de castanha-do-Brasil

O resultado das análises microbiológicas da barra de castanha-do-Brasil é apresentado na Tabela 18.

Tabela 18: Avaliação microbiológica da barra de alto teor protéico

Amostra	Coliformes a 45°C (NMP/g)	Salmonella sp
Barra de Castanha-do-Brasil	< 7,0	Ausência

O valor de coliformes a 45°C indica que a barra de castanha-do-Brasil não se apresenta em nível de contaminação que ofereça riscos à saúde do consumidor, indicando manipulação em boas condições de higiene; estando o produto muito abaixo dos níveis de tolerância permitidos pela legislação, que permite um valor máximo de 10²/g (BRASIL, 2001).

A ausência de *Salmonella sp* indica que tanto a manipulação da matéria-prima quanto o seu processamento foram eficientes, ou seja, o produto está apto para consumo (BRASIL, 2001).

4.8.3 Perfil de aminoácidos da barra padrão de castanha-do-Brasil

A qualidade de uma proteína é avaliada por sua composição específica de aminoácidos e pela facilidade com que ela é digerida e absorvida pelo organismo. A proteína com mais alta qualidade biológica é aquela que fornece todos os aminoácidos essenciais na quantidade ideal para o consumo.

Os aminoácidos totais encontrados na barra com alto teor protéico de castanha-do-Brasil estão expressos na Tabela 19, comparados ao padrão de referência para adultos (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 1985).

Tabela 19: Teor de aminoácidos totais (mg/g de proteína) da barra com alto teor protéico de castanha-do-Brasil, padrão de referência (FAO, 1985) e escores químicos

Aminoácidos	Teor de aminoácidos (mg/g de proteína)	Padrão FAO/WHO ^a	Escore Químico (EQ)
AMINOÁCIDOS ESSENCIAIS			
Histidina	6,1	16	0,38
Treonina	7,6	9	0,84
Lisina	10,4	16	0,64
Metionina ^b	16,4	17	1,15
Cisteína	3,2		
Isoleucina*	9,6	13	0,74
Leucina*	19,1	19	1,01
Valina*	11,5	13	0,88
Fenilalanina ^c	11,6	19	1,01
Tirosina	7,7	-	-
Triptofano	ND	5,0	ND
AMINOÁCIDOS NÃO ESSENCIAIS			
Asparagina	24,1	-	-
Glutamina	47,2	-	-
Serina	12	-	-
Glicina	11,1	-	-
Arginina	30	-	-
Alanina	9,8	-	-
Prolina	11,9	-	-
Total (mg/g)	249,3		

^a Teor de aminoácidos recomendados para adultos na faixa etária acima de 18 anos (FAO/WHO, 1985)

^b Metionina + Cisteína.

^c Fenilalanina + Tirosina

*Aminoácidos de cadeia ramificada

ND- Não detectado

Os valores observados mostram o aminoácido histidina como limitante com escore químico de 0,38. Entretanto, segundo Dutra (2003) este aminoácido é considerado essencial apenas até determinada faixa etária na infância e na recuperação de algumas patologias, como na insuficiência renal crônica (IRC). Portanto, esse valor não interfere diretamente na qualidade do produto quando consumido pelo público alvo.

Os maiores escores químicos foram encontrados nos aminoácidos sulfurados metionina e cisteína com valor de 1,15. A somatória do teor desses aminoácidos demonstrou um valor de 19,6 mg/g superior ao determinado como padrão de referência para adultos na faixa etária a partir de 18 anos, grupo para o qual esse produto é direcionado, a recomendação padrão é de 17 mg/g de proteína (FAO,1985).

Outro grupo de aminoácidos essenciais de grande destaque nesse produto são os aminoácidos de cadeia ramificada (BCAA), que correspondem a isoleucina, valina e leucina, mostraram valores em seus escores químicos que se aproximam ou superam, em percentual, as recomendações com valores de 74%, 88% e 101%, respectivamente. Constata-se que no caso da leucina os valores suplantam as recomendações do padrão de referência.

Esses aminoácidos ganham destaque, nesse contexto, pela função em fornecer energia em atividades físicas prolongadas, como as de *endurance* (atividades físicas realizadas durante mais de 90 minutos). Durante a oxidação desses aminoácidos ocorre a formação de intermediários do ciclo de Krebs; contribuindo assim para a manutenção da glicemia através do ciclo alanina-glicose; reduzindo as chances de outro aminoácido essencial, o triptofano plasmático de chegar á barreira hemato-encefálica, diminuindo a produção de serotonina no cérebro, provável responsável pela fadiga central (KRAUSE MARAN, 2002; MACADLE, KACH, KACH, 2004).

Em relação aos aminoácidos não essenciais o maior valor encontrado foi da glutamina com 47,2mg/g de proteína. Este aminoácido é um dos mais importantes no metabolismo energético. Entretanto, baixas taxas de produção e liberação de glutamina pelos músculos esqueléticos podem ocorrer pelo excesso de treinamento. Diminuindo a disponibilidade desse aminoácido para as células do sistema imune, provocando baixa na imunidade, pois a glutamina está ligada diretamente à indução de síntese de linfócitos, tornando os praticantes de atividade físicas susceptíveis a processos infecciosos (WILLIANS, 2002; MACADLE, KACH, KACH, 2004).

Segundo Lopes (2000) a possibilidade de destruição de alguns aminoácidos durante a hidrólise ácida, limita sua quantificação, interferindo de forma significativa na avaliação nutricional do produto elaborado, já que alguns aminoácidos podem ser parcialmente ou totalmente destruídos.

O processamento também exerce influência sobre a qualidade protéica, podendo acarretar na perda, em parte, de seu valor biológico pela deterioração ou

transformações ocorridas com os aminoácidos em consequência das alterações físicas, químicas, enzimáticas, tempo de armazenamento e pelas condições a que são submetidas durante o processamento (DUTRA, 2003).

As consequências mais significativas das alterações provocadas pelo processamento sobre os aminoácidos, segundo Dutra (2003) podem ser:

1. O aquecimento moderado e a presença de açúcares redutores podem levar à perda de lisina biodisponível, fato que pode explicar o baixo valor encontrado para este aminoácido na barra de castanha-do Brasil.

2. Sob determinadas condições de tratamento por aquecimento as proteínas podem se tornar resistente à digestão, e conseqüentemente a biodisponibilidade dos aminoácidos é reduzida.

3. O processo de oxidação ou uso de determinados compostos químicos, resulta na perda de metionina, sendo esse aminoácido é um dos mais importantes dentre a classe dos sulfurados, considerado limitante em diversos produtos de origem vegetal, dentre eles o feijão, o trigo e o milho.

Essas condições podem ter relação com os valores de aminoácidos encontrados na barra com alto teor protéico de castanha-do-Brasil, constatados em seus respectivos escores químicos em comparação aos valores considerados como padrão de referência da FAO (1985).

4.9 ANÁLISE SENSORIAL

Com base nos resultados obtidos nos testes de aceitabilidade aplicados aos produtos elaborados, foram calculados os índices de aceitação (IC), para cada formulação.

4.9.1 Teste de aceitabilidade

Os índices de aceitação (IC) obtidos através do teste de aceitação (análise sensorial), realizado com as diferentes formulações de barras de alto teor protéico, são apresentados na Tabela 20. A Figura 22 representa o resultado do teste de aceitabilidade na forma de gráficos.

Tabela 20: Índice de aceitação (IC) para as diferentes formulações das barras

Formulação	IC (Cor)	IC (Aroma)	IC (Sabor)	IC (Textura)	IC (Impressão global)
A (70/30%)	81,0a	81,0a	82,22a	80,67a	81,56a
B (75/25%)	86,67a	87,89b	91,78b	88,56b	87,89b
C (80/20%)	84,11a	79,33a	83,21a	81,22a	80,67a

A, B e C indicam as proporções percentuais de farinha desengordurada de castanha-do-Brasil e isolado protéico de soja respectivamente. Médias com letras iguais, na mesma coluna, não diferem entre si estatisticamente ($p > 0,005$).

A partir de dados comparativos o valor de F para o atributo cor, obtido, por meio, da ANOVA, para as diferentes formulações das barras de alto teor protéico ($F_{COR} = 2,34$), com o valor de F tabelado ($F_T (5\%) = 3,14$ e $F_T (1\%) = 4,95$), pode-se afirmar com 99% de certeza, que não existe diferença significativa entre as formulações para o referido atributo.

Em relação ao atributo aroma observou-se um valor de F ($F_{AROMA} = 10,67$) superior ao valor de F tabelado ($F_T (5\%) = 3,14$ e $F_T (1\%) = 4,95$). Neste caso pode-se afirmar com 99% de confiança, que existe diferença significativa entre as formulações, para o atributo aroma. Aplicando o teste de Tukey observou-se, com 95% de confiança, que a formulação 75:25 foi a mais aceita no atributo aroma.

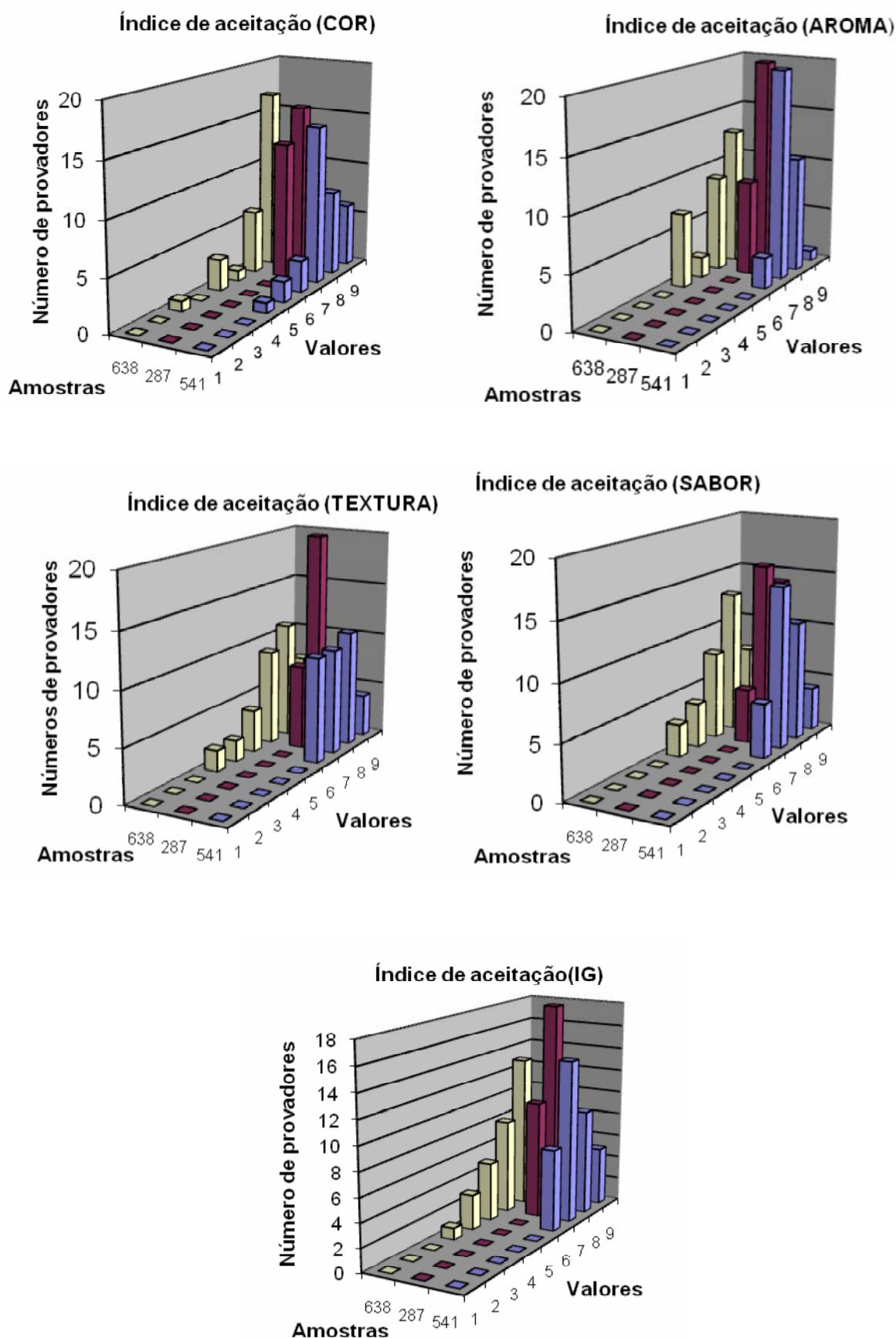


Figura 19. Diagramas de barras para o teste de aceitação aplicado às barras de alto teor protéico.

Para o atributo textura o valor de F ($F_{\text{TEXTURA}} = 6,35$) foi novamente superior ao valor de F tabelado ($F_T (5\%) = 3,14$ e $F_T (1\%) = 4,95$), indicando com 99% de confiança que existe diferença significativa entre as formulações, para o referido atributo. Aplicando o teste de Tukey observou-se que a formulação 75:25 foi a mais aceita também no atributo textura.

O valor de F para o atributo sabor ($F_{\text{SABOR}} = 9,29$), superior ao valor de F tabelado ($F_T (5\%) = 3,14$ e $F_T (1\%) = 4,95$), o que permite afirmar com 99% de confiança, que existe diferença significativa para este atributo, para o produto avaliado. Aplicando o teste de Tukey observou-se que a formulação 75:25 foi a mais aceita também no atributo sabor.

Comparando o valor de F para o atributo impressão global (F Impressão global = 5,79) com o valor de F tabelado ($F_T (5\%) = 3,14$ e $F_T (1\%) = 4,95$), pode-se afirmar com 99% de confiança, que este atributo apresentou diferença significativa entre as diferentes formulações de barras. Aplicando o teste de Tukey observou-se, com 99% de confiança, que a formulação 75:25 foi a mais aceita no aspecto impressão global.

Com base nos resultados gerais obtidos pela ANOVA e expresso no índice de aceitação médio (Figura 23) constatou-se, com pelo menos 95% de certeza, que o produto apresenta diferença significativa para os atributos mais objetivos no teste aceitabilidade (aroma, sabor, textura e impressão global do produto). O atributo que não apresentou diferença significativa foi o aspecto cor, entretanto, este demonstra resultados mais subjetivos, que podem oferecer mais confiabilidade quando mensurados por meio de técnicas analíticas.

Índice de aceitação médio

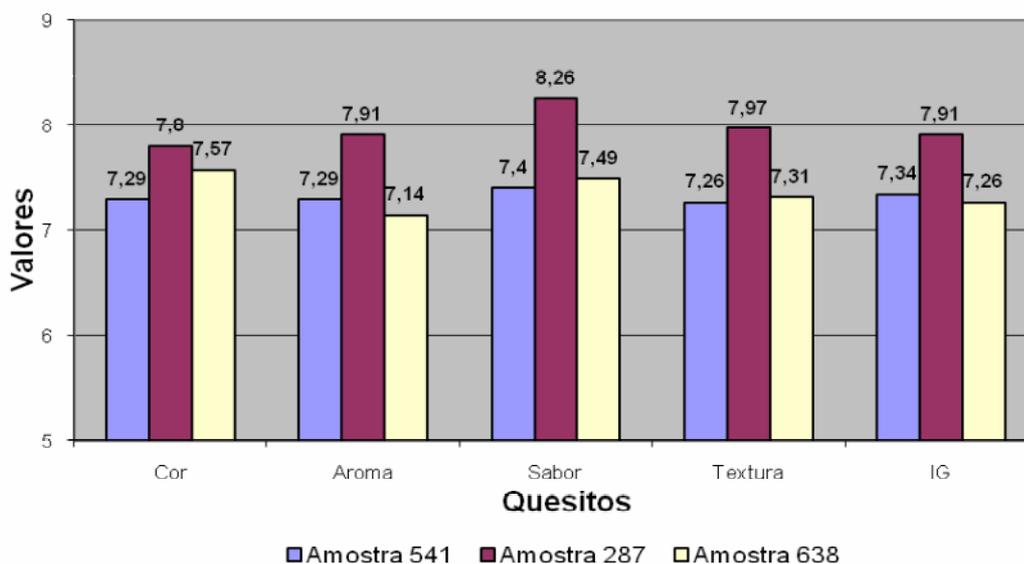
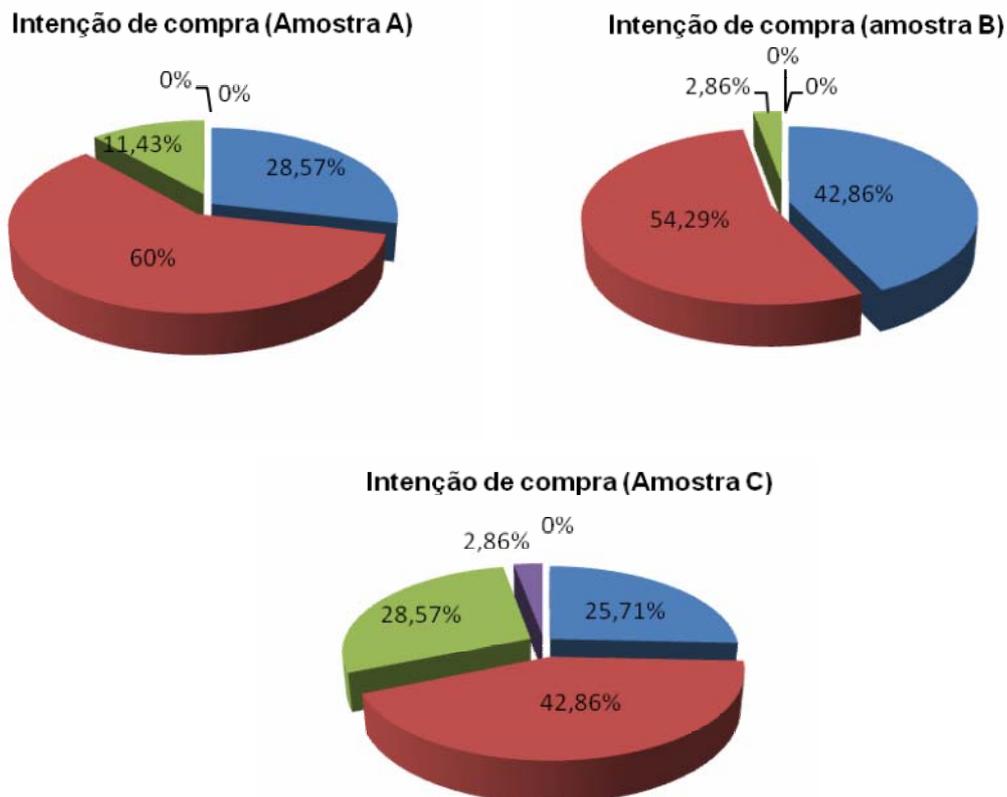


Figura 20: Diagramas de barras para o índice de aceitação médio aplicado às barras de alto teor protéico

A partir das avaliações gerais com base estatística, a formulação da barra de alto teor protéico na proporção 75:25 pode ser considerada a mais indicada para escala de produção e comercialização, o que lhe confere características de um produto com sabor, aroma e textura adequadas e com boa aceitação.

4.9.2 Intenção de compra

Os valores obtidos no teste de intenção de compra das barras elaboradas com as diferentes concentrações de farinha mista são apresentados na Figura 24. Os gráficos comprovam que as barras elaboradas com concentração de 70:30 e 75:25 de farinha desengordurada de castanha-do-Brasil e isolado protéico de soja, podem apresentar-se como produtos de grande aceitabilidade pelo mercado.



■ 5 – Certamente compraria ■ 4 – Provavelmente compraria ■ 3 – Talvez comprasse/ talvez não comprasse ■ 2 – Provavelmente não compraria ■ 1 – Certamente não compraria

Figura 21: Intenção de compra para as barras de alto teor protéico

Na análise obtida por meio da somatória das notas dos itens “certamente compraria” e “provavelmente compraria”, as barras com concentrações de 75:25 e 70:30, obtiveram os maiores percentuais com 97,15% e 88,57% de intenção de compra, respectivamente. Para as formulações com a concentração 80:20 esse percentual foi de 68,57. Os dados apresentados confirmam a potencialidade de mercado desse produto.

A avaliação geral obtida nos testes aplicados mostra resultados de aceitabilidade e intenção de compra, que atribui ao produto padrões técnicos, (determinados por suas propriedades físico-químicas) com grandes possibilidades tecnológicas e comercialmente viáveis para ser desenvolvido em grande escala pela indústria alimentícia desse segmento.

5 CONCLUSÕES

- Os resultados das análises térmicas (ATD e ATG) da farinha desengordurada de castanha-do-Brasil apresentaram perdas mínimas com a elevação da temperatura e a inclusão de isolado protéico de soja, não alterando seu padrão endotérmico.
- As micrografias eletrônicas de varredura mostraram nos grânulos de farinha de desengordurada de castanha-do-Brasil um padrão protéico de característica globular e constituição esponjosa.
- As análises físico-químicas do produto elaborado demonstraram um alto valor energético-protéico, além de elevado teor em fibras alimentares.
- As análises microbiológicas confirmam que o processamento foi satisfatório do ponto de vista microbiológico estando o produto dentro dos padrões de aceitabilidade e apto para consumo humano
- O perfil de aminoácidos apresentou um produto fonte de aminoácidos sulfurados metionina e cisteína e elevados valores dos aminoácidos de cadeia ramificada Isoleucina, leucina e valina
- Os testes de aceitabilidade e intenção de compra apresentaram um produto de grande aceitabilidade atrativo por suas peculiaridades sensoriais, agregado as suas características energético-protéicas

Ratifica-se assim técnica e comercialmente a viabilidade do desenvolvimento de produtos tipo barras com alto teor protéico a partir da castanha-do-Brasil.

REFERÊNCIAS

- ALLEONI, A. C. C. Albumen protein and functional properties of gelation and foaming. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 63, n. 3, p. 291-298, maio/jun. 2006.
- ANDERSON, L. A.; DIBBLE, M. V.; TURKKI, P. R.; MITCHELL, H. S.; RYNBERGEN, H. J. **Nutrição**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988. Cap. 10, p. 680 179-87.
- ANDERSON, J. W.; AKANJI, A. O. Treatment of diabetes with high fiber diets. In: SPILLER, G. A. (ed.) **Dietary fiber in human nutrition**. Boca Raton: CRC Press, 1992, p.443-470.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis**. 16. ed., Virginia, 1997.
- ALCOCER, M. J. C.; MURTAGH, G. J.; WILSON, P. B.; PROGIAS, P.; LIN, J.; ARCHER, D. B. The Major Human Structural IgE Epitope of the Brazil Nut Allergen Ber e 1: A Chimaeric and Protein Microarray Approach. **Journal Molecular Biology**, vol. 343, n. 3, pp. 759-769, 2004.
- ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 3. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004.
- BARBOSA, M. Na onda da barra. Com uma gestão alternativa e um produto campeão de vendas, Nutrimental afasta a crise e volta a ser uma empresa saudável. Disponível em: <www.terra.com.br/istoedinheiro> Acesso em set 2003.
- BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Varela, 2003.
- BOUSTANI, P.; MITCHELL, V. W. Cereal Bars: A Perceptual, Chemical and Sensory Analysis. **British Food Journal**, Manchester, v.92, n.5, p.17-22, 1992.
- BOWER, J. A.; WHITTEN, R. Sensory characteristics and consumer liking for cereal bar snack foods. **Journal of Sensorial Studies**, v.15, n.3, p.327-345, 2000.
- BOWLES, S.; DEMIATE, I. M. Caracterização Físico-Química de *Okara* e Aplicação em Pães do Tipo Francês. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 3, p. 652-659. jul.- set. 2006.
- BRASIL, Ministério da Agricultura Diário Oficial da União. Decreto - lei n. 51.209 de 1961. Decreto que determina a alteração da denominação de “castanha-do-pará” para “Castanha-do-Brasil”. **Diário Oficial**. Brasília, DF. Março de 1961.
- BRASIL, Ministério da saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), Resolução n. 34/1976 Diário oficial. MS, Brasília, de 1976. Regulamento técnico que fixa a tolerância limite para aflatoxina. **Diário Oficial**. Brasília, DF. 13 de janeiro de 1998a.

BRASIL, Ministério da saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), Portaria nº 222, de 24 de março de 1998. Regulamento Técnico referente a Alimentos para Praticantes de Atividade Física, **Diário Oficial**. Brasília, DF. 24 de março de 1998b.

BRASIL, Ministério da saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), Portaria nº 27, de 13 de Janeiro de 1998. Regulamento Técnico referente a Informação nutricional complementar, **Diário Oficial**. Brasília, DF. 13 de Janeiro de 1998c.

BRASIL, Ministério da saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), Portaria nº 398, de 30 de abril de 1999. Regulamento Técnico referente a Informação sobre alimentos funcionais, **Diário Oficial**. Brasília, DF. 30 de abril de 1999.

BRASIL, Ministério da saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), Resolução RDC nº 12 de 2 de janeiro de 2001. Regulamento técnico sobre os padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial**. Brasília, DF. 10 de janeiro de 2001.

BRASIL, Ministério da saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), Resolução RDC nº 274 de 15 de outubro de 2002. Regulamento técnico sobre os padrões de tolerância em produtos para consumo humanos para alimentos. **Diário Oficial**. Brasília, DF. 16 de outubro de 2002.

BRASIL, Ministério da saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), **Diário Oficial da União** Resolução RDC nº 360. Regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados Brasília, DF. Dezembro de 2003.

BRASIL, Ministério da saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), Portaria nº 593, de 25 de agosto de 2000. Regulamento Técnico referente a Informação sobre produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos, **Diário Oficial da União**. Brasília, DF. 17 de dezembro de 2004.

BRYON, E. **Manual de processamento descentralizado da castanha-do-pará**, Pernambuco, 1997.

CALDAS, E. D.; SILVA, S. C., OLIVEIRA, J. O. Aflatoxinas e ocratoxina A em alimentos e riscos para a saúde humana. **Revista Saúde Pública**; 36(3):319-23. Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília. Brasília, DF, 2002.

CAMARGO, I. P.; CASTRO, E. M; GAVILANES, M. L. Aspectos da anatomia e morfologia de amêndoas e plântulas de castanheira-do-Brasil, **CERNE**, v. 6, n. 2, Minas Gerais, 2000.

CÂNDIDO, L. M. B. **Obtenção de concentrados e hidrolisados protéicos de Tilápia do Nilo (*Oreochromus niloticus*): composição, propriedades nutritivas e funcionais**. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas, 1998.

CARDARELLI, H. R.; OLIVEIRA, A. J. Conservação do leite de castanha-do-pará. ESALQ/USP, **Scientia Agrícola**, v. 57, n. 4, out./ dez.2000.

CARVALHO, A. V. **Extração, concentração e caracterização físico-química e funcional das proteínas de semente de cupuaçu (*theobroma grandiflorum Schum*)**. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de engenharia de Alimentos, Campinas SP, 2004.

CHEN, B. H. Y.; MORR, C. V. Solubility and foaming properties of phytate-reduced soy protein isolate. **Journal Food Science**, v. 50, n. 4, p. 1139-1142, 1985.

CLARK, R.; JOHNSON, S. Sensory acceptability of foods with added lupin (*Lupinus angustifolius*) Kernel fiber using pre-set criteria. **Journal of Food Science**, v.67, n. 1, p. 356-362, 2002.

CLEMENTE, A.; CHAMBERS, S. J.; LODI, F; NICOLETTI, C.; BRETT, G. M. Use of indirect competitive ELISA for the detection of Brazil nut in food products. **Food Products**, n. 15, p. 65-69, 2004.

COELHO, K. D. **Desenvolvimento e avaliação da aceitação de cereais matinais e barras de cereais à base de amaranto (*Amaranthus carentus* L.)**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de alimentos) - Universidade de São Paulo, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, São Paulo, 2006.

COSTA, L. A. **Caracterização do resíduo da fabricação de farinha de mandioca e seu aproveitamento no desenvolvimento de alimentos em barras**. 2000. Dissertação (Mestrado em Ciências dos alimentos) - Programa de Pós-Graduação em Ciências dos Alimentos, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2000.

COUTINHO, V. F.; COZZOLINO, S. M. F. Análise da concentração de selênio em castanhas do Pará (*Bertholletia excelsa* H. B. R.) In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO - SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL NO BRASIL, Brasília, 1998. **Anais**. Brasília, 1998.

CUMMINGS, J. H. The effect of dietary fiber on fecal weight and composition. In: SPILLER, G. A. (ed.) **Dietary fiber in human nutrition**. Boca Raton: CRC Press, 1992, p.263-350.

DAVIDDSON, M. H.; MCDONALD, A. Fiber: Forms and functions. **Nutrition Research**, v. 18, n. 4, p. 617-624, 1998.

DIAS, L. T.; LEONEL, M. Caracterização Físico-Química de Farinhas de Mandioca de Diferentes Localidades do Brasil, **Ciência Agrotécnica**. Lavras, v. 30, n. 4, p. 692-700, jul./ago., 2006

DUTRA-DE-OLIVEIRA J. E.; MARCHINI, J. S. **Ciências Nutricionais**, ed. Savier. São Paulo, 2003.

ENRÍQUEZ, G.; SILVA, M. A.; CABRAL, E. **Biodiversidade da Amazônia: usos e potencialidades dos mais importantes produtos naturais do Pará.** Belém. NUMA/UFPa, 2003.

ESTÉVEZ, A.M.; ESCOBAR, B.; VÁSQUEZ, M.D.; CASTILLO, E.V.; ARAYA, E.; ZACARÍAS, I. Cereal and nut bars, nutritional quality and storage stability. **Plant foods for Human Nutrition**, Santiago, v.47, n.4, p.309-317, jun., 1995.

FOOD ADMINISTRATION ORGANIZATION. **Energy and Protein Requirements. Report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation.** World Health Organization Technical Report Series n. 724, Geneva, 1985. Disponível em <www.fao/ES/ess/index_en.asp> Acesso em dez. 2006.

FERBERG, I.; CABRAL, L. C.; GONÇALVES, E. B.; DELIZA, R. **Efeito das condições de extração no rendimento e qualidade do leite de castanha-do-Brasil despelculada.** Disponível em: <http://wm48.com.br/inmail/nph-download.pl/07%20lilana%20felberg_p65.htm?part=2&>. Acesso em: dez. 2006.

FERREIRA, A. B. H., **O minidicionário da língua portuguesa.** Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2001. p. 546.

FILHO, L. G. P. Umidade relativa de equilíbrio e oxidação de lipídios em farinha de castanha do Pará, de macadâmia e de soja. ESALQ/ Universidade de São Paulo, Piracicaba, **Revista Scientia Agrícola**, v. 51, n. 2, maio-ago. 1994.

FRANCAL, F. Barra de cereais: grande filão para comércio com EUA. Disponível em: <http://www.francal.com.br/codigo/p-noticias-conteudo.asp?noticias_ID=758>. Acesso em: set. 2006.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**, 9. ed. São Paulo: Editora Atheneu, 2003.

FREITAS, D. G.; MORETTI, R. H, Caracterização e avaliação sensorial de barras de cereais funcionais de alto teor protéico e vitamínico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 2, abril/jun.2006.

FREITAS, D. G.; MORETTI, R. H, Barras de cereais elaboradas com proteína de soja e gérmen de trigo, característica físico-química e textura durante o armazenamento. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**. v. 55, n. 3, Caracas. Set. 2005.

FREITAS, D. G. C. **Desenvolvimento e estudo da estabilidade de barra de cereais de elevado teor protéico e vitamínico.** Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, 2005.

GLÓRIA, M. M.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B. Concentrado e isolado protéico de torta de castanha-do-Pará: Obtenção e caracterização química e funcional. **Ciências Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v.20, n. 2, p.240-245, maio/ago.2000.

GONÇALVES, P. A. H. **Otimização a secagem da farinha de castanha do Pará (*Bertholletia excelsa* H. B. K)**. Trabalho de Conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal do Pará- UFPA, Belém- Pará, 1997.

GONZAGA, I. B., **Avaliação nutricional relativa ao selênio, em crianças com dieta enriquecida de castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*)**. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos). Universidade de São Paulo. Faculdade de ciências farmacêuticas, São Paulo, 2002.

GORBACH, S. L.; GOLDIN, B. R. Nutrition and the gastrointestinal microflora. **Nutritional Reviews**, v. 50, p. 378-381, 1992.

GUIDOLIN, F. R.; SANTOS, G. L.; Como posso adquirir materiais didáticos de barras de cereais. **Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas-SBRT**, 2005.

GUILLON, F.; CHAMP, M.; THIBAUT, J. F. Dietary fibre functional products. In: **Functional foods: concept to product**. GIBSON, G. R.; WILLIAMS, C. M. (ed). CRC Press, Boca Raton, 2000, p. 315-364.

HEDAYATI, M. T.; PASQUALOTTO, A. C. WARN, P. A. BOWYER, P. DENNING, D. W. *Aspergillus flavus*: human pathogen, allergen and mycotoxin producer. **Review: Microbiology**, v. 153, p. 1677-1692, 2007.

HENG, L.; KONINGSVELD, V. G. A.; GRUPPEN, H.; BOEKEL, M. A. J. S.; VINCKEN, J. P; ROOZEN, J. P; VORAGEN, A. G. J. Protein-flavour interactions in relation to development of novel protein foods. **Food Science Technology**, v. 15, n. 3-4 p. 217-224, 2004.

HUNG, S.C.; ZAYAS, J.F. Emulsifying capacity and emulsion stability of milk proteins and corn germ protein flour. **Journal of Food Science**, v. 56, n. 5, p.1216-1219, 1991.

IBGE-INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, Programa **SIDRA**: Bancos de Dados Agregados. Disponível em: <www.sidra.ibge.gov.br.> Acesso em: dez. 2006.

IÑARRITU, M. C.; FRANCO, L. V. Las Barras de Cereales como Alimento Funcional em los Niños. **Revista Mexicana de Pediatría**, México, v. 68, n. 1, 2001.

JAY, J. M, **Microbiologia de alimentos**; Trad. Eduardo César Tondo et al. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.

JENKINS, D. J. A.; SPADAFORA, P. J.; JENKINS, A. L.; RAINEY- ACDONALD, C. G. Fiber in the treatment of hyperlipidemia. In: SPILLER, G. A. (ed.) **Dietary fiber in human nutrition**. Boca Raton: CRC Press, 1992. p.419-438.

KANNAMKUMARATH, S. S.; WROBEL, K.; WUILLOUD, R. G. Studying the distribution pattern of selenium in nut proteins with information obtained from SEC-UV-ICP-MS and CE –ICP-MS. **Talanta**, v. 66, p.153-159, 2004.

KATO. A.; TAKAHASHI. A.; MATSUDOMI. N.; KOBAYASHI. K. Determination of emulsifying properties of some proteins by conductivity measurements. **Journal of Food Science**, v. 50, n. 1, p. 50-65, 1985.

KORNEXL, L. W. Limites e chances econômicas da produção e comercialização de Castanha-do-Brasil para pequenos produtores. **POEMA. Tropic**, n. 4, jul./dez. 1999.

KINSELLA, J. E.; DAMODARAN, S.; GERMAN, A. B. Physicochemical and functional properties of oilseed proteins with emphasis on soy proteins. In: ALTSCHUL, A. M.; WILCKE, H. L. (Ed) **New Protein Foods**, 2.ed. Orlando: Academic Press, v. 5, cap. v, 1985. p. 107-79.

LIN, M.J.Y.; HUMBERT, E.S.; SOSULSKI, F. W. Certain functional properties of sunflower meal products. **Journal of Food Science**, v. 39, n. 2, p. 368-370, 1974.

LOCATELLI, M.; SOUZA, V. F. Castanha-do-Brasil. características agrônômicas, produção de mudas e propagação vegetativa. Empresa Brasileira de pesquisa agropecuária, Embrapa, **Circular Técnica**, n. 17, Porto Velho, maio, 1990.

LOPES, A. S. **Estudo químico e nutricional das amêndoas de cacau (Theobroma cacao L.) e cupuaçu (Theobroma grandiflorum Schum.) em função do processamento**. 112p. 2000. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, 2000.

MACHADO, R. Postado em Produtos em 16 janeiro de 2007. Disponível em: <http://www.doceshop.com.br/blog/?p=157> Acesso em. set. 2007.

MACDLE. W. D.; KATCH. I. F.; KATCH. L. V. **Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano**. 5. ed.,Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.

MAHAN, L. K.; ESCOTT-STUMP, S. **Alimentos, nutrição e dietoterapia**. 10. ed., São Paulo: Roca, 2002, 1157 p.

MARCHINI, J. S.; RODRIQUES, M. M.; CUNHA, S. F.; FAUSTO, M. A.; VANNUCCHI, H.; DE OLIVEIRA, J. E. Calculation for recommendations regarding protein intake: their application to children and adults taking Brazilian foods. **Revista Saúde Pública**, n. 28, p. 146-52, 1994.

MASCHIO, A.; BROENSTRUP, A.; PASSOS, M.; Barra de cereais de banana. Porto Alegre, 2003. Disponível em: <www.ufrgs.br/Alimentus/feira/prcereal/>.Acesso em: jun. 2006.

MÍDIO, A. F.; MARTINS, D. I. **Toxicologia de alimentos**, Ed. Varela, São Paulo, 2000.

MORETTO, E.; FETT, R. **Tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos**. Ed. Varela, São Paulo, 1998.

MORENO, F. J.; JENKINS, J.; A.; MELLON, F. A.; RIGBY, N. M.; ROBERTSON, J. A.; WELLNER, N.; MILLS, E. N. C. Mass spectrometry and structural characterization of 2S albumin isoforms from Brazil nuts (*Bertholletia excelsa*). **Biochimica et Biophysica ACTA**, v. 1698, n. 2, 6, p. 175-186, mai. 2004.

MOTT, S. Soy protein in sports nutrition. **International Food Marketing e Technology**, vol.11, n.6, p.10-13, 1997.

NETO, C. J. F.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Avaliação Físico-Química de Farinhas de Mandioca Durante o Armazenamento. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.5, n.1, p.25-31, 2003.

OHR, L. M. Fortifying with fiber. **Food Technology**, v.58, n.2, p.71-75, 2004.

OLIVEIRA, C. A. F & GERMANO, P. M. Aflatoxins in foodstuffs: current concepts on mechanisms of toxicity and its involvement in the etiology of hepatocellular carcinoma. **Revista de Saúde Pública**, nº31, São Paulo, 1997.

PALAZZOLO, G. Cereal bars: they're not just for breakfast anymore. **Cereal Foods World**, v. 48, n. 2, Mar-Abr., p. 70-72, 2003.

PEHANICH, M. No holds barred. **Prepared Foods**, v. 172, n. 3, Mar., p. 79-80, 2003.

PENNACCHIO, Castanha-do-Brasil, junho de 2006. Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), 2006.

PHILLIPS, L.G.; HAQUE, Z.; KINSELLA, J.E. A method for the measurement of foam formation and stability. **Journal of Food Science**, v. 52, n. 4, p. 1074-1075, 1987.

RAMOS, C. M. P.; BORA, P. S. Functional characterization of acetylated Brazil nut (*Bertholletia excelsa* H. B. K) kernel globulin. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 1, p. 134-138, 2004.

REGITANO-D'ARCE, M. A. B. & SIQUEIRA, F. M. Obtenção do leite e farinhas de castanha do Pará. 6º Congresso e Exposição Latino americano sobre Processamento de Óleos e Gorduras – **Anais** - SBOG/AOCS, Campinas, SP, 25 - 28/09/95. Proceedings p. 265-267. 1995.

RIBEIRO, M. A. de A. **Aproveitamento tecnológico de castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*): estudo da qualidade de conservação**. Piracicaba, 1992. 117p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. São Paulo, 1992.

RIBEIRO, M. A. A.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; LIMA, U.A & BAGGIO, C.E. Armazenamento da castanha do Pará com e sem casca: efeito da temperatura na

resistência ao ranço. **Revista Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.50, n. 3, out-dez.1993.

RODRIGUES, R. S.; GOZZO, A. M, A. M.; MORETTI, R. H. Comportamento Reológico de Extratos de Grãos, Farinha Integral e Isolado Protéico de Soja **B.CEPPA**, Curitiba, v. 21, n. 2, jul./dez., 2003.

ROGEZ, H. N. C. Primeiro seminário do projeto “Estudo pluridisciplinar sobre a valorização de frutas Amazônicas e de seus derivados”, **VII castanha do Pará**, Belém, Brasil, janeiro, 1995.

SANTOS, E. T. R.; WANZELLER, Y. B. R. **Elaboração e caracterização de um produto tipo de barras de frutas regionais**. Trabalho de Conclusão de Curso.(Tecnólogo Agroindustrial – Ênfase em Alimentos) - Universidade do Estado do Pará – Núcleo Universitário de Marabá, 2005.

SGARBIERI, V. C. **Proteínas em alimentos protéicos**: propriedades, degradações, modificações. São Paulo: Ed. Varela, 1996. 517 p.

SERVIÇO BRASILEIRO DE RESPOSTAS TÉCNICAS. Disponível em: <<http://www.sbrt.ibict.br>> Acesso em: out. 2007.

SILVA, M. S.; NAVES, M. M. V.; OLIVEIRA, R. B.; LEITE, O. S. M. Composição Química e Valor Protéico do Resíduo de Soja em Relação ao Grão de Soja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 26, n. 3, p. 571-576, jul.-set., 2006.

SILVA, A. F.; MARSAIOLI Jr. A. Atividade de água em amêndoas de castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) secas por microondas e convencionalmente. **Revista Ciências Exatas e Naturais**. V. 5, n. 1, jan.-jun., 2003.

SILVEIRA, M. O. O preparo de amostras biológicas para microscopia de varredura eletrônica. In: W. de Souza (ed.). **Manual sobre técnicas básicas em microscopia eletrônica de varredura**, Técnicas básicas. Sociedade Brasileira de Microscopia Eletrônica, v. 1, p. 172-82. 1989.

SIQUEIRA, F. M. de.; REGITANO D'ARCE, M. A. B. Obtenção de produtos da castanha-do-pará (leite e farinha) com vistas à popularização do seu consumo. Piracicaba: **Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial**, 1993. 15p (Relatório FAPESP).

SOARES, L. M. V.; RODRIGEZ-AMAYA, D. B. Survey of aflatoxins, ochratoxin A, zearalenona and sterigmatocystin in some brazilian foods using multitoxin thin layer chromatographic method. **Journal of Association Analytical Chemistry**. v.72, n.1, p. 22-26, 1989.

SOUZA, G.; VALLE, J. L. E.; MORENO, I. Efeito dos componentes da soja e seus derivados na alimentação humana. **Boletim do SBCTA**, Campinas, v. 34, n. 2, p. 61-69, 2000.

SOUZA, E. B. **Análise do processamento de secagem de castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) em secador de bandejas utilizando planejamento estatísticos de experimentos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal do Pará, Belém – Pará, 1999.

SOUZA, M. L.; MENEZES, H.C. Processamento de amêndoa e torta de castanha-do-Brasil e farinha de mandioca: parâmetros de qualidade, **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 1, p. 120-128, jan./mar. 2004.

SOSULSKI, F.; HUMBERT, E.S.; BUI, K.; JONES, J.D. Functional properties of rapessed flour, concentrates and isolates. **Journal of Food Science**, v.41, n.6, p.1349-1376, 1976.

SUN, S. S. M.; ALTENBACH, S. B.; LEUNG, F. W. Properties, biosynthesis and processing of a sulfur-rich protein in Brazil nuts (*Bertholletia excelsa* H.B.K). **European Journal of Biochemistry**, v.162, p. 477-483, 1987.

SUN, S. S. M.; LEUNG, F. W.; TOMICL, J, C. Brazil nut (*bertholletia excelsa* h. b. k.) proteins: fractionation, composition, and identification of a sulfur-rich protein. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 35, p.232 – 235,1987.

STATISTICA for Windows. Versão 5.0. USA : StatSoft, 1995).

STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. 2nd ed. Redwood City: Academic Press, 1993. 338 p

TEODORO, D. M. D. **Avaliação dos teores de mercúrio e selênio em pescados da Região Amazônica**. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Pará (UFPA), Belém - Pará, 2006.

VANDERZANT, C.; SPLITTSTOESSER, D. F. (Ed). **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 3 ed. Washington: APHA, 1992, 1087p.

VILAS, A. T. Oportunidades da fruticultura brasileira nos mercados interno e externo. **Fruticultura em revista**. Edição especial, XVII Congresso Brasileiro de Fruticultura. Belém - Pará, novembro, p. 6-12, 2002.

VILHENA, M. R. **Ciência, tecnologia e desenvolvimento na economia da castanha-do-Brasil**. Dissertação (mestrado em Política Científica e Tecnológica) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências. Campinas, SP, 2004.

WILLIAMS. H. M. **Nutrição para saúde, condicionamento físico e desempenho esportivo**. 5. Ed. São Paulo: Manole, 2003.

ZUN, W. N.; SUN, S. S. M. Purification and characterization of methionine-rich 2s seed proteins from the Brazil nut family (Lecythidaceae). **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 44, p.1206-1210, 1996.