

MARIANA OLIVEIRA BARBOSA

**BIOATIVOS EM SEMENTES DE SETE ESPÉCIES NÃO
CONVENCIONAIS OCORRENTES NO BRASIL**

RECIFE - PE

2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE BIOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL

MARIANA OLIVEIRA BARBOSA

**BIOATIVOS EM SEMENTES DE SETE ESPÉCIES NÃO
CONVENCIONAIS OCORRENTES NO BRASIL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal, Departamento de Botânica da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Biologia Vegetal.

Orientador: Dr. Antonio Fernando
Moraes de Oliveira

RECIFE - PE

2016

Catálogo na fonte
Elaine Barroso
CRB 1728

Barbosa, Mariana Oliveira

**Bioativos em sementes de sete espécies não convencionais
ocorrentes no Brasil / Mariana Oliveira Barbosa– Recife: O Autor, 2016.**

90 folhas : il., fig., tab.

Orientador: Antonio Fernando Moraes de Oliveira

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco.

Centro de Biociências. Biologia Vegetal, 2016.

Inclui referências e anexo

- 1. Sementes oleaginosas 2. Compostos bioativos das
plantas 3. Antioxidantes 4. Vitamina E I. Oliveira, Antonio
Fernando Moraes (orientador) II. Título**

665.35

CDD (22.ed.)

UFPE/CCB-2016-283

MARIANA OLIVEIRA BARBOSA

“BIOATIVOS EM SEMENTES DE
SETE ESPÉCIES NÃO CONVENCIONAIS
OCORRENTES NO BRASIL”

APROVADA EM 25/01/2016

BANCA EXAMINADORA:

Dr. Antonio Fernando Moraes de Oliveira (Orientador) – UFPE

Dr. Marcelo Francisco Pompelli – UFPE

Dra. Suzene Izídio da Silva – UFRPE

Dra. Laíse de Holanda Cavalcanti Andrade – UFPE

Dra. Eugênia Cristina Gonçalves Pereira – UFPE

Recife - PE
2016

*Admiro aqueles que sabem que entre o
“plantar e colher” existe o “regar e esperar”*

Autor desconhecido

*Dedico a minha mãe, Lúcia, e aos meus avós,
Agenilda e Hercílio (in memoriam).*

Se voei alto, foi com as asas que vocês me deram.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, saúde, proteção e discernimento concedidos diariamente.

A minha mãe, Lúcia, por ser meu norte e meu chão na estrada da vida. Seu amor, dedicação e carinho foram essenciais para a construção de tudo o que sou. Obrigada por ter investido na minha educação, mesmo quando pra isso tenha sido necessário abrir mão de si mesma. Com seu exemplo aprendi a ter valores, princípios e a ser uma pessoa responsável por minhas próprias escolhas. Tudo isso foi fundamental para a formação do meu caráter.

A minha família pelo o apoio, acolhimento e incentivo aos meus estudos. Onde quer que vovô Hercílio e vovó Agenilda estejam, tenho certeza que estão muito orgulhosos de todos nós!

Agradeço, em especial, ao meu primo José Humberto, pelo carinho de pai, por ter acreditado em mim e ter sido um dos maiores incentivadores e apoiadores aos meus estudos durante toda a minha vida. Seu “empurrãozinho” me fez dar voos mais altos!

Ao amigo e companheiro Roberto, pelo apoio, carinho, paciência, incentivo e sempre torcer por mim. Obrigado por ter sido compreensivo durante minhas ausências.

Ao meu orientador Professor Fernando, pela confiança em mim depositada, dedicação e paciência, mas acima de tudo pelos inúmeros momentos divertidos! Sua simplicidade e descontração fizeram dessa jornada algo leve e prazeroso!

À Professora Suzene por ter me apresentado ao mundo dos óleos. Através dos seus olhos me encantei pela botânica e pelas sementes, e sua inteligência e conhecimento me guiaram por um universo encantador do qual tenho imenso orgulho em trabalhar.

À Dra. Beatriz Oliveira por ter aceitado me orientar durante o meu estágio na Universidade do Porto. Agradeço por sua receptividade, atenção, apoio e contribuição. Suas valiosas sugestões enriqueceram imensamente esta tese.

A todos os Professores com quem tive a oportunidade de conviver e aprender ao longo de dez anos de ensino superior, por dedicarem tempo e paciência aos jovens alunos que iniciam à vida acadêmica.

Aos amigos da Universidade do Porto, Anabela Borges, Anabela Costa, Estela, Filipa, Olga, Rita, Telmo e Mariana, com especial carinho à Joana Santos, pela receptividade, apoio, atenção e orientação durante o meu estágio. Sou grata por tudo o que aprendi com vocês!

Aos amigos Elissandra, José Manuel (in memoriam) e Vanessa que me receberam com muito carinho e hospitalidade na cidade do Porto. Com vocês pude partilhar um dos momentos mais felizes e gratificantes da minha vida. Conhecer e permanecer no Porto junto com vocês foi uma aventura incrível e inesquecível!

Aos amigos que fiz ao longo da pós-graduação, Edvaldo, Keylla, Izabella, Marllon, Mário, Niara, Raquel, Ranilson, Renata e Ricardo pela amizade, apoio e bons momentos vividos. Agradeço com especial carinho à Karla pela valiosa amizade, apoio, carinho e desabafos. A companhia de vocês tornou meu caminho mais colorido!

Ao amigo irmão, “mão direita” e parceiro científico, Diogenes, pela amizade, apoio, conversas, orientações, desabafos, ajudas infinitas e, acima de tudo, por ser um exemplo de generosidade, bondade, dedicação e de ser humano. Seu companherismo e apoio foram fundamentais para o desenvolvimento desse trabalho e seu coração bondoso me faz acreditar que “ser do bem” ainda vale pena!

Aos amigos de jornada, Andrea, Gislayne, Carol, Helena, Karla e Thiago pela amizade, apoio incondicional, bate-papo e troca de confidências ao longo de dez anos de vida acadêmica.

À amiga Cibele, pela generosidade e por ter disponibilizado tempo e paciência em me ensinar os experimentos de atividade antimicrobiana.

Aos amigos Ronnond e Luciana, pela amizade, carinho, boas conversas e pela imensa ajuda durante as coletas e experimentos realizados. O apoio de vocês foi crucial para o andamento do trabalho.

Às amigas do CETENE, Joana, Simone e, em especial, à amiga de longa data Roberta, pela companhia, apoio, incentivo e ajuda no desenvolvimento deste trabalho.

Ao CETENE, à Faculdade de Farmácia da Universidade do Porto, ao ISEP - Porto e ao Laboratório de Biologia Molecular (Dept. de Bioquímica – UFPE) por permitirem a utilização da sua infraestrutura, necessárias ao cumprimento deste trabalho.

À Micoteca – UFPE e ao Departamento de Antibióticos – UFPE pelo fornecimento dos microrganismos.

Aos funcionários e estagiários da Secretaria do PPGBV, Adriano, Soraya, e em especial ao Hildebrando “chapeleta”, pelo apoio concedido ao longo desses anos, dedicando-se sempre com responsabilidade e eficiência às necessidades dos discentes e de toda a pós-graduação.

À Capes pela concessão da bolsa de estudos e pelo financiamento do estágio PDSE que permitiu minha estadia na Universidade do Porto, os quais foram primordiais para a minha manutenção, formação e andamento deste trabalho.

Por fim, a todos os brasileiros que, através do pagamento de impostos, financiaram meus estudos por muitos anos. Espero retribuir ao país todo esse investimento.

A todos vocês, minha imensa e eterna gratidão!

RESUMO

Este trabalho avaliou a presença de compostos bioativos em sementes de alguns representantes de Malvaceae (*Basiloxylon brasiliensis* (Allemão) K. Schum., *Christiania africana* DC., *Pachira aquatica* Aubl., *Sterculia foetida* L.), Meliaceae (*Guarea guidonea* (L.) Sleumer) e Sapindaceae (*Allophylus puberulus* (Cambess.) Radlk. e *Paullinia elegans* Cambess.) presentes do Brasil, a fim de indicar sua aplicação tecnológica. Observou-se que a maioria das sementes apresentou elevado teor de óleo (> 30%) com predomínio dos ácidos graxos insaturados. Os óleos de *G. guidonea*, *S. foetida* e *P. aquatica* apresentaram maiores níveis de compostos fenólicos, os de *C. africana* e *B. brasiliensis* foram mais abundantes em tocóis e β -caroteno e o de *B. brasiliensis* apresentou maior poder antioxidante. O método de microextração propiciou uma extração mais eficiente dos tocóis e β – caroteno em relação ao método em soxhlet em alguns dos óleos estudadas. Os carboidratos e lipídios foram os principais componentes das sementes e foi observada a presença de açúcares totais e redutores, alcaloides, compostos fenólicos e terpenoides nos extratos orgânicos polares das sementes (metanol 80% e acetona 80%). Os extratos em acetona 80% foram mais abundantes em compostos fenólicos, flavonoides e taninos totais em algumas sementes. As sementes de *P. aquatica* demonstraram maior teor de compostos fenólicos e, o maior conteúdo de flavonoides, taninos totais e a maior atividade antioxidante foram observados em *S. foetida*. Os resultados demonstram que as sementes em estudo são ricas em substâncias com propriedades bioativas, especialmente *B. brasiliensis*, *C. africana*, *S. foetida* e *P. aquatica*, sugerindo-as como fontes alternativas de substâncias com aplicação industrial.

Palavras-chave: compostos fenólicos, atividade antioxidante, vitamina E, óleo de sementes, ácidos graxos.

ABSTRACT

In this work was evaluated the presence of bioactive compounds in the seeds of some representatives from Malvaceae (*Basiloxylon brasiliensis* (Allemão) K. Schum., DC *Christiania africana*, *Pachira aquatica* Aubl., *Sterculia foetida* L.), Meliaceae (*Guarea guidonea* (L.) Sleumer) and Sapindaceae (*Allophylus puberulus* (Cambess.) Radlk. and *Paullinia elegans* Cambess.) presented in Brazil in order to indicate their possible technological application. It was observed that most of the seeds showed high level of oil (> 30%) with a predominance of unsaturated fatty acids. Oils of *G. guidonea*, *S. foetida* and *P. aquatica* showed higher levels of phenolic compounds, *C. africana* and *B. brasiliensis* were more abundant in tocopherols and β -carotene and *B. brasiliensis* presented higher antioxidant power. The microextraction method provided a more efficient extraction of tocopherols and β -carotene in relation to the method in Soxhlet in the some oils studied. Carbohydrates and lipids were the main components of the seeds and it was observed the presence of total and reducing sugars alkaloids, phenolic compounds and terpenoids, in the polar organic extracts of the seeds (80% methanol and 80% acetone). The extracts in 80% acetone were more abundant in phenolic compounds, flavonoids and total tannins in some seeds. *P. aquatica* seeds demonstrated higher content of phenolic compounds. The highest content of flavonoids and total tannins and higher antioxidant activity were observed in *S. foetida*. The results show that the seeds in study are rich in substances with bioactive properties, especially *B. brasiliensis*, *C. africana*, *S. foetida* and *P. aquatica*, suggesting them as alternative sources of substances with industrial application.

Keywords: phenolic compounds, antioxidant activity, vitamin E, seed oil, fatty acids.

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<i>Fundamentação teórica</i>	
Figura 1. Estrutura química dos principais ácidos graxos ocorrentes em óleos de sementes.....	4
Figura 2. Estrutura química dos tocoferóis e tocotrienóis.....	5
Figura 3. Exemplos de ácidos hidroxibenzóicos (A), hidroxicinâmicos (B) e estrutura geral dos flavonoides (C).....	7
Figura 4. Compostos fenólicos comuns em óleos de sementes. (1) vanilina; (2) ácido vanílico; (3) ácido protocatecuico; (4) ácido eleanoico.....	9
Figura 5. Estrutura de um caroteno (β -caroteno) e de uma xantofila (zeaxantina).....	10
Figura 6. Frutos e sementes das espécies analisadas. Frutos e sementes de <i>Guarea guidonia</i> (Fig. 6a-b); <i>Basiloxylon brasiliensis</i> (Fig. 6c-d); <i>Christiana africana</i> (Fig. 6e-f); <i>Pachira aquatica</i> (Fig. 6g-h); <i>Steculia foetida</i> (Fig. 6i-j); <i>Allophylus puberulus</i> (Fig. 6k-l); <i>Paullinia elegans</i> (Fig. 6m-n).....	19

LISTA DE TABELAS

Pág.

Capítulo 1

Tabela 1. Informações gerais e morfometria das sementes não convencionais presentes no Brasil.....	56
Tabela 2. Teor de óleo e composição de ácidos graxos das sementes em estudo.....	57
Tabela 3. Compostos fenólicos totais, atividade antioxidante e estabilidade oxidativa do óleo de sementes não convencionais presentes no Brasil.....	58
Tabela 4. Tocóis e β -caroteno do óleo das sementes estudadas obtidos a partir de dois procedimentos extrativos.....	59
Tabela 5. Correlação entre compostos bioativos e propriedades antioxidantes dos óleos investigados.....	60

Capítulo 2

Tabela 1. Aspectos botânicos e locais de sementes não convencionais presentes no Brasil.....	84
Tabela 2. Composição centesimal de sementes não convencionais presentes no Brasil.....	85
Tabela 3. Screening fitoquímico dos extratos de sementes não convencionais presente Brasil.....	86
Tabela 4. Compostos fenólicos, flavonoides e taninos totais em extratos de sementes não convencionais presentes no Brasil.....	87
Tabela 5. Atividade antioxidante dos extratos das sementes em estudo.....	88
Tabela 6. Coeficientes de correlação entre as classes fitoquímicas e a atividade antioxidante dos extratos.....	88

SUMÁRIO

	Pág.
DEDICATÓRIA.....	iv
AGRADECIMENTOS.....	v
RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	x
APRESENTAÇÃO.....	1
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	2
1. <i>Compostos bioativos em sementes.....</i>	2
2. <i>Metabólitos de sementes de interesse econômico.....</i>	3
2.1 <i>Óleos vegetais.....</i>	3
2.2 <i>Tocóis (Vitamina E).....</i>	5
2.3 <i>Compostos fenólicos.....</i>	6
2.4 <i>Carotenoides.....</i>	9
3. <i>Potencial econômico e ocorrência de bioativos em sementes de espécies das famílias Malvaceae, Meliaceae e Sapindaceae.....</i>	11
3.1 <i>Malvaceae.....</i>	11
3.2 <i>Meliaceae.....</i>	12
3.3 <i>Sapidaceae.....</i>	13
4. <i>Descrição e importância econômica das espécies.....</i>	14
4.1 <i>Malvaceae.....</i>	14
4.1.1 <i>Basiloxylon brasiliensis K. Schum.....</i>	14
4.1.2 <i>Christiana africana DC.....</i>	14
4.1.3 <i>Pachira aquatica Aubl.....</i>	15

4.1.4 <i>Sterculia foetida</i> L.....	16
4.2 <i>Meliaceae</i>	16
4.2.1 <i>Guarea guidonea</i> (L.) Sleumer.....	16
4.3 <i>Sapindaceae</i>	17
4.3.1 <i>Allophylus puberulus</i> (Cambess.) Radlk.....	17
4.3.2 <i>Paullinia elegans</i> Cambess.....	17
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20
Capítulo 1 - Óleos de sementes presentes no Brasil com potencial aplicação industrial.....	32
Capítulo 2 - Extratos de sementes presentes no Brasil como fonte de antioxidantes naturais.	62
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	89
ANEXO – NORMAS DAS REVISTAS	90

APRESENTAÇÃO

As sementes são estruturas responsáveis pela reprodução vegetal, capazes de armazenar diversas substâncias de interesse econômico. Dentre elas encontram-se os compostos bioativos, pertencentes a diferentes classes químicas, conhecidos por suas várias propriedades biológicas. Diversos compostos bioativos são relatados em extratos orgânicos de sementes, especialmente associados aos lipídios, conferindo valor nutricional, industrial e farmacêutico (DYER et al., 2008).

Os compostos bioativos são conhecidos por apresentarem efeitos terapêuticos, curativos e, principalmente, pelas propriedades antioxidantes, visto que são capazes de combater radicais livres produzidos durante processos de oxidação. O interesse econômico em substâncias com atividade antioxidante vem aumentando nos últimos anos, uma vez que antioxidantes naturais são mais seguros e tão eficientes quanto os sintéticos (ZERAIK, YARIWAKI, 2008; MARTINS et al., 2011).

É crescente o número de trabalhos científicos que avaliam a presença de bioativos em sementes, uma vez que evidências apontam para a ocorrência dessas substâncias em espécies não convencionais. Contudo, devido à importância econômica desses compostos e, diante da grande diversidade vegetal, principalmente em ambientes tropicais como o Brasil, percebe-se que o número de espécies investigadas ainda é ínfimo, tornando necessária a intensificação nas pesquisas nessa área, a fim de descobrir novas espécies como potenciais fontes alternativas desses compostos (MARTINS et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2012).

Assim, o presente trabalho visa contribuir com novas informações sobre a possível utilização de espécies ocorrentes no Brasil, se propondo avaliar as sementes de sete espécies não convencionais pertencentes à família Malvaceae (*Basiloxylon brasiliensis* (Allemão) K. Schum., *Christiania africana* DC., *Pachira aquatica* Aubl. e *Sterculia foetida* L.), Meliaceae (*Guarea guidonea* (L.) Sleumer) e Sapindaceae (*Allophylus puberulus* (Cambess.) Radlk. e *Paullinia elegans* Cambess.), reconhecidas por apresentarem substâncias bioativas com importância econômica. Neste estudo, foi avaliada a possível aplicação biotecnológica dos lipídeos e extratos orgânicos polares dessas sementes, visando ampliar o conhecimento sobre o potencial biotecnológico existente na flora brasileira e sugerir recursos vegetais alternativos de interesse econômico.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1. *Compostos bioativos em sementes*

As sementes são estruturas vegetais capazes de armazenar substâncias de interesse econômico. Dentre esses metabólitos, os lipídios são um dos mais requeridos pelo homem, devido ao seu nutricional, energético, farmacêutico e tecnológico (DYER et al., 2008), sendo utilizados como matéria-prima na fabricação de margarinas, óleos para frituras, emulsificantes, sabões, lubrificantes, biocombustíveis, tintas, vernizes, adesivos, maquiagem e medicamentos (SIMPSON; OGORZALY, 1995; AZAM; WARIS; NAHAR, 2005).

O valor econômico dos óleos vegetais também está associado à presença de compostos que ocorrem em menor quantidade, comumente conhecidos como bioativos, e que apresentam inúmeras propriedades biológicas. Essas substâncias são estruturalmente diversas e muitas delas possuem ação antioxidante, isto é, são capazes de reagir com os radicais livres e neutralizá-los, demonstrando inúmeros benefícios à saúde humana. Dentre os antioxidantes naturais presentes em óleos de sementes estão os tocóis, compostos fenólicos e os carotenoides (MARTINS et al., 2011), que vêm recebendo grande atenção por apresentarem maior eficácia quando comparados aos antioxidantes sintéticos (ZERAIK, YARIWAKI, 2008).

Além dos lipídios e dos antioxidantes associados, outras substâncias bioativas presentes nas sementes também demonstram efeitos terapêuticos. Boa parte desses benefícios está relacionado aos constituintes polares, como os compostos fenólicos (BENARIBA et al., 2013), que são tidos como os principais agentes antioxidantes ocorrentes em plantas (KHALED-KHODJA; BOULEKBACHE-MAKHLOUF; MADANI, 2014).

Estudos recentes com extratos de sementes relatam seu alto potencial antioxidante, geralmente correlacionado à presença de compostos fenólicos, como flavonoides e taninos. Segundo a literatura, extratos orgânicos polares das sementes de *Citrullus colocynthis* (L.) Schrad. – Cucurbitaceae (BENARIBA et al., 2013), *Hibiscus cannabinus* L.- Malvaceae (YUSRI et al., 2012), *Nymphaea nouchali* Burm. f. – Nymphaeaceae (PARIMALA; SHOBA, 2013), *Punica granatum* L. – Lythraceae (JING et al., 2012) e *Synsepalum dulcificum* (Schumach. & Thonn.) Daniell – Sapotaceae (INGLETT; CHEN, 2011; DU et al., 2014)

possuem atividade antioxidante, sendo citadas como fontes alternativas de antioxidantes naturais.

É crescente o número de pesquisas sobre o potencial oleaginoso e a presença de bioativos em sementes, especialmente em ambientes tropicais, ricos em diversidade vegetal, possibilitando a descoberta de novos princípios ativos e, conseqüentemente, aumentando o interesse em sementes ocorrentes nesses ambientes (OLIVEIRA et al., 2012). Pesquisas realizadas no Brasil demonstram resultados promissores quanto ao valor econômico de sementes ocorrentes no país, tanto em relação ao potencial oleaginoso de sementes (MAYWORM, 1994; MAYWORM et al., 1998; SÉRVIO JÚNIOR, 2000; SOBRINHO, 2000; GONÇALVES et al., 2002; SILVA, 2005; PINHO et al., 2009; SILVA et al., 2014), quanto à prospecção de bioativos em frutos e sementes (ALMEIDA et al., 2011; SOUZA et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2012), reforçando o interesse em pesquisas com espécies desconhecidas (MARTINS et al., 2011).

2. *Metabólitos de sementes de interesse econômico*

2.1 *Óleos vegetais*

Os óleos fixos vegetais são substâncias químicas de natureza hidrofóbica, formadas majoritariamente por triglicerídeos, nos quais moléculas de ácidos graxos estão esterificadas ao glicerol (NELSON; LEHNINGER; COX, 2002). Esses ácidos são os principais componentes dos óleos vegetais, que consistem em ácidos carboxílicos de cadeia aberta, formados principalmente por um número par de carbonos (4 a 24 carbonos). Eles são classificados de acordo com o comprimento da cadeia, o número e a posição das duplas ligações (GUNSTONE, 1996). São divididos em ácidos saturados, quando apresentam apenas ligações simples, e insaturados, quando possuem ligações simples e duplas (Figura 1) (MORETTO; FETT, 1998).

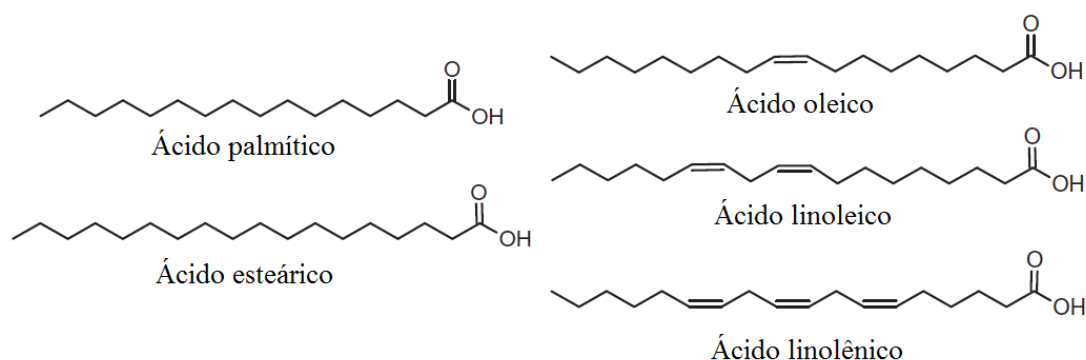


Figura 1. Estrutura química dos principais ácidos graxos ocorrentes em óleos de sementes.
Fonte: Vermaak et al., 2011.

O perfil dos ácidos graxos varia entre as espécies, influenciando nas propriedades físico-químicas dos óleos e permitindo seu aproveitamento econômico (GIOIELLI, 1996). Na indústria alimentícia são empregados óleos ricos nos ácidos palmítico (C16:0), esteárico (C18:0), oleico (C18:1), linoleico (C18:2) e linolênico (C18:3), visto que fornecem energia e são essenciais para o bom funcionamento do corpo humano, sendo os óleos de soja, canola, girassol e oliva mais utilizados para este fim (EWIN, 1995; MORETTO; FETT, 1998). Na fabricação de sabões, são preferidos óleos abundantes em ácidos graxos saturados, tais como o láurico (C12:0), mirístico (C14:0), palmítico (C16:0) e esteárico (C18:0), a exemplo dos óleos de coco e dendê (ECKEY, 1954). Além disso, vários estudos sugerem os óleos vegetais como promissoras fontes alternativas de energia, na produção de biodiesel, por serem atóxicos, biodegradáveis e ambientalmente seguros (FERRARI; OLIVEIRA; SCABIO, 2005; GARCEZ; VIANNA, 2009; POMPELLI et al., 2011).

Os lipídios de sementes também apresentam uma ampla história de uso como cosméticos e produtos farmacêuticos, devido a diversas propriedades benéficas promovidas por alguns ácidos graxos. O ácido linoleico tem efeito hidratante, auxilia no processo de cicatrização em dermatoses e atua como anti-inflamatório no tratamento da acne (VERMAAK et al., 2011). Em produtos farmacêuticos são importantes excipientes e carreadores de substâncias bioativas, com a vantagem de serem atóxicos, diminuindo os efeitos alérgicos nos pacientes (HERNANDEZ, 2005). Além dos ácidos graxos, é comum a ocorrência de compostos minoritários em lipídios de sementes, tais como vitaminas e outros metabólitos secundários, que são igualmente reconhecidos por seus princípios bioativos (OLIVEIRA, 2003).

2.2 Tocóis (Vitamina E)

Os tocóis, usualmente conhecidos como vitamina E, compreendem um grupo de antioxidantes solúveis em gorduras, com uma parte da cadeia hidrofóbica (fítol no caso dos tocoferóis e isoprenil no caso dos tocotrienóis) associada a um anel aromático 6-cromanol. Na natureza, são formados por oito isômeros, quatro tocoferóis (α , β , γ , δ -tocoferol) e quatro tocotrienóis (α , β , γ , δ -tocotrienol). Essas moléculas diferem entre si pelo número e posição dos substituintes metil na parte fenólica do anel cromanol e tais conformações estruturais governam sua rota metabólica e suas propriedades biológicas (Figura 2) (ESKIN; PRZYBYLAKI, 2001; SCHWARTZ et al., 2008).

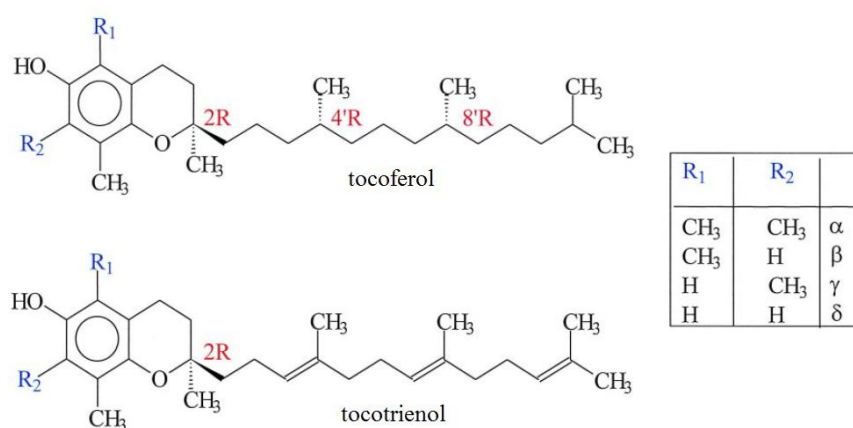


Figura 2. Estrutura química dos tocoferóis e tocotrienóis. Fonte: Azzi; Stocker, 2000.

Tocoferóis e tocotrienóis são sintetizados pelos vegetais principalmente pela rota biossintética dos isoprenoides. O α -tocoferol é o principal isômero de vitamina E em vegetais superiores, sendo sintetizado nos cloroplastos, e os demais isômeros são encontrados em outras organelas. As maiores fontes de vitamina E são os óleos vegetais e seus subprodutos (BRAMLEY et al., 2000; ESKIN; PRZYBYLAKI, 2001). Em óleos refinados sua quantidade varia de 60 a 100 mg/100g de óleo. Nos óleos de canola, girassol e linhaça o teor de vitamina E é de aproximadamente 60 mg/100g de óleo, enquanto os óleos de soja (179,7 mg/100g) e milho (161,6 mg/100g) possuem quantidades 3 vezes maiores. Dentre os isômeros, o α -tocoferol é o mais abundante, embora algumas espécies apresentem grandes quantidades do γ -tocoferol. O óleo de girassol contém quase que exclusivamente o α -tocoferol, enquanto que nos de milho e soja predominam o γ -tocoferol (ESKIN; PRZYBYLAKI, 2001; TUBEROSO

et al., 2007). Sabe-se também que existe uma forte correlação entre o teor de tocoferóis e a quantidade de ácidos graxos insaturados, sugerindo que a vitamina E apresente um efeito protetor nesses ácidos (AZZI; STOCKER, 2000).

A atividade antioxidante é uma das principais funções biológicas dos tocóis. Ela consiste na habilidade dessas substâncias em reagir ou destruir os radicais livres em membranas celulares e em outros lipídios, protegendo especialmente os ácidos graxos poliinsaturados dos danos causados pela oxidação lipídica (BRAMLEY et al., 2000). Desta forma, os tocóis são tidos como os principais antioxidantes naturais presentes em óleos e gorduras, agindo como antioxidantes primários ou de quebra de cadeia, convertendo radicais lipídicos em produtos mais estáveis, sendo o α -tocoferol o homólogo com maior atividade biológica, seguido do β , γ e δ -tocoferol.

Os animais não são capazes de sintetizar a vitamina E, tendo que ingeri-la a partir de alimentos ricos nesses compostos, como cereais e frutos secos. Além disso, devido às suas propriedades antioxidantes, a vitamina E é reconhecida por apresentar vários benefícios à saúde, tais como prevenção de doenças cardiovasculares, neurológicas (e.g. Mal de Alzheimer e Parkinson), câncer e na manutenção do sistema imunológico (BRAMLEY et al., 2000, ESKIN; PRZYBYLAKI, 2001).

Na indústria, os tocóis são utilizados com a finalidade de aumentar o tempo de vida útil de vários produtos (BELITZ; GROSCH; SCHIEBERLE, 2004). Contudo, com o desenvolvimento tecnológico, alguns antioxidantes sintéticos, como butil-hidroxianisol (BHA), butil-hidroxitolueno (BHT) e *terc*-butil-hidroquinona (TBHQ), são utilizados como estabilizantes de óleos e gorduras. O uso dessas substâncias em produtos alimentícios tem sido desaconselhado devido ao seu possível efeito mutagênico, aumentando o interesse na descoberta de novas fontes de antioxidantes naturais (BRAMLEY et al., 2000).

2.3 Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos (simples ou polifenóis) incluem um grande número de compostos oriundos do metabolismo secundário vegetal, que diferem em estrutura química e reatividade, variando desde um composto simples até um polimerizado. Estruturalmente, são moléculas orgânicas com um anel aromático ligado a um ou mais grupos hidroxila, juntamente com outros constituintes, geralmente associados a propriedades biológicas

(ESKIN; PRZYBYLAKI, 2001). São organizados em várias classes, tais como ácidos fenólicos, fenilpropanoides, flavonoides, taninos, entre outros (HOED, 2010).

Os ácidos fenólicos consistem nos ácidos hidroxibenzóico (C_6-C_1), que incluem os ácidos gálico, *p*-hidroxibenzóico, protocatecuico, vanílico e sirínico, enquanto os ácidos hidroxicinâmicos ou fenilpropanoides (C_6-C_3) são representados pelos ácidos caféico, ferúlico, *p*-cumárico, sinápico e cumarinas (BRAVO, 1998). Contudo, a maior subclasse dos polifenóis são os flavonoides, que ultrapassam 10.000 estruturas conhecidas e possuem uma cadeia principal $C_6-C_3-C_6$. A sua estrutura consiste em dois anéis aromáticos (A e B), unidos por três átomos de carbono, formando um anel heterocíclico (C) (Figura 3). Variações nos padrões do anel C resultam nas principais classes de flavonoides, como auronas, chalconas, flavonóis, flavonas, isoflavonas, antocianidinas, entre outros. Os taninos são o terceiro grupo mais importante dos polifenóis, divididos em taninos condensados (= proantocianidinas) e os taninos hidrolisáveis, que normalmente consistem de um núcleo de glicose esterificado com ácido gálico ou ácido elágico. Os taninos possuem a propriedade de interagir com proteínas e precipitá-las (BALASUNDRAM; SUNDRAM; SAMMAN, 2006; SCHULZE-KAYSERS; FEUEREISEN; SCHIEBER, 2015).

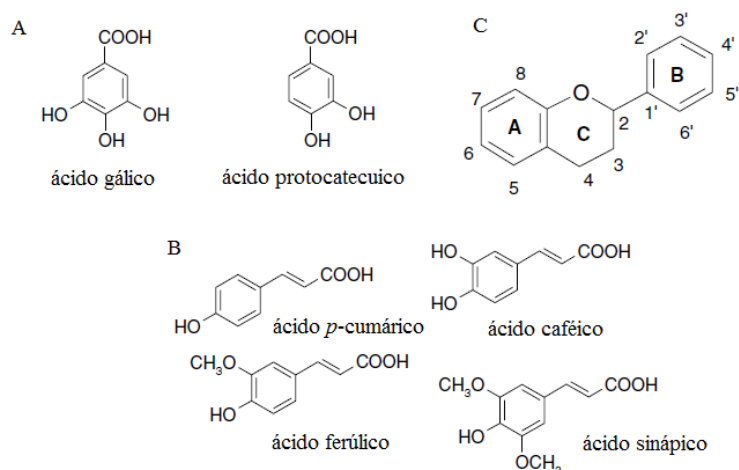


Figura 3. Exemplos de ácidos hidroxibenzóicos (A), hidroxicinâmicos (B) e estrutura geral dos flavonoides (C). Fonte: Balasundram; Sundram; Samman, 2006.

Os compostos fenólicos estão largamente distribuídos em plantas, sendo encontrados em todas as partes vegetais. Apresentam importância morfológica e fisiológica para as plantas, participando do crescimento vegetal (lignina), atuando na proteção contra raios UV

(flavonas e flavonóis), na defesa contra herbívoros (taninos) e microrganismos (isoflavonas) e como pigmentos em frutos e sementes, auxiliando na atração de polinizadores e dispersores (antocianinas, flavonas e flavonóis). Dessa forma, a grande biodiversidade de plantas existente na natureza, fornece um excelente campo de exploração para pesquisas sobre compostos fenólicos e suas propriedades bioativas (BALASUNDRAM; SUNDRAM; SAMMAN, 2006; MARTINS et al., 2011).

Como efeitos benéficos ao homem, os polifenóis podem atuar como antialérgicos, antiarterogênicos, anti-inflamatórios, antimicrobianos, antitrombóticos, além de terem propriedades cardioprotetoras e vasodilatadoras (BALASUNDRAM; SUNDRAM; SAMMAN, 2006). No entanto, dentre as tantas propriedades comprovadas, o poder antioxidante dessas substâncias se destaca, visto a forte correlação existente entre a atividade antioxidante e o conteúdo fenólico total nas plantas. Seu mecanismo de ação consiste no sequestro de radicais livres, doando um átomo de hidrogênio a um radical lipídico, e algumas vezes, como quelantes de metais. Os produtos intermediários formados durante esse processo são relativamente estáveis devido à ressonância do seu anel aromático (SHAHIDI; JANITHA; WANASUNDARA, 1992).

As propriedades antioxidantes dos compostos fenólicos contribuem para que apresentem aplicações nutricionais e terapêuticas (MARTINS et al., 2011). O consumo de frutas e outras partes vegetais ricas em polifenóis estão associados a benefícios para a saúde, devido às suas propriedades antioxidantes. Além disso, em extratos de óleos comestíveis, peixes, carnes e produtos avícolas, os compostos fenólicos têm mostrado atividade antioxidante semelhante às observadas em antioxidantes sintéticos (BALASUNDRAM; SUNDRAM; SAMMAN, 2006).

Tradicionalmente, os compostos fenólicos são conhecidos por serem abundantes em folhas, frutos e cereais. Recentemente, novos compostos fenólicos têm sido descobertos, demonstrando aplicações nutricionais e econômicas valiosas. O benefício nutricional surge a partir dos altos níveis de polifenóis em óleos de sementes, conferindo propriedades antioxidantes benéficas para a saúde, e o econômico, resulta da contribuição dos compostos fenólicos para a sua estabilidade oxidativa. Diversos trabalhos revelam que óleos de sementes são boas fontes desses antioxidantes, especialmente em ácidos fenólicos (Figura 4). Desta forma, sementes com alto teor de óleo, associadas a compostos fenólicos e ácidos graxos essenciais, apresentam valiosas propriedades nutritivas e aplicações econômicas (HOED,

2010).

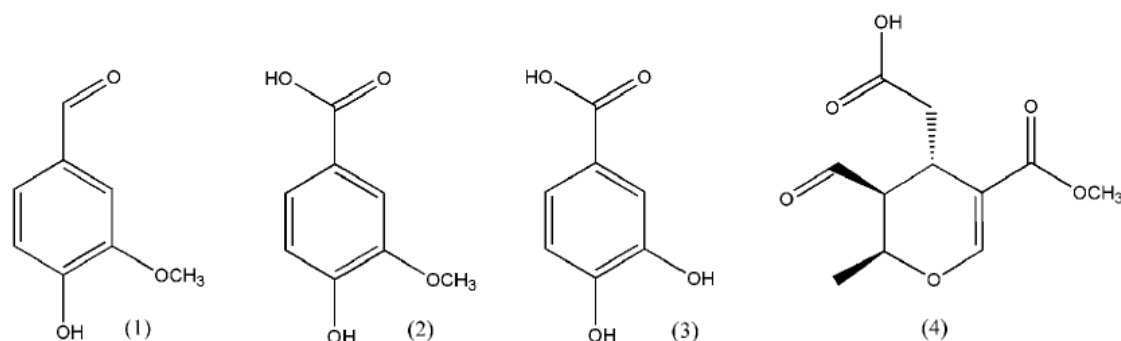


Figura 4. Compostos fenólicos comuns em óleos de sementes. (1) vanilina; (2) ácido vanílico; (3) ácido protocatecuico; (4) ácido eleanoico. Fonte: Hoed, 2010.

2.4 Carotenoides

Os carotenoides têm ampla distribuição na natureza, sendo encontrados na maioria dos organismos fotossintetizantes como constituintes das membranas dos tilacoides e associados aos processos fotossintéticos (GERSHENZON, 2013). Esses compostos são tetraterpenoides (C₄₀) formados pela união cauda-cabeça de oito unidades isoprenos (C₅), com grupos metila centrais separados por seis carbonos. A principal característica destas moléculas consiste no extenso sistema de duplas ligações conjugadas, que forma o cromóforo, conferindo aos carotenoides coloração e propriedades especiais (FERNANDEZ-GARCIA et al., 2012; FIGUEIRA et al., 2013).

Foram identificados mais de 700 exemplares de carotenoides, classificados em diferentes tipos e distribuídos em várias formas isoméricas (CHEN; JUNGER, 2012). Existem dois grupos de carotenoides: (1) carotenos, que consistem em hidrocarbonetos puros; e (2) xantofilas, carotenoides que possuem grupos funcionais oxigenados. Os carotenoides mais pesquisados por seu envolvimento na saúde humana são os β -carotenos, α -carotenos, β -criptoxantinas, licopenos, luteínas e zeaxantinas (Figura 5). Além de serem os principais carotenoides no sangue humano (FERNANDEZ-GARCIA et al., 2012; FIGUEIRA et al., 2013), são também, com exceção da zeaxantina, os mais comumente encontrados nos alimentos, sendo o β -caroteno o mais amplamente distribuído (LANDRUM, 2010).

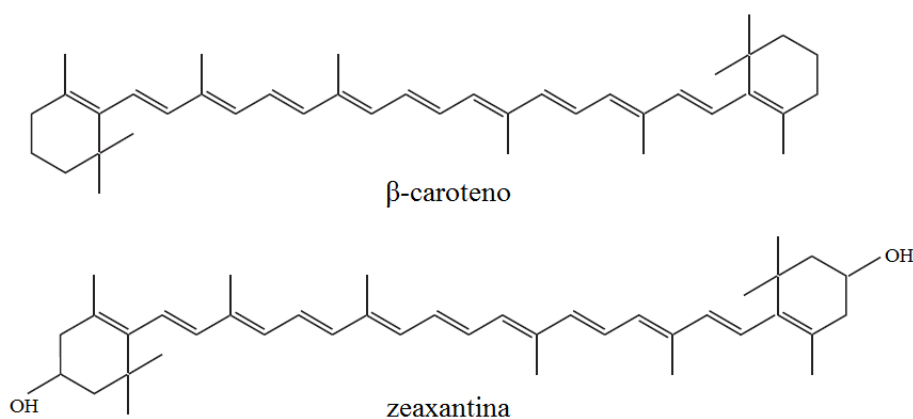


Figura 5. Estrutura de um caroteno (β -caroteno) e de uma xantofila (zeaxantina). Fonte: Zeraik; Yariwaki, 2008.

Os carotenoides são pigmentos naturais responsáveis pelas cores de amarelo a laranja ou vermelho em muitas frutas, hortaliças, gema de ovo, crustáceos e alguns peixes (LANDRUM, 2010). Em países desenvolvidos, 80-90% da ingestão de carotenoides vêm do consumo de frutas e vegetais e, dos mais de 700 carotenoides naturais identificados, aproximadamente 50 estão presentes na dieta humana, podendo ser absorvidos e metabolizados pelo organismo humano (DARVIN et al., 2011).

Embora estejam presentes em níveis muito baixos (microgramas por grama), os carotenoides estão entre os constituintes alimentícios mais importantes devido às suas propriedades bioativas (RODRIGUEZ-AMAYA et al., 2008). Os lipídios de sementes são conhecidos como fontes de carotenoides, a exemplo dos óleos de soja, canola, girassol e linhaça, com teores de β -caroteno em torno de 2 $\mu\text{g/g}$ de óleo (TUBEROSO et al., 2007). Contudo, óleos de espécies da família Arecaceae, tais como buriti, tucumã, bocaiúva, bacuri e umari, são conhecidos como ricas fontes de β -caroteno ($>20 \mu\text{g/g}$), sendo o buriti o produto alimentar detentor da maior concentração já conhecida (RODRIGUEZ-AMAYA; KIMURA; AMAYA-FARFAN, 2008).

Dentre as propriedades bioativas dos carotenoides, diversos efeitos benéficos à saúde são relatados, tais como melhoria da resposta imunológica contra infecções, proteção da mucosa gástrica contra úlceras e redução do risco de desenvolver doenças crônicas degenerativas, como câncer, problemas cardiovasculares, degeneração muscular relacionada à idade e catarata. Além disso, os carotenoides também foram identificados como potenciais

inibidores do Mal de Alzheimer (KRINSKY; JOHNSON, 2005; MAIANI et al., 2009; FERNANDEZ-GARCIA et al., 2012). Essas atividades fisiológicas têm sido atribuídas ao seu poder antioxidante, especificamente à capacidade de sequestrar oxigênio e interagir com os radicais livres. Na indústria de alimentos, sobretudo em óleos vegetais, a presença de pequenas quantidades de carotenoides ajuda na prevenção da rápida oxidação de seus constituintes (FIGUEIRA et al., 2013).

3. *Potencial econômico e ocorrência de bioativos em sementes de espécies das famílias Malvaceae, Meliaceae e Sapindaceae*

As similaridades biossintéticas oriundas das relações filogenéticas permitem que a ocorrência de substâncias bioativas seja frequente em espécies da mesma família. Em sementes das famílias Malvaceae, Meliaceae e Sapindaceae é evidente a presença dessas substâncias. Muitos de seus representantes já possuem algum uso e são descritos como fontes de compostos ativos de interesse econômico e novos estudos apontam outras espécies como potenciais fontes alternativas desses compostos nessas famílias.

3.1 *Malvaceae*

Nos lipídios de sementes de algumas espécies desta família são reconhecidos pela presença de ácidos graxos incomuns, os ácidos ciclopropênicos, tais como o ácido estercúlico e malválico (CHAVES et al., 2004). Na indústria de fármacos são indicados óleos de *Adansonia digitata* L. (CALUWÉ; HALAMOVÁ; DAMME, 2010), *Sterculia striata* St. Hil. et Naud. (CHAVES et al., 2004) e *Hibiscus trionum* L. (KILIÇ et al., 2011); na indústria de biocombustíveis: *Gossypium hirsutum* L. (NABI; RAHMAN; AKHTER, 2009), *Hibiscus sabdariffa* L. (NAKPONG; WOOTHIKANOKKHAN, 2010), *Pterygota alata* RBr (AZAM; WARIS; NAHAR, 2005) e espécies do gênero *Sterculia* (SETHUSUNDARAM; GOVINDASAMY; ARULSHRI, 2012); além da indústria cosmética: *Abutilon indicum* Sweet. e *A. muticum* Sweet. (KASHMIRI et al., 2009), *A. digitata* (CALUWÉ; HALAMOVÁ; DAMME, 2010) e *H. trionum* (KILIÇ et al., 2011).

Espécies alimentícias desta família ocorrem no Brasil, a exemplo de *Abutilon esculentum* A. St-Hil., *Guazuma ulmifolia* Lam., *Sterculia apetala* (Jacq.) H. Karst., *Theobroma grandiflorum* Willd. Ex Spreng e *Theobroma cacao* L. As sementes do cacau (*T.*

cacao) são conhecidas mundialmente pela produção de chocolate, além de diversos estudos lhe atribuírem outras propriedades, tais como atividade anticâncer, anti-inflamatória, antidiabética, antioxidante e cardioprotetora (OLIVEIRA et al., 2012; OLIVEIRA; GENOVESE, 2013). Para a produção de biodiesel, os óleos de algumas espécies não convencionais têm sido indicados para este fim, como *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn., *Pachira aquatica* Aubl. e *Sterculia foetida* L. (BINDHU et al., 2012; ONG et al., 2013).

3.2 *Meliaceae*

Espécies da família *Meliaceae* são conhecidas quanto ao aproveitamento do óleo de suas sementes em produtos industriais. O óleo de *Carapa guianensis* Aubl. tem despertado o interesse da indústria farmacêutica e cosmética, devido às suas propriedades anti-inflamatória, cicatrizante (PENIDO et al., 2006a; FARIAS et al., 2009), anti-helmíntica (KONAN et al., 2003), repelente (MIOT et al., 2004; MENDONÇA et al., 2005), antialérgica e analgésica (PENIDO et al., 2006b, 2006c). Em comunidades tradicionais, seu óleo é popularmente utilizado devido a sua ação fotoprotetora. O óleo de sementes de *Carapa procera* D.C. é tradicionalmente utilizado como repelente e inseticida, bem como na produção de velas e vários produtos cosméticos, como sabonetes e shampoos (DJENONTIN et al., 2012; NONVIHO et al., 2014). Na medicina tradicional é usado no tratamento de dermatoses, dor de dente, cansaço muscular, além de possuir ação hidratante (EROMOSELE; EROMOSELE, 1993).

Khaya senegalensis A. Juss. também apresenta óleos de sementes utilizados nas indústrias farmacêutica e cosmética (AUDU-PETER et al., 2006), devido a sua ação antimicrobiana (IDU et al., 2014) e propriedades terapêuticas (TAKIN et al., 2013). Além disso, estudos demonstram que o extrato orgânico de suas sementes possui atividade antibacteriana (SALE et al., 2008) e tripanossomicida (IBRAHIM; NJOKU; SALLAU, 2008).

Contudo, o neem (*Azadirachta indica* A. Juss.) é a espécie mais conhecida desta família quanto ao uso de suas sementes, por apresentar diversas propriedades biológicas e medicinais, sendo empregadas no desenvolvimento de produtos industrializados. Suas sementes são utilizadas no tratamento de hanseníase e verminoses intestinais (BISWAS et al., 2002), e o seu óleo apresenta ação inseticida, atribuída à presença da azadiractina, além de

atividade antitumoral, citotóxica, anti-helmíntica e antiviral, vinculada a outros metabólitos (TAKEYA et al., 1996). Outra Meliaceae, *Swietenia mahagoni* (L.) Jacq., apresenta nos extratos de suas sementes compostos fenólicos, alta atividade antioxidante (SAHGAL et al., 2009), atividade citotóxica, antimicrobiana, antifúngica e antidiabética (LI et al 2005; DE et al., 2011).

3.3 Sapindaceae

Esta família também é conhecida por apresentar sementes ricas em óleo, sendo bastante utilizadas comercialmente em seus países de origem (DÍAZ; ROSSINI, 2012). Esses óleos podem apresentar ácidos graxos incomuns, os cianolipídios, que possuem ação inseticida e repelente. Essas substâncias foram detectadas nas espécies brasileiras *Paullinia meliifolia* Juss., *Urvillea uniloba* Radlk. e *Cardiospermum grandiflorum* Sw. (SPITZER, 1996).

Outras espécies possuem propriedades farmacológicas com ação antioxidante, anti-inflamatória e antidiabética (DÍAZ; ROSSINI, 2012). As sementes de *Cardiospermum halicacabum* L. apresentam substâncias com potencial para o tratamento de distúrbios neurológicos (MENICHINI et al., 2014). Além disso, frutos de *Allophylus edulis* (A. St-Hil., Cabess. & A. Juss.) Radlk. e *Sapindus esculentus* A. St.-Hil são bastante apreciados como alimento e possuem ação antioxidante (OLIVEIRA et al., 2012).

Há ainda espécies que possuem frutos e sementes comestíveis, a exemplo de *Blighia sapida* K.D. Koenig, *Litchi chinensis* Sonn., *Nephelium lappaceum* L. e *Dimocarpus longan* Lour., que são amplamente consumidas na Ásia e na Austrália (DICZBALIS et al., 2010; DÍAZ; ROSSINI, 2012). No Brasil, os frutos da pitomba (*Talisia esculenta* Radlk.) são comestíveis, e o guaraná (*Paullinia cupana* Kunth.), o representante mais conhecido da família, é utilizado na fabricação de bebidas. Estudos com sementes do guaraná comprovam suas propriedades terapêuticas, como aumento da capacidade física, proteção gástrica e prevenção de arteriosclerose, além de elevada capacidade antioxidante, atribuída a altas quantidades de flavonoides e taninos (LEITE et al., 2011).

4. Descrição e importância econômica das espécies

4.1 Malvaceae

4.1.1 *Basiloxylon brasiliensis* K. Schum.

Basiloxylon brasiliensis (sinônimo *Pterygota brasiliensis* Allemão) é uma espécie nativa do Brasil, conhecida popularmente como “pau-rei”, “farinha seca” e “maperoá”, que tem ocorrência descrita em áreas de Floresta Atlântica nas regiões Nordeste (Pernambuco) e Sudeste (Minas Gerais e Rio de Janeiro) do país (ESTEVES, 2016a). Seu porte é arbóreo, medindo entre 20-30 m de altura e suas folhas são coriáceas.

Anteriormente, esta espécie pertencia à família Sterculiaceae, atualmente classificada na família Malvaceae, conforme o sistema *Angiosperm Phylogeny Group* (APG). Sua madeira é utilizada em obras, como forros e divisórias, e na fabricação de caixotes e polpa celulósica. É uma árvore exuberante, empregada no paisagismo de parques e grandes jardins, sendo bastante adaptada à insolação, de crescimento rápido e indicada para plantios de reflorestamento (LORENZI, 2014). Não há relatos de aspectos químicos da planta.

4.1.2 *Christiana africana* DC.

Christiana africana, popularmente conhecida como “gargaúba”, é uma espécie nativa do Brasil (não endêmica) que ocorre nas regiões Nordeste e Sudeste do país nos domínios da Amazônia e Floresta Atlântica, sendo descrita ainda em países da África, América Central e América do Sul. Em Pernambuco, foi encontrada apenas na Zona da Mata em solo areno-argiloso e alagado. Em sistemas de classificação anteriores, a espécie era classificada dentro da família Tiliaceae, que foi posteriormente incluída na família Malvaceae no sistema APG (TSCHÁ; SALES; ESTEVES, 2002; ESTEVES, 2016b).

Seus indivíduos têm porte arbóreo (6-10 m) e são facilmente reconhecidos pelas folhas cartáceas, tomentosas na face abaxial e margem inteira. A espécie floresce e frutifica o ano todo e suas flores são arrançadas em inflorescências. Seus frutos são geralmente subglobosos, com tricomas e tricomas ferrúgeos, e suas sementes são pequenas e globosas (4 – 5 mm) (TSCHÁ; SALES; ESTEVES, 2002).

A espécie possui relatos de uso na medicina tradicional, no tratamento da hipertensão arterial e palpitações cardíacas. Outros estudos avaliam as propriedades fitoquímicas das suas

cascas, indicando a presença de iridoides e alcaloides ciclopeptídicos, descritos pela primeira vez na espécie e fortalecendo a hipótese de similaridade das ex-Tiliaceae com as famílias da ordem Malvales (MICHALET et al., 2008). Avaliando extratos polares de suas cascas, Payen-Pattaccioli (2002) reporta sua atividade antioxidante, citotóxica e antiinflamatória, bem como efeito antifúngico e antioxidante em seus compostos purificados. Contudo, até o momento, não há citação sobre os aspectos químicos de suas sementes.

4.1.3 *Pachira aquatica* Aubl.

Pachira aquatica Aubl. é uma espécie conhecida vulgarmente como “munguba”, “mamorama”, “castanhola”, “castanha do maranhão”, dentre outros. Apresenta porte arbóreo (6-14 m) e é nativa da América Central e do Sul. Em sistemas de classificação anteriores, era classificada na família Bombacaceae, que no sistema de classificação APG foi inserida na família Malvaceae. Ocorre espontaneamente no litoral do Piauí e Maranhão, embora seja bastante utilizada na arborização urbana em diversas cidades do Brasil (SILVA et al., 2012).

Seus indivíduos ocorrem preferencialmente em locais úmidos, nas margens e nos barrancos de rios e lagoas, ou em terrenos alagadiços e brejosos, muito embora tenha a capacidade de adaptar-se facilmente a condições bem diversas de solo e clima (BARROSO et al. 1978). Seus frutos são cápsulas deiscentes que apresentam inúmeras sementes de formato reniforme, produzidos anualmente em grandes quantidades, servindo de alimento para fauna adjacente.

Há relatos de que os extratos etanólicos das sementes possuem ação repelente e inseticida (SOUZA et al., 2012a) e que as sementes sejam eventualmente consumidas cruas ou torradas na região amazônica devido à semelhança de sabor com as castanhas (LORENZI, 2014). Estudos adicionais avaliam seu valor nutritivo, indicando-as como ricas fontes de carboidratos e lipídios, além da presença do aminoácido triptofano, do ácido palmítico e de ácidos graxos ciclopropênicos (JORGE; LUZIA, 2012; BOHANNON; KLEIMAN, 1978; POLIZELLI et al., 2008). Contudo, Oliveira et al., 2000 sugerem que seu consumo seja visto com cautela, uma vez que demonstraram toxicidade em ratos, devido à presença de lectinas e inibidores de tripsinas. O óleo das sementes também é indicado para a produção de biodiesel (PARENTE, 2003). Embora esta espécie seja bastante produtiva, adaptável ao cultivo, e de suas sementes demonstrem diversos potenciais de uso, *P. aquatica* ainda é subutilizada pelos brasileiros.

4.1.4 *Sterculia foetida* L.

Sterculia foetida L. é uma espécie nativa da Índia, Malásia e Austrália, adaptada a ambientes tropicais e sub-tropicais, que foi introduzida no Brasil para fins ornamentais. Conhecida com “chichá” e “amendoim-da-mata”, tem porte arbóreo, sendo utilizada principalmente na arborização de praças e parques em várias regiões do país (ONG et al., 2013). Seus frutos são do tipo folículo, apresentando de 10 a 15 sementes (LORENZI et al., 1996; SHAMSUNDAR; PARAMJYOTHI, 2010) e podendo produzir de 200-350 kg de sementes anualmente (SILITONGA et al., 2013).

Suas sementes são abundantes em um óleo (30 – 40%) rico em ácidos graxos ciclopropênicos (50-60%), especialmente o ácido estercúlico, sendo utilizado na fabricação de sabão e indicado para a produção de biodiesel (AUED-PIMENTEL et al., 2004; ONG et al., 2013). Para a espécie, há ainda relatos de que suas folhas possuem propriedades medicinais, como ação laxativa, diurética, anti-inflamatória, antidepressiva e de repelência de insetos (CHOPRA; NAYAR; CHOPRA, 1992; NAIK; MAJUMDAR; WAGHOLE, 2004).

4.2 *Meliaceae*

4.2.1 *Guarea guidonia* (L.) Sleumer

Guarea guidonia (L.) Sleumer, popularmente conhecida como “marinheiro”, “açafro”, “camboatá”, “carrapeta” e “gitó”, é uma espécie amplamente distribuída no Brasil, podendo ocorrer desde o Norte até o Sul do Brasil. Apresenta hábito arbóreo, podendo chegar até 20 m de altura, com média de 60 cm de diâmetro no tronco, e que emite ramos jovens com a presença de lenticelas. Seus frutos são pequenas cápsulas arredondadas e suas flores são esbranquiçadas. É uma planta ornamental, bastante utilizada na arborização rural e urbana. Sua madeira é empregada na construção civil e naval, carpintaria, obras internas, confecção de vagões e carrocerias, entre outros (CORRÊA; PENNA, 1984).

Quimicamente, estudos demonstram a ocorrência de diversos metabólitos secundários nos extratos da casca do tronco e do óleo volátil de suas folhas, tais como limonoides, cumarinas, sesquiterpenos (LUKACOVA et al., 1982; NUNEZ; ROQUE, 1999), terpenoides (LAGO; BROCHINI; ROQUE, 2002) e seco-esteroides (GARCEZ; GARCEZ; SOARES, 2008). A presença de compostos bioativos na sua casca e raízes permite sua utilização na

medicina popular no tratamento de reumatismo, hidropsia e inflamações artríticas, além de possuir propriedade adstringente, purgativa, antipirética, abortiva, emética e anti-inflamatória. Outras pesquisas farmacológicas revelam que extratos brutos de suas folhas e frutos possuem atividade anti-viral contra o agente da falsa-raiva que ataca porcos (PRV ou *Pseudorabies vírus*) (SIMONI, 1996), bem como os extratos de suas sementes, que possuem elevada atividade anti-inflamatória em animais de laboratório e ação antiparasítica (OGA et al., 1981; BERNARD et al., 2001).

4.3 Sapindaceae

4.3.1 *Allophylus puberulus* (Cambess.) Radlk

Allophylus puberulus (Sinônimo: *Allophylus laevigatus* (Turcz.) Radlk.) é uma árvore de porte médio, sendo vulgarmente conhecida como “pau-pombo”, “cupiú-de-três-folhas”, “frei-jorge”, “estraladeira”, fruto-de-jacú” e “quixaba-vermelha”. É uma espécie nativa e endêmica do Brasil que ocorre nas regiões Norte, Nordeste, Sudeste e Sul do país, com distribuição em diversos domínios fitogeográficos como Floresta Atlântica, Caatinga, Cerrado e Amazônia. Esta espécie é comumente encontrada em bordas de trilha, meio de pastagens e beira de cursos d’água. Seus frutos são carnosos, monocárpico, com forma obovóide e de coloração que varia de amarelo a alaranjado (COELHO, 2014; SOMNER et al., 2016).

Esta espécie não apresenta muitos trabalhos que abordem seus aspectos fitoquímicos. Alguns estudos com extratos de seus frutos relatam o isolamento de um novo sesquiterpeno (acetoxi-11-metoxi-4 α -metoxieudesmano), bem como a identificação de flavonas e β -caroteno, que apresentam atividade antioxidante (DAVID; SANTOS; DAVID, 2004). Outras pesquisas têm ampliado o interesse no estudo desta planta devido ao fato de seus extratos terem apresentado atividade anti-HIV (TAN et al., 1991).

4.3.2 *Paullinia elegans* Cambess.

Paullinia elegans, conhecida popularmente como “cipó-timbó”, “timbó” e “olho-de-boneca”, é uma trepadeira nativa do Brasil, porém não endêmica, que apresenta distribuição descrita para a Caatinga, Cerrado, Pantanal e nas Florestas Atlântica e Amazônica (SOMNER et al., 2015). O fruto desta espécie é uma cápsula septífraga, composta de três valvas que, quando maduras, apresentam coloração vermelha e se abrem permitindo exposição das

sementes de cor preta. Estas sementes são envolvidas parcial ou totalmente por uma estrutura carnosa branca (arilo) (POLO, 2006), que serve de alimento para aves (POTT; POTT, 1994).

Algumas propriedades farmacológicas foram observadas nos extratos orgânicos de suas folhas, como inibição do crescimento das formas epimastigotas do *Trypanosoma cruzi*, atividade moluscicida (TRUITI et al., 2005), redução do volume de exsudado pleural em doenças inflamatórias (TRUITI et al., 2006), assim como inibição de radicais livres e propriedades antiedematogênicas (GUIMARÃES et al., 2010).

Investigações sobre suas sementes apontam uma representativa quantidade de óleo (> 30%), contendo ácidos graxos de cadeia longa, como ácido *cis*-13-eicosenoico, ácido *cis*-11-octadecenoico e ácido 2,4-di-hidroxi-3-metilenebutironitrilo, bem como alguns cianolipídios (SPITZER, 1995, 1996) e alcaloides purínicos (WECKERLE; STUTZ; BAUMANN, 2003). À exceção dos lipídios, outros aspectos fitoquímicos e farmacológicos sobre as sementes desta planta são raramente abordados.

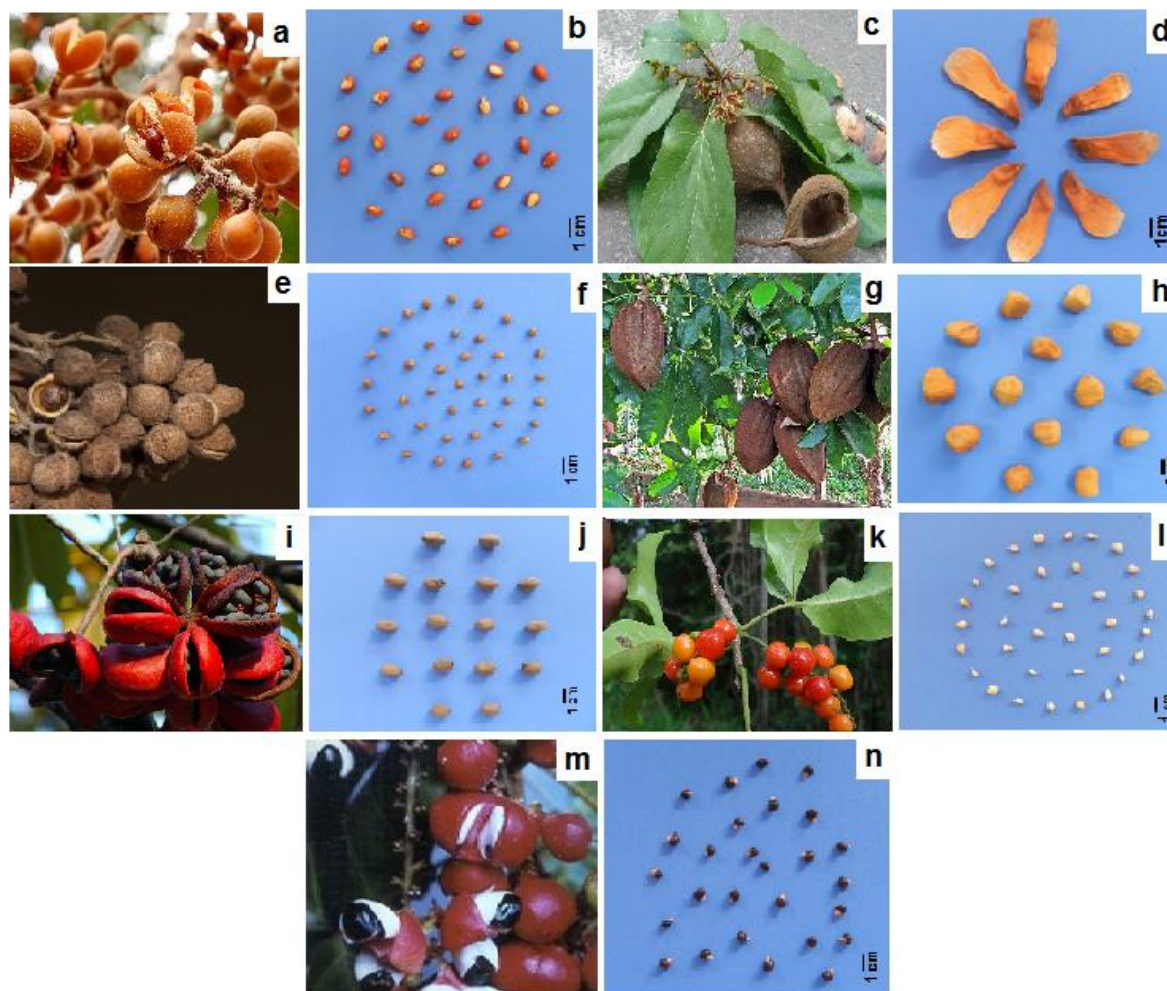


Figura 6. Frutos e sementes das espécies analisadas. Frutos e sementes de *Guarea guidonia* (Fig. 6a-b); *Basiloxydon brasiliensis* (Fig. 6c-d); *Christiana africana* (Fig. 6e-f); *Pachira aquatica* (Fig. 6g-h); *Steculia foetida* (Fig. 6i-j); *Allophylus puberulus* (Fig. 6k-l); *Paullinia elegans* (Fig. 6m-n). Fotos: (Fig. 6a) M. Mercadante; (Fig. 6e) disponível em <http://www.congotrees.rbge.org.uk>; (Fig. 6g) Z. D. Rebske; (Fig. 6i) G. Jofili; (Fig. 6k) A. Popovkin; (Fig. 6m) M. S. Ferrucci – disponíveis em <http://www.flirk.com>; (Fig. 6c) disponível em <http://www.arvores.brasil.nom.br>. Fotos: (Figs. 6b, d, f, h, j, l, n) – K. V. Figueiredo-Lima.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, M. M. B. et al. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. **Food Research International**, 44, 2155–2159, 2011.
- AUDU-PETER, J. D.; OLORUNFEMI, P. O.; NJOKU, N. Antimicrobial and pharmaceutical properties of *Khaya senegalensis* seed oil. **Journal of Pharmacy and Bioresources**, 3, 19-24, 2006.
- AUED–PIMENTEL, S. et al. Evaluation of a methylation procedure to determine cyclopropenoids fatty acids from *Sterculia striata* St. Hil. Et Nauds seed oil. **Journal of Chromatography A**, 235–239, 2004.
- AZAM, M. M.; WARIS, A.; NAHAR, N. M. Prospects and potential of fatty acid methyl esters of some non-traditional seed oils for use as biodiesel in India. **Biomass and Bioenergy**, 29, 293–302, 2005.
- AZZI, A.; STOCKER, A. Vitamin E: non-antioxidant roles. **Progress in Lipid Research**, 39, 231-255, 2000.
- BALASUNDRAM, N.; SUNDRAM, K.; SAMMAN, S. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. **Food Chemistry**, 99 191–203, 2006.
- BARROSO, G. M. **Sistemática de angiospermas do Brasil**. São Paulo: EDUSP, 1978. v. 1. 1978. 255p.
- BELITZ, H-D.; GROSCH, W.; SCHIEBERLE, P. **Lipids**. In: Food Chemistry. 3rd. ed.; Springer-Verlag: Berlin, Germany, 231-232, 2004.
- BENARIBA, N. et al. Phytochemical screening and free radical scavenging activity of *Citrullus colocynthis* seeds extracts. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, 3, 35-40, 2013.
- BERNARD, W. et al. Antiprotozoal activities of Colombian plants. **Journal of Ethnopharmacology**, 78, 193-200, 2001.
- BINDHU, C. H. et al. Preparation and Evaluation of Biodiesel from *Sterculia foetida* Seed Oil. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, 89, 891-896, 2012.
- BISWAS, K. et al. Biological activities and medicinal properties of neem (*Azadirachta indica*). **Current Science**, 82, 1336-1345, 2002.
- BOHANNON, M. B.; KLEIMAN, R. Cyclopropene Fatty Acids of Selected Seed Oils from Bombacaceae, Malvaceae, and Sterculiaceae. **Lipids**, 13, 270-273, 1978.

- BRAMLEY, P. M. et al. Review Vitamin E. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 80, 913-938, 2000.
- BRAVO, L. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism and nutrition significance. **Nutrition Reviews**, 56, 317-333, 1998.
- CALUWÉ, E.; HALAMOVÁ, K.; DAMME, P.V. *Adansonia digitata* L. – A review of traditional uses, phytochemistry and pharmacology. **African Focus** 23, 11-51, 2010.
- CHAVES, M. H. et al. Caracterização Química do Óleo da Amêndoa de *Sterculia striata* St. Hil. et Naud. **Química Nova**, 27, 404-408, 2004.
- CHEN, Y.; JUNGER, W.G. Measurement of oxidative burst in neutrophils. **Methods in Molecular Biology**, 844, 115–124, 2012.
- CHOPRA, R. N.; NAYAR, S. L.; CHOPRA, I. C. Glossary of Indian Medicinal Plants. **Publication and Information Directorate**, CSIR New Delhi, 234 p., 1992.
- COELHO, R. L. G. **Estudos sistemáticos das espécies neotropicais de *Allophylus* L. (Sapindaceae)**. Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia - Campinas, SP., 2014, 449p.
- CORREIA, M. P.; PENNA, L. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Vol. 4. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Defesa Florestal, 172p., 1984.
- DARVIN, M. E. et al. The role of carotenoids in human skin. **Molecules**, 16, 10491–10506, 2011.
- DAVID, J. P.; SANTOS, I. D.; DAVID, J. M. A new sesquiterpene from the fruits of *Allophylus laevigatus*. **Fitoterapia**, 75, 795 – 798, 2004.
- DE, D. et al. Antidiabetic Potentiality of the Aqueous-Methanolic Extract of Seed of *Swietenia mahagoni* (L.) Jacq. in Streptozotocin-Induced Diabetic Male Albino Rat: A Correlative and Evidence-Based Approach with Antioxidative and Antihyperlipidemic Activities. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, 2011, 1-11, 2011.
- DÍAZ, M.; ROSSINI, C. **Bioactive Natural Products from Sapindaceae Deterrent and Toxic Metabolites Against Insects**. In: Insecticides - Pest Engineering, PERVEEN, F. (Ed.), Intech Europe, 538 pp., 2012.
- DICZBALIS, Y. et al. Sapindaceae production and research in Australia. **Acta Horticulturae**, 863, 49-58, 2010.

- DJENONTIN, T. S. et al. Composition of *Azadirachta indica* and *Carapa procera* (Meliaceae) seed oils and cakes obtained after oil extraction. **Industrial Crops and Products**, 38, 39–45, 2012.
- DU, L. et al. Antioxidant-rich phytochemicals in miracle berry (*Synsepalum dulcificum*) and antioxidant activity of its extracts. **Food Chemistry**, 153, 279–284, 2014.
- DYER, J. M. et al. High-value oils from plants. **Plant Journal**, 54: 640-655, 2008.
- ECKEY, E. W. **Vegetable fats and oils**. Reinhold Publ. Corp. New York, 1954.
- EROMOSELE, I. C.; EROMOSELE, C. O. Studies on the chemical composition and physico-chemical properties of seeds of some wild plants. **Plant Foods for Human Nutrition**, 43, 251–258, 1993.
- ESKIN, N. A. M.; PRZYBYLSKI, R. **Antioxidants and shelf life of foods**. In: Food shelf life stability: Chemical, Biochemical, and microbiological changes. Eskin, N. A. M.; Robinson, D. S.(Eds.) CRC Press: Boca Raton, US, 2001.
- ESTEVEZ, G. *Basiloxylon* in: **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB114917>>. Acesso em: 01 Jan. 2016a.
- ESTEVEZ, G. *Christiana* in: **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB85064>>. Acesso em: 01 Jan. 2016b.
- EWIN, J. **O lado sadio das gorduras**. Editora Campus, Rio de Janeiro, RJ, 1995.
- FARIAS, M. P. O. et al. Potencial acaricida do óleo de andiroba *Carapa guianensis* Aubl. sobre fêmeas adultas ingurgitadas de *Anocentor nitens* Neumann, 1897 e *Rhipicephalus sanguineus* Latreille, 1806. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 61, 877-882, 2009.
- FERNANDEZ-GARCIA, E. et al. Carotenoids bioavailability from foods: From plant pigments to efficient biological activities. **Food Research International**, 46, 438–450, 2012.
- FERRARI, R. A.; OLIVEIRA, V. S.; SCABIO, A. Biodiesel de soja – taxa de conversão de ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia. **Química Nova**, 28, 19-23, 2005.

- FIGUEIRA, T. R. et al. Mitochondria as a source of reactive oxygen and nitrogen species: From molecular mechanisms to human health. **Antioxidants and Redox Signaling**, 18, 2029–2074, 2013.
- GARCEZ, C. A. G.; VIANNA, J. N. S. Brazilian Biodiesel Policy: social and environmental considerations. **Energy**, 34, 645-654, 2009.
- GARCEZ, W. S.; GARCEZ, F. G.; SOARES, L. R. 16,17-Seco- and 2,3:16,17-di-Seco-pregnanes from *Guarea guidonia*. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, 19, 1073-1077, 2008.
- GERSHENZON; J. Metabólitos secundários e defesa vegetal. In: **Fisiologia vegetal**. TAIZ, L.; ZEIGER, E. (Eds) 5ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.
- GIOIELLI, L. A. Óleos e gorduras vegetais: composição e tecnologia. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, 1996.
- GONÇALVES, J. F. C. et al. Primary metabolism components of seeds from Brazilian Amazon tree species **Brazilian Journal of Plant Physiology**, 14, 139-142, 2002.
- GUIMARÃES, R. N. et al. Free radical scavenging and anti-edematogenic activities of *Paullinia elegans* Cambess., Sapindaceae, leaves extracts. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, 20, 113-116, 2010.
- GUNSTONE, F. D. **Fatty acid and lipid chemistry**. 1ª Ed. Blackie Academic and Professional, Glasgow, 1996.
- HERNANDEZ, E. **Pharmaceutical and Cosmetic use of Lipids** In: Bailey's Industrial Oil and Fat Products, Sixth Edition, John Wiley & Sons, Inc., 2005.
- HOED, V. V. Phenolic compounds in seed oils. **Lipid Technology**, 22, 247-249, 2010.
- IBRAHIM, M. A., NJOKU, G. C.; SALLAU, A. B. *In vivo* activity of stem barks aqueous extract of *Khaya senegalensis* against *Trypanosoma brucei*. **African Journal of Biotechnology**, 7, 661- 663, 2008.
- IDU, M. et al. Antimicrobial qualities, phytochemistry and micronutritional content of *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss seed oil. **Journal of Phytopharmacology**, 3, 95-101, 2014.
- INGLETT, G. E.; CHEN, D. Contents of phenolics and flavonoids and antioxidant activities in skin, pulp and seeds of miracle fruit. **Journal of Food Science**, 76, 479-482, 2011.
- JING, P. et al. Antioxidant properties and phytochemical composition of China-grown pomegranate seeds. **Food Chemistry**, 132, 1457-1464, 2012.

- JORGE, N.; LUZIA, D. M. M. Caracterização do óleo das sementes de *Pachira aquatica* Aublet para aproveitamento alimentar. **Acta Amazonica**, 42, 149-156, 2012.
- KASHMIRI, M. A. et al. Characterization, Compositional Studies, Antioxidant and Antibacterial Activities of Seeds of *Abutilon indicum* and *Abutilon muticum* Grown Wild in Pakistan. **Acta Chimica Slovenica**, 56, 345–352, 2009.
- KHALED-KHODJA, N.; BOULEKBACHE-MAKHLOUF, L.; MADANI, K. Phytochemical screening of antioxidant and antibacterial activities of methanolic extracts of some Lamiaceae. **Industrial Crops and Products**, 61, 41–48, 2014.
- KILIÇ, C. S. et al. Fatty Acid Composition of *Hibiscus trionum* L. (Malvaceae). **Records of Natural Products**, 5, 65-69, 2011.
- KONAN, Y. L. et al. Comparison of the effect of two excipients (karite nut butter and vaseline) on the efficacy of *Cocos nucifera*, *Elaeis guineensis* and *Carapa procera* oil-based repellents formulations against mosquitoes biting in Ivory Coast. **Parasite**, 10, 181-184, 2003.
- KRINSKY, N. I.; JOHNSON, E. J. Carotenoid actions and their relation to health and disease. **Molecular Aspects of Medicine**, 459–516, 2005.
- LAGO, J. H. G.; BROCHINI, C. B.; ROQUE, N. F. Terpenoids from *Guarea guidonia*. **Phytochemistry**, 60, 333-338, 2002.
- LANDRUM, J. T. **Carotenoids: Physical, Chemical, and Biological Functions and Properties**. CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2010.
- LEITE, R. P. et al. Protective effect of guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*) pre-treatment on cadmium-induced damages in adult wistar testis. **Biological Trace Element Research**, 141, 262–274, 2011.
- LI, D. D. et al. *Swietenia mahagony* extract shows agonistic activity to PPAR γ and gives ameliorative effects on diabetic db/db mice. **Acta Pharmacologica Sinica**, 26, 220-222, 2005.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. (4ªed.)**. Instituto Plantarum, Nova Odessa, v.1, 384p., 2014.
- LORENZI, H. **Palmeiras do Brasil: exóticas e nativas**. Nova Odessa: Editora Plantarum, p.1-20, 1996.
- LUKACOVA, V. et al. Isolation and structure of 14,15B-epoxyprieurianin from the South American tree *Guarea guidonia*. **Journal of Natural Products**, 45, 288 - 294, 1982.

- MAIANI, G. et al. Carotenoids: actual knowledge on food sources, intakes, stability and bioavailability and their protective role in humans. **Molecular Nutrition and Food Research**, 53, 194-218, 2009.
- MARTINS, S. et al. A. Bioactive phenolic compounds: Production and extraction by solid-state fermentation. A Review. **Biotechnology Advances**, 29, 365–373, 2011.
- MAYWORM, M. A. S. **Ácidos graxos de sementes de plantas do cerrado**. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 125p., 1994.
- MAYWORM, M. A. S.; NASCIMENTO, A. S.; SALATINO, A. Seeds of species from the ‘caatinga’: proteins, oils and fatty acids contents. **Revista Brasileira de Botânica**, 22, 1998.
- MENDONÇA, F. A. C. et al. Activities of some Brazilian plants against larvae of the mosquito *Aedes aegypti*. **Fitoterapia**, 76, 629-636, 2005.
- MENICHINI, F. et al. Chemical profiling and in vitro biological effects of *Cardiospermum halicacabum* L. (Sapindaceae) aerial parts and seeds for applications in neurodegenerative disorders. **Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry**, 29, 677–685, 2014.
- MICHALET, S. et al. New Components Including Cyclopeptides from Barks of *Christiana africana* DC. (Tiliaceae). **Helvetica Chimica Acta**, 91, 1106-1117, 2008.
- MIOT, H. A., et al. Comparative study of the topical effectiveness of the andiroba oil (*Carapa guianensis*) and DEET 50% as repellent for *Aedes* sp. **Revista do Instituto de Medicina Tropical**, 46, 253-256, 2004.
- MORETTO, E.; FETT, R. **Tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos**. São Paulo: Livraria Varela, 1998.
- NABI, M N.; RAHMAN, M., AKHTER, M. S. Biodiesel from cotton seed oil and its effect on engine performance and exhaust emissions. **Applied Thermal Engineering**, 29, 2265–2270, 2009.
- NAIK, D. G; MAJUMDAR, A. M; WAGHOLE, R. J. Taraxer-14-en-3-ol, an anti-inflammatory compound from *Sterculia foetida* L. **Planta Medica**, 70, 68-69, 2004.
- NAKPONG, P.; WOOTHIKANOKKHAN, S. Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) oil as an alternative feedstock for biodiesel production in Thailand. **Fuel**, 89, 1806–1811, 2010.
- NELSON, D. L.; LEHNINGER, A. L.; COX, M. M. **Lehninger Princípios de Bioquímica**. 3ª ed. São Paulo: Sarvier, 2002.

- NONVIHO, P. C. et al. Chemical characterization of *Lophira lanceolata* and *Carapa procera* seed oils: Analysis of Fatty Acids, Sterols, Tocopherols and Tocotrienols. **Research Journal of Chemical Sciences**, 4, 57-62, 2014.
- NUNEZ, C.V.; ROQUE, N.F., Sesquiterpenes from the stem bark of *Guarea guidonia* (L.) Sleumer (Meliaceae). **Journal of Essential Oil Research**, 11, 439–440, 1999.
- OGA, S. et al. Anti-inflammatory effect of crude extract from *Guarea guidonia*. **Planta Medica**, 42, 310-312, 1981.
- OLIVEIRA, J. T. A. et al. Composition and nutritional properties of seeds *Pachira aquatica* Aubl, *Sterculia striata* St Hil et Naud and *Terminalia catappa* Linn. **Food Chemistry**, 70, 185-191, 2000.
- OLIVEIRA, L. M. Benefícios comprovados de óleos brasileiros. **Cosmetics and Toiletries**, 15, 50 – 55, 2003.
- OLIVEIRA, T. B; GENOVESE, M. I. Chemical composition of cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) and cocoa (*Theobroma cacao*) liquors and their effects on streptozotocin-induced diabetic rats. **Food Research International**, 51, 929–935, 2013.
- OLIVEIRA, V. B. et al. Native foods from Brazilian biodiversity as a source of bioactive compounds. **Food Research International**, 48, 170–179, 2012.
- ONG, H.C. et al. Production and comparative fuel properties of biodiesel from non-edible oils: *Jatropha curcas*, *Sterculia foetida* and *Ceiba pentandra*. **Energy Conversion and Management**, 73, 245–255, 2013.
- PARENTE, E. J. S. **Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado**. Fortaleza: Tecbio, 2003.
- PARIMALA, M.; SHOBA, F. G. Phytochemical analysis and *in vitro* antioxidant activity of hydroalcoholic seed extract of *Nymphaea nouchali* Burm. F. **Asian Pacific of Tropical Biomedicine**, 3, 887-895, 2013.
- PAYEN-PATTACCIOLI, L. **Étude phytochimique et biologique d'une Tiliaceae camerounaise : *Christiana africana* DC.** Tese (Doutorado) - Universidade de Grenoble. França, 2002.
- PENIDO, C. et al. Antiinflammatory effects of natural tetranortriterpenoids isolated from *Carapa guianensis* Aublet on zymosan-induced arthritis in mice. **Inflammation Research**, 55, 457-464, 2006a.

- PENIDO, C. et al. Anti-allergic effects of natural tetranortriterpenoids isolated from *Carapa guianensis* Aublet on allergen-induced vascular permeability and hyperalgesia. **Inflammation Research**, 54, 295-303, 2006b.
- PENIDO, C. et al. Inhibition of allergen-induced eosinophil recruitment by natural tetranortriterpenoids is mediated by the suppression of IL-5, CCL11/eotaxin and NFkappaB activation. **International Immunopharmacology**, 6, 109-121, 2006c.
- PINHO, R. S.; OLIVEIRA, A. F. M.; SILVA, S. I. Potencial oilseed crops from de semiarid region of northeastern Brazil. **Bioresource Technology**, 100, 6114-6117, 2009.
- POLIZELLI, P. P. et al. A new lipase isolated from oleaginous seed from *Pachira aquatica* (Bombacaceae). *Appl. Biochem. Biotechnol.*, 150, 233-242, 2008.
- POLO, S. H. O. **Estrutura e desenvolvimento de sementes de *Paullinia* L. (Sapindaceae)**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia, Campinas – SP. 2006, 107p.
- POMPELLI, et al. Global energy crisis and the Brazilian role in the bio-fuels issue. **Agronomia Colombiana**, 29, 361-371, 2011.
- POTT, A.; POTT, V. J. Plantas do pantanal. MAARA/ EMBRAPA/SPI/CPAP, Brasília, 1994.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. et al. Updated Brazilian database on food carotenoids: Factors affecting carotenoid composition. **Journal of Food Composition and Analysis**, 21, 445-463, 2008.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M.; AMAYA-FARFAN, J. **Fontes Brasileiras de Carotenóides: Tabela Brasileira de Composição de Carotenóides em Alimentos**, Brasília: MMA/SBF, Brasil, 2008.
- SAHGAL, G. et al. *In Vitro* Antioxidant and Xanthine Oxidase Inhibitory Activities of Methanolic *Swietenia mahagoni* Seed Extracts. **Molecules**, 14, 4476-4485, 2009.
- SALE, M.; DE, N.; DOUGHARI, J. H.; PUKUMA, M.S. *In vitro* assessment of antibacterial activity of bark extracts of *Khaya senegalensis*. **African Journal of Biotechnology**, 7, 3443-3446, 2008.
- SCHULZE-KAYSERS, N.; FEUEREISEN, M. M.; SCHIEBER, A. Phenolic compounds in edible species of the Anacardiaceae family – a review. **RSC Advances**, 5, 73301-73314, 2015.

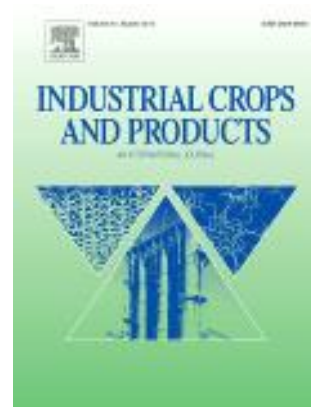
- SCHWARTZ, H. et al. Tocopherol, tocotrienol and plant sterol contents of vegetable oils and industrial fats. **Journal of Food Composition and Analysis**, 21, 152–161, 2008.
- SÉRVIO JÚNIOR, E. **Óleo e ácidos graxos de sementes de Euphorbiaceae (Crotonoideae) do cerrado (Piauí – Brasil)**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2000.
- SETHUSUNDARAM, P. P.; GOVINDASAMY, P.; ARULSHRI, K. P. *Sterculia* Oil on Single Cylinder Four Stroke Diesel Engine with Water Cooled Exhaust Gas Recirculation. **European Journal of Scientific Research**, 91, 91-99, 2012.
- SHAHIDI, F.; JANITHA, P. K.; WANASUNDARA, P. D. Phenolic antioxidants. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 32, 67-103, 1992.
- SHAMSUNDAR, S. G.; PARAMJYOTHI, S. Preliminary pharmacognostical and phytochemical investigation in *Sterculia foetida* Linn. sedds. **African Journal of Biotechnology**, 9, 1987-1989, 2010.
- SILITONGA, A. S. et al. Production of biodiesel from *Sterculia foetida* and its process optimization. **Fuel**, 111, 478–484, 2013.
- SILVA, A. C. O. **Óleo e ácidos graxos de sementes de espécies da caatinga em São Caetano – PE – Brasil**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2005.
- SILVA, K. B. et. al. Caracterização morfológica de frutos, sementes e fases da germinação de *Pachira aquatica* Aubl. (Bombacaceae). **Semina: Ciências Agrárias**, 33, 891-898, 2012.
- SILVA, S. I. et al. Seed oils of Euphorbiaceae from the Caatinga, a Brazilian tropical dry Forest. **Biomass and Bioenergy**, 69, 124-134, 2014.
- SIMONI, I. C. Antiviral activity of crude extracts of *Guarea guidonia*. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, 29, 647-650, 1996.
- SIMPSON, B. B.; OGORZALY, M. C. **Economis Botany: Plants in our world**. 2ª Ed. McGraw-Hill. Inc. New York, 1995.
- SOBRINHO, P. L. **Óleos e ácidos graxos de sementes de Phyllantoideae – Acalyphoideae – Euphorbioideae do cerrado (Piauí – Brasil)**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2000.

- SOMNER, G. V. et al. *Allophylus* in: **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB32703>. Acesso em: 01 Jan. 2016.
- SOMNER, G. V. et al. *Paullinia* in: **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB20917>. Acesso em: 08 Out. 2015.
- SOUZA, D. K. et al. Bioatividade do extrato etanólico obtido de sementes de *Pachira aquatica* Aubl. sobre *Hypothenemus hampei* (Ferrari). **Revista Saúde e Pesquisa**, 5, 352-358, 2012a.
- SOUZA, V. R. et al. Determination of bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Cerrado Brazilian fruits. **Food Chemistry**, 134, 381–386, 2012b.
- SPITZER, V. Fatty acid composition of some seed oils of the Sapindaceae. **Phytochemistry**, 42, 1357-1360, 1996.
- SPITZER, V. GLC-MS analysis of the fatty acids of the seed oil, triglycerides, and cyanolipid of *Paullinia elegans* (Sapindaceae) - a rich source of *cis*-13-eicosenoic acid (paullinic acid). **Journal of High Resolution Chromatography**, 18, 413-416, 1995.
- TAKEYA, K. et al. Cytotoxic trichilin-type timonoids from *Melia azedarach*. **Bioorganic and Medicinal Chemistry**, 4, 1355-1359, 1996.
- TAKIN, M. C. et al. Bioactivity, therapeutic utility and toxicological risks of *Khaya senegalensis*. **Indian Journal of Pharmaceutical and Biological Research**, 1, 122-129, 2013.
- TAN, G.T. et al. Evaluation of natural products as inhibitors of human immunodeficiency virus type 1 (HIV-1) reverse transcriptase. **Journal of Natural Products**, 54, 143-154, 1991.
- TRUITI, M. C. T. et al. Antiprotozoal and molluscicidal activities of five Brazilian plants. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, 38, 1873-1878, 2005.
- TRUITI, M. C. T. et al. Screening of five Brazilian plants for anti-inflammatory and antimicrobial activities. **Pharmaceutical Biology**, 44, 516-521, 2006.
- TSCHÁ, M. C.; SALES, M. F.; ESTEVES, G. L. Tiliaceae Juss. no Estado de Pernambuco, Brasil. **Hoehnea**, 29, 1-18, 2002.

- TUBEROSO, C. I. G. et al. Determination of antioxidant compounds and antioxidant activity in commercial oilseeds for food use. **Food Chemistry**, 1494–1501, 2007.
- VERMAAK, I. et al. African seed oils of commercial importance – Cosmetic applications. **S. African Journal of Botany**, 77: 920-933, 2011.
- WECKERLE, C. S.; STUTZ, M. A.; BAUMANN, T. W. Purine alkaloids in *Paullinia*. **Phytochemistry**, 64, 735-742, 2003.
- YUSRI, N. M. et al. Phenolic Content and Antioxidant Activity of *Hibiscus cannabinus* L. Seed Extracts after Sequential Solvent Extraction. **Molecules**, 17, 12612-12621, 2012.
- ZERAIK, M. L.; YARIWAKE, J. H. Extração de β -caroteno de cenouras: uma proposta para disciplinas experimentais de química. **Química Nova**, 31, 1259-1262, 2008.

Capítulo 1

Manuscrito a ser submetido ao periódico Industrial Crops and Products



Fator de Impacto: 2.837

Qualis na Área de Biodiversidade: B1

Óleos de sementes presentes no Brasil com potencial aplicação industrial

Mariana O. Barbosa^{ab}, Diogenes J. G. Coutinho^a, Joana M. Santos^c, Ronnond P. Cordeiro^a,
Luciana Muniz^a, Rita C. Alves^c, Mariana Araújo^c, Cibele M. A. da Silva^d, Márcia V. da
Silva^d, Maria Beatriz P. P. Oliveira^c, Antonio F. M. de Oliveira^{a,*}

^a Departamento de Botânica, Universidade Federal de Pernambuco, Av. Prof. Moraes Rego s/n, Cidade Universitária, 50.670-901, Recife, PE, Brasil

^b Centro de Tecnologia Estratégicas do Nordeste (CETENE – MCTI), Av. Prof. Luís Freire, 1 - Cidade Universitária, 50.740-540, Recife, PE, Brasil

^c REQUIMTE/Departamento de Ciências Químicas, Faculdade de Farmácia, Universidade do Porto, Rua Jorge Viterbo Ferreira, 228, 4050-313 Porto, Portugal

^d Departamento de Bioquímica, Universidade Federal de Pernambuco, Av. Prof. Moraes Rego s/n, Cidade Universitária, 50.670-901, Recife, PE, Brasil

*Autor correspondente: afmoliveira@gmail.com, Fone: +55 81 21267813; Fax: +55 81 21267803.

Resumo

Neste estudo foram determinados o teor de óleo, perfil de ácidos graxos, compostos fenólicos totais, tocóis, β -caroteno, atividade antioxidante e estabilidade oxidativa dos óleos de sementes de sete espécies não convencionais presentes no Brasil (*Basiloxylon brasiliensis*, *Christiania africana*, *Pachira aquatica*, *Sterculia foetida*, *Guarea guidonea*, *Allophylus puberulus* e *Paullinia elegans*). As sementes de *B. brasiliensis* (44,8%) e *P. aquatica* (46,3%) apresentaram os maiores teores de óleo. Os ácidos palmítico, esteárico, oleico, linoleico e linolênico foram os ácidos graxos mais frequentes nas espécies analisadas, enquanto ácidos ciclopropênicos foram observados apenas nas espécies de Malvaceae. O óleo de *G. guidonea* demonstrou a maior concentração de compostos fenólicos (29,3 mg EAG/100 g), enquanto *B. brasiliensis* apresentou o maior poder antioxidante ($EC_{50} = 12,1$ g de óleo/g de DPPH) e *P.*

elegans a maior estabilidade oxidativa (16,2 h). O óleo de *C. africana* foi o mais abundante em tocóis (737,9 mg/100 g) e em β -caroteno (39,0 μ g/g). O método de microextração foi mais eficiente na extração de β -caroteno no óleo de todas as espécies analisadas, e demonstrou maiores concentrações de tocóis nos óleos de *C. africana* (737,9 mg/100g), *S. foetida* (76,8 mg/100g), *G. guidonea* (32,9 mg/100g) e *A. puberulus* (19,7 mg/100g) quando comparados com o método de extração em soxhlet. Os compostos fenólicos, β -caroteno e tocóis demonstraram correlação positiva com a atividade antioxidante (DPPH) e a estabilidade oxidativa dos óleos analisados. Estes resultados indicam que espécies não convencionais presentes no Brasil, especialmente *B. brasiliensis*, *P. aquatica* e *S. foetida*, podem ser novas fontes alternativas de óleo com possível aplicação na indústria alimentícia, cosmética ou farmacêutica.

Palavras-chave: Oleaginosas, ácidos graxos, Vitamina E, capacidade antioxidante, estabilidade oxidativa.

1. Introdução

A procura por substâncias com propriedades biológicas oriundas de fontes renováveis e naturais para a formulação de novos produtos tem sido o foco de diversas pesquisas. Os lipídios de sementes são conhecidos por estarem associados a substâncias biologicamente ativas (bioativos), como tocóis (vitamina E), carotenoides e compostos fenólicos, que têm demonstrado propriedades antioxidante, anti-inflamatória, antidiabética, antiobesidade, anticarcinogênica e antimutagênica (Alvarez e Rodríguez, 2000).

Esses bioativos são tidos como os principais antioxidantes naturais presentes em óleos vegetais, promovendo diversos benefícios à saúde (Dias et al., 2013), sendo utilizados pela indústria alimentícia como mantenedores da qualidade dos alimentos por aumentarem a

estabilidade ao óleo e seu tempo de conservação (Miraliakbari e Shahidi, 2008). No entanto, a utilização de antioxidantes sintéticos em diversos produtos, especialmente nos alimentícios, é bastante recorrente, muito embora alguns sejam tóxicos. Desta forma, a procura por óleos ricos em antioxidantes tem sido motivada pela necessidade de substituição dos antioxidantes sintéticos pelos naturais, tornando os óleos naturalmente abundantes nestes constituintes sejam preferidos (Miraliakbari e Shahidi, 2008).

Os óleos vegetais possuem uma vasta gama de aplicações e poucas são as espécies estabelecidas pela agricultura para este fim, havendo uma forte pressão de produção e consumo das sementes oleaginosas tradicionais. Com isso, é crescente o interesse na ampliação do conhecimento da composição química de sementes ainda não utilizadas convencionalmente pelo mercado (não convencionais).

O Brasil é um país com elevada biodiversidade vegetal apresentando várias espécies citadas como possíveis oleaginosas alternativas (Pinho et al., 2009; Oliveira et al., 2000; Luzia e Jorge et al., 2013, 2014; Silva et al., 2014). O potencial econômico do óleo dessas espécies tem sido atribuído à ocorrência de bioativos, como tocóis, fitosteróis e compostos fenólicos ou por demonstrarem propriedades que os tornam aproveitáveis em produtos cosméticos e farmacêuticos (Polonini et al., 2012; Dias et al., 2013; Luzia e Jorge, 2013; 2014).

Algumas famílias de angiospermas, tais como Malvaceae, Meliaceae e Sapindaceae, possuem ampla distribuição nos diferentes ecossistemas brasileiros, sendo conhecidas pela presença de espécies já aproveitadas economicamente, devido à abundância de óleos nas suas sementes associadas a bioativos. O óleo do neem (*Azadirachta indica* A. Juss. - Meliaceae), por exemplo, possui ação inseticida e, o de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl. -

Meliaceae) apresenta propriedades medicinais e cosméticas (Djenontin et al., 2012; Novello et al., 2015).

Espécies dos gêneros *Paullinia* L., *Urvillea* L. e *Cardiospermum* L. (Sapindaceae), ocorrentes no Brasil, possuem óleos com ação inseticida (Spitzer, 1996). Já em Malvaceae, o óleo de baobá (*Adansonia digitata* L.) é rico em vitaminas e utilizado em produtos para cuidados da pele e cabelo e no tratamento de eczema e psoríase (Vermaak et al., 2011). Estudos com *Pachira aquatica* Aubl. e *Sterculia foetida* L. (Malvaceae) apontam um elevado teor de óleo de suas sementes, com potencial alimentar ou para a produção de biodiesel (Jorge e Luzia, 2012; Ong et al., 2013).

No entanto, apesar da grande diversidade de ambientes tropicais, os estudos sobre o potencial econômico das espécies que ocorrem nesses ambientes são escassos. Além disso, o mercado mundial apresenta uma crescente demanda por óleos vegetais, conflitando com o restrito suprimento dessa matéria-prima e reforçando a necessidade de novas fontes alternativas de óleos. Desta forma, trabalhos que investiguem possíveis fontes alternativas de óleos e compostos bioativos tornam-se primordiais para o entendimento das atividades biológicas que eles possam exercer. Assim, neste trabalho objetivou-se avaliar a composição dos bioativos e a atividade antioxidante em óleos de sementes de sete espécies não convencionais presentes no Brasil, pertencentes a famílias botânicas com potencial econômico reconhecido, a fim de ampliar as opções de recursos vegetais alternativos de interesse econômico.

2. Materiais e Métodos

2.1 Material vegetal e análises morfológicas

Sementes maduras das espécies selecionadas - *Basiloxylon brasiliensis* (Allemão) K. Schum., *Christiania africana* DC., *Pachira aquatica* Aubl., *Sterculia foetida* L. (Malvaceae), *Guarea guidonea* (L.) Sleumere (Meliaceae), *Allophylus puberulus* (Cambess.) Radlk. e *Paullinia elegans* Cambess. (Sapindaceae) – foram coletadas como descrito na Tabela 1. Exsiccatas testemunhas das espécies foram confeccionadas e depositadas no Herbário Geraldo Mariz (UFP) - Universidade Federal de Pernambuco (Tabela 1).

As sementes foram retiradas manualmente de frutos maduros e então, mensurados o comprimento (mm) e largura (mm) de 50 sementes utilizando paquímetro digital (Starrett Series 727, Athol, MA, USA). O peso médio (g) de 50 sementes foi determinado utilizando balança de precisão (Mettler Toledo AG204, Inc., Hightstown, NJ, USA) (Tabela 1).

2.2 Extração do óleo

2.2.1 Extração em Extratora Automática (ASE)

Os óleos utilizados para as análises do perfil de ácidos graxos, compostos fenólicos totais e atividade antioxidante foram extraídos em Extratora Automática (Modelo ASE 350 Dionex Corporation, Sunnyvale, CA, USA), utilizando *n*-hexano à temperatura constante de 40 °C, pressão de extração de 1500 psi e fluxo de volume de 60%. Todas as extrações foram realizadas em células de extração de 100 mL contendo de 20 – 25 g de sementes frescas trituradas e o extrato recolhido em garrafas de vidro de 250 mL. Foi aplicado o tempo estático de extração de 3 min e, posteriormente, a célula foi lavada com solvente, seguida de purga com nitrogênio gasoso. O solvente foi removido em evaporador rotatório sob pressão

reduzida e o resíduo de solvente retirado sob fluxo de nitrogênio. As amostras foram congeladas (- 20 °C) até posteriores análises.

2.2.2 Microextração

A microextração do óleo foi realizada para as análises dos tocóis e β -caroteno, conforme Alves et al. (2009) com modificações, com o objetivo de comparar sua eficiência em relação ao método de extração em soxhlet. Foram adicionados 5 mL de etanol absoluto (BHT - hidroxitolueno butilado 0,01%) em 1 g de sementes trituradas. As amostras foram homogeneizadas em agitador mecânico por 30 min e, em seguida, acrescentados 10 mL de *n*-hexano. As amostras foram agitadas novamente (30 min) e mantidas em agitação magnética *overnight* à temperatura ambiente (aproximadamente 21 °C). Após esse período, foram acrescentados 5 mL de NaCl (1% m/v) às amostras, que foram agitadas em vórtex (30 s) e centrifugadas (2 min; 4200 *g*). A fase sobrenadante foi recolhida e a extração repetida duas vezes com os resíduos. Os sobrenadantes foram combinados, a umidade retirada com sulfato de sódio anidro e, em seguida, centrifugados (2 min; 4200 *g*). O sobrenadante foi recolhido e o solvente eliminado sob fluxo de nitrogênio. Os óleos foram armazenados em frascos âmbar e mantidos a -20 °C até posteriores análises.

2.2.3 Extração em Soxhlet

A extração em aparelho soxhlet foi realizada para a determinação do teor de óleo e análises dos tocóis e β -caroteno. O óleo foi extraído a partir de 5 g de sementes frescas trituradas, utilizando sulfato de sódio anidro para retirar a umidade. A extração foi realizada com *n*-hexano (aproximadamente 68 °C) em aparato soxhlet (8 h) (Ahmad et al., 1981). O solvente foi retirado sob pressão reduzida e o resíduo removido sob fluxo de nitrogênio. Os óleos foram armazenados em frascos de vidro âmbar e conservados a - 20 °C até análise.

2.3 Hidrólise e preparação dos ésteres metílicos de ácidos graxos (EMAGs)

A hidrólise e transesterificação dos óleos de sementes das espécies de Malvaceae foram realizadas conforme o método ISO 5509 (1978) com modificações. Ao óleo (25 mg) foram adicionados 3 mL de *n*-heptano e as amostras agitadas em vórtex por 20 s. Posteriormente, foram acrescentados 1,5 mL de KOH em metanol (2 M) e agitados novamente por 30 s. As amostras foram centrifugadas (10 min/731 *g*), a fase sobrenadante recolhida e armazenada em frascos âmbar a - 20 °C até posterior análise. A hidrólise e transesterificação dos óleos das demais espécies seguiu a metodologia de Barbosa et al. (2014).

2.4 Análises cromatográficas

Os EMAGs das espécies de Malvaceae foram quantificados em cromatógrafo gasoso com detector de ionização de chama (FID) modelo GC – 2010 *Plus* e autoinjeter AOC-20i (Shimadzu, Kyoto, Japan). Foi utilizada uma coluna capilar ZB-5HT (5% fenil, 95% dimetilpolisiloxano, 30 m x 0,25 mm x 0,10 µm) (Phenomenex, Allcrom) nas seguintes condições: temperatura inicial da coluna 135 °C (1 min); taxa de aquecimento de 3 °C/min até 215 °C; 215 °C (20 min); as temperaturas do injetor e detector foram 230 °C e 240 °C, respectivamente. Hélio foi utilizado como gás de arraste (0,59 mL/min). O volume de injeção foi de 2 µL e a razão split 1:100. Os EMAGs foram identificados em cromatógrafo gasoso (Agilent Technologies 7820A, Waldbroon, Alemanha) acoplado a espectrômetro de massas (Agilent Technologies 5975C, Waldbroon, Alemanha) utilizando coluna capilar HP-5MS (5% fenil-metilsiloxano, 30 m x 0,25 mm x 0,25 µm) (Agilent Technologies, Waldbroon, Alemanha), sob as mesmas condições acima descritas. Os espectros de massa

obtidos foram comparados com o banco de dados Wiley 229 (Wiley, New York) e a NIST/EPA/NIH Mass Spectral Library (NIST 08).

Os EMAGs das demais espécies foram analisados em cromatógrafo Agilent 7890 A (Agilent Technologies, Waldbroon, Alemanha) com detector de ionização de chama (FID) e uma coluna capilar de sílica DB-5 (difenil 5% e dimetilpolisiloxano 95%, 30 m x 0,25 mm) (Agilent Technologies, Waldbroon, Alemanha). As condições de análise foram: temperatura inicial da coluna 150 °C; taxa de aquecimento 4° C/min até 280 °C; 280 °C (15 min). As temperaturas do detector e injetor foram de 250 °C e 290 °C, respectivamente. Hélio foi utilizado como gás de arraste (1 mL/min). O volume de injeção foi 2 µL e a razão do split de 1:39. Os EMAGs foram identificados pela comparação com tempos de retenção de padrões autênticos de ésteres metílicos de ácidos graxos (Supelco FAME mix C4-C24, Bellefonte, PA, USA). A quantidade relativa dos EMAGs foi determinada pela área integrada de cada pico e expressa em porcentagem da área total de todos os picos.

2.5 Capacidade antioxidante pelo método do radical livre DPPH

A capacidade antioxidante dos óleos foi determinada de acordo com o método de radical DPPH (2,2-difenil-1-picrihidrazil). A reação foi realizada a partir da mistura de 1 mL de óleo previamente diluído em acetato de etila (1:10, p/v), com 4 mL de DPPH (10^{-4} M). A absorbância das amostras (515 nm) foi medida por espectrofotometria (Biospectro, SP-22, São Paulo, Brasil) após 30 min. A concentração efetiva (EC50) foi calculada a partir de diferentes concentrações de óleo (100, 75, 50, 25 e 10 mg/mL) e o poder antirradical calculado como $1/EC50$ (Kalantzakis et al., 2006).

2.6 Compostos fenólicos totais

A análise dos compostos fenólicos dos óleos seguiu a metodologia de Herchi et al. (2011) com modificações. Os fenóis foram extraídos a partir de 1 g de óleo diluído em 10 mL de *n*-hexano em funil de separação. Foram adicionados 20 mL de solução de metanol: água (80:10 v/v), a mistura foi agitada por 3 min e a fase inferior removida. O processo extrativo foi repetido mais duas vezes e as fases inferiores combinadas. O extrato foi concentrado em evaporador rotatório sob pressão reduzida (60 °C) e diluído em 1 mL de metanol.

A quantificação dos fenóis foi realizada a partir de 0,2 mL do extrato em metanol, acrescentando-se 0,5 mL de reagente de Folin-Ciocalteu (Sigma-Aldrich, St. Louis, Missouri, EUA). Após 3 min foi adicionado 1 mL de solução saturada de carbonato de sódio e completados o volume para 10 mL de água destilada. Após 1 h de repouso foi realizada a leitura das absorbâncias (765 nm) por espectrofotometria (Biospectro, SP-22, São Paulo, Brasil). Os resultados foram comparados com uma curva de calibração com ácido gálico (0, 50, 100, 150 e 200 mg/mL) e expressos em mg de equivalente ácido gálico (EAG)/100 g de óleo.

2.7 Estabilidade oxidativa

A estabilidade oxidativa foi medida através do tempo de indução à oxidação em aparelho Rancimat 892 Professional (Metrohm Ltd., Harisau, Suíça). O óleo (3 g) foi aquecido a $110 \pm 1,6$ °C com fluxo de ar de 20L/h até que fosse atingido o tempo de indução (Amaral et al., 2003).

2.8 Análises dos tocóis e β -caroteno

As análises dos tocóis e do β -caroteno foram realizadas a partir de 20 mg de óleo, acrescentando-se 20 μ L de padrão interno tocol (1 mg/mL) e 1 mL de *n*-hexano. As amostras

foram injetadas no sistema de HPLC equipado com injetor automático AS-2057 Plus, bomba PU-2089 Plus, forno de coluna CO-2060 Plus e detector de Diodos (DAD) MD-2018, acoplado a um detector de fluorescência FP-2020 Plus (Jasco, Japan). Os compostos foram separados em coluna de fase normal Zorbax Rx-SIL (4,6 cm x 250 mm x 5 μ m) (Agilent Technologies, Waldbroon, Alemanha), operando à temperatura ambiente (aproximadamente 24 °C) e fase móvel isocrática de *n*-hexano:1,4-dioxano (92:8 v/v) a um fluxo de 1,5 mL/min. O detector de fluorescência foi programado com λ excitação = 290 nm e λ emissão = 330 nm para a análise dos tocóis e a 450 nm para a análise do β -caroteno (gain 10). Os compostos foram identificados por comparação com tempos de retenção de padrões autênticos de tocoferóis e tocotrienóis (α , β , γ , δ) (Supelco, Bellefonte, PA, USA) e β -caroteno (Fluka, Sigma-Aldrich, St. Louis, Missouri, EUA), sob as mesmas condições de análise, e a quantificação dos compostos feita com base no método de padrão interno. Os dados cromatográficos foram analisados em software Borwin (JMBS, France).

2.9 Análises estatísticas

As análises foram realizadas em triplicata. Os dados foram avaliados quanto a sua normalidade e homogeneidade e analisados estatisticamente por ANOVA um fator ou fatorial e teste de Tukey HSD. Coeficientes de correlação de Pearson foram calculados para a correlação dos compostos bioativos e as propriedades antioxidantes dos óleos. Todos os testes tiveram nível de significância de $p < 0,05$ e analisados no programa Statistica ver. 8.0 (Statsoft Inc., Tulsa, OK, USA).

3. Resultados e Discussão

3.1 Morfometria das sementes, teor de óleo e composição de ácidos graxos

As sementes mostraram diferenças significativas em comprimento e largura ($p < 0,05$) (Tabela 1). As sementes de *B. brasiliensis* (78,0 e 23,0 mm), *P. aquatica* (29,4 e 23,3 mm) e *S. foetida* (22,3 e 12,4 mm) apresentaram as maiores dimensões (comprimento e largura, respectivamente) e *P. aquatica* demonstrou maior média de peso fresco por semente (4,2 g) (Tabela 1).

A maioria das sementes apresentou alto teor de óleo ($> 30\%$), exceto *C. africana* (15,5%) e *G. guidonea* (14,7%). Em *P. aquatica* e *B. brasiliensis* foi observado teores acima de 40% (Tabela 2), conforme relatado em estudos anteriores com essas espécies (Azam et al., 2005; Jorge e Luzia, 2012). Já as sementes de *S. foetida*, *A. puberulus* e *P. elegans* foi constatado teores em torno de 30% (Tabela 2). Quantidades semelhantes foram observadas anteriormente em sementes de *S. foetida* (Bindhu et al., 2012) e em várias outras espécies de Sapindaceae (Aburra et al., 1992). Desta forma, fica confirmado que sementes destas famílias são boas fontes de óleo. O teor de óleo e o perfil de ácidos graxos de *C. africana* e *G. guidonea* estão sendo relatados pela primeira vez neste estudo.

Nos óleos analisados foram identificados 12 ácidos graxos (Tabela 2), com o predomínio dos insaturados na maioria das espécies (61,8 – 84,2%), exceto em *P. aquatica* (25,9%). Os ácidos palmítico, esteárico, oleico, linoleico e linolênico foram os mais frequentes nos óleos estudados. Os ácidos oleico (32,0%) e linoleico (31,3%) foram majoritários em *G. guidonea* o que também foi observado nos óleos de outras espécies de Meliaceae, como andiroba (*Carapa guianensis* Aubl) (Polonini et al., 2012), aproveitado economicamente na produção de cosméticos. Logo, a ocorrência desses ácidos no óleo de *G.*

guidonea também o torna aplicável em produtos de cuidados para a pele ou na indústria de alimentos (Dyer, 2008).

O ácido linoleico foi o principal componente em *B. brasiliensis* (35%) e *C. africana* (42,8%) (Tabela 2), padrão observado com frequência em outras espécies de Malvaceae (Kılıç et al., 2011, Khan et al., 2014). Embora exista uma tendência à predominância de ácidos insaturados no óleo de Malvaceae (Azam et al., 2005; Kılıç et al., 2011; Khan et al., 2014), existem espécies dessa família em que predominam o ácido palmítico (Silva et al., 2010), como observado neste estudo no óleo de *P. aquatica* (68,2%) e já relatado por Jorge e Luzia (2012). Essa característica torna o óleo de *P. aquatica* indicado para a fabricação de sabões.

Os ácidos graxos ciclopropênicos estercúlico e malválico identificados em *B. brasiliensis*, *C. africana*, *P. aquatica* e *S. foetida* são descritos em várias espécies da família (Tabela 2), sendo considerados marcadores taxonômicos (Gaydou e Ramanoelina, 1984). O ácido estercúlico foi predominante no óleo de *S. foetida* (55,9%), conforme descrito por Aued-Pimentel et al. (2004). A presença de ácidos ciclopropênicos em óleos inviabiliza sua utilização na alimentação devido às suas características tóxicas, no entanto, não impossibilita sua aplicação na produção de biodiesel, como que citado para o óleo de *S. foetida* e outras espécies desta família (Bindhu et al., 2012; Ong et al., 2013), ou ainda, para indústria de oleoquímicos devido a presença de ácidos insaturados, como observado em *B. brasiliensis* e *C. africana*, podendo ser utilizados na fabricação de tintas e vernizes (Dyer, 2008).

Nas sementes de *A. puberulus* e *P. elegans* os ácidos graxos majoritários foram o ácido linolênico (21,9% e 24,5%, respectivamente) e o araquídico (21,6% e 28,2%, respectivamente) (Tabela 2). Na literatura, espécies de Sapindaceae são conhecidas pelo elevado teor de óleo e pela predominância desses ácidos (Aburra et al. 1992, Spitzer, 1996,

Azam et al., 2005, Coutinho et al., 2015). A presença de ácidos graxos de cadeia muito longa os torna aplicáveis para na fabricação de inseticidas ou repelentes de insetos (Spitzer, 1996).

3.2 Compostos fenólicos e atividade antioxidante

As maiores concentrações de compostos fenólicos foram observadas em *G. guidonea* (29,3 mg EAG/100 g), *S. foetida* (21,1 mg EAG/100 g) e *P. aquatica* (20,8 mg EAG/100 g) (Tabela 3). Comumente, os óleos vegetais apresentam quantidades de compostos fenólicos que variam entre 10 a 400 mg/100 g de óleo, sendo reconhecidos como agentes antioxidantes, anticarcinogênicos, anti-inflamatórios e cardioprotetores (Hoed, 2010).

Assim como visto em *G. guidonea*, outras espécies de Meliaceae apresentam níveis elevados de compostos fenólicos (Novello et al., 2015). Interessante notar que, neste estudo, a maioria das espécies, exceto *P. elegans*, demonstrou uma concentração de compostos fenólicos superior ao relatado em óleos de sementes utilizados na alimentação ou na preparação de cosméticos, como o óleo de uva (*Vitis labrusca* L.), devido à presença de fenóis (Silva e Jorge, 2014; Hoed, 2010). Desta forma, os óleos das espécies em estudo, em especial o de *G. guidonea* pode ser promissor para a indústria de alimentos ou cosméticos.

Os maiores percentuais de DPPH consumido foram evidenciados em *B. brasiliensis* (82,8%), *C. africana* (74,7%) e *G. guidonea* (72,6%) (Tabela 3), valores bem superiores ao de oleaginosas tradicionais, como soja, girassol e milho (Siger et al., 2008). As espécies com menores valores de EC50 (concentração de óleo necessária para consumir 50% da quantidade inicial de DPPH) foram *B. brasiliensis* (12,1 g de óleo/g de DPPH), *G. guidonea* (19,7 g de óleo/g de DPPH) e *C. africana* (21,1 g de óleo/g de DPPH) (Tabela 3), valores mais interessantes do que os óleos de nozes e amendoim (Arranz et al., 2008).

O poder antirradical das espécies variou de $0,7 \times 10^{-2}$ (*P. elegans*) a $8,4 \times 10^{-2}$ (*B. brasiliensis*) (Tabela 3). De acordo com Siger et al. (2008) o poder antirradical de espécies oleaginosas tradicionais, como soja, girassol, canola e milho apresentam um valor máximo de $10,3 \times 10^{-2}$, indicando que as espécies em questão apresentam desempenho similar ou superior ao de oleaginosas tradicionais.

No teste de estabilidade oxidativa o maior tempo de indução foi observado em *P. elegans* (16,2 h) e o menor em *G. guidonea* (0,1 h). A maioria das espécies apresentou tempos de indução entre 3 e 6 h (Tabela 3), semelhante aos óleos comestíveis, tais como canola, milho, amendoim, soja e girassol (Tan et al., 2002). Esse procedimento tem como finalidade testar o tempo necessário para a oxidação lipídica total, através de submissão a altas temperaturas e a um fluxo de ar constante (Amaral et al., 2003).

É provável que a diferença entre os tempos de indução de *P. elegans* e *G. guidonea* deva-se aos altos teores dos ácidos oleico e linoleico em *G. guidonea*, que são ácidos graxos mais susceptíveis à oxidação, associada a sua menor concentração de β – caroteno (Tabelas 2 e 4). É provável que isto tenha afetando sua capacidade em resistir à oxidação, uma vez que o β – caroteno é o bioativo mais relacionado à proteção dos óleos vegetais contra a oxidação (Silva e Jorge, 2014).

Desta forma, os resultados obtidos nos testes antioxidantes revelam que os óleos possuem uma alta capacidade antioxidativa, em especial o de *B. brasiliensis*, protegendo-os contra a ação de radicais livres envolvidos com a peroxidação lipídica. Logo, são óleos viáveis de aproveitamento em alimentos e cosméticos, produtos que carecem de óleos ricos em antioxidantes (Dyer et al., 2008; Alvarez e Rodríguez, 2000).

3.3 Teor de tocóis e β -caroteno

Os maiores teores de vitamina E foram observados em *C. africana* (737,9 mg/100g) e *B. brasiliensis* (310,1 mg/100g) (Tabela 4), com valores superiores ao de outras de Malvaceae (Matthaus et al., 2003). Os isômeros α e γ -tocoferol e o γ -tocotrienol foram os mais frequentes nos óleos estudados. Os maiores teores de α -tocoferol (156,8 mg/100g) e γ -tocoferol (568,4 mg/100g) foram observados em *C. africana*, enquanto que o de γ -tocotrienol foi visto em *S. foetida* (14,6 mg/100g) (Tabela 4).

Assim como nos óleos em estudo, o predomínio de γ -tocoferol é observado em óleos tradicionais como os de milho, palma, amendoim e soja (Bramley et al., 2000; Tuberoso et al., 2009) e a composição de tocoferóis em *P. aquatica* foi semelhante ao relatado por Luzia e Jorge (2012). Óleos vegetais são conhecidos como ricas fontes de vitamina E. Em geral, há o predomínio dos isômeros α e γ -tocoferol, que estão frequentemente associados a elevados teores de ácidos graxos insaturados, conferindo proteção a esses ácidos contra a oxidação lipídica (Bramley et al., 2000).

As maiores concentrações de β -caroteno foram observadas em *C. africana* (39,0 $\mu\text{g/g}$), *P. elegans* (30,9 $\mu\text{g/g}$) e *B. brasiliensis* (29,7 $\mu\text{g/g}$) (Tabela 4). Esses valores foram superiores ao de oleaginosas tradicionais, como linhaça, milho, amendoim, soja e girassol, que não possuem mais de 1 $\mu\text{g/g}$ de β -caroteno (Tuberoso et al., 2009). A concentração de β -caroteno em *C. africana* foi semelhante ao óleo de palma (38,5 $\mu\text{g/g}$), um dos óleos mais ricos em carotenoides (Szydlowska-Czerniak et al., 2011). A presença de altas concentrações de β -caroteno em *C. africana*, *B. brasiliensis* e *P. elegans* conferem valor nutricional e ação antioxidante aos seus óleos, podendo ser aplicados na formulação de cosméticos (Silva e Jorge, 2014).

3.4 Comparação entre os métodos extrativos

Observou-se que o método da microextração foi mais eficiente na obtenção de tocóis totais em relação à extração em soxhlet nos óleos de *C. africana* (737,9 mg/100g), *S. foetida* (76,8 mg/100g), *G. guidonea* (32,9 mg/100g) e *A. puberulus* (19,7 mg/100g). O mesmo ocorreu nas concentrações de β -caroteno em todas as espécies (Tabela 4).

Os isômeros de vitamina E α , γ – tocoferol, α , γ – tocotrienol, β – tocotrienol e δ – tocoferol mostraram-se sensíveis ao processo extrativo em algumas das espécies estudadas (Tabela 4). O método de microextração apresentou maiores quantidades de α e γ – tocoferol, respectivamente, em *C. africana* (156,8 e 568,4 mg/100g), *A. puberulus* (2,7 e 16,1 mg/100mg) e *G. guidonea* (29,1 mg/100g - γ – tocoferol), enquanto α – tocotrienol apresentou maiores concentrações nos óleos de *G. guidonea* (1,6 mg/100g) e *P. elegans* (7,7 mg/100g). Contudo, a extração em soxhlet obteve maiores concentrações de α e δ – tocoferol e β e γ – tocotrienol nos óleos de *B. brasiliensis*, *C. africana*, *P. aquatica* e *P. elegans* (Tabela 4).

Sabe-se que tocóis e β -caroteno são sensíveis à oxidação, conforme já evidenciado em alguns óleos tradicionais (Bramley et al., 2000, Evuen et al., 2013). A perda dessas substâncias é especialmente atribuída ao aquecimento durante o processo extrativo (Eitenmiller e Landen, 1999), sendo os isômeros γ e α – tocoferol mais sensíveis ao aquecimento em relação aos δ e β – tocoferol (Bramley et al., 2000), conforme observado neste estudo. Apesar disso, existem trabalhos que utilizam a extração em soxhlet para a análise de vitamina E (Malacrida e Jorge, 2012; Jorge e Luzia, 2012) e por estarem utilizando um método extrativo com aquecimento podem ter o valor de tocóis subestimado.

Diferente da extração em soxhlet, na microextração não há aquecimento, o que explica a obtenção de maiores quantidades de tocóis e β – caroteno em algumas das espécies em estudo. Este método foi considerado eficiente nas análises de vitamina E em grãos de café,

por requerer uma menor quantidade de solventes orgânicos e uma menor massa de sementes para extração (Alves et al., 2009). Dessa forma, em análises de tocóis e β -caroteno em óleos vegetais recomendam-se processos extrativos que não utilizem aquecimento, como o método de microextração, por se mostrar uma alternativa eficiente, econômica e menos agressiva ao meio ambiente.

3.5 Correlação de bioativos e propriedades antioxidantes

Foi evidenciada uma correlação positiva entre o percentual de DPPH consumido ($r = 0,44$) e os tocóis ($r = 0,84$) em relação aos compostos fenólicos (Tabela 5). Em estudos anteriores com óleos de sementes de *Hymenaea courbaril* L., Dias et al. (2013) também relatam correlações positivas entre compostos fenólicos e DPPH. Além disso, outros estudos sugerem que os tocóis são principais agentes antioxidantes em alguns óleos vegetais (Bramley et al., 2000), corroborando a correlação encontrada entre este bioativo e a atividade antioxidante nos óleos das espécies em estudo.

Contudo, os compostos fenólicos apresentaram correlação inversa com a estabilidade oxidativa ($r = - 0,87$), muito embora haja relatos de correlações diretas entre compostos fenólicos e estabilidade oxidativa em óleos vegetais (Dias et al., 2013). O β -caroteno demonstrou uma correlação positiva com a estabilidade oxidativa ($r = 0,54$) (Tabela 5). Assim como os tocóis, o β -caroteno também é relatado como um importante metabólito de proteção à oxidação lipídica em óleos de sementes (Silva e Jorge, 2014), estando especialmente associados a altos teores de ácidos graxos insaturados. Isso pode explicar o motivo do óleo de *G. guidonea* ter apresentado a menos estabilidade oxidativa dentre os óleos estudados, uma vez que sua concentração de β -caroteno foi inferior a todos eles.

4. Conclusões

As sementes de *B. brasiliensis*, *P. aquatica*, *S. foetida*, *A. puberulus* e *P. elegans* mostraram-se ricas em lipídios (>30%), com o perfil de ácidos graxos predominantemente insaturado (exceto *P. aquatica*). Os óleos das sementes em estudo apresentaram elevadas quantidades de compostos fenólicos (*G. guidonea*), tocóis (*B. brasiliensis*) e β -caroteno (*C. africana*), além de elevado poder antioxidante (*B. brasiliensis*).

A partir dos resultados das análises dos compostos bioativos e da elevada atividade antioxidante dos óleos de *B. brasiliensis*, *C. africana* e *G. guidonea* apontam para a possibilidade de uso na indústria alimentícia, cosmética e farmacêutica, enquanto os óleos de *S. foetida*, *A. puberulus* e *P. elegans* são indicados para a produção de sabões, biodiesel, repelentes ou inseticidas;

Neste trabalho, constatou-se o método de microextração foi mais eficiente na obtenção de tocóis e β -caroteno quando comparado aos óleos extraídos pelo método em soxhlet nos óleos estudados. Além de mais eficiente, o método de microextração é mais econômico e menos agressivo ao meio ambiente, visto que utiliza menor quantidade de solventes orgânicos durante o processo extrativo.

Os dados obtidos são promissores e ampliam conhecimento sobre a composição e propriedades antioxidantes em óleos de sementes não convencionais presentes no Brasil, reforçando a necessidade de investimentos em estudos com tais espécies, por se constituírem em potenciais fontes alternativas de óleo com potencial aproveitamento industrial. No entanto, são necessários estudos complementares sobre a toxicidade, aspectos agronômicos e produtivos para o efetivo estabelecimento econômico dessas espécies.

Agradecimentos

M. O. Barbosa agradece à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior (Capes, Brasil) pela concessão da bolsa de estudos regular do doutorado e pela bolsa do Programa de Doutorado Sanduíche no Exterior (PDSE). A primeira autora agradece ainda ao Serviço de Bromatologia da Faculdade de Farmácia da Universidade do Porto - Portugal e ao Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP – Portugal) por permitirem a utilização da sua infraestrutura para a realização deste trabalho.

Referências

- Abburra, R.E., Zygodlo, J.A., Guzman, C.A., 1992. Fatty Acids Variation in Sapindaceae. *Biochem. Syst. Ecol.* 20, 469-471.
- Ahmad, M.U., Husain, S.K., Osman, S.M., 1981. Ricinoleic acid in *Phyllanthus niruri* seed oil. *J. Amer. Oil Chem. Soc.* 58, 673-674.
- Alvarez, A.M.R., Rodríguez, M.L.G., 2000. Lipids in pharmaceutical and cosmetic preparations. *Grasas Aceites* 51, 74-96.
- Alves, R.C., Casal, S., Oliveira, M.B.P.P., 2009. Determination of Vitamin E in Coffee Beans by HPLC Using a Micro-extraction Method. *Food Sci. Technol. Int.* 15, 57-63.
- Amaral, J.S., Casal, S., Pereira, J.A., Seabra, R.M., Oliveira, M.B.P.P., 2003. Determination of Sterol and Fatty Acid Compositions, Oxidative Stability, and Nutritional Value of Six Walnut (*Juglans regia* L.) Cultivars Grown in Portugal. *J. Agric. Food Chem.* 51, 7698-7702.
- Arranz, S., Cert, R., Pérez-Jiménez, J., Cert, A., Saura-Calixto, F., 2008. Comparison between free radical scavenging capacity and oxidative stability of nut oils. *Food Chem.* 110, 985-990.

- Aued–Pimentel, S., Lago, J.H.G., Chaves, M.H., Kumagai, E.E., 2004. Evaluation of a methylation procedure to determine cyclopropanoids fatty acids from *Sterculia striata* St. Hil. Et Nauds seed oil. J. Chromatogr. A 1054, 235-239.
- Azam, M.M., Waris, A., Nahar, N.M., 2005. Prospects and potential of fatty acid methyl esters of some non-traditional seed oils for use as biodiesel in India. Biomass Bioenerg. 29, 293-302.
- Barbosa, M.O., Almeida-Cortez, J.S., Silva, S.I., Oliveira, A.F.M., 2014. Seed Oil Content and Fatty Acid Composition from Different Populations of *Calotropis procera* (Aiton) W. T. Aiton (Apocynaceae). J. Am. Oil Chem. Soc. 91, 1433-1441.
- Bindhu, J.R.C., Reddy, B.V.S.K., Rao, T., Ravinder, P.P., Chakrabarti, M.S.L., Karuna, R.B. Prasad, N., 2012. Preparation and Evaluation of Biodiesel from *Sterculia foetida* Seed Oil. J. Am. Oil Chem. Soc. 89, 891-896.
- Bramley, P.M., Elmadfa, I., Kafatos, A., Kelly, F. J., Manios, Y., Roxborough, H.E., Schuch, W., Sheehy, P.J.A., Wagner, K-H., 2000. Review Vitamin E. J. Sci. Food Agric. 80, 913-938.
- Coutinho, D.J.G., Barbosa, M.O., Silva, R.M., Silva, S.I., Oliveira, A.F.M., 2015. Fatty-Acid Composition of Seeds and Chemotaxonomic Evaluation of Sixteen Sapindaceae Species. Chem. Biodivers. 12, 1271-1280.
- Dias, L.S., Luzia, D.M.M., Jorge, N., 2013. Physicochemical and bioactive properties of *Hymenaea courbaril* L. pulp and seed lipids fraction. Ind. Crop. Prod. 49, 610-618.
- Djenontin, T.S., Wotto, V.D., Avlessi, F., Lozano, P., Sohounhloué, D.K.C., Pioch, D., 2012. Composition of *Azadirachta indica* and *Carapa procera* (Meliaceae) seed oils and cakes obtained after oil extraction. Ind. Crop. Prod. 38, 39-45.

-
- Dyer, J. M., Stymne, S., Green, A.G., Carlsson, A.S., 2008. High-value oils from plants. *Plant J.* 54, 640-655.
- Eitenmiller, R.R., Landen Jr., W.O., 1999. Vitamin E. *Vitamin Analysis for the Health and Food Sciences* – 3. Boca Raton: CRC Press, pp. 109 – 148.
- Evuen, U.F., Apiamu, A., Ugbeni, O.C., 2013. Toxicological potentials of repeated frying on antioxidant status of vegetable oils. *Int. J. Eng. Res. Tech.* 2, 1- 6.
- Gaydou, E.M., Ramanoelina, A.R.P., 1984. Cyclopropenoic fatty acids of Malvaceae seed oils by gas-liquid chromatography. *Fette Wiss. Technol.* 86, 82–84.
- Herchi, W., Sakouhi, F., Arráez-Román, D., Segura-Carretero, A., Boukhchina, S., Kallel, H., Fernández-Gutierrez, A., 2011. Changes in the content of phenolic compounds in Flaxseed oil during development. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 88, 1135-1142.
- Hoed, V. V., 2010. Phenolic compounds in seed oils. *Lipid Technol.* 22, 247-249.
- ISO 5509 - International Organization for Standardization, 1978. Animal and vegetable fats and oils – Preparation of methyl esters of fatty acids. 1-6.
- Jorge, N., Luzia, D.M.M., 2012. Caracterização do óleo das sementes de *Pachira aquatica* Aublet para aproveitamento alimentar. *Acta Amaz.* 42, 149-156.
- Kalantzakis, G., Blekas, G., Pegklidou, K., Boskou, D., 2006. Stability and radical-scavenging activity of heated olive oil and other vegetable oils. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 108, 329–335.
- Khan, T.M., Atabani, A.E., Badruddin, I.A., Ankalgi, R.F., Khan, M., Badarudin, A., 2014. *Ceiba pentandra*, *Nigella sativa* and their blend as prospective feedstocks for biodiesel. *Ind. Crop. Prod.* 65, 367-373.
- Kılıç, C.S., Aslan, S., Kartal, M., Coskun, M., 2011. Fatty Acid Composition of *Hibiscus trionum* L. (Malvaceae). *Rec. Nat. Prod.* 5, 65-69.
- Luzia, D.M.M., Jorge, N., 2013. Bioactive substance contents and antioxidant capacity of the

- lipid fraction of *Annona crassiflora* Mart. Seeds. Ind. Crop. Prod. 42, 231-235.
- Luzia, D.M.M., Jorge, N., 2014. Study of antioxidant activity of non-conventional Brazilian fruits. J. Food Sci. Technol. 51, 1167-1172.
- Malacrida, R.C., Jorge, N., 2012. Yellow Passion Fruit Seed Oil (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*): Physical and Chemical Characteristics. Braz. Arch. Biol. Technol. 55, 127-134.
- Matthaus, B., Vosmann, K., Pham, L.Q., Aitzetmüller, K.F.A., 2003. Tocopherol Composition of Vietnamese Oilseeds. J. Am. Oil Chem. Soc. 80, 1013-1020.
- Miraliakbari, H., Shahidi, F., 2008. Antioxidant activity of minor components of tree nut oils. Food Chem. 111, 421-427.
- Novello, Z., Scapinello, J., Dal Magro, J., Zin, G., Di Luccio, M., Tres, M.V., Oliveira, J.V., 2015. Extraction, chemical characterization and antioxidant activity of andiroba seeds oil obtained from pressurized *n*-butane. Ind. Crop. Prod. 76, 697-701.
- Oliveira, J.T.A., Vasconcelos, I.M., Bezerra, L.C.N.M., Silveira, S.B. Monteiro, A.C.O. Moreira, R.A., 2000. Composition and nutritional properties of seeds from *Pachira aquatica* Aubl, *Sterculia striata* StHil et Naud and *Terminalia catappa* Linn. Food Chem. 70, 185-191.
- Ong, H.C., Silitonga, A.S., Masjuki, H.H., Mahlia, T.M.I., Chong, W.T., Boosroh, M.H., 2013. Production and comparative fuel properties of biodiesel from non-edible oils: *Jatropha curcas*, *Sterculia foetida* and *Ceiba pentandra*. Energ. Convers. Manage. 73, 245-255.
- Pinho, R.P., Oliveira, A.F.M., Silva, S.I., 2009. Potential oilseed crops from the semiarid region of northeastern Brazil. Bioresour. Technol. 100, 6114-6117.
- Polonini, H.C., Gonçalves, K.M., Gomes, T.B.B., Brandão, M.A.F., Chaves, M.G.A.M,

- Raposo, N.R.B., 2012. Amazon native flora oils: in vitro photoprotective activity and major fatty acids constituents. *Rev. Bras. Farm.* 93, 102-108.
- Siger, A., Nogala-Kalucka, M., Lampart-Szczapa, E., 2008. The content and antioxidant activity of phenolic compounds in cold-pressed plant oils. *J. Food Lipids* 15, 137-149.
- Silva, A.C., Jorge, N., 2014. Bioactive compounds of the lipid fractions of agro-industrial waste. *Food Res. Int.* 66, 493–500.
- Silva, A.C.O., Oliveira, A.F.M., Santos, D.Y.A.C., Silva, S.I., 2010. An approach to chemotaxonomy to the fatty acid content of some Malvaceae species. *Biochem. Syst. Ecol.* 38, 1035-1038.
- Silva, S.I., Oliveira, A.F.M., Negri, G., Salatino, A., 2014. Seed oils of Euphorbiaceae from the Caatinga, a Brazilian tropical dry forest. *Biomass Bioenerg.* 69, 124-134.
- Spitzer, V., 1996. Fatty acid composition of some seed oils of the Sapindaceae. *Phytochem.* 42, 1357-1360.
- Szydlowska-Czerniak, A., Trokowski, K., Karlovits, G., Szlyk, E., 2011. Effect of refining processes on antioxidant capacity, total contents of phenolics and carotenoids in palm oils. *Food Chem.* 129, 1187-1192.
- Tan, C.P., Man, Y.B.C., Selamat, J., Yusoff, M.S.A., 2002. Comparative studies of oxidative stability of edible oils by differential scanning calorimetry and oxidative stability index methods. *Food Chem.*, 76, 385-389.
- Tuberoso, C.I.G., Kowalczyk, A., Sarritzu, E., Cabras, P., 2007. Determination of antioxidant compounds and antioxidant activity in commercial oilseeds for food use. *Food Chem.* 103, 494–1501.

Vermaak, I., Kamatou, G.P.P., Komane-Mofokeng, B., Viljoen, A.M., Beckett, K., 2011.

African seed oils of commercial importance – Cosmetic applications. S. Afr. J. Bot. 77, 920-933.

Tabela 1. Informações gerais e morfometria das sementes de espécies não convencionais presentes no Brasil.

Famílias/ Espécies	Informações gerais					Morfometria		
	Nome popular	Hábito	Origem	Coordenadas geográficas	Voucher	Comprimento (mm)*	Largura (mm)*	Peso fresco (g)
Malvaceae								
<i>B. brasiliensis</i>	Pau-rei	Árvore	Nativa/ Cultivada	S 09° 56'44" WO 35° 05'35"	UFP 75.173	78,0 ± 5,7 ^a	23,0 ± 1,1 ^a	0,8 ± 0,3 ^c
<i>C. africana</i>	Gargaúba	Árvore	Nativa	S 07° 59'39" WO 34° 57'10"	UFP 73.912	5,9 ± 0,2 ^e	5,2 ± 0,2 ^d	0,1 ± 0,1 ^d
<i>P. aquatica</i>	Munguba	Árvore	Nativa/ Cultivada	S 08° 02'59" WO 34° 56'42"	UFP 75.427	29,4 ± 3,6 ^b	23,3 ± 3,0 ^a	4,2 ± 0,6 ^a
<i>S. foetida</i>	Chichá	Árvore	Exótica/ Cultivada	S 08° 03'11,53" WO 34° 57'12,52"	UFP 75.204	22,3 ± 1,5 ^c	12,4 ± 0,8 ^b	1,9 ± 0,2 ^b
Meliaceae								
<i>G. guidonea</i>	Marinheiro	Árvore	Nativa	S 08° 01'06,62" WO 34° 56'57,50"	UFP 75.205	12,6 ± 0,9 ^d	7,9 ± 0,4 ^c	0,3 ± 0,1 ^d
Sapindaceae								
<i>A. puberulus</i>	Pau-pombo	Árvore	Nativa	S 07° 56'32" WO 35° 03'01"	UFP 74.178	6,9 ± 0,6 ^e	4,5 ± 0,5 ^e	0,06 ± 0,1 ^e
<i>P. elegans</i>	Olho-de-boneca	Trepadeira	Nativa	S 08° 02'26" WO 34° 55'38"	UFP 74.737	8,3 ± 0,9 ^e	6,9 ± 0,8 ^e	0,1 ± 0,1 ^e

* Os dados de comprimento, largura e peso fresco são médias (± DP) de 50 sementes ($n = 50$). Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas segundo ANOVA um fator e teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 2. Teor de óleo e composição de ácidos graxos das sementes em estudo.

Óleo/ Ácidos graxos (%)	Famílias/Espécies						
	Malvaceae				Meliaceae	Sapindaceae	
	<i>B. brasiliensis</i>	<i>C. africana</i>	<i>P. aquatica</i>	<i>S. foetida</i>	<i>G. guidonea</i>	<i>A. puberulus</i>	<i>P. elegans</i>
Teor de óleo	44,8 ± 0,6 ^a	15,5 ± 1,6 ^c	46,3 ± 3,4 ^a	33,1 ± 1,5 ^b	14,7 ± 0,2 ^c	30,1, ± 4,3 ^b	30,1 ± 1,5 ^b
Ácido palmítico (C16:0)	28,7 ± 0,1 ^b	13,4 ± 0,01 ^e	68,2 ± 0,1 ^a	18,4 ± 0,1 ^d	24,8 ± 0,1 ^c	6,0 ± 0,6 ^f	2,9 ± 0,3 ^g
Ácido palmitoleico (C16:1)	-	-	-	-	-	3,3 ± 0,8 ^a	3,7 ± 0,2 ^a
Ácido esteárico (C18:0)	1,1 ± 0,01 ^f	1,8 ± 0,01 ^e	4,4 ± 0,01 ^b	2,3 ± 0,01 ^d	9,4 ± 0,5 ^a	2,9 ± 0,1 ^c	1,6 ± 0,1 ^e
Ácido oleico (C18:1)	7,7 ± 0,01 ^d	10,8 ± 0,01 ^c	9,6 ± 0,01 ^c	7,5 ± 0,01 ^d	32,0 ± 1,0 ^a	18,6 ± 1,4 ^b	10,8 ± 0,2 ^c
Ácido malválico (C18:1ciclo*)	13,8 ± 0,01 ^a	7,8 ± 0,01 ^b	1,2 ± 0,01 ^d	5,7 ± 0,01 ^c	-	-	-
Ácido linoleico (C18:2)	35 ± 0,2 ^b	42,8 ± 0,01 ^a	3,6 ± 0,01 ^f	8,6 ± 0,2 ^d	31,3 ± 0,9 ^c	6,5 ± 0,7 ^e	2,3 ± 0,2 ^g
Ácido linolênico (C18:3)	1,8 ± 0,01 ^b	0,8 ± 0,01 ^c	0,4 ± 0,01 ^c	0,7 ± 0,01 ^c	1,3 ± 1,8 ^b	21,9 ± 2,0 ^a	24,5 ± 0,6 ^a
Ácido estercúlico (C19:1ciclo*)	2,5 ± 0,01 ^d	22 ± 0,01 ^b	11 ± 0,2 ^c	55,9 ± 0,4 ^a	-	-	-
Ácido araquídico (C20:0)	-	-	-	-	0,2 ± 0,3 ^c	21,6 ± 4,1 ^b	28,2 ± 0,4 ^a
Ácido eicosenoico (C20:1)	-	-	-	-	-	15,3 ± 1,1 ^b	21,7 ± 0,9 ^a
Ácido behênico (C22:0)	-	-	-	-	-	2,4 ± 0,5 ^a	1,9 ± 0,1 ^b
Ácido erúico (C22:1)	-	-	-	-	-	1,5 ± 0,1 ^b	2,6 ± 0,1 ^a
Outros	8,1 ± 0,01	-	-	-	-	-	-
AGS	29,9 ± 0,1 ^c	15,2 ± 0,01 ^e	72,6 ± 0,1 ^a	20,8 ± 0,1 ^d	34,2 ± 0,5 ^b	32,8 ± 3,6 ^{bc}	34,6 ± 0,1 ^b
AGI	61,8 ± 0,3 ^d	84,2 ± 0,01 ^a	25,9 ± 0,1 ^e	78,4 ± 0,1 ^b	65,6 ± 0,2 ^{cd}	67,2 ± 3,6 ^c	65,5 ± 0,1 ^{cd}

Os dados são médias (± DP) de três réplicas ($n = 3$). * = presença de anel ciclopropênico. Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas entre as espécies segundo ANOVA um fator e teste de Tukey ($p < 0,05$). - = não detectado; Outros = Ácidos graxos não identificados; AGS = Ácidos graxos saturados; AGI = Ácidos graxos insaturados.

Tabela 3. Compostos fenólicos totais, atividade antioxidante e estabilidade oxidativa do óleo de sementes não convencionais presentes no Brasil.

Famílias/ Espécies	Fenóis totais (mg EAG/100 g)	DPPH (%)	EC50 (g de óleo/g de DPPH)	Poder antiradical (x 10 ⁻²)	Tempo de indução (h)
Malvaceae					
<i>B. brasiliensis</i>	15,3 ± 5,0 ^c	82,8 ± 1,1 ^a	12,1 ± 1,7 ^f	8,4 ± 0,01 ^a	5,5 ± 0,5 ^{bc}
<i>C. africana</i>	14,4 ± 1,2 ^c	74,7 ± 0,2 ^b	21,1 ± 2,2 ^e	4,7 ± 0,05 ^b	4,3 ± 0,4 ^{bc}
<i>P. aquatica</i>	20,8 ± 4 ^b	51,8 ± 0,1 ^d	71,5 ± 2,2 ^c	1,4 ± 0,01 ^c	6,1 ± 1,2 ^b
<i>S. foetida</i>	21,1 ± 6,3 ^b	59,4 ± 0,4 ^c	48,3 ± 1,7 ^d	2,1 ± 0,01 ^c	3,3 ± 0,5 ^c
Meliaceae					
<i>G. guidonea</i>	29,3 ± 2,8 ^a	72,6 ± 1,4 ^b	19,7 ± 0,3 ^e	5,1 ± 0,01 ^b	0,1 ± 0,1 ^d
Sapindaceae					
<i>A. puberulus</i>	11,6 ± 2,4 ^d	44,1 ± 0,5 ^e	98,3 ± 1,1 ^b	1,0 ± 0,01 ^c	4,9 ± 1,1 ^{bc}
<i>P. elegans</i>	1,3 ± 0,8 ^e	20,6 ± 1,2 ^f	134,3 ± 6,9 ^a	0,7 ± 0,01 ^c	16,2 ± 2,9 ^a

Os dados são médias (± DP) de três réplicas (n=3). Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas segundo ANOVA um fator e teste de Tukey (p < 0,05). EAG=Equivalente ácido gálico; DPPH = percentual máximo de DPPH consumido; EC50 = Quantidade de antioxidante necessária para diminuir a concentração de DPPH inicial em 50%.

Tabela 4. Tocóis e β -caroteno do óleo das sementes estudadas obtidos a partir de dois procedimentos extrativos.

Famílias/ Espécies	Ext.	Tocóis totais (mg/100g)	Composição dos tocóis (mg/100g)								β -caroteno (μ g/g)
			α -tocoferol	α -tocotrienol	β -tocoferol	β -tocotrienol	γ -tocoferol	γ -tocotrienol	δ -tocoferol	δ -tocotrienol	
Malvaceae											
	M	292,7 $\pm$ 3,8 ^{Bb}	3,6 $\pm$ 0,08 ^{BCa}	1,3 $\pm$ 0,06 ^{Ba}	0,6 $\pm$ 0,03 ^{BCa}	0,8 $\pm$ 0,3 ^{Ab}	269,5 $\pm$ 2,8 ^{Ba}	12,0 $\pm$ 0,6 ^{Ba}	4,9 $\pm$ 0,05 ^{Ba}	0,1 $\pm$ 0,01 ^B	26,7 $\pm$ 1,1 ^{Ba}
<i>B. brasiliensis</i>	S	310,1 $\pm$ 52,1 ^{Ba}	5,4 $\pm$ 2,8 ^{Ca}	1,4 $\pm$ 0,02 ^{ABa}	1,7 $\pm$ 1,7 ^{Aa}	4,8 $\pm$ 1,8 ^{Aa}	279,7 $\pm$ 42,9 ^{Aa}	11,0 $\pm$ 0,9 ^{Ba}	6,2 $\pm$ 1,7 ^{Ba}	-	20,2 $\pm$ 0,3 ^{Bb}
	M	737,9 $\pm$ 154,4 ^{Aa}	156,8 $\pm$ 19,9 ^{Aa}	-	1,2 $\pm$ 0,1 ^{AB}	-	568,4 $\pm$ 170,8 ^{Aa}	0,7 $\pm$ 0,01 ^C	10,9 $\pm$ 3,4 ^{Ab}	-	39,0 $\pm$ 0,3 ^{Aa}
<i>C. africana</i>	S	415,5 $\pm$ 9,5 ^{Ab}	64,2 $\pm$ 2,9 ^{Ab}	-	-	-	346,5 $\pm$ 17,7 ^{Ab}	-	16,3 $\pm$ 0,5 ^{Aa}	-	36,3 $\pm$ 0,3 ^{Ab}
	M	67,9 $\pm$ 2,9 ^{Ca}	1,7 $\pm$ 0,2 ^{BCa}	-	-	-	64,1 $\pm$ 2,1 ^{Ca}	1,4 $\pm$ 0,05 ^{Cb}	1,1 $\pm$ 0,1 ^C	-	17,9 $\pm$ 1,5 ^{Ca}
<i>P. aquatica</i>	S	70 $\pm$ 7,8 ^{Ca}	1,3 $\pm$ 0,3 ^{Da}	-	-	-	66,2 $\pm$ 3,7 ^{Ba}	2,5 $\pm$ 0,6 ^{Ca}	-	-	12,2 $\pm$ 1,7 ^{Cb}
	M	76,8 $\pm$ 3,3 ^{Ca}	13,3 $\pm$ 0,6 ^{Ba}	1,9 $\pm$ 0,01 ^{Ba}	1,2 $\pm$ 0,2 ^{ABa}	-	40,3 $\pm$ 1,9 ^{Ca}	14,6 $\pm$ 0,4 ^{Aa}	4,0 $\pm$ 0,4 ^{Ba}	1,4 $\pm$ 0,02 ^{Aa}	16,8 $\pm$ 0,9 ^{Ca}
<i>S. foetida</i>	S	68,4 $\pm$ 1,6 ^{Cb}	10,4 $\pm$ 0,5 ^{Ba}	1,9 $\pm$ 0,04 ^{Aa}	1,1 $\pm$ 0,1 ^{ABa}	0,6 $\pm$ 0,06 ^B	35,9 $\pm$ 0,7 ^{Ba}	13,4 $\pm$ 0,2 ^{Aa}	3,7 $\pm$ 0,06 ^{Ca}	1,4 $\pm$ 0,06 ^{Aa}	13,6 $\pm$ 0,5 ^{Cb}
Meliaceae											
	M	32,9 $\pm$ 2,2 ^{Ca}	0,6 $\pm$ 0,03 ^{Ca}	1,6 $\pm$ 0,1 ^{Ba}	-	-	29,1 $\pm$ 1,8 ^{Ca}	1,4 $\pm$ 0,01 ^{Ca}	0,1 $\pm$ 0,02 ^C	0,1 $\pm$ 0,2 ^{Ba}	8,2 $\pm$ 0,4 ^{Da}
<i>G. guidonea</i>	S	7,6 $\pm$ 1,2 ^{Db}	0,5 $\pm$ 0,02 ^{Da}	0,5 $\pm$ 0,9 ^{Bb}	0,2 $\pm$ 0,06 ^B	0,5 $\pm$ 0,06 ^B	5,3 $\pm$ 1,2 ^{Cb}	1,5 $\pm$ 0,6 ^{Ca}	-	0,1 $\pm$ 0,09 ^{Ba}	6,4 $\pm$ 0,9 ^{Db}
Sapindaceae											
	M	19,7 $\pm$ 2,3 ^{Ca}	2,7 $\pm$ 0,2 ^{BCa}	-	0,5 $\pm$ 0,08 ^{BCa}	0,5 $\pm$ 0,02 ^{Aa}	16,1 $\pm$ 2,0 ^{Ca}	-	0,1 $\pm$ 0,02 ^{Ca}	-	19,7 $\pm$ 2,6 ^{Ca}
<i>A. puberulus</i>	S	12,1 $\pm$ 0,06 ^{Db}	0,8 $\pm$ 0,1 ^{Db}	-	0,3 $\pm$ 0,1 ^{Ba}	0,7 $\pm$ 0,1 ^{Ba}	9,1 $\pm$ 0,02 ^{Cb}	1,0 $\pm$ 0,2 ^C	0,2 $\pm$ 0,08 ^{Da}	-	13,5 $\pm$ 1,2 ^{Cb}
	M	12,6 $\pm$ 0,2 ^{Ca}	0,3 $\pm$ 0,01 ^{Cb}	7,7 $\pm$ 0,2 ^{Aa}	0,2 $\pm$ 0,01 ^{Ca}	-	4,5 $\pm$ 0,2 ^{Ca}	-	-	-	30,9 $\pm$ 1,4 ^{Ba}
<i>P. elegans</i>	S	11,2 $\pm$ 0,9 ^{Da}	4,5 $\pm$ 0,4 ^{Ca}	1,0 $\pm$ 0,9 ^{ABb}	0,2 $\pm$ 0,03 ^{Ba}	0,4 $\pm$ 0,02 ^B	3,9 $\pm$ 0,3 ^{Ca}	1,2 $\pm$ 0,07 ^C	-	-	22,4 $\pm$ 1,5 ^{Bb}

Os dados são médias ($\pm$ DP) de três réplicas ($n=3$). Ext. = Método extrativo, M= Microextração, S= extração em Soxhlet; - = não detectado. Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas entre as espécies e as letras minúsculas diferenças entre os dois métodos de extração conforme ANOVA fatorial e teste de Tukey ($p < 0,05$).

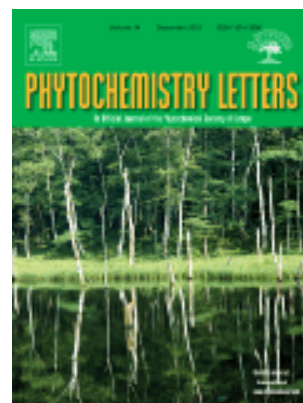
Tabela 5. Correlação entre compostos bioativos e propriedades antioxidantes dos óleos investigados.

Bioativos	DPPH	Estabilidade oxidativa
Compostos fenólicos	0,44*	- 0,71*
β -caroteno	0,04	0,54*
Tocóis	0,84*	-0,3

Valor de r significante * = $p < 0,01$

Capítulo 2

Manuscrito a ser submetido ao periódico Phytochemistry Letters



Fator de Impacto: 1.450

Qualis na Área de Biodiversidade: B1

Extratos de sementes presentes no Brasil como fonte de antioxidantes naturais

Mariana O. Barbosa¹, Joana M. Santos², Diogenes J. G. Coutinho¹, M. Beatriz P. P. Oliveira²,
Antonio F. M. Oliveira^{1*}

¹ Departamento de Botânica, Universidade Federal de Pernambuco, Av. Professor Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, CEP: 50670-901, Recife, PE, Brasil

² REQUIMTE/Departamento de Ciências Químicas, Faculdade de Farmácia, Universidade do Porto, Rua Jorge Viterbo Ferreira, 228, 4050-313 Porto, Portugal

* Autor de correspondência. Tel.: +55 81 2126 7813 E-mail: afmoliveira@gmail.com (A.F.M. Oliveira)

Resumo

Neste estudo foram avaliadas a composição centesimal, screening fitoquímico, compostos fenólicos, flavonóides, taninos totais e a atividade antioxidante dos extratos de semente de sete espécies presentes no Brasil (*Basiloxylon brasiliensis*, *Christiania africana*, *Pachira aquatica*, *Sterculia foetida*, *Guarea guidonea*, *Allophylus puberulus* e *Paullinia elegans*) pertencentes à famílias com potencial econômico reconhecido. Na composição centesimal os principais componentes foram carboidratos e lipídios com *C. africana* apresentando o maior teor de carboidratos (58,1%) e *P. aquatica* (46,3%) e *B. brasiliensis*, (44,8%) em lipídios. Açúcares totais e redutores, alcaloides, compostos fenólicos e terpenoides foram detectados nos extratos analisados. De maneira geral, os extratos em acetona 80% e metanol 80% apresentaram concentrações similares de compostos fenólicos e flavonoides entre as espécies estudadas, enquanto os extratos em acetona 80% demonstraram maiores concentrações de taninos totais. As sementes de *P. aquatica* demonstraram um maior teor de compostos fenólicos (3,8 mg EAG/g), enquanto *Sterculia foetida* apresentou os maiores teores de flavonoides (8,0 mg EC/g) e taninos totais (9,1 µg EAT/g). Dentre as espécies investigadas, as sementes de *S. foetida* também apresentaram maior atividade

antioxidante nos ensaios de FRAP (21 - 38 μg ESF/g) e captura do radical DPPH (6,4-17,8 mg ET/g). Análises de correlação mostraram que os compostos fenólicos e taninos estão mais fortemente correlacionados com a atividade antioxidante dos extratos. Este trabalho revela que as sementes em estudo são ricas em compostos fenólicos, flavonoides e taninos, apresentando elevado potencial antioxidante, em especial *S. foetida*, sugerindo-as como fontes alternativas de substâncias que combatem processos oxidativos.

Palavras-chave: flavonoides, compostos fenólicos, taninos, compostos bioativos, atividade antioxidante.

1. Introdução

Os princípios bioativos são compostos geralmente oriundos de metabólitos secundários, tais como polifenóis, taninos, flavonoides, saponinas, resinas e alcaloides, os quais possuem diversos efeitos terapêuticos e propriedades curativas reconhecidas (Benariba et al., 2013). Alguns desses compostos desempenham forte poder antioxidante, combatendo radicais livres produzidos durante os processos de oxidação, estando presentes em extratos vegetais e conferindo aplicações medicinais e econômicas a diversos recursos vegetais (Sánchez-Moreno, 2002).

Estudos com extratos de sementes indicam seu elevado potencial antioxidante, frequentemente associado à presença de bioativos naturais como compostos fenólicos, flavonoides e taninos (Jing et al., 2012; Yusri et al., 2012; Benariba et al., 2013; Parimala e Shoba, 2013), sugerindo as sementes como fontes dessas substâncias. Além disso, os antioxidantes naturais têm sido preferidos em relação aos sintéticos, por serem alternativas mais seguras, uma vez que têm menor toxicidade, enquanto os sintéticos estão comumente associados a desordens fisiológicas e doenças (Yusri et al., 2012).

Algumas famílias amplamente distribuídas na flora brasileira, tais como Malvaceae, Meliaceae e Sapindaceae, apresentam espécies com sementes ricas em substâncias com importância econômica reconhecida. A andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) - Meliaceae, apresenta óleos com aplicações industriais, medicinais e cosméticas (Biswas et al., 2002; Farias et al., 2009), enquanto o cacau (*Theobroma cacao* L.) – Malvaceae é aproveitado como alimento (Oliveira et al., 2012) e óleos de sementes de algumas Sapindaceae (Spitzer, 1996, Díaz e Rossini, 2012; Oliveira et al., 2012) são indicados para fabricação de inseticidas e repelentes.

No Brasil possui algumas espécies que são aproveitadas economicamente devido à presença de substâncias com propriedades biológicas. Contudo, apesar da importância reconhecida desses compostos e da sua presença ser atestada em várias espécies da biodiversidade brasileira, o número de estudos científicos que avaliam o seu potencial é defasado diante da crescente procura por novos recursos naturais vegetais com interesse tecnológico (Oliveira et al., 2012). Dessa forma, a caracterização da composição química das plantas e suas propriedades antioxidantes, ampliam o conhecimento e as opções de espécies que podem ser aproveitadas economicamente (Parimala e Shoba, 2013).

Neste trabalho foram selecionadas sementes de sete espécies presentes no Brasil cujas famílias já apontam potencial para o aproveitamento econômico, tendo como objetivo avaliar a composição centesimal das sementes e caracterizar quimicamente seus extratos orgânicos através da análise fitoquímica de compostos bioativos e sua atividade antioxidante, a fim de indicar fontes alternativas de compostos antioxidantes.

2. Materiais e Métodos

2.1 Material vegetal

Foram coletadas sementes maduras das espécies *Basiloxylon brasiliensis* (Allemão) K. Schum, *Christiania africana* DC, *Pachira aquatica* Aubl, *Sterculia foetida* L. (Malvaceae); *Guarea guidonea* (L.) Sleumer (Meliaceae); *Allophylus puberulus* (Cambess.) Radlk. e *Paullinia elegans* Cambess. (Sapindaceae) e armazenadas a -20 °C até análise posterior. Exsiccatas testemunhas das espécies foram depositadas no Herbário Geraldo Mariz (Herbário UFP) da Universidade Federal de Pernambuco, Brasil. Outras características das espécies e dos locais de coleta encontram-se na Tabela 1.

2.2 Composição centesimal

A análise de composição centesimal das sementes foi realizada conforme o método AOAC (1995). A umidade foi calculada a partir de 1 g de sementes trituradas em estufa (Scaltec, Goettingen, Alemanha) a $105 \pm 2^\circ \text{C}$ até peso constante. As cinzas foram determinadas por incineração a 550 °C e o teor de proteínas totais pelo método de Kjeldahl utilizando o fator geral de 6,25. O teor de lipídios totais foi determinado por extração a partir de 5 g de sementes em aparelho de Soxhlet (8h) usando *n*-hexano e calculado pela diferença de peso. Os carboidratos foram calculados por diferença utilizando a fórmula: teor de carboidratos = 100% - (% proteínas + % umidade + % lipídios + % cinzas). Todos os parâmetros foram expressos em porcentagem (%). O valor energético foi determinado de acordo com o fator de Atwater e os resultados expressos em kcal/100 g.

2.3 Preparação dos extratos das sementes

Os extratos foram preparados a partir de 1 g de sementes frescas trituradas com 10 mL de acetona 80% ou metanol 80%. As amostras foram agitadas durante 30 min à temperatura ambiente (aproximadamente 21 °C) e em seguida sob ondas de ultrassom durante mais 30 min

a 30 °C. Os extratos foram centrifugados durante 10 min a 12.000 *g* a 4 °C e os sobrenadantes foram transferidos para um tubo âmbar. A extração foi repetida a partir dos resíduos, adicionando-se 10 mL de solvente, agitando as amostras em agitador mecânico (10 min) e depois sob ondas de ultrassom (15 min). Os sobrenadantes foram recolhidos e combinados com os anteriormente obtidos, filtrados e mantidos a -20 °C até análise posterior.

2.4 *Screening fitoquímico*

Os extratos foram analisados quanto à presença de açúcares totais e redutores, alcaloides, compostos fenólicos, esteróis e terpenoides de acordo com Matos (2009), Vinha et al. (2012) e Sarma et al. (2011), com modificações.

Os açúcares totais foram analisados em 2 mL de extratos através da adição de cinco gotas de reagente de Molish e ácido sulfúrico (10%). A formação de um anel de violeta indicou a presença de açúcares totais. Nos testes dos açúcares redutores foram adicionados a 2 mL de extrato algumas três gotas de reagente de Benedict e a formação de precipitado cor de laranja avermelhado indicou reação positiva. Na análise de alcaloides foram adicionados 5 mL de ácido clorídrico (1%) a 2 mL do extrato e posteriormente aquecido a 60 °C durante 5 min. Cinco gotas de reagente de Dragendorff foram adicionadas e a ocorrência de turvação ou precipitado indicou reação positiva para alcaloides. Para avaliar a presença de compostos fenólicos foi acrescentado em 1 mL de extrato três gotas de uma solução alcoólica de cloreto férrico (FeCl₃) que foi posteriormente agitada e o surgimento de uma coloração entre azul e vermelho foi tido como positivo para compostos fenólicos. Os esteróis foram analisados por adição de 2 mL de anidrido acético a 1 mL de extrato. Então, foram acrescentadas cuidadosamente três gotas de ácido sulfúrico concentrado para a separação de fases e o surgimento da cor verde ou azul indicou a presença de esteróis. A presença de terpenoides foi

testada pela adição de 3 mL de ácido sulfúrico (10%) e 2 mL de clorofórmio em 3 mL de extrato. A presença do anel vermelho-castanho na interface indicou a presença de terpenoides.

2.5 Compostos fenólicos totais

Os compostos fenólicos totais foram analisados pelo método de Alves et al. (2010). Em 500 µL de extrato foram adicionados 2,5 mL do reagente Folin-Ciocalteu (1:10) e 2 mL de solução de carbonato de sódio (7,5% p/v). A mistura foi aquecida em banho de água a 45 °C durante 15 min, arrefecida à temperatura ambiente (aproximadamente 21 °C) e mantida no escuro durante 30 min. As leituras das absorvâncias foram feitas a 765 nm. Os compostos fenólicos totais foram quantificados a partir de uma curva de calibração com ácido gálico ($r = 0,999$) e os resultados expressos em mg de equivalentes de ácido gálico (GAE)/g de semente fresca.

2.6 Flavonoides totais

Os flavonoides totais foram analisados de acordo Barroso et al. (2011) com modificações. Em 1 mL de extrato foram adicionados 4 mL de água destilada e 300 µL de solução de nitrito de sódio (5%). As amostras foram mantidas à temperatura ambiente (aproximadamente 21 °C) durante 5 min, adicionando-se posteriormente 300 µL de cloreto de alumínio (10%) e após 1 min, acrescentado 2 mL de hidróxido de sódio (1 M) e 2,4 mL de água destilada. A absorvância das reações foi determinada a 510 nm e os resultados calculados a partir da curva padrão com catequina ($r = 0,998$) e expressos em mg de equivalente catequina (EC)/g de semente fresca.

2.7 Taninos totais

O teor de taninos totais foi determinado conforme o método de Shad et al. (2012) com modificações. Foram adicionados 2,5 mL de reagente de Folin-Ciocalteu (1:10) a 500 µL de extrato. As amostras foram agitadas vigorosamente, deixadas em repouso à temperatura ambiente (aproximadamente 21 °C) durante 3 min e, em seguida, adicionados 2 mL da solução de carbonato de sódio (7,5% m/v). A mistura foi mantida no escuro durante 2 h e posteriormente medidas a 725 nm. Os taninos totais foram calculados a partir de uma curva de calibração de ácido tânico ($r = 0,999$) e expressos em mg de equivalentes de ácido tânico (EAT)/g de semente fresca.

2.8 Atividade antioxidante

Em testes de atividade antioxidante de extratos vegetais é recomendada a utilização de ao menos dois ou mais métodos com diferentes mecanismos de reação, a fim de se obter resultados complementares (Jing et al., 2012). Neste estudo, foram escolhidos os ensaios de capacidade de captura do radical DPPH e método de redução do ferro (FRAP).

2.8.1 Capacidade antioxidante do radical livre DPPH

A capacidade antioxidante do radical livre DPPH foi analisada segundo Barroso et al. (2011) com modificações. Foram misturados 20 µL de extrato a 280 µL de solução de DPPH (Sigma, Aldrich) em metanol ($9,5 \times 10^{-5}$ mol/L) em microplacas de 96 poços e posteriormente realizada a leitura das absorbâncias (525 nm) em leitor de microplacas Synergy (BioTek, Winoosky, VT, EUA). As leituras foram realizadas em intervalo de 3 min durante 60 min para observação das reações cinéticas. A atividade antioxidante foi determinada com 40 min de reação e calculada a partir da curva padrão com Trolox ($r = 0,991$) e expressa em mg de equivalentes de Trolox (ET)/g de semente fresca.

2.8.2 Método de redução do ferro (FRAP)

O ensaio FRAP foi estimado pelo método de Benzie e Strain (1996) com modificações. Foram misturados 90 µL de extrato com 270 µL de água destilada e 2,7 mL de solução tampão de FRAP (0,3 M de acetato; 10 mM de solução TPTZ; 20 mM de cloreto férrico). As amostras foram incubadas a 37 °C e mantidas no escuro durante 30 min. A absorbância foi determinada a 595 nm e os resultados foram expressos em µg de equivalentes de sulfato ferroso (ESF)/g de semente de fresca de acordo com uma curva de calibração preparada com sulfato ferroso ($r = 0,999$).

2.9 Análises estatísticas e testes de correlação

Todos os testes foram realizados em triplicata e representados por média $\pm$ desvio padrão, à exceção do screening fitoquímico, que foi determinado em duplicata. Os dados foram testados quanto a sua homogeneidade e normalidade e então analisados por ANOVA um fator ou ANOVA fatorial e teste de Tukey *a posteriori*. O coeficiente de correlação de Pearson foi usado para avaliar as correlações existentes entre compostos fitoquímicos e a atividade antioxidante. Todos os testes tiveram nível de significância $p < 0,05$, utilizando o software Statistica 8.0 (Statsoft Inc., Tulsa, OK, EUA).

3. Resultados e Discussão

3.1 Composição centesimal

No ensaio de composição centesimal se demonstrou que os carboidratos e lipídios foram os principais componentes presentes nas sementes (Tabela 2). As espécies com maior percentual de carboidratos foram *C. africana* (58,1%), *G. guidonea* (48,2%), *S. foetida* (45,1%) e *A. puberulus* (47%), enquanto as sementes de *P. aquatica* (46,3%) e *B. brasiliensis* (44,8%) foram mais abundantes em lipídios (Tabela 2). *Basyloxilon brasiliensis* apresentou o

maior teor de proteínas (18,1%), bem como um alto valor energético (563,4 kcal/100 g). *Guarea guidonea* (25,7%), *P. elegans* (15,4%) e *A. puberulus* (13,4%) apresentaram o maior teor de umidade, enquanto *B. brasiliensis* (4,7%) e *P. aquatica* (4,3%) o maior teor de cinzas.

O valor energético observado em *B. brasiliensis* foi superior ao observado em outras espécies da mesma família (Galla et al., 2012). Neste estudo, *P. aquatica* apresentou teores de proteínas semelhantes observados anteriormente, sendo citada como alimento em comunidades das regiões amazônicas do Brasil (Jorge e Luzia, 2012). Além disso, outras espécies da família como *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench (quiabo) são aproveitadas na alimentação devido ao elevado teor de proteínas, além de apresentarem propriedades anti-inflamatória, contraceptiva e hemaglutinante (Soares et al., 2012). Desta forma, devido ao alto poder energético e proteico, as sementes de *B. brasiliensis* e *P. aquatica* podem apresentar valor nutricional.

Os percentuais de umidade e cinzas de todas as espécies estudadas foram superiores ao de outras sementes não convencionais brasileiras (Luzia e Jorge, 2011; Dias et al., 2013), indicando que estas podem conter quantidade superiores de minerais (Dias et al., 2013), muito embora ainda seja necessário ensaio de composição desses.

Assim como observado neste estudo, a predominância de carboidratos e lipídios também ocorreu em outras sementes não convencionais brasileiras (Luzia e Jorge, 2011), reforçando o potencial alimentício de espécies presentes na flora do Brasil.

Em *P. aquatica* existe relato anterior do predomínio de lipídios e carboidratos (Oliveira et al., 2000) muito embora Jorge e Luzia (2012) indiquem maiores percentuais de carboidratos e menores de lipídios em relação ao observado no presente trabalho. Essa diferença deve ter ocorrido devido aos diferentes fatores ambientais durante o desenvolvimento das sementes, uma vez que as sementes estudadas por Jorge e Luzia (2012)

foram coletadas na Floresta Amazônica, enquanto as deste estudo em ambientes de Floresta Atlântica.

As outras espécies de Malvaceae, *C. africana* e *S. foetida*, também elevados percentuais de carboidratos e valor energético, assim como as sementes do baobá (*Adansonia digitata* L.), membro desta mesma família, que são comestíveis (Rahul et al., 2015). Nas Sapindaceae, *A. puberulus* também demonstrou altos teores de carboidratos (47%) (Tabela 2), o que também já foi evidenciado em sementes de guaraná (*Paullinia cupana* Kunth.), as quais são consumidas na região Amazônica do Brasil devido a presença de polissacarídeos e propriedades estimulantes associadas à cafeína (Dalonso e Petkowicz, 2012).

Guarea guidonea apresentou teores de carboidratos bem superiores (48,2%) ao de outras Meliaceae, como *Azadirachta indica* A. Juss., que é utilizada como ração animal (Saxena et al., 2010), e quantidades semelhantes de proteínas (8,7%) e lipídeos (14,7%) aos de *Swietenia mahagoni* (L.) Jacq. (8,7 e 19,4%, respectivamente) (Mostafa et al., 2011). Na Nigéria, há relatos do uso como alimento de sementes de *Entandrophragma angolense* (Welw. ex C. DC.) C. DC. (Meliaceae) devido a quantidades significativas de proteínas e aminoácidos essenciais (Petzke, 1997).

A maioria das sementes estudadas mostrou-se ricas em lipídios (>30) (Tabela 2), demonstrando valores superiores ao de oleaginosas tradicionais como soja (18 - 20%), algodão (21%) e canola (24-27%) (Gunstone, 1996). Além disso, reforça a ideia de que espécies não convencionais presentes no Brasil são potenciais fontes alternativas de óleos vegetais (Luzia e Jorge, 2011).

Dentre as sementes analisadas, *P. aquatica* (46,3%) e *B. brasiliensis* (44,8%) destacaram-se com elevado teor de óleo (Tabela 2). O óleo de *P. aquatica* já foi relatado por Jorge e Luzia (2012) por ser rico no ácido palmítico. No nosso conhecimento, *B. brasiliensis* está tendo sua composição centesimal relatada pela primeira vez neste estudo, indicando ser

uma promissora fonte de óleo vegetal. Enquanto isso, *S. foetida*, devido ao seu elevado conteúdo em óleo, já tem sido apontada como potencial recurso para produção de biodiesel (Ong et al., 2013).

Óleos de espécies de Malvaceae são conhecidos pela presença de ácidos graxos ciclopropênicos, os quais apresentam atividade inseticida e antibiótica, mas que são tóxicos se ingeridos. Entretanto, as sementes de algumas espécies, apesar de apresentarem tais compostos, são consumidas após torrefação, devido ao balanceado conteúdo em lipídios, proteínas e carboidratos (Aued-Pimentel et al., 2004).

Os teores de óleo apresentados por *A. puberulus* e *P. elegans* foram semelhantes ao de outras espécies de Sapindaceae (> 30%), sendo conhecidos pela presença de ácidos graxos incomuns (cianolipídeos) de natureza tóxica, mas que tornam esses óleos aplicáveis na produção de inseticidas ou repelentes (Spitzer, 1996).

3.2 Screening fitoquímico

O *screening* fitoquímico dos extratos das sementes mostrou a presença de compostos fenólicos, terpenoides, alcaloides, açúcares totais e redutores (Tabela 3). Todas as espécies apresentaram açúcares totais nos extratos em acetona 80%, enquanto os açúcares redutores foram evidenciados apenas em *S. foetida* e *A. puberulus* e nos extratos em acetona 80% de *P. aquatica* e *G. guidonea*. Alcaloides foram observados nos extratos de *B. brasiliensis* e *S. foetida* e nos extratos em metanol 80% de *C. africana* e *G. guidonea*. A presença de compostos fenólicos foi evidenciada em todos os extratos testados, enquanto os terpenoides foram constatados na maioria, exceto em *B. brasiliensis* e *C. africana*, e no extrato em metanol 80% de *P. aquatica*. Não foram observados esteróis nos ensaios realizados (Tabela 3).

No presente estudo, foram selecionados dois tipos de solvente para a preparação dos extratos, uma vez que é recomendado o uso de diferentes solventes durante o processo extrativo, devido a diferenças de solubilidade dos constituintes presentes nas sementes (Qadir et al., 2015). Tal efeito foi observado nos extratos analisados, onde alguns compostos estavam presentes em apenas um dos solventes, tais como os açúcares totais, que foram evidenciados apenas nos extratos em acetona 80% (Tabela 3).

Conforme observado neste trabalho, extratos de várias sementes são referidos pela presença de alcaloides, açúcares totais, açúcares redutores, compostos fenólicos, taninos, flavonoides e terpenoides (Benariba et al., 2013; Parimala e Shoba, 2013; Qadir et al., 2015), conferindo a esses extratos propriedades antimicrobiana, anti-inflamatória, antiviral e antiparasítica (Qadir et al., 2015).

Assim como *G. guidonea*, outras espécies de Meliaceae também apresentam alcaloides nos extratos das sementes (Jafari et al., 2013). Nas das Sapindaceae, foram indicadas a presença de diversos metabólitos secundários como flavonoides em *Dodonaeae* spp., triterpenos em *Cupaniopsis* spp. e cafeína, xantonas e catequinas em *Paullinia* spp. (Díaz e Rossini, 2012). Em representantes de Malvaceae, foram evidenciados esteróis, carboidratos, flavonoides, compostos fenólicos e taninos nos extratos de sementes (Shah et al., 2011). Desta forma, fica evidente que as sementes em estudo demonstraram a presença de compostos fitoquímicos de interesse farmacêutico, sugerindo-os como potenciais fontes de produtos farmacológicos.

3.3 Compostos fenólicos, flavonoides e taninos totais

De maneira geral, ambos os extratos analisados (acetona 80% e metanol 80%) apresentaram concentrações similares de compostos fenólicos e flavonoides entre as espécies

estudadas, enquanto os extratos em acetona 80% demonstraram maiores concentrações de taninos totais (Tabela 4).

Dentre as sementes em estudo, *P. aquatica* foi a mais abundante em compostos fenólicos totais nos extratos em acetona 80% (3,8 mg EAG/g), enquanto que nos extratos em metanol 80%, as sementes de *C. africana* apresentaram as maiores concentrações de compostos fenólicos (2,9 mg EAG/g). Os extratos em acetona 80% (8,0 mg EC/g) e metanol 80% (4,1 mg EC/g) de *S. foetida* apresentaram maiores concentrações de flavonoides. Essa espécie foi a mais abundante também em taninos nos extratos em acetona 80% (9,1 µg EAT/g) e em metanol 80% (4,8 µg EAT/g), juntamente com *A. puberulus* (4,6 µg EAT/g) (Tabela 4).

Estudos com extratos em acetona de sementes de romã (*Punica granatum* L.). (Punicaceae) também demonstram maiores concentrações de compostos fenólicos, quando comparados com extratos de metanol (Jing et al., 2012). No presente estudo, o teor de flavonoides foi superior nos extratos em metanol 80% de *A. puberulus* conforme observado também em extratos de romã (Jing et al., 2012). Contudo, os extratos em acetona 80%, de *S. foetida* foram mais abundantes nesses compostos, provavelmente devido a diferença na sua composição de flavonoides em relação a *A. puberulus* e sua respectiva solubilidade nos solventes testados. Para as demais espécies o tipo de solvente utilizado foi indiferente para a extração dos flavonoides.

Os compostos fenólicos são formados principalmente por flavonoides e taninos, que são considerados potentes agentes antioxidantes, anti-inflamatórios, antibacterianos, antivirais e anticâncer (Benariba et al., 2013). Conforme observado neste estudo, outras sementes de Malvaceae (Beghdad et al., 2014; Liu et al., 2014), Meliaceae (Sahgal et al., 2009) e Sapindaceae (Majhenic et al., 2007; Leite et al., 2011; Queiroz et al., 2015) mostram-se ricas nesses compostos, demonstrando forte poder antioxidantes, antimicrobiano e anti-

inflamatório, sendo sugeridas como fontes promissoras bioativos (Queiroz et al., 2015). Além disso, outros estudos indicam que, dentre as diversas partes vegetais, as sementes podem acumular maiores teores de substâncias polifenólicas e apresentar maior atividade antioxidante quando comparadas às folhas e flores (Zakizadeh, 2011), indicando que as sementes são importantes fontes de compostos bioativos.

3.4 Atividade antioxidante dos extratos e análises de correlação

Todos os extratos analisados mostraram atividade antioxidante em ambos os métodos testados (Tabela 5). Os extratos em acetona 80% tiveram maior atividade antioxidante em *S. foetida* (38 µg ESF/g), *A. puberulus* (17,6 µg ESF/g) e *P. elegans* (9,6 µg ESF/g) no método FRAP, e nos extratos de *S. foetida* (17,8 mg ET/g), *P. elegans* (1,2 mg ET/g) e *P. aquatica* (1,7 mg ET/g) no método DPPH. Nas demais sementes, as atividades antioxidantes foram semelhantes entre os dois tipos de solvente (Tabela 5). Resultados semelhantes foram observados em sementes de romã, sugerindo acetona como um bom solvente para a extração de compostos antioxidantes (Jing et al., 2012).

Dentre as sementes analisadas, *S. foetida* teve a maior atividade antioxidante em todos os métodos e extratos testados (Tabela 5). Sabe-se que compostos fenólicos como taninos e flavonoides são os principais agentes antioxidantes em plantas (Khaled-Khodja et al., 2014). Ultimamente, tem crescido a busca de novas fontes naturais de antioxidantes, especialmente os oriundos de recursos vegetais (Vinha et al., 2012). Antioxidantes naturais têm se mostrado alternativas aos antioxidantes sintéticos, por terem menor toxicidade e baixo custo de obtenção, demonstrando alto valor econômico.

A literatura tem demonstrado que extratos metanólicos de sementes de Meliaceae apresentam alta atividade antioxidante através do método de radical DPPH (Komane et al., 2011), assim como sementes de espécies de Malvaceae e Sapindaceae, sendo sua atividade

antioxidante atribuída a presença de compostos fenólicos, flavonoides e taninos (Beghdad et al., 2014; Liu et al., 2014), tornando algumas dessas espécies utilizáveis na medicina popular (Wang et al., 2011; Yang et al., 2011).

Dentre os metabólitos analisados, os taninos foram os compostos mais fortemente correlacionados com a atividade antioxidante, demonstrando uma forte correlação positiva com a capacidade antioxidante do radical DPPH ($r = 0,71$) e com o método FRAP ($r = 0,80$) (Tabela 6). Seguidamente, os compostos fenólicos totais tiveram correlação positiva de $r = 0,54$ e $0,61$ com o método do radical DPPH e FRAP, respectivamente. Os flavonoides foram positivamente correlacionados com o método antioxidante FRAP ($r = 0,57$) (Tabela 6).

Assim como observado no presente estudo, Jing et al. (2012) e Parimala e Shoba (2013) também evidenciam uma forte correlação entre compostos fenólicos, como taninos e flavonoides, com a atividade antioxidante pelo método do radical DPPH e FRAP em extratos de sementes. Conforme descrito na literatura, esses metabólitos vegetais são conhecidos por combaterem radicais livres produzidos durante os processos de oxidação (Sánchez-Moreno, 2002), sendo reconhecidos como os principais agentes antioxidantes em plantas (Khaled-Khodja et al., 2014). Diante dessas propriedades, é comum que extratos vegetais ricos em taninos sejam utilizados no tratamento de inflamações, ulcerações e câncer (Parimala e Shoba, 2013).

4. Conclusões

De modo geral, as espécies estudadas demonstraram um bom perfil nutricional. No entanto, é importante ressaltar que, apesar dos altos teores de lipídeos, carboidratos e valores energéticos, e de que algumas sementes de Malvaceae e Sapindaceae sejam comestíveis, para que estas sementes sejam utilizadas na alimentação se fazem necessários estudos adicionais sobre sua toxicidade e fatores antinutricionais.

Os extratos das sementes demonstraram-se ricos em compostos fenólicos, flavonoides e taninos, em especial nos extratos de *S. foetida*, que destacou-se com maior atividade antioxidante. Desta forma,

O presente estudo amplia o conhecimento fitoquímico sobre espécies florestais presentes no Brasil, uma vez que relata pela primeira vez os aspectos fitoquímicos das sementes de *B. brasiliensis*, *C. africana*, *G. guidonea*, *A. puberulus* e *P. elegans*. Os resultados obtidos demonstram dados promissores quanto a presença de compostos antioxidantes, apontando seu aproveitamento econômico como fontes de antioxidantes naturais.

É importante ressaltar que estudos complementares são necessários a fim de isolar, purificar e caracterizar os constituintes ativos responsáveis pela atividade dos extratos. Além disso, para o efetivo aproveitamento econômico dessas espécies fazem-se necessárias pesquisas que enfoquem seus aspectos agrônômicos, ecológicos e de produtividade.

Agradecimentos

M. O. Barbosa agradece à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior – Capes (Brasil) pela concessão da bolsa de estudos regular durante a pós-graduação e pelo apoio financeiro concedido através do Programa de Doutorado Sanduíche no Exterior (PDSE). A primeira autora agradece ainda ao Serviço de Bromatologia da Faculdade de Farmácia da Universidade do Porto (Portugal) por permitir a utilização da sua infraestrutura necessária para a realização deste trabalho.

Referências

- Alves, R.C., Costa, A.S.G., Jerez, M., Casal, S., Sineiro, J., Núñez, M., Oliveira, M.B.P.P., 2010. Antiradical activity, phenolics profile and hydroxymethylfurfural in express coffee: influence of technological factors. *J. Agric. Food Chem.* 58, 12221-12229.
- AOAC, 1995. *Official Methods of Analysis*. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington VA, USA.
- Aued-Pimentel, S., Lago, J.H.G., Chaves, M.H., Kumagai, E.E., 2004. Evaluation of a methylation procedure to determine cyclopropenoids fatty acids from *Sterculia striata* St. Hil. Et Nauds seed oil. *J. Chromatogr. A*, 1054, 235-239.
- Barroso, M., Noronha, J., Delerue-Matos, C., Oliveira, M.B.P.P., 2011. Flavored waters: influence of ingredients on antioxidant capacity and terpenoid profile by HSSPME/GC–MS. *J. Agric. Food Chem.* 59, 5062-5072.
- Beghdad, M.C., Benammar, C., Bensalah, F., Sabri1, F.-Z., Belarbi, M., Chemat, F., 2014. Antioxidant activity, phenolic and flavonoid content in leaves, flowers, stems and seeds of mallow (*Malva sylvestris* L.) from North Western of Algeria. *Afr. J. Biotechnol.*, 13, 486-491.
- Benariba, N., Djaziri, R., Bellakhdar, W., Belkacem, N., Kadiata, M., Malaisse, W. J., Sener, A., 2013. Phytochemical screening and free radical scavenging activity of *Citrullus colocynthis* seeds extracts. *Asian Pac. J. Trop. Biomed.*, 3, 35-40.
- Benzie, I.F.F., Strain, J.J., 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. *Anal. Biochem.*, 239, 70-76.
- Biswas, K., Chattopadhyay, I., Banerjee, R.K., Bandyopadhyay, U., 2002. Biological activities and medicinal properties of neem (*Azadirachta indica*). *Curr. Sci.*, 82, 1336-1345.

- Dalonso, N., Petkowicz, C.L., 2012. Guarana powder polysaccharides: Characterisation and evaluation of the antioxidant activity of a pectic fraction. *Food. Chem.*, 134, 1804-1812.
- Dias, L.S., Luzia, D.M.M., Jorge, N., 2013. Physicochemical and bioactive properties of *Hymenaea courbaril* L. pulp and seed lipid fraction. *Ind. Crop. Prod.*, 49, 610-618.
- Díaz, M., Rossini, C., 2012. Bioactive Natural Products from Sapindaceae Deterrent and Toxic Metabolites Against Insects *In: Insecticides - Pest Engineering*, Perveen, F. (Ed.), Intech Europe, 538 pp.
- Farias, M.P.O., Sousa, D.P., Arruda, A.C., Wanderley, A.G., Teixeira, W.C., Alves, L.C., Faustino, M.A.G., 2009. Potencial acaricida do óleo de andiroba *Carapa guianensis* Aubl. sobre fêmeas adultas ingurgitadas de *Anocentor nitens* Neumann, 1897 e *Rhipicephalus sanguineus* Latreille, 1806. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, 61, 877-888.
- Galla, N.R., Pamidighantam, P.R., Akula, S., 2012. Chemical, amino acid and fatty acid composition of *Sterculia urens* L. seed. *Food Hydrocolloid.*, 28, 320-324.
- Gunstone, F.D. Fatty acid and lipid chemistry. New York, Blackie Academic & Professional. 1996.
- Jafari, S., Saeidnia, S., Shams Ardekani, M. R., Hadjiakhoondi, A., Khanavi, M., 2013. Micromorphological and preliminary phytochemical studies of *Azadirachta indica* and *Melia azedarach*. *Turk. J. Bot.*, 37, 690-697.
- Jing, P., Ye, T., Shi, H., Sheng, Y., Slavin, M., Gao, B., Liu, L., Yu, L. L., 2012. Antioxidant properties and phytochemical composition of China-grown pomegranate seeds. *Food Chem.*, 132, 1457-1464.
- Jorge, N., Luzia, D.M.M., 2012. Caracterização do óleo das sementes de *Pachira aquatica* Aublet para aproveitamento alimentar. *Acta Amaz.*, 42, 149-156.
- Khaled-Khodja, N., Boulekbache-Makhlouf, L., Madani, K., 2014. Phytochemical screening of antioxidant and antibacterial activities of methanolic extracts of some Lamiaceae.

- Ind. Crop. Prod., 61, 41-48.
- Komane, B.M., Olivier, E.I., Viljoen, A.M., 2011. *Trichilia emetica* (Meliaceae) – A review of traditional uses, biological activities and phytochemistry. *Phytochem. Lett.*, 4, 1–9.
- Leite, R.P., Wada, R.S, Monteiro, J.C., Predes, F.S., Dolder, H., 2011. Protective Effect of Guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*): Pre-treatment on Cadmium-Induced Damages in Adult Wistar Testis. *Biol. Trace Elem. Res.*, 141, 262-274.
- Liu, F., Du, W., Bai, X., Tian, S., 2014. Quantification of phytochemical constituents and in-vitro antioxidant activity of *Althaea rosea* seeds. *J. Chem. Pharm. Res.*, 6, 1466-1471.
- Luzia, D.M.M., Jorge, N., 2011. Evaluating of the activity antioxidant and fatty acids profile of lychee seeds (*Litchi chinensis* Sonn.). *Nutr. Food Sci.*, 41, 261-267.
- Majhenic, L., Skerget, M., Knez, Z., 2007. Antioxidant and antimicrobial activity of guarana seed extracts. *Food Chem.*, 104, 1258-1268.
- Matos, F. A. J., 2009. Introdução à fitoquímica experimental. 3. Ed. Fortaleza: Edições UFC, 150p.
- Mostafa, M., Jahan, A.I., Riaz, M., Hossain, H., Nimmi, I., Miah, A., Chowdhury, J.U., 2011. Comprehensive analysis of the composition of seed cake and its fatty oil from *Swietenia mahagoni* Jacq. growing in Bangladesh. *J. Pharm. Sci.*, 10, 49-52.
- Oliveira, J.T.A., Vasconcelos, I.M., Bezerra, L.C.N.M., Silveira, S.B. Monteiro, A.C.O. Moreira, R.A., 2000. Composition and nutritional properties of seeds from *Pachira aquatica* Aubl, *Sterculia striata* StHil et Naud and *Terminalia catappa* Linn. *Food Chem.*, 70 185-191.
- Oliveira, V. B., Yamada, L.T., Fagg, C.W., Brandão, M.G.L., 2012. Native foods from Brazilian biodiversity as a source of bioactive compounds. *Food Res. Int.*, 48, 170–179.
- Ong, H.C., Silitonga, A.S., Masjuki, H.H., Mahlia, T.M.I., Chong, W.T., Boosroh, M.H., 2013. Production and comparative fuel properties of biodiesel from non-edible

- oils: *Jatropha curcas*, *Sterculia foetida* and *Ceiba pentandra*. *Energ. Convers. Manage.*, 73, 245-255.
- Parimala, M., Shoba, F.G., 2013. Phytochemical analysis and *in vitro* antioxidant activity of hydroalcoholic seed extract of *Nymphaea nouchali* Burm. F. *Asian Pac. Trop. Biomed.* 3, 887-895.
- Petzke, K.J., Ezeagu, I.E., Prohl, J., Akinsoyinu, A.O., Metges, C.C., 1997. Amino acid composition, available lysine content and *in vitro* protein digestibility of selected tropical crop seeds. *Plant Food. Hum. Nutr.*, 50, 151-162.
- Qadir, U., Paul, V.I., Ganesh, P., 2015. Preliminary phytochemical screening and *in vitro* antibacterial activity of *Anamirta cocculus* (Linn.) seeds. *J. King Saud Univ. Sci.*, 27, 97–104.
- Queiroz, E.R., Abreu, C.M.P., Santos, C.M., Simão, A.A., 2015. Chemical and phytochemical composition of flours from skin and seeds of ‘Bengal’ lichee (*Litchi chinensis* Sonn). *Cienc. Rural*, 45, 329-334.
- Rahul, J., Jain, M.K., Singh, S.P., Kamal, R.K., Anuradha, Naz, A., Gupta, A. K., Mrityunjay, S.K., 2015. *Adansonia digitata* L. (baobab): a review of traditional information and taxonomic description. *Asian Pac. J. Trop. Biomed.*, 5, 79-84.
- Sahgal, G., Ramanathan, S., Sasidharan, S., Mordi, M.N., Ismail, S., Mansor, S.M., 2009. *In Vitro* Antioxidant and Xanthine Oxidase Inhibitory Activities of Methanolic *Swietenia mahagoni* Seed Extracts. *Molecules*, 14, 4476-4485.
- Sánchez-Moreno, C., 2002. Review: Methods Used to Evaluate the Free Radical Scavenging Activity in Foods and Biological Systems. *Food Sci. Technol. Int.*, 8, 121-137.
- Sarma, D.S.K., Babu, A.V.S., 2011. Pharmacognostic and phytochemical studies of *Thespesia populnea* Linn. *J. Chem. Pharm. Res.*, 3, 237-244.

- Saxena, M., Ravikanth, K., Kumar, A., Gupta, A., Singh, B., Sharma, A., 2010. Purification of *Azadirachta indica* Seed Cake and Its Impact on Nutritional and Antinutritional Factors. J. Agric. Food Chem., 58, 4939-4944.
- Shad, M.A., Nawaz, H., Rehman, T., Ahmad, H.B., Hussain, M., 2012. Optimization of extraction efficiency of tannins from *Cichorium intybus* L.: application of response surface methodology. J. Med. Plant Res. 6, 4467-4474.
- Shah, A.S., Alagawadi, K.R., 2011. Anti-inflammatory, analgesic and antipyretic properties of *Thespesia populnea* Soland ex. Correa seed extracts and its fractions in animal models. J. Ethnopharmacol., 137, 1504-1509.
- Soares, G.S.F., Assreuy, A.M.S., Gadelha, C.A.A., Gomes, V.M., Delatorre, P., Simões, R.S., Cavada, B.S., Leite, J.F., Nagano, C.S., Pinto, N.V., Pessoa, H.L.F., Santi-Gadelha, T., 2012. Purification and biological activities of *Abelmoschus esculentus* seed lectin. Protein J., 31, 674-680.
- Spitzer, V., 1996. Fatty acid composition of some seed oils of the Sapindaceae. Phytochem., 42, 1357-1360.
- Vinha, A.F., Soares, M.O., Castro, A., Santos, A., Oliveira, M.B.P.P., Machado, M., 2012. Phytochemical Characterization and Radical Scavenging Activity of Aqueous Extracts of Medicinal Plants from Portugal. Eur. J. Med. Plant., 2, 335 - 347.
- Wang, K.; Liang, Y.; Zhang, Y., Yi, X., Wang, H., Pan, Y. Antioxidant Activity of Longan (*Dimocarpus longan* L.) Seed Extract In: Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention, 1st edition, Academic Press, 2011, 705-710.
- Yang, B., Wang, H., Prasad, N., Pan, Y., Jiang, Y. Use of Litchi (*Litchi sinensis* Sonn.) Seeds in Health In: Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention, 1st. ed., Academic Press, 2011, 699-703.
- Yusri, N.M., Chan, K.W., Iqbal, S., Ismail, M., 2012. Phenolic Content and Antioxidant

Activity of *Hibiscus cannabinus* L. Seed Extracts after Sequential Solvent Extraction.

Molecules, 17, 12612-12621.

Zakizadeh, M., Nabavi, S.F., Nabavi, S.M., Ebrahimzadeh, M.A., 2011. *In vitro* antioxidant activity of flower, seed and leaves of *Alcea hyrcana* Grossh. Eur. Rev. Med. Pharmacol. Sci., 15, 406-412.

Tabela 1. Aspectos botânicos e locais de coleta de sementes não convencionais presentes no Brasil.

Família/Espécies	Nome popular	Hábito	Origem	Coordenadas geográficas	Voucher*
Malvaceae					
<i>Basilloxylon brasiliensis</i> (Allemão) K. Schum.	Pau-rei	Árvore	Nativa/Cultivada	Lat. S 09° 56'44" Long. WO 35° 05'35"	UFP 75.173
<i>Christiana africana</i> DC.	Gargaúba	Árvore	Nativa	Lat. S 07° 59'39" Long. WO 34° 57'10"	UFP 73.912
<i>Sterculia foetida</i> L.	Chichá	Árvore	Exótica/Cultivada	Lat. S 08° 03'11,53" Long. WO 34° 57'12,52"	UFP 75.204
<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	Munguba	Árvore	Nativa/Cultivada	Lat. S 08° 02'59" Long. WO 34° 56'42"	UFP 75.427
Meliaceae					
<i>Guarea guidonea</i> (L.) Sleumer	Marinheiro	Árvore	Nativa	Lat. S 08° 01'06,62" Long. WO 34° 56'57,50"	UFP 75.205
Sapindaceae					
<i>Allophylus puberulus</i> (Cambess.) Radlk.	Pau-pombo	Árvore	Nativa	Lat. S 07° 56'32" Long. WO 35° 03'01"	UFP 74.178
<i>Paullinia elegans</i> Cambess.	Olho-de-boneca	Trepadeira	Nativa	Lat. S 08° 02'26" Long. WO 34° 55'38"	UFP 74.737

*Exsicatas das espécies foram depositadas no Herbário Geraldo Mariz (UFP) da Universidade Federal de Pernambuco.

Tabela 2. Composição centesimal de sementes não convencionais presentes no Brasil.

Famílias/ Espécies	Composição centesimal (%)					Valor energético (kcal/100g)
	Umidade	Lipídios	Cinzas	Proteínas	Carboidratos	
Malvaceae						
<i>B. brasiliensis</i>	9,9 ± 0,8 ^{de}	44,8 ± 0,6 ^a	4,7 ± 0,04 ^a	18,1 ± 0,9 ^a	22,7 ± 2,2 ^d	563,4 ± 4,8 ^a
<i>C. africana</i>	12,4 ± 0,4 ^{cd}	15,5 ± 1,6 ^c	3,8 ± 0,1 ^c	11,1 ± 0,3 ^c	58,1 ± 0,9 ^a	409,4 ± 6,0 ^d
<i>P. aquatica</i>	7,7 ± 0,3 ^e	46,3 ± 3,4 ^a	4,3 ± 0,02 ^b	9,2 ± 0,6 ^d	34,4 ± 0,5 ^c	573,7 ± 3,6 ^a
<i>S. foetida</i>	9,5 ± 0,6 ^e	33,1 ± 1,5 ^b	2,2 ± 0,05 ^e	9,1 ± 0,6 ^d	45,1 ± 0,8 ^b	520,3 ± 8,0 ^b
Meliaceae						
<i>G. guidonea</i>	25,7 ± 1,2 ^a	14,7 ± 0,2 ^c	2,3 ± 0,01 ^e	8,7 ± 0,01 ^d	48,2 ± 0,7 ^b	358,6 ± 4,8 ^e
Sapindaceae						
<i>A. puberulus</i>	13,4 ± 0,8 ^{bc}	30,1, ± 4,3 ^b	1,9 ± 0,01 ^f	8,7 ± 0,01 ^d	47 ± 5,7 ^b	480,4 ± 2,2 ^c
<i>P. elegans</i>	15,4 ± 1,5 ^b	30,1 ± 1,5 ^b	2,6 ± 0,1 ^d	14,4 ± 0,7 ^b	36 ± 0,7 ^c	480,2 ± 7,1 ^c

Os dados são média ± DP de três amostras. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas segundo teste de Tukey ($p < 0.05$).

Tabela 3. Screening fitoquímico dos extratos de sementes não convencionais presentes no Brasil.

Classes fitoquímicas	Famílias/Espécies													
	Malvaceae						Meliaceae				Sapindaceae			
	<i>B. brasiliensis</i>		<i>C. africana</i>		<i>P. aquatica</i>		<i>S. foetida</i>		<i>G. guidonea</i>		<i>A. puberulus</i>		<i>P. elegans</i>	
	Ac 80%	MeOH 80%	Ac 80%	MeOH 80%	Ac 80%	MeOH 80%	Ac 80%	MeOH 80%	Ac 80%	MeOH 80%	Ac 80%	MeOH 80%	Ac 80%	MeOH 80%
Açúcares totais	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
Açúcares redutores	-	-	-	-	+	-	+	+	+	-	+	+	-	-
Alcaloides	+	+	-	+	-	-	+	+	-	+	-	-	-	-
Compostos fenólicos	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Esteróis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Terpenoides	-	-	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+

Os símbolos indicam presença (+) e ausência (-) das classes fitoquímicas. MeOH 80% = Metanol 80%; Ac 80% = Acetona 80%

Tabela 4. Compostos fenólicos, flavonoides e taninos totais em extratos de sementes não convencionais presentes no Brasil.

Espécies	Compostos fenólicos		Flavonoides		Taninos	
	mg EAG/g		mg EC/g		µg EAT/g	
	Ac 80%	MeOH 80%	Ac 80%	MeOH 80%	Ac 80%	MeOH 80%
Malvaceae						
<i>B. brasiliensis</i>	0,3 ± 0,02 ^{Ea}	0,2 ± 0,01 ^{Da}	0,3 ± 0,04 ^{Da}	0,1 ± 0,01 ^{Ca}	1,5 ± 0,4 ^{Ga}	2,0 ± 0,01 ^{Ba}
<i>C. africana</i>	2,5 ± 0,1 ^{Bb}	2,9 ± 0,2 ^{Aa}	0,3 ± 0,02 ^{Da}	0,1 ± 0,01 ^{Ca}	4,1 ± 0,3 ^{Ea}	0,3 ± 0,02 ^{Cb}
<i>P. aquatica</i>	3,8 ± 0,1 ^{Aa}	1,2 ± 0,04 ^{Bb}	1,6 ± 0,1 ^{BCa}	0,6 ± 0,02 ^{BCa}	6,9 ± 0,2 ^{Ca}	1,9 ± 0,01 ^{Bb}
<i>S. foetida</i>	1,1 ± 0,5 ^{Ca}	0,9 ± 0,04 ^{Ca}	8,0 ± 0,5 ^{Aa}	4,1 ± 0,6 ^{Ab}	9,1 ± 0,7 ^{Aa}	4,8 ± 0,5 ^{Ab}
Meliaceae						
<i>G. guidonea</i>	0,6 ± 0,2 ^{Da}	0,8 ± 0,05 ^{Ca}	0,3 ± 0,01 ^{CDa}	0,3 ± 0,01 ^{BCa}	2,4 ± 0,01 ^{Fa}	2,3 ± 0,02 ^{Ba}
Sapindaceae						
<i>A. puberulus</i>	1,0 ± 0,06 ^{Ca}	0,9 ± 0,03 ^{Ca}	2,7 ± 0,3 ^{Bb}	1,3 ± 0,2 ^{Ba}	7,7 ± 0,4 ^{Ba}	4,6 ± 0,03 ^{Ab}
<i>P. elegans</i>	0,9 ± 0,05 ^{Ca}	0,7 ± 0,01 ^{Ca}	2,5 ± 0,05 ^{Ba}	0,4 ± 0,02 ^{BCb}	4,9 ± 0,1 ^{Da}	2,5 ± 0,1 ^{Bb}

Os dados são media ± DP de três amostras. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as espécies e letras minúsculas diferentes indicam diferenças entre os extratos segundo teste de Tukey ($p < 0,05$). EAG = Equivalente ácido gálico; EC = Equivalente catequina; EAT = Equivalente ácido tânico. Ac 80% = Acetona 80%; MeOH 80% = Metanol 80%.

Tabela 5. Atividade antioxidante dos extratos das sementes em estudo.

Famílias/ Espécies	FRAP		DPPH	
	$\mu\text{g ESF/g}$		mg ET/g	
	Ac 80%	MeOH 80%	Ac 80%	MeOH 80%
Malvaceae				
<i>B. brasiliensis</i>	$2,4 \pm 0,2$ ^{Da}	$1,5 \pm 0,1$ ^{Da}	$1,6 \pm 0,4$ ^{Da}	$1,2 \pm 0,01$ ^{Ca}
<i>C. africana</i>	$6 \pm 0,1$ ^{CDa}	$5,6 \pm 0,4$ ^{Ba}	$1,5 \pm 0,2$ ^{Da}	$1,4 \pm 0,05$ ^{BCa}
<i>P. aquatica</i>	$10 \pm 0,8$ ^{Ca}	$6,1 \pm 0,4$ ^{Ba}	$8,1 \pm 0,7$ ^{Ba}	$1,7 \pm 0,01$ ^{BCb}
<i>S. foetida</i>	$38 \pm 3,8$ ^{Aa}	$21 \pm 4,1$ ^{Ab}	$17,8 \pm 0,6$ ^{Aa}	$6,4 \pm 0,3$ ^{Ab}
Meliaceae				
<i>G. guidonea</i>	$4,0 \pm 0,1$ ^{Da}	$3,7 \pm 0,1$ ^{Ca}	$0,3 \pm 0,03$ ^{Ea}	$0,2 \pm 0,01$ ^{Da}
Sapindaceae				
<i>A. puberulus</i>	$17,6 \pm 0,3$ ^{Ba}	$9 \pm 0,9$ ^{Bb}	$2,9 \pm 0,05$ ^{Ca}	$2,2 \pm 0,1$ ^{Ba}
<i>P. elegans</i>	$9,6 \pm 0,3$ ^{Ca}	$3,5 \pm 0,1$ ^{Cb}	$2,6 \pm 0,02$ ^{Ca}	$1,2 \pm 0,04$ ^{Cb}

Os dados são média $\pm$ DP de três amostras. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as espécies e letras minúsculas diferentes indicam diferenças entre os extratos segundo teste de Tukey ($p < 0,05$). FRAP = Método de redução do ferro; DPPH = método do radical livre DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil); ESF = equivalente sulfato ferroso; ET = Equivalente trolox. Ac 80% = Acetona 80%; MeOH 80% = Metanol 80%.

Tabela 6. Coeficientes de correlação entre as classes fitoquímicas e a atividade antioxidante dos extratos.

Classes fitoquímicas	DPPH	FRAP
Compostos fenólicos	0,54*	0,61*
Flavonoides	0,46	0,57*
Taninos	0,71*	0,80*

*Valor de r significante ($p < 0,0001$).

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

- ✓ As sementes de *B. brasiliensis*, *P. aquatica*, *S. foetida*, *A. puberulus* e *P. elegans* mostraram-se ricas em lipídios (>30%), apresentando elevadas quantidades de compostos fenólicos, tocóis e β -caroteno, além de elevado poder antioxidante;
- ✓ As características fitoquímicas e elevada atividade antioxidante dos óleos de *P. aquatica*, *B. brasiliensis*, *S. foetida*, *A. puberulus* e *P. elegans* apontam para a possibilidade de uso na indústria alimentícia, cosmética e farmacêutica, ou ainda na produção de sabões, biodiesel, repelentes ou inseticidas;
- ✓ Constatou-se que através da microextração foi obtida uma maior eficiência na obtenção de tocóis e β -caroteno quando comparado aos óleos extraídos pelo método em soxhlet. Além de mais eficiente, o método de microextração é mais econômico e menos agressivo ao meio ambiente, visto que utiliza menor quantidade de solventes orgânicos durante o processo extrativo.
- ✓ Os extratos em acetona 80% renderam maiores concentrações de compostos fenólicos, flavonoides e taninos, se mostrando mais eficientes para a obtenção dessas substâncias. Dentre as espécies estudadas, as sementes de *S. foetida* foram as mais abundantes nesses metabólitos, apresentando também maior potencial antioxidante;
- ✓ O presente estudo amplia o conhecimento fitoquímico sobre espécies florestais presentes no Brasil, com potencial aproveitamento como fonte de óleos e moléculas antioxidantes, indicando-as como fontes de compostos de interesse industrial. Entretanto, estudos adicionais sobre o potencial tóxico, fatores antinutricionais e os que enfoquem os aspectos agrônômicos, ecológicos e de produtividade das espécies são necessários para seu efetivo aproveitamento.

ANEXOS

Normas dos periódicos

- Industrial Crops and Products

<http://www.elsevier.com/journals/industrial-crops-and-products/0926-6690/guide-for-authors>

- Phytochemistry Letters

<http://www.elsevier.com/journals/phytochemistry-letters/1874-3900/guide-for-authors>