



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA

REJANE MARIA DA SILVA

CONSTITUINTES QUÍMICOS DE SEMENTES DE LECYTHIDACEAE
OCORRENTES EM PERNAMBUCO E SEU POTENCIAL ECONÔMICO

FORTALEZA

2014

REJANE MARIA DA SILVA

CONSTITUINTES QUÍMICOS DE SEMENTES DE LECYTHIDACEAE
OCORRENTES EM PERNAMBUCO E SEU POTENCIAL ECONÔMICO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia (RENORBIO) da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Biotecnologia, Área de Concentração: Recursos Naturais.

Orientadora: Profa Dra Maria Izabel Gallão

Coorientadora: Profa Dra Suzene Izídio da Silva

FORTALEZA

2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S583c Silva, Rejane Maria da.
Constituintes químicos de sementes de Lecythidaceae ocorrentes em Pernambuco e seu potencial econômico / Rejane Maria da Silva. – 2018.
141 f. : il. color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia (Rede Nordeste de Biotecnologia), Fortaleza, 2018.
Orientação: Prof. Dr. Maria Izabel Gallão.
Coorientação: Prof. Dr. Suzene Izídio da Silva.
1. Lecythidaceae. 2. Composição química. 3. Produção de Etanol . I. Título.

CDD 660.6

REJANE MARIA DA SILVA

CONSTITUINTES QUÍMICOS DE SEMENTES DE LECYTHIDACEAE OCORRENTES
EM PERNAMBUCO E SEU POTENCIAL ECONÔMICO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia (RENORBIO) da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Biotecnologia, Área de Concentração: Recursos Naturais.

Aprovada em: __/__/_____.

Aprovada em: 14/03/2014

Profa Dra Maria Izabel Gallão
Orientadora
Universidade Federal do Ceará/CE

Profa Dra Suzene Izídio da Silva
Coorientadora
Universidade Federal Rural de Pernambuco/PE

Dra Maria Teresa Bertoldo Pacheco
Instituto de Tecnologia de Alimentos /SP

Prof Dr Renato de Azevedo Moreira
Universidade de Fortaleza/CE

Prof Dr Sebastião Medeiros Filho
Universidade Federal do Ceará/CE

Dra Maria Raquel Alcântara de Miranda
Universidade Federal do Ceará/CE

A Deus.

Aos meus pais, Raimundo Joaquim da Silva
e Maria Luzinete da Silva, Pelo amor,
amizade e incentivo

AGRADECIMENTOS

Ao Senhor meu Deus pela vida e por todas as bênçãos que me dispensa a cada dia, especialmente nesta reta final, o Senhor me inspirou, acalmou e ajudou para que eu tivesse condições de concluir esse trabalho, o qual dedico a ti “Oh Deus!”, assim como toda minha vida, tudo que sou e possuo, muito obrigada por tudo!

À Universidade Federal do Ceará (UFC) e a Rede Nordeste de Biotecnologia (RENORBIO), pela oportunidade de realizar o Doutorado;

À CAPES, pelo apoio financeiro com a concessão da bolsa e ao CNPq pelo apoio financeiro para a execução do trabalho.

Ao governo do Estado de Pernambuco pela concessão da licença de quatro anos para o desenvolvimento e conclusão do curso de doutorado.

À Prof^a Dra Maria Izabel Gallão, o meu respeito, pela sua dedicação e incentivo durante toda sua orientação e pela amizade que construímos ao longo desses anos;

À Prof^a Dra Suzene Izídio da Silva, pela ajuda, paciência, apoio, amizade, compreensão e consideração durante todo desenvolvimento desse trabalho;

Aos membros banca examinadora, Prof^a Dra Maria Teresa Bertoldo Pacheco, Prof^a Dra Maria Teresa Salles Trevisan, Prof Dr Gustavo Adolfo Saavedra Pinto, Prof Dr Renato de Azevedo Moreira e Prof Dr Men de Sá Moreira de Souza Filho, pelas valiosas contribuições desde a qualificação até a defesa final.

Ao Prof Dr Ph Scott A. Mori, pelas contribuições intelectuais, e, sobretudo, a confirmação na identificação da espécie *Eschweilera alvimii* Mori.

A minha mãe, Luzinete, amiga e conselheira, a pessoa que mais acreditou que eu seria capaz de chegar até o fim...

A minha amiga Rayane, pela ajuda e apoio nas mínimas e nas máximas coisas, nunca vou esquecer!

Quero expressar ainda, meus agradecimentos e compartilhar minha alegria com as pessoas que colaboraram e contribuíram para essa vitória, seja no fornecimento de insumos para a pesquisa, ouvindo-me ou apoiando-me nos momentos de incertezas e, principalmente, suprindo-me com o carinho e atenção. A todos a minha eterna gratidão.

Aos amigos e amigas do Departamento de Botânica, UFC, CETENE, UFPE, UFRPE, ITAL, IPA e UPE, pelos laboratórios cedidos durante o desenvolvimento do trabalho. Todos os docentes e discentes da RENORBIO, todos os funcionários, técnicos, motoristas, mateiros e escaladores, que me auxiliaram desde a coleta até as análises e interpretação dos dados.

Há muito mais a quem agradecer... A todos aqueles que, embora não nomeados, me brindaram com apoio em distintos momentos e por suas presenças afetivas, o meu reconhecido e carinhoso OBRIGADA!

Todos vocês são coautores deste trabalho!

Aquele que leva a preciosa semente
voltará, com alegria, trazendo os
molhos. Salmos 126, 6

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1- *Couroupita guianensis* Aubl. (Lecythidaceae): A – Aspecto geral da planta florida; B – Aspecto geral da planta com frutos; C - Flor; D - Fruto fechado mostrando a marca da abscisão; E e F - Fruto aberto, mostrando o epicarpo (externamente) e o endocarpo (internamente); G – Polpa do fruto com sementes; H – Semente..... 20
- Figura 2- *Eschweilera alvimii* S. A. Mori (Lecythidaceae): A – Aspecto geral da planta; B – Flor; C e D - Fruto fechado com opérculo; F – Fruto aberto com sementes; G – Semente. 21
- Figura 3- *Eschweilera ovata* Mart. ex Miers: A – Aspecto geral da planta; B - Flor; C – Ramo com frutos imaturos; D – Fruto maduro com sementes expostas; E – Semente..... 22
- Figura 4- *Gustavia augusta* L.: A – Aspecto geral da planta; B – Botões florais; C – Flor; D – Ramo com frutos imaturos; E – Fruto fechado; F - Fruto cortado transversalmente com sementes expostas; G – Semente com o arilo. Escala de 1 cm..... 24
- Figura 5- *Lecythis pisonis* Cambess.: A – Aspecto geral da planta; B – Flor; C – Ramo com frutos; D – Fruto sem opérculo E – Semente. Escala de 1 cm..... 26
- Figura 6- Eficiência da hidrólise dos carboidratos (2,5g) de sementes de *Eschweilera ovata* Mart. ex Miers em 25mL de solução utilizando diferentes níveis de concentração de ácido sulfúrico..... 74
- Figura 7- Dendrograma (UPGMA método e distância Euclidiana) com base na distribuição quantitativa de *n*-alcanos cuticular de espécies de Lecythidaceae que ocorrem na Mata Atlântica (Pernambuco, Brasil). O coeficiente de correlação cofenético ($r_{coph} = 0,964$)..... 112

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-	Seed biometric of four species of Lecythydaceae from the Atlantic Forest (Northeastern Brazil).....	54
Tabela 2-	Centesimal composition of four Lecithydaceae species from the Atlantic Forest (northeast Brazil).....	59
Tabela 3-	Mean oil content and fatty acid composition of four species from the Atlantic Forest (Northeastern Brazil)	61
Tabela 4-	Amino acid composition (%) of four species from the Atlantic Forest (Northeastern Brazil).....	62
Tabela 5-	Composição de açúcar (%) de <i>Couroupita guianensis</i> Aubl. <i>Eschweilera alvimii</i> S. A. Mori, <i>Eschweilera ovata</i> (Cambess.) Mart. ex Miers, <i>Gustavia augusta</i> L. e <i>Lecythis pisonis</i> Camb. (Lecythydaceae) em relação à 2,5g de biomassa seca da semente.....	74
Tabela 6-	Produção de Etanol ($Y_{p/s^{et}}$), concentração de células (%), concentração de Etanol (g/L), consumo de açúcar (%) e tempo de fermentação de sementes (desidratadas) de <i>Eschweilera ovata</i> (Camb.) Miers (Lecythydaceae) e <i>Artocarpus integrifolia</i> Lam. (Artocarpaceae).....	75
Tabela 7-	Composição de açúcar (g/L) na torta de <i>Eschweilera alvimii</i> S. A. Mori, <i>Eschweilera ovata</i> Mart. ex Miers, <i>Gustavia augusta</i> L. (Lecythydaceae) e <i>Artocarpus integrifolia</i> Lam. (Artocarpaceae) em relação à 2,5g de biomassa seca da semente.....	78
Tabela 8-	Produção de Etanol ($Y_{p/s^{et}}$), concentração de células (%), concentração de Etanol (g/L), consumo de açúcar (%) e tempo de fermentação de sementes (desengorduradas) de <i>Eschweilera ovata</i> Mart. ex Miers (Lecythydaceae) e <i>Artocarpus integrifolia</i> Lam. (Artocarpaceae).....	79
Tabela 9-	Composição centesimal das sementes de <i>Couroupita guianensis</i> Aubl. (Lecythydaceae).....	92

Tabela 10-	Composição em Aminoácidos (g/100g amostra) de <i>Couroupita guianensis</i> Aubl. (Lecythidaceae).....	94
Tabela 11-	Composição de açúcar (g/L) de <i>Couroupita guianensis</i> Aubl. (Lecythidaceae) em relação à 2,5g de biomassa seca da semente.....	96
Tabela 12-	Teor e composição dos ácidos graxos (%), tocois, fitosteróis (mg/100g) e carotenoides totais (µg/g) presentes no óleo das sementes de <i>Couroupita guianensis</i> Aubl. (Lecythidaceae).....,.....	97
Tabela 13-	Distribuição e abundância de <i>n</i> -alcanos da cutícula foliar em sete espécies de Lecythidaceae (Pernambuco, Brasil).....	114

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAAB	Ácido α -aminobutírico
AAE	Aminoácidos essenciais
AOAC	Official methods of analysis
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ATP	Adenosina trifosfato
AVC	Acidentes vasculares cerebrais
CLAE	Cromatografia líquida de alta eficiência
DNS	Dinitrosalicílico acid
DRI	Dietary Reference Intakes
FAO	Food and Agriculture Organization
HA	Hemagglutinating activity
HDL	High Density Lipoproteins
ICP OES	Inductively coupled plasma optical emission spectrometry
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LDL	Low Density Lipoproteins
NADH	Dinucleótido de nicotinamida e adenina
RAE	Retinol activity equivalent
SHA	Specific hemagglutinating activity
UV	Radiação ultravioleta
YPD	Extrato de levedura, peptona e glucose

RESUMO GERAL

Muitas plantas das florestas tropicais fornecem frutos e sementes ricos em óleos, proteínas, carboidratos e bioativos, que servem a indústria de alimentos, de farmacêuticos, cosméticos e biocombustíveis. Porém, ainda existem muitas espécies cujo potencial é desconhecido. O conhecimento de plantas com esse potencial é importante para o planejamento de ações sustentáveis, a fim de se obter renda, seja através da conservação florestal, seja através do cultivo e reflorestamento. Considerando os aspectos mencionados acima, objetivou-se realizar a caracterização química, substâncias antioxidantes e aproveitamento biotecnológico de espécies de Lecythidaceae. Foi determinada a composição centesimal (umidade, cinzas, proteínas, carboidratos e lipídios) de *Couropita guianensis* Aubl.; *Eschweilera alvimii* Mori; *Eschweilera ovata* Mart. ex Miers; *Gustavia augusta* L. e *Lecythis pisonis* Camb.; os compostos bioativos (carotenóides totais, vitamina E e fitosteróis) de *C. guianensis* e o teor de amido, açúcares fermentescíveis e produção de etanol a partir de sementes e torta de *E. ovata*. As sementes de *L. pisonis* e *C. guianensis* são oleaginosas com respectivamente 58,76% e 35,5% de óleo. A semente de *C. guianensis* é uma fonte do ácido linoléico e seu óleo apresentou um teor de tocois de 25,1 mg/100 g dos quais 20,2 mg/100 g é de α -tocoferol, 4,0mg/100 g de γ -tocoferol. O total de fitosteróis em *C. guianensis* foi de 79,81mg/100 g, entre os majoritários, β -sitosterol (15,28 mg/100 g), campesterol (0,58 mg/100 g) e Δ^7 -estigmastanol (0,58 mg/100 g). Clerosterol e campestanol foram encontrados em quantidades traços nas amostras estudadas. *E. ovata* tem elevado teor de carotenóides totais (634,4 μ g/g) seguida por *G. augusta* (316,32 μ g/g). Dentre as espécies analisadas *G. augusta* destacou-se por apresentar conteúdo de aminoácidos aromáticos suficientes para atender as necessidades nutricionais de crianças entre 10-12 anos e adultos enquanto sementes de *C. guianensis* com 1,99 g/100g de aminoácidos sulfatados suprem as necessidades de adultos. Três das espécies analisadas apresentam elevados percentuais de carboidratos, amido e fibras, *E. alvimii* com 23,81; 27,38 e 12,43, *E. ovata* com 13,66; 50,03 e 13,57 e *G. augusta* com 16,25; 48,75 e 13,37, respectivamente. O etanol produzido a partir de 2,5g da biomassa de sementes desidratadas de *E. ovata* teve uma eficiência de 52,94% e rendimento de 0,27g/g, consumindo 59,54% de açúcares fermentescíveis com produção de 5,91 g/L de etanol. Em (2,5g) de massa de sementes desengorduradas de *E. alvimii*, *E. ovata* e *G. augusta* a eficiência e o rendimento da produção de etanol variaram, respectivamente de 46,96% e 0,24g/g (*E. ovata*) a 62,62% e 0,32g/g (*E. alvimii*). *G. augusta* apresentou a maior concentração de etanol com 2,71g/L. Os minerais em maior quantidade nas sementes de *E. alvimii*, *E. ovata* e *G. augusta* foram o potássio (641, 479, 716), o fósforo (389, 223, 147) e o cobre (1,37; 0,48 e 0,94) mg/100g, respectivamente. Esse estudo revela que além de sementes oleaginosas (*L. pisonis* e *C. guianensis*), *E. alvimii*, *E. ovata* e *G. augusta* são fontes notáveis de carboidratos, particularmente de amido, podendo serem aproveitadas como matérias primas na indústria alimentícia e de cosméticos. *E. alvimii*, *E. ovata* e *G. augusta*, foram as primeiras plantas silvestres nativas da floresta atlântica a terem a produção de etanol investigada partir do amido de sementes abrindo novas perspectivas para pesquisa deste produto.

Palavras-chave: Floresta Atlântica. Lecythidaceae. Caracterização química. Compostos bioativos. Etanol.

ABSTRACT

Many tropical forest plants produce fruits and seed rich in oils, proteins, carbohydrates, and bioactive compounds. Nevertheless, the potential of many species is still unknown. Studying such plants is important for planning sustainable management that generates income from forest preservation, be it through cultivation or reforestation. With that in mind, the present research aimed to analyze the chemical characterization, antioxidant substances and biotechnological use of species of Lecythidaceae. It was determined the proximate composition (*Couroupita guianensis* Aubl.; *Eschweilera alvimii* Mori; *Eschweilera ovata* Mart. ex Miers; *Gustavia augusta* L., and *Lecythis pisonis* Camb.), antioxidant substances (total carotenoid, vitamin E, and phytosterols) in Lecythidaceae seeds (*Couroupita guianensis* Aubl. and the starch, fermentable sugars and ethanol production from *E. ovata* seeds. *L. pisonis* and *C. guianensis* seeds are oily with respectively 58.76% and 35.5% oil content. *C. guianensis* seeds are a source of linoleic acid and its oil had a tocol content of 25.1 mg/100 g, of which 20.2 mg/100 g are α -tocopherol and 5.0 mg/100 g are γ -tocopherol. Total phytosterols in *C. guianensis* were 79.81 mg/100 g, among which the major ones were sytosterol (15.28 mg/100 g), campesterol (0.58 mg/100 g), and Δ^7 -stigmastanol (0.58 mg/100 g). Clerosterol and campestanol were found in trace amounts in the samples studied. *E. ovata* has the highest total carotenoid content (634.4 μ g/g) followed by *G. augusta* (316.32 μ g/g). Among the species analyzed, *G. augusta* stood out for its aromatic amino acid content, enough to meet the nutritional requirements of 10-12 years old children. *C. guianensis* seeds, in turn, can supply the sulfated amino acids nutritional requirements of adults with its 1.99 g/100 g. Three of the species analyzed had high percentages of carbohydrates, starch, and fibers: *E. alvimii* with 23.81, 27.38, and 12.43; *E. ovata* with 13.66, 50.03, and 13.57; and *G. augusta* with 16.25, 48.75, and 13.37, respectively. Ethanol production from 2.5 g of dehydrated seed biomass from *E. ovata* had 52.94% efficiency and 0.27 g/g yield, consuming 59.54% fermentable sugars with 5.91 g/L ethanol produced. In 2.5 g of degreased seed biomass from *E. alvimii*, *E. ovata*, and *G. augusta*, ethanol production efficiency and yield ranged, respectively, from 46.96% and 0.24 g/g (*E. ovata*) to 62.62% and 0.32 g/g (*E. alvimii*). *G. augusta* had the highest ethanol concentration at 2.71 g/L. The most prevalent minerals in *E. alvimii*, *E. ovata*, and *G. augusta* seeds were potassium (641, 479, 716 mg/100 g), phosphorous (389, 223, 147 mg/100 g), and copper (1.37, 0.48, and 0.94 mg/100 g). The present study shows that, besides the oily seeds (*L. pisonis* and *C. guianensis*), *E. alvimii*, *E. ovata*, and *G. augusta* are notable sources of carbohydrates, particularly starch, and can be used as raw materials in the food and cosmetic industries. *E. alvimii*, *E. ovata*, and *G. augusta* were the first native Atlantic Forest plants to have their ethanol production from their seed starch investigated, setting new perspectives ahead for the research of this product.

Keywords: Atlantic forest. Lecythidaceae. Chemical characterization. Bioactive compounds. Ethanol.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
3	LECYTHIDACEAE SPECIES: CHEMICAL CHARACTERIZATION OF SEEDS FROM ATLANTIC AND AMAZON FOREST	51
4	SEMENTES DE <i>ESCHWEILERA OVATA</i> MART. EX MIERS. (LECYTHIDACEAE) COMO FONTE DE CARBOIDRATO E ETANOL.....	69
5	<i>COUROUPITA GUIANENSIS</i> AUBL. (LECYTHIDACEAE): COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS SEMENTES E BIOATIVOS DO ÓLEO.....	84
6	N-ALCANOS CUTICULARES DE SETE ESPÉCIES DE LECYTHIDACEAE NEOTROPICAIS: UMA CONTRIBUIÇÃO À QUIMIOTAXONOMIA.....	106
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS GERAIS.....	115
	REFERÊNCIAS.....	117

1 INTRODUÇÃO GERAL

Desde o início da colonização brasileira as florestas, a sua flora e fauna despertam grande interesse, tanto pela exuberância, como pela riqueza e diversidade de espécies úteis. Muito embora, a história de utilização das espécies tenha se iniciado através da exploração madeireira, existe um enorme potencial contido nesta flora que continua desconhecido e inexplorado.

Muitas espécies nativas, apesar de possuírem frutos e sementes muito apreciados como alimento, somente foram analisados quanto à sua composição química no período de quatro décadas atrás e a maioria delas ainda continua insuficientemente estudadas. Há, porém, um interesse crescente, nessa área da ciência, tendo em vista a necessidade de se obter cada vez mais alimentos e produtos que atendam as exigências e tendências das indústrias alimentícia, farmacêutica e de geração de energia.

Na flora brasileira há cerca de 20.000 espécies, somente no bioma Floresta Atlântica há 8.000 delas sendo exclusivas. Em contrapartida, tem sido divulgado que 25% de todos os fármacos receitados no mundo provêm de plantas, com 119 substâncias químicas usadas regularmente na medicina, no entanto, pouco se sabe sobre a composição química de mais de 99% da flora brasileira.

Esta falta de conhecimento sobre os constituintes químicos das plantas tem sido apontada como um dos fatores que reduzem o uso e aproveitamento do potencial da flora, ocasionando desperdício sobre o que é produzido. Assim, pode ser admitido que, o conhecimento sobre a química de plantas úteis da Floresta Atlântica possa intervir de forma positiva na seleção de espécies que forneçam produtos alternativos para as indústrias alimentícia, farmacêutica e de energia e ao mesmo tempo oriente o planejamento de estratégias para o desenvolvimento regional, promovendo afixação do homem no ambiente rural e o manejo sustentado do bioma Atlântico.

Olhando sob esta perspectiva é preponderante priorizar, nos estudos de bioprospecção, famílias de plantas que apresentem elevado potencial de aproveitamento, sejam abundantes, de fácil propagação e ecologicamente importante. No bioma Amazônico e Atlântico, Lecythidaceae, ocupa o terceiro lugar em abundância e apresenta gêneros e espécies que atendem esses requisitos.

Dentre mais de 700 espécies de Lecythidaceae do novo mundo a castanha do Pará ou “Brazil nuts” (*Bertholetia excelsa* HBK) é a espécie mais estudada, devido ao uso de suas sementes na fabricação de grande variedade de alimentos e cosméticos, em um mercado que

envolve empresas nacionais e internacionais. Desta família são conhecidas ainda, no Brasil, a sapucaia ou “sapucaia nuts” (*Lecythis pisonis* Camb.), cujas sementes são apreciadas como alimento pela população local na região amazônica, o jequitibá (*Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze) cuja madeira é usada na construção civil, a embiriba (*Eschweilera ovata* Mart. ex Miers), popularizada devido a seu emprego na fabricação do berimbau, um instrumento de percussão, utilizado na tradição africana para acompanhar a "capoeira" e o abricó de maço (*Couropita guianensis* Aubl.) cultivado em várias regiões devido ao seu potencial ornamental.

As sementes tem sido uma das mais importantes fontes de alimentos para humanidade e do ponto de vista econômico, quanto mais se estuda os constituintes de suas reservas, mais produtos têm sido descobertos. Muitas dessas substâncias tem se constituído em fontes alternativas para a indústria de óleos vegetais, carboidratos, proteínas, nutracêuticos diversos e ainda para a produção de energia renovável, o que tem resultado na consolidação e redirecionando do uso desses produtos naturais.

Dentro do contexto acima apresentado, o presente trabalho se propôs a estudar os constituintes químicos de sementes de cinco espécies de Lecythidaceae ocorrentes no estado de Pernambuco de forma a indicar o seu potencial para uso industrial.

Os estudos permitiram a realização de três artigos e uma comunicação curta:

- 1) Centesimal composition and total carotenoids in seeds from Lecythidaceae species;
- 2) Sementes de *Eschweilera ovata* Mart. Ex Miers. (Lecythidaceae) como fonte de carboidrato e etanol;
- 3) Composição centesimal e bioativos do óleo de sementes de *Couropita guianensis* Aubl. (Lecythidaceae);
- 4) *n*-Alcanos cuticulares de sete espécies de Lecythidaceae neotropicais: uma contribuição à quimiotaxonomia.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Floresta Atlântica: biodiversidade e potencialidade

A Floresta Atlântica é um ecossistema conhecido por possuir uma das mais ricas e complexa diversidade de espécies, apresentando um endemismo estimado em cerca de 8.000 espécies que inclui plantas vasculares, anfíbios, répteis, aves e mamíferos. Apesar disso, é também um dos ecossistemas mais ameaçados do planeta (FERRAZ; RODAL, 2006; NEGRELLE, 2006).

No Brasil, de acordo com Facanali (2004) os remanescentes dessa floresta, ocupam apenas 7,3% da área total que ocupava antes da colonização portuguesa, se apresentando como formações florestais secundárias dispersas em pequenos fragmentos circundados por áreas abertas e trechos situados próximos da zona urbana, somando 2% da vegetação original da Região Nordeste (GUIMARÃES *et al.*, 2009; RANTA *et al.*, 1998).

Em Pernambuco, a Floresta Atlântica, está situada na região geográfica denominada de Zona da Mata sendo reconhecida como detentora de elevada relevância biológica. Apesar disso, a floresta Atlântica, continua sendo alvo do desflorestamento desordenado em função da expansão das atividades sócio-econômicas (PERNAMBUCO, 2000; VIEIRA, 1998), o que tem implicação direta na conservação da biodiversidade, a qual é considerada insuficientemente conhecida e conseqüentemente subaproveitada (BORÉM; OLIVEIRA-FILHO, 2002).

Uma grande diversidade de plantas nativas, desse ecossistema, tem potencial para ser usada na alimentação, obtenção de madeira, fibras, pigmentos, aromas, condimentos, produção de energia e princípios ativos para fármacos. Para que a exploração desse potencial se concretize, no entanto, é necessário que além do conhecimento das espécies, haja estudo e planejamento de estratégias para difusão e uso desses recursos pelos diversos setores econômicos (indústria e comércio) e pela população (CORADIN *et al.*, 2011).

Existe uma aptidão natural na floresta Atlântica para a produção de madeira, entretanto, o mau aproveitamento desse recurso, é o que mais prejuízo traz à biodiversidade. Em contrapartida, a indústria madeireira tem avançado em termos de tecnologia tornando mais eficiente o uso da madeira na produção de chapas de diversas densidades, resistentes e versáteis, usadas na confecção de móveis, embalagens e na indústria da construção civil e naval. A madeira e fibra recicladas são empregadas na produção de papel reciclado, papelão e outros produtos derivados da celulose. Os demais resíduos de madeira também podem ser aproveitados como combustível para uso residencial, institucional, municipal, comercial,

industrial, em caldeiras ou fornos para a produção de energia térmica e/ou elétrica (BRASIL, 2002).

Além do potencial madeireiro, a diversidade e riqueza de espécies dos variados estratos da floresta Atlântica se constituem, de acordo com Sant'ana (2002) no maior potencial na área de bioprospecção e uso de plantas do conhecimento tradicional associado à biodiversidade, com cerca de 120 substâncias químicas usadas regularmente na medicina mundial (FARNSWORTH, 1997).

Além disso, Grifo e Rosenthal (1997), asseguram que 57% dos 150 medicamentos mais prescritos pelos médicos contém no mínimo um componente derivado da diversidade biológica, e ainda aproximadamente 25% de todos os fármacos receitados provêm de fontes botânicas (QUEZADA *et al.*, 2005).

De acordo Organização Mundial de Saúde (OMS) cerca de 250 medicamentos são considerados como básicos e essenciais com 11% deles obtidos exclusivamente de fonte vegetais (NEIRO *et al.*, 2005). Apesar disso, segundo Ridgen *et al.* (2008), pouco se sabe sobre a composição química de mais de 99% da flora brasileira.

Baseado no conhecimento empírico sobre as propriedades terapêuticas de algumas plantas foi possível se desenvolver valiosos medicamentos utilizados na medicina científica, como os digitálicos, quinina, morfina, atropina e aspirina (SIMÕES *et al.*, 2003).

Lecythidaceae A. Rich. aspectos botânicos e econômicos

A família Lecythidaceae tem distribuição pantropical. No Novo Mundo apresenta dez gêneros e 701 espécies, incluindo árvores, arbustos e raramente lianas (MORI; PRANCE, 1981; TSOU, 1994). De acordo com Mori *et al.* (2010) chamam a atenção por causa de suas flores vistosas e frutos grandes e lenhosos.

No Brasil ocorrem aproximadamente dez gêneros e 118 espécies predominantes em terra firme da Bacia Amazônica e em áreas de menor altitude (SMITH *et al.*, 2010). Apresentam grande expressividade na Floresta Atlântica da Região Nordeste, sendo raras porém em áreas intensamente perturbadas e naquelas mais áridas como os Lhanos (Colômbia e Venezuela), Caatinga (Brasil) e Chaco (Paraguai) (PRANCE; MORI, 1979).

A região Nordeste e o estado de Pernambuco apresentam em comum, seis gêneros de Lecythidaceae, com respectivamente 22 e 14 espécies representadas (BARBOSA, 2006). Dentre estas, Silva e Rodal (2008) observaram que três se destacam em um trecho de floresta Atlântica devido à elevada frequência: *Gustavia augusta* L., *Eschweilera ovata* Mart. ex Miers e *Lecythis pisonis* Cambess.

A Castanha do Pará “Brasil nuts” (*Bertoletia excelsa* H.B.K) é largamente usada na culinária, consumida *in natura* e como ingrediente em diversos pratos (peixada, mingau, farofa, bolos, doces e sorvetes) (SOUZA, 2006). Locatelli *et al.* (2011) relatam o uso da torta resultante da extração do óleo das amêndoas na composição de farinhas e rações. De acordo com Sousa (2006), os frutos lenhosos podem ser aproveitados no artesanato (luminárias, cinzeiros, colares), enquanto a castanha é usada em cosméticos (hidratantes, óleo e batom) e fármacos (repelentes e cicatrizantes). Outra espécie da família muito apreciada como alimento na região amazônica é a sapucaia ou “sapucaia nuts” (*L. pisonis*), cujas sementes oleaginosas são consumidas cruas, cozidas ou assadas (BRASIL, 2002; DENADAI *et al.*, 2007).

Cascas e folhas de *Couropita guianensis* Aubl. têm indicações etnofarmacológicas como anti-hipertensiva, antitumoral, analgésica, anti-inflamatória e anti-helmíntica. A polpa do fruto é usada para tratamento de sarnas e as flores para combater o resfriado, gases intestinais e dor estomacal (REVILLA, 2002). A casca de *Cariniana rubra* Miers, é usada como anti-inflamatório em infusão e decocção (SANTOS, 2000). Os extratos do caule e cascas de *Gustavia augusta* possuem atividade anti-inflamatória, anti-leishmaniose (GRENAND *et al.*, 1987). A polpa do fruto de *L. pisonis* é atribuída à propriedade de reduzir os níveis de açúcar no sangue (NASCIMENTO; CONCEIÇÃO, 2011).

Os prováveis constituintes químicos relacionados às propriedades medicinais em Lecythidaceae têm incentivado a pesquisa de constituintes e da atividade farmacológica das mesmas, e em espécies de *Gustavia* foram identificados triterpenos pentacíclicos, saponinas, ácido elágico e alcalóides do tipo indolo [2,1-quinazolinícos, depsídeo gustastatina e o ácido betulínico (ALMEIDA, 2011; BERGMLAN, 1984; COSTA; CARVALHO, 2003; EL-SEEDI *et al.*, 1999; PETTIR *et al.*, 2004; OLIVEIRA, 2010).

***Couropita guianensis* Aubl.**

Couropita guianensis popularmente conhecida no Brasil como abricó de macaco é uma espécie originária da Amazônia, que pode atingir 30 a 50 cm de diâmetro e 8 a 15 m de altura (Figura 1). Caracterizam-se por apresentarem as folhas aglomeradas na extremidade dos ramos, flores perfumadas, formam-se em inflorescências que saem diretamente do tronco e ramos. O fruto é uma drupa globosa grande, com uma variação considerável no tamanho, variando de 12 a 25 cm de diâmetro, o número de sementes também varia com o tamanho do fruto, de 65 nos menores a 550 nos maiores, o número de frutos por árvore varia de 50 a 150, na polpa carnosa, encontram-se as sementes levemente pilosas a glabrescentes no exterior (MORI; PRANCE, 1990; LORENZI, 2002).

Os frutos de *C. guianensis* atingem a maturidade em cerca de doze meses, em seguida caem e se abrem, expondo a polpa e as sementes em seu interior, que servem de alimento para galinhas, porcos, patos e perus, mas não é consumido por humanos. Os frutos vazios servem para uso doméstico, as sementes são comestíveis e o líber das fibras utilizadas como cordoalhas rústicas (MORI *et al.*, 2010).

Alguns trabalhos sobre estudos químicos foram dedicados a essa espécie. Na casca foram isolados α -amirina, β -amirina, β -sitosterol, taninos (ROW; SANTRY; SURYNAYANA *et al.*, 1966) e cetoesteróide (ANJANEYULU, 1998). Óleos voláteis, oriundos das flores apresentaram eugenol, linalool e (E,E)-farnesol (WONG; TIE, 1995; ANDRADE *et al.*, 2000), Em folhas, se caracterizou ésteres triterpenoídicos de ácidos graxos como o palmitato de β -amirina (EKNAT; SHIVCHANDRAJI, 2002), e em frutos se caracterizou constituintes indólicos (SEN *et al.*, 1974; BERGMAN *et al.*, 1995). Em sementes, se demonstrou a presença de ácidos graxos, tocoferóis, esteróides, açúcares e ácidos aminados (ANDRADE *et al.*, 1999).

Os extratos desta espécie são bioativos e podem ser úteis no tratamento de várias doenças em seres humanos ou como pesticidas. De acordo com Elumalai *et al.* (2012), o extrato etanólico das folhas de *C. guianensis* tem propriedades antibiótica, antisséptica, analgésica, anti-inflamatórias, anti-úlceras, antioxidante, imunomoduladora, anti-helmíntico e antinociceptiva (SANJAY *et al.*, 2007; PINHEIRO *et al.*, 2010).

As folhas de *C. guianensis* podem ser usadas no tratamento da “dor de dente” (REVILLA, 2002) e doenças de pele. A polpa do fruto para tratar pele infectada com sarna de cachorro e desinfetar feridas (LANS *et al.*, 2001; SIVAKUMAR *et al.*, 2012). O extrato aquoso e metanólico das flores de *C. guianensis* são usados para tratar depressão (GUPTA *et al.*, 2012), as flores também são usadas no tratamento de resfriados, formação de gases intestinais e dor de estômago.

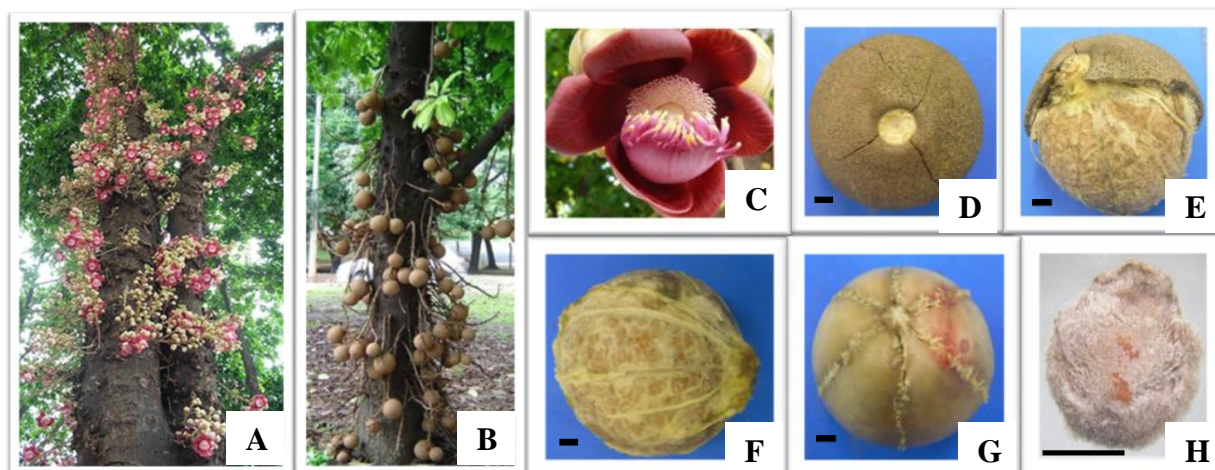


Figura 1. *Couroupita guianensis* Aubl. (Lecythidaceae): A – Aspecto geral da planta florida; B – Aspecto geral da planta com frutos; C - Flor; D - Fruto fechado mostrando a marca da abscisão; E e F - Fruto aberto, mostrando o epicarpo (externamente) e o endocarpo (internamente); G – Polpa do fruto com sementes; H – Semente. Escala de 1 cm. Fotos: Aspecto geral da planta florida e com frutos: (<http://algarve-saibamais.blogspot.com.br/2011/08/abrico-de-macaco-couroupita-guianensis.html>), demais fotos: R. M. Silva e S. I. Silva.

Eschweilera

De acordo com Mori (1981) *Eschweilera* é maior e mais complexo gênero da família, com quase cem espécies, que ocorrem com frequência no Norte e Nordeste do Brasil, largamente usadas na indústria madeireira, cercas e combustível doméstico.

Poucas espécies tiveram a química investigada, mas, no extrato hexânico de cascas e folhas de *E. rabeliana* e *E. longipes* foram encontrados triterpenos pentacíclicos, terpenóides, esteroides e cromanois (CARVALHO *et al.*, 1991, 1998).

Fioratti *et al.* (2007) em estudo preliminar determinaram o potencial antioxidante do extrato hidroalcolólico a 95% de folhas de *Eschweleira* sp., nativa do Cerrado, na tentativa de desenvolver um emulgel cosmeceútico anti-envelhecimento.

Eschweilera alvimii S. A. Mori

Eschweilera alvimii é uma árvore de floresta úmida e terra firme, que se estende por uma boa parte do Nordeste brasileiro (sul da Bahia ao longo da floresta costeira até Pernambuco), conhecida como falsa sapucaia ou sapucarana, rara e vulnerável, de distribuição restrita (GOUVEIA, 2009; MORI; PRANCE, 1990; MORI, 1995) e da qual Mori *et al.* (2010) relatam que apresenta dificuldade de estabelecimento e nada se sabe sobre o seu aproveitamento econômico (Figura 2).



Figura 2. *Eschweilera alvimii* S. A. Mori (Lecythidaceae): A – Aspecto geral da planta; B – Flor; C, D e E - Fruto fechado com opérculo; F – Fruto aberto com sementes; G – Semente. Escala de 1 cm. Fotos: R. M. Silva e S. I. Silva.

***Eschweilera ovata* Mart. ex Miers**

E. ovata, conhecida popularmente por biriba ou embiriba, distribui-se em todo o Leste brasileiro (desde a Amazônia até a região Sul), sendo exclusiva das matas pluviais Amazônicas e Atlântica. É uma espécie perenifólia, heliófita, seletiva xerófito, ocorrendo preferencialmente em terrenos bem drenados, floresta primária, formações abertas e capoeira (LORENZI, 1998; MORI, 1995).

E. ovata é uma espécie climácica, atuando como pioneira antrópica na ocupação de áreas degradadas, apresenta velocidade de crescimento de média a lenta; é tolerante a sombra, pouco exigente, suas sementes são zoocóricas (macacos, cutias e esquilos) ou barocóricas, sem dormência (germinação rápida), recalcitrantes (sem tolerância a secagem e congelamento), com elevada densidade de indivíduos na floresta e tempo de vida longo (GUSSON, 2003), devido ao seu estabelecimento precoce durante a sucessão secundária e longa persistência nas matas em estágios já muito avançados de regeneração (Figura 3).

E. ovata tem grande relevância ecológica, pois suas flores e frutos servem de recurso para uma grande variedade de animais, apesar disso, o seu extrativismo acontece dissociado de estratégias de manejo (GUSSON *et al.*, 2006).

A madeira é utilizada na construção de postes, mourões, dormentes, casas rústicas, pequenos barcos, estacas marítimas e trapiches entre outros produtos (MAINIERI, 1983), sendo seu emprego relacionado às características como dureza, peso, uniformidade, resistência a fungos e durabilidade. A madeira apresenta ainda excelente sonoridade, ressonância e operacionalidade, sendo por isso empregada na confecção do arco do berimbau (BONARTES *et al.*, 1998).

A composição de carboidratos, proteínas e alguns minerais das sementes de *E. ovata* foram analisadas por Souza *et al.* (2012). Agra *et al.* (2007) reportaram que óleo das sementes apresenta potencial terapêutico sendo indicado como tônico e para tratar mialgias.

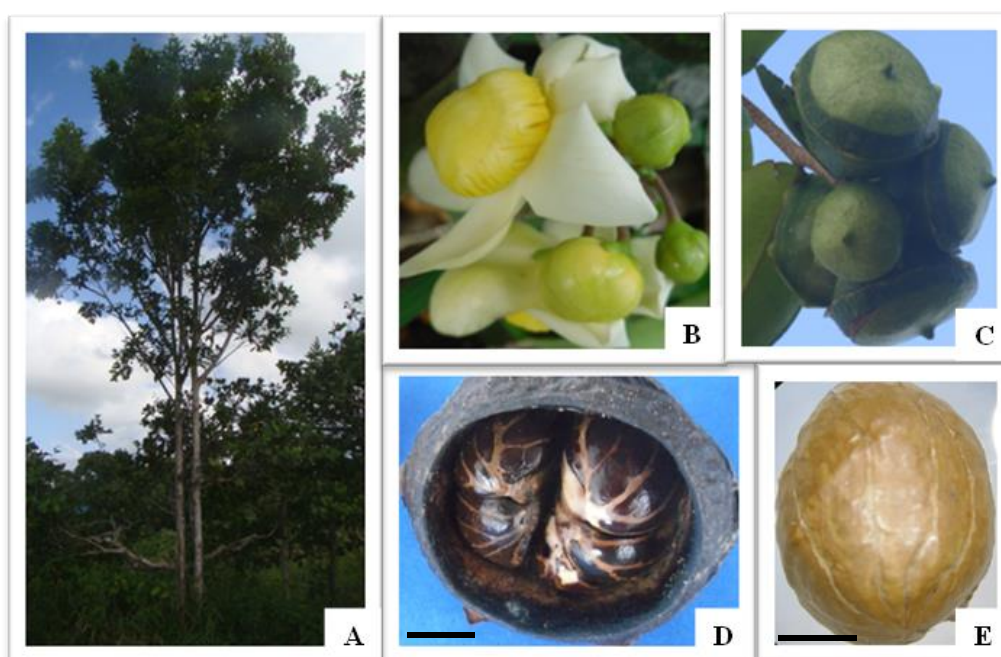


Figura 3. *Eschweilera ovata* Mart. ex Miers: A – Aspecto geral da planta; B - Flor; C – Ramo com frutos imaturos; D – Fruto maduro com sementes expostas; E – Semente. Escala de 1 cm. Fotos: R. M. Silva e S. I. Silva

***Gustavia augusta* L.**

O gênero *Gustavia*, possui cerca de 40 espécies, sendo *G. augusta* uma pequena árvore de 6-10 m, com tronco de 20-30 cm de diâmetro, conhecida no Brasil por “jeniparana”. É uma árvore perenifólia, esciófita (adaptada a desenvolver-se em ambientes sombreados), característica da floresta Amazônica (Figura 4), preferencialmente da mata de terra firme de solos argilosos ou arenosos e, ocasional na várzea onde atinge o maior porte, com ampla distribuição na Amazônia, Guianas e nos estados nordestinos de Alagoas, Ceará e Pernambuco (MORI, 1995).

Produz anualmente grande quantidade de sementes viáveis (LORENZI, 1998; MORI *et al.*, 1990), e de acordo com Mori (2007) os frutos indeiscentes ao caírem na água tem o seu mesocarpo (tecido placentário) e funículos consumidos pelos peixes, sendo as sementes duras excretadas ilesas posteriormente.

A espécie é extremamente ornamental, com flores actinomorfas delicadas e perfumadas (MORI *et al.*, 2007). A madeira pode ser usada na construção civil e marcenaria; as raízes e folhas reputadas como medicinais têm respectivamente ação laxante e descongestionante. As cascas usadas no curtimento de couros e a polpa dos frutos, em algumas regiões, são comidas assadas ou cozidas com arroz (REYES, 2007).

Nos últimos anos, alguns trabalhos relacionados à composição química de espécies do gênero *Gustavia* vem sendo desenvolvidos, devido ao seu frequente uso popular, no combate à leishmaniose (extratos da casca, do caule e das folhas), atividade anti-inflamatória (extratos do caule, cascas e sementes) e um novo inibidor tumoral a gustastatina (ALMEIDA *et al.*, 2011; JARDIM; MEDEIROS, 2006).

Gustavia augusta figura como uma das espécies mais importantes da família, por suas características botânicas, larga distribuição (PRANCE; MORI, 1979), e composição química, rica em triterpenos pentacíclicos, esteróides, saponinas, cromanóis, ácido elágico e alcalóide do tipo indolo [2,1-β] quinozonílicos (CARVALHO *et al.*, 1998; PANT; RASTOGI, 1979).

G. augusta, também é citada como tendo propriedades resolutive, descongestionante, laxante, emética e anti-inflamatória (extratos do caule e cascas) (SOUZA *et al.*, 2001). Entretanto, a principal atividade atribuída pelos índios da Guiana Francesa é no tratamento da leishmaniose (GRENAND, 1987).

De acordo com Souza *et al.* (2001), o extrato etanólico da casca do caule de *G. augusta* apresenta uma esterona, dois esteróis e oito triterpenos pentacíclicos. Esteronas são raras em plantas, nunca foram isoladas antes de Lecythidaceae e a ocorrência em *G. augusta* pode justificar a ação anti-inflamatória dos extratos da planta. Outras substâncias de ocorrência rara em plantas como a taraxerona, espinasterol, taraxerol e ácido betulínico foram identificadas pela primeira vez em Lecythidaceae, na espécie *G. augusta*.

Como as demais espécies do gênero, *Gustavia augusta* apresenta um odor fétido em sua madeira, atribuído à emissão de dissulfeto de etila, bem como de outros compostos voláteis de enxofre, que lhe conferem parcial proteção contra alguns tipos de insetos, especialmente besouros (PETTIR *et al.*, 2004).

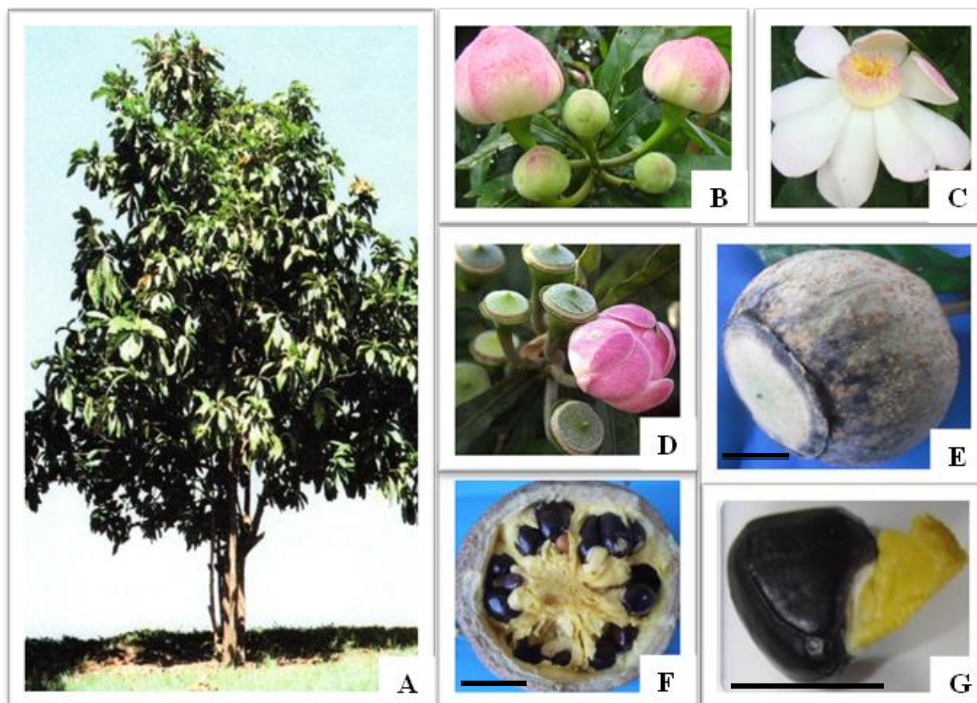


Figura 4. *Gustavia augusta* L.: A – Aspecto geral da planta; B – Botões florais; C – Flor; D – Ramo com frutos imaturos; E – Fruto fechado; F - Fruto cortado transversalmente com sementes expostas; G – Semente com o arilo. Escala de 1 cm. Fotos: Copa da árvore: Lorenzi (1998), demais fotos: R. M. Silva e S. I. Silva (2011).

***Lecythis pisonis* Cambess.**

Lecythis é um gênero com bastante variação morfológica e de acordo com Mori *et al.* (2010) na circunscrição do gênero apresenta 26 espécies, porém quando se considera apenas o gênero *stricto sensu* consiste apenas três espécies. *L. pisonis* é mais conhecida pelo nome comum “sapucaia” e ocorre em quase toda região Amazônica (Figura 5), na floresta pluvial, sendo também encontrada desde o Estado do Ceará até o Rio de Janeiro na floresta Atlântica (BRAGA *et al.*, 2007).

Os frutos são pixídios grandes com mais de 20 cm de tamanho, que atingem a maturidade entre junho e setembro, é utilizado como adorno, recipiente (LORENZI, 1992) e como campânulas de agogô (instrumento musical de origem africana). Após a queda do opérculo e liberação das sementes os frutos são aproveitados como recipiente. As sementes são comestíveis, saborosas e conforme referem Braga *et al.* (2007) medicinais, agindo de forma específica sobre o bacilo da lepra.

Lorenzi (2002) informa que a madeira de *Lecythis pisonis* é moderadamente pesada, dura e resistente, sendo utilizada para fabricação de produtos como assoalhos, caibros e ripas, esteios, vigas, pontes, mastros e dormentes, móveis, artigos domésticos decorativos,

brinquedos e instrumentos musicais, construção civil e naval (BRAGA *et al.*, 2007; SOUZA *et al.*, 1997).

L. pisonis tem aproveitamento etnofarmacológico variado, sendo as cascas usadas no tratamento de diarreias, as folhas em chá ou infusão como tonicardíacas, diuréticas, em banho contra coceira e a tintura para tratar micoses. A polpa além de comestível e nutritiva é usada no tratamento do diabetes e o óleo extraído das sementes é indicado para mialgia (BRAGA *et al.*, 2007; NASCIMENTO; CONCEIÇÃO, 2011).

As sementes são referidas na obra Brasil (2002) como aromáticas, doces e oleaginosas, sendo consumidas cruas, cozidas ou assadas. Reputadas como excelente alimento em igualdade de condições com as nozes, amêndoas ou castanhas europeias, prestando-se como ingredientes para doces, confeitos e pratos salgados (DENADAI, 2006).

De acordo com Denadai (2006), as sementes de *L. pisonis* podem ser aproveitadas para enriquecer biscoitos, devido sua composição e elevado valor nutritivo, sendo usadas como fonte de lipídeos e proteínas de excelente qualidade nutricional, além de fornecerem quantidades excelentes de fibras e alguns minerais importantes para dieta humana.

A análise de sementes de sapucaia provenientes de diferentes regiões brasileiras apresentou elevado teor de óleo com ácidos graxos poli-insaturados; proteínas, fibras e minerais, com baixo teor de sódio, o que favorece o sistema cardiovascular (DENADAI, 2007; SOUZA *et al.*, 2008). O estudo de Oliveira *et al.* (2012) acrescenta que devido as sementes de *L. pisonis* apresentarem elevado teor proteico e aminoácidos essenciais, bem como ausência de fatores antinutricionais, tais como as lectinas, elas podem ser utilizadas como complemento alimentar.

Os elevados teores de ácidos linoléico e oléico do óleo de sapucaia favorecem o seu emprego na formulação de produtos hidratantes, sabões, cremes, xampus e condicionadores. Também é utilizado como óleo para corpo, com propriedades emolientes ou para massagens (ARAÚJO *et al.*, 2007).

Do extrato etanólico das folhas de *L. pisonis*, foram isolados sete triterpenos: α -e β -amirina, uvaol, eritrodiol, os ácidos ursólico e oleanólico e 3β -friedelinol (friedelan- 3β -ol), uma mistura dos esteróides sitosterol e estigmasterol e um diterpeno (E)-fitol. Foi também observada por Oliveira *et al.* (2012) atividade citotóxica moderada da fração isolada do extrato etéreo contendo os ácidos ursólico e oleanólico.



Figura 5. *Lecythis pisonis* Cambess.: A – Aspecto geral da planta; B – Flor; C – Ramo com frutos; D – Fruto sem opérculo E – Semente. Escala de 1 cm. Fotos: Copa da árvore: Lorenzi (1998), demais fotos: R. M. Silva e S. I. Silva.

De acordo com Cornejo e Mori (2012), apesar de produzir grande quantidade de flores e aproximadamente 3.699 grãos de pólen para cada óvulo serem formados, o número de frutos produzidos em *L. pisonis* é inferior a 0,02% do número de flores. Essa baixa produção de fruto se reflete na obtenção de sementes, que, além disso, são difíceis de serem colhidas, já que os morcegos pegam as sementes assim que os frutos se abrem. Todos esses fatores dificultam a realização de mais estudos com a espécie, e, por conseguinte denota uma baixa potencialidade para seu aproveitamento econômico.

Constituintes químicos de sementes e seu aproveitamento

Os compostos de reservas das sementes podem estar presentes no eixo embrionário ou mais raramente no perisperma, ou em uma combinação dessas partes das sementes. Contudo, o endosperma e os cotilédones são os principais órgãos das sementes com função de reserva (BOESEWINKEL; BOUMAN, 1995; MAYER; POLJAKOFF-MAYBER, 1975; OLIVEIRA *et al.*, 2011).

Já de acordo com Buckeridge e Reid (1996), o maior percentual de compostos de reserva está nos cotilédones, os quais são ricos em carboidratos (amido e polissacarídeos de reserva de parede celular), lipídios e proteínas (GONÇALVES *et al.*, 2010; MELO, 2013). Nas sementes ainda podem ser encontrados outros compostos como: minerais, taninos,

alcaloides, lectinas, inibidores de proteinase e oligossacarídeos da família da rafinose (SASAKI, 2008).

A composição química das sementes se diferencia dos demais tecidos da planta, porque elas acumulam materiais de reserva, os quais são transferidos de elementos acumulados anteriormente em outras partes da planta ou através da fotossíntese, por ocasião da formação e desenvolvimento da semente (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

As substâncias de reserva das sementes garantem o seu suprimento energético para a realização das funções vitais na fase de germinação e da plântula, além disso, são fontes de nutrientes para a dieta humana e de animais (MARTINS *et al.*, 2007).

Na família Lecythidaceae, várias espécies têm sido investigadas com relação à composição química das sementes, destacando-se: *Lecythis pisonis*, *Bertholletia excelsa*, *Couroupita guianensis* Aubl. as quais apresentaram um perfil oleaginoso (63,03%; 65,94%; 33,7%, respectivamente) e uma quantidade elevada de ácidos graxos insaturados (superiores a 70%), sendo o ácido linoleico o majoritário em todas as espécies da família estudadas até o momento (NETO *et al.*, 2009; VALLILO *et al.*, 1998).

Lipídios

Dentre os constituintes químicos encontrados nas sementes, os lipídios se destacam como reserva energética, sendo normalmente armazenados no citoplasma das células do cotilédone ou do endosperma, ou ainda em estruturas especializadas (corpos lipídicos), tais como oleossomos cuja síntese tem origem quando os plastídeos interagem com o retículo endoplasmático (VOELKER; KINNEY, 2001).

São constituídos por triglicerídeos, que são estruturalmente formados por três ácidos graxos esterificados ao glicerol. Os ácidos graxos são ácidos carboxílicos, com cadeias hidrocarbônicas (saturadas ou insaturadas) de 4 a 36 átomos de carbono, derivados dos hidrocarbonetos, os quais podem ser classificados de acordo com o número de carbono: menos de 12, entre 12 a 18 e mais de 18 átomos de carbonos, os quais são chamados ácidos graxos de cadeia curta, longa e muito longa respectivamente (BEWLEY *et al.*, 2013).

Mais de mil ácidos graxos naturais já foram identificados, os quais variam em função do comprimento da cadeia carbônica, número de insaturações e pela presença ou ausência de outros grupos funcionais. No entanto, sob o ponto de vista tecnológico, somente um número limitado destes são importantes (GUNSTONE, 2004).

A maioria dos óleos vegetais contém apenas oito ácidos graxos, que correspondem a aproximadamente 97% da produção total da natureza: láurico (C12: 0,4%), místico (C14:

0,2%), palmítico (C16: 0,11%), esteárico (C18: 0,4%), oleico (C18: 1,34%), linoleico (C18: 2,34%), α -linolênico (C18: 3,5%) e erúico (C22: 1,3%) (GUNSTONE, 2004).

Do ponto de vista da nutrição e bioquímica, os ácidos graxos são agrupados em três famílias conhecidas como ômega (ω). A família ω -9, cujo principal representante é o ácido oleico, a ω -6, representado pelo ácido linoleico, e a ω -3, pelo ácido α -linolênico (MORETTO; FETT, 1998).

Exemplos de espécies com quantidades significativas desses ácidos graxos são: *Olea europaea* L. (oliva) cujo óleo é rico em ácido oleico (55,0 - 83,0%), *Glycine max* L. (soja) e *Helianthus annuus* L. (girassol) com elevados teores de ácido linoleico (50 e 75%, respectivamente), enquanto *Linum usitatissimum* L. (linhaça) com uma predominância do ácido α -linolênico (57%) (CARRERO *et al.*, 2005; CODEX ALIMENTARIUS, 2003).

Essas espécies são extremamente importantes para o consumo humano, já que os ácidos essenciais (oleico, linoleico e linolênico) exercem importante papel fisiológico como mediadores na inflamação e apresenta resultados benéficos sobre o sistema imune agindo na prevenção de vários tipos de câncer e doenças cardiovasculares (HARRIS, 2008; LAVIE, 2009).

A variada aplicação dos lipídios vegetais inclui o fornecimento de matéria prima, como ácidos graxos e glicerina, e encontram uso como lubrificantes, carburantes, biodiesel, alimentação (frituras, massas, sorvetes, achocolatados), indústria de limpeza e higiene (sabões, sabonetes e detergentes) além da produção de um número elevado de fármacos e polímeros (COSTA NETO, 1993; FARIA *et al.*, 2002; FERRARI *et al.*, 2003; PINHO; SUAREZ, 2013).

Dentre as Lecythidaceae, a castanha do Pará, destaca-se devido às suas propriedades e usos, pois são ricas em aminoácidos essenciais e preconizadas como digestivas, cicatrizante, anti-anêmica, sendo indicadas no tratamento da tuberculose e do beribéri. Na indústria de cosméticos é utilizada em produtos para tratamento capilar como cremes, loções, shampoos, condicionadores, sabonetes, entre outros (BRASIL, 2003). Em seguida, são conhecidas as sementes de *Lecythis pisonis* "sapucaia nut" e *Couroupita guianensis* "abricó de macaco ou bola de canhão" com elevado teor de óleo, respectivamente 65,9% e 32% (CARVALHO *et al.*, 2012; DAVE *et al.*, 1985) e predomínio do ácido linoleico.

Algumas substâncias são constituintes minoritários dos óleos, nesse grupo estão incluídos os carotenoides, os tocoferóis e os fitosteróis.

Os carotenoides são compostos com ampla distribuição na natureza, estruturas químicas diversas e funções variadas. São pigmentos naturais responsáveis pelas cores de

amarelo a laranja ou vermelho de muitas frutas, hortaliças, gema de ovo, crustáceos cozidos e alguns peixes. São também substâncias bioativas, com efeitos benéficos à saúde, e alguns deles apresentam atividade pró-vitamina A (NINOMIA; GODOY, 2008; OLIVEIRA; RODRIGUEZ-AMAYA, 2007).

Os carotenoides dos alimentos são hidrocarbonetos poliênicos, formados pela união cauda-cabeça de oito unidades de isoprenóides (tetraterpenos), exceto na posição central, onde a junção ocorre no sentido cauda-cauda, invertendo assim a ordem e resultando numa molécula simétrica. Os grupos metila centrais estão separados por seis carbonos, e os demais, por cinco. É um composto lipofílico, com 40 átomos de carbono, caracterizado por apresentar um sistema extenso (cromóforo) de duplas ligações conjugadas, responsável por suas propriedades, funções e cores (amarela, laranja ou vermelha) (BELITZ; GROSH, 1992; PORCU; RODRIGUEZ-AMAYA, 2006; RODRIGUEZ-AMAYA *et al.*, 2007).

Após a absorção no intestino, os carotenoides são transportados pela corrente sanguínea por lipoproteínas até atingirem aos tecidos-alvos. Enquanto o β -caroteno acumula-se na pele proporcionando uma coloração amarelo-ouro, a luteína e a zeaxantina acumulam-se preferencialmente na mácula lútea, onde protegem a retina contra os danos oxidativos da luz UV (BIESALSKI; TINS, 2008).

Os carotenoides podem ser acíclicos (licopeno), monocíclicos (γ -caroteno) ou bicíclicos (α e β -caroteno). Apresentam predominantemente a forma trans, que é mais estável, enquanto os isômeros cis ocorrem em quantidades mais discretas (STAHL; SIES, 2005; THURNHAM, 2007; VAN JAARVELD *et al.*, 2005).

Na natureza são conhecidos 600 carotenoides, sendo apenas cerca de 40 regularmente consumidos pelo homem, e poucos apresentam atividade pró-vitamina A na dieta. O β -caroteno é o que possui este maior potencial pró-vitamínico (1/6 da atividade do retinol, enquanto os outros fornecem apenas 1/12 de atividade da vitamina A) (RODRIGUEZ-AMAYA, 2001). Podem também apresentar importante função antioxidante, auxiliando na prevenção de doenças degenerativas (KAUR; KAPOOR, 2001).

Outros efeitos relacionados à saúde humana têm sido atribuídos aos carotenoides, tais como, imuno-modulação e redução do risco de contrair doenças crônicas degenerativas, como câncer, doenças cardiovasculares, catarata e degeneração macular relacionada à idade (ASTORG, 1997; GAZIANO; HEN-NEKENS, 1993; KRINSKY, 1993; OLSON, 1999). Tais atividades fisiológicas não possuem relação com a atividade vitamínica A e têm sido atribuídas às suas propriedades antioxidantes, especificamente, à capacidade de sequestrar o oxigênio singlete e interagir com os radicais livres (PALOZZA; KRINSKY, 1992).

Os carotenoides ainda atuam na modulação do metabolismo de substâncias cancerígenas, inibição da proliferação celular, realce da diferenciação celular, estimulação da comunicação intercelular e filtração da luz azul (OLSON, 1999; STAHL *et al.*, 2002).

A influência dos antioxidantes β -carotenoides e dos α -tocoferóis pode estar relacionada a fatores físicos e tem sido sugerido que os β -carotenos são mais lipofílicos e estão localizados no interior da membrana, portanto é mais efetivo em remover os radicais lipofílicos do que o α -tocoferol, mais concentrado na superfície das membranas. As indústrias de alimentos estão explorando o uso de compostos naturais mais eficientes como β -carotenoides (WANG *et al.*, 2010).

A cera que se encontra na parte externa da cutícula é um polímero complexo, heterogêneo, resultante da interação de longas cadeias de ácidos graxos, álcoois alifáticos e alcanos, em presença de oxigênio (DIAS, 2013). Devido à composição química, as ceras constituem uma película que atua como uma interface entre a célula vegetal e o meio, destacando-se como a principal barreira protetora contra a perda de água por transpiração excessiva, ação de patógenos, radiações solares, entrada de produtos químicos e contaminantes (FERREIRA *et al.*, 2005)

Os alcanos são hidrocarbonetos alifáticos saturados, de fórmula geral C_nH_{2n+2} , são praticamente insolúveis e menos densos nos pontos de fusão e ebulição geralmente tendem a aumentar com o peso molecular e com o comprimento da cadeia carbônica principal. Em condições normais, do CH_4 até C_4H_{10} , alcanos são gasosos; do C_5H_{12} até $C_{17}H_{36}$, são líquidos; e depois de $C_{18}H_{38}$, são sólidos. As moléculas de alcanos podem ligar-se entre si por força de Van der Waals. Estas forças tornam-se mais interessantes à medida que o tamanho das moléculas aumenta (Ferreira *et al.*, 2005; Silva *et al.*, 2008).

Os tocóis ou vitamina E, são lipídios solúveis com funções bioativas e antioxidantes, presentes nos óleos vegetais. Os tocóis apresentam oito isômeros: quatro tocoferóis (α -T, β -T, γ -T, δ -T) e quatro tocotrienóis (α -T₃, β -T₃, γ -T₃, δ -T₃), que são a forma insaturada dos tocóis (ADHIKARI *et al.*, 2008).

A vitamina E é lipossolúvel cuja função principal função é a capacidade de agir como antioxidante e neutralizador de radicais livres instáveis que podem causar danos ao organismo humano. As fontes mais importantes desta vitamina encontradas na dieta são os óleos vegetais, as nozes, germe de trigo e vegetais de folhas verdes. Além de antioxidante, a vitamina E pode ser também pró-oxidante, atuando como molécula de sinalização, regulador da expressão gênica, na prevenção de câncer e aterosclerose (MAHAN; STUMP, 2005).

Proteínas

As proteínas são os componentes básicos de toda célula viva, constituídas por polímeros de aminoácidos sintetizados biologicamente na célula. As proteínas acumuladas nas sementes podem ser de reserva (armazenando nitrogênio, enxofre e carbono), estruturais e metabólicas (essenciais para o crescimento e estrutura da semente) e de proteção (conferindo tolerância à planta ou à semente a patógenos microbianos, invertebrados) (FÉLIX, 2012).

Os grupos de proteínas encontrados nos vegetais são albuminas, globulinas, glutelinas e prolaminas, porém, nem todos são encontrados nas sementes de uma mesma espécie. As prolaminas são mais abundantes nas gramíneas e cereais, as globulinas em dicotiledôneas (leguminosas) e as albuminas em sementes de dicotiledôneas (SUDA; GIORGINI, 2000).

As proteínas são úteis à formação de novos tecidos do corpo, por isso são chamadas de alimentos plásticos, sendo indispensáveis para o crescimento e manutenção da vida. A eficiência das proteínas é influenciada pela composição de seus aminoácidos, sendo os aminoácidos essenciais indispensáveis ao organismo porque desempenham importantes funções estruturais, motoras, metabólicas, hormonais e imunológicas (BORSOI, 2001; LAJOLO; SOUSA *et al.*, 2009; TIRAPEGUI, 1998).

As sementes são ótimas fontes de proteínas, pois em contraste com outros órgãos vegetais, armazenam proteínas de forma concentrada. As folhas possuem apenas 3-5% de proteínas e os tubérculos, 5%, enquanto sementes de cereais contêm 8-15% de proteína e sementes de leguminosas, 20-30%, podendo chegar a 40% na soja. Apesar do conteúdo médio de proteína dos cereais ser baixo, elas representam aproximadamente 70% do total de proteínas “colhidas”, devido à sua grande produção total (SASAKI, 2008).

As proteínas de origem vegetal são, em sua maioria, reservas proteicas de grãos de cereais e sementes de leguminosas, que se complementam quanto à composição de aminoácidos, pois, enquanto as proteínas dos cereais são ricas em metionina e cisteína, as das leguminosas são ricas em treonina, triptofano e lisina, fazendo com que ao serem consumidas juntas forneçam ao organismo as quantidades necessárias de aminoácidos para a síntese protéica (HELDT, 2005; SASAKI, 2008).

Os vegetais fornecem 65% do total de proteínas ingeridas no mundo, e até 50% deste valor é representado pelas sementes dos cereais, alcançando nos países em desenvolvimento, a posição de principal fonte proteica na dieta (MILLWARD, 1999). Esse interesse por fontes proteicas está relacionado ao valor nutritivo que é determinado pela proporção de aminoácidos que a compõe (MOLINA *et al.*, 2001).

As espécies de Lecythidaceae são abundantes tanto na floresta amazônica quanto na floresta atlântica e as sementes de *Bertholletia excelsa* e *Lecythis pisonis* contêm respectivamente 16,5% e 19,86% de proteínas. Estas espécies constituem-se como uma excelente fonte de proteínas e aminoácidos essenciais apresentando um elevado percentual de aminoácidos sulfatados como a metionina e a cistina, que somam juntos 8,5% em *B. excelsa* e 6,06% em *L. pisonis*, sendo esses teores superiores ao encontrado na noz do Camboja (*Irvingia malayana* - 3,1%) (BANDELIER *et al.*, 2001; CARVALHO *et al.*, 2012).

Conforme Freitas e Naves (2010) normalmente, as proteínas presentes em castanhas são suficientes para o suprimento das necessidades de aminoácidos essenciais de escolares e adultos. Dentre esses, os aminoácidos sulfurados destacam-se por desempenhar importantes funções antioxidantes e pela grande afinidade com o selênio, formando complexos de alta biodisponibilidade, o que favorece sua atuação funcional dessas castanhas (SINHA *et al.*, 2007; YANG, 2009).

O estudo da composição de sementes, oleaginosas ou não e de frutos nativos têm se intensificado nos últimos anos, com o objetivo de se conhecer fontes alternativas para obtenção de proteínas que venham melhorar a dieta humana e de animais (DENADAI, 2006), desta forma, há uma crescente valorização do conhecimento da composição centesimal de espécies nativas que também possibilitará um incremento na economia local.

Além da fundamental importância das proteínas para a alimentação, elas apresentam outros usos, por exemplo, na indústria de cosméticos, principalmente aquelas destinadas à higiene e tratamento capilar, pois podem atuar na amplificação das interações proteína-substrato permitindo a extensão da superfície queratínica do cabelo, conferindo-lhe elasticidade, reparação e proteção (BARATA, 2002; SECCHI, 2008). Muitos outros estudos têm sido realizados e no futuro bem mais aplicações poderão ser conhecidas para as proteínas.

Carboidratos

Os carboidratos se constituem nos principais compostos de reserva das sementes (CORTE *et al.*, 2006), assumindo funções estruturais (celulose e outros polissacarídeos de parede), reserva de energia (amido), constituintes de metabólitos (ácidos nucléicos e coenzimas) e glicosídeos, além de ser o ponto de partida para a formação de todos os componentes orgânicos (a partir do dióxido de carbono e água) (BRUNETON, 1999; SASAKI, 2008).

Os oligossacarídeos correspondem aos carboidratos de cadeia curta, unidos por ligações glicosídicas, dos quais se destaca a sacarose, formada por uma molécula de glucose e

uma de frutose. Os polissacarídeos são macromoléculas que incluem carboidratos com cadeias superiores representados principalmente pelo amido e pelos polissacarídeos não amiláceos que englobam a celulose, hemiceluloses e substâncias pectínicas (EVERS *et al.*, 1999; SILVA, 2002; VALADARES FILHO; HALL, 2000).

Na maioria das espécies vegetais, o amido é o mais abundante dos carboidratos, acumulando-se principalmente em grãos de cereais, leguminosas, tubérculos e frutas imaturas ou verdes em uma proporção respectiva de 40 a 90, 30 a 50, 65 a 85, 40 a 70% do peso seco (LAJOLO; MENEZES, 2006), constituindo-se na fonte mais importante de carboidratos para a nutrição humana, onde contribui com 80 a 90% de todos os polissacarídeos da dieta (CABELLO, 2005; DENARDIN; SILVA, 2009; WHO/FAO, 1998).

Estruturalmente, o amido é um homopolissacarídeo ramificado, constituído de unidades de *D*-glucose, formado por duas porções distintas: a amilose, um polímero linear com as moléculas de glucose unidas por ligações do tipo α -1,4 que corresponde tipicamente a 15-30 % da massa total do amido; e pela amilopectina, que representa a região ramificada do amido, devido à presença de ligações do tipo α -1,6 (CORRADINI *et al.*, 2005; MARCOS FILHO, 2005).

A síntese do amido ocorre nas folhas onde assume a função de carboidratos de reserva temporária, acumulando-se nos cloroplastos durante o dia e servindo como fonte principal para a síntese de sacarose citosólica durante a noite. Essa sacarose é então transportada para os órgãos de armazenamento das plantas, como sementes, frutos, tubérculos e raízes (TESTER *et al.*, 2004; VANDEPUTTE; DELCOUR, 2004). O amido é o único polissacarídeo produzido em pequenos agregados individuais, denominados de grânulos (WHISTLER; DANIEL, 1993).

As indústrias alimentícias são as maiores consumidoras de amido, entretanto, este polímero é usado também em um grande número de processos industriais, destacando-se seu uso pelas indústrias química e têxtil. O polímero ainda pode ser utilizado para produção de filmes biodegradáveis (CEREDA, 1996; OLIVEIRA, 2011).

Na indústria alimentícia é comum o uso do amido como espessante no preparo de sopas, caldos e molhos de carne, onde promovem a suspensão de sólidos e melhoria da textura; em embutidos de carne são usados como ligante; em saladas como estabilizante. São usados ainda como espessante e geleificante em conservas, sobremesas, pratos prontos, produção de biscoitos, bem como para proteger os alimentos durante o processamento (BRASIL, 2005; GUILBOT; MERCIER, 1985; KUHN; SCHLAUCH, 1994; MARQUES *et al.*, 2006).

Dentre as principais fontes comerciais de amido no mundo estão: trigo, milho, arroz e cevada. De acordo com a FAO, em 1992, a produção mundial de trigo atingiu 563 milhões de toneladas, seguida pela produção do milho, arroz e cevada com 526, 525 e 160 toneladas respectivamente. Mais recentemente, de acordo com Bozza (2007), houve um aumento considerado na produção do milho nos anos de 2007/2008 (800 milhões de toneladas/ano). Já o trigo (2009/2010) e o arroz (2009), tiveram um aumento discreto na produção anual (668 e 685 milhões de toneladas respectivamente), enquanto na cevada (2006 a 2011) houve uma diminuição dessa produção (139,89 milhões de toneladas/ano) (EMBRAPA, 2013).

Diante deste fato, as pesquisas em torno de novas matérias-primas amiláceas têm se intensificado nos últimos anos, e países tropicais, como o Brasil, apresentam grande vantagem em relação aos principais produtores de amido no mundo, que estão localizados em regiões temperadas, devido à variedade de culturas tropicais amiláceas como apresentado por CEREDA, (2002).

Fermentação alcoólica

A fermentação alcoólica é a forma usual através da qual se obtêm o etanol. A partir dela obtêm-se ainda diversos produtos secundários que podem ser convertidos em subprodutos economicamente viáveis. Muitos dos produtos secundários são originados através de fermentações paralelas pela ação de microrganismos contaminantes do processo. Dentre estes produtos estão o dióxido de carbono, os álcoois superiores, a glicerina, o ácido succínico e o aldeído acético (LIMA *et al.*, 2001; LOPES, 2008).

A fermentação caracteriza-se como um processo catabólico anaeróbio que ocorre especificamente no citoplasma das células de microrganismos, como as leveduras, por exemplo, havendo degradação de moléculas de açúcar de um substrato e produzindo etanol e dióxido de carbono (CO₂) com liberação de energia química e térmica. Trata-se de um processo complexo envolvendo doze reações, com cada uma dessas reações catalisadas por uma enzima específica (LIMA *et al.*, 2001).

O rendimento e a eficiência da conversão de açúcar em etanol é dependente de fatores físicos (temperatura, pressão osmótica), químicos (pH, oxigenação, nutrientes minerais e orgânicos, inibidores) e biológicos (espécie do microrganismo, linhagem e concentração, contaminação bacteriana) (LIMA *et al.*, 2001; MUTTON, 2008).

Dentre os microrganismos que promovem fermentação, e, portanto, produzem etanol está o *Saccharomyces cerevisiae*, que tem sido utilizado há milhares de anos, tendo em vista que foi a levedura que melhor se adaptou as condições industriais, tanto para a panificação

como para a produção de bebidas alcoólicas. Também é considerado um organismo modelo (OSTERGAARD *et al.*, 2000), quer para estudos de fisiologia, quer na área de Biologia Molecular, sendo o microrganismo eucariótico mais estudado e que teve primeiramente o genoma completamente sequenciado (WILLIAMS, 1996).

A produção de etanol ocorre a partir de matérias-primas de origem vegetal, as quais podem ser fontes de açúcar diretamente fermentescíveis (cana-de-açúcar e beterraba), ou fontes amiláceas as quais são indiretamente fermentescíveis. Nesse caso o amido é convertido em glucose através da sacarificação, com a finalidade de serem aproveitadas na fermentação, as principais fontes amiláceas são: mandioca, batata-doce, grãos de cereais, babaçu, tubérculos (CAMACHO, 2013).

O processo de fermentação alcoólica se inicia quando uma hexose é transportada para o interior da célula de *S. cerevisiae*, sendo degradada através da via glicolítica em duas moléculas de piruvato. Durante a glicólise há produção de duas moléculas de ATP e de duas moléculas de NADH, por molécula de hexose. As enzimas piruvato descarboxilase e álcool desidrogenase convertem o piruvato em etanol e em dióxido de carbono e re-oxidam duas moléculas de NADH que são produzidas na glicólise (BARNETT, 2003).

Essa capacidade de *S. cerevisiae* fermentar açúcares é absolutamente vital para o seu crescimento em condições anaeróbias (SNOEK; STEENSMA, 2007). Tal processo é realizado a partir de monossacarídeos, no caso de dissacarídeos como a sacarose, a molécula ($C_{12}H_{22}O_{11}$) é decomposta, formando *D*-glucose e *D*-frutose. Na fermentação alcoólica, os microrganismos fornecem a enzima invertase, que hidrolisa a sacarose sem gastos energéticos (SOUZA, 2009).

Há uma crescente busca de produtos alternativos em nível mundial, na tentativa de equilibrar o crescimento populacional e a gestão dos recursos naturais que se encontram em depleção, sobretudo em relação aos produtos voltados para a alimentação e a produção de energia. Nesse sentido, muita expectativa é colocada nos recursos das florestas tropicais, e no Brasil, ainda é escassa a investigação sobre o aproveitamento de espécies nativas.

Tradicionalmente a cana de açúcar, grãos de cereais, raízes e tubérculos, além de cumprirem o seu papel na alimentação, tem se constituído em fontes para obtenção de etanol. Procurando novas fontes para a produção de etanol, Ochaikul *et al.* (2012) avaliaram a obtenção de etanol a partir do amido das sementes de jaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) e obtiveram uma produção de 2,37 g/L de etanol, utilizando *Amylomyces rouxii* MNT 037 após 72 h de fermentação, sendo este resultado bem inferior aos da cana-de-açúcar, cuja produtividade atinge 18,6 g/L/h, com rendimento de 99,2%) (SOUZA, 2009), assim, observa-

se que as espécies amiláceas nativas podem somar na produtividade de etanol com a finalidade de suprir outros setores da indústria. Considerando esse resultado, é desejável que mais espécies com elevado teor de amido sejam investigadas.

Etanol

O etanol tem sido obtido a partir de cana-de-açúcar, o melaço e o sorgo doce que são biomassas ricas em sacarose, a partir de amido proveniente de cereais como o milho, o trigo e a cevada ou dos tubérculos, como a mandioca, a batata-doce e batatinha. Podendo ainda ser obtido de materiais como madeira e resíduos agrícolas ricos em celulose através da hidrólise (BRAVO, 2007).

Dentre as plantas que produzem etanol, destacam-se a cana de açúcar, em primeiro lugar, seguida pelo sorgo sacarino (colmo) na África, o milho (grãos) nos Estados Unidos e a beterraba (raízes) na Alemanha (MACEDO, 2007), havendo pouco mais que meia dúzia de espécies que são utilizadas com essa finalidade.

A demanda de etanol vem crescendo ao longo dos anos, e isso tem direcionado os pesquisadores a buscarem fontes alternativas para elevar a produção. Um dos motivos para se aumentar a produção de etanol é devido a sua importância para substituir derivados de petróleo, uma vez que o etanol é obtido de fontes renováveis e constitui-se em um solvente alternativo, menos tóxico para o homem e o meio ambiente (FREITAS; GARCIA; LAGO, 2001; OLIVEIRA *et al.*, 2001; RITTNER, 1991).

Em alguns países mais desenvolvidos, como os Estados Unidos, não está sendo mais permitida a extração de óleos vegetais usando solventes derivados do petróleo, como o hexano, que além de tóxico deixa resíduos nos óleos. Nesta linha de ação Freitas *et al.*, (2007) avaliaram o uso de etanol na extração do óleo da castanha do Pará obtendo um percentual médio de 65% de óleo, esta substituição pode ser bastante viável, quando se compara com o total de óleo que foi obtido quando Neto *et al.*, (2009) usaram o hexano (68,58 %).

A principal fonte de produção de etanol no mundo é a cana-de-açúcar devido ao elevado teor de sacarose (70-88%), que é facilmente assimilada por *Saccharomyces cerevisiae*, porém é uma espécie vegetal agressiva à fertilidade dos solos, e a crescente demanda por etanol aumentaria sua importância econômica, deslocando para as florestas intactas a produção de alimentos e gado, acelerando o desflorestamento. Logo, o aumento das áreas de cultivo de cana-de-açúcar pode agravar o problema de insegurança alimentar (CHEN; CHOU, 1993; FLEXOR, 2007).

Cordeiro (2008) opina que a produção do etanol de cana-de-açúcar no Brasil, é uma alternativa para minimizar as necessidades dos combustíveis fósseis, porém, a indústria da cana-de-açúcar além de possuir um histórico de agressões à Floresta Atlântica mantém condições de trabalho ainda precárias e explora mão de obra de forma inadequada, esses fatores, em conjunto, comprometem a segurança alimentar. Em contrapartida Pereira Jr. *et al.* (2008) chamam a atenção para a grande quantidade de espécies nativas, cuja produção de semente é intensa e naturalmente desperdiçada, isso ocorrendo, devido à falta de conhecimento sobre a sua composição, assim, o estudo e conhecimento da química relativa ao conteúdo em amido poderá contribuir ao estabelecimento de novas matérias primas para a produção de etanol.

Na floresta atlântica e amazônica, algumas espécies da família Lecythidaceae ocorrem com frequência e produzem grande quantidade de frutos e sementes, deixando em aberto um leque de possibilidades para se investigar, tendo em vista que, muitas de suas sementes já são conhecidas por fornecer alimento tanto para humanos como para a fauna. Além disso, os constituintes de sementes podem ser considerados alternativa promissoras para suprir produtos para a indústria de alimentos, cosméticos e farmacêutica, agregando valor à espécies que podem ser naturalmente utilizadas na recuperação de áreas degradadas favorecendo a conservação de espécies nativas.

REFERÊNCIAS

- ADHIKARI, P.; HWANG, K. T.; SHIN, M. K.; LEE, B. K.; KIM, S. K.; KIM, S. Y.; LEE, K. T.; KIM, S. Z. Tocols in caneberry seed oils. **Food Chemistry**, v. 1, p. 687-690, 2008.
- AGRA, M. F.; FREITAS, P. F.; BARBOSA-FILHO, J. M. Synopsis of the plants known as medicinal and poisonous in Northeast of Brazil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 17, p. 116-155, 2007.
- ANDRADE, E. H. A.; MAIA, J. G. S.; STREICH, R.; FRIEDHELM, M. Seed Composition of Amazonian Lecythidaceae species. **Journal of Food composition and Analysis**, v. 12, p. 37-51, 1999.
- ANDRADE, E. H. A.; ZOGHBI, M. G. B.; MAYA, J. G. S. The volatiles from flowers of *Couroupita guianensis* Aubl., *Lecythis usitata* Miers. var. *paraensis*, *Eschweilera coriacea* Mori (Lecythidaceae). **Journal of Essential Oil Research**, v. 12, p. 163-166, 2000.
- ANJANEYULU, R. A new ketosteroid from the bark of *Couroupita guianensis* Aubl. **Indian Journal Chemistry Section B: Organic Chemistry**, v. 37, p. 382-386, 1998.
- ALMEIDA, M. F. O.; MELO, A. C. R.; PINHEIRO, M. L. B.; SILVA, J. R. A.; SOUZA, A. D. L.; BARISON, A.; MACHADO, G. M. C.; LEON, L. L. P. Constituintes químicos e

atividade Leishmanicida de *Gustavia elliptica* (Lecythidaceae) **Química Nova.**, v. 34, p. 231-244, 2011.

ARAÚJO, V. F.; PETRY, A. C.; ECHEVERRIA, R. M.; FERNANDES, E. C.; PASTORE JR, F. **Plantas da Amazônia para produção cosmética: uma abordagem química - 60 espécies do extrativismo florestal não-madeireiro da Amazônia.** Brasília: Universidade de Brasília, 2005. 244 p.

ASTORG, P. Food carotenoids and cancer prevention: An overview of current research. **Food Science and Technology.**, v. 8, p. 406-13, 1997.

BANDELIER, J.; CHUNHIENG, M.; OLLE, M.; MONTET, D. Original study of the biochemical and oil composition of the Cambodia nut (*Irvingia malayana*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry.**, v. 50, p. 1478-1482, 2002.

BARATA, E. A. F. **Cosméticos: Arte e Ciência.** Lisboa: Lidel, 2002.

BARBOSA, M. R.; SOTHERS, C.; MAYO, S.; GAMARRA-ROJAS, C. F. L.; MESQUITA, A. C. (Eds.). **Checklist das plantas do Nordeste Brasileiro: Angiospermas e Gimnospermas.** Brasília: Ministério de Ciência e Tecnologia, 2006.

BARNETT, J. A. Beginnings of microbiology and biochemistry: the contribution of yeast research. **Microbiology**, v. 149, p. 557-567, 2003.

BERGMAN, J.; LINDSTROM, J.; TILSTAM, U. The structure and properties of some indolic constituents in *Couroupita guianensis* Aubl. **Tetrahedron**, v. 41, p. 2879-2881, 1995.

BELITZ, H. D.; GROSH, W. **Química de los alimentos.** Zaragoza: Acribia, 1992. 231 p.

BERGMLAN, J.; **Phytochemistry.** 18, 3547. 1984.

BEWLEY, J. D.; BRADFORD, K. J.; HILHORST, H. W. M.; NONOGAKI, H. **Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy.** New York: Springer, 2013.

BIESALSKI, H. K.; TINS, J. Nutritargeting. **Advances in food and Nutritional Research.**, San Diego, v. 54, p. 179-217, 2008.

BOESEWINKEL, F. D.; BOUMAN, F. The seed: structure and function. *In*: Kigel, J.; Galili, G. (Eds.) **Seed development and germination.** New York: Marcel Dekker, 1995. p. 1-24.

BONARTES, L. C. M.; ROCHA, J. S.; ABREU, F. J.; SILVA, A. J. P. Etnobotânica do Berimbau. I – Qualidade Industrial. *In*: Congresso Nacional de Botânica, Salvador. **Resumos do Congresso Nacional de Botânica.** Salvador, 1998. 150p.

BORÉM, R. A. T.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. Fitossociologia do estrato arbóreo em uma toposequência alternada de mata atlântica, no município de Silva Jardim, RJ, Brasil. **Revista Árvore.** v. 26, p.727-742, 2002.

BORSOI, M. A. **Nutrição e dietética: Noções básicas.** São Paulo: SENAC-SP, 2001.

BOZZA, G. Estimativa de safra de milho nos EUA. **Boletim Técnico.**, v. 974, 2007.

BRAGA, L. F.; SOUSA, M. P.; GILBERTI, S.; CARVALHO, M. A. C. Caracterização morfométrica de sementes de castanha de Sapucaia (*Lecythis Pisonis* Cambess - Lecythidaceae). **Alta Floresta.** v. 5, p.111-116, 2007.

BRASIL. **Alimentos regionais brasileiros**. Brasília: Ministério da Saúde, 2002.

BRASIL. **Avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente (MMA), 2002. 404 p.

BRASIL. **Projeto Potencialidades regionais estudo de viabilidade econômica: Plantas para uso medicinal e cosmético**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, 2003.

BRASIL. Resolução – RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. Aprova o regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 23 de setembro de 2005.

BRAVO, E. **Agrocombustíveis, cultivos energéticos e soberania alimentar na América Latina aquecendo o debate sobre agrocombustíveis**. Terra de Direitos. São Paulo, 2007.

BRUNETON, J. **Pharmacognosy, phytochemistry, medicinal plants**. Andover: Intercept, 1999. 1119 p.

BUCKERIDGE, M. S.; REID, J. S. G. Major cell wall storage polyssacharides in legume seeds: structure, catabolism and biological functions. **Ciência e Cultura.**, v. 48, p. 153-162, 1996.

CABELLO, C. Extração e pré-tratamento químico de frutanos de yacon (*Polymnia sonchifolia*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos.**, v. 25, p. 202-207, 2005.

CAMACHO, I. A. O. **Produção de resíduos sólidos de Matérias-primas amiláceas na fabricação de bioetanol para análise de segurança em alimentação de ratos wistar**. Tese de doutorado, Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu, 2013.

CARRERO, J. J.; MARTÍN-BAUTISTA, E.; BARÓ, L.; FONOLLÁ, J.; JIMÉNEZ, J.; BOZA, J. J.; LÓPEZ-HUERTAS, E. Cardiovascular effects of Omega-3-fatty acids and alternatives to increase their intake. **Nutrición Hospitalaria.**, v. 20, p. 63-69, 2005.

CARVALHO, M. G.; RINCON, V. J.; OLIVEIRA, L. F.; BEZERRA, F. B. Triterpenos isolados de *Eschweilera longipes* Miers (Lecythidaceae). **Química Nova.**, v. 21, p. 740-743, 1998.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: Funep, 2000.

CARVALHO, I. M. M.; QUEIRÓS, L. D.; BRITO, L. F.; SANTOS, F. A.; BANDEIRA, A. V. M.; SOUZA, A. L.; QUEIROZ, J. H. Caracterização química da castanha de sapucaia (*Lecythis pisonis* Cambess.) da região da Zona da Mata Mineira. **Bioscience Journal.**, v. 28, p. 971-977, 2012.

CEREDA, M. P.; TAKAHASHI, M. Cassava wastes: their characterization, and uses and treatment in Brazil. In: Dufour, D.; O'Brien, G. M.; Best, R. (Eds.). **Cassava flour and starch: progress in research and development**. Colombia: CIAT. Publicação n. 271, chapter 25, p. 221-232, 1996.

CEREDA, M.P. **Propriedades gerais do amido**. São Paulo: Fundação Cargill, 2002. 221 p.

CHEN, J. C. P.; CHOU, C. **Cane Sugar Handbook**. A manual for cane sugar manufacturers and their chemists. 12. ed. New York: John Wiley & Sons, 1993.

CODEX ALIMENTARIUS. **Norma para los aceites de oliva y aceites de orujo de oliva Codex Stan 33-1981**. Disponível em:

<http://www.codexalimentarius.net/download/standards/88/CXS_033s.pdf> Acesso em: 01. Ago. 2012.

CORADIN, L.; SIMINSKI, A.; REIS, A. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro – Região Sul**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente-MMA, 2011. 934 p.

CORDEIRO, A. **Etanol para alimentar carros ou comida para alimentar gente, in Impactos da indústria canvieira no Brasil**. Brasília: Plataforma BNDES/IBASE, 2008.

CORRADINI, E.; LOTTI, C.; MEDEIROS, E. S. DE; CARVALHO, A. J. F.; CURVELO, A. A. S.; MATTOSO, L. H. C. Estudo comparativo de amidos termoplásticos derivados do milho com diferentes teores de amilose. **Polímeros**. v. 15, p. 268-273, 2005.

CORNEJO, X.; MORI, S. A. A porca de Família no Brasil, no Equador. Disponível em: <<http://sweetgum.nybg.org/lp/ecuador.php>>. Acesso em: 08. Set. 2013.

CORTE, B. V.; BORGES, E. E. L.; PONTES, C. A.; LEITE, I. T. A.; VENTRELLA, M. C.; MATHIAS, A. A. Mobilização de reservas durante a germinação das sementes de *Caesalpinia peltophoroides* Benth. (Leguminosae Caesalpinoideae). **Revista Árvore**. v. 30, p.941-949, 2006.

COSTA, P. M.; CARVALHO, M. G. New triterpene isolated from *Eschweilera longipes* (Lecythidaceae). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. v. 75, p. 21-25, 2003.

COSTA NETO, P. R. **Estudos Preliminares sobre Alterações e Purificação do óleo de Soja usado em Frituras Múltiplas**.1993. Dissertação - Mestrado em Tecnologia Química, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1993.

DAVE, G. R.; PATEL, R. M.; PATEL, R. J. Characteristics and composition of seeds and oil of *Couroupita guianensis* Aubl. **European Journal of Lipid science and technology**. v. 87, 1985.

DENADAI, B. S.; RUAS, V. D.; FIGUEIRA, T. R. Maximal lactate steady state concentration independent of pedal cadence in active individuals. **European Journal of Applied Physiology**. v. 96, p. 477-480, 2006.

DENADAI, S. M. S.; HIANE, P. A.; MARANGONI, S.; BALDASSO, P. A.; MIGUEL, A. M. R. O.; MACEDO, M. L. R. In vitro digestibility of globulins from sapucaia (*Lecythis pisonis* Camb.) nuts by mammalian digestive proteinases. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 27, p. 535-543, 2007.

DENARDIN, C. C.; SILVA, L. P. Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. **Ciência Rural**., v. 39, p. 945-954, 2009.

DIAS, G. M. G. **Caracterização morfológica e citométrica de genótipos e resposta de silício ao cultivo in vitro de antúrio**. 2013. 117 f. Tese. Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

EKNAT, A. A.; SHIVCHANDRAJI, L. K. Beta - amirin palmitate isolation on from *Couroupita guianensis* Aubl. leaves. **Indian Drugs**, v. 39, p. 213-216, 2002.

EL-SEEDI, H. Coumarins, benzoic acids and terpenoids from *Palicourea demissa*. **Revista Latinoamericana de Química**. v. 27, p. 13-16, 1999.

EMBRAPA. **Panorama mundial do trigo no Fórum Nacional**. Disponível em: <http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2010/maio/1a-semana/panorama-mundial-do-trigo-no-forum-nacional>. Acesso em: 05. Set. 2013.

EVERS, A. D.; BLAKENEY, A. B.; O'BRIEN, L. Cereal structure and composition. **Australian Journal of Agricultural Research**. v. 50, p. 629-650, 1999.

FAO. **FAO Production yearbook for 1992**. v. 46. FAO. Roma.

FARIA, A. A.; LELES, M. I. G.; IONASHIRO, M. Estudo da Estabilidade Térmica de Óleos e Gorduras Vegetais por TG/DTG e DTA. **Eclética Química**. v. 27, p. 111-119, 2002.

FACANALI, R. **Caracterização da diversidade genética e da composição química do óleo essencial de populações de *Ocimum selloi* Benth.** 2004. Dissertação -Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

FARNSWORTH, N. Testando plantas para novos remédios. *In: Biodiversidade*. WILSON, E. O. (Org.). São Paulo: Editora Nova Fronteira, 1977. 107 p.

FELIX, R. A. Z. **Efeito alelopático de extratos de *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith sobre a germinação e emergência de plântulas.** 2012. Tese. Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.

FERRARI, R.A.; OLIVEIRA, V.S.; SCABIO, A. Óleo neutro de soja usado em fritura como matéria – prima para produção de biodiesel. *In: Encontro Regional Sul de Ciência e Tecnologia de Alimentos*, VIII, p. 434-438, 2003.

FERRAZ, E. M. N.; RODAL, M. J. N. Caracterização fisionômica-estrutural de um remanescente de Floresta Ombrófila Montana de Pernambuco, Brasil. **Acta Botânica Brasileira**, v. 20, p. 911-926, 2006.

FERREIRA, E. A.; DEMUNER, A. J.; SILVA, A. A.; SANTOS, J. B.; VENTRELLA, M. C.; MARQUES, A. E.; PROCÓPIO, S. O. Composição química da cera epicuticular e caracterização da superfície foliar de genótipos de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 23, p. 611-619, 2005.

FIORATTI, A. B.; GEBARA, K. S.; LIMA, M. M. S.; CARDOSO, M. L. C. Avaliação da atividade antioxidante de *Eschweilera sp.* e desenvolvimento de cosmecêuticos contendo extratos naturais. **Arquivos Mundi**. v. 1, p. 153, 2007.

FLEXOR, G. Expectativas Energéticas e Investimentos Estrangeiros no Setor Sucroalcooleiro Brasileiro. **Artigos Mensais OPPA**. v. 5, 2007.

FREITAS, S. P.; GARCIA, T. N.; LAGO, R. C. A. **Green coffee oil extraction with ethyl alcohol.** *In: LIPIDEX SUDAMERICA*, Buenos Aires: Asaga, p. 35, 2001.

- FREITAS, S. P.; FREITAS-SILVA, O.; MIRANDA, I. C.; COELHO, M. A. Z. Extração e fracionamento simultâneo do óleo da castanha do Brasil com etanol **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 27, p. 14-17, 2007.
- FREITAS, J. B.; NAVES, M. M. V. Composição química de nozes e sementes comestíveis e sua relação com a nutrição e saúde. **Revista de Nutrição**., v. 23, p. 269-279, 2010.
- GAZIANO, J. M.; HENNEKENS, C. H. The role of beta-carotene in the prevention of cardiovascular disease. **Annals of the New York Academy of Sciences**. v. 691, p. 148-155, 1993.
- GONÇALVES, J. F. C.; LIMA, R. B. S.; FERNANDES, A.V.; BORGES, E. E. L.; BUCKERIDGE, M. S. Caracterização fisiológica e bioquímica do açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) durante a germinação de sementes e crescimento de mudas em condições aeróbias e anaeróbias. **Revista Árvore**. v. 34, p. 1045-105, 2010.
- GOUVEIA, P. S. **Padrão de atividades, dieta e uso do espaço de um grupo de *Cebus xanthosternos* (Wied-Neuwied, 1820) (Primates, Cebidae), na reserva Biológica de Una, Bahia, Brasil**. 2009. Dissertação. Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2009.
- GRENAND, P.; MORETTI, C.; JACQUEMIN, H.; **Pharmacopées traditionnelles en Guyane, (Créoles, Palikur, Wayãpi)**. Paris: Institut François de Recherche Scientifique Pour Le Développement en Coopérat, 1987.
- GUILBOT, A.; MERCIER, C. STARCH. In: **The polysaccharides**, v. 3, p. 209-273, 1985.
- GUIMARÃES, F. J. P.; FERREIRA, R. L. C.; MARANGON, L. C.; SILVA, J. A. A.; APARÍCIO, P. S.; ALVES JÚNIOR, F. T. Estrutura de um fragmento florestal no Engenho Humaitá, Catende, Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 13, p.940-947, 2009.
- GUPTA, V. H.; GUNJAL, M. A.; WANKHEDE, S. S.; DESHMUKH, V. S.; JUVEKAR, A. R. Neuropharmacological Evaluation of the Methanolic Extract of *Couroupita guianensis* Aubl. Flower in Mice. **Int. J. Pharm. Phytopharmacol. Res.** v. 1(5), p. 242-246, 2012.
- GUSSON, E. **Uso e diversidade genética em populações naturais de biriba (*Eschweilera ovata* [Cambess.] Miers): subsídios ao manejo e conservação da espécie**. Piracicaba, 2003. 91 p.
- GUSSON, E.; SEBBENN, A. M.; KAGEYAMA, P. Y. Sistema de reprodução em populações de *Eschweilera ovata* (Cambess.) Miers. **Revista Árvore**., v. 30, p. 491-502, 2006.
- GUNSTONE, F. D. **The Chemistry of Oils and Fats: Sources, Composition, Properties and Uses**. USA: CRC Press, 2004. 307p.
- HALL, M.B. **Neutral detergent-soluble carbohydrates nutritional relevance and analysis. A laboratory manual**. Gainesville: University of Florida, 2000. 42p.
- HARRIS, W. S. The omega-3 index as a risk factor for coronary heart disease. **American Journal of Clinical Nutrition**., v. 87, p. 1997-2002, 2008.
- HELDT, H. W. **Plant biochemistry**. 3. ed. San Diego: Elsevier Academic Press, 2005. 629p.

JARDIM, M. A. G.; MEDEIROS, T. D. S. Plantas oleaginosas do estado do Pará: composição florística e usos medicinais. **Revista Brasileira de Farmácia**, v. 87, p.124-127, 2006.

KAUR, C.; KAPOOR, H. C. Antioxidants in fruits and vegetables. **International Journal of Food Science and Technology**. v. 36, p. 703-725, 2001.

KRINSKY, N. I. Actions of carotenoids in biological systems. **Annual Review of Nutrition**, v. 13, p. 561-587, 1993.

KUHN, K.; SCHLAUCH, S. Comparative study about commercially available starches for high shear and high temperature applications in food. **Starch/Stärke**, v. 46, p. 208-218, 1994.

LAJOLO, F. M.; TIRAPGUI, J. Proteínas e aminoácidos. *In*: OLIVEIRA, J. E. D. (Org.). **Ciências Nutricionais**. São Paulo: Sarvier, 1998. p. 41-65

LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. **Carboidratos en alimentos regionales Iberoamericanos**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2006. 648p.

LANS, C., HARPER, T., GEORGE, K. AND BRIDGMATER, E. Medicinal and thnoveterinary remedies of hunters in Trinidad, **BMC complementary and Alternative medicine**, p. 1 – 10, 2001.

LAVIE, C. J. Omega-3 polyunsaturated fatty acids and cardiovascular diseases. **Journal of the American College of Cardiology**. v. 54, p. 585-594, 2009.

LIMA, U. A.; AQUARONE, E.; BORZANI, W.; SCHMIDELL, W. **Biotecnologia Industrial – Processos Fermentativos e Enzimáticos**. São Paulo: Edgard Blucher, 2001.

LOCATELLI, M.; VIEIRA, A. H.; SOUZA FILHO, E. P. DA.; PEQUENO, L. L.; MACEDO, R. S. Castanha-do-brasil: alguns aspectos silviculturas. Disponível em: <<http://www.cpafrro.embrapa.br/embrapa/artigos/artigocastanhainternetword.hum.>> Acesso em: 25 de janeiro de 2011.

LOPES, P. **Influencia de campos magnéticos na fermentação alcoólica descontínua**. 2008. 103 f. Dissertação. São Caetano do Sul, 2008.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 1992.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras**: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 1998.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras**: Manual de Identificação e cultivos de plantas arbóreas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 2002.

MACEDO, I. C. Situação atual e perspectivas do etanol. **Estudos Avançados**, v. 21, p.157-165, 2007.

MAHAN, K.L; STUMP, S. E. **Alimentos, nutrição e dietoterapia**. São Paulo: Roca, 87p. 2005.

MALAJOVICH, M. A. **Biotechnologia 2011**. Rio de Janeiro: Edições da Biblioteca Max Feffer do Instituto de Tecnologia ORT, 2012.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.

MARQUES, P. T.; PÉRÉGO, C.; LE MEINS, J. F.; BORSALI, R.; SOLDI, V. Study of gelatinization process and viscoelastic properties of cassava starch: effect of sodium hydroxide and ethylene glycol diacrylate as cross-linking agent. **Carbohydrate Polymers.**, v. 66, p. 396-407, 2006.

MARTINS, E. R.; GUIÃO, M. J. M. **Capacitação de agricultores e extrativistas em boas práticas populares de produção, manejo e manipulação de plantas medicinais: uma experiência em rede**. Montes Claros: UFMG/ICA, 157 p. 2007.

MAINIERI, C. Identificação das Principais Madeiras de Comércio do Brasil. **Boletim IPT**. v. 16, p. 1-189, 1983.

MAYER, A.C.; POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds**. 2. ed., London: Pergaman Press, 192p. 1975.

MELO, R. B. **Caracterização das reservas das sementes e avaliação da germinação e formação de plântulas de nove espécies arbóreas de florestas alagáveis da Amazônia**. Dissertação, Universidade de Brasília, 2013.

MILLWARD, D. J. Optimal intakes of protein in the human diet. **Proceedings of the Nutrition Society.**, v. 58, p. 403-413, 1999.

MOLINA, S. M. G.; GAZIOLA, S. A.; LEA, P. J.; AZEVEDO, R. A. Manipulação de cereais para açú de lisina em semente. **Revista Scientia Agrícola**. v. 58, p. 205-211, 2001.

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

MORI, S. A. New species of *Eschweilera* (Lecythidaceae) from southern Brazil. **Brittonia.**, v. 33, p. 466-472, 1981.

MORI, S. A.; PRANCE, G. T. Relações entre a classificação genérica de Lecythidaceae do novo mundo e seus polinizadores e dispersadores. **Revista Brasileira de Botânica**. v. 4, p. 31-37, 1981.

MORI, A. S.; PRANCE, G. T.; ZEEUW, C. H. **Flora Neotropica**. v. 21, p. 69, 1990.

MORI, S. A.; PRANCE, G. T. Taxonomy, ecology and economic botany of the Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Humb.) (Lecythidaceae). **Advanced Economic Botany.**, v. 8, p. 130-150, 1990.

MORI, S. A. Observações sobre as espécies de Lecythidaceae do leste do Brasil. **Boletim de Botânica.**, v. 14, p. 1-31, 1995.

MORI, S. A. Diversificação e conservação das Lecythidaceae Neotropicais. **Acta Botânica Brasileira.**, v. 4, p. 45-68, 1995.

MORI, S. A. **Evolution of dispersal systems in new world lecythidaceae**. Conferencia. Institute of Systematic Botany The New York Botanical Garden, 2007.

MORI, S. A.; TSOU, C. H.; WU, C. C.; CRONHOLM, B.; ANDERBERG, A. A. Evolution of Lecythidaceae with an emphasis on the circumscription of Neotropical genera: information

from combined ndhF and trnL-F sequence data. **American Journal of Botany.**, v. 94, p. 289-301, 2007.

MORI, S. A., N. P. SMITH, X. CORNEJO; G. T. PRANCE. **The Lecythidaceae Pages** Disponível em: <<http://sweetgum.nybg.org/lp/index.php>>. New York: The New York Botanical Garden, Acesso em: 18 de março de 2010.

MUTTON, M. J. R.; Reflexos da qualidade da matéria-prima sobre a fermentação etanólica. Workshop sobre produção de etanol: qualidade da matéria-prima. Lorena, 2008. Disponível em: < www.apta.sp.gov.br >. Acesso em: 07 dez. 2010.

NASCIMENTO, J. M.; CONCEIÇÃO, G. M. Plantas medicinais e indicações terapêuticas da comunidade quilombola olho d'água do raposo, Caxias, Maranhão. **Revista de Biologia e Farmácia.** v. 6 ,p. 138-151, 2011.

NEGRELLE, R. R. B. Composição florística e estrutura vertical de um trecho de Floresta Ombrófila Densa de Planície Quaternária. **Hoehnea.** v. 33, p. 261-289, 2006.

NEIRO, R.; MALHEIROS, A.; BITTENCOURT, C.M.S. BIAVATTI, M.W.; LEITE, S.N.; CECHINEL FILHO, V. Aspéctos químicos e biológicos de plantas medicinais e considerações sobre fitoterápicos. *In*: BRESOLIN, T.M.B.; CECHINEL, FILHO, V. **Ciências Farmacêuticas: Construção ao desenvolvimento de novos fármacos e medicamentos.** Porto Alegre: UNIVALI, 2003.

NETO, V. Q.; BAKKE, O. A.; RAMOS, C. M. P.; BORA, P. S.; LETELIER, J. C.; CONCEIÇÃO, M. M. Brazil nut (*Bertholletia excelsa* H.B.K) seed kernel oil: characterization and thermal stability. **Revista Biologia de Farmacognosia.**, v. 3, p. 33-42, 2009.

NINOMIA, L.; GODOY, H. T. Comparison of the carotenoid composition and vitamin A value of hydroponic and conventionally produced leaf vegetables. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, prelo, 2008.

OCHAIKUL, D.; NOIPRASERT, N.; LAOPRASERT, W. AND POOKPUN, S. Ethanol production on Jackfruit seeds by selected fungi and yeast from Loog-pang. **Journal of Science and Technology.** v. 12, p. 1-6, 2012.

OLIVEIRA, A. L.; SILVA, S. S.; SILVA, M. A. P.; EBERLIN, M. N.; CABRAL, F. A. Sensory and yield response surface analysis of supercritical CO₂ extracted aromatic oil from roasted coffee. **Journal of Food Science and Technology.** v. 38, p. 38-42, 2001.

OLIVEIRA, G. P. R.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Processed and prepared products of corn as sources of lutein and zeaxanthin. Compositional variation in the food chain. **Journal of Food Science.**, v. 72, p. 79-85, 2007.

OLIVEIRA, J. P. C. **Estudo químico e farmacológico de *Lecythis pisonis* Camb. (Lecythidaceae).** 2010. 120 f. Dissertação. (Mestrado em Química), Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2010.

OLIVEIRA, M. T. R.; PEDRO, A. B.; ROZIMAR, C. P., HENRIQUE, D. V., VINICIUS, O. C. Características biométricas e físico-químicas do fruto, morfologia da semente e da plântula de *Averrhoa carambola* L. (Oxalidaceae). **Revista Brasileira de Sementes.** v. 33, p. 251-260, 2011.

- OLIVEIRA, J. P. C.; FERREIRA, E. L. F.; CHAVES, M. H.; MILITÃO, G. C. G.; JÚNIOR, G. M. V.; COSTA, A. M.; PESSOA, C. Ó.; MORAES, M. O.; COSTA-LOTUFO, L. V. Chemical constituents of *Lecythis pisonis* and cytotoxic activity. **Revista Brasileira de Farmacognosia**. v. 22, p. 1140-1144, 2012.
- OLSON, J. A. Carotenoids and human health. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**. v. 49, p. 7-11, 1999.
- OMETTO, A. R. **Avaliação do ciclo de vida do álcool etílico hidratado combustível pelos métodos EDIP, exergia e emergia**. 2013. Tese. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.
- OSTERGAARD, S.; OLSSON, L.; NIELSEN, J. Metabolic engineering of *Saccharomyces cerevisiae*. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**. v. 64, p. 34-50, 2000.
- PALOZZA, P.; KRINSKY, N. I. Antioxidant effects of carotenoids *in vitro* and *in vivo*: an overview. **Methods Enzymology**. v. 213, p. 403-420, 1992.
- PANT, P.; RASTOGI, R. P. The triterpenoids. **Phytochemistry**. v. 18, p. 1095-1108, 1979.
- PERNAMBUCO. **Plano de Desenvolvimento Florestal e da Conservação da Biodiversidade de Pernambuco**. Recife: Governo do Estado de Pernambuco/SECTMA, 60 p. 2000.
- PEREIRA, J. R. N.; COUTO, M. A. P. G.; SANTA ANNA, L. M. M. Biomassas of Lignocellulosic Composition for Fuel Ethanol Production. *In*: PEREIRA, N. J. (Org.). Series on Biotechnology: Biomassas of Lignocellulosic Composition for Fuel Ethanol Production. 1. ed. Rio de Janeiro: Copiadora Amiga dos Estudantes Ltda, 47p. 2008.
- PETTIR, G. R.; ZHANG, Q.; PINILLA, V.; HERALD, D. L.; DOUBER, D. L.; DUKE, J. A. **Journal of Natural Product**., v. 67, p. 983, 2004.
- PINHEIRO, M. M.G.; BESSA, S.O.; FINGOLO, C. E.; KUSTER, R. M.; MATHEUS, M. E.; MENEZES F. S.; FERNANDES, P. D. Antinociceptive activity of fractions from *Couroupita guianensis* Aubl leaves. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 127 (2), p. 407-413. 2010.
- PINHO, D. M. M.; SUAREZ, P. A. Z. A Hidrogenação de Óleos e Gorduras e suas Aplicações Industriais. **Revista Virtual Química**. v. 5, p. 47-62, 2013.
- PORCU, O.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Variation in the carotenoid composition of acerola and its processed products. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v. 86, p. 1916-1920, 2006.
- PRANCE, G. T.; MORI, S. A. Lecythidaceae - Part I. The actinomorphic-flowered New World Lecythidaceae (*Asteranthos*, *Gustavia*, *Grias*, *Allantoma* and *Cariniana*). **Flora Neotropica Monograph**, v. 2, p. 1-270, 1979.
- QUEZADA, F.; ROCA, W.; SZAUER, M. T.; GÓMEZ, J. J.; LÓPEZ, R., **Biotecnología para el uso sostenible de la biodiversidad – capacidades locales y mercados potenciales**, Caracas, Venezuela, 2005.
- RANTA, P.; BLOM, T.; NIEMELA, J.; JOENSUU, E; SIITONEN, M. The fragmented atlantic rain forest of Brasil: size, shape and distribution of forest fragments. **Biodiversity Conservation**, v.7, p. 385-403, 1998.

REVILLA, J. **Apontamentos para a cosmética amazônica**. Manaus: Sebrae/Am, Inpa, 2002.

REYES, A. E. L. **Trilhas da ESALQ**. CIIAGRI-USP. Disponível em: <<http://www.esalq.usp.br/trilhas/medicina/am12.htm?PHPSESSID=19bd21a234c17b180f3651070918e1c0>>. Acesso em: 04 de dezembro de 2007.

RIDGEN, L. V. DE M., CAVALCANTI, T. B. WILEY; SONS. E WALTER, B. M. *In*: Bensusan, Nurit (Org.). **Seria melhor mandar ladrilhar? Biodiversidade: como, para que e por que?** 2. Ed. São Paulo: Peirópolis, 2008.

RITTNER, H. Extraction of vegetable oils with ethyl alcohol. *In*: INTERNATIONAL MEETING ON FATS AND OILS TECHNOLOGY. **Proceedings**. Campinas: FEA/GTZ. p. 17-30, 1991.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. Washington, DC: International Life Sciences Institute, 64 p. 2001.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; PORCU, M. M.; AZEVEDO-MELEIRO, C. H. Variation in the carotenoid composition of fruits and vegetables along the food chain. **Acta Horticulturae**, v. 744, p. 387-394, 2007.

ROW, L. R.; SANTRY, C. S. P.; SURYNAYANA, P. Chemical examination of *Couroupita guianensis*. **Current Science**, v. 35, p. 146-147, 1966.

SANJAY, P. U.; JAYAVEERA, K. N.; ASHOK KUMAR C. K.; KUMAR, G. S. Antimicrobial, Wound Healing and Antioxidant potential of *Couroupita guianensis* in rats. **Pharmacology online**, v. 3(6): p. 269-281. 2007.

SANT'ANA, P. J. P. **Bioprospecção no Brasil: contribuições para uma gestão ética**. Brasília: Paralelo 15, 2002.

SANTOS, E. N. **Triagem farmacológica de plantas medicinais usadas popularmente em Mato Grosso como anti-inflamatórias e validação pré-clínica de *Cariniana rubra* Gardner ex Miers (jequitibá-vermelho) como anti-inflamatória**. 2000. Dissertação. Universidade Federal de Mato Grosso, 2000.

SASAKI, M. **Lípidos, carboidratos e proteínas de sementes de leguminosas do Cerrado**. 2008. Dissertação, Universidade de São Paulo, 2008.

SECCHI, G. Role of protein in cosmetics. **Clinics in Dermatology.**, v. 26, p. 321-325, 2008.

SEN, A. K.; MAHATO, S. B.; DUTTA, N. L. A Couroupitine, A new alkaloid from *Couroupita guianensis*. **Tetrahedron Letters**, v. 7, p 609-610, 1974.

SILVA, L.P. **Composição química de trigo e de aveia e efeito dos teores e proporções de fibra alimentar sobre a resposta biológica de frangos de corte e ratos**. 2002. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

SILVA, A. C. B. L.; RODAL, M. J. N. Tree community structure in an urban Atlantic Forest remnant in Pernambuco, Brazil. *In*: THOMAS, W. W. (Ed.). The coastal forests of northeastern Brazil. **Memoirs of the New York Botanical Garden**, p. 511- 534, 2008.

- SILVA, C. V.; DETONI, C. B.; GUEDES, M. L. S.; VELOZO, E. S. Alcalóides e outros metabólitos do caule e frutos de *Zanthoxylum tingoassuiba* A. ST. Hil. **Química Nova.**, v. 31, p. 2052-2055, 2008.
- SIMÕES, C.M.O.; SCHENKEL, E.P.; GOSMANN, G.; MELLO, J.C.P.; MENTS, L.A.; PETROVICK, P.R. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 5. ed. São Paulo, 2003. 1102p.
- SINHA, R.; RADHA, C.; PRAKASH, J.; KAUL, P. Whey protein hydrolysate: Functional properties, nutritional quality and utilization in beverage formulation. **Food Chemistry.**, v. 101, p. 1484-1491, 2007.
- SIVAKUMAR, T.; SHANKAR, T.; VIJAYABASKAR P.; G. GEETHA. Efficacy of *Couroupita guianensis* Against Selected Human Pathogens. **Advances in Biological Research**, v. 6 (2), p. 59-63, 2012.
- SMITH, N. P.; MORI, S. A.; PRANCE, G. T. Lecythidaceae *In*: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Catálogo de Plantas e Fungos do Brasil**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas do Rio de Janeiro, 1159p. 2010.
- SNOEK, I. S. I.; STEENSMA, H. Y. Factors involved in anaerobic growth of *Saccharomyces cerevisiae*. **Yeast.**, v. 24, p. 1-10, 2007.
- SOUZA, M. H.; MAGLIANO, M. M.; CAMARGOS, J. A. A. **Madeiras tropicais brasileiras**. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 1997.
- SOUZA, A. D. L.; ROCHA, A. F. I.; PINHEIRO, M. L. B.; ANDRADE, C. H. S.; GALOTTA, A. L. A. Q.; SANTOS, M. P. S. S. Constituintes químicos de *Gustavia augusta* L. (Lecythidaceae). **Química Nova.**, v. 24, p. 439-442, 2001.
- SOUZA, I. F. **Cadeia produtiva de castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) no Estado de Mato Grosso**. 2006. 152 f. Dissertação, Universidade Federal do Mato Grosso, Campo Grande, 2006.
- SOUZA, V. A. B.; CARVALHO, M. G.; SANTOS, K. S.; FERREIRA, C. S. Características físicas de frutos e amêndoas e características químico-nutricionais de amêndoas de acessos de sapucaia. **Revista Brasileira de Fruticultura.** v. 30, p. 946-952, 2008.
- SOUZA, C. S. **Avaliação da produtividade de etanol em temperaturas elevadas por linhagens de *S. cerevisiae***. 2009. Tese. Universidade de São Paulo, 2009.
- SOUZA, V. M. C.; MARUCCI, M. F. N.; SGARBIERI, V. C. Necessidades de proteínas para a população idosa: revisão. **Journal of the Brazilian Society of Food and Nutrition.** v. 34, p. 199-209, 2009.
- SOUZA, L. C. D.; SÁ, M. E.; MORAES, S. M. B.; CARVALHO, M. A. C.; SILVA, M. P.; ABRANTES, F. L. Composição química e nutrientes em sementes das espécies florestais pente de macaco, flor de paca, itaúba, jatobá e murici manso. **Journal of Bioscience.** v. 28, p. 478-483, 2012.
- STAHL, W.; ALE-AGHA, N.; POLIDORI, M. C. Non-antioxidant properties of carotenóides. **Biological Chemistry.** v. 383, p. 553-558, 2002.

STAHL, W.; SIES, H. Bioactivity and protective effects of natural carotenoids. **Biochimica et Biophysica Acta.**, v. 1740, p. 101-107, 2005.

SUDA, C. N. K.; GIORGINI, J. F. Seed Reserve Composition and Mobilization During Germination and Initial Seedling development of *Euphorbia heterophylla*. **Revista Brasileira Fisiologia Vegetal.**, v. 12, p. 226-245, 2000.

TESTER, R. F.; KARKALAS, J.; QI, X. S. Composition, fine structure and architecture. **Journal of Cereal Science.**, v. 39, p.151-165, 2004.

THURNHAM, D. I. Bioequivalence of β -carotene and retinol. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 87, p. 13-39, 2007.

TSOU, C. H. A embriologia, morfologia reprodutiva, e sistemática de Lecythidaceae. **Memórias do Jardim Botânico de Nova York.**, v. 71, p. 1-110, 1994.

VALADARES FILHO, S. C.; CABRAL, L. S. Aplicação dos princípios de nutrição de ruminantes em regiões tropicais. *In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zoologia*, v. 39, Recife, 2002.

VALLILO, M.; TAVARES, S.; AUED-PIMENTEL, E.; BADOLATO, S. G.; INOMATA, E. I. Caracterização química parcial de *Lecythis pisonis* Camb. (Sapucaia). **Acta Amazônica.**, v. 28, p. 131-140, 1998.

VAN, J.P.J.; FABER, M.; TANUMIHARDJO, S. A.; NESTEL, P.; LOMBARD, C. J.; BENADÉ, A. J. S. β -carotene-rich orange-fleshed sweet potato improves the vitamin A status of primary school children assessed with the modified-relative-dose-response test. **The American Journal of Clinical Nutrition.**, v. 81, p. 1080-1087, 2005.

VANDEPUTTE, G. E.; DELCOUR, J. A. From sucrose to starch granule to starch physical behavior: a focus on rice starch. **Carbohydrate Polymers.**, v. 58, p. 245-266, 2004.

VIEIRA, P. F. Meio Ambiente, Desenvolvimento e Planejamento. *In: VIOLA, E. J.; LEIS, H. R.; SCHERER-WARREN, I.; GUIVANT, J. S.; VIEIRA, P. F.; KRISCHKE, P. J. Meio Ambiente, Desenvolvimento e Cidadania: Desafios para as Ciências Sociais*. São Paulo: Editora Cortez, 1998.

VILELA, F. S.; RAMALHO, M.; FLESHER, K. M.; PRATES, P. JUNIOR. Dispersão e consumo de sementes de Biriba (*Eschweilera ovata* Cambess. Lecythidaceae) por vertebrados, na Mata Atlântica, sul da Bahia. *In: IX Congresso de Ecologia do Brasil*, São Lourenço. **Anais do Congresso de Ecologia do Brasil.** p. 1-3, 2009.

WHISTLER, R. L.; DANIEL, J. R. Carboidratos, *In: FENNEMA, O. R. Química de los alimentos*. Zaragoza: Acribia, p. 81-156, 1993.

WANG, Y.; PANAGABKO, C.; ATKINSON, J. Synthesis of α -tocohexaenol (α -T6) a fluorescent, oxidatively sensitive polyene analogue of α -tocopherol. **Bioorganic and Medicinal Chemistry.**, v. 18, p. 777-786, 2010.

WHO/FAO. **Carbohydrates in human nutrition**. Rome: FAO, 1998.

WILLIAMS, N. Genome Projects: Yeast Genome Sequence Ferments New Research. **Science.** v. 272, p. 481, 1996.

WONG, K. C.; TIE, D. Y. Volatile constituents of *Couroupita guianensis* Aubl. flowers, **Journal of Essential Oil Research**, v. 7, p. 225-227, 1995.

3 LECYTHIDACEAE SPECIES: CHEMICAL CHARACTERIZATION OF SEEDS FROM ATLANTIC AND AMAZON FOREST

Rejane Maria da Silva^a; Suzene Izídio da Silva^b; Antônio Fernando Morais de Oliveira^c; Maria Teresa Bertoldo Pacheco^d; Aparecida Sônia de Souza^d; Vera Sônia Nunes da Silva^d; Maria Izabel Gallão^{a*}

^aDepartment of Biology, Federal University of Ceará, Campus Pici, Fortaleza, CE, 60.451-760, Brazil

^bDepartment of Biology, Rural Federal University of Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Recife, PE, 52171-900, Brazil

^cDepartment of Botany, Federal University of Pernambuco, Recife, PE, 50670-901, Brazil

^dCenter of Food Science and Quality, Institute of Food Technology, Av. Brasil, 2280, CP. 139, Campinas, SP, 13070-178, Brazil

*Correspondence to: Maria Izabel Gallão, Department of Biology, Federal University of Ceará, Campus do Pici, Fortaleza, CE 60.451-760, Brazil. Fax: +55 31 85 33669806, (edybel@ufc.br).

RESUMO

As espécies de Lecythidaceae são encontradas em florestas neotropicais e seus frutos e sementes são comumente usados como alimento pela fauna e por seres humanos. O trabalho objetivou avaliar a composição centesimal, o teor de carotenóides totais e minerais em sementes de quatro espécies de Lecythidaceae, considerando seu uso como alimento e sua frequência nas florestas Atlântica e Amazônica. A morfologia das sementes e a composição química parcial foram determinadas. Os carboidratos constituem a fração majoritária em *Eschweilera alvimii* S.A. Mori (63,62%), *E. ovata* Cambess. (77,26%), e *Gustavia augusta* L. (78,37%), sendo o amido o principal constituinte. As sementes de *Lecythis pisonis* são oleaginosas (58,76%). Os ácidos graxos mais comuns foram: linoleico, oleico, esteárico e palmítico. Em *G. augusta*, o conteúdo de aminoácidos aromáticos (fenilalanina e tirosina) fornece 100% das necessidades diárias de crianças entre 10 e 12 anos e de adultos. *E. ovata* (634,4 µg / g) e *G. augusta* (316,32 µg / g) apresentaram os maiores teores de carotenóides totais. Os teores de fósforo e cobre em *E. alvimii* fornecem mais de 50% das necessidades diárias de um adulto. O alto teor de amido encontrado nas sementes de *E. alvimii*, *E. ovata* e

G. augusta é promissor para uso industrial e/ou biotecnológico. *L. pisonis* é uma semente oleaginosa com grande potencial econômico, embora pouco explorada no nordeste do Brasil.

Palavras-chave: Espécies de Lecythidaceae. Composição química. Micronutrientes.

ABSTRACT

Lecythidaceae species are found in neotropical forests and their fruits and seeds are commonly used as food by the fauna and by humans. The study aimed to assess the centesimal composition, total carotenoid and mineral contents in seeds from four Lecythidaceae species considering their use as food and frequency in the Atlantic and Amazon forests. Seed morphology and partial chemical composition was determined. Carbohydrates make up the majority fraction in *Eschweilera alvimii* S.A. Mori (63.62%), *E. ovata* Cambess. (77.26%), and *Gustavia augusta* L. (78.37%), being starch the main constituent. *L. pisonis* seeds are oily (58.76%). The most common fatty acids were: linoleic, oleic, stearic, and palmitic. In *G. augusta*, the content of aromatic amino acids (phenylalanine and tyrosine) provide 100% of the daily requirements of children between 10 and 12 years old and of adults. *E. ovata* (634.4 µg/g) and *G. augusta* (316.32 µg/g) had the highest total carotenoid contents. The phosphorous and copper contents in *E. alvimii* provide more than 50% of an adult's daily requirements. The high starch content found in *E. alvimii*, *E. ovata*, and *G. augusta* seeds are promising for industrial and/or biotechnological use. *L. pisonis* is an oily seed with great economic potential, although it is still little explored in the northeast of Brazil.

Keywords: Lecythidaceae species. Chemical composition. Micronutrients.

Introduction

Lecythidaceae is known as the family comprising Brazil nut (*Bertholetia excelsa* H.B.K.) and monkey pot (*Lecythis pisonis* Cambess., known in Brazil as sapucaia), which have stands out as seeds rich in amino acids, sugars, lipids, vitamins, and dietary fibers (Denadai et al., 2006; Neto et al., 2009).

Well represented in the Amazon and Atlantic forests (Oliveira Filho and Fontes, 2000), Brazil nuts and most other species of this family are trees that call attention for their large, woody fruits (pyxidia) with large seeds that serve as food for humans and the fauna. The oil from the seeds of some of these species is known for having medicinal properties (Mori et al.,

2010). Nevertheless, few studies are available on their chemical constituents and seed composition, with fewer than ten species researched among the 118 found in Brazil.

Up until the 1980s, studies on Lecythidaceae focused taxonomy and ecology and little was known about their chemistry composition. However, over the past two decades, researchers have looked into the folk medicinal use of some of these species and identified substances with pharmacological potential. Among the substances identified and isolated are friedelin and a norisoprenoid, used in treating skin and mucosa infectious diseases such as leishmaniasis and stomach ulcers (Almeida et al., 2011; Elumalai et al., 2012). Other substances as depside gustastatin, betulinic acid and isatin, which are human cancer cell growth inhibitors were found in extracts from *G. hexapetala*, *G. augusta* and *Couroupita guianensis*, as well as substances with antidepressive and analgesic activities (El-Seedi et al., 1999; Gupta et al., 2012; Pettir et al., 2004).

The centesimal composition of the Lecythidaceae seeds found in Brazil favors their dietary use given the well-balanced lipid and protein contents. It was found in *B. excelsa*, *L. pisonis*, *L. usitata* Miers, *Allantoma lineata* (Mart. ex Berg) Miers, and *C. guianensis* Aubl. (Dave et al., 2004; Neto et al., 2009; Souza and Menezes, 2004; Vallilo et al., 1998). The only exception to this pattern was reported by Souza et al. (2012) for *E. ovata* seeds that preferably store starch and proteins instead of oil.

In the Brazilian Northeast, specifically in Pernambuco state, there are six genera and 14 species of Lecythidaceae (Barbosa et al., 2006) among which *Gustavia augusta* L., *E. ovata*, and *L. pisonis* stand out for their abundance (Silva and Rodal, 2008).

Given the richness of the Brazilian biodiversity and the uncontrolled deforestation, finding natural products that supply essential industry sectors of food, becomes a challenge that may be overcome with knowledge of the potential use of native species. When few species are widely distributed in the tropical forests, there may be an advantage for the bioprospection of native species aiming to use them locally (Thibau, 2000; Brotel, 2002).

Lecythidaceae species are well represented in the state of Pernambuco (Northeastern Brazil), besides the little information on the economic use of these species, the present study sought to evaluate the chemical composition of some Lecythidaceae seeds in the Northeast Atlantic Forest (State of Pernambuco, Brazil), thus adding data to aid in studies for their use and conservation.

Thus, in view of the growing need to find alternative ways to meet the requirements of food and pharmaceutical industry, which seeks the upgrading of natural products. It is believed that information about the chemistry of native species will be valuable for

strengthening the programs established by the federal government, and to promote sustainable management and contribute to biodiversity conservation of local ecosystems.

Methods

Material collection and seed sampling for chemical composition analysis

Fruits and seeds of four Lecythidaceae species were collected in the outskirts of the city of Recife, PE, Brazil, between the coordinates 7° 94'37" 04" S and 34° 88'17" 28" W in the period from March 2010 to June 2012 (Table 1). Exsiccates of each species were incorporated into the Federal Rural University of Pernambuco Herbarium (PEUFR). The seeds' biometric analyses (length, width, and thickness) were obtained with a Starrett digital caliper with 0.01 mm precision, and they were weighed with a Toledo Adventurer AR 2140 digital precision scale. The data were submitted to descriptive analysis for calculating the arithmetic average and standard deviation.

Table 1: Seed morphology of four species of Lecythidaceae from the Atlantic Forest (Northeastern Brazil).

Species	Voucher number	Seed dimensions (mm) ^a			Weight of 50 seeds (g)
		Length	Width	Thickness	
<i>Eschweilera alvimii</i> Mori	50624	35.34 ± 2.2	36.49 ± 2.7	26.43 ± 1.4	367.50
<i>Eschweilera ovata</i> (Cambess.) Mart. ex Miers.	50498	22.97 ± 1.4	18.17 ± 1.4	13.35 ± 1.1	107.44
<i>Gustavia augusta</i> L.	50499	15.7 ± 1.5	12.4 ± 1.1	10.2 ± 0.3	23.97
<i>Lecythis pisonis</i> Camb.	50633	35.18 ± 2.2	20.46 ± 2.0	17.91 ± 2.4	182.00

^a Data are averages ± SD of fifty determinations

Chemical composition approximate

Seeds (1-2 g) were dehydrated at 60 °C for 48 h. Moisture and ashes was determined according to the AOAC (Horwitz, 2010). Lipids were determined according to the method by Ahmad, Husain and Osman (1981) and starch content was determined according to Diemair (1963). The proteins content was determined according to Bradford (1976) at a 545 nm wavelength using bovine serum albumin as the calibration curve standard.

Total dietary fiber was calculated through the enzymatic/gravimetric method 985.29 (AOAC, 2010), which is based on starch partial hydrolysis and gelling and with a thermo-

resistant alpha-amylase followed by protein hydrolysis with protease and residual starch hydrolysis with an amyloglucosidase (Horwitz et al., 2010).

Total carbohydrates were estimated according to the following: Samples in triplicate, with 2.5g of seeds were ground and hydrolysed using H₂SO₄ in concentrations of 0.1 to 1% (v/v), autoclaved at 1 atm for 120°C for 15 minutes to determine the ideal concentration for fermentation (Aguilar et al., 2002). After this step, the pH was adjusted to 4.5 with 3.0M potassium hydroxide, the samples were centrifuged at 4000 rpm then transferred to 1 ml of the supernatant and test tubes was added 1ml of dinitrosalicylic acid (DNS) (Miller, 1959). After homogenisation the samples vortexed and heated for 5 min was performed, after cooling, was added 8 mL of water and the reading was taken at 540 nm in a spectrophotometer.

Oil extraction and fatty acids determination

Seeds (1-2 g) were dehydrated at 60 °C for 48 h until attaining a constant weight and their oils were extracted in a Soxhlet system for 8 h with *n*-hexane and subsequently maintained in a desiccator until analyzed (Diemair, 1963).

The fatty acid methyl esters were obtained for determination of fatty acids profile. First, the fatty acids of seeds oils were hydrolyzed and methylated for chromatographic analyses.

Fatty acids were identified through comparisons with the retention times of fatty acid methyl-esters standards and by comparisons of their mass spectral data with those available in the Wiley 229 library. The relative amounts of each fatty acid were determined through comparison of the integrated area of its peak with the integrated areas of peaks from standard fatty acid samples.

Determination of amino acids

Amino acids were obtained through acid hydrolysis of samples with 6N HCl (110 °C/22 h). Phenylisothiocyanate was used as derivatizing solution, according to the method of Hagen, Frost and Augustin (1989).

Amino acids were determined by reversed phase-high performance liquid chromatography (RP-HPLC) using a Shimadzu HPLC system (Shimadzu Corporation, Japan), equipped with a Luna/Phenomenex C18 column (4.6 x 250mm, 5μ). Identification and quantification was done by external standard (Pierce/PN 20088) and ultraviolet detection at 254 nm (White; Hart; Fry, 1986).

Carotenoids content

The total carotenoid content was calculated following Rodriguez-Amaya and Kimura (Rodriguez-Amaya et al., 2004). Oil from seed (1 g each) separately was diluted in 100 mL of petroleum ether (60-80° C) and absorbance was measured at 450 nm. The carotenoid content was expressed as β -carotene equivalents ($\mu\text{g/g}$). Retinol activity equivalent (RAE) was calculated using conversion factor where 1 μg retinol is equal to 12 μg of dietary all-trans- β -carotene matrix and expressed in μg RAE/100 g (IOM, 2001) according to formula:

$$\text{RAE } (\mu\text{g}/100 \text{ g}) = (\mu\text{g } \beta\text{-carotene}/12) \times 100$$

Mineral content

The minerals assessed were: calcium, copper, iron, phosphorous, potassium, sodium, magnesium, and zinc. The seeds were dehydrated in a drying oven for 48 h at 60 °C. With 2 g of the sample were placed in porcelain capsules, which were burned in a Bunsen burner and placed in a muffle furnace at 450 °C for calcification. The process was repeated until all the organic matter had been destroyed. The ashes in the samples were then dissolved with 2.5 mL of concentrated HCl and quantitatively transferred into a 25.0 mL volumetric flask with the aid of Milli-Q water. Next, the elements of interests were read in inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP OES) (Slavin et al., 1975).

Statistical analysis

The seeds' biometry, centesimal composition, and carotenoid content were obtained from the average of three determinations and the results were expressed as averages and standard deviation. The averages were compared through ANOVA, a criterion with Tukey's test *a posteriori* at a 1% level. The software used was BioEstat version 5.3.

Minerals were analyzed with a double factorial test, with Tukey's test *a posteriori* at 5% probability. The software Assistat version 7.6 beta (2014) was used for the mineral analysis.

Results and Discussion

The data on the chemical make-up of *Eschweilera alvimii*, *E. ovata*, *Gustavia augusta*, and *Lecythis pisonis* seeds are shown in Table 2.

E. alvimii, *E. ovata*, and *G. augusta* have high total carbohydrate including fiber contents at 53.11, 99.69, and 78.34%, respectively. These carbohydrate contents are close to those found in commercial grains such as corn, (78.63 to 82.16%), wheat (77.45 to 78.69%) and in jack fruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) seeds of 36.30% (AFISJ, 2011).

E. alvimii, *E. ovata*, *G. augusta* showed high percentages of total carbohydrates + fibers, respectively 53.11, 99.69 and 78.34%. These levels of carbohydrates are close to the values found in foodgrains marketed as corn, whose contents varied from 78.63 to 82.16% and wheat ranging from 77.45 to 78.69%, and the levels recorded in seeds of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam) which is 36.30% (AFISJ, 2011).

Others authors found for *E. ovata* seeds and found 19.08% carbohydrate and 36.77% starch, values well below those found in the present study. Nevertheless, those authors considered *E. ovata* to be a source of starch (Souza et al., 2012).

The chemical composition of eight Fabaceae species native of the Brazilian cerrado biome was investigated. The authors found very little starch in the seeds (Sasaki, 2008). The only exception was *Andira laurifolia*, which stores more than 50% of its reserves as starch. The starch was pointed as one of the most important industrial and food materials, so that it can be used industrially.

High carbohydrate contents found in *E. ovata* and *G. augusta*, respectively at 50.03 and 48.75% starch (Table 2). This content become relevant in face of the growing need for balanced animal feed with lower cost than those made with traditional grains. Actually corn, is the main grain used in animal feed production and has large price swings in the domestic and international markets (Nantes, 2013). Since *E. ovata* and *G. augusta*, besides having a high starch content, are dominant species in the Atlantic forest, the use of these species has great potential for reforestation of degraded areas adicional studies on their nutritional properties are requered.

E. ovata and *G. augusta* present content much differently from the total observed in seeds of other Lecythidaceae carbohydrates. *Allantoma lineate* and *Bertholletia excelsa* has little carbohydrate (20.6% and 5.69%) and enough oil (40.0% and 68.58%), respectively, as reported by Andrade et al., (1999) and Neto et al., (2009).

L. pisonis with 58.76% oil, can be considered an oily seed, falling into the same group as the Lecythidaceae *A. lineata*, *L. usitata*, and *B. excelsa*, in which the main seed metabolite is oil (Andrade et al., 1999; Neto et al., 2009), while the two *Escheweilera G. augusta* species are great sources of starch.

Carvalho et al. (2012), Denadai et al. (2006), Vallilo et al. (1998) reported, respectively, 62.6%, 60.61%, and 54.80% oil contents in *L. pisonis* seeds from several sites in southeast Brazil, evidencing that the oil content slightly varies according to geography.

L. pisonis, besides oil, has protein content (20.36%) a little higher than those found in *Cariniana micrantha* Ducke (18%), *C. guianensis* (19%), and *B. excelsa* (17%) (Dave et al.,

2006; Camargo et al., 2007; Santos et al., 2006). Native species seeds with good protein contents are interesting for research and relevant for the local populations. They may contribute to improving the protein content in diets, which is important since over half of the world's population depends on cereals for their dietary protein needs (Millward, 1999). Mori et al. (2010) reported that *L. pisonis* is already being exported to developed countries such as the USA under the name of paradise nut.

The protein contents found in the Lecythidaceae seeds analyzed are close to those of shelled black beans (*Phaseolus vulgaris* L. - 19.7%), oat grains (*Avena sativa* L. - 18.13%) (Poaceae), and quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd. - 16.12%), being a little lower than what is found in peanuts (*Arachis hipogaea* L. - 24.03%) and baru (*Dipteryx alata* Vogel - 26.22%) (Fabaceae), which is a Brazilian native species used as food (Wright et al., 2002; Nepa, 2006).

Moisture ranged from 1.90% (*L. pisonis*) to 14.61% (*E. alvimii*) (Table 2) in the species analyzed. *E. alvimii* seeds with high moisture content may have favored the development of fungi during storage, which consumed the content of several of the seeds collected. These fungi were isolated and identified as *Penicillium viridicatum* Westling.

E. ovata and *G. augusta* had high carotenoid contents at 634.4 µg/g and 316.32 µg/u, while *E. alvimii* and *L. pisonis* had much lower values at 16.45 µg/g and 22.26 µg/g (Table 2). If *E. ovata* and *G. augusta* were used in human diets, they would be more than able to supply an adult's daily requirements of 90 to 180 µg/g (Ramos, 1987; Ramos et al., 2001).

The fruits, as well as the aril (part of the seed), of *G. augusta* are consumed by *Cebus apella* monkeys (Grenand et al., 2004) and by the fish species *Colossoma macropomum*, *Mylossoma* sp., and *Brycon* sp. (Smith et al., 2007). However, the consumption of *G. augusta* seeds has not been reported in human diets. The results of the present study may motivate more field observation and an assessment of the nutritional potential of flour from *G. augusta* seeds.

Significant differences were found in moisture and starch contents among all species analyzed. No significant differences were found for ashes and proteins among *E. alvimii*, *E. ovata*, and *G. augusta*. Lipid and carbohydrate contents in *L. pisonis* is significantly different from those in the other species.

E. alvimii, *E. ovata*, and *G. augusta* seeds have a reasonable potassium, phosphorous, and copper content compared to the daily requirements in human diets (Table 2). The copper and phosphorous content is close to that found by Freitas and Naves (2010) in almond seeds (*Corylus avellana* - 1.95 and 321.35 mg/g, respectively) and in sweet chestnut (*Castanea sativa* - 1.26 and 337.50 mg/g, respectively).

L. pisonis has higher copper and phosphorous content than *E. alvimii*, *E. ovata*, or *G. augusta*. However, it has lower potassium and high magnesium contents (Carvalho et al., 2012; Vallilo et al., 1998).

Andrade et al. (1999), when studying *L. usitata*, *C. guianensis*, and *Allantoma lineata*, found that methionine and iron were present in seeds from all three species at approximately a two-fold concentration compared to what is found in whole egg protein and, citing Elmadfa (1987), stated that methionine increases iron reabsorption.

Potassium, phosphorous and copper play important roles in cellular metabolism, water regulation, and cellular structure (membrane phospholipids) (Arnaud and Sánchez, 1997). Copper acts as an antioxidant and is part of several enzymes involved in cellular energy production, conjunctive tissue formation, and melanin production (Santos, 2013).

Table 2: Centesimal composition of four Lecithydaceae species from the Atlantic Forest (northeast Brazil)

Composition	Content in the sample (dry basis) ^a			
	<i>Eschweilera alvimii</i>	<i>Eschweilera ovata</i>	<i>Gustavia augusta</i>	<i>Lecythis pisonis</i>
Moisture (%)	14.61 ± 0.0a	4.77 ± 0.2b	7.09 ± 0.0c	1.90 ± 0.2d
Ashes (%)	1.42 ± 0.0a	1.48 ± 0.0a	2.69 ± 0.0a	5.43 ± 0.1b
Lipids (%)	12.88 ± 1.4a	9.69 ± 0.1ab	8.50 ± 3.4b	59.89 ± 2.3c
Proteins (%)	11.18 ± 0.0a	7.67 ± 0.0a	9.15 ± 0.0a	20.75 ± 0.0b
Carbohydrates (%)*	15.42 ± 0.0b	10.29 ± 0.0a	6.55 ± 0.0a	5.79 ± 0.0c
Dietary fiber (g/100g)	12.43 ± 0,75a	13.57 ± 0,29a	13.37 ± 0,29a	5.67 ± 0,0b
Starch (g/100g)	32.06 ± 0.0a	52.53 ± 0.1b	52.47 ± 0.24c	0.57 ± 0.0d
Carotenoids (µg/g)	16.45 ± 6.36a	634.4 ± 9.1b	316.32 ± 7.2c	22.26 ± 1.4a
Calcium (mg/100g)	111 ± 1dC	72.3 ± 0.1dD	51 ± 2dE	182.1 ± 0.2 ^C
Copper (mg/100g)	1.37 ± 0.0 eA	0.48 ± 0.0fA	0.94 ± 0.0eA	2.3 ± 0.1 ^C
Iron (mg/100g)	1.96 ± 0.0 eA	1.60 ± 0.0fA	1.97 ± 0.1eA	7.0 ± 2.3 ^C
Phosphorous (mg/100g)	389 ± 4bC	223 ± 2bD	147 ± 7bE	941.7 ± 0.0 ^C
Potassium (mg/100g)	641 ± 9aC	479 ± 3aE	716 ± 20aB	46.4 ± 0.2 ^B
Sodium (mg/100g)	3.43 ± 0.2eB	43.7 ± 0.3eA	2.31 ± 0.0eB	49.8 ± 0.3 ^B
Magnesium (mg/100g)	157 ± 2cC	124 ± 1cD	109 ± 4cD	343.4 ± 1.4 ^C
Zinc (mg/100g)	2.45 ± 0.0eA	2.10 ± 0.0fA	1.60 ± 0.0eA	4.4 ± 0.0 ^C

^aData are averages ± SD of three determinations. Differences in the columns are expressed with small letters and in the rows are expressed with capital letters. The means followed by the same letters to not differ statistically among each themselves according to Tukey's test at 5% probability.

The seeds fatty acid composition is presented in Table 3. The oils are much unsaturated and linoleic acid is the main fatty acid, ranging from 53.94 to 68.55% in *Lecythis pisonis* and *E. ovata*, respectively. These values are higher than the ones of *B. excelsa* (39.24%) and lower than the oil content in *Couroupita guianensis* (81.5%) (Dave et al., 1985).

Oleic and linoleic acids make up more than 70% of the total unsaturated fatty acids in the species studied, matching the results by Carvalho et al. (2012) and Neto et al. (2009), who reported 84.2% and 82.1%, respectively, in *L. pisonis* and *B. excelsa*.

Oleic acid was the fatty acid with the second highest concentration in *L. pisonis* (22.57%) and *G. augusta* (21.03%). At a maximum of 23.0%, the oleic acid content is lower than that found in *B. excelsa* (31.95%) and similar to that in sunflower (*Helianthus annuus* L. - 23.2%) (Bruzzetti, 1999; Neto et al., 2009).

Among the saturated fatty acids, palmitic acid is present in small amounts of 14.54% and 12.22% in *L. pisonis* and *G. augusta*, respectively. Meanwhile, stearic acid was the second most prevalent acid in *E. alvimii* (16.78%).

Using linoleic acid has been widely recommended given its beneficial physiological effects in nutrition and in preventing coronary diseases and cancer (Oomah et al., 2000), besides reducing plasma cholesterol levels (Pratt and Corneley, 2006).

Agra et al. (2007) reported the use of *E. ovata* oil by the population of northeast Brazil as an emollient and in treating muscle pains. Several studies have shown that linoleic acid is a pro-inflammatory mediator that considerably increases leukocyte and macrophage migration, which may stimulate the granulation tissue in healing ulcers (Declair, 2002) by acting as a regulator in processes that precede fibroblastic cell mitogenesis (Declair, 2002). *G. augusta* seeds are a source of oil and are used to fight off inflammations (Mori et al., 2010). They are part of the oily species native of the state of Pará (Jardim and Medeiros, 2006).

Monkey pot seeds have a high nutritional value regarding lipids, proteins, fibers, and indispensable minerals in human diet. Denadai (2006) assessed the sensory characteristics and the acceptance of cookies produced from a mix of wheat flour enriched with ground monkey pot seeds and concluded that the cookies were a nutritious and commercially viable product.

Table 3: Mean oil content and fatty acid composition of four species from the Atlantic Forest (Northeastern Brazil)

Oil (%) ^A / Fatty acids (%) ^B	Species			
	<i>Eschweilera</i> <i>alvimii</i>	<i>Eschweilera</i> <i>ovata</i>	<i>Gustavia</i> <i>augusta</i>	<i>Lecythis</i> <i>pisonis</i>
Oil	11.0 ± 1.4a	9.25 ± 0.1ab	7.9 ± 3.4b	58.7 ± 1.5c
16:0	10.6 ± 0.6	9.07 ± 1.5	12.22 ± 2.0	14.54 ± 1.2
18:0	16.78 ± 0.2	4.74 ± 0.8	6.52 ± 2.0	6.44 ± 1.1
18:1	7.43 ± 2.4	12.99 ± 1.6	21.03 ± 4.0	22.57 ± 3.4
18:2	62.95 ± 6.1	68.55 ± 1.5	56.90 ± 3.7	53.94 ± 0.2
SFA	27.38	13.82	18.74	20.98
MFA	7.43	12.99	21.03	22.57
PFA	62.95	68.55	56.90	53.94
Others	2.24 ± 1.7	4.64 ± 0.8	3.33 ± 1.8	2.51 ± 0.2

^AData are averages ± SD of three determinations. Values in the same row with the same superscript are not significantly different ($P < 0.01$) according to Tukey's test.

^B18:0 = stearic acid; 18:1 = oleic acid; 18:2 = linoleic acid; FA not detected; SFA = saturated fatty acids; MFA = monounsaturated fatty acids; PFA = polyunsaturated fatty acids; others = unusual fatty acids and/or FA not identified

The most abundant non-essential amino acids in *E. alvimii*, *E. ovata* and *L. pisonis* were glutamic acid (18.77, 16.42 and 21.94 g/100 g, respectively) and arginine (16.66, 11.42 and 16.49 g/100 g, respectively). In *G. augusta*, the most significant non-essential amino acids were glutamic acid (18.12 g/100 g) and aspartic acid (10.62 g/100 g) (Table 4).

Glutamic acid and aspartic amino acids are also the main lentil (Suliman et al., 2008), bean (Dimitrov et al., 2007), soybean (Vieira et al., 1999), oat (Weber et al. 2002) and are sources of nitrogen and energy.

The lysine contents ranged from 2.60 g/100g (*L. pisonis*) to 4.00 g/100g (*E. ovata*), and are near the levels found in the seeds of Brazil nut (2.5 g/100g) by Bandelier et al. (2002). However, all species analyzed in this study can meet the 57.16% (*L. pisonis*) to 83.33% (*E. ovata*) of standard reference values established by FAO / WHO / ONU (2007).

In all species, the levels of histidine, isoleucine, threonine and valine meet the reference values of the FAO / WHO / ONU (2007). It is known that isoleucine and valine act in the recovery of multiple trauma and burns, and the restoration of normal metabolic processes when the liver is weakened (Costa 2003).

The values of aromatic amino acids (phenylalanine and tyrosine) present in much higher concentrations than those determined by FAO, especially in *G. augusta* (32.37 g/100g) come to be about eight times higher than the standard.

The levels of sulfur amino acids were elevated in *E. ovata* and *L. pisonis*, with 4.57 and 5.79 g/100g, respectively. These results are important, since the methionine exerts lipotropic action (Franc, 2005) and is routinely used in food, can prevent fat accumulation in the liver. However, these amino acids can be considered limiting for the species *Eschweilera alvimii* (0.66g/100 g protein) and *G. augusta* (1.62 g/100 g protein). The isoleucine also performed as slightly deficient for *Eschweilera alvimii* (2.88 g/100 g protein) species.

Table 4: Amino acid composition (g 100⁻¹ g protein) of four species from the Atlantic Forest (Northeastern Brazil)

Amino acids	Species (g100 ⁻¹ g protein)				FAO/WHO/UNU (g/100 g protein) ^A (Child)
	<i>Eschweilera alvimii</i>	<i>Eschweilera ovata</i>	<i>Gustavia augusta</i>	<i>Lecythis pisonis</i>	
Aspartic acid	7.66	9.85	10.62	8.19	-
Glutamic acid	18.77	16.42	18.12	21.94	-
Alanine	3.66	5.71	4.37	3.68	-
Arginine	16.66	11.42	3.62	16.49	
Aromatics ^B (fen+tyr)	7.22	9.85	32.37	6.57	4.7
Glycine	4.22	5.42	4.75	4.71	-
Histidine ^B	2.66	4.75	1.87	2.50	1.6
Isoleucine ^B	2.88	4.57	3.37	2.94	3.0
Leucine ^B	5.77	7.28	5.00	6.77	6.0
Lysine ^B	3.66	4.00	3.50	2.60	4.8
Proline	6.11	5.42	3.75	4.66	-
Serine	4.22	5.85	3.87	4.22	-
Sulfur ^B (Met + Cis)	0.66	4.57	1.62	5.79	2.3
Threonine ^B	6.11	5.42	3.75	4.66	2.5
Valine ^B	4.22	5.85	3.87	4.22	2.9

^A Theoretical values of the FAO/WHO/UNU, energy and protein requirements (2007).

^B Essential amino acids

Silva et al. (2011), when researching lectins in *E. ovata* and *G. augusta* seeds, found strong hemagglutinating activity (HA) and specific hemagglutinating activity (SHA) for *E. ovata*. In *G. augusta* seeds, only small amounts of this anti-nutritional factor were found, which may be related to the presence of tannins that disperse the erythrocytes in the extract. This conclusion is reached because nearly no inhibition was observed with the specific carbohydrates tested, showing that *G. augusta* seeds may be consumed free of risk to health in this regard.

Conclusions

E. alvimii, *E. ovata* e *G. augusta* are characterized as sources of starch . The high starch content and frequency of these two species in the Atlantic forest can promote their industrial and commercial use.

L. pisonis is almost an oilseed with characteristics that approaches the fresh market and established trade with the chestnut of Pará.

The oil of the species studied is composed of unsaturated fatty acids (about 80 %) with a predominance of high amounts of linoleic acid, oleic acid followed desirable characteristics for cosmetic and culinary use. Only *E. alvimii* presents seed oil with stearic acid being the second most abundant acid.

In all species, the levels of histidine, isoleucine, threonine and valine meet the reference values. *E. ovata* and *G. augusta* are sources of carotenoids.

The seeds of *E. alvimii*, *E. ovata* and *G. augusta* can supply much of the daily needs of the minerals potassium, phosphorus and copper by an adult.

The seeds analyzed require further investigation in order to characterize and test the use in the food industry or the production of animal feed.

REFERENCES

- AFISJ. **Agriculture and Fisheries Information Service - Jackfruit**, Department of Agriculture. Disponível em: <<http://www.da.gov.ph/tips/jackfruit.pdf> Acesso em: 3/9/2011. 2011.
- AGRA, M.F., FREITAS, P.F., BARBOSA-FILHO, J.M., Synopsis of the plants known as medicinal and poisonous in Northeast of Brazil. **Rev. Bras. Farmacogn.** 17, 114-140. 2007.
- AHMAD, M.U., HUSAIN, S.S., OSMAN, K.M., Ricinoleic acid in *Phyllanthus niruri* seed oil. **J. Amer. Oil Chem. Soc.** 58, 673-674. 1981.

ALMEIDA, M.F.O., MELO, A.C.R., PINHEIRO, M.L.B., SILVA, J.R.A., SOUZA, A.D.L., BARISON, A., CAMPOS, F.R.A.F.A., MACHADO, G.M.C., LEON, L.L.P., Constituintes químicos e atividade Leishmanicida de *Gustavia elliptica* (Lecythidaceae). **Quím. Nova**, 34, 7. 2011.

ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária), **Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional**. 2003.

ANDRADE, E.H.A., MAIA, J.G.S., STREICH, R., FRIEDHELM, M., Seed Composition of Amazonian Lecythidaceae species. **J. Food Comp. Anal.** 12, 37-51. 1999.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS, **Official methods of the Association of the Agricultural Chemists**. 2, 1175. 2000.

BAFNA, A.R., MISHRA, S.H., DEODA, R.S., BAFNA, P.A., KALE, R.H., In vitro antioxidant activity of ethyl acetate fraction of water extract of flowers of *Couroupita guianensis*. **Int. J. Pharm. Sci.** 3, 110-112. 2011.

BANDELIER, J., CHUNHIENG, T., OLLE, M., MONTET, D., An original study of the biochemical and oil composition of Cambodian nut: *Irvingia malayana*. **J. Agric. Food Chem.** 50, 478-482. 2002.

BARBOSA, M.R.V., SOTHERS, C., MAYO, S., GAMARRA-ROJAS, C.F.L., MESQUITA, A.C., **Checklist das plantas do Nordeste brasileiro: angiospermas e gymnospermas**. Ministério de Ciência e Tecnologia, Brasília. 2006.

BOTREL, R.T., Composição florística e estrutura da comunidade arbórea de um fragmento de floresta estacional semidecidual em Ingaí (MG) e a influência de variáveis ambientais na distribuição das espécies. **Rev. Bras. Bot.** 25, 195-213. 2002.

BRADFORD, M.M., A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Anal. Biochem.** 72, 248-254. 1976.

BOTREL, R.T., OLIVEIRA FILHO, A.T., RODRIGUES, L.A., CURI, N. Influência do solo e topografia sobre as variações da composição florística e estrutura da comunidade arbóreo-arbustiva de uma floresta estacional semidecidual em Ingaí, MG. **Rev. Bras. Bot.**, 25, 195-213. 2002

BRUZZETTI, C.A.R., Produção de girassol. **Óleos e Grãos**. 46, 34-38. 1999.

CAMARGO, J.L.C., FERRAZ, I.D.K., PROCÓPIO, L.C., Castanha-de-macaco *Cariniana micrantha* Ducke. **Informativo Técnico/Rede de Sementes da Amazônia**, 15. 2007.

CARVALHO, I.M.M., QUEIRÓS, L.D., BRITO, L.F., SANTOS, F.A., BANDEIRA, A.V.M., SOUZA, A.L., QUEIROZ, J.H., Caracterização química da castanha de sapucaia (*Lecythis pisonis* Cambess.) da região da Zona da mata Mineira. **Biosci. J.** 28, 971-977. 2012.

CHUNHIENG, T., PÉTRITIS, K., ELFAKIR, C., BROCHIER, J., GOLI, T., MONTET, D., Estudo de selênio nas frações de proteínas da castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa*). **J. Agr. Food. Chem.** 52, 4318-4322. 2004.

COSTA, N.M.B. Alimentos: componentes nutricionais e funcionais. **In:** Costa, N.M.B.; Borém, A. (Ed.). Biotecnologia e nutrição: saiba como o DNA pode enriquecer os alimentos. São Paulo: Nobel, p. 31-69. 2003.

CARVALHO, I.M.M., QUEIRÓS, L.D., BRITO, L.F., SANTOS, F.A., BANDEIRA, A.V.M., SOUZA, A.L., QUEIROZ, J.H., Caracterização química da castanha de sapucaia (*Lecythis pisonis* Cambess.) da região da Zona da Mata Mineira. **Biosci. J.**, 28, 971-977. 2012.

DAVE, G.R., PATEL, R.M., PATEL, R.J., Characteristics and composition of seeds and oil of *Couroupita guianensis* Aubl. Eur. **J. Lipid Sci. Technol.** 87, 3. 1985.

DECLAIR, V., CARMONA, M.P., CRUZ, J.A., Ácidos graxos essenciais (AGES). Protetores celulares dos mecanismos agressivos da lesão hipóxica. **Dermat. Atual**, 4, 2-7. 1998.

DECLAIR, V., Tratamento de úlceras crônicas de difícil cicatrização com ácido linoleico. **J. Bras. Med.** 282, 36-41. 2002.

DENADAI, B.S., RUAS, V.D., FIGUEIRA, T.R., Maximal lactate steady state concentration independent of pedal cadence in active individuals. **Eur. J. Appl. Physiol.** 96, 477-480. 2006.

DENADAI, S.M.S., HIANE, P.A., MARANGONI, S., BALDASSO, P.A., MIGUEL, A.M.R., MACEDO, M.R.L., In vitro digestibility of globulins from Sapucaí (*Lecythis pisonis* Camb.) nuts by mammalian digestive proteinase. **Ciênc. Tecnol. Aliment.** 7, 535-543. 2007.

DIEMAIR, W., **Laboratorium sbuch fur lebensmittel - chemiker** (Drisden: Verlag Von Theodor Steinkopff). 1963.

DIETARY REFERENCE INTAKES. **Dietary reference intakes for water, potassium, sodium, chloride and sulfate.** 2004.

DIMITROV T, MIHAYLOVA G, BOYCHEVA S, NAYDENOVA N, TSANKOVA M., Changes in the amino acid composition of buffalo milk after chemical activation of its 2007. lactoperoxidase system. **Ita J. Anim. Sci.**, 6, 1050-1052.

EL-SEEDI, H., Coumarins, benzoic acids and terpenoids from *Palicourea demissa*. **Rev. Lat. Quím.**, 27, 13-16. 1999.

ELUMALAI, A., NARESH, V., ESWARAI AH, M.C., NARENDAR, P., KUMAR, R., Evaluation of Antiulcer Activity of *Couroupita guianensis* Aubl Leaves. **Asian J. Pharm. Tech.**, 2, 64-66. 2012.

FACUNDO, V.A., SILVEIRA, A.S.P., FILHO, R.B., PINTO, A.C., REZENDE, C.M., Chemical constituents of *Zanthoxylum ekmanii*. **Quím. Nova.** 28, 224-225. 2005.

FAO (2007) Protein and amino acid requirements in human nutrition. Report of Joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation. WHO Technical Report Series, N° 935. FAO/WHO, **Codex Alimentarius Commission. Food additives and contaminants.** 12, 1- 289. 2001.

FRANCO, G. Tabela de composição química dos alimentos. 9.ed. Rio de Janeiro: **Atheneu**, 307p.2005.

FREITAS, J.B., NAVES, M.M.V., 2010. Composição química de nozes e sementes comestíveis e sua relação com a nutrição e saúde. **Rev. Nutr.**, 23, 269-279.

GONÇALVES, J.F.C., FERNANDES, A.V., OLIVEIRA, A.F.M., RODRIGUES, L.F., MARENCO, R.A., Primary metabolism components of seeds from Brazilian Amazon tree species. **Braz. J. Plant. Physiol.** 14, 139-142. 2002.

GRENAND, P.; MORETTI, C.; JACQUEMIN, H.; **Pharmacopées traditionnelles en Guyane**, (Créoles, Palikur, Wayâpi). Paris: Institut François de Recherche Scientifique Pour Le Développement en Coopérat, 1987.

GUPTA, V.H., GUNJAL, M.A., WANKHEDE, S.S., DESHMUKH, V.S., JUVEKAR, A.R., Neuropharmacological evaluation of the methanolic extract of *Couroupita guianensis* Aubl. flower in mice. **Int. J. Pharm. Phytopharmacol. Res.** 1, 242-246. 2012.

HAGEN, S. R., FROST, B., & AUGUSTIN, J. Pre-column phenylisothiocyanate derivatization and liquid chromatography of amino acids in food. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**, 72(6), 912-916. 1989.

HORWITZ, W., LATIMER, J.R., GEORGE, W. (Eds.). **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists.** 18th ed. 2005. Current Through 3, 2010.

GAITHERSBURG, MARYLAND: AOAC, **Chapter 45, met. 985.29**, p. 101-102. 2010.

GAITHERSBURG, MARYLAND: AOAC, Chapter 44, met. 925.49C, p. 24; met. 925. 45, p. 2. and met. 985.35 e 984.27, p. 15-18. 2010.

IOM, Dietary Reference Intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc. 2001.

MORI, S.A., SMITH, N.P., CORNEJO, X, PRANCE, G.T. **The Lecythidaceae Pages. The New York Botanical Garden.** 2010.

NANTES, C. L. **Valor nutricional do trigo de duplo propósito cultivado em sistema agroecológico na alimentação de suínos.** Dissertação de mestrado. Universidade estadual de mato grosso do sul. Aquidauana, 60p. 2013.

NEPA (Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação), **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos.** 2006.

NETO, V.Q., BAKKE, O.A., RAMOS, C.M.P., BORA, P.S., LETELIER, J.C., CONCEIÇÃO, M.M., Brazil nut (*Bertholletia excelsa* H.B.K) seed kernel oil: Characterization and thermal stability. **Rev. Biol. Farm.** 3, 33-42. 2009.

- OLIVEIRA FILHO, A.T., FONTES, M.A.L., Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forests in Southeastern Brazil and the influence of climate, **Biotropica**. 32, 793-810. 2000.
- OOMAH, B.D., LADET, S., GODFREY, D.V., LIANG, J., GIRARD, B., Characteristics of raspberry (*Rubus idaeus* L.) seed oil. **Food Chem**. 69, 187-193. 2000.
- PRATT, C.W., CORNELEY, K., *In: Bioquímica Essencial*. Editora Guanabara Koogan S.A. Rio de Janeiro, Brasil. 2006.
- RIBEIRO, N.D., LONDERO, P.M.G., CARGNELUTTI FILHO, A., Jost, E., Poersch, N.L., Malimann, C.A., Composição de aminoácidos de cultivares de feijão e aplicações para o melhoramento genético. **Pesq. Agropec. Bras**. 42, 1393-1399. 2007.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D.B., KIMURA, K., HAVERST, M. **Plus handbook for carotenoids analysis**. HaverstPlus: Washington. 2004.
- RAMOS, M.I. L. et al. Efeito do cozimento convencional sobre os carotenoides pró-vitamínicos "A" da polpa do piqui (*Caryocar brasiliense* Camb). **Boletim do Centro de Processamento de Pesquisa de Alimentos**, v. 19, n. 1, p. 23-32, 2001.
- RAMOS, M.I.L. **Desidratação do piqui (*Caryocar brasiliense*, Camb.): avaliação do processo através dos teores de carotenóides totais**. 1987. 120 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.
- SANTOS, I. F. **Determinação e avaliação quimiométrica da composição mineral do *Abelmoschus esculentus* L. comercializados na cidade de Salvador**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal da Bahia. Salvador, 79p. 2013.
- SANTOS, J.U.M., BASTOS, M.N.C., GURGEL, E.S.C., CARVALHO, A.C.M., *Bertholletia excelsa* Humboldt and Bonpland (Lecythidaceae): Aspectos morfológicos do fruto, da semente e da plântula. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi**. 1, 103-112. 2006.
- SASAKI, M. **Lípidos, carboidratos e proteínas de sementes de leguminosas do Cerrado**. 2008. Dissertação, Universidade de São Paulo, 2008.
- SOUZA, L.C.D., SÁ, M.E., MORAES, S.M.B., CARVALHO, M.A.C., SILVA, M.P., ABRANTES, F.L., Composição química e nutrientes em sementes das espécies florestais pente de macaco, flor de paca, itaúba, jatobá e murici manso. **J. Biosci.**, 28, 478-483. 2012.
- SMITH, N.P., MORI, S. A.; PRANCE, G. T. Lecythidaceae *In: BRASIL*. Ministério do Meio Ambiente. **Catálogo de Plantas e Fungos do Brasil**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas do Rio de Janeiro, 1159p. 2010.
- SILVA, C.B., RODAL, M.J.N., Tree community structure in an urban Atlantic Forest remnant in Pernambuco, Brazil. *In: Thomas W. W. (Eds.), The coastal forests of northeastern Brazil, Memoirs of the New York Botanical Garden*, 511-534. 2008.
- SLAVIN, S., PETERSEN, G.E., LINDHAL, P.C., Determination of heavy metals in meats by atomic absorption spectroscopy. **At. Absorpt. Newsletter**. 14, 57-59. 1975.

SOUZA, M.L., MENEZES, H.C., Processamentos de amêndoa e torta de castanha-do-Brasil e farinha de mandioca: parâmetros de qualidade. **Ciênc. Tecnol. Aliment.** 24, 120-128. 2004.

SULIEMAN, M.A., ELTAYEB, M.M., BABIKER, E.E., MUSTAFÁ, A.I., TINAY, A.H., Effect of sprouting on chemical composition and amino acid content of Sudanese lentil cultivars. **J. Appl. Sci.** 12, 2337-2340. 2008.

THIBAU, C.E. **Produção sustentada em florestas: conceitos e tecnologias, biomassa energética, pesquisas e constatações.** Belo Horizonte, 512p. 2000.

TINOCO, L.P.N., PORTEB, A., PORTEC, L.H.M., GODOYD, R.L.O., Pacheco, S., Perfil de aminoácidos de farinha de semente de abóbora. **Cient. Ciênc. Biol. Saúde.** 14, 149-153. 2012.

TRUMBO, P., YATES, A. A., SCHLICKER, S., POOS, M., Dietary Reference Intakes: Vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, vanadium and zinc. **J. Am. Diet. Assoc.**, 101, 294-300. 2001.

VALLILO, M., TAVARES, S., AUED-PIMENTEL, E., BADOLATO, S.G., INOMATA, E.I., Caracterização química parcial de *Lecythis pisonis* Camb. (sapucaia). **Act. Amaz.** 28, 131-140. 1998.

VIEIRA, C.R., CABRAL, L.C., PAULA, A.C.O., Composição centesimal e conteúdo de aminoácidos, ácidos graxos e minerais de seis cultivares de soja destinada à alimentação humana. **Pesq. Agropec. Bras.** 34, 1277-1283. 1999.

WEBER, F.H., GUTKOSKI, L.C., ELIAS, M.C., Caracterização química de cariopses de aveia (*Avena sativa* L.) da cultivar UPF 181. **Ciênc. Tecnol. Aliment**, 22, 39-44. 2002.

WHITE, J. A.; HART, R. J.; KRY, J. C An evaluation of the Pico - Tag system for the amino acid analysis of the food materials. **J. Autom. Chem.**, v. 8, p 170-177, 1986.

WRIGHT, K., PIKE, O., FAIRBANKS, D.E., HUBER, C., Composition of *Atriplex hortensis*, sweet and bitter *Chenopodium quinoa* seeds. **J. Food Sci.** 67, 1383-1385. 2002.

4 SEMENTES DE *ESCHWEILERA OVATA* MART. EX MIERS. (LECYTHIDACEAE) COMO FONTE DE CARBOIDRATO E ETANOL

Rejane Maria da Silva¹; Raquel Fátima R. de Souza²; Marcos Antônio de Moraes Júnior³;
Suzene Izídio da Silva⁴; Maria Izabel Gallão^{1*}

1 Departamento de Biologia, Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, Fortaleza, CE, 60.451-760, Brasil. rejanefungi@hotmail.com e izagalao@gmail.com

2 Laboratório de bioprocessos – Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste - Av. prof^o. Luiz freire, 01, 50.740-540, Recife, Brasil. raquel_fatima@yahoo.com.br e

3 Departamento de Genética, Universidade Federal de Pernambuco, 50670-901 Recife, PE Brasil. marcos.morais@pesquisador.cnpq.br

4 Departamento de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Recife, PE CEP 52171-900, Brasil. suzene.silva@gmail.com

*Correspondência para: Maria Izabel Gallão, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, Fortaleza, CE 60.451-760, Brasil. Fone (85) 33669804, FAX (85) 33669806 (rejanefungi@gmail.com).

RESUMO

A procura por novas fontes renováveis para produção de biocombustíveis tem se constituído um desafio em países tropicais e biodiversos, mesmo assim, ainda tem sido escassa a pesquisa utilizando sementes como fonte de matéria prima para a produção de etanol. Objetivou-se avaliar o teor de amido, açúcares fermentescíveis e produção de etanol de sementes de *E. ovata*, utilizando-se as sementes da *Artocarpus integrifolia* como padrão e *Saccharomyces cerevisiae* na fermentação. As sementes desidratadas e a torta de *E. ovata*, foram trituradas e hidrolisadas utilizando-se 10% de sua biomassa e H₂SO₄ em concentrações de 0,1 à 1% (v/v), em autoclave a 1 atm por 15 minutos a fim de se estabelecer a melhor concentração para fermentação. Ajustou-se o pH para 4,5. Para fermentação selecionaram-se os extratos na concentração de 0,5% de H₂SO₄, com 10% (m/v) de células de *Saccharomyces cerevisiae*. Os extratos foram mantidos em repouso por 6 horas a 30°C. Os açúcares fermentescíveis consumidos e os produtos formados foram analisados por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), coluna HPX- 87H, fluxo 0,6 ml/min., aquecida a 35 °C e detector de índice de refração (RI) a 45°C. A quantificação do amido foi obtida a partir do precipitado do

hidrolisado com α -amilase e amiloglucosidase. A produção de etanol de 1g de sementes de *E. ovata* apresentou um rendimento de 0,27g/g. Foi ainda estimado uma produção de até 4t/ha de sementes (10kg/planta) em área de Floresta Atlântica, o que resultaria em 1,08 mil litros de etanol por hectare. O aproveitamento das sementes de *E. ovata* torna-se vantajoso por sua abundancia na natureza e perfil de aproveitamento no reflorestamento de áreas degradadas.

Palavras-chaves: Açúcares fermentescíveis, *Saccharomyces cerevisiae*, Floresta atlântica, Embiriba.

ABSTRACT

The demand for new renewable sources for biofuel production has been a challenge in tropical and biodiverse countries, even though research has still been scarce using seeds as a source of raw material for ethanol production. The objective was to evaluate the starch content, fermentable sugars and ethanol production of *E. ovata* seeds, using the seeds of *Artocarpus integrifolia* as standard and *Saccharomyces cerevisiae* in the fermentation. Dehydrated seeds and *E. ovata* cake were ground and hydrolyzed using 10% of their biomass and H₂SO₄ in concentrations of 0.1 to 1% (v / v) in an autoclave at 1 atm for 15 minutes in order to establish the best concentration for fermentation. The pH was adjusted to 4.5. For fermentation the extracts were selected in the concentration of 0.5% H₂SO₄, with 10% (m / v) *Saccharomyces cerevisiae* cells. The extracts were kept at rest for 6 hours at 30 °C. The fermentable sugars consumed and the products formed were analyzed by high performance liquid chromatography (HPLC), HPX-87H column, flow 0.6 ml / min, heated to 35°C and refractive index (IR) detector at 45 W. The quantification of the starch was obtained from the precipitate of the hydrolyzate with α -amylase and amyloglucosidase. Ethanol production of 1 g of *E. ovata* seeds yielded a yield of 0.27 g/g. It was also estimated a production of up to 4t/ha of seeds (10kg/plant) in the Atlantic Forest area, which would result in 1.08 thousand liters of ethanol per hectare. The use of the seeds of *E. ovata* is advantageous for its abundance in the nature and profile of use in the reforestation of degraded areas.

Keywords: fermenting sugars, *Saccharomyces cerevisiae*, Atlantic forest, Embiriba.

Introdução

A procura por fontes renováveis para produção de energia tem se constituído um desafio constante nas últimas três décadas, sobretudo em países tropicais e biodiversos, na

esperança de se encontrar nos vegetais, matéria prima que supra a indústria de óleos e etanol. Cresce também o interesse na obtenção desses produtos para uso na indústria de cosméticos e na agroindústria nacional (Freitas et al., 2007).

Apesar disso, o Brasil, continua tendo como principal fonte de fornecimento de etanol, a cana-de-açúcar, que vem sendo empregado como combustível desde o início do século passado (Marcoccia, 2007). Assim fontes alternativas de etanol pode tanto aumentar a matriz energética do país quanto substituir derivados de petróleo na produção de cosméticos e obtenção de óleos e gorduras para a formulação de alimentos mais seguros (Freitas et al., 2007).

Entre as plantas que produzem etanol, depois da cana de açúcar, destaca-se o sorgo sacarino (colmo) na África, o milho (grãos) nos Estados Unidos e a beterraba (raízes) na Alemanha (Macedo, 2007), havendo pouco mais de meia dúzia de espécies que são utilizadas com essa finalidade.

Até o momento, no Brasil, nenhuma investigação foi realizada utilizando carboidratos de sementes de plantas nativas para produzir etanol e na literatura, apenas Ochaikul et al. (2012), analisaram a produção de etanol a partir das sementes de jaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.).

Sensíveis a esta problemática, Cabello; Salla (2008) chamam a atenção para produção de etanol por fermentação de substratos amiláceos provenientes da biomassa de espécies nativas, como uma alternativa que além de minimizar os impactos ambientais, possam suprir outras fatias do mercado, que exigem menores quantidades de etanol, que o setor de combustíveis, promovendo um melhor aproveitamento de tudo àquilo que já existe disponível na natureza.

Lecythidaceae, na Amazônia brasileira e na floresta atlântica, se posiciona, respectivamente como a terceira e quinta família de plantas mais abundante, e *Eschweilera* o gênero com maior número de espécies e de árvores nos fragmentos florestais nordestinos, seguida por *G. augusta* (Alves Júnior et al., 2007; Costa Júnior et al., 2008; Feitosa, 2004; Mori et al., 2010; Rocha et al., 2008). Além de abundantes, resultados publicados por Souza et al. (2012) e Silva et al. (2013) - no prelo – demonstraram elevado teor de carboidratos, principalmente de amido, em suas sementes.

Considerando a frequência e relevância de Lecythidaceae no território nacional e a expressiva quantidade de amido registrada em *E. alvimii*, *E. ovata* e *G. augusta* buscou-se analisar a presença, composição e teor de açúcares fermentescíveis em sementes de cinco

espécies ocorrentes em Pernambuco, selecionando-se àquelas com perfil em açúcares fermentescíveis mais favorável para a obtenção de etanol usando *Saccharomyces cerevisiae*.

Métodos

Obtenção das sementes

Cinco espécies de Lecythidaceae foram estudadas: *Couropita guianensis* Aubl., *Eschweilera alvimii* S. A. Mori, *E. ovata* Mart. ex Miers, *Gustavia augusta* L. e *Lecythis pisonis* Camb. Frutos maduros recém-caídos foram coletados nos arredores da cidade de Recife – PE, Brasil (7° 94'37" 04" S e 34° 88'17" 28" 'W) no período de março de 2010 a junho de 2012. Suas sementes foram retiradas acondicionados em sacos de papel e desidratados em estufa a 40 °C por 48 h.

Extração e hidrólise dos carboidratos

A massa de 2,5g das sementes desidratadas foi triturada e misturada com 25mL de solução utilizando diferentes níveis de concentração de ácido sulfúrico (0,1 a 1%). Em paralelo, a torta da semente de *E. alvimii* e *Artocarpus integrifolia* Lam. (jaca) (massa das sementes após extração do óleo) também foram misturadas à solução de H₂SO₄ nas mesmas proporções. A hidrólise foi realizada em autoclave a 1 atm por 120 °C durante 15 minutos. Após essa etapa o pH dos hidrolisados foi ajustado para 4,5 com hidróxido de potássio 3,0 M (AGUILAR et al., 2002) e as amostras foram centrifugadas a 4000 rpm por 10 min e o sobrenadante foi coletado. A concentração dos açúcares totais nos hidrolisados foi determinada pelo método do Ácido Dinitrosalicílico (Miller, 1959). Para tal, 1 mL do hidrolisado foi adicionado a tubo contendo 1 mL do reagente DNS, a mistura foi homogeneizada e aquecida a 100°C por cinco minutos, esfriada e misturada com oito mL de água. A absorbância da amostra foi determinada a 540nm e a concentração foi determinada com base em curva de calibração utilizando glicose. Foi escolhido o hidrolisado com a concentração de ácido que liberou a maior quantidade de açúcares das sementes ou das tortas.

Para a quantificação de amido seguiu-se o protocolo de Amaral et al. (2007). O precipitado proveniente da extração etanólica foi hidrolisado com α -amilase (120 U mL⁻¹ em tampão fosfato de sódio 10mM pH 6,8) e amiloglucosidase (30 U mL⁻¹ tampão acetato de sódio 100mM pH 4,5).

Microrganismo e meio de cultivo

A linhagem industrial JP1 de *Saccharomyces cerevisiae* foi utilizada nos experimentos de fermentação. Essa linhagem foi isolada como dominante em processo fermentativo industrial (Silva-Filho et al 2005). As células da levedura foram cultivadas em meio YPD (extrato de levedura 10 g/L, peptona 20 g/L e glicose 20 g/L) a 30°C e 120 rpm em duas etapas: na primeira etapa as células foram inoculadas em 200 ml do meio e cultivadas por 16h. Em seguida as células foram coletadas por centrifugação a 3500 rpm por cinco minutos e transferidas para frascos de 1000 ml contendo 300 ml do meio. Depois de 24h, as células foram coletadas como acima em tubos graduados até o equivalente a cinco mL de massa úmida.

Fermentação

Para os experimentos de fermentação, as células foram re-suspensas com os diferentes hidrolisados para 50 mL de volume final para a concentração inicial de células de 10% (m/v). A fermentação foi realizada por seis horas à 30°C sem agitação, mimetizando condições industriais. As amostras do início e do final da fermentação foram diluídas e filtradas em membranas de 0,22 µm para determinação dos açúcares fermentescíveis consumidos e dos produtos formados por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), utilizando uma coluna HPX- 87H, fluxo 0,6 ml/min e temperatura de 35 °C. A temperatura do detector de índice de refração foi de 45°C. Curvas de calibração foram construídas para sacarose, frutose, glicose, acetato, etanol e glicerol para determinação do fator de calibração para cada metabólito. Os experimentos foram realizados em triplicata e os resultados foram expressos na forma de média e desvio padrão. A comparação das médias foi realizada pelo ASSISTAT Versão 7.6 beta (2013), com teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Resultados e discussão

Inicialmente foram testadas diferentes concentrações de ácido sulfúrico para hidrólise térmica das sementes e tortas das cinco espécies de Lecythidaceae analisadas. A figura 6 mostra as concentrações de ácido de 0,5% e 1% apresentaram valores próximos de açúcar liberado e a primeira concentração foi escolhida para a preparação dos hidrolisados. Costa (2010), também obteve melhor hidrólise ácida com a farinha de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), usando o dobro da quantidade de ácido sulfúrico, porém com um tempo quatro vezes maior. A tabela 5 apresenta o teor de açúcares fermentescíveis dos hidrolisados produzidos com ácido sulfúrico a 0,5% que foram utilizados no início da fermentação. Os resultados

mostraram que a semente de *E. ovata* apresentou a maior concentração de açúcares fermentescíveis, seguida das sementes de *G. augusta*, *E. alvimii*, *C. guianensis* e *L. pisonis*.

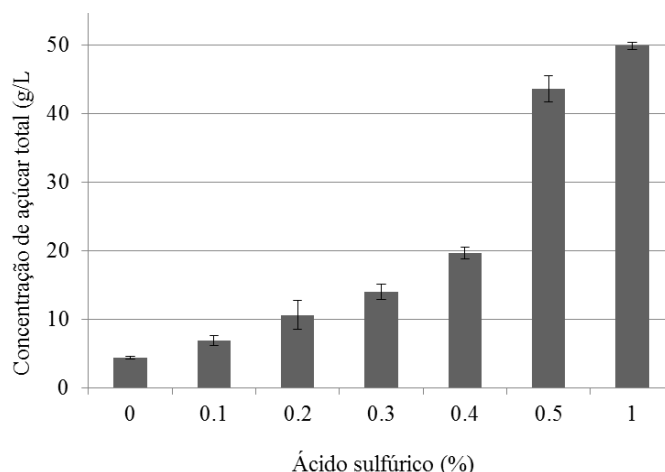


Figura 6 – Eficiência da hidrólise dos carboidratos (2,5g) de sementes de *Eschweilera ovata* Mart. ex Miers em 25mL de solução utilizando diferentes níveis de concentração de ácido sulfúrico.

Tabela 5. Composição de açúcar (g/L) de *Couroupita guianensis* Aubl. *Eschweilera alvimii* S. A. Mori, *Eschweilera ovata* Mart. ex Miers, *Gustavia augusta* L. e *Lecythis pisonis* Camb. (Lecythidaceae) em relação à 2,5g de biomassa seca da semente.

Espécies	Açúcares (g/L) ^A ± σ				
	<i>C. guianensis</i>	<i>E. alvimii</i>	<i>E. ovata</i>	<i>G. augusta</i>	<i>L. pisonis</i>
Sacarose	0,71±0,0 ^{dA}	2,95±1,6 ^{cC}	14,39±0,0 ^{aB}	10,16±0,1 ^{bA}	0 ^{dB}
Glucose	0,97±0,0 ^{dA}	5,3±1,5 ^{cA}	18,54±0,0 ^{aA}	6,35±0,2 ^{bB}	0,97±0,11 ^{dA}
Frutose	1,34±0,0 ^{bA}	3,95±1,3 ^{aB}	3,15±0,0 ^{aC}	2,9±0,0 ^{bD}	1,09±0,1 ^{bA}
Arabinose	1,06±0,0 ^{cA}	2,03±0,5 ^{abD}	1,92±0,0 ^{bcD}	2,64±0,1 ^{aC}	1,18±0,1 ^{bcA}
Amido	0,96±0,0 ^{aA}	27,38±0,0 ^{bA}	50,03±0,1 ^{cA}	48,75±0,2 ^{dA}	0,56±0,0 ^{eA}
Açúcares fermentescíveis totais	4,08±0,2 ^{aA}	13,3±2,9 ^{bA}	36,09±0,0 ^{cA}	20,3±0,5 ^{dA}	3,2±0,3 ^{aA}

^A Os dados são médias ± DP de três determinações. As Letras minúsculas representam as diferenças entre as espécies, e as letras maiúsculas representam as diferenças entre as quantidades dos açúcares em cada espécie, os valores com o mesmo sobrescrito não são significativamente diferentes ($P < 0,05$) de acordo com o teste de Tukey.

Os teores de açúcares fermentescíveis totais de *E. ovata* (36,09 g/L) foram superiores aos do fruto do baru (*Dipteryx alata*), planta nativa do cerrado brasileiro e ao da “Jaca” (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) espécie introduzida e cultivada na região nordeste, que tem

respectivamente 20,4 g/L e 34,9 g/L (Prette, 2012; Ribeiro *et al.*, 2011). Os resultados mostraram que o conteúdo de amido em *E. ovata* (50,03%) são próximos aos dos grãos da aveia (43,7%) e da cevada (52,7 e 61%), maior que o do trigo (25%) e inferior ao do milho (71,5%) e do arroz (87,58%) (DAL MOLIN, 2011; Molina-Cano *et al.*, 1997; Tosello, 1987).

Do total de açúcares fermentescíveis de *E. ovata* mais da metade é glucose 18,54% e quase a metade é de sacarose 14,39%. O teor de glucose em *E. ovata*, é superior ao do baru (6,8%), cana-de-açúcar (2% a 4%) e da algaroba (1,29%) e da mandioca (6,53%). Segundo Muniz *et al.* (2012), as vagens da algarobeira contêm mais de 40% de açúcares totais, dos quais, 38% é sacarose e 3,1% glucose e frutose. Esse total é semelhante ao de *E. ovata* que tem 36,09% de açúcares totais, e se diferencia em ter maior teor de glucose e frutose (21,69%) (Fava, 2004; IBGE, 1999; Ribeiro *et al.*, 2011; Saito; Cabello, 2006).

A produção de etanol por pelas células de *S. cerevisiae* JP1 utilizando-se o hidrolisado de *E. ovata* (5,9 g/L), comparada com outras culturas já utilizadas na fermentação alcoólica, revelaram que a produção de etanol por *E. ovata*, foi mais expressiva que a produção de outras amiláceas como: mandioca (*Manihot esculenta*) e da jaca (*Artocarpus integrifolia*) (2,89 e 1,35 g/L, respectivamente).

A produção de etanol por *E. ovata* foi inferior, as amiláceas mais convencionalmente utilizadas para esse fim, como é o caso do milho (*Zea mays*) e da batata doce (*Ipomoea batatas*) (61,8 e 59,09 g/L, respectivamente) (Cinelli, 2011; Pavlak *et al.*, 2011; Ribeiro e Horii, 1999; Saito e Cabello, 2006).

Nesse experimento, a partir de 2,5g da massa desidratada de sementes de *E. ovata* observou-se uma eficiência de 52,94% no processo fermentativo com um rendimento de 0,27g/g. Constatou-se um consumo de 59,54% de açúcares fermentescíveis em 6h e a produção de 5,91 g/L de etanol utilizando-se 10 % de células de *Saccharomyces cerevisiae* (Tabela 6).

Tabela 6 – Produção de Etanol ($Y_{p/s}^{et}$), concentração de células (%), concentração de Etanol (g/L), consumo de açúcar (%) e tempo de fermentação de sementes (desidratadas) de *Eschweilera ovata* (Camb.) Miers (Lecythidaceae) e *Artocarpus integrifolia* Lam. (Artocarpaceae).

Espécie	Consumo de açúcar (%)	$Y_{p/s}^{et}$	Concentração de Etanol (g/L)	Tempo de Fermentação (h)
<i>E. ovata</i>	58,58	0,27	5,91	6
<i>A. integrifolia</i>	68,16	0,31	1,35	6

Tendo em vista, que até o momento, a única investigação usando semente de Magnoliopsida como fonte de carboidratos para fermentação alcoólica foi realizada por Ochaikul et al., (2012) com sementes de jaca (*Artocarpus integrifolia*), nesse estudo, decidiu-se utilizá-la para fins de comparação. Foi observado nos extratos de sementes de *A. integrifolia* (jaca) eficiência e rendimento, respectivamente de 62,74% e 0,31g/g, que foram superiores aos de *E. ovata*. No entanto, *E. ovata* consumiu menos açúcares fermentescíveis (59,54%) do que a jaca (*A. integrifolia*) (68,16%) e teve uma produção de etanol cinco vezes maior (5,91 g/L) do que a jaca (*A. integrifolia*) (1, 35g/L) utilizando o mesmo tempo de fermentação (Tabela 6).

A produtividade de *E. ovata* foi muito próxima de outras amiláceas, como o trigo e a jaca (*A. integrifolia*) utilizados na obtenção de etanol, com o mesmo tempo de fermentação (Palmarola-Adrados et al., 2005).

Com relação à produtividade de *E. ovata* (0,27g/g) está próxima daquelas obtidas também no trigo (*Triticum aestivum*) (0,38g/g) e inferiores as culturas mais tradicionais na produção de etanol como: milho, cana de açúcar, mandioca e batata doce (0,50; 0,43; 0,46; 0,47g/g, respectivamente) (Cinelli, 2011; Pavlak et al., 2011; Ribeiro e Horii, 1999; Saito e Cabello, 2006).

Essa produtividade elevada das culturas convencionais pode levar um tempo maior para concluir o processo, como é o caso do milho, a mandioca e a batata doce, as quais apresentaram um tempo de 72, 12 e 36h, respectivamente. Essa diferença de tempo para concluir o processo fermentativo, pode fazer diferença, quando esse processo está sendo realizado em escala industrial.

De acordo com Pacheco (2010), a boa eficiência da fermentação alcoólica deve apresentar certos requisitos como a velocidade de fermentação, a quantidade de açúcar transformado em álcool por unidade de tempo e de massa de levedura, isto é, o processo fermentativo torna-se mais eficiente quando as leveduras conseguem transformar mais açúcar em álcool em menos tempo.

No Brasil, a cana de açúcar e a batata doce são responsáveis pela produção de 6,8 e 10,46 mil litros de etanol por hectare plantado (UNICA, 2007), já o milho nos Estados Unidos chega a produzir de 3,5 a 4,5 mil de litros de etanol por hectare (Silveira, 2008), sabe-se que o aumento em áreas cultivadas dessas espécies exige que mais áreas de florestas sejam suprimidas o que se torna uma desvantagem para conservação do meio ambiente (Collato, 2010).

Conforme Cabello; Salla (2008) a produção de etanol por fermentação de substratos amiláceos vem sendo objeto de intensas pesquisas com a finalidade de aperfeiçoar a conversão desta biomassa de um modo mais rápido e com menores custos, sendo indicado para isso o aproveitamento de espécies nativas, que se constituem em uma alternativa que além de minimizar os impactos ambientais, podem suprir setores em que se requer uma menor quantidade de etanol, promovendo um melhor aproveitamento de tudo àquilo que já existe disponível na natureza.

Além disso, fazendo-se uma projeção do rendimento em etanol de *E. ovata* a partir dos dados da densidade absoluta de indivíduos, que é de 45 indivíduos/hectare nos fragmentos florestais atlântico do Estado de Pernambuco (Ferraz; Rodal, 2006), pode ser estimada uma produção de pouco mais de quatro toneladas/sementes/ha (aproximadamente 20kg/planta), o que resultaria em 90kg de sementes de *E. ovata*/hectare, com um valor aproximado de 2,7 mil litros de etanol/hectare.

Os valores de etanol por hectare, projetados para *E. ovata*, são muito parecidos com aqueles obtidos para outras culturas também utilizadas na obtenção de etanol como milho e mandioca (3 e 2,5 L/ha), e inferiores as de cana de açúcar e da batata doce (7,5 e 10,4 L/ha) (Cinelli, 2011; Pavlak et al., 2011; Ribeiro e Horii, 1999; Saito e Cabello, 2006). *E. ovata*, além de ser uma planta silvestre, não compete representa ameaças com relação a produção de alimentos, deixando claro que existe a possibilidade de utilização da espécie na obtenção de energia limpa.

E. ovata está entre as plantas cujas populações de indivíduos atingem mais de 30 m de altura (Ferraz; Rodal, 2006), consideradas emergente nas florestas, e o aproveitamento de sua produção em sementes se direcionado à produção de etanol, poderia somar um adicional àquele proveniente da cana de açúcar e de outras culturas, tendo-se como vantagem uma maior conservação das plantas nativas.

Outro ponto positivo no aproveitamento de *E. ovata*, é que ela ocorre em quase todo o território nacional, em áreas abertas e capoeiras de todo o Leste brasileiro, incluindo ainda as matas pluviais Amazônicas, muito boa para reflorestamento, pois é pioneira, ocupa áreas degradadas, apresenta madeira com grande diversidade de usos (construção civil e naval, em postes, mourões, dormentes, estacas marítimas e obras de marcenaria) devido a sua dureza e durabilidade, produz bastante sementes que perdem rapidamente o poder germinativo e são apreciadas por morcegos (Gusson, 2003; Lorenzi, 1998; Mori, 1995; Mainieri, 1983), podendo assim, agregar valor aos produtos se cultivada em áreas degradadas e/ou mantidas nos fragmentos florestais.

Cavalcanti e Santos (2009) verificaram um maior abundância de *E. ovata* relacionada a fragmentos florestais de pequeno tamanho em detrimento de fragmentos maiores, e consideraram este comportamento uma indicação de que *E. ovata* apresenta uma maior resistência a condições de fragmentação, também observaram que nesses fragmentos pequenos a espécie apresenta sucesso reprodutivo representado pela elevada taxa de formação de frutos e germinação das sementes *in loco*. Essas características de *E. ovata*, somada ao fato de ela ser espécie chave em processos de restauração, pois contribui para a reabilitação do solo através do incremento de nitrogênio e carbono.

Nesse estudo também se analisou o teor de açúcares fermentescíveis das tortas das sementes de *E. alvimii*, *E. ovata* e *G. augusta*, com a finalidade de se escolher a que apresentasse melhor perfil, para se fazer a fermentação alcoólica, mantendo se a jaca como padrão.

A tabela 7 apresenta o teor de açúcares fermentescíveis das tortas das sementes de *E. alvimii*, *E. ovata* e *G. augusta* e *A. integrifolia* (jaca).

Tabela 7. Composição de açúcar (g/L) na torta de *Eschweilera alvimii* S. A. Mori, *Eschweilera ovata* Mart. ex Miers, *Gustavia augusta* L. (Lecythidaceae) e *Artocarpus integrifolia* Lam. (Artocarpaceae) em relação à 2,5g de biomassa seca da semente.

Espécies	Açúcares (g/L) ^A ± σ			
	<i>E. alvimii</i>	<i>E. ovata</i>	<i>G. augusta</i>	<i>A. integrifolia</i>
Sacarose	3,06±0,0	3,1±0,0 9	1,46±0,0	3,73±0,0
Glucose	0	3,31±0,0	0	0
Frutose	0,39±0,0	1,2±0,0	0,28±0,0	0,3±0,0
Arabinose	0,59±0,0	0,09±0,0	0,23±0,0	0,43±0,0
Açúcares fermentescíveis totais	4,04±0,0	7,79±0,0	1,97±0,0	4,46±0,0

^A Os dados são médias ± DP de três determinações.

Das três espécies de Lecythidaceae analisadas com esses parâmetros, *E. ovata*, foi a única espécie que superou (7,79 g/L) os teores de açúcares fermentescíveis da jaca (4,46 g/L). Sendo esta espécie escolhida para realização dos testes de fermentação junto com a jaca.

Em 2,5g de massa da torta das sementes de *E. ovata* a eficiência e o rendimento da produção de etanol foram de 46,96% e 0,24 g/g, (Tabela 8). A eficiência e o rendimento da torta de *A. integrifolia* (jaca) foram mais elevados (94,11 e 0,48g/g), porém *E. ovata* teve uma maior produção de etanol (1,93 g/L) (Tabela 4).

Tabela 8 – Produção de Etanol ($Y_{p/s}^{et}$), concentração de células (%), concentração de Etanol (g/L), consumo de açúcar (%) e tempo de fermentação de sementes (desengorduradas) de *Eschweilera ovata* Mart. ex Miers (Lecythidaceae) e *Artocarpus integrifolia* Lam. (Artocarpaceae).

Espécie	Consumo de açúcar (%)	% Celular (w/v)	$Y_{p/s}^{et}$	Concentração de Etanol (g/L)	Tempo de Fermentação (h)
<i>A. integrifolia</i>	45,79	10	0,48	1,10	6
<i>E. ovata</i>	52,35	10	0,24	1,93	6

De todas as espécies de Lecythidaceae analisadas no presente estudo, as sementes de *E. ovata*, revelou-se a mais indicada como biomassa na produção de etanol, se enquadrando nas características apresentadas por Cabello; Salla (2008) como interessantes para a produção de cosméticos ou bebidas, trazendo como vantagem a possibilidade de prover o aumento de novos investimentos, empregos, renda e desenvolvimento tecnológico atrelados à diminuição dos impactos ambientais.

Essa espécie poderá ser indicada para abastecer as indústrias farmacêutica, alimentícia, na fabricação de bebidas, cosméticos e perfumes, isso porque os álcoois de cereais têm sido indicados, como tendo elevada qualidade e pureza (Stedile, 2011), sendo necessárias mais investigações sobre a qualidade do álcool de *E. ovata* para efeito de comprovação.

Já o álcool derivado da cana de açúcar, beterraba, batata doce (não cereais), não apresentam a mesma qualidade daqueles oriundos dos cereais, isso porque, não apresentam um padrão satisfatório de qualidade, trata-se de um produto obtido através do melaço, um subproduto do açúcar que apresenta elevados teores de resíduos químicos.

Considerações finais

E. ovata é rica em amido e em açúcares fermentescíveis, dos quais mais da metade é de glucose e quase a metade é de sacarose.

E. ovata foi a espécie com melhores características para a avaliação da produção de etanol a partir dos carboidratos e açúcares e a partir de 2,5g da massa desidratada de sementes apresentou um bom rendimento, consumo de açúcares fermentescíveis e produção de etanol em um tempo curto de fermentação. A espécie também apresentou uma torta promissora para produção etanol.

E. ovata é a primeira planta silvestre nativa do Brasil a ter a produção de etanol investigada utilizando-se como matéria-prima o amido das sementes. Os resultados obtidos podem servir de motivação para que se investiguem na flora brasileira outras espécies com

sementes amiláceas. O conhecimento de novas fontes de amido poderá representar uma alternativa para o uso industrial de espécies convencionais.

Outro aspecto importante relacionado ao conhecimento e aproveitamento de espécies nativas da floresta atlântica é a possibilidade de se intensificar o replantio das mesmas em áreas degradadas e em áreas sujeitas a degradação a fim de recuperá-las.

Agradecimentos

A CAPES pelo apoio financeiro e ao CETENE pelo suporte de equipamentos.

REFERÊNCIAS

AGUILAR, R.; RAMÍREZ, J. A.; GARROTE, G.; VÁZQUEZ, M. Kinetic study of the acid hydrolysis of sugar cane bagasse. **Journal of Food Engineering**. v. 55 p. 309-318, 2002.

ALVES JÚNIOR, T. F.; GUIMARÃES, F. J. P.; FERREIRA, R. L. C.; MARANGON, L. C.; SILVA, J. A. A.; APARÍCIO, P. S. Estrutura diamétrica de um fragmento de Floresta Atlântica em matriz de cana-de-açúcar, Catende, Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.13, p. 328-333, 2009.

AMARAL L.I.V., GASPAR M., COSTA P.M.F., AIDAR M.P.M., BUCKERIDGE M.S. Novo método enzimático rápido e sensível de extração e dosagem de amido em materiais vegetais. **Hoehnea** 34: 425-431. 2007.

CABELLO, C. SALLA, D.A. **balanços de massa do etanol, água, CO₂ e efluentes no processamento industrial da mandioca para produção de etanol**. Botucatu, 4p. 2008.

CAVALCANTI A.D.C. E SANTOS, F.A.M. Densidade populacional e estrutura de tamanho de *Eschweilera ovata* (Cambess.) Miers (Lecythidaceae) em uma paisagem fragmentada de mata Atlântica. **Anais do III Congresso Latino Americano de Ecologia**, 10 a 13 de Setembro de 2009, São Lourenço – MG. 2009.

CINELLI, B. A. **Produção de etanol a partir da fermentação simultânea à hidrólise do amido granular de resíduo agroindustrial**. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 183 p. 2011.

COLLATO, V. <http://apache.camara.gov.br/portal/arquivos/Camara/internet/comissoes/capadr/subcomissoes/rel2agroenergia130808.pdf>, acessada em Janeiro e Novembro 2010.

COSTA JÚNIOR, R. F.; FERREIRA, R. L. C.; RODAL, M. J. N.; FELICIANO, A. L. P.; MARANGON, L. C.; SILVA, W. C. Estrutura fitossociológica do componente arbóreo de um fragmento de Floresta Ombrófila Densa na Mata Sul de Pernambuco, Nordeste do Brasil. **Ciência Florestal**. v.18, p.173-183, 2008.

COSTA, M. R. **Estudo comparativo das hidrólises ácida e enzimática de matérias primas amiláceas visando à obtenção de etanol**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Alagoas. Maceió, 109p. 2010.

DAL MOLIN, V.T.S. **Avaliação Química e Sensorial do Grão da Aveia em diferentes formas de Processamento**. Santa Maria, 80p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria. 2011.

FAVA A. R.; Atletas ingerem garapa para repor energia. **Jornal da Unicamp**. 18:(250), 8. 2004.

FEITOSA, A. A. N. **Diversidade de espécies florestais arbóreas associada ao solo em topos sequência de fragmento de mata atlântica de Pernambuco**. Dissertação de Mestrado. Curso de Ciência do Solo, UFRPE, 2004.

FERRAZ, E. M. N.; RODAL, M. J. N. Caracterização fisionômica-estrutural de um remanescente de Floresta Ombrófila Montana de Pernambuco, Brasil. **Acta Botânica Brasileira**. v. 20, p. 911-926, 2006.

FREITAS, S. P.; FREITAS-SILVA, O.; MIRANDA, I. C.; COELHO, M. A. Z. Extração e fracionamento simultâneo do óleo da castanha-do-Brasil com etanol. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 27, p. 14-17, 2007.

GUSSON, E.; SEBBENN, A. M.; KAGEYAMA, P. Y. Sistema de reprodução em populações de *Eschweilera ovata* (Cambess.) Miers. **Revista Árvore**. v. 30, p. 491-502, 2006.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estudo nacional da despesa familiar: Tabela de composição de alimentos. 5ed. Rio de Janeiro: Varela, 137p. 1999.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras**: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, v. 2. 1998.

MACEDO, I. C. Situação atual e perspectivas do etanol. **Estudos Avançados**. v. 21, p.157-165, 2007.

MAINIERI, C. Identificação das Principais Madeiras de Comércio do Brasil. **Boletim IPT**. v. 16, p. 1-189, 1983.

MARCOCCIA, R. **A participação do etanol brasileiro em uma nova perspectiva na matriz energética mundial**. Dissertação de mestrado, São Paulo, USP, 2007.

MILLER, G. Use of dinitro salicylic acid reagent for determination of reducing sugars. **Anal. Chemistry**. v. 31, p. 426-428, 1959.

MORI, S. A. Diversificação e conservação das Lecythidaceae Neotropicais. **Acta Botânica Brasileira**, v. 4, p. 45-68, 1995.

MORI, S. A., N. P. SMITH, X. CORNEJO; G. T. PRANCE. 18 March 2010 onward. **The Lecythidaceae Pages** (<http://sweetgum.nybg.org/lp/index.php>). The New York Botanical Garden, Bronx, New York. Acesso em 10 de setembro de 2013.

- MOLINA-CANO, J. L.; FRANCESCH, M.; PEREZ-VENDRELL, A. M.; RAMO, T.; VOLTAS, J.; BRUFAU, J. Genetic and environmental variation in malting and feed quality of barley. **Journal of Cereal Science**. v. 25, p. 37-47, 1997.
- MUNIZ, M. B.; SILVA, F. L. H. DA; GOMES, J. P.; SILVA, C. G. DA; ROCHA, A. S.; SANTOS, S. F. M. Produção de fermentado de algaroba (*Prosopis juliflora*). XIX Congresso brasileiro de engenharia química 09 a 12 de setembro de 2012.
- OCHAIKUL, D.; NOIPRASERT, N.; LAOPRASERT, W.; Pookpun, S. Ethanol production on Jackfruit seeds by selected fungi and yeast from Loog-pang. **Journal of Science Technology**., v. 12, p. 1-6, 2012.
- PACHECO, T. F. **Fermentação alcoólica com leveduras de características floculantes em reator tipo torre com escoamento ascendente**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia – MG, 2010.
- PAVLAK, M. C. M.; LIMA, A. T. L.; CARREIRO, S. C. Estudo da fermentação do hidrolisado de batata-doce utilizando diferentes linhagens de *Saccharomyces cerevisiae*. **Química Nova**. v. 34, p. 82-86, 2011.
- PALMAROLA-ADRADOS, B.; CHOTIBORSKÁ, P.; GALBE, M.; ZACCHI, G. Ethanol production from non-starch carbohydrates of wheatbran. *Bioresource Technology*, v.96, p.843-850, 2005.
- PRETTE, A. P. **Aproveitamento de polpa e resíduos de jaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) através de secagem convectiva**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba. 2012.
- RIBEIRO, C. A. F.; HORII, J. Potencialidades de linhagens de levedura *Saccharomyces cerevisiae* para a fermentação do caldo de cana. **Scientia Agrícola**, v.56, p.255-263, 1999.
- RIBEIRO, A. E. C.; ASCHERI, D. P. R.; ASCHERI, J. L. R. Aplicação da metodologia de superfície de resposta para a seleção de uma bebida alcoólica fermentada de polpa de baru. **Revista Agrotecnologia, Anápolis**, v.2, n.1, p.57-72, 2011.
- ROCHA, K. D.; CHAVES, L. F. C.; MARANGON, L. C.; SILVA, A. C. B. L. Caracterização da vegetação arbórea adulta em um fragmento de floresta atlântica, Igarassu, PE. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, 3 (1): 35-41. 2008.
- SAITO, I. M. & CABELLO, C. Produção de etanol a partir de hidrolisado obtido por tratamento hidrotérmico de farelo de mandioca. **Revista Energia na Agricultura**, v.21, p.34-44, 2006.
- SILVA-FILHO, E. A. et al. Yeast population dynamics of industrial fuel-ethanol fermentation process assessed by PCR-fingerprinting. *Antonie van Leeuwenhoek*, n. 88, p. 13-23, 2005.
- SILVA, R. M.; SILVA, S. I.; OLIVEIRA, A. F. M.; PACHECO, M. T. B.; SOUZA, A. S.; GALLÃO, M. I. Chemical composition of seeds Lecythidaceae the Brazilian Atlantic Forest. **Food Chemistry**, no prelo. 2013.

SILVEIRA, M. A. **Batata doce – Uma nova Alternativa para a produção de etanol.** Universidade Federal do Tocantins – UFT, 14p. 2008.

SOUZA, L. C. D.; SÁ, M. E.; MORAES, S. M. B.; CARVALHO, M. A. C.; SILVA, M. P.; ABRANTES, F. L. Composição química e nutrientes em sementes das espécies florestais pente de macaco, flor de paca, Itaúna, jatobá e murici manso. **Biosci. J.**, v. 28, n. 3, p. 478-483. 2012.

STEDILE T. **Produção de álcool de cereais.** Trabalho de conclusão do curso de Engenharia Química. Universidade Regional de Blumenau. Santa Catarina. 2011.

TOSELLO, G.A. Milhos especiais e seu valor nutritivo. *In*: Viegas, G, P.; Paterniane, E. (ed.) **Melhoramento e produção de milho.** 2ª ed. Campinas – SP: Fundação Cargill, 1: 375 – 409, 1987.

ÚNICA. 2007. **Produção de etanol do Brasil.** Disponível em: <<http://www.unica.com.br>>. 2011.

5 *COUROUPITA GUIANENSIS* AUBL. (LECYTHIDACEAE): COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS SEMENTES E BIOATIVOS DO ÓLEO

¹R. M. Silva^a, R.S. Pinho^b, S. Casal^c, E. Mendes^c, M.B.P.P Oliveira^c, M. I. Gallão^a
e M.T.B Pacheco^d, S.I. Silva^b

^aDepartamento de Biologia, Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, Fortaleza, CE, 60.451-760, Brasil.

^bLaboratório de Recursos Econômicos e Fitoquímica, Departamento de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco, Brasil.

^cREQUIMTE, Serviço de Farmacognosia e Bromatologia, Faculdade de Farmácia, Universidade do Porto, Porto, Portugal.

^dCenter of Food Science and Quality, Institute of Food Technology, Av. Brasil, 2280, CP. 139, Campinas, SP, 13070-178, Brazil.

¹Correspondência para: Rejane Maria da Silva, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, Fortaleza, CE 60.451-760, Brasil. Fone (85) 33669804, FAX (85) 33669806 (rejanefungi@gmail.com).

RESUMO

Couropita guianensis Aubl. é uma planta arbórea originária da Amazônia, conhecida no nordeste brasileiro pelo nome popular abricó de macaco, muito utilizada na ornamentação de praças, cultivada em jardins botânicos. Estudos tem demonstrado que caule, folhas e flores possuem atividade antiviral, antibacteriana, antitumoral e antidepressiva. Objetivou-se avaliar a composição centesimal das sementes de *C. guianensis* e bioativos do óleo. A composição centesimal das sementes foi realizada de acordo com Association of Official Agricultural Chemists - AOAC. Os aminoácidos determinado por HPLC (High Performance Liquid Chromatography). Fibra alimentar de acordo com 985.29 AOAC (2010), os carotenoides através da absorvância da diluição do óleo em éter de petróleo e os minerais por espectrometria de plasma (ICP – OES) de argônio. Os tocois (tocoferóis e tocotrienóis) foram analisados em HPLC e os componentes indicados por comparação do tempo de retenção e espectro UV com padrões específicos. Os esteróis foram avaliados por CG-FID de acordo com o método da Norma NP EM ISSO 12228 (1999). O teor de proteína nas sementes de *C. guianensis* foi de 18,4 g/100 g. O teor de carboidratos e fibras foram respectivamente 13,84 e 17,66 g/100 g. Nas sementes, o óleo foi o componente principal (35,5g/100 g). O total de

tocois no óleo de *C. guianensis* foi 25,1 mg/100 g, dos quais 20,2 mg/100 g é α -tocoferol e 4,0 mg/100 g γ -tocopherol. Apresentou um total de 79,81mg/100 g de fitosteróis, dentre eles β -sitosterol (15,28 mg/100 g), campesterol (0,58 mg/100 g) e Δ^7 -estigmastanol (0,58 mg/100 g). Clerosterol e campestanol foram encontrados em quantidades traços nas amostras estudadas. Δ^7 -Avenasterol não foi detectado em *C. guianensis*. O total de carotenoides foi de 10,36 μ g/g e os minerais mais abundantes foram fósforo (1720 mg/100g), potássio (925 mg/100g) e magnésio (719 mg/100g).

Palavras-chave: Ácido linoleico, antioxidantes, tocoferóis e fitosteróis.

ABSTRACT

Couroupita guianensis Aubl. is a tree plant native to the Amazon, known in northeastern Brazil by the popular name apricot apricot, widely used in the ornamentation of squares, cultivated in botanical gardens. Studies have shown that stem, leaves and flowers possess antiviral, antibacterial, antitumor and antidepressant activity. The objective of this study was to evaluate the centesimal composition of *C. guianensis* and oil bioactive seeds. The centesimal composition of the seeds was performed according to the Association of Official Agricultural Chemists - AOAC. The amino acids determined by HPLC (High Performance Liquid Chromatography). Dietary fiber according to AOAC 985.29 (2010), carotenoids through the absorbance of the oil dilution in petroleum ether and the minerals by argon plasma (ICP - OES) plasma spectrometry. The tocois (tocopherols and tocotrienols) were analyzed on HPLC and the components indicated by comparison of the retention time and UV spectrum with specific standards. The steroids were evaluated by GC-FID according to the method of Norm NP IN ISSO 12228 (1999). The protein content in *C. guianensis* seeds was 18.4 g / 100 g. The carbohydrate and fiber contents were respectively 13.84 and 17.66 g / 100 g. In the seeds, the oil was the major component (35.5g / 100g). The total oil content of *C. guianensis* was 25.1 mg / 100 g, of which 20.2 mg / 100 g is α -tocopherol and 4.0 mg / 100 g γ -tocopherol. A total of 79.81 mg / 100 g of phytosterols, including β -sitosterol (15.28 mg / 100 g), campesterol (0.58 mg / 100 g) and Δ^7 -stigmastanol (0.58 mg / 100 g). Clerosterol and campestanol were found in trace amounts in the samples studied. Δ^7 -Avenasterol was not detected in *C. guianensis*. The total number of carotenoids was 10.36 μ g / g and the most abundant minerals were phosphorus (1720 mg / 100 g), potassium (925 mg / 100 g) and magnesium (719 mg / 100 g).

Keywords: Linoleic acid, antioxidants, tocopherols and phytosterol.

Introdução

Couropita guianensis Aublet (Lecythidaceae) é uma espécie tropical conhecida pelos nomes populares “abricó-de-macaco” no Brasil e “Cannon ball” na Guiana Inglesa. As sementes são consideradas de sabor agradável e tem elevado teor de óleo (29,4 %), que é composto principalmente de ácido linoleico (82,7 %). A polpa e sementes dos frutos são apreciados por roedores, porcos e macacos (LAGO et al., 1987; ANDRADE et al, 1999; MORI et al., 2010), trazendo por isso a possibilidade de ser aproveitada como fonte de óleo e do ácido graxo essencial linoleico.

Dos frutos de *C. guianensis* foram extraídas substâncias como a triptantrina, indigo, indirubina e isatina que apresentam amplo espectro de propriedades terapêuticas incluindo ação bactericida, antiprotozoária, antitumorais e antivirais.

A isatina (1H-indol-2,3-diona) constitui uma molécula de grande interesse para aplicações tecnológicas, devido à grande versatilidade como precursora para biossíntese de compostos orgânicos, ocorrendo em plantas do gênero *Isatis* (Brassicaceae), em *Calanthe discolor* Lindl. (Orchidaceae) e em *C. guianensis* (BERGMAN et al. 1985; SILVA et al., 2001).

A ingestão diária de sementes oleaginosas tem sido recomendada a fim de se prover na dieta humana substâncias bioativas que, ao reduzir os riscos relacionados a doenças cardiovasculares, podem repercutir na melhoria da saúde. Isso resulta na redução dos gastos no tratamento de seqüelas de acidentes vasculares cerebrais (AVC) que atualmente constituem na primeira causa de incapacitação ao trabalho no mundo (YANG, 2009).

O interesse pelos antioxidantes presentes em sementes tem crescido muito em função de sua capacidade em aumentar a estabilidade oxidativa de óleos como acontece com os tocois (WARNER e FRANKEL, 1987). Apresentam benefícios a dieta humana ao prevenirem a absorção de colesterol intestinal e biliar, como fazem os fitosteróis, reduzindo os riscos de doenças relacionadas ao sistema cardiovascular. Apesar da reconhecida importância dos tocois o número de investigações reportadas para tocois presentes em espécies que não são tradicionalmente utilizadas na alimentação ainda é bastante limitado (RAMADAN et al., 2009).

Portanto, considerando o teor de óleo, perfil de ácidos graxos e compostos bioativos presentes em *C. guianensis*, associada a importância que vem sendo dada na atualidade a busca por novas fontes de ácidos graxos essenciais e fitoquímicos, este trabalho objetivou complementar o conhecimento da composição química, tocois, estabilidade oxidativa e fitosteróis. Espera que o estudo contribua com informações que subsidiem um possível

aproveitamento dessas espécies como oleaginosas não convencionais e a inclusão do óleo para compor dietas mais saudáveis a população.

Materiais e métodos

Amostras

Os frutos maduros de *Couroupita guianensis* (Lecythidaceae), foram colhidos no estado de Pernambuco – Brasil, no período janeiro de 2007 a maio de 2011. As análises foram realizadas nos laboratórios de Faculdade de Farmácia, Universidade do Porto, Porto, Portugal e Recursos Econômicos e Fitoquímica da Universidade Federal Rural de Pernambuco, as sementes foram retiradas manualmente dos frutos e armazenadas a 4° C até o momento da análise.

Composição centesimal

A umidade foi determinada em estufa (Scaltec, Goettingen, Germany) a 105°C ± 2°C com 5 g da amostra. O conteúdo de nitrogênio foi estimado pelo método de Kjeldhal, (HORWITZ, 2010) e a proteína total foi calculada (N x 5,78). O teor total de lipídio e as cinzas foram determinados de acordo com o método oficial da AOAC (2000). O amido foi quantificado de acordo com Diemair (1963). As Análises de Fibra Alimentar foram realizadas de acordo com Horwitz (2010): Total 985.29 (AOAC, 2010).

O conteúdo de carboidratos foi estimado da seguinte forma: Amostras em triplicata, contendo 2,5g das sementes, foram trituradas e hidrolisadas utilizando-se H₂SO₄ em concentrações de 0,1 à 1% (v/v), em autoclave a 1 atm por 120 °C durante 15 minutos a fim de se determinar a concentração ideal para fermentação (AGUILAR *et al.*, 2002). Após essa etapa o pH foi ajustado para 4,5 com hidróxido de potássio 3,0M, as amostras foram centrifugadas a 4000 rpm, em seguida transferiu-se 1 mL do sobrenadante para tubos de ensaio e adicionou-se 1 mL de Ácido Dinitrosalicílico (DNS) (MILLER, 1959). Depois foi feita a homogeneização das amostras em vórtex e aquecidas por 5 min, após esfriar, adicionou-se 8 mL de água e foi feita a leitura em espectrofotômetro a 540nm.

Os açúcares fermentescíveis resultantes dessas análises foram somados ao percentual de amido, para obtenção do total de carboidratos.

Determinação dos aminoácidos

Os aminoácidos obtidos por hidrólise ácida (ácido clorídrico, 110 °C/22 h), submetidos a uma solução metanólica, água ultrapura, trietilamina e fenilisotilcianato (PITC) de pré-

coluna, seguido de separação utilizando uma coluna de fase reversa, em um HPLC Shimadzu e detecção por UV (254 nm). A quantificação foi realizada por calibração interna usando ácido α -aminobutírico (AAAB) como padrão.

Extração e hidrólise dos carboidratos

Amostras em triplicata, contendo 2,5g das sementes foram trituradas e hidrolisadas utilizando-se H_2SO_4 em concentrações de 0,1 à 1% (v/v), em autoclave a 1 atm por 120 °C durante 15 minutos a fim de se determinar a concentração ideal para fermentação (AGUILAR et al. 2002). Após essa etapa o pH foi ajustado para 4,5 com hidróxido de potássio 3,0M.

Em seguida as amostras foram centrifugadas a 4000 rpm após o que foi retirado e transferido 1 mL do sobrenadante para tubos de ensaio onde foi adicionado 1 mL de Ácido Dinitrosalicílico (DNS) (MILLER, 1959). As amostras foram homogeneizadas em vórtex e submetidas ao banho maria por 5 min, após esfriar, adicionaram-se 8 mL de água. Procedeu-se a leitura em espectrofotômetro a 540nm e construiu-se a curva de calibração com finalidade de quantificar os açúcares redutores.

Os açúcares fermentescíveis consumidos e os produtos formados foram analisados e caracterizados por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), utilizando uma coluna HPX- 87H, fluxo 0,6 ml/min. e temperatura de 35 °C. A temperatura do detector de índice de refração foi de 45°C. A curva de calibração foi construída utilizando-se padrões de sacarose, frutose, glucose, acetato, etanol e glicerol nas concentrações de 1, 2, 3, 4 e 5 g/L. As amostras foram previamente diluídas e filtradas em membranas de 0,22 μ m. ***Conteúdo de tocois***

O óleo foi extraído em soxhlet utilizando como solvente *n*-hexano (Merck, Darmstsd, Germany) durante oito horas. Após extração, o solvente foi evaporado e a umidade restante removida sob corrente de nitrogênio. O óleo obtido foi conservado em frascos de vidro, envoltos em papel de alumínio e armazenados a 4°C até análise.

Uma amostra de 0,5 g de óleo das sementes foi pesada em frasco âmbar de 4mL, e foi adicionado 1 mL de *n*-hexano. Uma alíquota da mistura homogeneizada (1mL) foi transferida para um frasco âmbar de 1,5 mL e 300 μ L de solução do padrão interno (tocol 250 mg/L, Matreya, Pleasant Gap, PA) foi adicionado e mais 200 μ L de *n*-hexano foi adicionado para completar o volume. Os tubos foram homogeneizados por 30 segundos. Todos os passos da preparação foram executados em sala escura e as amostras mantidas no escuro e refrigeradas até análise (CUNHA et al., 2006).

As amostras foram injetadas no sistema de HPLC em Cromatógrafo Jasco (Tóquio, Japão) equipado com uma bomba Jasco (modelo PU-980), com injetor automático Jasco

(modelo AS-950) e com um “loop” de 10 μ l com detector de fluorescência Jasco (modelo FP-920) programado com λ (excitação) = 290 nm e λ (emissão) = 330 nm. Foi usada uma coluna Inertsil 5 SI, 250 x 3 mm, 5 μ m de tamanho de partícula (Varian, The Netherland) operando em temperatura ambiente (20 °C).

Os dados cromatográficos foram analisados utilizando o software Borwin (JMBS, França). Os compostos foram identificados por comparação dos tempos de retenção e dos espectros UV com padrões de referência (α -, β -, γ - e δ -tocoferol e α -, β -, γ - e δ -tocotrienol, Calbiochem, La Jolla, CA). A quantificação dos compostos foi feita com base no sinal obtido pelo detector de fluorescência, utilizando o método do padrão interno.

Estabilidade oxidativa

O tempo de indução da oxidação foi mensurado com aparelho Rancimat (Metrohm CH serie 679, Harisau, Switzerland). No óleo (3,0 mL), aquecido a $110 \pm 0,2$ °C, fez-se borbulhar um fluxo de ar de 20 L/h. Os componentes voláteis liberados durante a oxidação foram coletados em células contendo água e o aumento da condutividade da solução foi continuamente mensurado. O tempo tomado até atingir o ponto de inflexão da condutividade foi registrado como tempo de indução (AMARAL et al., 2003).

Composição em esteróis

A composição em esteróis foi avaliada por GC-FID seguindo o método da NP EN ISO 12228 (1999). Depois da adição de 1mL de solução padrão interno (betulina 1,0 mL, Sigma, St. Louis, MO, USA) a 250 mg do óleo, procedeu-se à sua saponificação com solução metanólica de hidróxido de potássio; a fração insaponificável foi obtida por análise em coluna de óxido de alumínio, a fração de esteróis sendo purificada, após a eluição da coluna, por cromatografia em camada fina (Merck, Darmstadt, Germany), usando *n*-hexano/éter dietílico 1:1(v/v) como solvente para desenvolvimento. A visualização das bandas foi conseguida com nebulização com metanol.

Os ésteres trimetilsilílicos foram obtidos com a adição de 1-metilimidazol e N-metil-N-(trimetilsilil)-heptafluorobutiramida (MSHFBA, Sigma e Macherey-Nagel, Düren, Germany). O perfil dos esteróis foi analisado em Cromatógrafo Chrompack CP 9001 (Chrompack, Middelburg, The Netherlands) com injetor “split-splitless”, detector de ionização de chama (FID), injetor automático CP-9050, com uma coluna DB-5MS (J & W Scientific, Folsom, CA) de 30 m x 0,25 mm, 0,25 μ m operando em temperatura máxima de

325 °C. A temperatura tanto do injetor quanto do detector, foram de 320 °C. A temperatura inicial da coluna foi de 250 °C aumentando-se até 300 °C, numa razão de 2 °C / min, permanecendo na temperatura final durante 12 min. O Hélio foi utilizado como gás de arraste com pressão de 100 kPa. A razão do split foi 1:50 e o volume injetado foi de 1,5 µL.

O teor total de esteróis foi determinado considerando todos os picos dos esteróideis entre o colesterol e o Δ^7 -avenasterol. A identificação foi feita comparando os tempos de retenção relativos das amostras com os obtidos com os padrões. Foram usados padrões para identificação adquiridos da Sigma (St. Louis, MO) incluindo colestanol, colesterol, campesterol, estigmasterol, β -sitosterol, β -sitostanol e betulina.

Conteúdo de carotenóides

Carotenóides totais foram estimados segundo o método de Gao *et al.* (2000). Soluções de óleo em éter de petróleo (1g/100 mL) foram submetidas à leitura em 450 nm no espectrofotômetro. Quantificação dos valores foi baseada no padrão de β -caroteno e quantidades de carotenóides foram expressos em µg g⁻¹ de óleo. Os carotenóides totais foram estimados através da fórmula:

$$\text{Carotenóides totais (}\mu\text{g /g)} = \frac{A \times \text{volume (mL)} \times 10^4}{A_{1\text{ cm}}^{1\%} \times \text{peso amostra(g)}}$$

Onde: A=absorbância; volume= volume total do extrato; $A_{1\text{ cm}}^{1\%}$ = coeficiente de absorção do β -caroteno.

Conteúdo de Minerais

Os minerais analisados foram: Cálcio, Cobre, Ferro, Fósforo, Potássio, Sódio, Magnésio e Zinco. As sementes foram desidratadas em estufa por 48h a 60 °C, 2g de amostra foram colocadas em cápsulas de porcelana, as quais foram queimadas em bico Bunsen e levadas à mufla a 450 °C para calcificar. Repetiu-se o processo até a destruição total da matéria orgânica. As cinzas das amostras foram então dissolvidas com 2,5 mL de HCl concentrado e transferidas quantitativamente para balão volumétrico de 25,0 mL com ajuda de água Milli-Q, para posterior leitura dos elementos de interesse em espectrometria de emissão atômica com plasma (ICP OES) (SLAVIN, et al., 1975).

Resultados e discussão

Composição centesimal das sementes

A composição centesimal das sementes de *C. guianensis* é mostrada na tabela 9. O principal componente é o óleo (35,5 g/100 g) seguido de 18,4 g/100 g de proteínas, baixo teor de carboidratos (13,84 g/100 g) e riqueza de fibras (31,5g/100 g).

Resultados semelhantes aos encontrados por Dave et al. (1985), para mesma espécie, cujo componente majoritário foi os lipídios (32,0 g/100 g), seguido das proteínas (19,0 g/100 g). As pequenas diferenças encontradas na literatura em relação ao teor de lipídios e proteínas nos dois estudos podem está relacionadas às características de solo e clima das diferentes regiões de coleta e/ou aos protocolos analíticos utilizados na determinação destes componentes (CARVALHO et al., 2012).

As Lecythidaceae estudadas até o momento tiveram os carboidratos calculados por diferença, somando-se o conteúdo de carboidratos com os de fibras obtidos nesse trabalho, obtêm-se um total, superior ao de todas as outras espécies da família estudadas até o momento (39,21 g/100 g), se vê em *Lecythis usitata* (15,4 g/100 g), *Allantoma lineata* (20,6 g/100 g), *B. excelsa* (5,69g/100 g) e *L. pisonis* (5,01g/100 g) (ANDRADE et al., 1999; NETO et al., 2009; Carvalho et al., 2012).

Tabela 9. Composição centesimal das sementes de *Couroupita guianensis* Aubl. (Lecythidaceae)

Composição	Conteúdo da amostra ^A <i>C. guianensis</i>
Proteína (N x 5,78)	19,73±1,43
Óleo (g/100g)	38,07±0,23
Cinzas (g/100g)	8,34±1,07
Umidade (g/100g)	6,77±1,32
Fibra Alimentar Total (g/100g)	17,66±0,41
Carboidratos totais (µg/g)	21,55±1,38
Amido (g/100g)	5,54±0,0
Cálcio (mg/100g)	189,2 ±7,9
Cobre (mg/100g)	1,76 ± 0,12
Ferro (mg/100g)	3,94 ± 0,02
Fósforo (mg/100g)	1720 ± 22
Potássio (mg/100g)	925 ± 34
Sódio (mg/100g)	1,29 ± 0,06
Magnésio (mg/100g)	719 ± 30
Zinco (mg/100g)	5,55 ± 0,24

^A Os dados são médias ± DP de três determinações.

*Dados da literatura (VALLILO et al., 1998; CARVALHO et al., 2012)

#FAO/WHO, 2001; ANVISA, 2003 (Sódio); DRI (Dietary Reference Intakes), 2004 (Cálcio e Potássio).

As sementes de *C. guianensis* apresenta 6,77 g/100 g de umidade, sendo menor do que o de *L. pisonis* (10,20 g/100 g) e maior do que o total encontrado em *B. excelsa* (4.91 g/100 g) (NETO et al., 2009; CARVALHO et al., 2012). O teor de umidade de *C. guianensis* é semelhante ao de *Linum usitatissimum* L. (linhaça) (6,4 g/100 g), *Papaver somniferum* L. (papoula) (5,3 g/100 g) e *Bixa orellana* L. (açafraão) (6,1 g/100 g) (BOZAN e TEMELLI, 2008).

O conteúdo de cinzas em *C. guianensis* foi de 8,34 g/100 g, valores superiores ao reportado por Andrade et al. (1999) proveniente de sementes coletados na região Amazônica (3,0g/ 100 g), sendo também maior do que o de *A. lineata* (2,6 g/100 g), *B. excelsa* (3,6 g/100

g), *L. usitata* (3,8 g/ 100 g) e *L. pisonis* (3,17 g/ 100 g) (ANDRADE et al., 1999; CARVALHO et al., 2012).

Em cem gramas de sementes de *C. guianensis* (Tabela 1) encontram-se quantidades elevadas dos minerais fósforo e magnésio e parte do zinco necessário à nutrição recomendados para adultos pela FAO (FAO, 2001). Essas sementes tem ainda uma considerável quantidade de potássio (925 mg) e baixo teor de sódio (1,29 mg).

Os teores de fósforo e magnésio de *C. guianensis* (1720 e 719 mg/100 g, respectivamente), foram bem maiores do que o de outras Lecythidaceae como *Lecythis pisonis* (941,7 e 343mg/100 g), *L. usitata* (669 e 250mg/100 g), *Allantoma lineata* (563 e 360mg/100 g) e *Bertholletia excelsa* (563 e 310mg/100 g) (CARVALHO et al., 2012; SILVA et al., 2010).

De acordo com McDowell (1992), o fósforo e o magnésio são macrominerais (exigidos em grandes quantidades pelo organismo), O magnésio é importante para a manutenção da integridade dos ossos e dentes. É um componente ativo de várias enzimas, atuando no metabolismo de proteínas, carboidratos e gorduras. Atua na regulação do equilíbrio ácido-base, contração muscular, sobrevivência das células vermelhas e no sistema imune.

O fósforo tem a função de tamponar sistemas ácidos ou alcalinos, auxiliando na manutenção do pH, no armazenamento temporário de energia provinda do metabolismo de macronutrientes, na forma de ATP, além de ser responsável pela ativação, por meio da fosforilação de diversas cascatas enzimáticas (COZZOLINO, 2007). Esta semente é particularmente rica em potássio, fornecendo cerca de sete vezes mais que a banana (831mg/100g de linhaça). A vitamina E está presente primariamente na quantidade de 552mg/100g da semente, funcionando como um antioxidante biológico Almeida et al (2009).

Aminoácidos

Os aminoácidos presentes em sementes de *C. guianensis* (Tabela 10), atendem mais de 50% das recomendações para aminoácidos essenciais (AAE) com base no padrão da FAO/WHO (1985) indicados para adultos e os aminoácidos sulfurados apresentaram teores que superam os da referência para adultos. Já o total de aminoácidos essenciais em *B. excelsa* (36,4%), supera todos os níveis padrão de AAE, recomendados pela FAO (CHUNHIENG et al. 2004; SOUZA, 2001).

Tabela 10: Composição em Aminoácidos (g/100g amostra) de *Couroupita guianensis* Aubl. (Lecythidaceae)

Aminoácidos essenciais		FAO/WHO/UNU (g/100 g amostra/ Crianças) ¹
Aromáticos (Fen + Tir)*	5,21	4,7
Histidina	2,98	1,6
Isoleucina	2,28	3,0
Leucina	6,63	6,0
Lisina	1,90	4,8
Sulfurados (Met + Cis)*	10,81	2,3
Treonina	1,84	2,5
Valina	2,66	2,9
Aminoácidos não essenciais		
Ácido aspártico	7,01	-
Ácido glutâmico	27,55	-
Alanina	3,09	-
Arginina	19,45	-
Glicina	4,07	-
Prolina	4,67	-
Serina	5,21	-

^A Os dados são médias \pm DP de três determinações.

¹ Valores teóricos da FAO/WHO/UNU, (2007).

* Sulfatados (metionina + cisteína) e Aromáticos (fenilalanina + tirosina).

De acordo com Freitas e Naves (2010), normalmente, as proteínas de sementes comestíveis atendem a boa parte das necessidades de aminoácidos essenciais de escolares e indivíduos adultos. A presença de aminoácidos sulfurados como metionina é fundamental, pois atua no metabolismo, desempenhando função antioxidante, ajudando a neutralizar os radicais livres que se formam como resultados dos processos metabólicos do organismo. Já a cistina é necessária para utilização da vitamina B6 ajudando na cicatrização (GRIMBLE, 2006; SINHA et al., 2007).

O aminoácido mais abundante nas sementes de *C. guianensis* foi o ácido glutâmico (27,55 g/100g) e apesar de não ser essencial é muito importante o seu suprimento à indivíduos em condições especiais como os desnutridos, queimados e em período pós-operatório por ser

precursor da síntese de nucleotídeos e fonte energética para linfócitos, fibroblastos e reticulócitos (MOTTA NETO et al., 2007; RIBEIRO et al., 2004).

Em experimentos realizados por Ros et al. (2004) foi visto que a suplementação com glutamina aumentou a sobrevida de pacientes críticos com nutrição parenteral enriquecida com 2,5% de glutamina, daí sementes com as características presentes em *C. guianensis* serem bastante interessantes em dietas complementares.

Com relação aos aminoácidos essenciais, os aromáticos, histidina, leucina e Sulfurados superam os valores de referência da FAO/WHO/UNU (2007) (Tabela 10). Normalmente, as proteínas das sementes oleaginosas atendem a maior parte das necessidades de aminoácidos essenciais de adolescentes e adultos (Freitas e Naves 2010).

As sementes de *C. guianensis* apresentam além da composição quantitativa e qualitativa de proteínas de um alimento, a biodisponibilidade dos seus aminoácidos. De acordo com Silva et al., (2011), as sementes de *C. guianensis* apresentam baixos níveis de lectinas e inibidores de proteinases, sendo ainda necessário mais estudos sobre outros fatores antinutricionais com a finalidade de potencializar o seu uso para consumo humano.

Açúcares fermentescíveis

O teor de açúcares fermentescíveis totais de *C. guianensis* foi de 4,08 g/L (tabela 11), e são próximos do valores encontrados em *L. usitata* (5,17 g/L), *A. lineata* (5,87 g/L), *B. excelsa* (5,20 g/L) e de *C. guianensis* (4,02 g/L) reportados por Andrade et al., (1999).

A frutose foi o açúcar com maior percentual nas sementes de *C. guianensis*, os quais podem ser um indicativo da presença de frutanos. Para a confirmação dessa hipótese faz-se necessário uma análise mais detalhada dos carboidratos dessas sementes por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), uma vez que nenhuma referência foi encontrada a respeito da composição de carboidrato de *C. guianensis*.

Os baixos teores de açúcar encontrados nas sementes de *C. guianensis*, podem indicar essa espécie, como nova uma alternativa de baixas calorias na dieta humana, visando o controle de doenças como: hipercolesterolemia e diabetes (Buckeridge et al., 2004).

Tabela 11. Composição de açúcar (g/L) de *Couroupita guianensis* Aubl. (Lecythidaceae) em relação à 2,5g de biomassa seca da semente.

Açúcares	(g/L) ^A ± σ
Sacarose	0,71±0,0
Glucose	0,97±0,0
Frutose	1,34±0,0
Arabinose	1,06±0,0
Amido	0,96±0,0
Açúcares fermentescíveis totais	4,08±0,2
Açúcares totais	13,84±1,38

^A Os dados são médias ± DP de três determinações.

Fração lipídica (ácidos graxos, tocois e estabilidade oxidativa, fitosteróis e carotenoides) das sementes de Couroupita guianensis Aubl. (Lecythidaceae)

O óleo de *C. guianensis* recém-extraído apresenta baixa viscosidade e coloração rosa-cereja. Após dois meses, observa-se em temperatura ambiente (27 °C) mudança na coloração do óleo acompanhada de um precipitado de cor azul nos frascos. Os pigmentos encontrados nesse óleo são desprendidos do tegumento da semente e podem estar relacionados com substâncias descritas por Silva et al. (2001) e Bergman et al. (1985) como o indigo, a indirubina e a isatina, presentes nos frutos. Além disso, os frutos e sementes apresentam odor forte, lembrando aquele do enxofre. Assim, o óleo de *C. guianensis* é caracteristicamente muito diferente dos óleos vegetais utilizados na alimentação e indústria.

As sementes de *C. guianensis* com 38,07 g/100g de óleo se constituem junto com a castanha do Pará (*Bertholletia excelsa* - 68,58g/100g) e a sapucaia (*Lecythis pisonis* - 54,8 g/100g) nas espécies oleaginosas da família, mais conhecidas e investigadas até o momento (NETO, 2009; CARVALHO et al., 2012).

Os teores de óleo das sementes de *C. guianensis* desse estudo foram mais elevados do que aqueles reportados por Lago et al. (1987) e Andrade et al. (1999), respectivamente 29,4 e 30,0 g/100 g, extraído de sementes de *C. guianensis* coletadas na região Amazônica. Diferenças quantitativas e qualitativas na composição química de sementes podem ocorrer na dependência do estado de maturidade e influência das condições edafoclimáticas.

O óleo de *C. guianensis* é bastante insaturado com apenas 6,34% de ácidos graxos monoinsaturados e 84,42% de ácidos graxos poliinsaturados. Entre os monoinsaturados, destaca-se o ácido oleico, e entre os poliinsaturados, o ácido linoleico predomina com 83,76%

do total de lipídios. Observa-se ainda a presença do ácido graxo ômega-3 em 0,66% (Tabela 12).

Andrade et al. (1999) reportam que as sementes de *C. guianensis* são consideradas comestíveis e de sabor agradável. Lago et al. (1987) reportaram elevada concentração do ácido linoleico (82,7 %), que foi também verificada nesse estudo (83,76%). Assim, baseando-se na composição centesimal na excelente qualidade do óleo de *C. guianensis*, que se destaca por possuir um dos maiores teores de ácido linoleico em sementes, verifica-se que há grande possibilidade de aproveitá-la na alimentação humana ou como fonte desse ácido graxo.

Esse perfil de ácidos graxos pode ser considerado favorável à saúde, principalmente devido a teores consideráveis de ácido oléico e linoléico (FREITAS et al., 2010). Esta composição em ácidos graxos mono e poliinsaturados contribuem para a redução das frações de Lipoproteína de Baixa Densidade (LDL) e de Muito Baixa Densidade (VLDL), contribuindo com a diminuição dos níveis de colesterol sérico (JENKINS et al., 2008; FITÓ et al., 2007).

Tabela 12. Teor e composição dos ácidos graxos (%), tocois, fitosteróis (mg/100g) e carotenoides totais (µg/g) presentes no óleo das sementes de *Couroupita guianensis* Aubl. (Lecythidaceae).

Ácidos graxos ^A (%)	Tocois ^A (mg/100g)	Fitosteróis ^A (mg/100g)	Carotenoides ^A totais (µg/g)
C _{16:0} (4,28)	α-T (20,2±4,4)	Colesterol (0,26±0,04)	10,36±2,11
C _{18:0} (4,10)	α-T3 (0,2±0,2)	Campesterol (0,58±0,08)	-
C _{18:1} (6,34)	β-T (0,1±0,0)	Estigmasterol (7,32±0,65)	-
C _{18:2} (83,76)	γ-T (4,0±0,0)	Clerosterol (0,52±0,05)	-
C _{18:3} (0,82)	γ-T3 (0,4±0,2)	β-Sitosterol (15,28±0,03)	-
AGS (8,38)	Total (25,1±5,1)	Campestanol (0,04±0,21)	-
AGI (90,76)	EO (h) (7,80)	Δ ⁷ -Estigmastanol (0,58±0,05)	-
ND (0,86)	AGI (82,7**)	Δ ⁵ -Avenasterol (ND)	-
-	-	Não-identificado (57,45±2,66)	-
-	-	Total (79,81±2,12)	-
C _{16:0} (4,28)	α-T (20,2±4,4)	Colesterol (0,26±0,04)	10,36±2,11

^A Os dados são médias ± DP de três determinações

O total de tocois no óleo de *C. guianensis* (25,1 mg/100 g) foram inferiores ao encontrado no óleo comercial de soja (99,9 mg/100 g) (ADHIKARI et al. 2008) e de dendê (117,2 mg/100 g), que é considerado fonte natural de tocois, mas superiores ao do amendoim (29,15 mg/100 g) (BELITZ et al., 2004).

O α -Tocoferol (α -T), γ -tocoferol (γ -T), γ -tocotrienol (γ -T3), α -Tocotrienol (α -T3) e β -tocoferol foram detectados no óleo de *C. guianensis*. Os tocois majoritários foram o α -T e γ -T que, de acordo com Schwartz et al. (2008), são os principais tocois de óleos e gorduras vegetais.

Os tocois distribuem-se de forma diferenciada nos órgãos vegetais, sendo o α -T o que predomina em folhas e nas membranas dos tilacóides, enquanto o γ -T é a forma majoritária presente nas sementes (GRUSAK E DELLAPENNA, 1999).

O teor de α -T em *C. guianensis* (20,2 mg/100 g) foi elevado, sendo próximo ao encontrado no óleo de dendê (25,6 mg/100 g) e superior ao dos óleos de soja (17,09 mg/100 g) e amendoim (14,1 mg/100 g) (Belitz et al., 2004), situando-se na faixa de variação do azeite de oliva, que é de 9-26 mg/100 g de óleo (CUNHA et al., 2006).

Apesar do baixo conteúdo de tocois totais (Tabela 4), as sementes de *C. guianensis* apresentaram 20,2 mg/100 g de α -T no óleo, que foi bem superior ao reportado por Andrade et al. (1999) para o óleo de sementes de indivíduos desta espécie (4,7 mg/100 g) coletadas no estado do Pará (Região da Amazônia brasileira). Mesmo assim, o valor de α -T encontrados em *C. guianensis*, é mais elevado do que o referido para as outras espécies de mesma localidade e família como *Allantoma lineata* (1,54 mg/100 g), *Bertholletia excelsa* (0,78 mg/100 g) e *Lecythis usitata* (0,35 mg/100 g) (ANDRADE et al., 1999).

A atividade antioxidante dos tocoferóis tem sido estudada, sendo explicada quimicamente pela presença de um grupo hidroxila no seu anel aromático, permitindo a doação de um átomo de hidrogênio a um radical livre (HALL, 2001).

Apesar de o α -T ser considerado o isômero biologicamente mais ativo, acredita-se que, de modo geral, esses compostos poderão estar envolvidos numa diversidade de funções fisiológicas e bioquímicas, principalmente devido à sua capacidade antioxidante e também pela sua ação em nível da estabilidade das membranas (KAMAL-ELDIN E APPELQVIST, 1996).

A principal atividade do α -T é a de antioxidante de radicais livres em membranas e lipoproteínas, bem como nos alimentos (KAMAL-ELDIN E APPELQVIST, 1996). Por isso, acredita-se que esses compostos reduzem o risco de doenças cardiovasculares e de certos tipos de câncer (BURTON, 1994). O γ -tocoferol, por exemplo, tem sido relatado como o mais

potente tocoferol, diminuindo a agregação plaquetária, a oxidação de LDL (lipoproteína de baixa densidade) e retardando a formação de trombo intra-arterias (LI et al., 1999). Os tocotrienóis também têm sido relatados como inibidores da biossíntese do colesterol e relacionados à redução do risco do câncer de mama (SCHWENKE, 2002).

De acordo com Shahidi e Shukla (1996), o conteúdo de tocol, juntamente com o grau de insaturação do óleo, pode ter um forte impacto sobre sua estabilidade oxidativa. A atividade antioxidante dos tocois depende de sua natureza química e concentração. Em geral, a atividade antioxidante de tocoferóis tem sido classificada na ordem α - > β - \geq γ - > δ -.

Observa-se que, no óleo de *C. guianensis* e de outras espécies, que têm elevada insaturação e maior quantidade de α -tocoferol, a estabilidade oxidativa é maior, sugerindo que não apenas o tipo de tocol, mas sua distribuição e quantidades presentes nos óleos podem afetar a estabilidade oxidativa.

A concentração de fitosteróis em *C. guianensis* (79,81 mg/100 g) foi expressiva. O Colesterol foi encontrado em pequena quantidade (0,26 mg/100 g) (Tabela 4). Bruni et al. (2004) também relataram traços de colesterol em *Euphorbia semiperfoliata* Viv. (0,47%) e *E. dendroides* L. (0,94 %). É reconhecida a ocorrência minoritária de colesterol em sementes de tomate (KOCHAR, 1983).

Entre os óleos vegetais com níveis significantes de fitosteróis se inclui óleos como o de milho (1364,7 mg/100 g). Há, no entanto, uma ampla variação de totais de fitosteróis na faixa entre 60 e 150 mg/100 g, como foi observado em *C. guianensis* e em outras espécies referidas na literatura, como, por exemplo, o coco-da-Bahia (114 mg/100 g), citado por Schwartz et al. (2008). Valores bem inferiores foram determinados em alguns frutos e hortaliças como a batata (*Solanum tuberosum* L.) (3,8 mg/100 g) (Piironen et al., 2000; Belitz et al., 2004). No entanto, cada espécie vegetal é caracterizada por proporções relativamente constantes entre os vários fitosteróis, proporções essas, que podem ser influenciadas por fatores genéticos, mas também por fatores agrônômicos e climáticos (Piironen et al., 2000).

O β -sitosterol foi mais abundante com 15,28 mg/100 g no óleo de *C. guianensis*. Em espécies de *Euphorbia*, Bruni et al. (2004) observaram uma variação de 7,31 até 25,8 mg/100 g.

Dois picos correspondentes a substâncias desconhecidas eluíram após Δ^7 -avenasterol (TR-24,440 e TR-24,680 minutos) em *C. guianensis*, a soma dos dois atingiu 57 mg/100 g na fração de esteróis do óleo (Tabela 4).

Além desses compostos, o clerosterol e o campestanol foram encontrados em quantidades traços em *C. guianensis*, já o Δ^7 -avenasterol não foi detectado em *C. guianensis*.

Há estudos que relatam que os fitosteróis que contêm um grupo etilideno em C24, à semelhança do Δ^5 -avenasterol, possuem propriedades antioxidantes e antipolimerizantes, que poderão ser mais uma propriedade importante para o processamento de alimentos (Akintayo, 2004).

C. guianensis apresentou um teor pequeno de β -sitosterol (15,28 mg/100 g) (Tabela 12), sendo inferior ao reportado por Andrade et al. (1999) que encontrou (26,10 mg/100 g). Estigmasterol foi detectado em quantidades menores 7,32 mg/100 g (Tabela 4) do que o reportado por Andrade et al. (1999) que foi de 13,20 mg/100 g, além de terem detectado um teor de 7,98 mg/100 g de Δ^7 -avenasterol.

Assim, os resultados relativos aos fitosteróis neste trabalho, referentes ao óleo de *C. guianensis* diferem dos reportados por outros autores. Esse fato pode ser explicado pelas diferenças relativas à origem geográfica e de clima de onde foram obtidas as sementes.

O interesse nutricional de fitosteróis na dieta humana se dá pelo seu potencial para reduzir tanto o colesterol plasmático total como o colesterol LDL, através da ação inibidora da absorção de colesterol proveniente da dieta e da bile durante a digestão e absorção intestinal (PIIRONEN et al., 2000). Além disso, tem-se verificado a importância dos fitosteróis na indústria farmacêutica para produção de esteroides e de cosméticos, como cremes e batom, e em terapêutica, devido as suas propriedades anti-inflamatória, antibacteriana, antifúngica e antitumoral (STUCHLÍK E ZÀK, 2002).

Conclusões

As sementes de *C. guianensis* apresentaram elevados teores de lipídios e proteínas, podendo ser indicadas como fonte energético-protéica.

Essas sementes também se revelaram ricas em ácido linoleico, importante ácido essencial, que tem ação cicatrizante. Além disso a espécie também apresenta um alto perfil de ácidos graxos monoinsaturados, indicando um perfil lipídico favorável a saúde cardiovascular. O óleo de *C. guianensis* também apresenta teores interessantes de tocois, estabilidade oxidativa e fitosteróis.

A maioria dos aminoácidos essenciais das sementes de *C. guianensis* atendem as necessidades nutricionais diárias para todas as faixas etárias.

Para que as sementes de *C. guianensis* sejam aproveitadas na alimentação humana, é necessário estudos mais aprofundados relacionados à toxicidade e a fatores antinutricionais, esse conhecimento pode contribuir no possível aproveitamento industrial da espécie

Agradecimentos

Os autores agradecem a CAPES pelas Bolsas de Doutorado de Rejane Maria da Silva e Roberta Sampaio Pinho, ao serviço de Bromatologia da Faculdade de Farmácia da Universidade do Porto, Portugal, ao ITAL, UFRPE, UFPE e CETENE.

REFERÊNCIAS

- ADHIKARI, P., HWANG, K. T., SHIN, M. K., LEE, B. K., KIM, S. K., KIM, S. Y., LEE, K., KIM, S. Z. Tocols in caneberry seed oils. **Food Chemistry**, 111, 687–690. 2008.
- AGUILAR, R.; RAMÍREZ, J. A.; GARROTE, G.; VÁZQUEZ, M. Kinetic study of the acid hydrolysis of sugar cane bagasse. **Journal of Food Engineering**, v.55 p. 309-318, 2002.
- AKINTAYO, E. T., BAYER, E. Characterisation and some possible uses of *plunkenetia conophora* and *Adenopus breviflorus* seeds and seed oils. **Bioresource Technology**, 85, 95-97. 2002.
- ALMEIDA, K. C. L. DE; BOAVENTURA, G. T.; GUZMAN-SILVA, M. A. A linhaça (*Linum usitatissimum* L.) como fonte de ácido α -linolênico na formação da bainha de mielina. *Rev. Nutr.*, Campinas, v.22, p. 747-754. 2009.
- AMARAL, J.S., CASAL, S., PEREIRA, J. A., SEABRA, R. M. A., OLIVEIRA, B. P. P. Determination of Sterol and Fatty Acid Compositions, Oxidative Stability, and Nutritional Value of Six Walnut (*Juglans regia* L.) Cultivars Grown in Portugal. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 51, 7698-7702. 2003.
- ANDRADE, E. H.A., MAIA, J. G.S., STREICH, R., MARX, F. Seed Composition of Amazonian Lecythidaceae Species: Part 3 in the Series "Studies of Edible Amazonian Plants". **Journal of Food Composition and Analysis**, 12, 37-51.1999.
- ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 360 de 26/12/2003**. 2003.
- BELITZ, H-D., GROSCH, W., SCHIEBERLE, P. Lipids. In: **Food Chemistry**. 3rd rev.ed.; Springer-Verlag: Berlin, Germany, 231-232. 2004.
- BERGMAN J, LINDSTROM JO, TILSTAM U. The structure and properties of some indolic constituents in *Couroupita guianensis* Aubl. **Tetrahedron**; 41:2879-2881. 1985.
- BOZAN, B., TEMELLI, F. Chemical composition and oxidative stability of flax, safflower and poppy seed and seed oils. **Bioresource Technology**, 99, 6354–6359. 2008.
- BURTON, G.W. Vitamin E: molecular and biological function. **Proceedings of the Nutrition Society**, 53, 251–262. 1994.
- BRUNI, D.S. et al. Aspectos fisiopatológicos e assistenciais de enfermagem na reabilitação da pessoa com lesão medular. **Revista Escola Enfermagem USP**, v.38, n.1, p.71-79, 2004.

CARVALHO, I. M. M. DE; QUEIRÓS, L. D.; BRITO, L. F.; SANTOS, F. A.; BANDEIRA, A. V. M.; SOUZA, A. L. DE; QUEIROZ, J. H. de Caracterização química da castanha de sapucaia (*Lecythis pisonis* Cambess.) da região da Zona da mata Mineira. **Biosci. J., Uberlândia**, v. 28, n. 6, p. 971-977, 2012.

COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. SP: Manole, p. 67-175, 2007.

CHUNHIENG, T.; PRETITIS, K.; ELFAKIR, C.; BROCHIER, J.; GOLI, T. and Montet, D. Study of selenium in the protein fractions of the Brazil nut, *Bertholletia excelsa*. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, Canada, v. 52, n. 13, p. 4318-4322, 2004.

CUNHA, S. C., AMARAL, J. S., FERNANDES, J. O., OLIVEIRA, M. B. P. P. Quantification of tocopherols in Portuguese olive oils using HPLC with three different detection systems. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 54, 3351-3356. 2006.

DAVE, G. R.; PATEL, R. M.; PATEL, R. J. Characteristics and composition of seeds and oil of *Couroupita guianensis* Aubl. from Gujarat, India. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 87, n.2, p. 111-112, 1985.

DIEMAIR, W. **Laboratorium sbuch fur lebensmittel** - chemiker (Drisden: Verlag Von Theodor Steinkopff). 1963.

Dietary Reference Intakes. **Dietary reference intakes for water, potassium, sodium, chloride and sulfate**. Washington, D.C.: Academic Press, 2004. 640p. Disponível em <http://www.nap.edu>. Acesso em: 15 out. 2007.

FAO/WHO. Codex Alimentarius Commission. **Food additives and contaminants**. Joint FAO/WHO Food Standards Programme; ALINORM 01/12A:1- 289, 2001.

FAO Protein and amino acid requirements in human nutrition. Report of Joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation. **WHO Technical Report Series**, N° 935. 2007.

FREITAS, J. B.; NAVES, M. M. V. Composição química de nozes e sementes comestíveis e sua relação com a nutrição e saúde. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 23, n. 2, p. 269-279, 2010.

FITÓ, M.; GUXENS, M.; CORELLA, D.; SAEZ, G.; ESTRUCH, R. Effect of a traditional Mediterranean diet on lipoprotein oxidation: a randomized, controlled trial. **Archives of Internal Medicine**, Chicago, v. 167, n. 11, p. 1195–1203, 2007.

GAO, X., BJORK, L., TRAJKOVSKI, V. & UGGLA, M. Evaluation of antioxidant activities of rosehip ethanol extracts in different test systems. **Journal of the Science of Food and Agriculture** 80, 2021-2027. 2000.

GRIMBLE, R. F. The Effects of Sulfur Amino Acid Intake on Immune Function in Humans. **The Journal of Nutrition**. 136. 2006.

GRUSAK, M. A., DELLAPENNA, D. Improving the nutrient composition of plants to enhance human nutrition and health. Annual Review of **Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, 50, 133–161. 1999.

HALL III, C. Sources of natural antioxidants: oilseeds, nuts, cereals, legumes, animal products and microbial sources. **In** Antioxidantes in food. Practical applications. Pokorny, J.; YANISHLIEVA, N.; GORDON, M., Eds., CRC Press: Boca Raton, US, 2001.

HORWITZ, W. (Ed.). **Official methods of analysis of AOAC International**. 17th ed. GAITHERSBURG, M.D.: AOAC International, 2v. 2000.

JENKINS, D. J.; KENDALL, C. W.; MARCHIE, A.; JOSSE, A. R.; NGUYEN, T. H.; FAULKNER, D.; LAPSELY, K.G.; BLUMBERG, J. Almonds reduce biomarkers of lipid peroxidation in older hyperlipidemic subjects. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 138, n. 5, p. 908-13, 2008.

KAMAL-ELDIN, A. & APPELQVIST, L.A. A química e propriedades antioxidantes de tocoferóis e tocotrienóis. **Lipídios**, 31 (7): 671-701, 1996.

KOCHAR, S. P. Influence of processing on sterols of edible vegetable oils. **Prog. Lipid. Res.** 22, 161-188. 1993.

LAGO, R. C. A., PEREIRA, D. A., SIQUEIRA, F. A. R., SZPIZ, R. R., OLIVEIRA, J. P. Estudo preliminar das sementes e do óleo de cinco espécies da Amazônia. **Acta Amazônica**, 16/17, 369-376. 1987.

LI, D., SALDEEN, T., ROMEO, F., MEHTA, J.L. Relative effects of alpha- and gamma-tocopherol on low-density lipoprotein oxidation and superoxide dismutase and nitric oxide synthase activity and protein expression in rats. **Journal of Cardiovascular Pharmacology and Therapeutics**, 4, 219–226. 1999.

MCDOWELL, L. R. Minerals in animal and human nutrition, 524p. 1992.

MILLER, G. Use of dinitro salicylic acid reagent for determination of reducing sugars. **Anal. Chemistry**, v.31, p. 426-428. 1959.

MORI, S. A., N. P. SMITH, X. CORNEJO; G. T. Prance. **The Lecythidaceae Pages** (<http://sweetgum.nybg.org/lp/index.php>). The New York Botanical Garden, Bronx, New York. 18 March 2010.

MOTTA NETO, R.; GUIMARÃES, S. B.; SILVA, S. L. Glutamine or whey-protein supplementation on alloxan-induced diabetic rats. **Acta Cirúrgica Brasileira**, vol. 22, n.3, p. 215-219, 2007.

NETO, V. Q. BAKKE, O. A. RAMOS, C. M. P. BORA, P. S. LETELIER, J. C. CONCEIÇÃO, M. M. Brazil nut (*Bertholletia excelsa* H.B.K) seed kernel oil: characterization and thermal stability, **Rev Biol e farm**, 03, 01. 2009.

PINHO, R.P., OLIVEIRA, A.F.M., SILVA, S.I. Potential oilseed crops from the semiarid region of northeastern Brazil. **Bioresource Technology**, 100, 6114–6117. 2009.

PIIRONEN, V., LINDSAY, D.G., MIETTINEN, T.A., Toivo J and Lampi AM. Review Plant sterols: Biosynthesis, biological function and their importance to human nutrition. **Journal of**

the **Science of Food and Agriculture**, 80: 939- 966, 2000.

RAMADAN, M. F., SHARANABASAPPA, G., SEETHARAM, Y. N., SESHAGIRI, M., MOERSEL, J-T. Profile and levels of fatty acids and bioactive constituents in mahua butter from fruit-seeds of Buttercup tree (*Madhuca longifolia* Koenig). **European Food Research and Technology**, 222, 710-718. 2006.

RAMADAN, M. F., KINNI, S.G., RAJANA, L.N., SEETHARAM, Y.N., SESHAGIRI, M., MOERSEL, J-T. Fatty acid, bioactive lipids and radical scavenging activity of *Celastrus paniculatus*. **Scientia Horticulturae**, 123, 104-109. 2009.

RIBEIRO, S.R.; PINTO JR., P.E.; MIRANDA, A.C. et al. Weight loss and morphometric study of intestinal mucosa in rats after massive intestinal resection. influence of a glutamine-enriched diet. **Revista do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de São Paulo**, v.59, n.6, p.349-356, 2004.

SAVAGE, G. P., DUTTA, P. C., MCNEIL, D. L. Fatty acid and tocopherol contents and oxidative stability of walnut oils. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, 76, 1059-1063. 1999.

SCHWARTZ, H., OLLILAINEN, V., PIIRONEN, V., LAMPI, A. Tocopherol, tocotrienol and plant sterol contents of vegetable oils and industrial fats. **Journal of Food Composition and Analysis**, 21, 152–16. 2008.

SCHWENKE, D.C. Does lack of tocopherols and tocotrienols put women at increased risk of breast cancer? **Journal of Nutritional Biochemistry**, 13, 2–20. 2002.

SHAHIDI, F., SHUKLA, V.K.S. **Nontriacylglycerol constituents of fats, oils**. *Inform* 7, 1227–1232. 1996.

SCHWARTZ, H.; OLLILAINEN, V.; PIIRONEN, V.; LAMPI, A.M. Tocopherol, tocotrienol, and plant sterol contents of vegetable oils and industrial fats. *J. Food Comp. Anal.* 21: 152-161. 2008.

SILVA, R. F. DA; ASCHERI, J. L. R.; SOUZA, J. M. L. de. Influência do processo de beneficiamento na qualidade de amêndoas de Castanha-do-Brasil. **Ciênc. agrotec.** Lavras, v. 34, n. 2, p. 445-450, 2010.

SILVA, J. M., GARDEN, S. J., PINHO, A. C. The chemistry of isatins: a Review from 1975 to 1999. *Journal of Brazilian Chemical Society*, 12, 273-324. 2001.

SILVA, R. M., SILVA, S. I., NAPOLEÃO, T. H., COELHO, L. C. B. B., PAIVA, P. M. G.; GALLÃO, M. I. Evaluation of protein content and lectin activity in seeds of *Couroupita guianensis* AUBL., *Eschweilera ovata* MIERS. and *Gustavia augusta* L. (Lecythidaceae family). 10th Conference of the international Society for seed Science - ISSS, Salvador – Brazil, 2011.

SINHA, R.; RADHA, C.; PRAKASH, J.; KAUL, P. Whey protein hydrolysate: Functional properties, nutritional quality and utilization in beverage formulation. **Food Chemistry**, Barking, v. 101, n. 4, p. 1484-1491, 2007.

SLAVIN, S.; PETERSEN, G.E; LINDHAL, P.C. Determination of heavy metals in meats by atomic absorption spectroscopy. **Atomic Absorption Newsletter**, 14(3):57-59, 1975.

SOUZA, A. D. L.; ROCHA, A. F. I.; PINHEIRO, M. L. B.; ANDRADE, C. H. S.; GALOTTA, A. L. A. Q.; SANTOS, M. P. S. S. Constituintes químicos de *Gustavia augusta* L. (Lecythidaceae). **Química Nova.**, v. 24, p. 439-442, 2001.

STUHLÍK, M., ZÁK, S., Vegetable lipids as components of functional foods. **Biomedical Papers**, 146, 3–10. 2002.

VALLILO, M.; TAVARES, S.; AUED-PIMENTEL, E.; BADOLATO, S. G.; INOMATA, E. I. Caracterização química parcial de *Lecythis pisonis* Camb. (sapucaia). **Acta Amazônica** 28 (2): 131–140. 1998.

WARNER, K., FRANKEL, E. N. Effect of β -caroteno on light stability of soybean oil. **Journal of the American Oil Chemistry Society**, 64, 113-118. 1987.

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

6 CUTICULAR N-ALKANE OF THE LEAVES OF SEVEN NEOTROPICAL SPECIES OF THE FAMILY LECYTHIDACEAE: A CONTRIBUTION TO CHEMOTAXONOMY

Rejane Maria da Silva^{1*}, Rayane de Tasso Moreira Ribeiro², Renata Janaína Carvalho de Souza³, Antônio Fernando Moraes de Oliveira³, Suzene Izídio da Silva², Maria Izabel Gallão¹

¹Department of Biology, Federal University of Ceará, Campus Pici, Fortaleza, CE, 60.451-760, Brazil.

²Department of Biology, Federal Rural University of Pernambuco, 52171-900, Recife, PE, Brazil.

³Department of Botany, Federal University of Pernambuco, 50670-901 Recife, PE, Brazil.

*Corresponding author. Tel.: +55 85 33669804; fax: +55 85 33669806.

E-mail address: rejanefungi@gmail.com (R. M da Silva).

RESUMO

A Biossíntese a partir de ácidos graxos precursores de cera com cadeia muito longa, os n-alcenos fornecem uma contribuição valiosa para a taxonomia das plantas. Foram investigados os componentes de alcanos epicutículas foliares de sete espécies neotropicais de Lecythidaceae: *Bertholletia excelsa*, *Cariniana legalis*, *Couropita guianensis*, *Eschweilera alvimii*, *Eschweilera ovata*, *Gustavia augusta* e *Lecythis pisonis*. As espécies foram coletadas na região metropolitana da cidade de Recife, Pernambuco, e suas frações de n-alcenos foram analisadas por cromatografia gasosa. As relações químicas entre as espécies foram avaliadas usando correlação copenética e UPGMA. Entre as sete espécies, um total de 15 n-alcenos, com 21-35 átomos de carbono, foi identificado e formou um grupo consistente de *B. excelsa*, *C. guianensis*, *E. ovata*, *G. augusta* e *L. pisonis* com n-C31. A maior similaridade foi encontrada entre *B. excelsa* e *L. pisonis* e entre *C. guianensis* e *G. augusta*. No entanto, uma análise genética baseada em um maior número de espécies é necessária para entender melhor o valor quimiotaxonômico dos n-alcenos epicuticulares dentro das Lecythidaceae.

Palavras-chave: Lecythidaceae, neotrópicos, taxonomia, floresta tropical úmida, cera.

ABSTRACT

Biosynthesized from very long-chain fatty acid wax precursors, *n*-alkanes provide a valuable contribution to the taxonomy of plants. The alkane components of foliar epicuticles of seven neotropical species of Lecythidaceae were investigated: *Bertholletia excelsa*, *Cariniana legalis*, *Couroupita guianensis*, *Eschweilera alvimii*, *Eschweilera ovata*, *Gustavia augusta* and *Lecythis pisonis*. Specimens were collected in the metropolitan area of the city of Recife, Pernambuco, and their *n*-alkane fractions were analyzed by gas chromatography. The chemical relationships among the species were then evaluated using cophenetic correlation and UPGMA. Among the seven species, a total of 15 *n*-alkanes, with 21-35 carbon atoms, were identified and formed a consistent group of *B. excelsa*, *C. guianensis*, *E. ovata*, *G. augusta*, and *L. pisonis* with *n*-C31. The greatest similarity was found between *B. excelsa* and *L. pisonis*, and between *C. guianensis* and *G. augusta*. Nevertheless, a phenetic analysis based on a larger number of species is needed in order to better understand the chemotaxonomic value of epicuticular *n*-alkanes within the Lecythidaceae.

Keywords: Lecythidaceae, neotropics, taxonomy, tropical rain forest, wax.

The family Lecythidaceae A. Rich. is pantropically distributed with around 10 genera and 118 species, most of which Brazilian, with the highest diversity in the neotropical region (SMITH *et al.* 2010). In the state of Pernambuco (Northeast of Brazil), six genera and 14 species are found (BARBOSA, 2006), among which *Gustavia augusta* L., *Eschweilera ovata* (Cambess.) Miers, and *Lecythis pisonis* Camb. are highly prevalent in Atlantic Forest areas (ROCHA *et al.* 2008; SILVA & RODAL 2008).

Previous phytochemical studies of species of Lecythidaceae family have reported the presence of alkaloids, terpenoids (volatile oil, diterpenes, pentacyclic triterpenoids and steroids), proanthocyanidins, flavonoids, and other phenolic substances (COSTA & CARVALHO 2002; JANOVIK *et al.* 2011; FERREIRA *et al.* 2014).

Among these components, alkanes from epicuticular waxes have acquired a very consolidated condition as indicators of taxonomic relations between different plant groups (families, genus and species) (MAFFEI 1996a; MEDINA *et al.* 2006; LI *et al.* 2012). *n*-alkanes are biosynthesized from very long-chain fatty acid (C > 22:0) wax precursors by the decarbonylation pathway (KUNST & SAMUELS, 2003). However, inconsistencies of the alkanes of plant waxes as taxonomic markers have been pointed out; some authors

have observed that the alkane distribution could be strongly affected by several factors, among them the age of the plant organ (STOCKER & WANNER 1975; NORDBY & NAGY 1977; JENKS *et al.* 2001). This molecular alteration in amount and distribution of alkanes in plant leaves may complicate the application of n-alkanes as taxonomic markers (LI *et al.* 2013).

So far, to our knowledge, no chemical studies concerning the epicuticular n-alkane profile have been carried out with species of Lecythidaceae.

In this study the composition of foliar epicuticular alkanes of seven neotropical Lecythidaceae species were studied: *Bertholletia excelsa* Bonpl. (PEUFR 50869), *Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze (PEUFR 50870), *Couroupita guianensis* Aubl. (PEUFR 50625) *Eschweilera alvimii* Mori (PEUFR 50624), *Eschweilera ovata* (Cambess.) Miers (PEUFR 50498), *Gustavia augusta* L. (PEUFR 50499) and *Lecythis pisonis* Camb. (PEUFR 50633). Species were collected in the metropolitan area of the city of Recife (7°94'37" S, 34°88'17" W) in the state of Pernambuco, Brazil, between March of 2010 and June of 2012. Exsiccates of these species were deposited at the Herbarium Vasconcelos Sobrinho (PEUFR) of the Biology Department of the Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE).

In order to obtain the cuticular wax, totally expanded whole fresh leaves, individually, from each species with five replicates underwent two successive washings during 30 s with 800 mL of dichloromethane (CH₂Cl₂) (SOUZA *et al.* 2010). n-alkane fractions were separated by means of TLC and analyzed by GC/EIMS (Shimadzu 17A, Kyoto, Japan). The alkane peaks were identified by comparison with authentic samples n-alkane standard solution C21-C40 (Fluka S.A, Costa Rica) and mass spectrometry (NIST05, Standard Reference Database). The analyses were performed on a DB-Wax fused silica capillary column (polyethylene glycol, 30 m × 0.25 mm, 5% phenyl-95% dimethylpolysiloxane) with helium at a flow rate of 1 cm³.min⁻¹ and split ratio 1:100. Injector and detector temperatures were 300 °C. The temperature of the column moved from 100 °C (3 min) to 230 °C at 3°C.min⁻¹ and was maintained at the final temperature under isothermal conditions for 20 min.

The n-alkane distribution was analyzed through the unweighted pair group method with arithmetic mean (UPGMA) and Euclidean taxonomical distances. The cophenetic correlation was generated (COPH algorithm) to verify the goodness of fit between the groups in the dendrogram and the similarity matrix coefficient. All analyses were carried out using the software NTSYS version 2.11X (ROHLF 2005).

A total of 15 *n*-alkanes with 21-35 carbon atoms were identified. Long-chain *n*-alkanes prevailed, particularly hentriacontane (*n*-C31). In two species (*C. guianensis* and *C. legalis*), tritriacontane (*n*-C33) was the most prevalent and, in *E. alvimii*, heneicosane (*n*-C21) represented over 60% of the cuticular alkanes identified. The quantitative distribution of the *n*-alkanes from the seven Lecythidaceae species studied is shown in Table 1.

A high cophenetic correlation coefficient ($rcoph = 0.964$) was found, which suggests a good fit between the data matrix (Table 13) and the phenogram obtained (Fig. 7). The *n*-alkane profile from *E. alvimii* enabled isolating it from a large group formed by most species. The main reason for this isolation was the exceptionally high content of *n*-C21 in *E. alvimii* of over 60%. Although this species had *n*-C31, the characteristic cuticular alkane of the Lecythidaceae species studied, its content (26%) was lower than those of five species studied, including *E. ovata*, a species of the same genus, but with high *n*-C31 content (57%). In contrast, the *n*-C21 content in *E. ovata* was very low. Thus, the *n*-alkane profiles of these two species are very different. It is also worth pointing out the negligible amount of *n*-C31 in *C. legalis*. Although this species was grouped with most of the species studied, *C. legalis* is clearly isolated within this group. Despite the very small *n*-C21 content, the moderate contents of pentacosane (*n*-C25) and heptacosane (*n*-C27) make the alkane profile of *C. legalis* quite peculiar.

The group formed by *B. excelsa*, *C. guianensis*, *E. ovata*, *G. augusta*, and *L. pisonis* was characterized by the highest contents of *n*-C31 found (38.3 to 57.2%). In this group, the greater similarity between *B. excelsa* and *L. pisonis* and between *C. guianensis* and *G. augusta* were mainly due to the equitable distribution of *n*-C31 and *n*-C33.

All species hereby studied belong to the subfamily Lecythidoideae, which is characterized by genera with fibrous bark, simple, alternate leaves, actinomorphic or zygomorphic flowers, numerous stamens, inferous to superous ovaries, and bitegumented ovules, among other characteristics (PRANCE & MORI 1979). According to Huang *et al.* (2011), the relations within Lecythidaceae are not fully understood, particularly within Lecythidoideae.

The present data, for instance, showed a high similarity between *C. guianensis* and *G. augusta*. However, *C. guianensis* has zygomorphic flowers, ovules inserted along a bilamellar placenta, and indehiscent fruits with lenticular seeds, while *G. augusta* has actinomorphic flowers and is the only Lecythidaceae genus with poricidal anthers and plano-convex cotyledons. These characteristics, except for the indehiscent fruits in

Couroupita, are synapomorphies in both genera (MORI *et al.* 2007).

The results also showed a high similarity between *B. excelsa* and *L. pisonis*. Cladistic analyses based on anatomic and morphologic data of vegetative and reproductive organs place *B. excelsa* in the same clade as other *Lecythis* species (section *Lecythis* A), but *L. pisonis*, the species hereby analyzed, and other species of this genus do not belong to this section. *Lecythis* is not monophyletic according to Huang *et al.* (2011).

According to Mori *et al.* (2015) and Huang *et al.* (2015), *E. alvimii* and *E. ovata* are placed in different clades in Lecythidaceae family, Tetrapetala and Parvifolia, respectively. These species may be differentiated by the ligule morphology, which is double coiled in *E. ovata* and simple in *E. alvimii*. The distribution of these two species in different sections matches the *n*-alkane profile found (Fig. 7).

Several authors have used *n*-alkanes distribution with a chemotaxonomic indicator, such as MAFFEI, 1996b) with species of Apiaceae, Brassicaceae and Leguminosae (SUBFAM. Papilionoideae), Costa Filho *et al.* (2012) with *Croton* L. (Euphorbiaceae) and Silva *et al.* (2012) with species of the genus *Solanum* Subgen. *Leptostemonum* Dunal (Bitter).

Nevertheless, a phenetic analysis based on a larger number of species is needed in order to better understand the chemotaxonomic value of cuticular *n*-alkanes in Lecythidaceae.

Acknowledgements

We thank to “Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel” for the financial support and Dr. Scott Mori for great help in improving the article.

REFERENCES

- BARBOSA M.R., SOTHERS C., MAYO S., ROJAS C.F.L.G., MESQUITA A.C. 2006. **Checklist das plantas do Nordeste Brasileiro: Angiospermas e Gimnospermas**. Brasília, Ministério de Ciência e Tecnologia.
- COSTA FILHO, L.O., SILVA, M.H.M., ALMEIDA-CORTEZ, J.S., SILVA S.I., OLIVEIRA A.F.M. 2012. Foliar cuticular *n*-alkane of some *Croton* species from Brazilian semiarid Vegetation. **Biochemical Systematics and Ecology** 41: 13-15.
- COSTA P.M., CARVALHO, M.G. 2002. New triterpene isolated from *Eschweilera longipes* (Lecythidaceae). **Anais da Academia Brasileira de Ciências** 75: 21-25.
- FERREIRA E.L.F., MASCARENHAS T.S., OLIVEIRA J.P.C., CHAVES M.H., ARAÚJO B.Q, CAVALHEIRO AJ. 2014. Phytochemical investigation and antioxidant activity of extracts of *Lecythis pisonis* Camb. **Journal of Medicinal Plants Research** 8: 353-360.

HUANG Y.Y., MORI S.A., KELLY L.M. 2011. A morphological cladistic analysis of Lecythidoideae with emphasis on *Bertholletia*, *Corythophora*, *Eschweilera* and *Lecythis*. **Brittonia** 63: 396-417.

HUANG Y.Y., MORI S.A., KELLY L.M. 2015. Toward a phylogenetic-based generic classification of neotropical Lecythidaceae-I. Status of *Bertholletia*, *Corythophora*, *Eschweilera* and *Lecythis*. **Phytotaxa** 203: 85-121.

JANOVIK V., BOLIGON A.A., BANDEIRA R.V., ATHAYDE M.L. HPLC/DAD analysis, determination of total phenolics and flavonoid contents and antioxidant activity from the leaves of *Cariniana domestica* (Mart) Miers. **Research Journal of Phytochemistry** 5: 209-215. 2011.

JENKS M.A., ANDERSEN L., TEUSINK, R.S., WILLIAMS M.H. Leaf cuticular waxes of potted rose cultivars as affected by plant development, drought and paclobutrazol treatments. **Physiologia Plantarum** 112: 62-70. 2001.

KUNST L., SAMUELS A.L. Biosynthesis and secretion of plant cuticular wax. **Progress in Lipid Research** 42: 51-80. 2003.

LI N., CHANG W.C., WARUI D.M., BOOKER S.J., KREB C., BOLLINGER JM. Evidence for only oxygenative cleavage of aldehydes to alk (a/e)nes and formate by cyanobacterial aldehyde decarbonylases. **Biochemistry** 51: 7908-7916. 2012.

LI J., HUANG J., GE J., HUANG X., XIE S. Chemotaxonomic significance of n-alkane distributions from leaf wax in genus of *Sinojackia* species (Styracaceae). **Biochemical Systematics and Ecology** 49: 30-36. 2013.

MAFFEI M. Chemotaxonomic significance of leaf wax alkanes in the gramineae. **Biochemical Systematics and Ecology** 24(1): 53-64. 1996a.

MAFFEI, M. Chemotaxonomic significance of leaf wax n-alkanes in the Umbelliferae, Cruciferae and Leguminosae (Subfam. Papilionoideae). **Biochemical Systematics and Ecology** 6: 531-545. 1996b.

MEDINA E.G., AGUIAR M., GOMEZ J., MEDINA J.D., WINTER K. Taxonomic significance of the epicuticular wax composition in species of the genus *Clusia* from Panama. **Biochemical Systematics and Ecology** 34(4): 319-326. 2006.

MORI S.A., TSOU C.C., WU C.C., CRONHOLM B., ANDERBERG A. Evolution of Lecythidaceae with an emphasis on the circumscription of Neotropical genera: information from combined *ndhF* and *trnL-F* sequence data. **American Journal of Botany** 94: 289-301. 2007.

MORI S.A., CAROLLO M.C., HUANG Y.Y., SMITH N.P., MORAES P.C. 2015. The utility of placentation in the circumscription of genera of new world Lecythidaceae (Brazil nut family). **Phytoneuro** 13: 1-46.

NORDBY H.E., NAGY S. 1977. Hydrocarbons from epicuticular waxes of citrus peels. **Phytochemistry** 16: 1393-1397.

PRANCE G.T., MORI S.A. Lecythidaceae - Part I. The actinomorphic-flowered New World Lecythidaceae (*Asteranthos*, *Gustavia*, *Grias*, *Allantoma* & *Cariniana*). **Flora Neotropica Monograph** 21: 1-270. 1979.

ROCHA K.D., CHAVES L.F.C., MARANGON, L.C., SILVA, A.C.B.L. Caracterização da vegetação arbórea adulta em um fragmento de floresta atlântica, Igarassu, PE. **Brazilian Journal of Agricultural Sciences** 3: 35-41. 2008.

ROHLF, F.J. NTSYSpc: Numerical Taxonomy System. New York, Exeter Publishing Ltd. 2005.

SILVA A.C.B.L., RODAL M.J.N. Tree community structure in an urban Atlantic Forest remnant in Pernambuco, Brazil. In: Thomas WW. (ed) The coastal forests of Northeastern Brazil. **New York, Memoirs of the New York Botanical Garden**. p. 511-534. 2008.

SILVA K.M.M., AGRA M.F., SANTOS, D.Y.A.C., OLIVEIRA A.F.M. Leaf cuticular alkanes of *Solanum* subgen. *Leptostemonum* Dunal (Bitter) of some northeast Brazilian species: composition and taxonomic significance. **Biochemical Systematics and Ecology** 44: 48-52. 2012.

SMITH, N.P., MORI, S.A, PRANCE, G.T. Lecythidaceae. **In:** Catálogo de Plantas e Fungos do Brasil. Andrea Jakobsson Estúdio & Instituto de Pesquisas do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Vol. 2, p. 1163. 2010.

SOUZA, R.J.C., SILVA, S.I., OLIVEIRA, A.F.M. Chemical similarity among domesticated and wild genotypes of peanut based on n-alkanes profiles. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 45: 1321-1323. 2010.

STOCKER, H., WANNER, H. Changes in the composition of coffee leaf wax with development. **Phytochemistry** 14 (9): 1919-1920. 1975.

Figure and table legend

Figure 7: Phenogram of UPGMA clustering of Euclidian distance based on the quantitative distribution of cuticular *n*-alkanes from Lecythidaceae species found in the Atlantic Forest (Pernambuco, Brazil). Cophenetic correlation coefficient ($r = 0.964$).

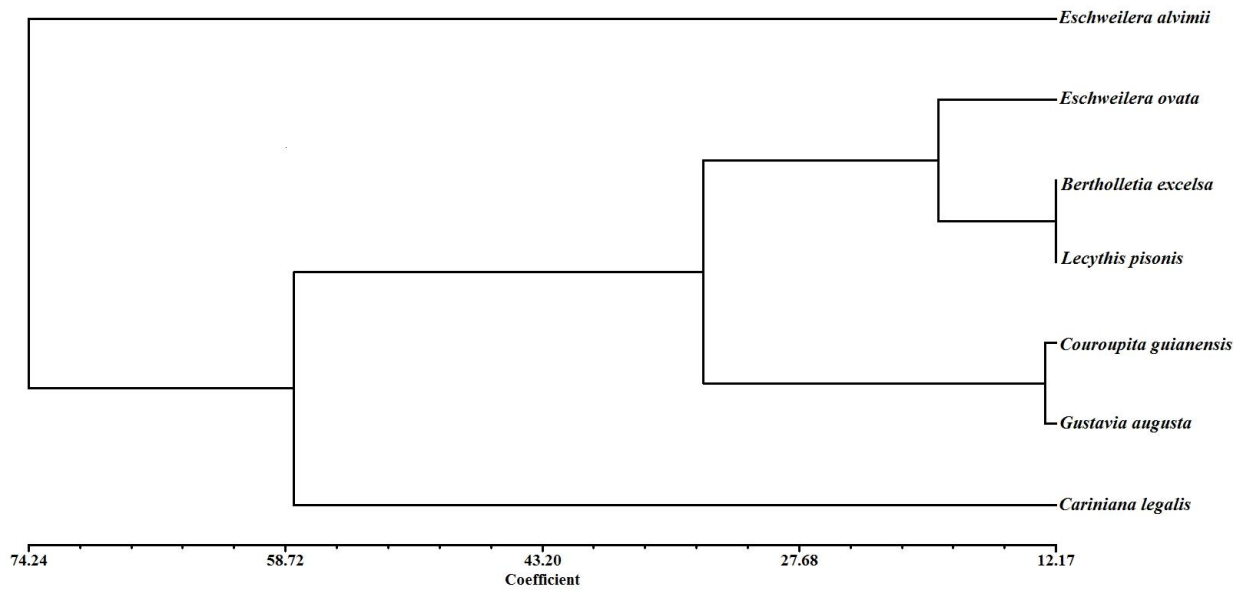


Table 13. Distribution and abundance of foliar epicuticular n-alkanes in seven Lecythidaceae species (Pernambuco, Brazil).

Homólogos de n-alcenos	Espécies						
	<i>Bertholletia excelsa</i>	<i>Cariniana legalis</i>	<i>Couroupita guianensis</i>	<i>Eschweilera alvimii</i>	<i>Eschweilera ovata</i>	<i>Gustavia augusta</i>	<i>Lecythis pisonis</i>
n-21	0,27	0,25	-	62,70	0,10	0,12	-
n-22	0,33	0,65	0,03	0,06	0,11	0,31	0,10
n-23	0,28	0,02	0,11	0,06	0,10	0,33	0,14
n-24	0,86	3,20	0,27	0,05	0,19	0,51	0,42
n-25	0,91	21,65	1,22	0,17	0,28	0,62	0,27
n-26	0,91	3,3	0,05	0,16	0,17	0,43	0,25
n-27	1,09	19,19	1,82	0,20	0,69	0,55	0,66
n-28	0,80	1,49	0,61	0,23	0,64	0,50	0,61
n-29	23,16	12,45	6,31	4,09	23,71	1,90	15,14
n-30	3,55	2,89	1,48	1,47	6,04	0,70	2,20
n-31	45,55	0,22	38,33	26,09	57,25	49,69	49,85
n-32	5,04	5,89	4,71	1,64	4,73	2,88	4,35
n-33	16,67	28,80	44,13	3,01	5,71	41,04	24,48
n-34	0,23	-	0,36	-	0,13	0,14	0,49
n-35	0,26	-	-	-	-	0,20	0,91

- = ausente ou não detectado (concentração < 0,1%)

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS GERAIS

O estudo das sementes de espécies de Lecythidaceae coletadas em Pernambuco mostra que há um potencial a ser explorado nessa família, no entanto, para a consolidação do aproveitamento dessas espécies ainda são necessários estudos complementares que investigue desde os aspectos ecológicos relacionados à distribuição e fenologia das plantas; agronômicos – relativo ao cultivo; químicos - substâncias anti-nutricionais presentes nas sementes e frutos, sais minerais incluindo o selênio, visto ser um mineral presente na castanha do Pará e importante na dieta, vitaminas e carboidratos da parede celular e das fibras.

Tendo em vista os resultados obtidos pode-se dizer que:

As sementes de *E. alvimii*, *E. ovata* e *G. augusta*, apresentam elevados teores de carboidratos totais + fibras, respectivamente, 63,62%, 77,26% e 78,37%, com um total de amido de 50,03% em *E. ovata* e 48,75% em *G. augusta*, chegando a se aproximar do total em amido do grão de milho que tem 63,3% e da raiz da mandioca que é de 60,4%.

E. ovata é rica em amido e tem um total de 36,09% de açúcares fermentescíveis dos quais mais da metade é de glucose 18,54% e quase a metade é de sacarose 14,39%. O percentual total de glucose em *E. ovata* é três vezes maior que o teor total da mandioca (6,53%).

Todas as espécies analisadas possuem elevadas quantidades de ácido linoleico com um teor que vai de 53,94% em *L. pisonis* até 68,55% em *E. ovata*, seguido do ácido oleico. Os total de ácidos insaturados também são elevados com 70,38% (*E. alvimii*) até 81,54% (*E. ovata*).

L. pisonis tem sementes oleaginosas com 58,76% de óleo e uma composição em ácidos graxos, próxima ao da soja com a vantagem de produzir mais óleo, por isso, bastante interessante para uso alimentício e culinário pela população em suas áreas de ocorrência natural.

As sementes de *E. ovata* e *G. augusta*, também apresentam elevados teores de carotenoides totais (634,4µg/g e 316,32 µg/g), respectivamente, essa quantidade de carotenoides são suficientes para suprir as necessidades diárias de um adulto humano. O teor total de carotenoides nessas sementes justifica que mais investigações sejam realizadas para caracterizá-los e testados o seu aproveitamento em alimentos.

Os teores de proteínas foram baixos em *E. ovata*, (7,31%), *G. augusta* (8,51%) e *E. alvimii* (9,55%), e mais alto em *L. pisonis* (20,36%).

Em todas as espécies, os níveis de histidina, isoleucina, treonina e valina atender aos valores de referência, para suprir as necessidades diárias em todas as faixas etárias. Os valores de aminoácidos aromáticos (fenilalanina e tirosina) presentes em concentrações muito mais elevadas do que as determinadas pela FAO, especialmente em *G. augusta*, cujo valor é cerca de oito vezes mais elevada do que o padrão. Já os níveis de aminoácidos sulfurados tiveram maior teor em *E. ovata* e *L. pisonis*. Esses dados são importantes e respalda o uso popular dessas sementes na alimentação, que são consumidas pelo agradável sabor que possuem, e, como mostrado nesse estudo, apresenta uma composição química bastante equilibrada em termos nutricionais.

E. ovata foi a espécie com melhores características para a avaliação da produção de etanol a partir dos carboidratos e açúcares e a partir de 2,5g da massa desidratada de sementes apresentou um rendimento de 0,27g/g, consumo de 59,54% de açúcares fermentescíveis e produção de 5,91 g/L de etanol em 6 horas. A espécie também apresentou uma torta promissora para produção etanol, nessas mesmas condições de análise.

E. ovata é a primeira planta silvestre nativa do Brasil a ter a produção de etanol investigada utilizando-se como matéria-prima o amido das sementes. Os resultados obtidos podem servir de motivação para que se investiguem na flora nativa outras espécies com sementes amiláceas. O conhecimento de novas fontes de amido poderá representar uma alternativa para o uso industrial de espécies convencionais.

Outro aspecto importante relacionado ao conhecimento e aproveitamento de espécies nativas da floresta atlântica é a possibilidade de se intensificar o replantio das mesmas em áreas degradadas e em áreas sujeitas a degradação a fim de recuperá-las.

O conhecimento da composição centesimal e conteúdo total em proteínas, óleos e seus constituintes: ácidos graxos, tocois, fitosteróis e carotenóides das sementes de *Couroupita guianensis*, aliado ao conhecimento do perfil dos principais açúcares, aminoácidos e minerais, contribuem para atrair mais atenção em se avaliar o seu valor nutricional e possível aproveitamento industrial da espécie.

Nesse trabalho também foi feita a primeira reportagem sobre o perfil de *n*-alcanos cuticulares com espécies de Lecythidaceae, fornecendo informações taxonômicas da família, contudo, há ainda a necessidade de uma análise fenética baseada num maior número de espécies para um maior conhecimento do valor quimiotaxonômico dos *n*-alcanos cuticulares em Lecythidaceae.

REFERÊNCIAS

- ADHIKARI, P.; HWANG, K. T.; SHIN, M. K.; LEE, B. K.; KIM, S. K.; KIM, S.Y.; LEE, K. T, KIM, S. Z. Tocols in caneberry seed oils. **Food Chemistry**. v. 1, p. 687-690, 2008.
- AGRA, M. F.; FREITAS, P. F.; BARBOSA-FILHO, J. M. Synopsis of the plants known as medicinal and poisonous in Northeast of Brazil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 17, p. 116-155, 2007.
- AGUILAR, R.; RAMÍREZ, J. A.; GARROTE, G.; VÁZQUEZ, M. Kinetic study of the acid hydrolysis of sugar cane bagasse. **Journal of Food Engineering**, v.55 p. 309-318, 2002.
- AFISJ. **Agriculture and Fisheries Information Service - Jackfruit**, Department of Agriculture. Disponível em: <<http://www.da.gov.ph/tips/jackfruit.pdf> Acesso em: 3/9/2011. 2011.
- AHMAD, M.U., HUSAIN, S.S., OSMAN, K.M., Ricinoleic acid in *Phyllanthus niruri* seed oil. **J. Amer. Oil Chem. Soc.** 58, 673-674. 1981.
- ALMEIDA, M.F.O., MELO, A.C.R., PINHEIRO, M.L.B., SILVA, J.R.A., SOUZA, A.D.L., BARISON, A., CAMPOS, F.R.A.F.A., MACHADO, G.M.C., LEON, L.L.P., Constituintes químicos e atividade Leishmanicida de *Gustavia elliptica* (Lecythidaceae). **Quím. Nova**, 34, 7. 2011.
- AKINTAYO, E. T., BAYER, E. Characterisation and some possible uses of *plunkenetia conophora* and *Adenopus breviflorus* seeds and seed oils. **Bioresource Technology**, 85, 95-97. 2002.
- ALMEIDA, K. C. L. DE; BOAVENTURA, G. T.; GUZMAN-SILVA, M. A. A linhaça (*Linum usitatissimum* L.) como fonte de ácido α -linolênico na formação da bainha de mielina. **Rev. Nutr.**, Campinas, v.22, p. 747-754. 2009.
- ALMEIDA, M. F. O.; MELO, A. C. R.; PINHEIRO, M. L. B.; SILVA, J. R. A.; SOUZA, A. D. L.; BARISON, A.; MACHADO, G. M. C.; LEON, L. L. P. Constituintes químicos e atividade Leishmanicida de *Gustavia elliptica* (Lecythidaceae) **Química Nova**, v. 34, p. 231-244, 2011.
- ALVES JÚNIOR, T. F.; GUIMARÃES, F. J. P.; FERREIRA, R. L. C.; MARANGON, L. C.; SILVA, J. A. A.; APARÍCIO, P. S. Estrutura diamétrica de um fragmento de Floresta Atlântica em matriz de cana-de-açúcar, Catende, Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.13, p. 328-333, 2009.
- AMARAL, J.S., CASAL, S., PEREIRA, J. A., SEABRA, R. M. A., OLIVEIRA, B. P. P. Determination of Sterol and Fatty Acid Compositions, Oxidative Stability, and Nutritional Value of Six Walnut (*Juglans regia* L.) Cultivars Grown in Portugal. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 51, 7698-7702. 2003.

AMARAL L.I.V., GASPAR M., COSTA P.M.F., AIDAR M.P.M., BUCKERIDGE M.S. Novo método enzimático rápido e sensível de extração e dosagem de amido em materiais vegetais. **Hoehnea** 34: 425-431. 2007.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS, **Official methods of the Association of the Agricultural Chemists**. 2, 1175. 2000.

ANDRADE, E. H. A.; MAIA, J. G. S.; STREICH, R.; FRIEDHELM, M. Seed Composition of Amazonian Lecythidaceae species. **Journal of Food composition and Analysis**, v. 12, p. 37-51, 1999.

ANDRADE, E. H. A.; ZOGHBI, M. G. B.; MAYA, J. G. S. The volatiles from flowers of *Couroupita guianensis* Aubl., *Lecythis usitata* Miers. var. *paraensis*, *Eschweilera coriacea* Mori (Lecythidaceae). **Journal of Essential Oil Research**, v. 12, p. 163-166, 2000.

ANJANEYULU, R. A new ketosteroid from the bark of *Couroupita guianensis* Aubl. **Indian Journal Chemistry Section B: Organic Chemistry**, v. 37, p. 382-386, 1998.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. 2003. **Resolução RDC n° 360 de 26/12/2003**.

ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária), **Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional**. 2003.

ARAÚJO, V. F.; PETRY, A. C.; ECHEVERRIA, R. M.; FERNANDES, E. C.; PASTORE JR, F. **Plantas da Amazônia para produção cosmética: uma abordagem química - 60 espécies do extrativismo florestal não-madeireiro da Amazônia**. Brasília: Universidade de Brasília, 244 p. 2005.

ASTORG, P. Food carotenoids and cancer prevention: An overview of current research. **Food Science and Technology**. v. 8, p. 406-13, 1997.

BAFNA, A.R., MISHRA, S.H., DEODA, R.S., BAFNA, P.A., KALE, R.H., In vitro antioxidant activity of ethyl acetate fraction of water extract of flowers of *Couroupita guianensis*. **Int. J. Pharm. Sci.** 3, 110-112. 2011.

BANDELIER, J.; CHUNHIENG, M.; OLLE, M.; MONTET, D. Original study of the biochemical and oil composition of the Cambodia nut (*Irvingia malayana*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**., v. 50, p. 1478-1482, 2002.

BARATA, E. A. F. **Cosméticos: Arte e Ciência**. Lisboa: Lidel, 2002.

BARBOSA, M. R.; SOTHERS, C.; MAYO, S.; GAMARRA-ROJAS, C. F. L.; MESQUITA, A. C. (Eds.). **Checklist das plantas do Nordeste Brasileiro: Angiospermas e Gimnospermas**. Brasília: Ministério de Ciência e Tecnologia, 2006.

BARBOSA M.R., SOTHERS C., MAYO S., ROJAS C.F.L.G., MESQUITA A.C. **Checklist das plantas do Nordeste Brasileiro: Angiospermas e Gimnospermas**. Brasília, Ministério de Ciência e Tecnologia. 2006.

BARNETT, J. A. Beginnings of microbiology and biochemistry: the contribution of yeast research. **Microbiology**, v. 149, p. 557-567, 2003.

BELITZ, H. D.; GROSH, W. **Química de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 231 p. 1992.
BELITZ, H-D., GROSCH, W., SCHIEBERLE, P. Lipids. In: **Food Chemistry**. 3rd rev.ed.; Springer-Verlag: Berlin, Germany, 231-232. 2004.

BERGMAN, J.; LINDSTROM, J.; TILSTAM, U. The structure and properties of some indolic constituents in *Couroupita guianensis* Aubl. **Tetrahedron**, v. 41, p. 2879-2881, 1995.

BERGMAN J, LINDSTROM JO, TILSTAM U. The structure and properties of some indolic constituents in *Couroupita guianensis* Aubl. **Tetrahedron**; 41:2879-2881. 1985

BEWLEY, J. D.; BRADFORD, K. J.; HILHORST, H. W. M.; NONOGAKI, H. **Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy**. New York: Springer, 2013.
BIESALSKI, H. K.; TINS, J. Nutritargeting. **Advances in food and Nutritional Reasearch.**, San Diego, v. 54, p. 179-217, 2008.

BOESEWINKEL, F. D.; BOUMAN, F. The seed: structure and function. In: Kigel, J.; Galili, G. (Eds.) **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker, p. 1-24. 1995.

BONARTES, L. C. M.; ROCHA, J. S.; ABREU, F. J.; SILVA, A. J. P. Etnobotânica do Berimbau. I – Qualidade Industrial. In: Congresso Nacional de Botânica, Salvador. **Resumos do Congresso Nacional de Botânica**. Salvador, 150p. 1998.

BORÉM, R. A. T.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. Fitossociologia do estrato arbóreo em uma toposeqüência alternada de mata atlântica, no município de Silva Jardim, RJ, Brasil. **Revista Árvore**. v. 26, p.727-742, 2002.

BORSOI, M. A. **Nutrição e dietética**: Noções básicas. São Paulo: SENAC-SP, 2001.
BOZAN, B., TEMELLI, F. Chemical composition and oxidative stability of flax, safflower and poppy seed and seed oils. **Bioresource Technology**, 99, 6354–6359. 2008.

BOTREL, R.T., Composição florística e estrutura da comunidade arbórea de um fragmento de floresta estacional semidecidual em Ingaí (MG) e a influência de variáveis ambientais na distribuição das espécies. **Rev. Bras. Bot.** 25, 195-213. 2002.

BOZZA, G. Estimativa de safra de milho nos EUA. **Boletim Técnico**. v. 974, 2007.

BRADFORD, M.M., A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Anal. Biochem.** 72, 248-254. 1976.

BRAGA, L. F.; SOUSA, M. P.; GILBERTI, S.; CARVALHO, M. A. C. Caracterização morfométrica de sementes de castanha de Sapucaia (*Lecythis Pisonis* Cambess - Lecythidaceae). **Alta Floresta**. v. 5, p.111-116, 2007.

BRASIL. **Alimentos regionais brasileiros**. Brasília: Ministério da Saúde, 2002.

BRASIL. **Avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente (MMA), 404 p. 2002.

BRASIL. **Projeto Potencialidades regionais estudo de viabilidade econômica: Plantas para uso medicinal e cosmético**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, 2003.

BRASIL. Resolução – RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. Aprova o regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 23 de setembro de 2005.

BRAVO, E. **Agrocombustíveis, cultivos energéticos e soberania alimentar na América Latina aquecendo o debate sobre agrocombustíveis**. Terra de Direitos. São Paulo, 2007.
BRUNETON, J. **Pharmacognosy, phytochemistry, medicinal plants**. Andover: Intercept, 1119 p. 1999.

BRUNI, D.S. et al. Aspectos fisiopatológicos e assistenciais de enfermagem na reabilitação da pessoa com lesão medular. **Revista Escola Enfermagem USP**, v.38, n.1, p.71-79, 2004.
BERGMLAN, J.; **Phytochemistry**. 18, 3547. 1984.

BRUZZETTI, C.A.R., Produção de girassol. **Óleos e Grãos**. 46, 34-38. 1999.

BUCKERIDGE, M. S.; REID, J. S. G. Major cell wall storage polyssacharides in legume seeds: structure, catabolism and biological functions. **Ciência e Cultura**. v. 48, p. 153-162, 1996.

BURTON, G.W. Vitamin E: molecular and biological function. **Proceedings of the Nutrition Society**, 53, 251–262. 1994.

CABELLO, C. Extração e pré-tratamento químico de frutanos de yacon (*Polymnia sonchifolia*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**., v. 25, p. 202-207, 2005.

CABELLO, C. SALLA, D.A. **balanços de massa do etanol, água, CO₂ e efluentes no processamento industrial da mandioca para produção de etanol**. Botucatu, 4p. 2008.

CAMACHO, I. A. O. **Produção de resíduos sólidos de Matérias-primas amiláceas na fabricação de bioetanol para análise de segurança em alimentação de ratos wistar**. Tese de doutorado, Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu, 2013.

CAMARGO, J.L.C., FERRAZ, I.D.K., PROCÓPIO, L.C., Castanha-de-macaco *Cariniana micrantha* Ducke. **Informativo Técnico/Rede de Sementes da Amazônia**, 15. 2007.

CARRERO, J. J.; MARTÍN-BAUTISTA, E.; BARÓ, L.; FONOLLÁ, J.; JIMÉNEZ, J.; BOZA, J. J.; LÓPEZ-HUERTAS, E. Cardiovascular effects of Omega-3-fatty acids and alternatives to increase their intake. **Nutrición Hospitalaria**. v. 20, p. 63-69, 2005.

CARVALHO, M. G.; RINCON, V. J.; OLIVEIRA, L. F.; BEZERRA, F. B. Triterpenos isolados de *Eschweilera longipes* Miers (Lecythidaceae). **Química Nova**. v. 21, p. 740-743, 1998.

CARVALHO, I.M.M., QUEIRÓS, L.D., BRITO, L.F., SANTOS, F.A., BANDEIRA, A.V.M., SOUZA, A.L., QUEIROZ, J.H., Caracterização química da castanha de sapucaia (*Lecythis pisonis* Cambess.) da região da Zona da mata Mineira. **Biosci. J.** 28, 971-977. 2012.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção.** 4. ed. Jaboticabal: Funep, 2000.

CARVALHO, I. M. M.; QUEIRÓS, L. D.; BRITO, L. F.; SANTOS, F. A.; BANDEIRA, A. V. M.; SOUZA, A. L.; QUEIROZ, J. H. Caracterização química da castanha de sapucaia (*Lecythis pisonis* Cambess.) da região da Zona da Mata Mineira. **Bioscience Journal**, v. 28, p. 971-977, 2012.

CAVALCANTI A.D.C. E SANTOS, F.A.M. Densidade populacional e estrutura de tamanho de *Eschweilera ovata* (Cambess.) Miers (Lecythidaceae) em uma paisagem fragmentada de mata Atlântica. **Anais do III Congresso Latino Americano de Ecologia**, 10 a 13 de Setembro de 2009, São Lourenço – MG. 2009.

CEREDA, M. P.; TAKAHASHI, M. Cassava wastes: their characterization, and uses and treatment in Brazil. In: Dufour, D.; O'Brien, G. M.; Best, R. (Eds.). **Cassava flour and starch: progress in research and development.** Colombia: CIAT. Publicação n. 271, chapter 25, p. 221-232, 1996.

CEREDA, M.P. **Propriedades gerais do amido.** São Paulo: Fundação Cargill, 221 p. 2002.
CHEN, J. C. P.; CHOU, C. **Cane Sugar Handbook.** A manual for cane sugar manufacturers and their chemists. 12. ed. New York: John Wiley & Sons, 1993.

CHUNHIENG, T.; PRETITIS, K.; ELFAKIR, C.; BROCHIER, J.; GOLI, T. and Montet, D. Study of selenium in the protein fractions of the Brazil nut, *Bertholletia excelsa*. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, Canada, v. 52, n. 13, p. 4318-4322, 2004.

CINELLI, B. A. **Produção de etanol a partir da fermentação simultânea à hidrólise do amido granular de resíduo agroindustrial.** Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 183 p. 2011.

CODEX ALIMENTARIUS. **Norma para los aceites de oliva y aceites de orujo de oliva Codex Stan 33-1981.** Disponível em: <http://www.codexalimentarius.1981.net/download/standards/88/CXS_033s.pdf> Acesso em: 01. Ago. 2012.

.net/download/standards/88/CXS_033s.pdf> Acesso em: 01. Ago. 2012.

COLLATO, V. <http://apache.camara.gov.br/portal/arquivos/Camara/internet/comissoes/capadr/subcomissoes/rel2agroenergia130808.pdf>, acessada em Janeiro e Novembro 2010.

CORADIN, L.; SIMINSKI, A.; REIS, A. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro – Região Sul.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente-MMA, 934 p. 2011.

CORDEIRO, A. **Etanol para alimentar carros ou comida para alimentar gente, in Impactos da indústria canavieira no Brasil.** Brasília: Plataforma BNDES/IBASE, 2008.

CORRADINI, E.; LOTTI, C.; MEDEIROS, E. S. DE; CARVALHO, A. J. F.; CURVELO, A. A. S.; MATTOSO, L. H. C. Estudo comparativo de amidos termoplásticos derivados do milho com diferentes teores de amilose. **Polímeros**. v. 15, p. 268-273, 2005.

CORNEJO, X.; MORI, S. A. A porca de Família no Brasil, no Equador. Disponível em: <<http://sweetgum.nybg.org/lp/ecuador.php>>. Acesso em: 08. Set. 2013.

CORTE, B. V.; BORGES, E. E. L.; PONTES, C. A.; LEITE, I. T. A.; VENTRELLA, M. C.; MATHIAS, A. A. Mobilização de reservas durante a germinação das sementes de *Caesalpinia peltophoroides* Benth. (Leguminosae Caesalpinioideae). **Revista Árvore**. v. 30, p.941-949, 2006.

COSTA, N.M.B. Alimentos: componentes nutricionais e funcionais. **In:** Costa, N.M.B.; Borém, A. (Ed.). Biotecnologia e nutrição: saiba como o DNA pode enriquecer os alimentos. São Paulo: Nobel, p. 31-69. 2003.

COSTA, P. M.; CARVALHO, M. G. New triterpene isolated from *Eschweilera longipes* (Lecythidaceae). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. v. 75, p. 21-25, 2003.

COSTA JÚNIOR, R. F.; FERREIRA, R. L. C.; RODAL, M. J. N.; FELICIANO, A. L. P.; MARANGON, L. C.; SILVA, W. C. Estrutura fitossociológica do componente arbóreo de um fragmento de Floresta Ombrófila Densa na Mata Sul de Pernambuco, Nordeste do Brasil. **Ciência Florestal**. v.18, p.173-183, 2008.

COSTA, M. R. **Estudo comparativo das hidrólises ácida e enzimática de matérias primas amiláceas visando à obtenção de etanol**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Alagoas. Maceió, 109p. 2010.

COSTA FILHO, L.O., SILVA, M.H.M., ALMEIDA-CORTEZ, J.S., SILVA S.I., OLIVEIRA A.F.M. Foliar cuticular n-alkane of some *Croton* species from Brazilian semiarid Vegetation. **Biochemical Systematics and Ecology** 41: 13-15. 2012.

COSTA NETO, P. R. **Estudos Preliminares sobre Alterações e Purificação do óleo de Soja usado em Frituras Múltiplas**.1993. Dissertação - Mestrado em Tecnologia Química, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1993.

COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. SP: Manole, p. 67-175, 2007.

CUNHA, S. C., AMARAL, J. S., FERNANDES, J. O., OLIVEIRA, M. B. P. P. 2006. Quantification of tocopherols in Portuguese olive oils using HPLC with three different detection systems. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 54, 3351-3356.

DAL MOLIN, V.T.S. **Avaliação Química e Sensorial do Grão da Aveia em diferentes formas de Processamento**. Santa Maria, 80p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria. 2011.

DAVE, G. R.; PATEL, R. M.; PATEL, R. J. Characteristics and composition of seeds and oil of *Couroupita guianensis* Aubl. **European Journal of Lipid science and technology**., v. 87, 1985.

DECLAIR, V., CARMONA, M.P., CRUZ, J.A., Ácidos graxos essenciais (AGES). Protetores celulares dos mecanismos agressivos da lesão hipóxica. **Dermat. Atual**, 4, 2-7. 1998.

DECLAIR, V., Tratamento de úlceras crônicas de difícil cicatrização com ácido linoleico. **J. Bras. Med.** 282, 36-41. 2002.

DENADAI, B. S.; RUAS, V. D.; FIGUEIRA, T. R. Maximal lactate steady state concentration independent of pedal cadence in active individuals. **European Journal of Applied Physiology**. v. 96, p. 477-480, 2006.

DENADAI, S. M. S.; HIANE, P. A.; MARANGONI, S.; BALDASSO, P. A.; MIGUEL, A. M. R. O.; MACEDO, M. L. R. In vitro digestibility of globulins from sapucaia (*Lecythis pisonis* Camb.) nuts by mammalian digestive proteinases. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 27, p. 535-543, 2007.

DENARDIN, C. C.; SILVA, L. P. Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. **Ciência Rural**., v. 39, p. 945-954, 2009.

DIAS, G. M. G. **Caracterização morfológica e citométrica de genótipos e resposta de silício ao cultivo in vitro de antúrio**. 2013. 117 f. Tese. Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

DIEMAIR, W., **Laboratorium sbuch fur lebensmittel - chemiker** (Drisden: Verlag Von Theodor Steinkopff). 1963.

DIETARY REFERENCE INTAKES. **Dietary reference intakes for water, potassium, sodium, chloride and sulfate**. 2004.

DIMITROV T, MIHAYLOVA G, BOYCHEVA S, NAYDENOVA N, TSANKOVA M., Changes in the amino acid composition of buffalo milk after chemical activation of its 2007. lactoperoxidase system. **Ita J. Anim. Sci.**, 6, 1050-1052.

EKNAT, A. A.; SHIVCHANDRAJI, L. K. Beta - amirin palmitate isolation on from *Couroupita guianensis* Aubl. leaves. **Indian Drugs**, v. 39, p. 213-216, 2002.

EL-SEEDI, H. Coumarins, benzoic acids and terpenoids from *Palicourea demissa*. **Revista Latinoamericana de Química**. v. 27, p. 13-16, 1999.

ELUMALAI, A., NARESH, V., ESWARAI AH, M.C., NARENDAR, P., KUMAR, R., Evaluation of Antiulcer Activity of *Couroupita guianensis* Aubl Leaves. **Asian J. Pharm. Tech.**, 2, 64-66. 2012.

EMBRAPA. **Panorama mundial do trigo no Fórum Nacional**. Disponível em: <http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2010/maio/1a-semana/panorama-mundial-do-trigo-no-forum-nacional>. Acesso em: 05. Set. 2013.

EVERS, A. D.; BLAKENEY, A. B.; O'BRIEN, L. Cereal structure and composition. **Australian Journal of Agricultural Research**., v. 50, p. 629-650, 1999.

FACUNDO, V.A., SILVEIRA, A.S.P., FILHO, R.B., PINTO, A.C., REZENDE, C.M., Chemical constituents of *Zanthoxylum ekmanii*. **Quím. Nova**. 28, 224-225. 2005.

FAO (2007) Protein and amino acid requirements in human nutrition. Report of Joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation. WHO Technical Report Series, N° 935.

FAO/WHO. Codex Alimentarius Commission. **Food additives and contaminants**. Joint FAO/WHO Food Standards Programme; ALINORM 01/12A:1- 289, 2001.

FAO. **FAO Production yearbook for 1992**. v. 46. FAO. Roma. 1992.

FAO Protein and amino acid requirements in human nutrition. Report of Joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation. **WHO Technical Report Series**, N° 935. 2007.

FACANALI, R. **Caracterização da diversidade genética e da composição química do óleo essencial de populações de *Ocimum selloi* Benth.** 2004. Dissertação -Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

FARIA, A. A.; LELES, M. I. G.; IONASHIRO, M. Estudo da Estabilidade Térmica de Óleos e Gorduras Vegetais por TG/DTG e DTA. **Eclética Química.**, v. 27, p. 111-119, 2002.

FARNSWORTH, N. Testando plantas para novos remédios. *In: Biodiversidade*. WILSON, E. O. (Org.). São Paulo: Editora Nova Fronteira, 107 p. 1977.

FAVA A. R.; Atletas ingerem garapa para repor energia. **Jornal da Unicamp**. 18:(250), 8. 2004.

FEITOSA, A. A. N. **Diversidade de espécies florestais arbóreas associada ao solo em topos sequência de fragmento de mata atlântica de Pernambuco**. Dissertação de Mestrado. Curso de Ciência do Solo, UFRPE, 2004.

FERRAZ, E. M. N.; RODAL, M. J. N. Caracterização fisionômica-estrutural de um remanescente de Floresta Ombrófila Montana de Pernambuco, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**. v. 20, p. 911-926, 2006.

FELIX, R. A. Z. **Efeito alelopático de extratos de *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith sobre a germinação e emergência de plântulas**. 2012. Tese. Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.

FERRARI, R.A.; OLIVEIRA, V.S.; SCABIO, A. Óleo neutro de soja usado em fritura como matéria – prima para produção de biodiesel. *In: Encontro Regional Sul de Ciência e Tecnologia de Alimentos*, VIII, p. 434-438, 2003.

FERRAZ, E. M. N.; RODAL, M. J. N. Caracterização fisionômica-estrutural de um remanescente de Floresta Ombrófila Montana de Pernambuco, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, v. 20, p. 911-926, 2006.

FERREIRA, E. A.; DEMUNER, A. J.; SILVA, A. A.; SANTOS, J. B.; VENTRELLA, M. C.; MARQUES, A. E.; PROCÓPIO, S. O. Composição química da cera epicuticular e caracterização da superfície foliar de genótipos de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 23, p. 611-619, 2005.

- FERREIRA E.L.F., MASCARENHAS T.S., OLIVEIRA J.P.C., CHAVES M.H., ARAÚJO B.Q, CAVALHEIRO AJ. Phytochemical investigation and antioxidant activity of extracts of *Lecythis pisonis* Camb. **Journal of Medicinal Plants Research** 8: 353-360. 2014.
- FIORATTI, A. B.; GEBARA, K. S.; LIMA, M. M. S.; CARDOSO, M. L. C. Avaliação da atividade antioxidante de *Eschweilera sp.* e desenvolvimento de cosmecêuticos contendo extratos naturais. **Arquivos Mundi.**, v. 1, p. 153, 2007.
- FITÓ, M.; GUXENS, M.; CORELLA, D.; SAEZ, G.; ESTRUCH, R. Effect of a traditional Mediterranean diet on lipoprotein oxidation: a randomized, controlled trial. **Archives of Internal Medicine**, Chicago, v. 167, n. 11, p. 1195–1203, 2007.
- FLEXOR, G. Expectativas Energéticas e Investimentos Estrangeiros no Setor Sucroalcooleiro Brasileiro. **Artigos Mensais OPPA.**, v. 5, 2007.
- FRANCO, G. Tabela de composição química dos alimentos. 9.ed. Rio de Janeiro: **Atheneu**, 307p.2005.
- FREITAS, S. P.; GARCIA, T. N.; LAGO, R. C. A. **Green coffee oil extraction with ethyl alcohol**. In: LIPIDEX SUDAMERICA, Buenos Aires: Asaga, p. 35, 2001.
- FREITAS, S. P.; FREITAS-SILVA, O.; MIRANDA, I. C.; COELHO, M. A. Z. Extração e fracionamento simultâneo do óleo da castanha do Brasil com etanol **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, p. 14-17, 2007.
- FREITAS, J. B.; NAVES, M. M. V. Composição química de nozes e sementes comestíveis e sua relação com a nutrição e saúde. **Revista de Nutrição.**, v. 23, p. 269-279, 2010.
- GAITHERSBURG, MARYLAND: AOAC, **Chapter 45, met. 985.29**, p. 101-102. 2010.
- GAITHERSBURG, MARYLAND: AOAC, Chapter 44, met. 925.49C, p. 24; met. 925. 45, p. 2. and met. 985.35 e 984.27, p. 15-18. 2010.
- GAO, X., BJORK, L., TRAJKOVSKI, V. & UGGLA, M. Evaluation of antioxidant activities of rosehip ethanol extracts in different test systems. **Journal of the Science of Food and Agriculture** 80, 2021-2027. 2000.
- GAZIANO, J. M.; HENNEKENS, C. H. The role of beta-carotene in the prevention of cardiovascular disease. **Annals of the New York Academy of Sciences**. v. 691, p. 148-155, 1993.
- GONÇALVES, J.F.C., FERNANDES, A.V., OLIVEIRA, A.F.M., RODRIGUES, L.F., MARENCO, R.A., Primary metabolism components of seeds from Brazilian Amazon tree species. **Braz. J. Plant. Physiol.** 14, 139-142. 2002.
- GONÇALVES, J. F. C.; LIMA, R. B. S.; FERNANDES, A.V.; BORGES, E. E. L.; BUCKERIDGE, M. S. Caracterização fisiológica e bioquímica do açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) durante a germinação de sementes e crescimento de mudas em condições aeróbias e anaeróbias. **Revista Árvore**. v. 34, p. 1045-105, 2010.

- GOUVEIA, P. S. **Padrão de atividades, dieta e uso do espaço de um grupo de *Cebus xanthosternos* (Wied-Neuwied, 1820) (Primates, Cebidae), na reserva Biológica de Una, Bahia, Brasil.** 2009. Dissertação. Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2009.
- GRENAND, P.; MORETTI, C.; JACQUEMIN, H.; **Pharmacopées traditionnelles en Guyane, (Créoles, Palikur, Wayâpi).** Paris: Institut François de Recherche Scientifique Pour Le Développement en Coopérat, 1987.
- GRIMBLE, R. F. The Effects of Sulfur Amino Acid Intake on Immune Function in Humans. **The Journal of Nutrition.** 136. 2006.
- GRUSAK, M. A., DELLAPENNA, D. Improving the nutrient composition of plants to enhance human nutrition and health. Annual Review of **Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, 50, 133–161. 1999.
- GUILBOT, A.; MERCIER, C. STARCH. In: **The polysaccharides**, v. 3, p. 209-273, 1985.
- GUIMARÃES, F. J. P.; FERREIRA, R. L. C.; MARANGON, L. C.; SILVA, J. A. A.; APARÍCIO, P. S.; ALVES JÚNIOR, F. T. Estrutura de um fragmento florestal no Engenho Humaitá, Catende, Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** v. 13, p.940-947, 2009.
- GUPTA, V. H.; GUNJAL, M. A.; WANKHEDE, S. S; DESHMUKH, V. S.; JUVEKAR, A. R. Neuropharmacological Evaluation of the Methanolic Extract of *Couroupita guianensis* Aubl. Flower in Mice. **Int. J. Pharm. Phytopharmacol. Res.** v. 1(5), p. 242-246, 2012.
- GUSSON, E. **Uso e diversidade genética em populações naturais de biriba (*Eschweilera ovata* [Cambess.] Miers): subsídios ao manejo e conservação da espécie.** Piracicaba, 91 p. 2003.
- GUSSON, E.; SEBBENN, A. M.; KAGEYAMA, P. Y. Sistema de reprodução em populações de *Eschweilera ovata* (Cambess.) Miers. **Revista Árvore.**, v. 30, p. 491-502, 2006.
- GUNSTONE, F. D. **The Chemistry of Oils and Fats: Sources, Composition, Properties and Uses.** USA: CRC Press, 307p. 2004.
- HAGEN, S. R., FROST, B., & AUGUSTIN, J. Pre-column phenylisothiocyanate derivatization and liquid chromatography of amino acids in food. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**, 72(6), 912-916. 1989.
- HALL, M.B. **Neutral detergent-soluble carbohydrates nutritional relevance and analysis. A laboratory manual.** Gainesville: University of Florida, 42p. 2000.
- HALL III, C. Sources of natural antioxidants: oilseeds, nuts, cereals, legumes, animal products and microbial sources. In **Antioxidantes in food. Practical applications.** Pokorny, J.; YANISHLIEVA, N.; GORDON, M., Eds., CRC Press: Boca Raton, US, 2001.
- HARRIS, W. S. The omega-3 index as a risk factor for coronary heart disease. **American Journal of Clinical Nutrition.**, v. 87, p. 1997-2002, 2008.
- HELDT, H. W. **Plant biochemistry.** 3. ed. San Diego: Elsevier Academic Press, 629p. 2005.

HORWITZ, W. (Ed.). **Official methods of analysis of AOAC International**. 17th ed. GAITHERSBURG, M.D.: AOAC International, 2v. 2000.

HORWITZ, W., LATIMER, J.R., GEORGE, W. (Eds.). **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 18th ed. 2005. Current Through 3, 2010.

HUANG Y.Y., MORI S.A., KELLY L.M. A morphological cladistic analysis of Lecythidoideae with emphasis on *Bertholletia*, *Corythophora*, *Eschweilera* and *Lecythis*. **Brittonia** 63: 396-417. 2011.

HUANG Y.Y., MORI S.A., KELLY L.M. Toward a phylogenetic-based generic classification of neotropical Lecythidaceae-I. Status of *Bertholletia*, *Corythophora*, *Eschweilera* and *Lecythis*. **Phytotaxa** 203: 85-121. 2015.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estudo nacional da despesa familiar: **Tabela de composição de alimentos**. 5ed. Rio de Janeiro: Varela, 137p. 1999.

IOM, **Dietary Reference Intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc**. 2001.

JANOVIK V., BOLIGON A.A., BANDEIRA R.V., ATHAYDE M.L. HPLC/DAD analysis, determination of total phenolics and flavonoid contents and antioxidant activity from the leaves of *Cariniana domestica* (Mart) Miers. **Research Journal of Phytochemistry** 5: 209-215. 2011.

JARDIM, M. A. G.; MEDEIROS, T. D. S. Plantas oleaginosas do estado do Pará: composição florística e usos medicinais. **Revista Brasileira de Farmácia**, v. 87, p.124-127, 2006.

JENKINS, D. J.; KENDALL, C. W.; MARCHIE, A.; JOSSE, A. R.; NGUYEN, T. H.; FAULKNER, D.; LAPSELY, K.G.; BLUMBERG, J. Almonds reduce biomarkers of lipid peroxidation in older hyperlipidemic subjects. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 138, n. 5, p. 908-13, 2008.

JENKS M.A., ANDERSEN L., TEUSINK, R.S., WILLIAMS M.H. Leaf cuticular waxes of potted rose cultivars as affected by plant development, drought and paclobutrazol treatments. **Physiologia Plantarum** 112: 62-70. 2001.

KAMAL-ELDIN, A. & APPELQVIST, L.A. A química e propriedades antioxidantes de tocoferóis e tocotrienóis. **Lipídios**, 31 (7): 671-701, 1996.

KAUR, C.; KAPOOR, H. C. Antioxidants in fruits and vegetables. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 36, p. 703-725, 2001.

KOCHAR, S. P. Influence of processing on sterols of edible vegetable oils. **Prog. Lipid. Res.** 22, 161-188. 1993.

KRINSKY, N. I. Actions of carotenoids in biological systems. **Annual Review of Nutrition**, v. 13, p. 561-587, 1993.

KUHN, K.; SCHLAUCH, S. Comparative study about commercially available starches for high shear and high temperature applications in food. **Starch/Stärke**, v. 46, p. 208-218, 1994.

KUNST L, SAMUELS AL. Biosynthesis and secretion of plant cuticular wax. **Progress in Lipid Research** 42: 51-80. 2003.

LAGO, R. C. A., PEREIRA, D. A., SIQUEIRA, F. A. R., SZPIZ, R. R., OLIVEIRA, J. P. Estudo preliminar das sementes e do óleo de cinco espécies da Amazônia. **Acta Amazônica**, 16/17, 369-376. 1987.

LAJOLO, F. M.; TIRAPÉGUI, J. Proteínas e aminoácidos. *In*: OLIVEIRA, J. E. D. (Org.). **Ciências Nutricionais**. São Paulo: Sarvier, p. 41-65. 1998.

LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. **Carboidratos en alimentos regionales Iberoamericanos**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 648p. 2006.

LANS, C., HARPER, T., GEORGE, K. AND BRIDGMATER, E. Medicinal and thnoveterinary remedies of hunters in Trinidad, **BMC complementary and Alternative medicine**, p. 1 – 10, 2001.

LAVIE, C. J. Omega-3 polyunsaturated fatty acids and cardiovascular diseases. **Journal of the American College of Cardiology.**, v. 54, p. 585-594, 2009.

LIMA, U. A.; AQUARONE, E.; BORZANI, W.; SCHMIDELL, W. **Biotecnologia Industrial – Processos Fermentativos e Enzimáticos**. São Paulo: Edgard Blucher, 2001.

LI, D., SALDEEN, T., ROMEO, F., MEHTA, J.L. Relative effects of alpha- and gamma-tocopherol on low-density lipoprotein oxidation and superoxide dismutase and nitric oxide synthase activity and protein expression in rats. **Journal of Cardiovascular Pharmacology and Therapeutics**, 4, 219–226. 1999.

LI N., CHANG W.C., WARUI D.M., BOOKER S.J., KREB C., BOLLINGER J.M. Evidence for only oxygenative cleavage of aldehydes to alk (a/e) nes and formate by cyanobacterial aldehyde decarbonylases. **Biochemistry** 51: 7908-7916. 2012.

LI J., HUANG J., GE J., HUANG X., XIE S. Chemotaxonomic significance of n-alkane distributions from leaf wax in genus of *Sinojackia* species (Styracaceae). **Biochemical Systematics and Ecology** 49: 30-36. 2013.

LOCATELLI, M.; VIEIRA, A. H.; SOUZA FILHO, E. P. DA.; PEQUENO, L. L.; MACEDO, R. S. Castanha-do-brasil: alguns aspectos silviculturas. Disponível em: <<http://www.cpafrro.embrapa.br/embrapa/artigos/artigocastanhainternetword.hum.>> Acesso em: 25 de janeiro de 2011.

LOPES, P. **Influencia de campos magnéticos na fermentação alcoólica descontínua**. 2008. 103 f. Dissertação. São Caetano do Sul, 2008.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 1992.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras**: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 1998.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras**: Manual de Identificação e cultivos de plantas arbóreas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 2002.

MACEDO, I. C. Situação atual e perspectivas do etanol. **Estudos Avançados**, v. 21, p.157-165, 2007.

MAHAN, K.L; STUMP, S. E. **Alimentos, nutrição e dietoterapia**. São Paulo: Roca, 87p. 2005.

MAINIERI, C. Identificação das Principais Madeiras de Comércio do Brasil. **Boletim IPT**. v. 16, p. 1-189, 1983.

MARCOCCIA, R. **A participação do etanol brasileiro em uma nova perspectiva na matriz energética mundial**. Dissertação de mestrado, São Paulo, USP, 2007.

MCDOWELL, L. R. Minerals in animal and human nutrition, 1992, 524p.

MILLER, G. Use of dinitro salicylic acid reagent for determination of reducing sugars. **Anal. Chemistry**, v.31, p. 426-428. 1959.

MAFFEI M. Chemotaxonomic significance of leaf wax alkanes in the gramineae. **Biochemical Systematics and Ecology** 24(1): 53-64. 1996a.

MAFFEI, M. Chemotaxonomic significance of leaf wax n-alkanes in the Umbelliferae, Cruciferae and Leguminosae (Subfam. Papilionoideae). **Biochemical Systematics and Ecology** 6: 531-545. 1996b.

MALAJOVICH, M. A. **Biotecnologia 2011**. Rio de Janeiro: Edições da Biblioteca Max Feffer do Instituto de Tecnologia ORT, 2012.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 495p. 2005.

MARQUES, P. T.; PÉRÉGO, C.; LE MEINS, J. F.; BORSALI, R.; SOLDI, V. Study of gelatinization process and viscoelastic properties of cassava starch: effect of sodium hydroxide and ethylene glycol diacrylate as cross-linking agent. **Carbohydrate Polymers.**, v. 66, p. 396-407, 2006.

MARTINS, E. R.; GUIÃO, M. J. M. **Capacitação de agricultores e extrativistas em boas práticas populares de produção, manejo e manipulação de plantas medicinais: uma experiência em rede**. Montes Claros: UFMG/ICA, 157 p. 2007.

MAINIERI, C. Identificação das Principais Madeiras de Comércio do Brasil. **Boletim IPT.**, v. 16, p. 1-189, 1983.

MAYER, A.C.; POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds**. 2. ed., London: Pergaman Press, 192p. 1975.

MEDINA EG, AGUIAR M., GOMEZ J, MEDINA JD, WINTER K. 2006. Taxonomic significance of the epicuticular wax composition in species of the genus *Clusia* from Panama. **Biochemical Systematics and Ecology** 34(4): 319-326.

MELO, R. B. **Caracterização das reservas das sementes e avaliação da germinação e formação de plântulas de nove espécies arbóreas de florestas alagáveis da Amazônia.** Dissertação, Universidade de Brasília, 2013.

MILLWARD, D. J. Optimal intakes of protein in the human diet. **Proceedings of the Nutrition Society.**, v. 58, p. 403-413, 1999.

MOLINA, S. M. G.; GAZIOLA, S. A.; LEA, P. J.; AZEVEDO, R. A. Manipulação de cereais para açulo de lisina em semente. **Revista Scientia Agricola.** v. 58, p. 205-211, 2001.

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

MORI, S. A. New species of *Eschweilera* (Lecythidaceae) from southern Brazil. **Brittonia.** v. 33, p. 466-472, 1981.

MORI, S. A.; PRANCE, G. T. Relações entre a classificação genérica de Lecythidaceae do novo mundo e seus polinizadores e dispersadores. **Revista Brasileira de Botânica.** v. 4, p. 31-37, 1981.

MORI, A. S.; PRANCE, G. T.; ZEEUW, C. H. **Flora Neotropica.** v. 21, p. 69, 1990.

MORI, S. A.; PRANCE, G. T. Taxonomy, ecology and economic botany of the Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Humb.) (Lecythidaceae). **Advanced Economic Botany.**, v. 8, p. 130-150, 1990.

MORI, S. A. Observações sobre as espécies de Lecythidaceae do leste do Brasil. **Boletim de Botânica.** v. 14, p. 1-31, 1995.

MORI, S. A. Diversificação e conservação das Lecythidaceae Neotropicais. **Acta Botânica Brasileira.**, v. 4, p. 45-68, 1995.

MORI, S. A. **Evolution of dispersal systems in new world lecythidaceae.** Conferencia. Institute of Systematic Botany The New York Botanical Garden, 2007.

MORI, S. A.; TSOU, C. H.; WU, C. C.; CRONHOLM, B.; ANDERBERG, A. A. Evolution of Lecythidaceae with an emphasis on the circumscription of Neotropical genera: information from combined ndhF and trnL-F sequence data. **American Journal of Botany.**, v. 94, p. 289-301, 2007.

MORI, S. A., N. P. SMITH, X. CORNEJO; G. T. PRANCE. **The Lecythidaceae Pages** Disponível em: <<http://sweetgum.nybg.org/lp/index.php>>. New York: The New York Botanical Garden, Acesso em: 18 de março de 2010.

MORI S.A., TSOU C.C., WU C.C., CRONHOLM B., ANDERBERG A. Evolution of Lecythidaceae with an emphasis on the circumscription of Neotropical genera: information

from combined *ndhF* and *trnL-F* sequence data. **American Journal of Botany** 94: 289-301. 2007.

MORI, S. A., N. P. SMITH, X. CORNEJO; G. T. PRANCE. 18 March 2010 onward. **The Lecythidaceae Pages** (<http://sweetgum.nybg.org/lp/index.php>). The New York Botanical Garden, Bronx, New York. Acesso em 10 de setembro de 2013.

MORI S.A., CAROLLO M.C., HUANG Y.Y., SMITH N.P., MORAES, P.C. The utility of placentation in the circumscription of genera of new world Lecythidaceae (Brazil nut family). **Phytoneuro** 13: 1-46. 2015.

MOLINA-CANO, J. L.; FRANCESCH, M.; PEREZ-VENDRELL, A. M.; RAMO, T.; VOLTAS, J.; BRUFAU, J. Genetic and environmental variation in malting and feed quality of barley. **Journal of Cereal Science**. v. 25, p. 37-47, 1997.

MOTTA NETO, R.; GUIMARÃES, S. B.; SILVA, S. L. Glutamine or whey-protein supplementation on alloxan-induced diabetic rats. **Acta Cirúrgica Brasileira**, vol. 22, n.3, p. 215-219, 2007.

MUNIZ, M. B.; SILVA, F. L. H. DA; GOMES, J. P.; SILVA, C. G. DA; ROCHA, A. S.; SANTOS, S. F. M. Produção de fermentado de algaroba (*Prosopis juliflora*). XIX Congresso brasileiro de engenharia química 09 a 12 de setembro de 2012.

MUTTON, M. J. R.; Reflexos da qualidade da matéria-prima sobre a fermentação etanólica. Workshop sobre produção de etanol: qualidade da matéria-prima. Lorena, 2008. Disponível em: < www.apta.sp.gov.br >. Acesso em: 07 dez. 2010.

NANTES, C. L. **Valor nutricional do trigo de duplo propósito cultivado em sistema agroecológico na alimentação de suínos**. Dissertação de mestrado. Universidade estadual de mato grosso do sul. Aquidauana, 60p. 2013.

NASCIMENTO, J. M.; CONCEIÇÃO, G. M. Plantas medicinais e indicações terapêuticas da comunidade quilombola olho d'água do raposo, Caxias, Maranhão. **Revista de Biologia e Farmácia**. v. 6 ,p. 138-151, 2011.

NEPA (Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação), **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. 2006.

NEGRELLE, R. R. B. Composição florística e estrutura vertical de um trecho de Floresta Ombrófila Densa de Planície Quaternária. **Hoehnea**. v. 33, p. 261-289, 2006.

NEIRO, R.; MALHEIROS, A.; BITTENCOURT, C.M.S. BIAVATTI, M.W.; LEITE, S.N.; CECHINEL FILHO, V. Aspectos químicos e biológicos de plantas medicinais e considerações sobre fitoterápicos. In: BRESOLIN, T.M.B.; CECHINEL, FILHO, V. **Ciências Farmacêuticas: Construção ao desenvolvimento de novos fármacos e medicamentos**. Porto Alegre: UNIVALI, 2003.

NETO, V. Q.; BAKKE, O. A.; RAMOS, C. M. P.; BORA, P. S.; LETELIER, J. C.; CONCEIÇÃO, M. M. Brazil nut (*Bertholletia excelsa* H.B.K) seed kernel oil:

characterization and thermal stability. **Revista Biologia de Farmacognosia.**, v. 3, p. 33-42, 2009.

NINOMIA, L.; GODOY, H. T. Comparison of the carotenoid composition and vitamin A value of hydroponic and conventionally produced leaf vegetables. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, prelo, 2008.

NORDBY H.E., NAGY S. Hydrocarbons from epicuticular waxes of citrus peels. **Phytochemistry** 16: 1393-1397. 1977.

OCHAIKUL, D.; NOIPRASERT, N.; LAOPRASERT, W. AND POOKPUN, S. Ethanol production on Jackfruit seeds by selected fungi and yeast from Loog-pang. **Journal of Science and Technology.** v. 12, p. 1-6, 2012.

OLIVEIRA FILHO, A.T., FONTES, M.A.L., Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forests in Southeastern Brazil and the influence of climate, **Biotropica.** 32, 793-810. 2000.

OLIVEIRA, A. L.; SILVA, S. S.; SILVA, M. A. P.; EBERLIN, M. N.; CABRAL, F. A. Sensory and yield response surface analysis of supercritical CO₂ extracted aromatic oil from roasted coffee. **Journal of Food Science and Technology.** v. 38, p. 38-42, 2001.

OLIVEIRA, G. P. R.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Processed and prepared products of corn as sources of lutein and zeaxanthin. Compositional variation in the food chain. **Journal of Food Science.** v. 72, p. 79-85, 2007.

OLIVEIRA, J. P. C. **Estudo químico e farmacológico de *Lecythis pisonis* Camb. (Lecythidaceae).** 2010. 120 f. Dissertação. (Mestrado em Química), Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2010.

OLIVEIRA, M. T. R.; PEDRO, A. B.; ROZIMAR, C. P., HENRIQUE, D. V., VINICIUS, O. C. Características biométricas e físico-químicas do fruto, morfologia da semente e da plântula de *Averrhoa carambola* L. (Oxalidaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, p. 251-260, 2011.

OLIVEIRA, J. P. C.; FERREIRA, E. L. F.; CHAVES, M. H.; MILITÃO, G. C. G.; JÚNIOR, G. M. V.; COSTA, A. M.; PESSOA, C. Ó.; MORAES, M. O.; COSTA-LOTUFO, L. V. Chemical constituents of *Lecythis pisonis* and cytotoxic activity. **Revista Brasileira de Farmacognosia.** v. 22, p. 1140-1144, 2012.

OLSON, J. A. Carotenoids and human health. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición.** v. 49, p. 7-11, 1999.

OMETTO, A. R. **Avaliação do ciclo de vida do álcool etílico hidratado combustível pelos métodos EDIP, exergia e emergia.** 2013. Tese. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

OOMAH, B.D., LADET, S., GODFREY, D.V., LIANG, J., GIRARD, B., Characteristics of raspberry (*Rubus idaeus* L.) seed oil. **Food Chem.** 69, 187-193. 2000.

OSTERGAARD, S.; OLSSON, L.; NIELSEN, J. Metabolic engineering of *Saccharomyces cerevisiae*. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**. v. 64, p. 34-50, 2000.

PACHECO, T. F. **Fermentação alcoólica com leveduras de características floculantes em reator tipo torre com escoamento ascendente**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia – MG, 2010.

PALOZZA, P.; KRINSKY, N. I. Antioxidant effects of carotenoids *in vitro* and *in vivo*: an overview. **Methods Enzymology**. v. 213, p. 403-420, 1992.

PANT, P.; RASTOGI, R. P. The triterpenoids. **Phytochemistry**. v. 18, p. 1095-1108, 1979.

PAVLAK, M. C. M.; LIMA, A. T. L.; CARREIRO, S. C. Estudo da fermentação do hidrolisado de batata-doce utilizando diferentes linhagens de *Saccharomyces cerevisiae*. **Química Nova**. v. 34, p. 82-86, 2011.

PALMAROLA-ADRADOS, B.; CHOTÌBORSKÁ, P.; GALBE, M.; ZACCHI, G. Ethanol production from non-starch carbohydrates of wheatbran. **Bioresource Technology**, v.96, p.843-850, 2005.

PERNAMBUCO. **Plano de Desenvolvimento Florestal e da Conservação da Biodiversidade de Pernambuco**. Recife: Governo do Estado de Pernambuco/SECTMA, 60 p. 2000.

PEREIRA, J. R. N.; COUTO, M. A. P. G.; SANTA ANNA, L. M. M. Biomassas of Lignocellulosic Composition for Fuel Ethanol Production. *In*: PEREIRA, N. J. (Org.). Series on Biotechnology: Biomassas of Lignocellulosic Composition for Fuel Ethanol Production. 1. ed. Rio de Janeiro: **Copiadora Amiga dos Estudantes Ltda**, 47p. 2008.

PETTIR, G. R.; ZHANG, Q.; PINILLA, V.; HERALD, D. L.; DOUBER, D. L.; DUKE, J. A. **Journal of Natural Product**., v. 67, p. 983, 2004.

PINHEIRO, M. M.G.; BESSA, S.O.; FINGOLO, C. E.; KUSTER, R. M.; MATHEUS, M. E.; MENEZES F. S.; FERNANDES, P. D. Antinociceptive activity of fractions from *Couroupita guianensis* Aubl leaves. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 127 (2), p. 407-413. 2010.

PINHO, D. M. M.; SUAREZ, P. A. Z. A Hidrogenação de Óleos e Gorduras e suas Aplicações Industriais. **Revista Virtual Química**. v. 5, p. 47-62, 2013.

PINHO, R.P., OLIVEIRA, A.F.M., SILVA, S.I. Potential oilseed crops from the semiarid region of northeastern Brazil. **Bioresource Technology**, 100, 6114–6117. 2009.

PIIRONEN, V., LINDSAY, D.G., MIETTINEN, T.A., Toivo J and Lampi AM. Review Plant sterols: Biosynthesis, biological function and their importance to human nutrition. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 80: 939- 966, 2000.

PORCU, O.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Variation in the carotenoid composition of acerola and its processed products. **Journal of the Science of Food and Agriculture**., v. 86, p. 1916-1920, 2006.

PRANCE, G. T.; MORI, S. A. Lecythidaceae - Part I. The actinomorphic-flowered New World Lecythidaceae (*Asteranthos*, *Gustavia*, *Grias*, *Allantoma* and *Cariniana*). **Flora Neotropica Monograph**, v. 2, p. 1-270, 1979.

PRATT, C.W., CORNELEY, K., *In: Bioquímica Essencial*. Editora Guanabara Koogan S.A. Rio de Janeiro, Brasil. 2006.

PRETTE, A. P. **Aproveitamento de polpa e resíduos de jaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) através de secagem convectiva**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba. 2012.

QUEZADA, F.; ROCA, W.; SZAUER, M. T.; GÓMEZ, J. J.; LÓPEZ, R., **Biotecnología para el uso sostenible de la biodiversidad – capacidades locales y mercados potenciales**, Caracas, Venezuela, 2005.

RAMADAN, M. F., SHARANABASAPPA, G., SEETHARAM, Y. N., SESHAGIRI, M., MOERSEL, J-T. Profile and levels of fatty acids and bioactive constituents in mahua butter from fruit-seeds of Buttercup tree (*Madhuca longifolia* Koenig). **European Food Research and Technology**, 222, 710-718. 2006.

RAMADAN, M. F., KINNI, S.G., RAJANA, L.N., SEETHARAM, Y.N., SESHAGIRI, M., MOERSEL, J-T. Fatty acid, bioactive lipids and radical scavenging activity of *Celastrus paniculatus*. **Scientia Horticulturae**, 123, 104-109. 2009.

RAMOS, M.I.L. **Desidratação do piqui (*Caryocar brasiliense*, Camb.): avaliação do processo através dos teores de carotenóides totais**. 1987. 120 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.

RAMOS, M.I. L. et al. Efeito do cozimento convencional sobre os carotenoides pró-vitamínicos “A” da polpa do piqui (*Caryocar brasiliense* Camb). **Boletim do Centro de Processamento de Pesquisa de Alimentos**, v. 19, n. 1, p. 23-32, 2001.

RANTA, P.; BLOM, T.; NIEMELA, J.; JOENSUU, E; SIITONEN, M. The fragmented atlantic rain forest of Brasil: size, shape and distribution of forest fragments. **Biodiversity Conservation**, v.7, p. 385-403, 1998.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B., KIMURA, K., HAVERST, M. **Plus handbook for carotenoids analysis**. HaverstPlus: Washington. 2004.

RIBEIRO, C. A. F.; HORII, J. Potencialidades de linhagens de levedura *Saccharomyces cerevisiae* para a fermentação do caldo de cana. **Scientia Agrícola**, v.56, p.255-263, 1999.

RIBEIRO, N.D., LONDERO, P.M.G., CARGNELUTTI FILHO, A., Jost, E., Poersch, N.L., Malimann, C.A., Composição de aminoácidos de cultivares de feijão e aplicações para o melhoramento genético. **Pesq. Agropec. Bras.** 42, 1393-1399. 2007.

RIBEIRO, A. E. C.; ASCHERI, D. P. R.; ASCHERI, J. L. R. Aplicação da metodologia de superfície de resposta para a seleção de uma bebida alcoólica fermentada de polpa de baru. **Revista Agrotecnologia, Anápolis**, v.2, n.1, p.57-72, 2011.

- ROCHA, K. D.; CHAVES, L. F. C.; MARANGON, L. C.; SILVA, A. C. B. L. Caracterização da vegetação arbórea adulta em um fragmento de floresta atlântica, Igarassu, PE. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, 3 (1): 35-41. 2008.
- REVILLA, J. **Apontamentos para a cosmética amazônica**. Manaus: Sebrae/Am, Inpa, 2002.
- REYES, A. E. L. **Trilhas da ESALQ**. CIIAGRI-USP. Disponível em: <<http://www.esalq.usp.br/trilhas/medicina/am12.htm?PHPSESSID=19bd21a234c17b180f3651070918e1c0>>. Acesso em: 04 de dezembro de 2007.
- RIDGEN, L. V. DE M., CAVALCANTI, T. B. WILEY; SONS. E WALTER, B. M. *In*: Bensusan, Nurit (Org.). **Seria melhor mandar ladrilhar? Biodiversidade: como, para que e por que?** 2. Ed. São Paulo: Peirópolis, 2008.
- RITTNER, H. Extraction of vegetable oils with ethyl alcohol. *In*: INTERNATIONAL MEETING ON FATS AND OILS TECHNOLOGY. **Proceedings**. Campinas: FEA/GTZ, p. 17-30, 1991.
- RIBEIRO, S.R.; PINTO JR., P.E.; MIRANDA, A.C. et al. Weight loss and morphometric study of intestinal mucosa in rats after massive intestinal resection. influence of a glutamine-enriched diet. **Revista do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de São Paulo**, v.59, n.6, p.349-356, 2004.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. Washington, DC: International Life Sciences Institute, 64 p. 2001.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; PORCU, M. M.; AZEVEDO-MELEIRO, C. H. Variation in the carotenoid composition of fruits and vegetables along the food chain. **Acta Horticulturae**, v. 744, p. 387-394, 2007.
- ROHLF, F.J. NTSYSpc: Numerical Taxonomy System. New York, Exeter Publishing Ltd. 2005.
- ROCHA K.D., CHAVES L.F.C., MARANGON, L.C., SILVA, A.C.B.L. Caracterização da vegetação arbórea adulta em um fragmento de floresta atlântica, Igarassu, PE. **Brazilian Journal of Agricultural Sciences** 3: 35-41. 2008.
- ROW, L. R.; SANTRY, C. S. P.; SURYNAYANA, P. Chemical examination of *Couroupita guianensis*. **Current Science**, v. 35, p. 146-147, 1966.
- SAITO, I. M. & CABELLO, C. Produção de etanol a partir de hidrolisado obtido por tratamento hidrotérmico de farelo de mandioca. **Revista Energia na Agricultura**, v.21, p.34-44, 2006.
- SANJAY, P. U.; JAYAVEERA, K. N.; ASHOK KUMAR C. K; KUMAR, G. S. Antimicrobial, Wound Healing and Antioxidant potential of *Couroupita guianensis* in rats. **Pharmacology online**, v. 3(6): p. 269-281. 2007.

SANT'ANA, P. J. P. **Bioprospecção no Brasil: contribuições para uma gestão ética.** Brasília: Paralelo 15, 2002.

SANTOS, E. N. **Triagem farmacológica de plantas medicinais usadas popularmente em Mato Grosso como anti-inflamatórias e validação pré-clínica de *Cariniana rubra* Gardner ex Miers (jequitibá-vermelho) como anti-inflamatória.** 2000. Dissertação. Universidade Federal de Mato Grosso, 2000.

SANTOS, J.U.M., BASTOS, M.N.C., GURGEL, E.S.C., CARVALHO, A.C.M., *Bertholletia excelsa* Humboldt and Bonpland (Lecythidaceae): Aspectos morfológicos do fruto, da semente e da plântula. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi.** 1, 103-112. 2006.

SANTOS, I. F. **Determinação e avaliação quimiométrica da composição mineral do *Abelmoschus esculentus* L. comercializados na cidade de Salvador.** Dissertação de mestrado. Universidade Federal da Bahia. Salvador, 79p. 2013.

SASAKI, M. **Lípidos, carboidratos e proteínas de sementes de leguminosas do Cerrado.** 2008. Dissertação, Universidade de São Paulo, 2008.

SAVAGE, G. P., DUTTA, P. C., MCNEIL, D. L. Fatty acid and tocopherol contents and oxidative stability of walnut oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 76, 1059-1063. 1999.

SCHWARTZ, H., OLLILAINEN, V., PIIRONEN, V., LAMPI, A. Tocopherol, tocotrienol and plant sterol contents of vegetable oils and industrial fats. **Journal of Food Composition and Analysis**, 21, 152–16. 2008.

SCHWENKE, D.C. Does lack of tocopherols and tocotrienols put women at increased risk of breast cancer? **Journal of Nutritional Biochemistry**, 13, 2–20. 2002.

SCHWARTZ, H.; OLLILAINEN, V.; PIIRONEN, V.; LAMPI, A.M. Tocopherol, tocotrienol, and plant sterol contents of vegetable oils and industrial fats. *J. Food Comp. Anal.* 21: 152-161. 2008.

SECCHI, G. Role of protein in cosmetics. **Clinics in Dermatology.** v. 26, p. 321-325, 2008.

SEN, A. K.; MAHATO, S. B.; DUTTA, N. L. A Courouputine, A new alkaloid from *Couroupita guianensis*. **Tetrahedron Letters**, v. 7, p 609-610, 1974.

SHAHIDI, F., SHUKLA, V.K.S. **Nontriacylglycerol constituents of fats, oils.** *Inform* 7, 1227–1232. 1996.

SILVA-FILHO, E. A. et al. Yeast population dynamics of industrial fuel-ethanol fermentation process assessed by PCR-fingerprinting. *Antonie van Leeuwenhoek*, n. 88, p. 13–23, 2005.

SILVA, R. M.; SILVA, S. I.; OLIVEIRA, A. F. M.; PACHECO, M. T. B.; SOUZA, A. S.; GALLÃO, M. I. Chemical composition of seeds Lecythidaceae the Brazilian Atlantic Forest. **Food Chemistry**, no prelo. 2013.

SILVEIRA, M. A. **Batata doce – Uma nova Alternativa para a produção de etanol.** Universidade Federal do Tocantins – UFT, 14p. 2008.

SOUZA, L. C. D.; SÁ, M. E.; MORAES, S. M. B.; CARVALHO, M. A. C.; SILVA, M. P.; ABRANTES, F. L. Composição química e nutrientes em sementes das espécies florestais pente de macaco, flor de paca, Itaúna, jatobá e murici manso. **Biosci. J.**, v. 28, n. 3, p. 478-483. 2012.

SMITH, N.P., MORI, S. A.; PRANCE, G. T. Lecythidaceae *In*: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Catálogo de Plantas e Fungos do Brasil**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas do Rio de Janeiro, 1159p. 2010.

STEDILE T. **Produção de álcool de cereais**. Trabalho de conclusão do curso de Engenharia Química. Universidade Regional de Blumenau. Santa Catarina. 2011.

SILVA, J. M., GARDEN, S. J., PINHO, A. C. The chemistry of isatins: a Review from 1975 to 1999. **Journal of Brazilian Chemical Society**, 12, 273-324. 2001.

SILVA, L.P. **Composição química de trigo e de aveia e efeito dos teores e proporções de fibra alimentar sobre a resposta biológica de frangos de corte e ratos**. 2002. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

SILVA, A. C. B. L.; RODAL, M. J. N. Tree community structure in an urban Atlantic Forest remnant in Pernambuco, Brazil. *In*: THOMAS, W. W. (Ed.). The coastal forests of northeastern Brazil. **Memoirs of the New York Botanical Garden**, p. 511- 534, 2008.

SILVA, C. V.; DETONI, C. B.; GUEDES, M. L. S.; VELOZO, E. S. Alcalóides e outros metabólitos do caule e frutos de *Zanthoxylum tingoassuiba* A. ST. Hil. **Química Nova**. v. 31, p. 2052-2055, 2008.

SILVA, R. F. DA; ASCHERI, J. L. R.; SOUZA, J. M. L. de. Influência do processo de beneficiamento na qualidade de amêndoas de Castanha-do-Brasil. **Ciênc. agrotec.** Lavras, v. 34, n. 2, p. 445-450, 2010.

SILVA, R. M., SILVA, S. I., NAPOLEÃO, T. H., COELHO, L. C. B. B., PAIVA, P. M. G.; GALLÃO, M. I. Evaluation of protein content and lectin activity in seeds of *Couroupita guianensis* AUBL., *Eschweilera ovata* MIERS. and *Gustavia augusta* L. (Lecythidaceae family). 10th Conference of the international Society for seed Science - ISSS, Salvador – Brazil, 2011.

SILVA K.M.M., AGRA M.F., SANTOS, D.Y.A.C., OLIVEIRA A.F.M. Leaf cuticular alkanes of *Solanum* subgen. *Leptostemonum* Dunal (Bitter) of some northeast Brazilian species: composition and taxonomic significance. **Biochemical Systematics and Ecology** 44: 48-52. 2012.

SINHA, R.; RADHA, C.; PRAKASH, J.; KAUL, P. Whey protein hydrolysate: Functional properties, nutritional quality and utilization in beverage formulation. **Food Chemistry**, Barking, v. 101, n. 4, p. 1484-1491, 2007.

SIMÕES, C.M.O.; SCHENKEL, E.P.; GOSMANN, G.; MELLO, J.C.P.; MENTS, L.A.; PETROVICK, P.R. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 5. ed. São Paulo, 1102p. 2003.

SINHA, R.; RADHA, C.; PRAKASH, J.; KAUL, P. Whey protein hydrolysate: Functional properties, nutritional quality and utilization in beverage formulation. **Food Chemistry**. v. 101, p. 1484-1491, 2007.

SIVAKUMAR, T.; SHANKAR, T.; VIJAYABASKAR P.; G. GEETHA. Efficacy of *Couroupita guianensis* Against Selected Human Pathogens. **Advances in Biological Research**, v. 6 (2), p. 59-63, 2012.

SLAVIN, S.; PETERSEN, G.E; LINDHAL, P.C. Determination of heavy metals in meats by atomic absorption spectroscopy. **Atomic Absorption Newsletter**, 14(3):57-59, 1975.

SMITH, N. P.; MORI, S. A.; PRANCE, G. T. Lecythidaceae *In*: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Catálogo de Plantas e Fungos do Brasil**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas do Rio de Janeiro, 1159p. 2010.

SNOEK, I. S. I.; STEENSMA, H. Y. Factors involved in anaerobic growth of *Saccharomyces cerevisiae*. **Yeast**. v. 24, p. 1-10, 2007.

SOUZA, M. H.; MAGLIANO, M. M.; CAMARGOS, J. A. A. **Madeiras tropicais brasileiras**. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 1997.

SOUZA, A. D. L.; ROCHA, A. F. I.; PINHEIRO, M. L. B.; ANDRADE, C. H. S.; GALOTTA, A. L. A. Q.; SANTOS, M. P. S. S. Constituintes químicos de *Gustavia augusta* L. (Lecythidaceae). **Química Nova**, v. 24, p. 439-442, 2001.

SOUZA, I. F. **Cadeia produtiva de castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) no Estado de Mato Grosso**. 2006. 152 f. Dissertação, Universidade Federal do Mato Grosso, Campo Grande, 2006.

SOUZA, M.L., MENEZES, H.C., Processamentos de amêndoa e torta de castanha-do-Brasil e farinha de mandioca: parâmetros de qualidade. **Ciênc. Tecnol. Aliment**. 24, 120-128. 2004.

SOUZA, V. A. B.; CARVALHO, M. G.; SANTOS, K. S.; FERREIRA, C. S. Características físicas de frutos e amêndoas e características químico-nutricionais de amêndoas de acessos de sapucaia. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 30, p. 946-952, 2008.

SOUZA, C. S. **Avaliação da produtividade de etanol em temperaturas elevadas por linhagens de *S. cerevisiae***. 2009. Tese. Universidade de São Paulo, 2009.

SOUZA, V. M. C.; MARUCCI, M. F. N.; SGARBIERI, V. C. Necessidades de proteínas para a população idosa: revisão. **Journal of the Brazilian Society of Food and Nutrition**. v. 34, p. 199-209, 2009.

SOUZA, R.J.C., SILVA, S.I., OLIVEIRA, A.F.M. 2010. Chemical similarity among domesticated and wild genotypes of peanut based on n-alkanes profiles. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 45: 1321-1323.

SOUZA, L. C. D.; SÁ, M. E.; MORAES, S. M. B.; CARVALHO, M. A. C.; SILVA, M. P.; ABRANTES, F. L. Composição química e nutrientes em sementes das espécies florestais

penne de macaco, flor de paca, itaúba, jatobá e murici manso. **Journal of Bioscience**, v. 28, p. 478-483, 2012.

STAHL, W.; ALE-AGHA, N.; POLIDORI, M. C. Non-antioxidant properties of carotenóides. **Biological Chemistry**, v. 383, p. 553-558, 2002.

STAHL, W.; SIES, H. Bioactivity and protective effects of natural carotenoids. **Biochimica et Biophysica Acta.**, v. 1740, p. 101-107, 2005.

STOCKER, H., WANNER, H. Changes in the composition of coffee leaf wax with development. **Phytochemistry** 14 (9): 1919-1920. 1975.

STUHLÍK, M., ZÁK, S., Vegetable lipids as components of functional foods. **Biomedical Papers**, 146, 3–10. 2002.

SUDA, C. N. K.; GIORGINI, J. F. Seed Reserve Composition and Mobilization During Germination and Initial Seedling development of *Euphorbia heterophylla*. **Revista Brasileira Fisiologia Vegetal.**, v. 12, p. 226-245, 2000.

SULIEMAN, M.A., ELTAYEB, M.M., BABIKER, E.E., MUSTAFÁ, A.I., TINAY, A.H., Effect of sprouting on chemical composition and amino acid content of Sudanese lentil cultivars. **J. Appl. Sci.** 12, 2337-2340. 2008.

TESTER, R. F.; KARKALAS, J.; QI, X. S. Composition, fine structure and architecture. **Journal of Cereal Science.**, v. 39, p.151-165, 2004.

THIBAU, C.E. **Produção sustentada em florestas: conceitos e tecnologias, biomassa energética, pesquisas e constatações**. Belo Horizonte, 512p. 2000.

THURNHAM, D. I. Bioequivalence of β -carotene and retinol. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 87, p. 13-39, 2007.

TINOCO, L.P.N., PORTEB, A., PORTEC, L.H.M., GODOYD, R.L.O., Pacheco, S., Perfil de aminoácidos de farinha de semente de abóbora. **Cient. Ciênc. Biol. Saúde.** 14, 149-153. 2012.

TOSELLO, G.A. Milhos especiais e seu valor nutritivo. *In*: Viegas, G, P.; Paterniane, E. (ed.) **Melhoramento e produção de milho**. 2ª ed. Campinas – SP: Fundação Cargill, 1: 375 – 409, 1987.

TRUMBO, P., YATES, A. A., SCHLICKER, S., POOS, M., Dietary Reference Intakes: Vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, vanadium and zinc. **J. Am. Diet. Assoc.**, 101, 294-300. 2001.

ÚNICA. 2007. **Produção de etanol do Brasil**. Disponível em: <<http://www.unica.com.br>>. 2011.

TSOU, C. H. A embriologia, morfologia reprodutiva, e sistemática de Lecythidaceae. **Memórias do Jardim Botânico de Nova York**. v. 71, p. 1-110, 1994.

VALADARES FILHO, S. C.; CABRAL, L. S. Aplicação dos princípios de nutrição de ruminantes em regiões tropicais. *In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zoologia*, v. 39, Recife, 2002.

VALLILO, M.; TAVARES, S.; AUED-PIMENTEL, E.; BADOLATO, S. G.; INOMATA, E. I. Caracterização química parcial de *Lecythis pisonis* Camb. (Sapucaia). *Acta Amazônica*, v. 28, p. 131-140, 1998.

VAN, J.P.J.; FABER, M.; TANUMIHARDJO, S. A.; NESTEL, P.; LOMBARD, C. J.; BENADÉ, A. J. S. β -carotene-rich orange-fleshed sweet potato improves the vitamin A status of primary school children assessed with the modified-relative-dose-response test. *The American Journal of Clinical Nutrition*. v. 81, p. 1080-1087, 2005.

VANDEPUTTE, G. E.; DELCOUR, J. A. From sucrose to starch granule to starch physical behavior: a focus on rice starch. *Carbohydrate Polymers*. v. 58, p. 245-266, 2004.

VIEIRA, P. F. Meio Ambiente, Desenvolvimento e Planejamento. *In: VIOLA, E. J.; LEIS, H. R.; SCHERER-WARREN, I.; GUIVANT, J. S.; VIEIRA, P. F.; KRISCHKE, P. J. Meio Ambiente, Desenvolvimento e Cidadania: Desafios para as Ciências Sociais*. São Paulo: Editora Cortez, 1998.

VIEIRA, C.R., CABRAL, L.C., PAULA, A.C.O., Composição centesimal e conteúdo de aminoácidos, ácidos graxos e minerais de seis cultivares de soja destinada à alimentação humana. *Pesq. Agropec. Bras.* 34, 1277-1283. 1999.

VILELA, F. S.; RAMALHO, M.; FLESHER, K. M.; PRATES, P. JUNIOR. Dispersão e consume de sementes de Biriba (*Eschweilera ovata* Cambess. Lecythidaceae) por vertebrados, na Mata Atlântica, sul da Bahia. *In: IX Congresso de Ecologia do Brasil*, São Lourenço. *Anais do Congresso de Ecologia do Brasil*. p. 1-3, 2009.

WANG, Y.; PANAGABKO, C.; ATKINSON, J. Synthesis of α -tocohexaenol (α -T6) a fluorescent, oxidatively sensitive polyene analogue of α -tocopherol. *Bioorganic and Medicinal Chemistry*. v. 18, p. 777-786, 2010.

WARNER, K., FRANKEL, E. N. Effect of β -caroteno on light stability of soybean oil. *Journal of the American Oil Chemistry Society*, 64, 113-118. 1987.

WEBER, F.H., GUTKOSKI, L.C., ELIAS, M.C., Caracterização química de cariopses de aveia (*Avena sativa* L.) da cultivar UPF 181. *Ciênc. Tecnol. Aliment*, 22, 39-44. 2002.

WRIGHT, K., PIKE, O., FAIRBANKS, D.E., HUBER, C., 2002. Composition of *Atriplex hortensis*, sweet and bitter *Chenopodium quinoa* seeds. *J. Food Sci.* 67, 1383-1385.

WHISTLER, R. L.; DANIEL, J. R. Carboidratos, *In: FENNEMA, O. R. Química de los alimentos*. Zaragoza: *Acribia*, p. 81-156, 1993.

WHITE, J. A.; HART, R. J.; KRY, J. C An evaluation of the Pico - Tag system for the amino acid analysis of the food materials. *J. Autom. Chem.*, v. 8, p 170-177, 1986.

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

WHO/FAO. **Carbohydrates in human nutrition**. Rome: FAO, 1998.

WILLIAMS, N. Genome Projects: Yeast Genome Sequence Ferments New Research. *Science*. v. 272, p. 481, 1996.