



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA

FACULDADE DE FARMÁCIA



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DE ALIMENTOS

FABIANA PACHECO REIS BATISTA

**PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E NUTRICIONAIS DA SEMENTE
DO FRUTO DE PIAÇAVA (*Attalea funifera* Martius)**

SALVADOR

2018

FABIANA PACHECO REIS BATISTA

**PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E NUTRICIONAIS DA SEMENTE
DO FRUTO DE PIAÇAVA (*Attalea funifera* Martius)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal da Bahia, como requisito do para a obtenção do título de Mestre em Ciência dos Alimentos.

Prof. Dr. Ederlan de Souza Ferreira
Orientador

Prof. Dra. Janice Izabel Druzian
Coorientadora

SALVADOR
2018

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Universitário de Bibliotecas (SIBI/UFBA),
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Batista, Fabiana Pacheco Reis
Propriedades físico-químicas e nutricionais da
semente do fruto de piaçava (*Attalea funifera* Martius)
/ Fabiana Pacheco Reis Batista. -- Salvador, 2018.
75 f.

Orientador: Ederlan de Souza Ferreira.
Coorientador: Janice Izabel Druzian.
Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em
Ciência de Alimentos) -- Universidade Federal da
Bahia, Universidade Federal da Bahia, 2018.

1. Coco de piaçava. 2. Oleaginosa. 3. Composição
centesimal. 4. Aminoácidos essenciais. 5.
Digestibilidade. I. Ferreira, Ederlan de Souza. II.
Druzian, Janice Izabel. III. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
FACULDADE DE FARMÁCIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DE ALIMENTOS

TERMO DE APROVAÇÃO

FABIANA PACHECO REIS BATISTA

PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E NUTRICIONAIS DA SEMENTE DO FRUTO DE PIAÇAVA (ATTALEA FUNIFERA MARTIUS)

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos (nível Mestrado Acadêmico) da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Ciência de Alimentos.

Aprovada em 29 de março de 2018.

BANCA EXAMINADORA

Dr. Ederlan de Souza Ferreira
Universidade Federal da Bahia
Orientador

Dr. Gustavo Guadagnucci Fontanari
Universidade de São Paulo

Dr. Marcelo Andrés Umsza Guez
Universidade Federal da Bahia

Aos meus avós e pais, por serem espelho de garra e determinação e mostrarem que a busca pelo conhecimento é o caminho mais curto para a obtenção do sucesso, dedico-vos.

AGRADECIMENTOS

À minha família, tios, primos e cunhadas, por sempre acreditarem no meu potencial e apoiarem minhas decisões com palavras de incentivo;

Aos meus irmãos, por me fazerem acreditar que a distância durante esse tempo valeu a pena e por estarem presentes, apesar das dificuldades;

Ao meu companheiro de vida, Aquilis, pelo amor e, sobretudo paciência. Por segurar firme os desabafos – por mais rudes que tenham sido – e encorajar-me a finalizar mais uma etapa da minha vida;

Ao meu orientador, Prof. Ederlan Ferreira, por todo o conhecimento compartilhado, pela confiança, generosidade e por vezes fazer-se família – incluindo as broncas e lições de moral;

Aos docentes do programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, pelas contribuições e por estarem sempre disponíveis para esclarecer quaisquer dúvidas;

Ao Sr. Hamilton Assunção e sua irmã Sra. Jonacia, por nos atender tão bem em Ituberá e disponibilizar a matéria prima deste estudo;

Ao LAPAAC e à Prof. Mara Spínola, por fornecer subsídios necessários para a execução do projeto e deixar fazer do laboratório o nosso verdadeiro ambiente de trabalho;

À equipe LAPESCA, à minha coorientadora Prof^a. Janice Druzian e à Carol Oliveira, por toda a ajuda intelectual e financiamento das análises. Obrigada por nos abraçarem;

Ao LACRIMA, LABTOX e Laboratório de Bromatologia, por disponibilizar infraestrutura laboratorial para realizar parte do trabalho;

Ao SENAI CIMATEC, em especial, Bruna Machado e Pollyana Melo, pela
disponibilidade em realização de algumas análises;

Aos amigos que tornaram esses dois anos e todas as adversidades mais leves e
que serão parte da minha vida para sempre, Adriana Barros, Biane Philadelpho,
Caio Alexandre, Fabiane Almeida, Mariana Barros, Mariana Novais, Natã Cruz e
Priscila Anjos. Esse trabalho também é de vocês;

Aos amigos que trabalharam junto e/ou apoiaram durante a construção deste
trabalho, Sílvia Valéria, Ludmila Suzarte, Samantha Costa, Larissa Matos e Lene
Nascimento;

Aos técnicos da Faculdade de Farmácia que foram parte essencial na execução
deste trabalho, Fátima, Sandra, Thamires, Mira, Leonardo, Jaff e Sérgio. Obrigada
por tornarem tudo mais fácil;

Às colegas de mestrado;

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pelo
financiamento do projeto;

À todos que participaram direta ou indiretamente,

Muito obrigada!

“Grandes batalhas só são dadas a
grandes guerreiros”

Mahatma Gandhi

RESUMO

A espécie *Attalea funifera* Martius, conhecida popularmente como piaçava, produz um fruto que dá origem a uma semente com elevada concentração de lipídeos. No entanto, não há formas alternativas para o aproveitamento do coco ou até mesmo da semente, em parte devido aos conhecimentos limitados sobre a constituição química e as propriedades nutricionais. Assim, no presente estudo foi determinado a composição centesimal, minerais majoritários e a digestibilidade *in vitro* da proteína presente na semente do fruto de piaçava, bem como a caracterização de algumas propriedades físico-químicas e nutricionais da fração lipídica e proteica. Os resultados da análise de composição centesimal demonstraram que a farinha da semente de piaçava é constituída por 29,7% de umidade, 50,8% de lipídeos, 4% de proteína, 2,2% de minerais, 10,9% de fibras totais e 13,3% de carboidratos totais, em base úmida. Na farinha parcialmente desengordurada foi observado um teor proteico de 14%, minerais de 6,1%, fibras de 15,5% e carboidratos de 54,9%. Os principais minerais encontrados na semente foram o potássio (531 mg.100 g⁻¹), magnésio (179 mg.100 g⁻¹), cálcio (49 mg.100 g⁻¹) e zinco (9 mg.100 g⁻¹). A caracterização dos lipídios mostrou que semente apresenta 96% de ácidos graxos saturados, sendo que o ácido láurico (48%) é o ácido graxo majoritário. Os valores observados para os índices de peróxido e acidez foram de 0,26 meq.Kg⁻¹ e 0,177 mg/NaOH.g⁻¹, respectivamente. Os resultados de caracterização da proteína mostram que somente a histidina apresentou valores inferiores (score, QS < 1,0) às recomendações. Por outro lado, foi observado quantidades expressivas de lisina (QS < 1,6), treonina (QS < 1,6), valina (QS < 1,5), isoleucina (QS < 1,3) e a metionina (QS < 1,1). As melhores condições para a solubilização da proteína foram obtidas utilizando a solução de NaOH (0,1 mol.L⁻¹), relação 1:20 m/v e 30 minutos de homogeneização. As glutelinas representaram a classe principal (24,63%) da proteína total da semente de piaçava. Os percentuais de digestibilidade da proteína total da farinha e das frações albumina, globulina e glutelina foram de 89%, 92%, 94% e 91%, respectivamente. A partir dos resultados apresentados recomenda-se o aproveitamento da semente de piaçava como fonte de alguns nutrientes.

Palavras-chave: Coco de piaçava; Oleaginosa; Composição centesimal; Aminoácidos essenciais; Digestibilidade.

ABSTRACT

The species *Attalea funifera* Martius, popularly known as piassava, produces a fruit that gives rise to a seed with a high concentration of lipids. However, there are no alternative ways to harness the coconut or even the seed, partly because of limited knowledge about chemical constitution and nutritional properties. Thus, in the present study the composition of centesimal, major minerals and *in vitro* digestibility of the protein present in the piassava fruit, as well as the characterization of some physical-chemical and nutritional properties of the lipid and protein fraction. The results of the centesimal composition analysis showed that the piassava seed meal consists of 29.7% moisture, 50.8% lipids, 4% protein, 2.2% minerals, 10.9% fiber total and 13.3% of total carbohydrates, on a wet basis. In the partially defatted flour, a protein content of 14%, minerals of 6.1%, fibers of 15.5% and carbohydrates of 54.9% were observed. The main minerals found in the seed were potassium (531 mg.100 g⁻¹), magnesium (179 mg.100 g⁻¹), calcium (49 mg.100 g⁻¹) and zinc (9 mg.100 g⁻¹). The characterization of lipids showed that 96% of saturated fatty acids were present, and lauric acid (48%) was the major fatty acid. The values observed for the peroxide and acidity indexes were 0.26 meq.kg⁻¹ and 0.177 mg / NaOH.g⁻¹, respectively. The protein characterization results show that only histidine had lower values (score, QS <1.0) than the recommendations. On the other hand, significant amounts of lysine (QS <1.6), threonine (QS <1.6), valine (QS <1.5), isoleucine (QS <1.3) and methionine (QS < 1.1). The best conditions for protein solubilization were obtained using the NaOH solution (0.1 mol.L⁻¹), 1:20 m / v ratio and 30 minutes homogenization. The glutelins represented the main class (24.63%) of the total protein of the piassava. The percentages of digestibility of total flour protein and albumin, globulin and glutelin fractions were 89%, 92%, 94% and 91%, respectively. From the results presented it is recommended the use of the piassava seed as source of some nutrients.

Keywords: Piassava coconut; Oleaginous; Centesimal composition; Essential amino acids; Digestibility.

LISTA DE FIGURAS

Capítulo I	- Propriedades físico-químicas e nutricionais da semente do fruto de piaçava (<i>Attalea funifera</i> Martius).....	16
Figura 1.1	- Espécime de <i>Attalea funifera</i> na região rural de Ituberá (BA).....	20
Figura 1.2	- Localização geográfica dos plantios da <i>Attalea funifera</i> M. na região do baixo sul da Bahia.....	21
Figura 1.3	- Estrutura do fruto de piaçava (<i>Attalea funifera</i> M.).....	21
Figura 1.4	- Semente do fruto de piaçava (<i>Attalea funifera</i> M). (A) Semente formada no coco seco. (B) Sementes obtidas do coco seco.....	22
Figura 1.5	- Composição de macronutrientes de oleaginosas do Brasil.....	24
Figura 1.6	- Representação eletroforética de proteína de glúten de trigo.....	35
Capítulo II	- Manuscrito: Propriedades físico-químicas e digestibilidade da proteína da semente de piaçava (<i>Attalea funifera</i> M.).....	41
Figura 2.1	- Efeito do pH na solubilidade da proteína da farinha de piaçava.....	65

LISTA DE TABELAS

Capítulo I	- Propriedades físico-químicas e nutricionais da semente do fruto de piaçava (<i>Attalea funifera</i> Martius).....	16
Tabela 1.1	- Participação da piaçava cultivada na Bahia na produção nacional de fibras.....	18
Tabela 1.2	- Digestibilidade de proteínas em alimentos de origem animal e vegetal.....	28
Capítulo II	- Manuscrito: Propriedades físico-químicas e digestibilidade da proteína da semente de piaçava (<i>Attalea funifera</i> M.).....	41
Tabela 2.1	- Caracterização física do fruto e da semente de piaçava.....	53
Tabela 2.2	- Composição de macronutrientes e micronutrientes da farinha de piaçava.....	55
Tabela 2.3	- Perfil de ácido graxo do óleo da semente de piaçava.....	58
Tabela 2.4	- Características físico-químicas do óleo da semente de piaçava.....	59
Tabela 2.5	- Composição de aminoácidos da semente de piaçava desengordurada.....	61
Tabela 2.6	- Efeitos de diferentes soluções extratoras na solubilidade da proteína da farinha de piaçava.....	62
Tabela 2.7	- Efeito da relação massa:volume na solubilidade da proteína da farinha de piaçava.....	63
Tabela 2.8	- Efeito do tempo de extração na solubilidade da farinha de piaçava.....	64
Tabela 2.9	- Composição das frações proteicas da farinha desengordurada de piaçava.....	66
Tabela 2.10	- Digestibilidade <i>in vitro</i> da farinha desengordurada e das frações proteicas da semente de piaçava.....	67

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo geral.....	16
2.2 Objetivos específicos	16
<i>Capítulo I - PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E NUTRICIONAIS DA SEMENTE DO FRUTO DE PIAÇAVA (Attalea funifera Martius)</i>	17
3 FUNDAMENTAÇÃO CIENTÍFICA.....	18
3.1 Aspectos gerais: Piaçaveira (<i>Attalea funifera Martius</i>).....	18
3.2 Aproveitamento do óleo e da torta de oleaginosas.....	24
3.3 Características nutricionais das proteínas de oleaginosas.....	26
3.4 Classificação das classes proteicas baseado na solubilidade	30
3.5 Características das glutelinas.....	32
REFERÊNCIAS.....	37
<i>Capítulo II - MANUSCRITO: PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E DIGESTIBILIDADE DA PROTEÍNA DA SEMENTE DE PIAÇAVA (Attalea funifera Martius)</i>	42
RESUMO.....	44
ABSTRACT.....	45
1 INTRODUÇÃO	46
2 MATERIAL E MÉTODOS	48
2.1 Material botânico e dimensões dos frutos e das sementes	48
2.2 Extração do óleo de piaçava por prensagem à frio	48
2.3 Propriedades físico-químicas do óleo de piaçava.....	48
2.4 Composição de ácidos graxos do óleo de piaçava.....	48
2.5 Obtenção da farinha integral e desengordurada da semente de piaçava.....	49
2.6 Análise de composição centesimal das farinhas de piaçava	50
2.7 Análise individual dos micronutrientes majoritários da farinha integral e desengordurada	50
2.8 Composição de aminoácidos da farinha desengordurada.....	51
2.9 Testes de solubilidade da proteína da farinha desengordurada.....	52
2.10 Fracionamento das proteínas da farinha desengordurada	52
2.11 Análise de digestibilidade <i>in vitro</i>	53
2.12 Análises estatística	53
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
4 CONCLUSÃO	71
ACKNOWLEDGMENTS	71
STATEMENT OF CONFLICT OF INTEREST	71
REFERÊNCIAS.....	72
SUPPLEMENTARY MATERIAL.....	76

1 INTRODUÇÃO

Existem no mundo aproximadamente 200 gêneros e 1500 espécies de palmeiras distribuídos desde o Norte da Europa até a Nova Zelândia com prevalência próxima à linha do equador. Deste total, 65 gêneros e 550 espécies ocorrem naturalmente no continente americano em uma das sete principais regiões de ocorrência: Mexicana, América Central, Caribenha, Andina, Amazônica, Central Brasileira e Litorânea da Mata Atlântica (HENDERSON, GALEANO e BERNAL, 1995).

O Brasil é um dos países com maior número de palmeiras. Entre as 2.700 espécies atualmente descritas, aproximadamente 300 são de palmeiras em estado nativo, entre espécies, variedades e híbridos naturais, sendo que, só de gêneros de *Arecaceae* são 240 (LORENZI et al., 2010). A área de maior ocorrência da espécie *Attalea funifera* M. se dá desde o município de Prado, no extremo sul baiano até próximo ao Estado de Sergipe, ocupando uma estreita faixa litorânea entre 2 e 20 Km composta de vegetação de restinga (HENDERSON, GALEANO e BERNAL, 1995). A maior concentração de piaçavais está situada nos municípios localizados na faixa litorânea mais ao sul do estado da Bahia, onde é considerada endêmica.

Como principais características, a piaçava cultivada na Bahia possui a possibilidade de adaptação em solos arenosos de baixa fertilidade que são considerados impróprios para outras culturas agrícolas. Desenvolve-se em climas quentes e úmidos com temperaturas variando entre 20 a 26 °C e umidade relativa do ar acima de 80% (VOEKS, 2002). Simões e Lino (2003) relataram que a altura média da *Attalea funifera* é de 12 metros, podendo alcançar em alguns casos 20 metros de altura. O número de piaçaveiras por hectare está entre 400 a 2690 plantas, variando de acordo com o município. Possui 20 cm a 25 cm de diâmetro e o tempo médio de

vida está por volta de 20 anos (AQUINO et al., 2002). É comumente confundida com a espécie de piaçava do Amazonas, a *Leopoldina piassaba*.

A principal atividade de exploração da piaçava (ou piaçaba) é realizada de maneira extrativista e os estudos relacionados concentram principalmente na produção e exploração de suas fibras (REIS e MOTTA, 2014; ELZUBAIR e SUAREZ, 2012; AVELAR et al., 2010). Porém, a planta também produz um fruto denominado de coco de piaçava que apresenta alta concentração de minerais (em torno de 5%), proteínas (aproximadamente 15%), bem como alto teor de lipídeos. Além disso, há relatos da utilização do mesocarpo para a produção de uma farinha denominada de “satim”, sendo está usada como ingrediente para elaboração de outros alimentos, e o endocarpo tem sido empregado na produção de carvão vegetal (SIMÕES e LINO, 2003). Por outro lado, não há relato na literatura sobre estudos realizados sobre o aspecto nutricional da semente do fruto de piaçava quanto à sua composição centesimal, caracterização dos lipídeos, composição em aminoácidos e propriedades funcionais das proteínas.

A caracterização de frutos nativos pouco conhecidos é de grande importância para cada região, tanto na visão industrial como também da população, sob o ponto de vista econômico e sustentável, especialmente no que diz respeito aos seus componentes nutricionais.

Portanto, o presente estudo teve como objetivo determinar a composição centesimal, físico-químicas da semente do fruto de piaçava, bem como do óleo extraído, além de caracterizar a proteína presente na semente a fim de buscar a agregação de valor, alternativas rentáveis e sustentáveis de exploração da espécie *Attalea funifera* Mart. para a região local.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

✓ O objetivo do presente estudo foi determinar a composição centesimal, minerais majoritários e a digestibilidade da semente do fruto de piaçava, bem como caracterizar algumas propriedades físico-químicas e nutricionais de suas frações proteicas.

2.2 Objetivos específicos

- ✓ Verificar os parâmetros biométricos dos frutos (coco) da piaçava;
- ✓ Determinar a composição centesimal e dos minerais majoritários que constituem a semente do fruto;
- ✓ Analisar a composição em ácidos graxos da semente e do óleo extraído;
- ✓ Determinar os parâmetros físico-químicos do óleo extraído;
- ✓ Avaliar as características de solubilidade das proteínas em função de diferentes variáveis;
- ✓ Extrair, isolar e quantificar as diferentes frações proteicas que constituem a proteína total da semente;
- ✓ Determinar a composição de aminoácidos da farinha e das frações proteicas isoladamente;
- ✓ Caracterizar as propriedades da proteína majoritária da semente, com destaque para algumas propriedades moleculares;
- ✓ Avaliar a digestibilidade *in vitro* da farinha e das frações proteicas isoladamente nas formas nativas.

Capítulo I

PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E NUTRICIONAIS DA SEMENTE DO
FRUTO DE PIAÇAVA (*Attalea funifera* Martius)

3 FUNDAMENTAÇÃO CIENTÍFICA

3.1 Aspectos gerais: Piaçaveira (*Attalea funifera* Martius)

A piaçava foi descrita pela primeira vez na carta de Pero Vaz de Caminha na época do descobrimento do Brasil (SIMÕES e LINO, 2003), cujo nome é de origem tupi e significa “planta fibrosa” (BARRETO, 2009). Também foi descrita por Martius em 1825, sendo explorada comercialmente desde final do século 16 (VOEKS, 2002).

No Brasil existem seis palmeiras que produzem piaçava, sendo quatro na Região Norte e duas na Região Nordeste, regiões estas responsáveis por toda a produção de piaçava do Brasil. De acordo com levantamento reportado por Pintaud (2008), cerca de 73 espécies do gênero *Attalea* já foram descritas. Dentre essas, 15 espécies são encontradas no Brasil e 7 estão presentes no estado da Bahia, são elas: *A. barreirensis*, *A. burretiana*, *A. geraensis*, *A. pindobassu*, *A. salvadorensis*, *A. seabrensis* e em especial a *Attalea funifera* (SIMÕES e LINO, 2003), que possui maior importância econômica e que é o objetivo deste trabalho. Em 2016, a Bahia produziu aproximadamente 94% da piaçava do país e faturou quase cem milhões de reais, números mantidos estáveis nos últimos cinco anos, porém decrescentes quando comparados aos anos compreendidos entre 2007 e 2011, que mantinham aumento crescentes (**Tabela 1.1**) (IBGE, 2016).

Apesar do faturamento significativo, apenas uma pequena parte deste montante é destinado aos produtores. Amaral (2015), apresentando os indicadores de sustentabilidade da cadeia produtiva da piaçava, afirma que o fazendeiro vende a piaçava por um valor de 20,00 a 30,00 reais por arroba. Porém, algumas vezes, faz-se necessário a seleção de cortadores que realizam a técnica corretamente, pois é uma etapa de fundamental importância na regeneração da planta. Os cortadores recebem entre 10,00 e 15,00 reais por arroba de planta, ou seja, o produtor ainda

repassa 50% do valor recebido. Essa realidade desmotiva os produtores de piaçava da região do baixo sul baiano, pois os mesmos relatam um baixo retorno financeiro.

Tabela 1.1 – Participação da piaçava cultivada na Bahia na produção nacional de fibras.

Ano	Quantidade (tonelada)	Valor (R\$)
2007	72.694	82.284.000,00
2008	68.473	85.689.000,00
2009	70.551	107.797.000,00
2010	61.546	114.550.000,00
2011	59.369	120.355.000,00
2012	55.552	106.120.000,00
2013	42.476	80.017.000,00
2014	43.591	91.189.000,00
2015	43.041	98.123.000,00
2016	42.988	99.087.000,00

Fonte: IBGE (2016).

O desenvolvimento da planta *A. funifera* é caracterizado em três fases. A primeira é denominada de patioba que ocorre nos 3 primeiros anos. A segunda fase “bananeira” caracteriza-se pelo início da produção das fibras e a maturação dos frutos no período de 3 aos 12 anos. Na última fase, entre 12-15 anos a palmeira é chamada de coqueiro jovem, sendo este período caracterizado pela a máxima produção de frutos e fibras, e a partir dos 15 anos passa a ser considerada como coqueiro velho e a produtividade vai reduzindo progressivamente até os 50 anos (AMARAL, 2015).

Quando plantadas de maneira criteriosa e racional, as palmeiras começam a

produzir economicamente a partir do 7º ano. As fibras devem ser colhidas apenas uma vez ao ano para possibilitar a produção de matéria-prima com as melhores características para a comercialização (VINHA e SILVA, 1998). A qualidade e a aceitação da fibra da piaçaveira tem sido reconhecida internacionalmente em países como Estados Unidos, Reino Unido, Portugal, Bélgica, Holanda, Alemanha e Argentina, devido a sua elasticidade, flexibilidade e impermeabilidade. A aplicação destina-se à fabricação de pentes, escovas, bolsas, cordas para navio, cestos, porém é mais comumente aplicada em coberturas de quiosques, casas, choupanas e na fabricação de vassouras (PAMPONET, GOMES e ALMEIDA, 2013). De acordo com os resultados demonstrados por Aquino et al. (2002), as fibras da piaçava possuem aproximadamente 14% de umidade, 0,8% de resíduo mineral, 45% de lignina e 28,6% de celulose. Essa composição possibilita o uso das fibras na produção de carvão ativado (D'ALMEIDA, AQUINO e MONTEIRO, 2006) e no reforço de componentes de matriz polimérica (CORREIA et al., 2018; MIRANDA et al., 2015).

Na Bahia, o plantio da piaçava tem maior concentração nos municípios de Valença, Cairú, Taperoá, Nilo Peçanha, Ituberá, Camamu, Maraú, Itacaré e Ilhéus, que compreendem a região do baixo sul (PAMPONÉT, 2009). A **Figura 1.1** mostra a representação da espécie na região do baixo sul do estado da Bahia e a **Figura 1.2** ilustra a área geográfica em que se encontram os plantios nessa mesma região.

O fruto da piaçaveira, conhecido popularmente de coco de piaçava (**Figura 1.3**) é uma drupa de forma elíptica de 10 a 15 cm de comprimento e 5,5 a 9,0 cm de diâmetro, sendo formado por três camadas. A primeira, o epicarpo é a camada mais externa de 2-2,5 mm de espessura, o mesocarpo ou camada intermediária apresenta de 3 a 6 mm de espessura, sendo fibrosa e farinácea e o endocarpo de

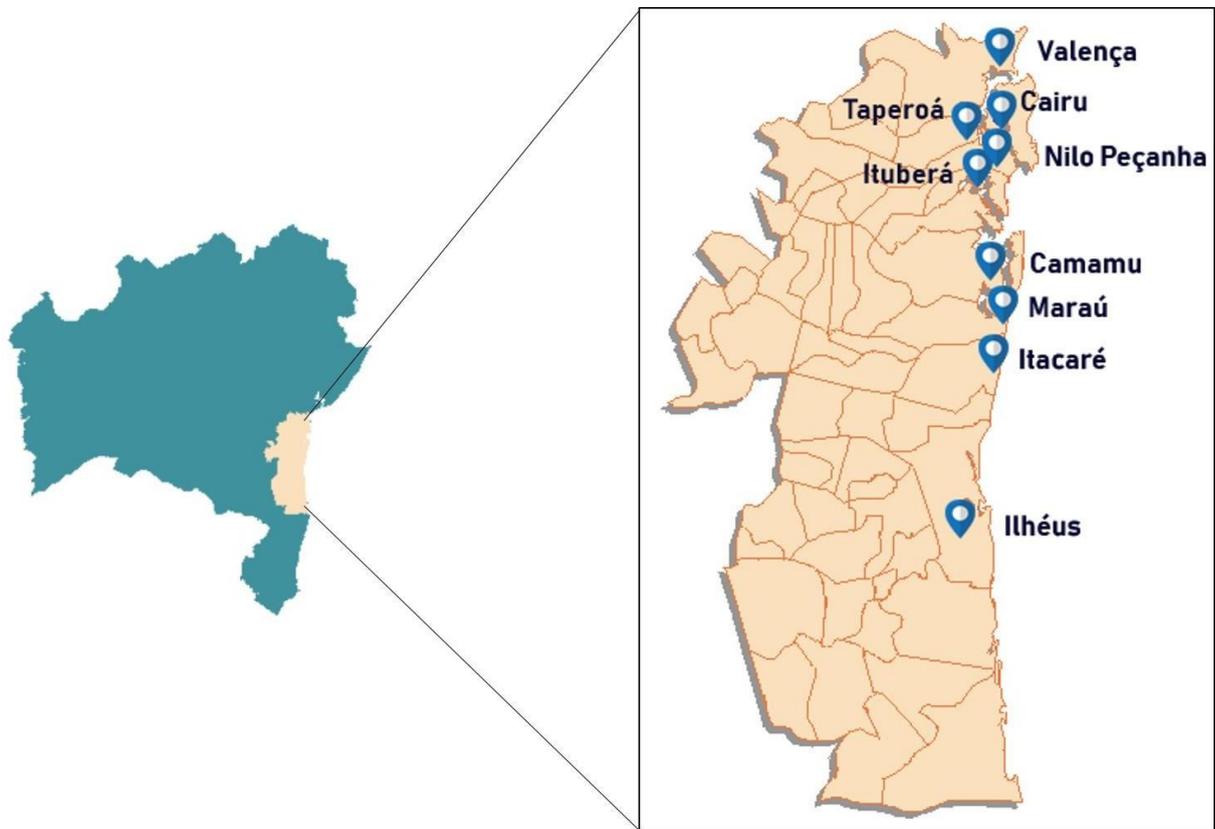
1,5 a 2,0 cm espessura que permanece em contato com a(s) semente(s) (MARTIUS, 1878; NOBLICK, 1991).

Figura 1.1 – Espécime de *Attalea funifera* na região rural de Ituberá (BA).



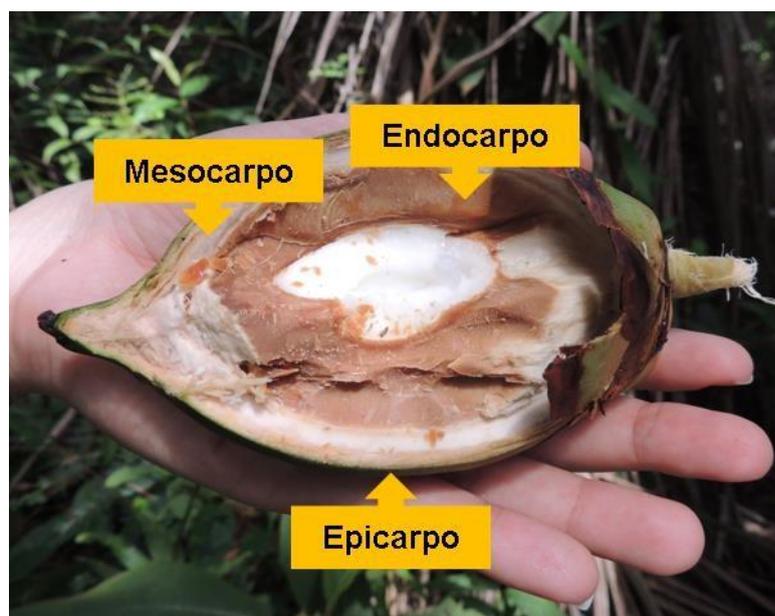
Fonte: *Próprio autor.*

Figura 1.2 – Localização geográfica dos plantios da *Attalea funifera* M. na região do baixo sul da Bahia.



Fonte: Adaptada da internet.

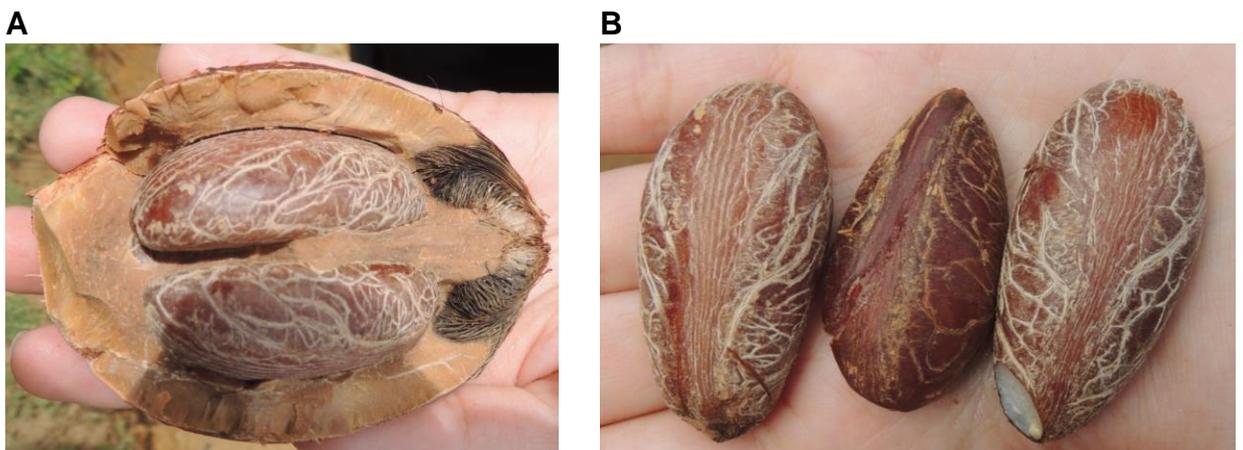
Figura 1.3 – Estrutura do fruto de piaçava (*Attalea funifera* M.).



Fonte: Próprio autor.

Embora pouco conhecido, quando o fruto encontra-se no estágio de maturidade inicial “verde”, observa-se na cavidade do fruto um líquido denominado vulgarmente de água do coco de piaçava. Por outro lado, quando em estágio de maturação elevado no interior do fruto originam-se as sementes (**Figura 1.4**) de características físicas oblongas que medem 3 a 4 cm de comprimento e 1,5 a 1,8 cm de diâmetro, podendo ser encontradas de 1 a 4 unidades em cada fruto que se encontram revestidas pelo tegumento (GUIMARÃES e SILVA, 2012).

Figura 1.4 – Semente do fruto de piaçava (*Attalea funifera* M.). (A) Semente formada no coco seco. (B) Sementes obtidas do coco seco.



Fonte: próprio autor.

A cultura da piaçava tem uma importância ecológica muito grande, por ser um elemento dentro do contexto da biodiversidade da Mata Atlântica no litoral da Bahia. Também tem alto valor ecológico, levando em consideração que esta palmeira é uma espécie endêmica do litoral da Bahia e está diretamente associada ao bioma Mata Atlântica, fornecendo renda extra aos produtores sem a necessidade de destruição da vegetação natural (MOREAU, 1997). No entanto, a recente redução na produção e comercialização das fibras, devido à substituição dessa matéria-prima pela fibra sintética tem ameaçado a sobrevivência da espécie, já que o cultivo de

outras matrizes agrícolas não nativas, porém mais rentáveis vêm sendo expandidas nas regiões (GUIMARÃES e SILVA, 2012).

Dessa forma, acredita-se que o reconhecimento de formas rentáveis de aproveitamento possa possibilitar a preservação, valorização e a conscientização para exploração racional e sustentável da espécie.

3.2 Aproveitamento do óleo e da torta de oleaginosas

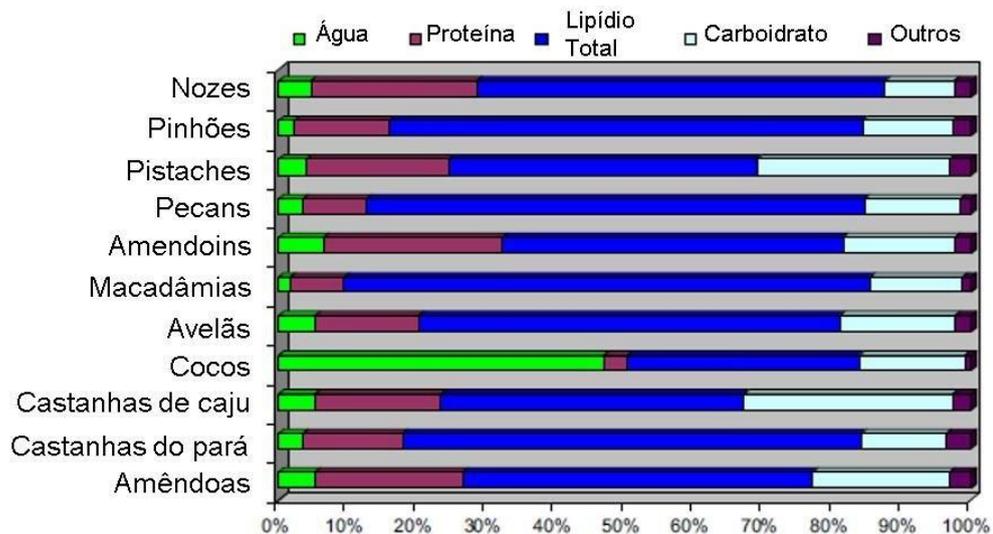
As oleaginosas são sementes com elevada (> 50% da composição) concentração de lipídios que geralmente são excelentes fontes de ácidos graxos insaturados, minerais e algumas vitaminas. Entre os principais alimentos caracterizados nesse grupo estão as nozes, castanhas, avelã, amendoim, amêndoas, canola, coco, dendê, linhaça, soja e milho.

Em geral, a maior parte das oleaginosas são comercializadas e consumidas na sua forma *in natura*. Mas também são bastante utilizadas para a extração do óleo através de processos físicos (prensagem a frio) e químicos, sendo de considerável valor para as indústrias de alimentos, cosméticas e farmacêuticas. No entanto, o óleo extraído a partir de palmáceas (coco, dendê) apresenta uma quantidade muito superior de ácidos graxos saturados quando comparado com os óleos obtidos das amêndoas, castanhas e nozes (YANG, 2009).

O resíduo gerado do processo de extração do óleo denominado de torta, porém quando este produto passa por tratamento térmico e de uniformidade dos grânulos para a ser caracterizado como farinha. A farinha obtida das sementes de oleaginosas tem sido também incorporada como ingrediente em produtos para fins nutricionais como fonte de nutrientes, entre eles de proteína e minerais (OLIVEIRA, MOUCHREK e MOUCHREK, 2017).

Yang (2009) analisou a quantidade de proteína em farinhas desengorduradas de diferentes espécies de oleaginosas. Os resultados encontrados demonstraram que o resíduo de amendoim apresenta o maior teor proteico, seguido das nozes, pistaches e da amêndoa, respectivamente. Além disso, verificou-se que os cocos contêm o maior teor de água, os cajus possuem índices máximos de carboidratos e as macadâmias são constituídas majoritariamente de lipídios (**Figura 1.5**).

Figura 1.5 – Composição de macronutrientes de oleaginosas do Brasil.



Fonte: Yang, 2009.

Mihiranie, Jayasundera e Perera (2017) desenvolveram snake tipo crackers enriquecido com farinha desengordurada de coco e concluíram que quando incorporadas a quantidade de 30% dessa farinha, o teor nutricional de proteínas do produto aumentou consideravelmente, sendo que características sensoriais foram melhoradas quando comparadas com as bolachas produzidas com 100% de farinha trigo. Além disso, os autores sugeriram que a farinha desengordurada de coco pode

ser considerada um ingrediente potencial para produtos alimentares, aumentando o conteúdo de fibra dietética total e melhorando suas propriedades tecnológicas.

O desenvolvimento de alimentos à base de farinha da sementes de oleaginosas vem sendo estudado desde muito tempo (KHALIL et al., 1983; OWIREDU, LARYEA e BARIMAH, 2014; MIHIRANIE, JAYASUNDERA e PERERA, 2017) e o consumo desses produtos estão associados à redução do risco de desenvolvimento de diabetes tipo II (KIM, KEOGH e CLIFTON, 2017), doenças cardiovasculares (STEPHENS et al., 2010), e de cólon, próstata e câncer (GROSSO et al., 2015). Além disso, são uma boa fonte de micronutrientes, particularmente potássio, fitoesteróis, tocoferol, esqualeno e fenólicos, todos atribuídos a vários benefícios potenciais para a saúde, como a redução do risco de doenças cardiovasculares e câncer (SAMINEH, SOODABEH e MOHAMMAD, 2014).

3.3 Características nutricionais das proteínas de oleaginosas

Os produtos vegetais, principalmente os cereais e as leguminosas ocupam um lugar importante na nutrição humana como fontes de proteínas alimentares, particularmente nas populações de países em desenvolvimento, devido às circunstâncias econômicas e sociais. O desenvolvimento de alimentos proteicos nutricionalmente balanceados para alimentar a crescente população nesses países vem recebendo cada vez mais atenção, com o intuito de minimizar o problema da desnutrição calórico-proteica. Para superar este desafio, as principais matérias-primas de sementes de oleaginosas e leguminosas são recomendadas para a produção e comercialização de alimentos acessíveis economicamente e fontes de proteínas (SINGH e SINGH, 1991).

As proteínas são macromoléculas formadas por unidades monoméricas de aminoácidos que apresentam na sua constituição química o elemento nitrogênio. Entre as funções desempenhadas pelas proteínas estão o papel como componente estrutural do músculo e outros tecidos. Além disso, são necessárias para síntese de hormônios, enzimas e hemoglobina. No entanto, para realizarem suas funções adequadas o organismo deve dispor em quantidade e qualidade de todos os aminoácidos. Portanto, 12 dos 20 aminoácidos são chamados de não essenciais, o que significa que eles podem ser sintetizados pelo próprio organismo de maneira adequada. Os aminoácidos restantes não são sintetizados, por isso são descritos como essenciais e devem ser obtidos a partir das proteínas dos alimentos. A ausência de qualquer um destes aminoácidos poderá comprometer a capacidade de realizar adequadamente suas funções (HOFFMAN e FALVO, 2004).

Desta forma, a qualidade nutricional de uma proteína refere-se à sua capacidade de satisfazer o requerimento nutricional de um indivíduo, baseado no reconhecimento de todas as funções fisiológicas na saúde e na doença (ROSTOM, 2018). Para isso, devem ser considerados os aspectos relacionados à composição de aminoácidos, digestibilidade, biodisponibilidade dos aminoácidos essenciais; ausência de toxicidade e/ou de propriedades antinutricionais (CARBONARO et al. 2000).

A digestibilidade é a medida da porcentagem das proteínas que são hidrolisadas pelas enzimas digestivas e absorvidas pelo organismo na forma de aminoácidos ou de qualquer outro composto nitrogenado. Trata-se de um determinante da qualidade proteica da dieta (PIRES et al., 2006). Já está bem estabelecido que as proteínas de origem animal apresentam digestibilidade elevada (acima de 95%) quando comparadas com as de origem vegetal (abaixo de 80%)

(BECKER e YU, 2013). Isso ocorre devido a presença de compostos fenólicos na composição dos vegetais, fibras, pigmentos, produtos de oxidação de ácidos graxos insaturados, açúcares redutores que podem reagir com as proteínas interferindo na digestão (GILANI et al. 2012; HEJAZI et al. 2016). Hussein et al. (1981) estudaram a digestibilidade proteica das farinhas de amendoim e soja. Os resultados encontrados demonstraram que a farinha do amendoim apresentou valores superiores significativamente quando comparado à de soja, sendo que os valores de digestibilidade foram próximos à da proteína animal. O teste *in vitro* de digestão com pepsina e pancreatina simula o sistema digestivo e é amplamente utilizado para estudar as mudanças estruturais, a digestibilidade e a liberação de componentes alimentares sob condições gastrointestinais (AFIFY et al., 2012).

A **Tabela 1.2** demonstra a comparação entre a digestibilidade de algumas proteínas de origem vegetal e com a animal, utilizadas na alimentação humana. Apesar da digestão ser um dos fatores importantes para se estimar a qualidade de uma proteína, somente este parâmetro independente não garante com cumprimento do requerimento. A concentração de aminoácidos essenciais na constituição de uma proteína também deve ser considerada como um critério relevante, pois a quantidade inadequada de algum aminoácido essencial torna a proteína limitante a ele. Geralmente, isso tem ocorrência entre as proteínas dos grãos de leguminosas e cereais, onde apresentam como aminoácidos limitantes a lisina e a metionina, respectivamente (WEINBORN et al. 2015; NTATSI et al. 2018).

Tabela 1.2 – Digestibilidade de proteínas em alimentos de origem animal e vegetal.

Fonte Proteica	Digestibilidade (%)	Fonte Proteica	Digestibilidade (%)
Ovo	97	Arroz	88
Leite, queijo	95	Farinha de soja	86
Carne, peixe	94	Trigo integral	86
Glúten de trigo	99	Milho	85
Isolado proteico de soja	95	Feijões	78
Amendoim	94	Cereal de arroz	75

Fonte: Fennema, Damodaran e Parkin (2010).

Pires et al. (2006) determinaram o teor de aminoácidos de diferentes fontes, tanto animal quanto vegetal. Das proteínas estudadas, todas as de origem animal apresentaram alto valor nutricional com capacidade dietética de suprir o organismo humano com níveis adequados de aminoácidos essenciais. Já as proteínas de origem vegetal, apresentaram um ou mais aminoácidos essenciais limitantes, com níveis abaixo do recomendado para o ser humano. Por exemplo, o feijão e a soja apresentaram os aminoácidos metionina+cisteína como limitantes; o trigo e o milho tiveram como limitantes os aminoácidos essenciais, isoleucina, lisina, metionina+cisteína, treonina e valina.

Diferentes produtos de origem vegetal podem se complementar em seus teores proteicos, especialmente para a população que eliminou da dieta produtos de origem animal. Os fatores que influenciam (reduzem) direta ou indiretamente à biodisponibilidade de aminoácidos podem ser fisiológicos, quando a digestão e a absorção são incompletas; ou podem também ser químicos, quando as proteínas

interagem com outros componentes do alimento, por exemplo em produtos que ocorrem reação de maillard; e quando há modificações físicas e químicas das proteínas durante o processamento e armazenamento dos produtos (HEJAZI et al. 2016).

3.4 Classificação das classes proteicas baseado na solubilidade

Assim como ocorre nas sementes de leguminosas, algumas sementes de frutos apresentam característica de acumularem quantidades de proteínas no cotilédone durante o desenvolvimento, devido à necessidade de realização de funções catalíticas, estruturais e de reserva nutricional, sendo dessa forma amplamente reconhecidos como importantes fontes proteicas na alimentação humana (CARBONARO, 2000).

As proteínas de sementes são divididas em dois grupos. O primeiro são as proteínas de reserva que geralmente representam parte considerável da proteína total e o segundo representado pelas proteínas com atividades biológicas (enzimas, inibidores de proteases, lectinas, entre outras). Ambos são constituídos por espécies de proteínas heterogêneas, as quais em virtude de suas características de solubilidade em diferentes sistemas solventes são reunidas em quatro classes proteicas principais (albuminas, globulinas, prolaminas e glutelinas) (LOURENÇO, 2000).

As albuminas são solúveis em água em pH 6,6, facilmente coaguláveis pelo calor e apresentam perfil de aminoácidos essenciais mais adequados para consumo humano. Por ser um grupo de proteínas mais abrangente, é constituída também por enzimas e outras proteínas metabólicas como, por exemplo, inibidores de tripsina (DURANTI e GIUS, 1997). Exemplos de albumina incluem a albumina sérica, ovoalbumina e α -lactoalbumina.

As globulinas são praticamente insolúveis em água, mas solúveis em soluções salinas diluídas em pH 7. Constituem a principal proteína de reserva das leguminosas e apresentam baixas concentrações de aminoácidos sulfurados e triptofano, mas altas concentrações de lisina. São facilmente coaguláveis pelo calor e podem ser isoladas a partir de tecidos animais e vegetais. Exemplos de globulina são glicinina, faseolina e β -lactoglobulina (CRUZ et al., 2011).

As prolaminas são proteínas encontradas somente em vegetais, mais comumente em cereais. São solúveis em etanol entre 70% e 80%. Entre os exemplos de prolaminas estão a gliadina e a zeína (WANG et al., 2016).

As glutelinas, assim como as prolaminas são proteínas encontradas em vegetais. São solúveis apenas em soluções ácidas de pH 2 e soluções alcalinas de pH 12. Exemplos de glutelinas incluem o trigo (glutenina) e o arroz. As escleroproteínas são as proteínas que, devido ao seu alto grau de insolubilidade, foram definidas inicialmente como as proteínas insolúveis das células e tecidos. A solubilização dessas proteínas requer comumente a ação de agentes de degradação das moléculas, como ácidos e bases, detergentes e dispersantes. Pertencem à esta classe, que são proteínas de estrutura fibrosa, a queratina, que é a proteína insolúvel da pele e cabelos, e o colágeno, que é a proteína existente nos tecidos conectivos (tendões e ligamentos) (WANG et al., 2016).

Além destas, aparecem também na literatura duas outras classificações: as protaminas e as histonas. As protaminas possuem característica fortemente básica, de baixo peso molecular, também aparece associada a ácidos nucléicos e são obtidas em grandes quantidades de células espermáticas de peixes. Essas proteínas não contêm enxofre, contém elevado teor de nitrogênio (25-30%) devido à presença na molécula de grande quantidade de arginina, tirosina e triptofano

também estão ausentes nas protaminas, exemplos típicos são salmina (esperma de salmão), clupeína (esperma de arenque) e esturgina, extraída de esturjão.

As histonas são proteínas básicas solúveis em água e que liberam, pela hidrólise, grande quantidade de aminoácidos básicos. As histonas podem ser extraídas em grandes quantidades de certos tecidos glandulares como o timo e o pâncreas. A maioria das histonas aparece combinada com os ácidos nucleicos (nucleoproteína).

A representação de cada classe ou fração na proteína total é influenciado pelo genótipo e fatores ambientais, variando entre espécies, variedades e cultivares botânicas. Na maioria das leguminosas, albuminas e globulinas representam de 8,0% a 14,0% e de 30% a 42,0% da proteína total solúvel em sal, respectivamente. Variedades existem, entres elas as de feijões-comuns nas quais as globulinas compreendem 46% a 81% e as albuminas 12% a 31% da proteína total. Portanto, as globulinas são consideradas a classe proteica principal nas leguminosas. Os grãos de cereais geralmente apresentam percentuais elevados de glutelinas. A proteína total do arroz é constituída por 80% de glutelina, 10% de globulina, 5% de albumina e 5% de prolamina. Enquanto que as proteínas que constituem o grão de milho são representadas majoritariamente pelas prolaminas (40%) e glutelinas (35%) (SGARBIERI, 1996).

3.5 Características das glutelinas

A glutelina é a principal fração de alguns cereais, como o arroz e cevada, e sua concentração varia em cerca de 23% a 40% da proteína total do alimento (CAO et al., 2009). Esta proteína é encontrada no endosperma do vegetal e tem uma solubilidade limitada na água devido às suas moléculas serem ligadas por ligações

dissulfeto e interações hidrofóbicas extensas, o que pode em parte explicar a dificuldade na sua extração (XIA et al., 2012), porém em condições extremas de ácido e alcalino a solubilidade aumenta devido à promoção da dissociação de agregados de glutelina. Possui maior peso molecular entre as frações proteicas (HOUSTON, 1972). Hamada (1997) descobriu valores de massa molecular na glutelina obtida de arroz variando de 45 a 150 kDa, enquanto Chanput, Theerakulkait e Nakai (2009) e Xia et al. (2012) observaram massas moleculares de glutelina entre 10 e 60 kDa.

Apesar de alguns estudos demonstrarem características limitadas nas propriedades nutricionais da glutelina, devido à composição de aminoácidos essenciais, outros trabalhos mais recentes já mostram resultados mais promissores para o aproveitamento e qualidade dessas proteínas, através de hidrólise utilizando enzimas proteolíticas não convencionais (XU et al., 2016; ZHENG et al. 2015; XIA et al. 2012).

O tratamento com protease destas proteínas causa a formação de hidrolisados enzimáticos que possuem essas potenciais funcionalidades bioativas. Ma et al. (2014) demonstraram que hidrolisados de glutelina da aveia possuíam alta atividade antioxidante. Esses hidrolisados eram isolados e purificados para obter frações peptídicas ativas específicas, que poderiam ser utilizados na formulação de alimentos funcionais e na prevenção do estresse oxidativo responsável por diversas doenças crônicas. Durante a hidrólise enzimática, o peso molecular da proteína é reduzido significativamente. Isso é importante pois estudos sugerem que peptídeos de menor peso molecular são os antioxidantes mais eficientes devido à facilidade de atravessar a barreira intestinal e que cada espécie molecular desses peptídeos bioativos geralmente contém menos de 20 resíduos de aminoácidos.

Além do tamanho do peptídeo, certos resíduos de aminoácidos e sequências peptídicas também podem contribuir para a atividade antioxidante. Ma et al. (2017) sugerem que os aminoácidos mais reativos possuem as seguintes características: aromático (triptofano, tirosina e fenilalanina), devido à presença do grupo hidroxila atuar como doador de hidrogênio para os radicais livres; composto nucleofílico contendo enxofre (cisteína e metionina) e imidazol (histidina), devido à capacidade quelante de íons metálicos.

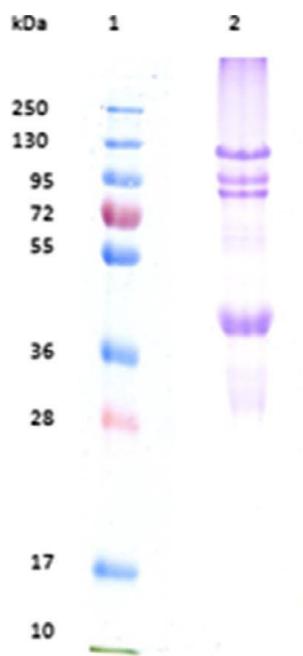
As glutelinas no trigo são conhecidas como gluteninas. Estas são constituídas por subunidades de baixa (básicas) e alta massa molecular (ácidas). As subunidades de gluteninas básicas apresentam massas moleculares entre 40 a 50 kDa. Já as subunidades ácidas são formadas por massas moleculares entre 95 a 136 kDa. As gluteninas quando hidratadas apresentam as características de coesividade e de elasticidade (SHEWRY et al., 1986).

Estudos anteriores demonstram que a distribuição dos aminoácidos da glutelina de trigo, centeio e cevada apresentam repetições típicas de sequências constituídas principalmente pelos aminoácidos glutamina (Q), prolina (P) e aminoácidos hidrofóbicos (X), tais como fenilalanina (F), tirosina (Y), isoleucina (I), valina (V) e leucina (L). Uma das sequências parciais mais frequentes é a QQPQQPXP. Especificamente em peptídeos da glutelina de trigo, além de Q e P, glicina (G), serina (S) e F são os aminoácidos mais frequentes. Com base no conteúdo de F e G, a maioria dos peptídeos podem ser agrupados em dois tipos amplamente diferentes. Um tipo contém entre um e três resíduos de F e outros aminoácidos hidrofóbicos, tais como L e I, podem ocorrer adicionalmente ou substituir F e o G está ausente. O segundo tipo contém G (no máximo nove resíduos). Em alguns casos, o conteúdo de G é mais alto que o de P e

frequentemente G é acompanhado por S, T e Y. Todos os peptídeos com Y também contêm G (WIESER, SEILMEIER e BELITZ, 1988).

Algumas técnicas são utilizadas para caracterizar frações proteicas, a contar a glutelina. A eletroforese é importante quando se deseja estimar o número de proteínas distintas em uma mistura ou o grau de pureza de uma preparação proteica. Além disso, permite determinar propriedades importantes, como o ponto isoelétrico e o peso molecular aproximado. O princípio do método se baseia na elaboração de geis de poliacrilamida, que funciona como uma peneira molecular, em que a migração de proteínas na proporção da razão entre a carga e a massa é realizada lentamente. Essa migração se dá através do potencial elétrico, E e é em função do seu tamanho e de sua forma. As proteínas são visualizadas pela adição de corante (**Figura 1.6**). Outra técnica são as cromatográficas, utilizadas para separar subunidades de glutenina com base em tamanho (cromatografia de filtração em gel), carga (cromatografia de permuta iônica), hidrofobicidade (cromatografia de interação hidrofóbica ou cromatografia de fase reversa) ou uma combinação dessas características (WANG et al., 2006).

Figura 1.6 – Representação eletroforética de proteína de glúten de trigo. Linha 1: Padrão; Linha 2: Pico referente à proteína.



Fonte: Chaudhary, Dangi e Khatkar, 2016.

REFERÊNCIAS

AFIFY, A. E-M. M. R.; EL-BELTAGI, H. S.; EL-SALAM, S. M. A.; OMRAN, A. A. Protein solubility, digestibility and fractionation after germination of sorghum varieties. **Plos one**, v.7, n.2, 2012.

AMARAL, M. M. **Construção de indicadores de sustentabilidade da piaçava (*Attalea funifera*) na mata atlântica**. São Paulo: Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. n.44, 2015. 26 p.

AQUINO, R. C. M. P.; DALMEIDA, J. R. M.; MONTEIRO, S. N. Desenvolvimento de compósitos de matriz polimérica de piaçava, como substitutivo de produtos de madeira. **Vértices**. v.4, p.42-47, 2002.

AVELAR, F. F.; BIANCHI, M. L.; GONÇALVES, M.; MOTA, E. G. The use of piassava fibers (*Attalea funifera*) in the preparation of activated carbon. **Bioresource Technology**, v.101, p.4639–4645, 2010.

BARRETO, R. O. Técnicas de manejo e sustentabilidade da palmeira *Attalea funifera* Martius piaçava da Bahia: estudo de caso em Massarandupió, Litoral Norte Bahia. **Candombá Revista Virtual**, v.5, p.80–97, 2009.

BECKER, P. M.; YU, P. What makes protein indigestible, from tissue-related, cellular, and molecular aspects? **Molecular Nutrition and Food Research**, v.57, p.1695–1707, 2013.

CAO, X.; WEN, H.; LI, C.; GU, Z. Differences in functional properties and biochemical characteristics of congenetic rice proteins. **Journal of Cereal Science**, v.50, p.184–189, 2009.

CARBONARO, M.; GRANT, G.; CAPPELLONI, M.; PUSZTAI, A. Perspectives into factors limiting *in vivo* digestion of legume proteins: Antinutritional compounds or storage proteins? **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.48, p.742–749, 2000.

CHANPUT, W.; THEERAKULKAIT, C.; NAKAI, S. Antioxidative properties of partially purified barley hordein, rice bran protein fractions and their hydrolysates. **Journal of Cereal Science**, v.49, p.422–428, 2009.

CHAUDHARY, N.; DANGI, P.; KHATKAR, B. S. Relationship of molecular weight distribution profile of unreduced gluten protein extracts with quality characteristics of bread. **Food Chemistry**, v.210, p.325–331, 2016.

CORREIA, I. K. S.; SANTOS, P. T.; SANTANA, C. S.; NERIS, J. B.; LUZARDO, F. H. M.; VELASCO, F. G. Application of coconut shell, banana peel, spent coffee grounds, eucalyptus bark, piassava (*Attalea funifera*) and water hyacinth (*Eichornia crassipes*) in the adsorption of Pb²⁺ and Ni²⁺ ions in water. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v.6, p.2319-2334, 2018.

CRUZ, K. S.; SILVA, M. A.; FREITAS, O.; NEVES, V. A. Partial characterization of

proteins from baru (*Dipteryx alata* Vog) seeds. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.91, p.2006–2012, 2011.

DALMEIDA, J. R. M.; AQUINO, R. C. M. P.; MONTEIRO, S. N. Tensile mechanical Properties, morphological aspects and chemical characterization of piassava (*Attalea funifera*) fibers. **Composites Part A**, v.37, p.1473–1479, 2006.

DURANTI, M.; GIUS, C. Legume seeds protein content and nutritional value. **Field Crops Research**, v.53, p.31–45, 1997.

ELZUBAIR, A.; SUAREZ, J. C. M. Mechanical behavior of recycled polyethylene/piassava fiber composites. **Materials Science & Engineering A**, v.557, p.29–35, 2012.

FENNEMA, O. R.; DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. **Química de Alimentos de Fennema**. Editora Artmed, 4. ed, 2010. 875 p.

GILANI, G. S.; XIAO, C. W.; COCKELL, K. A. Impact of antinutritional factors in food proteins on the digestibility of protein and the bioavailability of amino acids and on protein quality. **Journal of Nutrition**, v.108, p.315–332, 2012.

GROSSO, G.; YANG, J.; MARVENTANO, S.; MICEK, A.; GALVANO, F.; KALES, S. N. Nut consumption on all-cause, cardiovascular, and cancer mortality risk: a systematic review and meta-analysis of epidemiologic studies. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.101, p.783-793, 2015.

GUIMARÃES, C. A. L.; SILVA, L. A. M. **Piaçava da Bahia (*Attalea funifera* Martius): do extrativismo à cultura agrícola**. Ilhéus: Editus, 2012. 262 p.

HAMADA, J. S. Characterization of protein fractions of rice bran to devise effective methods of protein solubilization. **Cereal Chemistry**, v.74, p.662–668, 1997.

HEJAZI, S. N.; ORSAT, V. Malting process optimization for protein digestibility enhancement in finger millet grain. **Journal and Food Science and Technology**, v.53, p.1929–1938, 2016.

HENDERSON, A.; GALEANO, G.; BERNAL, R. **Field guide to the palms of the Americas**. New Jersey: Princeton University Press. 1995. 467 p.

HOFFMAN, J. R.; FALVO, M. J. Protein – which is best? **Journal of Sports Science and Medicine**, v.3, p.118–130, 2004.

HOUSTON, D. F. **Rice: Chemistry and Technology**. St. Paul: American Association of Cereal Chemists. p. 272-300, 1972.

HUSSEIN, M. A.; DORMA, M. I.; DESSOUKI, T. M.; HUSSAN, A. M. Effect of adding peanut meal on physical, chemical and organoleptic properties of sausages. **Proceeding European Meeting of Meat Research**, v.27, p.445–448, 1981.

IBGE. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura**. Instituto Brasileiro de

Geografia e Estatística. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria>>. Acesso em: 23 jan. 2016.

KHALIL, S. K.; AHMED, I.; IGBAL, P.; MUFTI, S. Nutritional and organoleptic evaluation of wheat bread supplemented with peanut flour. **Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research**, v.26, p.87–89, 1983.

KIM, Y.; KEOGH, J. B.; CLIFTON, P. M. Benefits of nut consumption on insulin resistance and cardiovascular risk factors: multiple potential mechanisms of actions. **Nutrients**, v.9, p.e1271, 2017.

LORENZI, H.; NOBLICK, L.; KAHN, F.; FERREIRA, E. **Flora Brasileira – Arecaceae (Palmeiras)**. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda. 2010. 384 p.

LOURENÇO, E. J. **Tópicos de Proteínas de Alimentos**. Jaboticabal: Funep, 2000. 344 p.

MA, S.; ZHANG, M. L.; BAO, X. L.; DONG, T. The purification of free radical scavenging peptides from naked oats glutelin produced by enzymatic hydrolysis. **Journal of Food and Nutrition Research**, v.2, p.675–680, 2014.

MA, S.; ZHANG, M.; BETA, T.; DONG, T.; BAO, X.; LI, Z. Purification and structural identification of glutelin peptides derived from oats. **Journal of Food**, v.15, p.508–515, 2017.

MARTIUS, K. F. P. Flora Brasiliensis. **Monachii**: Lipsiae. v.3, p.436-437, 1878.

MIHIRANIE, S.; JAYASUNDERA, M.; PERERA, N. Development of snack crackers incorporated with defatted coconut flour. **Journal of Microbiology Biotechnology and Food Science**, v.7, p.153–159, 2017.

MIRANDA, C. S.; FERREIRA, M. S.; MAGALHÃES, M. T.; BISPO, A. P. G.; OLIVEIRA, J. C.; SILVA, J. B. A.; JOSÉ, N. M. Starch-Based Films Plasticized with Glycerol and Lignin from Piassava Fiber Reinforced with Nanocrystals from Eucalyptus. **Materials Today: Proceedings**, v.2, p.134–140, 2015.

MOREAU, M. S. **Ocorrência, Manejo, Produtividade e Canais de Comercialização da Piaçava (*Attalea funifera* Mart.) em Ilhéus, Una e Canavieiras – Bahia**. 1997. p.62. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal da Bahia, Cruz as Almas, 1997.

NOBLICK, L. R. **The indigenous palms of the state of Bahia, Brazil**. Tese de Doutorado. Chicago: University of Illinois, 1991. 523 p.

NTATSI, G.; GUTIÉRREZ-CORTINES, M. E.; KARAPANOS, I.; BARROS, A.; WEISS, J.; BALLIU, A.; ROSA, E. A. S.; SAVVAS, D. The quality of leguminous vegetables as influenced by preharvest factors. **Scientia Horticulturae**, v.232, p.191–205, 2018.

OLIVEIRA, R. W. S.; MOUCHREK, V. E. F.; MOUCHREK, A. N. **Qualidade nutricional da torta da amêndoa de Castanha-do-Brasil obtida como subproduto da extração do extrato fluido vegetal**. Beau Bassin: Novas Edições Acadêmicas, 1.ed., v.1, 2017. 56 p.

OWIREDU, I.; LARYEA, D.; BARIMAH, J. Evaluation of cashew nut flour in the production of biscuit. **Nutrition & Food Science**, v.44, p.204–211, 2014.

PAMPONÉT, T. C. **Fotossíntese, produção de fibras e distribuição do sistema radicular em piaçaveiras sombreadas e a pleno sol**. 2009. 61p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2009.

PAMPONÉT, T. C.; GOMES, F. P.; ALMEIDA, A-A. F. Photosynthetic characteristics and fibre production following defoliation in *Attalea funifera* Mart., arecaceae, growing under full sun and forest understorey. **Experimental Agriculture**, v.49, p.435–447, 2013.

PINTAUD, J. C. An overview of the taxonomy of *Attalea*. **Revista Peruana de Biología**, v.15, p.55–63, 2008.

PIRES, C. V.; OLIVEIRA, M. G. A.; ROSA, J. C.; COSTA, N. M. B. Qualidade nutricional e escore químico de aminoácidos de diferentes fontes proteicas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.26, p.179–187, 2006.

REIS, J. M. L.; MOTTA, E. P. Mechanical behavior of piassava fiber reinforced castor oil Polymer mortars. **Composite Structures**, v.111, p.468–472, 2014.

ROSTOM, H.; SHINE, B. Basic metabolism: Proteins. **Surgery**, v.36, p.153–158, 2018.

SAMINEH, J.; SOODABEH, S.; MOHAMMAD, A. Role of natural phenolic compounds in cancer chemoprevention via regulation of the cell cycle. **Current Pharmaceutical Biotechnology**, v.15, p.409–421, 2014.

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

SHEWRY, P. R., HALFORD, N. G., AND TATHAM, A. S. **The high molecular weight subunits of wheat, barley and rye: Genetics, molecular biology, chemistry and role in wheat gluten structure and functionality**. IN: Oxford Surveys of Plant and Molecular Cell Biology. v.6., 1986.

SIMÕES, L. L.; LINO, C. F. **Sustentável Mata Atlântica: a exploração de seus recursos florestais**. São Paulo: Editora Senac, 2ed., 2003, 215 p.

SINGH, B.; SINGH, U. Peanut as a source of protein for human foods. **Plant Foods for Human Nutrition**, v.41, p.165–177, 1991.

STEPHENS, A. M.; DEAN, L. L.; DAVIS, J. P.; OSBORNE, J. A.; SANDERS, T. H. Peanuts, peanut oil, and fat free peanut flour reduced cardiovascular disease risk factors and the development of athero-sclerosis in Syrian goldenhamsters. **Journal of Food Science**, v.75, p.116-122, 2010.

VINHA, S. G.; SILVA, L. A. M. **A piaçaveira da Bahia**. Ilhéus: Editus, 1998, 48 p.

VOEKS, R. A. Reproductive ecology of the piassava palm (*Attalea funifera*) of Bahia, Brazil. **Journal of Tropical Ecology**. v.18, p.121–136, 2002.

WANG, Y.; LIU, L.; ZHAO, H.; SUN, G.; GUO, A. Purification of wheat flour high-molecular-weight glutenin subunits by fast protein liquid chromatography. **Journal of Cereal Science**, v.44, p.174–181, 2006.

WANG, Z.; LI, H.; LIANG, M.; YANG, L. Glutelin and prolamin, different components of rice protein, exert differently in vitro antioxidant activities. **Journal of Cereal Science**, v.72, p.108-116, 2016.

WEINBORN, V.; PIZARRO, F.; OLIVARES, M.; BRITO, A.; ARREDONDO, M.; FLORES, S.; VALENZUELA, C. The Effect of Plant Proteins Derived from Cereals and Legumes on Heme Iron Absorption. **Nutrients**, v.7, p.8977–8986, 2015.

WIESER, H.; SEILMEIER, W.; BELITZ, H-D. Comparative investigations of partial amino acid sequences of prolamins and glutelins from cereals. VIII. Amino acid sequences of glutelin peptides. **Zeitschrift Fur Lebensmittel-Untersuchung Und – Forschung**, v.187, p.27–34, 1988.

XIA, N.; WANG, J-M.; GONG, Q.; YANG, X-Q.; YIN, S-W.; QI, J-R. Characterization and In Vitro digestibility of rice protein prepared by enzyme assisted microfluidization: comparison to alkaline extraction. **Journal of Cereal Science**, v.56, p.482–489, 2012.

XU, X.; ZHONG, J.; CHEN, J.; LIU, C.; LUO, L.; LUO, S.; WU, L.; McCLEMENTS, D. J. Effectiveness of partially hydrolyzed rice glutelin as a food emulsifier: comparison to whey protein. **Food Chemistry**, v.213, p.700–707, 2016.

YANG, J. Brazil nuts and associated health benefits: A review. **LWT – Food Science and Technology**, v.42, p.1573–1580, 2009.

ZHENG, X-Q.; WANG, J-T.; LIU, X-L.; SUN, Y.; ZHENG, Y-J.; WANG, X-J.; LIU, Y. Effect of hydrolysis time on the physicochemical and functional properties of corn glutelin by Protamex hydrolysis. **Food Chemistry**, v.172, p.407–415, 2015.

Capítulo II

MANUSCRITO: PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E DIGESTIBILIDADE DA
PROTEÍNA DA SEMENTE DE PIAÇAVA (*Attalea funifera* Martius)

**Propriedades físico-químicas e digestibilidade da proteína da semente da
Attalea funifera M.**

**Physico-chemical properties and digestibility of proteins of piassava (*Attalea
funifera* M.) seed**

Fabiana Pacheco Reis Batista^a, Natã Pereira da Cruz^a; Priscila Anjos Miranda^a; Mariana Barros de Cerqueira e Silva^b, Carolina Oliveira de Souza^a; José Antonio Menezes-Filho^a; Eduardo Maffud Cilli^b; Janice Izabel Druzian^a, Ederlan de Souza Ferreira^{a,*}

^aDepartamento de Análises Bromatológicas, Faculdade de Farmácia, Universidade Federal da Bahia, Rua Barão de Jeremoabo, s/n, 40170-115, Salvador, BA, Brasil.

^bInstituto de Química, Universidade do Estado de São Paulo (UNESP), Rua Prof. Francisco Degni, 55, 14800-060, Araraquara, SP, Brazil.

*ENDEREÇO PARA CORRESPONDÊNCIA:

Prof. Ederlan de Souza Ferreira

Departamento de Análises Bromatológicas

Universidade Federal da Bahia

Rua Barão de Jeremoabo, 147

40.170-115, Salvador, Brasil

Endereço de e-mail: ederlan.ferreira@ufba.br

Telefone: (71) 3283-6932

RESUMO

A proposta desse estudo foi determinar as propriedades físico-químicas e nutricionais da semente de piaçava (*Attalea funifera* M.). Foram realizadas análises de composição centesimal, micronutrientes majoritários, composição de aminoácidos e do perfil de ácidos graxos. Análises complementares referentes ao estudo de solubilidade, caracterização e digestibilidade da fração proteica também foram determinadas. A semente de piaçava é constituída por 50% de lipídeos e apresenta uma boa quantidade de potássio (531 mg.100 g⁻¹), magnésio (179 mg.100 g⁻¹) e zinco (9,21 mg.100 g⁻¹), em base úmida. A proteína da semente apresenta todos os aminoácidos essenciais em quantidades superiores as recomendações, com exceção da histidina. A fração proteica majoritária é constituída pelas glutelinas (61%). A farinha da semente desengordurada e frações albumina, globulina e glutelina mostram uma digestibilidade *in vitro* de 89%, 92%, 94% e 91%, respectivamente, comparadas a caseína. Contudo, outros estudos são necessários a fim definir características moleculares das proteínas que constituem a semente de piaçava para fins da dieta humana.

Palavras-chave: Fruto de piaçava; Aminoácidos essenciais; Fracionamento de proteínas; Glutelinas; Digestibilidade *in vitro*.

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the physico-chemical and nutritional properties of the piassava (*Attalea funifera* M.) seed. Analyzes of centesimal composition, major micronutrients, composition of amino acids and the profile of fatty acids were performed. Further analyzes concerning the solubility, characterization and digestibility of the protein fraction were also determined. The piassava seed is composed of 50% lipids and presents a good amount of potassium (531 mg.100 g⁻¹), magnesium (179 mg.100 g⁻¹) and zinc (9.21 mg.100 g⁻¹), on a wet basis. The seed protein displays all essential amino acids in amounts greater than the recommendations, with the exception of histidine. The majority protein fraction consists of glutelins (61%). The defatted seed meal and albumin, globulin and glutelin fractions show an *in vitro* digestibility of 89%, 92%, 94% and 91%, respectively, compared to casein. However, further studies are needed in order to define molecular characteristics of the proteins that constitute the piassava seed for purposes of the human diet.

Keywords: Fruit of piassava; Essential amino acids; Protein fractionation; Glutelins; *In vitro* digestibility.

1 INTRODUÇÃO

A mata atlântica brasileira é um bioma de grande diversidade de fauna e flora. Acredita-se que existam ainda muitas espécies de plantas desconhecidas que correm o risco de extinção sem ao menos serem reconhecidas e estudadas, devido principalmente ao avanço crescente do agronegócio nas regiões litoraneas. Entre essas encontra-se a espécie conhecida como piaçaveira, piaçava ou piaçaba (*Attalea funifera* Martius) que se restringe a uma estreita faixa dentro do bioma de Mata Atlântica, mas considerada endêmica no litoral dos estados da Bahia, Sergipe e Alagoas (SIMÕES e LINO, 2003).

A planta de piaçava pode alcançar de 1,5-15 m de altura e 20-30 cm de diâmetro (**Figure 1S** – Supplementary material). A floração e a frutificação ocorrem praticamente durante todo o ano. O seu fruto tem uma forma elíptica que mede de 10 a 15 cm de comprimento por 5,5 a 9,0 cm de diâmetro e em média pesam entre 100 e 270 g, sendo formado por três camadas: o epicarpo ou exocarpo, camada externa, lisa, 2-2,5 mm de espessura; o mesocarpo camada intermediária grossa de cor róseo-clara, fibrosa, farinácea e comestível, 3 a 6 mm de espessura; e o endocarpo, camada mais interna, com espessura variando entre 1,5 a 2,0 cm (MELO et al. 2001). As sementes da piaçaveira são elípticas que constituem de 1 a 3 unidades em cada fruto, medindo entre 3 a 4 cm de comprimento e 1,5 a 1,8 de diâmetro (GONÇALVES e LORENZI, 2007) e alguns relatos demonstram que essa semente pode ser empregada para a elaboração de mingau, farinha em substituição de milho em preparações e para produção do óleo para uso doméstico. Apesar disso, a atividade de exploração dessa planta é realizada de maneira puramente extrativista e os estudos relacionados concentram principalmente na produção e exploração de suas fibras (REIS e MOTA, 2014; ELZUBAIR e SUAREZ, 2012;

AVELAR et al., 2010).

Não há informações na literatura a respeito da caracterização físico-química, propriedades nutricionais e funcionais do fruto da espécie *Attaleia funifera* Martius. No entanto, é possível observar que a semente de piaçava apresenta uma elevada concentração de lipídeos. Além disso, é possível presumir que o subproduto (torta) gerado da extração do óleo pode fornecer outros elementos (nutrientes) que justifiquem o seu aproveitamento nutricional, especialmente àqueles relacionados ao conteúdo de proteína que tem despertado interesse para o desenvolvimento de produtos proteicos, ou a aplicação da farinha como uma alternativa a substituição de outros ingredientes (aditivos) funcionais em produtos (LYKOMITROS, FOGLIANO, CAPUANO, 2016). Essa necessidade crescente voltada ao desenvolvimento de alimentos saudáveis, utilizando matérias-primas a partir de fontes sustentáveis e subutilizadas, especialmente, como fonte de proteína, é importante, principalmente em virtude da disponibilidade limitada à proteína animal, relacionada aos altos índices no custo da produção de animais e dos produtos derivados destes (KAUR, SINGH, KAUR, 2017).

Portanto, sabendo da importância da *Attalea funifera* Martius, uma vez que a espécie está inserida na biodiversidade da Mata Atlântica no litoral da Bahia, e que os agricultores locais ameaçam extinguir essa vegetação, objetiva-se determinar o perfil de ácidos graxos do óleo, bem como as propriedades físico-químicas, funcionais e nutricionais da semente da *Attalea funifera* M.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material botânico e dimensões dos frutos e das sementes

Os frutos (coco) de piaçava foram coletados na região rural (13°73'39.9"S, 39°14'65.4"W) da cidade de Ituberá, BA. Foram selecionados (100 unidades) de frutos sadios, íntegros, sem defeitos, isento de parasitas e 50 unidades de sementes foram aferidas quanto ao comprimento (diâmetro maior) e largura (diâmetro menor) com auxílio de paquímetro digital (STARRETT[®], São Paulo, Brasil) e massa (g) em balança semianalítica (QUIMIS[®], Diadema, Brasil).

2.2 Extração do óleo de piaçava por prensagem à frio

A semente de piaçava triturada foi desidratada em estufa com circulação de ar (55 °C/12 h) e prensada com bomba hidráulica manual (MARCONI, modelo ME 098) em temperatura ambiente (30 °C). Em seguida, o óleo foi centrifugado (12000 rpm/10 min./10 °C) e mantido em vidro âmbar até a realização das análises subsequentes (FERREIRA et al., 2006).

2.3 Propriedades físico-químicas do óleo de piaçava

No óleo foram realizadas as análises de índice de acidez, acidez expresso em % de ácido oleico, índice de peróxido, índice de refração e densidade, de acordo as metodologias estabelecidas pela AOCS (2004).

2.4 Composição de ácidos graxos do óleo de piaçava

Para a determinação dos ácidos graxos foi realizada a esterificação pelo método Khan e Scheinmann (1978), e a separação dos ésteres foi realizada em cromatográfico Clarus 680 (Perkin Elmer, Waltham, Massachusetts, EUA) equipado

com detector de ionização de chama (GC-FID) e coluna capilar de sílica fundida ELITE-WAX (30 m x 0,32 mm x 0,25 μ m). Os parâmetros de análises foram: temperatura do injetor 250 °C; temperatura do detector 280 °C; temperatura da coluna programada a 150 °C por 16 minutos e aumentando 2 °C por minuto até 180 °C; permanecendo nessa temperatura por 25 minutos e aumentando 5 °C até 210 °C; e permanecendo nessa temperatura por 25 minutos. O gás hélio foi utilizado como gás de arraste a 1,3 mL/min., com velocidade linear 38 cm/segundo e filtro de oxigênio acoplado à linha de gás. Foi utilizado nitrogênio como gás make up a 30 mL/minuto; fluxo do gás hidrogênio a 30 mL/min.; ar sintético a 300 mL/min.; sendo que a técnica de injeção foi split na razão 1:50. As injeções foram realizadas em duplicatas para cada extração ($n = 4$ injeções para cada amostra). A identificação dos ácidos graxos foi realizada por comparação dos tempos de retenção dos picos das amostras com o tempo de retenção dos ésteres metílicos de ácidos graxos de padrão mix (189-19, Sigma-Aldrich, St. Louis, Missouri, EUA). A quantificação dos ácidos graxos foi realizada pelo método de normalização através das áreas dos picos e os resultados de ácidos graxos foram expressos em percentagem relativa de área.

2.5 Obtenção da farinha integral e desengordurada da semente de piaçava

A semente do fruto foi triturada em moedor de grãos manual, sendo que uma parte da farinha foi armazenada sob temperatura de congelamento (-15 °C) e a outra porção foi desengordurada utilizando n-hexano (1:8 m/v, relação farinha-solvente), sob agitação constante (25 °C/12 h), seguido de re-extração nas mesmas condições. Depois, o material foi filtrado e evaporou-se o solvente residual em estufa com circulação de ar (55 °C/8 h). A farinha integral e desengordurada foram pulverizadas

a 60 mesh e armazenadas em recipientes plásticos. A farinha integral foi mantida em freezer e a farinha desengordurada em temperatura ambiente, até o momento das análises.

2.6 Análise de composição centesimal das farinhas de piaçava

Na farinha integral e desengordurada da semente de piaçava foram realizadas as análises de pH, atividade de água, umidade (secagem a 105 °C até peso constante), cinzas (calcinação da amostra no forno a 550 °C), proteína total (%N x 5,30), lipídios totais, fibra total, açúcares redutores e carboidratos totais (por diferença) de acordo com metodologias da AOAC (1995).

2.7 Análise individual dos micronutrientes majoritários da farinha integral e desengordurada

Aproximadamente 250 mg das amostras de farinha de piaçava desengorduradas foram pesadas e mineralizadas em triplicata com ácido nítrico concentrado ultrapuro (J.T. Baker®, Philipsburg, EUA) e peróxido de hidrogênio (Grau Suprapur, Merck®, Darmstadt, Alemanha), utilizando sistema de decomposição fechado assistido por micro-ondas (CEM, Mars 6®, Matthews, EUA). O programa de aquecimento padrão utilizou potência de 1020 a 1800 W com rampa de aquecimento e tempo de espera de 25 e 15 minutos, respectivamente, e temperatura máxima de 200 °C. Após completa mineralização, as amostras foram avolumadas para 10 mL com água ultrapura (Merck-Millipore®, Billerica, EUA). Um branco de reagente foi inserido em cada bateria de amostras mineralizadas. A determinação de Mn foi realizada por Espectrometria de Absorção Atômica em forno de grafite (EAA-FG) (Varian Spectra 240FGZ, Mulgrave Victoria, Austrália). Para os

elementos como Fe, Zn, Ca e Mg a análise foi realizada por EAA no modo chama e para Na e K através da Espectrometria de Emissão Atômica (Varian Spectra AA 55B, Mulgrave Victoria, Austrália). Materiais de referência certificados foram utilizados para garantir a qualidade de todas as determinações dos metais. Farinha de arroz (NIST 1568b, Gaithersburg, EUA), folha de espinafre (NIST 1570a, Gaithersburg, EUA), tecido de ostra (NIST 1566b, Gaithersburg, EUA) e folha de maçã (NIST 1515, Gaithersburg, EUA). Os resultados das concentrações de cada elemento obtidos em massa/volume (μg ou mg/L) foram transformados em massa/massa (μg ou mg/kg).

2.8 Composição de aminoácidos da farinha desengordurada

A farinha (1 g) foi submetida à hidrólise ácida com 1 mL de HCl (6 mol L^{-1}), contendo 80 μL de solução de fenol (5%) por 72 h a 110 °C sob atmosfera de N_2 . Depois, o material foi seco e solubilizado em 500 μL de solução de citrato de sódio ($0,2 \text{ mol L}^{-1}$, pH 2,2). A determinação dos aminoácidos foi realizada por cromatografia líquida de alta eficiência, conforme Nakaie et al. (2011), utilizando um cromatógrafo (Shimadzu VP, Kyoto, Japan), com uma coluna Shim-Pack Amino-NA (4,6 x 100 mm) de troca iônica, fluxo 0,4 mL/min. em temperatura de 60 °C. Para a funcionalização (pós-coluna) foi utilizado o ortoftalaldeído (OPA) e a detecção por fluorescência em λ de excitação de 350 nm e de emissão em 450 nm. A identificação dos aminoácidos foi realizada por comparação com os tempos de retenção dos picos do padrão de aminoácidos (AAS18, Sigma-Aldrich, St Louis, MO, USA) e a quantificação através da relação das áreas dos picos com o fator de resposta obtido do padrão. Os resultados foram expressos em $\mu\text{g.g}^{-1}$ amostra.

2.9 Testes de solubilidade da proteína da farinha desengordurada

Para avaliar a solubilidade proteica foram testados os seguintes parâmetros:

i. Tipo de solvente (H_2O deionizada, NaCl $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ e NaOH $0,1 \text{ mol L}^{-1}$); *ii.* Proporção massa/volume (1:10, 1:20, 1:30, 1:40 e 1:50) e *iii.* Tempo de extração (30; 45; 60 e 120 min.). Os extratos foram submetidos a agitação mecânica por 1 h e centrifugados (6000 rpm/30 min.). Depois, a proteína solúvel foi determinada pelo método de Kjeldahl. A solubilidade da proteína em função do pH (2–12) foi quantificada pelo método de Lowry et al. (1951), utilizando-se albumina de soro bovino (Sigma-Aldrich, St. Louis, Missouri, EUA) como padrão, através da medida de absorbância 750 nm. Os pHs foram ajustados pela adição de HCl ou NaOH.

2.10 Fracionamento das proteínas da farinha desengordurada

A extração sequencial das frações proteicas foi realizada de acordo com as características de solubilidade descritas por Osborne, com algumas modificações (NEVES et al., 2003). Amostra de 5 g da farinha desengordurada foi dispersa em H_2O (pH 7,0) na proporção 1:30 (m:v), agitada mecanicamente (60 min.) e centrifugada (12000 rpm/40 min./8 °C). O sobrenadante foi dialisado (36 h/8 °C) contra água destilada (trocada a cada 3 h) em membranas (poros $\leq 10 \text{ kDa}$) e novamente centrifugado (12000 rpm/30 min./8 °C). O sobrenadante (albuminas) e o precipitado (globulinas I) foram reservados. O resíduo (R1) foi extraído com NaCl ($0,5 \text{ mol.L}^{-1}$, pH 7,0) na proporção 1:30 (m:v), e depois centrifugado (12000 rpm/30 min./8 °C). O sobrenadante foi dialisado nas condições já citadas e centrifugado (12000 rpm/30 min./8 °C). O precipitado (globulinas II) foi reunido ao anterior e sobrenadante descartado. O resíduo (R2) foi extraído com etanol 70% e depois com solução de NaOH ($0,1 \text{ mol.L}^{-1}$) (R3) para a obtenção das frações prolaminas e

glutelinas, respectivamente, na proporção 1:10 (m:v). A quantidade de proteína extraída (%) em cada estágio foi calculada em relação ao teor de proteína total na farinha desengordurada e proteína solúvel, através da determinação %N x 5,30 (**Fig 2S** - Supplementary material).

2.11 Análise de digestibilidade *in vitro*

A digestibilidade da farinha desengordurada e das frações proteicas da semente de piaçava foi determinada de acordo com os procedimentos descritos por Akesson e Stahman (1964), após o tratamento sequencial com as enzimas pepsina (P-7012, Sigma-Aldrich, St. Louis, Missouri, EUA) em pH 1,5 por 3 horas à 37 °C, e pancreatina (P-7545, Sigma-Aldrich, St. Louis, Missouri, EUA) em pH 8,0 por 24 h à 37 °C, respectivamente. A reação foi interrompida pela adição de ácido tricloroacético (10%) e o hidrolisado foi centrifugado (7.000 rpm/15 minutos/8 °C). O precipitado foi utilizado para a quantificação da proteína não digerida através do método de Lowry et al. (1951). O grau de hidrólise foi calculado pela seguinte equação: $DH = (Pa - (Pba + Pbe) / Ptotal) \times 100$. Onde, *Pa* é a concentração de proteína no precipitado; *Pba* é a concentração de proteína no branco da amostra; *Pbe* é a concentração de proteína no branco da enzima, e *Ptotal* é a concentração de proteína total da amostra. A digestibilidade *in vitro* foi calculada pela relação entre o DH de cada amostra com o DH da proteína padrão, caseína (C-8654, Sigma-Aldrich, St. Louis, Missouri, EUA).

2.12 Análises estatística

Os dados foram avaliados através da análise de variância (ANOVA) unidirecional (one-way) e para a comparação múltipla foi utilizado o teste de Tukey

(SigmaStat[®], v. 3,5, Systat software, California, USA). O nível de significância foi considerado quando $p \leq 0,05$. Todos os resultados são apresentados como média \pm desvio padrão de três análises independentes.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na **Tabela 2.1** estão apresentados os resultados de caracterização física do fruto e da semente da piaçava. Os valores médios de comprimento, diâmetro e peso do fruto de piaçava observados foram próximos aos dados reportados por Simões e Lino (2003). E os resultados observados no presente estudo para a caracterização física da semente de piaçava foram próximos aos demonstrados por Gonçalves e Lorenzi (2007). O fruto e a semente de piaçava também apresentaram características físicas semelhantes à da castanheira-do-Brasil. Borella et al. (2017) caracterizaram biometricamente frutos e sementes de castanheira-do-Brasil e demonstraram que a massa fresca média do fruto foi de aproximadamente 160 g. Já a semente da castanha apresentou massa média de 4,99 g, chegando a 11,27 g. Ferreira et al. (2006), realizando estudo com a semente da castanha-do-brasil, apresentaram massa média de $11,8 \pm 1,67$ g, diâmetro menor e maior de $2,15 \pm 1,85$ cm e $4,69 \pm 3,46$ cm, respectivamente.

Table 2.1 – Physical characterization of the piassava coconut[†] and seed[‡]

Measurements	Average	Minimum	Maximum	CV (%)
Coconut				
Mass (g)	147,91 ± 15,30	103,06	186,58	12,47
Minimum diameter (width in cm)	5,50 ± 0,22	4,8	6,0	0,07
Maximum diameter (length in cm)	9,68 ± 0,30	8,7	10,6	0,14
Seed				
Mass (g)	9,81 ± 1,41	6,29	12,99	2,85%
Minimum diameter (width in cm)	2,32 ± 1,49	2,00	2,70	3,14%
Maximum diameter (length in cm)	4,47 ± 0,32	3,40	5,00	16,04%

[†] Data represent the mean ± standard deviation of 100 samples analyzed. [‡] Data represent the mean ± standard deviation of 50 samples analyzed.

Os resultados das análises de composição centesimal e dos micronutrientes majoritários presentes na farinha integral e na farinha desengordurada da semente de piaçava encontram-se apresentados na **Tabela 2.2**.

As sementes possuem uma grande variedade de minerais em quantidades significativas e seus efeitos estão relacionados aos benefícios à saúde e podem contribuir para a prevenção de deficiências nutricionais (CARDOSO et al., 2017). Os minerais majoritários que constituem a semente de piaçava foram o potássio, magnésio, cálcio e zinco e a ingestão diária recomendada (IDR) para adultos são de 3500 mg, 260 mg, 1000 mg e 7 mg, respectivamente (BRASIL, 2005). A farinha desengordurada da semente de piaçava supre em 41,31% a necessidade de potássio e 13,4% de cálcio, por dia, enquanto que o magnésio e o zinco excedem a necessidade diária em 87,5% e 258%, respectivamente. Neste caso, o consumo da farinha integral é mais recomendado, por conter menores concentrações destes, apesar do nível de ingestão de zinco superior tolerável para adultos ser de 40 mg/dia. O consumo excessivo de minerais, como o zinco, pode causar efeitos citotóxico e genotóxico (SHARIF et al., 2011; TAPISSO et al., 2009).

A concentração de zinco observada na farinha integral ($9,21 \pm 0,47 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) e principalmente na farinha desengordurada ($25,07 \pm 1,28 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) é significativamente superior quando comparada a quantidade encontrada em outras sementes. Santos et al. (2013) mostraram que a quantidade de zinco presente na semente e na torta desengordurada da castanha-do-brasil foi de $3,51 \pm 3,01 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ e $11,80 \pm 0,42 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, respectivamente. Suliburska e Krejpcio (2014) apresentam concentrações variando de 1,5 a 3,0 $\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ em quatro tipos de sementes, *Bertholletia Excelsa*, *Anacardium occidentale*, *Corylus avellana* e *Juglans regia*.

Table 2.2 – Macronutrients and micronutrients composition of the piassava seed flour[†]

Component (g 100 g ⁻¹)	Whole seed flour	Defatted flour
pH	5,74 ± 0,11	6,08 ± 0,02
Water activity	0,263 ± 0,01	0,203 ± 0,01
Moisture	29,70 ± 0,36	5,60 ± 0,06
Ash	2,23 ± 0,05	6,07 ± 0,02
<i>Sodium (Na, mg.100 g⁻¹)</i>	7,34 ± 0,38	20,00 ± 1,00
<i>Potassium (K, mg.100 g⁻¹)</i>	531,23 ± 10,94	1446,00 ± 28,50
<i>Phosphorus (P, mg.100 g⁻¹)</i>	<i>n.d</i>	<i>n.d</i>
<i>Calcium (Ca, mg.100 g⁻¹)</i>	49,22 ± 2,46	133,97 ± 6,69
<i>Magnesium (Mg, mg.100 g⁻¹)</i>	179,07 ± 3,50	487,43 ± 9,53
<i>Iron (Fe, mg.100 g⁻¹)</i>	2,61 ± 0,13	7,11 ± 0,36
<i>Copper (Cu, mg.100 g⁻¹)</i>	<i>n.d</i>	<i>n.d</i>
<i>Mangeneses (Mn, mg.100 g⁻¹)</i>	4,64 ± 0,89	12,64 ± 2,43
<i>Selenium (Se, mg.100 g⁻¹)</i>	<i>n.d</i>	<i>n.d</i>
<i>Zinc (Zn, mg.100 g⁻¹)</i>	9,21 ± 0,47	25,07 ± 1,28
Protein (%N x 5,30)	3,96 ± 0,05	14,04 ± 0,25
Lipid	50,80 ± 3,28	19,44 ± 0,59
Carbohydrate ¹	13,31 ± 1,50	54,85 ± 2,42
Total fibre	10,91 ± 0,52	15,53 ± 0,63
Reducing sugars	1,49 ± 0,23	2,14 ± 0,44
TEV ²	526,28	450,52

[†]Data represent the mean ± standard deviation three assays. ¹ Carbohydrate content calculated by difference. ²Total energy value (Kcal.100 g⁻¹).

O conhecimento do teor de proteínas em alimentos é importante, pois este macronutriente fornece compostos nitrogenados que são essenciais para o crescimento, reprodução, função imune e manutenção de tecidos (WARD, HERBERT-READ, SIMPSON, 2011). Na farinha desengordurada da semente de

piaçava encontrou-se teor médio de 14,04 g.100 g⁻¹. Percebe-se que o processo de extração de lipídio com hexano foi eficiente, devido a concentração de proteínas na farinha desengordurada, quando comparado com a farinha integral (**Tabela 2.2**). Yang (2009) mostrou em seu estudo que sementes produzidas no Brasil são altamente nutritivas, possuindo em torno de 17 g.100 g⁻¹ de composição proteica, a exemplo das nozes, que apresenta 15,23 g.100 g⁻¹; castanha de caju, com 18,22 g.100 g⁻¹; pistache, com 20,16 g.100 g⁻¹; e até o amendoim que, entre as sementes, apresenta maior teor proteico, com 25,8 g.100 g⁻¹.

A semente do coco piaçava é constituída de 50,80 g.100 g⁻¹ de lipídeos, demonstrando ser uma fonte lipídica com grande potencial de aproveitamento (Tabela 2). O valor é muito superior do que o encontrado para as sementes das três espécies de *Attalea* analisadas por Guerrero et al. (2011), *Attalea moorei*, *Attalea sp.* e *Attalea salazarii* (23,02 g.100 g⁻¹; 18,03 g.100 g⁻¹ e 19,47 g.100 g⁻¹ de lipídeos em base seca, respectivamente). O valor encontrado por Soares et al. (2015) para a polpa do coco verde (10,1% de lipídeos em base úmida) também foi menor do que para o coco de piaçava em base úmida (50,8 g.100 g⁻¹). Crepaldi et al. (2001) mostram que a amêndoa do licuri, por sua vez, possui quantidade de lipídeos (49,2%, em base úmida) próxima ao do coco da piaçava. Silva et al. (2015) objetivando avaliar o uso de óleos como alimento oriundos de espécies botânicas da família Arecaceae, determinou o teor e a composição de ácidos graxos presentes em vegetais exóticos, pouco utilizados. Das seis espécies analisadas, três apresentaram elevado teor lipídico: *Syagrus coronata* (40,64 g.100 g⁻¹), *Syagrus cearenses* (30,04 g.100 g⁻¹) e *Acrocomia intumescens* (29,61 g.100 g⁻¹). O ácido láurico foi o principal ácido graxo presente na composição das sementes dessas três espécies, com 45,44 g.100 g⁻¹, 44,55 g.100 g⁻¹ e 38,11 g.100 g⁻¹, para as espécies

A. intumescens, *S. coronata* e *S. cearenses*, respectivamente.

Outras espécies do gênero *Attalea* têm sido estudadas quanto a composição química das suas sementes. Os resultados da análise de composição centesimal da semente das espécies *Attalea moorei*, *Attalea sp.* e *Attalea salazarii*, da região amazônica peruana demonstraram uma concentração lipídica entre 18-23%, proteína de 10-21% e cinzas de 1-2%. Entre os micronutrientes as maiores concentrações foram representados pelo potássio (405-578 mg.100 g⁻¹), sódio (120-153 mg.100 g⁻¹) e o magnésio (102-135 mg.100 g⁻¹). Além disso, os autores reportaram que o ácido láurico (44-52%) representa o principal ácido graxo da fração lipídica para as três espécies (GUERRERO et al., 2011).

Na **Tabela 2.3** encontram-se os resultados da composição dos ácidos graxos majoritários do lipídeo da semente de piaçava. O lipídeo da semente apresentou uma constituição de 96% de ácidos graxos saturados, sendo 48%, 12% e 11% representado pelos ácidos graxos láurico, mirístico e caprílico. O resultado obtido demonstra que o ácido láurico é o constituinte majoritário presente no óleo da semente da piaçava. Resultados semelhantes foram encontrados para as espécies *Attalea moorei*, *Attalea sp.* e *Attalea salazarii*, como reportado no estudo realizado por Guerrero et al. (2011).

Os resultados das análises físico-químicas do óleo extraído por prensagem a frio da semente da piaçava são apresentados na **Tabela 2.4**. O óleo apresenta cor translúcida, com odor característico de palmácea e densidade semelhante ao óleo de castanha-do-brasil (FERREIRA et al., 2006) e do coco babaçu (MACHADO, CHAVES e ANTONIASSI, 2006). Os índices de acidez e peróxido sugerem se o óleo ou gordura está sofrendo quebras em sua cadeia liberando seus constituintes principais, os ácidos graxos, sendo sua determinação de extrema importância na

avaliação do estado de degradação (rancidez oxidativa e/ou hidrolítica) do óleo ou gordura que consumimos. A principal forma de deterioração dos óleos é a oxidação que ocorre quando o oxigênio atmosférico entra em contato com o óleo e reage com os ácidos graxos insaturados. Segundo a resolução RDC Nº 270, de 22 de setembro de 2005 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), que dispõe sobre o regulamento técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal, o índice de acidez em óleos e prensados a frio e não refinados (azeite) deve ser de no máximo $4.0 \text{ mg KOH.g}^{-1}$ e o índice de peróxido não deve ser superior a 15 meq.Kg^{-1} .

Table 2.3 – Fatty acid profile of the piassava seed oil†

Composition (%)	Whole seed flour
Caproic acid (C6:0)	0,755
Caprylic acid (C8:0)	11,415
Capric acid (C10:0)	10,37
Lauric acid (C12:0)	48,215
Myristic acid (C14:0)	12,395
Palmitic acid (C16:0)	5,285
Palmitoleic acid (C16:1)	-
Stearic acid (C18:0)	7,615
Oleic acid (C18:1 Δ^9 cis, ω -9)	-
Linoleic (C18:2 $\Delta^{9,12}$, cis, ω -6)	-
<i>N.I.</i>	3,95
Σ Saturated fatty acids	96,05
Σ Unsaturated fatty acids	-

†Data represent the mean \pm standard deviation duplicate assays.

Os valores encontrados para os parâmetros de índice de acidez e índice de

peróxido do óleo da semente de piaçava mostraram que o mesmo atende às especificações da Anvisa com índices bem inferiores aos preconizados pela legislação. De acordo com a ANVISA (Brasil, 2005), o azeite de oliva para ser considerado virgem (produto obtido somente por processos mecânicos ou outros meios físicos, em condições térmicas, que não produzam alteração do óleo) deve apresentar acidez máxima expressa em ácido oleico de 2,0 g.100 g⁻¹, portanto, o óleo da semente de piaçava atende também este parâmetro para azeite virgem, como demonstrado na **Tabela 2.4**.

Table 2.4 – Physicochemical characteristics of the piassava seed oil[†]

Parameter analyzed	Values
Acidity index (mg NaOH.g ⁻¹)	0,177 ± 0,007
Acidity in oleic acid (%)	1,558 ± 0,060
Peroxide index (mEq.Kg ⁻¹)	0,260 ± 0,037
Refractive index at 20 °C	1,4515 ± 0,000
Density at 20 °C (g.cm ³)	0,9202 ± 0,000

[†]Data represent the mean of triplicates ± standard deviation.

A **Tabela 2.5** apresenta a composição de aminoácidos presentes na farinha desengordurada da semente de piaçava. A composição de aminoácidos é uma importante propriedade química das proteínas, pois determina seu valor nutricional. O organismo humano é capaz de sintetizar somente 11 dos 20 aminoácidos, sendo que os demais são considerados essenciais, e, portanto, devem ser obtidos a partir da ingestão de alimentos fontes.

A proteína da semente de piaçava apresentou somente a histidina (His) como aminoácido limitante (score, QS < 1,0). Todos os demais aminoácidos essenciais encontravam-se com quantidades superiores (10%), com destaque para

a lisina (Lys) que mostrou uma quantidade de 60% a mais das recomendações (FAO/OMS, 2002). Os resultados encontrados sugerem que o consumo da semente do fruto da piaçava contribui significativamente para atender às necessidades de ingestão diária de aminoácidos essenciais, sobretudo para os indivíduos que não consomem produtos de origem animal, sendo que a sua fonte primária de proteína é baseada no consumo de grãos e cereais. Isso porque há limitação dos aminoácidos sulfurados (especialmente metionina) em alimentos de origem vegetal, sobretudo entre as espécies de leguminosas já está bem reconhecida (LUMEN, BECKER, REYES, 1986). Deste modo, a combinação de sementes de leguminosas com grãos de cereais (arroz, trigo, aveia, cevada, sorgo) tem sido recomendada para minimizar esta deficiência na dieta (WEINBORN et al. 2015), já que os cereais embora possuam concentrações satisfatórias de metionina os mesmos são deficientes em lisina (NTATSI, 2018). Portanto, o consumo da semente da piaçava pode ser indicado como forma de complemento proteico da dieta.

Table 2.5 – Amino acid composition of defatted piassava seed flour†

Amino acids	Seed (mg.unit.)	Flour deffated (mg.g ⁻¹) (%)	[] amino acid (mg.g protein)	FAO/WHO ¹ (mg.g protein)	Score (QS)	FAO/WHO/UNU ¹ (mg.70 kg w.d)	Amount to 70 kg weight (g.flour)	Amount to 70 kg weight (g.protein)
<i>Essential amino acids</i>								
Tre	14,25	6,25 ± 0,01 (3,67)	36,66	23	1,59	1050	280,00	47,73
Val	23,11	10,14 ± 0,52 (5,95)	59,48	39	1,53	1820	179,49	30,60
Met	6,72	2,95 ± 0,92 (1,73)	17,31	16	1,08	700	237,29	40,45
Ile	15,11	6,63 ± 0,79 (3,89)	38,89	30	1,30	1400	211,16	36,00
Leu	27,99	12,28 ± 0,36 (7,20)	72,04	59	1,22	2730	222,31	37,90
Phe	18,90	8,29 ± 0,31 (4,86)	48,63	38 (Phe+Tyr)	1,28	1750	211,10	35,99
Lys	28,29	12,41 ± 5,30 (7,28)	72,80	45	1,62	2100	169,22	28,85
His	5,01	2,20 ± 0,45 (1,29)	12,91	15	0,86	700	318,18	54,24
Try	<i>n.d</i>	<i>n.d</i>	-	6	-	-	-	-
<i>Conditionally essential amino acids</i>								
Arg	65,28	28,64 ± 2,51 (16,80)	-	-	-	-	-	-
Cys	<i>n.d</i>	<i>n.d</i>	-	-	-	-	-	-
Tyr	12,03	5,28 ± 0,54 (3,10)	-	-	-	-	-	-
Gly	19,37	8,5 ± 0,28 (4,99)	-	-	-	-	-	-
Qln	< LD	< LD	-	-	-	-	-	-
Pro	< LD	< LD	-	-	-	-	-	-
<i>Non essential amino acids</i>								
Ala	17,14	7,52 ± 0,21 (4,41)	-	-	-	-	-	-
Asn	< LD	< LD	-	-	-	-	-	-
Asp	33,19	14,56 ± 0,75 (8,54)	-	-	-	-	-	-
Glu	83,83	36,78 ± 0,31 (21,58)	-	-	-	-	-	-
Ser	18,33	8,04 ± 0,01 (4,72)	-	-	-	-	-	-
Total (mg.g)	388,55	170,47	-	-	-	-	-	-

†Data represent the mean of duplicate ± standard deviation. ¹ Amino acid requirements for adults over 18 years of age (FAO/WHO/UNU, 2002). *n.d* = non determined. < LD = below detection limit.

O resultado do teste de solubilidade utilizando diferentes sistemas extratores para promover a solubilização da proteína a partir da farinha desengordurada de piaçava está apresentado na **Tabela 2.6**. A rigor, a solubilidade é a primeira propriedade investigada quando se quer avaliar a funcionalidade de proteínas, por influenciar na formação e estabilidade de emulsões e espumas, na formação de gel, na capacidade de absorção e ligação de água, bem como no aumento de viscosidade (FOEGEDING e DAVIS, 2011).

Table 2.6 – Effect of different extraction solutions on the piassava flour protein solubility[†]

Extraction solution ¹	Protein (mg.g ⁻¹ of seed) ²	% protein solubility
Deionized water (pH 6,2)	9,23 ± 1,00 ^C	6,58 ± 0,72 ^C
NaCl 0,5 M (pH 6,8)	25,6 ± 0,01 ^b	18,23 ± 0,00 ^b
NaOH 0,1 M (pH 11,4)	74,66 ± 2,13 ^a	53,18 ± 1,52 ^a

[†]Data represent the mean ± standard deviation three assays. Different letters in a same column indicate differences between means by the Tukey test ($P < 0.05$). ¹ Procedure was performed using a mass to volume ratio 1:20 with 30 minutes of homogenization. ² wt% N x 5,30, determined by the kjeldahl method.

A solubilidade da proteína da semente de piaçava apresentou diferença estatística entre os diferentes solventes utilizados ($P < 0,001$). Quando em meio aquoso, a proteína apresentou baixa solubilização (6,58%). Quando adiciona-se baixas concentrações salinas (NaCl) à água, o efeito da força iônica prevalece, aumentando o número de cargas positivas da molécula e a interação proteína-solvente, com conseqüente aumento de solubilidade (18,23%). À esse fenômeno dá-se o nome de *salting in* e comumente acontece com proteínas de leguminosas. A proteína da semente de piaçava mostrou-se mais solúvel quando em solução contendo NaOH, atingindo a máxima solubiliadde de 53%. Outros autores já haviam estudado o efeito do meio alcalino para a obtenção da proteína em outras

matrizes, tais como, grão-de-bico (TAVANO et al. 2008), feijão-caupí (NEVES et al. 2003), baru (CRUZ et al. 2011), semente de goiaba (FONTANARI et al. 2006). Neste sentido, a solução de NaOH foi estabelecida para os testes subsequentes de extratibilidade da proteína.

Estudos anteriores demonstraram que a solubilidade de uma proteína é o resultado do balanço entre as interações dos grupos químicos dos aminoácidos com o solvente que dependem de características intrínsecas, podendo ou não ser favorecido pela presença de outros elementos, tais como, sais, carboidratos, dentre outros. Além disso, condições extrínsecas como temperatura, pH, força iônica também atuam sobre esta condição (FERREIRA et al. 2018; NEVES et al. 2003).

Na **Tabela 2.7** está demonstrado o efeito da relação massa/volume do solvente sobre a solubilidade da proteína de piaçava. Foi observado que a proporção de 1:20 m/v favoreceu a solubilização de 63,6% da proteína total, sendo que o aumento da proporcionalidade não exerceu efeito significativo ($P > 0,05$).

Table 2.7 – Effect of mass/volume ratio on the piassava flour protein solubility[†]

weight/volume ratio ¹	Protein (mg.g ⁻¹ of seed) ²	% protein solubility
1:10	63,38 ± 0,01 ^b	45,14 ± 0,10 ^b
1:20	89,38 ± 0,01 ^a	63,66 ± 1,09 ^a
1:30	88,60 ± 1,32 ^a	63,11 ± 0,94 ^a
1:40	89,92 ± 0,01 ^a	64,05 ± 0,10 ^a
1:60	87,02 ± 2,64 ^a	61,97 ± 1,87 ^a

[†]Data represent the mean ± standard deviation three assays. Different letters in a same column indicate differences between means by the Tukey test ($P < 0.05$). ¹ Procedure was performed using a NaOH (0,1 M) solution with 30 minutes of homogenization. ² wt% N x 5,30, determined by the kjeldahl method.

O tempo de agitação necessário para solubilizar a proteína presente na

farinha desengordurada de piaçava também foi avaliado, conforme pode ser observado na **Tabela 2.8**. Percebe-se que houve influência dessa variável na concentração final da proteína e o tempo de 30 minutos foi considerado suficiente, alcançando 53% de solubilização ($P < 0,05$). No entanto, o aumento no tempo do procedimento não levou ao acréscimo da solubilidade da proteína ($P > 0,05$). Fontanari et al. (2006) realizou estudos de solubilidade em sementes de goiaba e verificou que a melhor condição massa:volume e tempo de extração foi 1:30 (37% de solubilização), em 30 minutos de agitação (30,7% de solubilização).

Table 2.8 – Effect of extraction time on the piassava flour protein solubility[†]

Homogenization (minutes) ¹	Protein (mg.g ⁻¹ of seed) ²	% protein solubility
30	75,24 ± 1,49 ^a	53,59 ± 1,06 ^a
45	63,98 ± 1,42 ^b	45,58 ± 1,01 ^b
60	66,84 ± 1,16 ^b	47,61 ± 0,82 ^b
120	68,73 ± 0,67 ^b	48,96 ± 0,48 ^b

[†]Data represent the mean ± standard deviation three assays. Different letters in a same column indicate differences between means by the Tukey test ($P < 0.05$). ¹ Procedure was performed using a NaOH (0,1 M) solution, and mass to volume ratio 1:20. ² wt% N x 5,30, determined by the kjeldahl method.

Na avaliação da funcionalidade de proteínas de alimentos é recomendada a determinação da solubilidade na faixa de pH entre 2,0 e 12,0, para obter o perfil de solubilidade em espectro amplo de pH, para estabelecer um processo com maior rendimento e otimização de trabalho. Na **Figura 2.1** observa-se a curva de solubilidade da proteína em relação ao pH. Nota-se que, inicialmente, em pH 1, 20% da proteína encontra-se solúvel. A medida que há aumento no pH, a solubilidade decresce até atingir uma solubilidade mínima (5,8%) no ponto isoelétrico (pH 3). Quando o pH se aproxima da alcalinidade, a solubilidade da

proteína aumenta. Em pH 12 encontra-se a condição para melhor solubilização dessa proteína, com percentual de solubilização igual a 31,35%. Esta característica foi observada para outros tipos de vegetais, como a goiaba (FONTANARI et al., 2008) e o tremoço branco (FONTANARI et al., 2012).

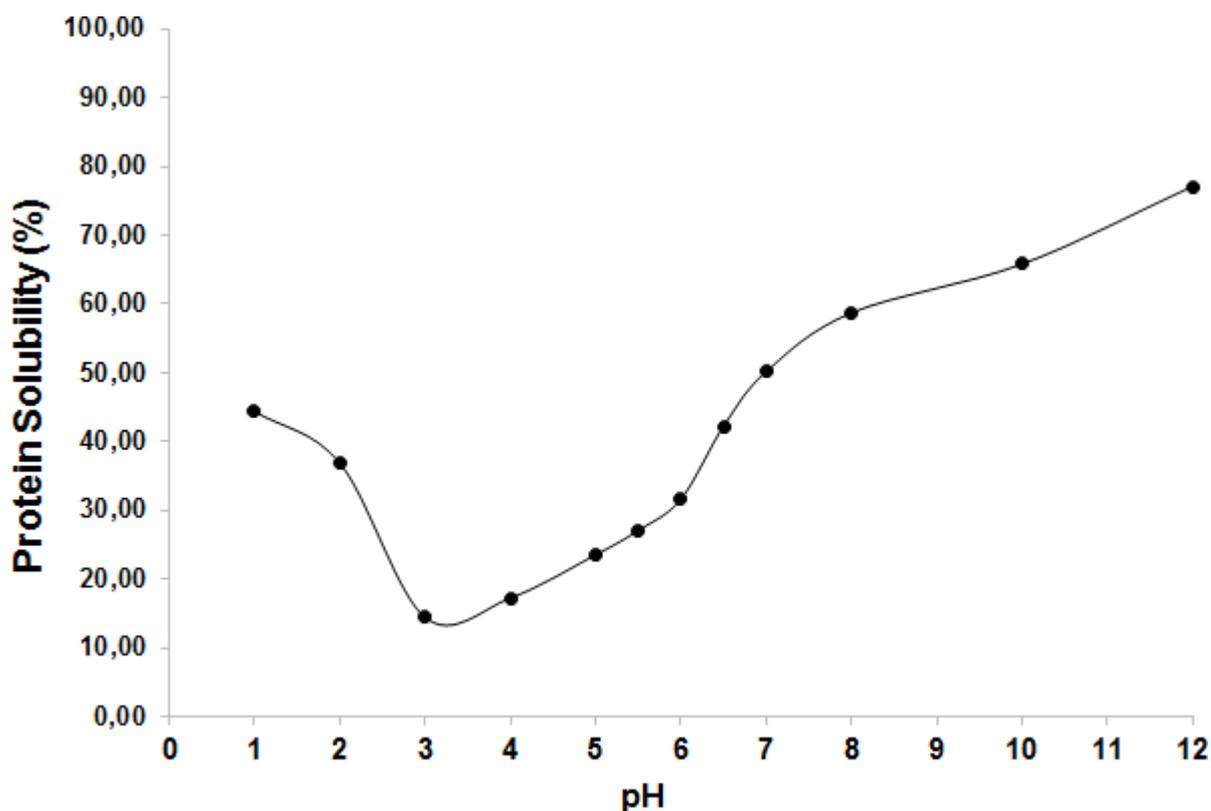


Figura 2.1 – Effect of pH on piassava flour protein solubility. Mass to volume ratio 1:20; pH adjusted with NaOH or HCl. Quantification of soluble protein by the method Lowry *et al.* (1951).

De acordo com Zhao et al. (2012), isolados de proteína à base de resíduos de arroz tiveram solubilidade máxima a pH 11 e solubilidade mínima a pH 5. Wang et al. (2016) encontraram percentuais crescentes de solubilidade para isolado proteico de farelo de arroz em pH 8, 10 e 12, com 78%, 80% e 82% de extração, respectivamente. Outra propriedade importante de analisar quando se deseja caracterizar o comportamento das proteínas em diferentes sistemas solventes é o

fracionamento.

Os valores obtidos na extração e isolamento sequencial das frações proteicas da farinha desengordurada podem ser observados na **Tabela 2.9**.

Tabela 2.9 – Composition of the protein fractions of defatted piassava seed flour[#]

Fraction ¹	Protein ²		
	mg.g ⁻¹ of seed	Wt %	STP ³
Defatted flour	140,04 ± 0,25	100 ± 1,12	-
Soluble in NaOH (0,1 M)	56,91 ± 1,02	40,64 ± 0,87	100
Albumin	5,91 ± 0,70	4,21 ± 0,50	10,38
Globulin	15,97 ± 0,8	11,37 ± 0,60	28,06
Prolamin	0,44 ± 0,00	0,31 ± 0,00	0,77
Glutelin	34,59 ± 0,30	24,63 ± 0,20	60,78
Insoluble protein	58,82 ± 0,80	41,89 ± 0,60	-

[†]Data represent the mean ± standard deviation three assays. ¹Osborne fractionation. ² wt% N x 5,30, determined by the kjeldahl method. ³ STP = based on solubilized total protein.

Observa-se que a fração proteica glutelina (24,63%), fração solúvel em soluções ácidas ou alcalinas, é predominante, seguida das frações globulina (11,37%) – solúvel em soluções salinas; albumina (4,21%) – solúvel em soluções aquosas; e prolamina (0,31%) – solúvel em soluções hidro alcólicas. Deste modo, do total das proteínas presentes na farinha, 40,52% foram solubilizadas e readquiridas durante o processo de fracionamento. Destas, mais de 60% corresponde à fração glutelina. Quando comparamos com o fracionamento da farinha de semente de goiaba, a glutelina também é a proteína majoritária, com 44,03% da proteína total da semente, seguida da fração globulina, com 6,06% (FONTANARI, 2006). O arroz australiano também obteve como fração majoritária a

glutelina, com mais de 50% da sua composição total (AGBOOLA et al., 2005). Podemos observar que essa fração é encontrada em maior quantidade em cereais, ao contrário das leguminosas e oleaginosas, em que a globulina se caracteriza como fração majoritária.

Os percentuais de hidrólise da farinha desengordurada e das frações albumina, globulina e glutelina total isoladamente obtidos após o tratamento pela sequência enzimática pepsina-pancreatina, bem como a digestibilidade *in vitro* em relação à proteína padrão (caseína) são apresentadas na **Tabela 2.10**.

Table 2.10 – *In vitro* digestibility of defatted flour and protein fractions from piassava seed[†]

Protein	% Hydrolysis ¹	Digestibility (%) ²
Casein (standard)	98,43 ± 0,04	100
Defatted flour	88,25 ± 2,88	89,66
Albumin	91,18 ± 0,80	92,64
Globulin	92,83 ± 0,05	94,07
Prolamin	<i>n.d</i>	<i>n.d</i>
Glutelin	89,83 ± 0,04	91,26

[†]Data represent the mean ± standard deviation three assays. Different letters in a same column indicate differences between means by the Tukey test ($P < 0.05$). ¹ Proteases pepsin and pancreatin sequentially were used, and wt% N x 5,30 was determined by the kjeldahl method. ² Relative to casein (100%). *n.d* = non determined.

A farinha desengordurada e a glutelina total obtiveram o menor percentual de digestibilidade, quando comparados com a fração albumina e globulina. A resistência à hidrólise sequencial *in vitro* da farinha se deve pela presença de compostos, como fibras e carboidratos, que podem interagir com as proteínas ou as enzimas, interferindo no processo de hidrólise (FRIEDMAN, 1996). A fração glutelina é composta de cadeias polipeptídicas de elevada massa molecular

constituída majoritariamente por aminoácidos hidrofóbicos, portanto dificultando a ação das proteases e conseqüentemente reduzindo a sua digestibilidade.

Zhang et al. (2010) avaliaram a digestibilidade de proteínas de dezoito amostras de arroz das variedades *indica* e *japonica*, que apresentam, predominantemente, glutelina como principal proteína de armazenamento. Neste estudo, não foram observadas diferenças estatísticas no percentual de digestibilidade *in vitro* das proteínas quando as amostras foram digeridas com seqüência das enzimas tripsina, quimotripsina e aminopeptidase, com digestão de 82,8% a 85,1%. Quando se adicionou a quarta enzima (protease bacteriana), a digestibilidade alcançou 89,8%. Por apresentarem massas moleculares de tamanhos elevados, a fração glutelina é rapidamente hidrolisada quando sob ação enzimática, caracterizando-a como uma proteína altamente digerível, a exemplo das nozes e castanhas de caju (SZE-TAO e SATHE, 2000).

As frações albumina e globulina são majoritárias em leguminosas, como feijão, lentilhas e grão de bico, por exemplo. Apesar dessas frações possuírem elevada digestibilidade, a presença de componentes naturais que interagem com as proteínas pode dificultar a hidrólise, especialmente a fração albumina, que pode conter inibidores de protease e lectinas não nutricionais (TUAN e PHILLIPS, 1992). Cruz et al. (2011) relataram digestibilidade de globulina total *in vitro* de baru de 90,5%, quando comparada com padrão de caseína. As globulinas têm sido relatadas como sendo mais digeríveis do que as albuminas (GHUMMAN, KAUR e SINGH, 2016), corroborando com os resultados do presente estudo.

4 CONCLUSÃO

A semente do fruto de piaçava é constituída de alta concentração de lipídeos, predominantemente de ácidos graxos saturados. O óleo apresenta características favoráveis para o seu aproveitamento. Além disso, a partir dos resultados de composição de micronutrientes e de aminoácidos essenciais pode-se atribuir a farinha desengordurada da semente de piaçava como fonte alternativa desses elementos. Os resultados obtidos do estudo de solubilidade da proteína mostraram que as glutelinas e as globulinas representam as frações proteicas majoritárias, respectivamente. A proteína total da semente da piaçava, bem como as suas frações proteicas apresentou alta digestibilidade *in vitro* em relação à caseína. Contudo, outros estudos são necessários a fim definir características moleculares das proteínas que constituem a semente de piaçava para fins da dieta humana.

ACKNOWLEDGMENTS

This work was financially supported by Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, nº 426235/2016-9). Fabiana Pacheco Reis Batista, fellowship was financed by Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB, nº 11671/2015).

STATEMENT OF CONFLICT OF INTEREST

All the authors declare no conflict of interest with regards to the described research, the publication of the result and financial issues.

REFERÊNCIAS

AGBOOLA, S.; DARREN, N. G.; MILLS, D. Characterization and functional properties of Australian rice protein isolates. **Journal of Cereal Science**, v.41, p.283–290, 2005.

AKESON, W. R.; STAHMANN, M. A. A pepsin pancreatin digest index of protein quality evaluation. **The Journal of Nutrition**, v.83, p.257-261, 1964.

AOAC. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemistry. 16 ed. **AOAC Inter.**, Washington, USA, 1995.

AOCS – AMERICAN OIL CHEMISTS SOCIETY. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists Society. Washington, 2004.

AVELAR, F. F.; BIANCHI, M. L.; GONÇALVES, M.; MOTA, E. G. The use of piassava fibers (*Attalea funifera*) in the preparation of activated carbon. **Bioresource Technology**, v.101, p.4639–4645, 2010.

BORELLA, D. R.; SILVA, A. C.; SOUZA, A. P.; BOUVIÉ, L.; NOGUEIRA, L. A. S.; PEREIRA, C. A. L.; SILVA, M. A. L. V. Biometry of fruit and seeds of brazil chestnut originating of the Medium-North region of Mato Grosso state. **Nativa**, v.5, p.483–490, 2017.

BRASIL. ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC Nº 270, de 22 de setembro de 2005. **Regulamento técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal**. Disponível em: <http://WWW.oliva.org.br/assts/pdfs/RDC_270_2005_oleos_gorduras_vegetais_az_eite_de_oliva.PDF>. Acesso em: 04/02/2018.

CARDOSO, B. R.; DUARTE, G. B. S.; REIS, B. Z.; COZZOLINO, S. M. F. Brazil nuts: Nutritional composition, health benefits and safety aspects. **Food Research International**, v.100, p.9–18, 2017.

CREPALDI, I. C.; ALMEIDA-MURADIAN, L. B.; RIOS, M. D. G.; PENTEADO, M. V. C.; SALATINO, A. Nutritional composition of licuri fruit (*Syagrus coronata* (Martius) Beccari). **Brazilian Journal of Botany**, v.24, p.155-159, 2001.

CRUZ, K. S.; SILVA, M. A.; FREITAS, O.; NEVES, V. A. Partial characterization of proteins from baru (*Dipteryx alata* Vog) seeds. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v. 91, p. 2006–2012, 2011.

ELZUBAIR, A.; SUAREZ, J. C. M. Mechanical behavior of recycled polyethylene/piassava fiber composites. **Materials Science & Engineering A**, v.557, p.29–35, 2012.

FAO/WHO/UNU. **Expert Consultation on Protein and Amino Acid Requirements in Human Nutrition**. Geneva. 2002. 284 p.

FERREIRA, E. S.; CAPRARO, J.; SESSA, F.; MAGNI, C.; DEMONTE, A.;

CONSONNI, A.; NEVES, V. A.; CILLI, E. M.; DURANTI, M.; SCARAFONI, A. New molecular features of cowpea bean (*Vigna unguiculata*, L. Walp) β -vignin. **Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry**, v.82, p.285-291, 2018.

FERREIRA, E. S.; SILVEIRA, C. S.; LUCIEN, V. G.; AMARAL, A. S. Caracterização físico-química da amêndoa, torta e composição de dos ácidos graxos majoritários do óleo bruto da Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*). **Alimentos e Nutrição**, v.17, p.203–208, 2006.

FOEGEDING, E. A.; DAVIS, J. P. Food protein functionality: A comprehensive approach. **Food Hydrocolloids**, v.25, p.1853–1864, 2011.

FONTANARI, G. G.; BATISTUTI, J. P.; BANNACH, G.; PASTRE, I. A.; IONASHIRO, E. Y.; FERTONANI, F. L. Thermal study and physico-chemical characterization of some functional properties of guava seeds protein isolate (*Psidium guajava*). **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**. v. 83, p.709–713, 2006.

FONTANARI, G. G.; MARTINS, J. M.; KOBELNIK, M.; PASTRE, I. A.; ARÊAS, J. A. G.; BATISTUTI, J. P.; FERTONANI, F. L. Thermal studies on protein isolates of white lupin seeds (*Lupinus albus*). **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**. v. 108, p.141– 148, 2012.

FONTANARI, G. G.; NEVES, V. A.; SOUZA, G. R.; BATISTUTI, J. P.; PASTRE, I. A.; FERTONANI, L. F. DSC studies on protein isolate of guava seeds *Psidium guajava*. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**. v. 93, p. 397–402, 2008.

FRIEDMAN, M. Nutritional value of proteins from different food sources: A Review. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.44, p.6–29, 1996.

GHUMMAN, A.; KAUR, A.; SINGH, N. Functionality and digestibility of albumins and globulins from lentil and horse gram and their effect on starch rheology. **Food Hydrocolloids**, v.61, p.843–850, 2016.

GONÇALVES, E.G.; LORENZI, H. **Morfologia Geral: Organografia e Dicionário ilustrado de Morfologia das Plantas Vasculares**. São Paulo, Instituto Plantarum de Estudos da Flora. 447 p. 2007.

GUERRERO, E. J. D.; ZEGARRA, C. M.; CARHUANCA, K. M. M.; SOTERO, D. E. G.; SAUVAIN, M.; SOLIS, V. E. S. Caracterización química de tres palmeras del género *Attalea*. **Revista de la Sociedad Química del Perú**, v.77, p.218–224, 2011.

KAUR, M.; SINGH, V.; KAUR, R. Effect of partial replacement of wheat flour with varying levels of flaxseed flour on physicochemical, antioxidant and sensory characteristics of cookies. **Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre**, v.9, p.14–20, 2017.

KHAN, G. R.; SCHEINMANN, F. Some recent advances in physical methods for analysis and characterization of polyunsaturated fatty acids. **Prog Chem Fats**

Other Lipids, v.15, p.343–367, 1978.

LOWRY, O. H.; ROSEBROUGH, N. J.; FARR, A. L.; RANDALL, R. J. Protein measurement with the Folin phenol reagent. **Journal of Biological Chemistry**, v.193, p.265–275, 1951.

LUMEN, B. O.; BECKER, R.; REYES, P. S. Legume and cereal with high methionine/cysteine contents. **Journal of Agriculture of Food Chemistry**, v.34, p.361–364, 1986.

LYKOMITROS, D.; FOGLIANO, V.; CAPUANO, E. Flavor of roasted peanuts (*Arachis hypogaea*) - Part I: Effect of raw material and processing technology on flavor, color and fatty acid composition of peanuts. **Food Research International**, v.89, p.860–869, 2016.

MACHADO, G. C.; CHAVES, J. B. P.; ANTONIASSI, R. Composição em ácidos graxos e caracterização física e química de óleos hidrogenados de coco babaçu. **Revista Ceres**, v.53, p.463–470, 2006.

MELO, J. R. V. **Maturação, germinação e armazenamento de sementes de piaçaveira (*Attalea funifera* Mart.)**. 2001. 115p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita, Botucatu, 2001.

NAKAIE, C. R.; OLIVEIRA, E.; VICENTE, E. F.; JUBILUT, G. N.; SOUZA, S. E. G.; MARCHETTO, R.; CILLI, E. M. Solid-phase peptide synthesis in highly loaded conditions. **Bioorganic Chemistry**, v.39, p.101–109, 2011.

NEVES, V. A.; PEREIRA, D. D.; SHOSHIMA, A. H. R.; TAVANO, O. L. Características da solubilidade protéica e isolamento da globulina principal de caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.) cultivar BR-14 Mulato. **Alimentos e Nutrição**, v.14, p.47–55, 2003.

NTATSI, G. The quality of leguminous vegetables as influenced by preharvest factors. **Scientia Horticulturae**, v. 232, p. 191–205, 2018.

REIS, J. M. L.; MOTA, E. P. Mechanical behavior of piassava fiber reinforced castor oil polymer mortars. **Composite Structures**, v.111, p.468–472, 2014.

SANTOS, O. V. Comparative parameters of the nutritional contribution and functional claims of Brazil nut kernels, oil and defatted cake. **Food Research International**, v.51, p.841–847, 2013.

SHARIF, R.; THOMAS, P.; ZALEWSKI, P.; GRAHAM, R. D.; FENECH, M. The effect of zinc sulphate and zinc carnosine on genome stability and cytotoxicity in the WIL2-NS human lymphoblastoid cell line. **Mutation Research**, v.720, p.22–33, 2011.

SILVA, R. B.; SILVA-JÚNIOR, E. V.; RODRIGUES, L. C.; ANDRADE, L. H. C.; SILVA, S. I.; HARAND, W.; OLIVEIRA, A. F. M. A comparative study of nutritional composition and potential use of some underutilized tropical fruits of Arecaceae.

Anais da Academia Brasileira de Ciências, v.87, p.1701–1709, 2015.

SIMÕES, L. L.; LINO, C. F. Sustentável Mata Atlântica: **a exploração de seus recursos florestais**. 2.ed. São Paulo: Editora Senac, 2003. 215 p.

SULIBURSKA, J.; KREJPCIO, Z. Evaluation of the content and bioaccessibility of iron, zinc, calcium and magnesium from groats, rice, leguminous grains and nuts. **Journal of Food Science and Technology**, v.51, p.589–594, 2014.

SZE-TAO, K. W. C.; SATHE, S. K. Walnuts (*Juglans regia* L): proximate composition, protein solubility, protein amino acid composition and protein *in vitro* digestibility. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.80, p.1393–1401, 2000.

TAPISSO, J. T.; MARQUES, C. C.; MATHIAS, L.; RAMALHINHO, G. Induction of micronuclei and sister chromatid exchange in bone-marrow cells and abnormalities in sperm of Algerian mice (*Mus musculus*) exposed to cadmium, lead and zinc. **Mutation Research**, v.678, p.59–64, 2009.

TAVANO, O. L.; SILVA JR., S. I.; DEMONTE, A.; NEVES, V. A. Nutritional responses of rats to diets based on chickpea (*Cicer arietinum* L.) seed meal or its protein fractions. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.56, p.11006–11010, 2008.

TUAN, Y. H.; PHILLIPS, R. D. Nutritional quality of hard-to-cook. processed cowpea. **Journal of Food Science**, v.57, p.1371–1374, 1992.

WANG, Z.; LI, H.; LIANG, M.; YANG, L. Glutelin and prolamin, different components of rice protein, exert differently *in vitro* antioxidant activities. **Journal of Cereal Science**, v.72, p.108–116, 2016.

WARD, A. J. W.; HERBERT-READ, J. E.; SIMPSON, S. J. Diets and decisions: the potential use of food protein cues in dietary, sexual and social decisions by mosquitofish. **Animal Behaviour**, v.82, p.783–790, 2011.

WEINBORN, V.; PIZARRO, F.; OLIVARES, M.; BRITO, A.; ARREDONDO, M.; FLORES, S.; VALENZUELA, C. The Effect of Plant Proteins Derived from Cereals and Legumes on Heme Iron Absorption. **Nutrients**, v.7, p.8977–8986, 2015.

YANG, J. Brazil nuts and associated health benefits: A review. **Food Science and Technology**, v.42, p.1573–1580, 2009.

ZHANG, W.; LIU, S.; WANG, Y.; ZHENG, L.; LIU, F.; HAN, X.; REN, Y.; LONG, O.; ZHAO, Z.; JIANG, L.; WAN, J. A study of the *in vitro* protein digestibility of indica and japonica cultivars. **Food Chemistry**, v.122, p.1199–1204, 2010.

ZHAO, Q.; SELOMULYA, C.; XIONG, H.; CHEN, X. D.; RUAN, X.; WANG, S.; XIE, J.; PENG, H.; SUN, W.; ZHOU, Q. Comparison of functional and structural properties of native and industrial process-modified proteins from long-grain indica rice. **Journal of Cereal Science**, v.56, p.568–575, 2012.

SUPPLEMENTARY MATERIAL

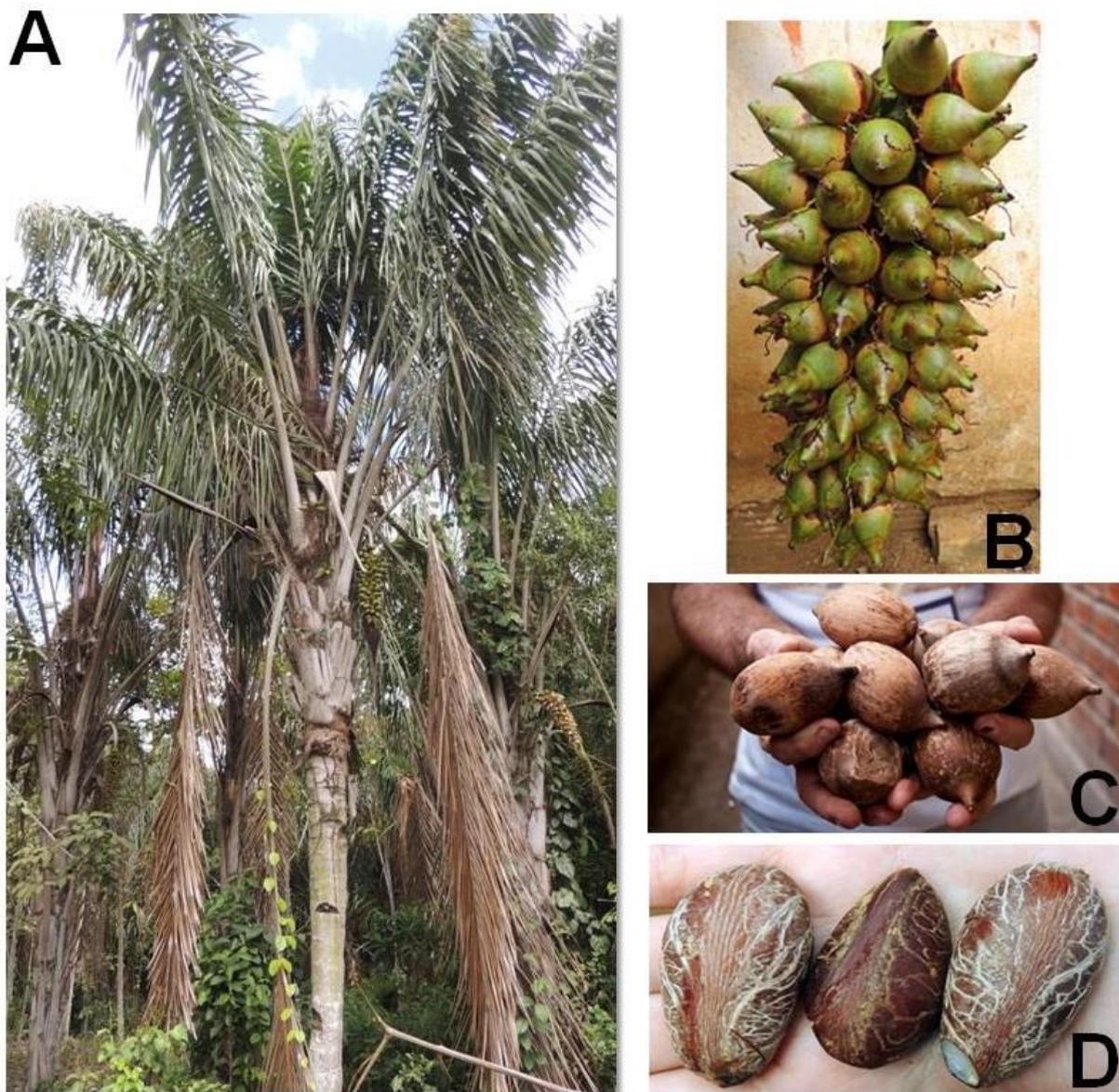


Figure 1S (Supplementary material) – Illustration of the specie *Attalea funifera* M. disseminated in the southern region of the state of Bahia (A); Coconut (fruit) of the piaçava with diferente maturation stages, little ripeness degree (B) and high ripeness degree (C); Seed of the piaçava coconut (D).

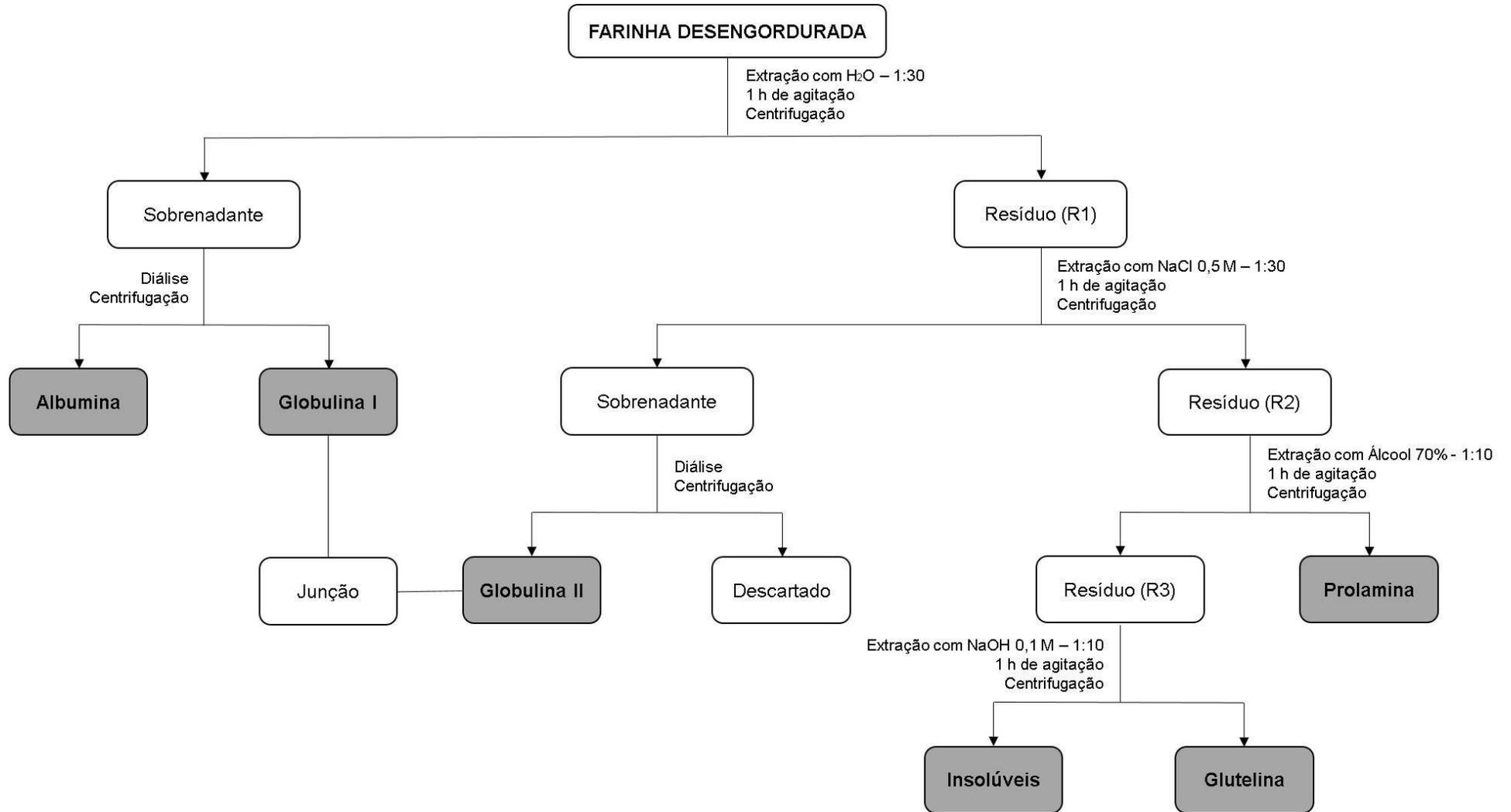


Figure 2S (Supplementary material) – Flowchart of separation of the protein fractions according to their solubility characteristics.