



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PRO-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
REDE NORDESTE DE BIOTECNOLOGIA - RENORBIO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA**

ANA ERBÊNIA PEREIRA MENDES

**POTENCIALIDADES NUTRICIONAIS E FUNCIONAIS DE QUATRO ESPÉCIES
FRUTÍFERAS DA BIODIVERSIDADE DA REGIÃO NORDESTE**

**FORTALEZA
2018**

ANA ERBÊNIA PEREIRA MENDES

POTENCIALIDADES BIOTECNOLÓGICAS E FUNCIONAIS DE QUATRO
ESPÉCIES FRUTÍFERAS DA BIODIVERSIDADE DA REGIÃO NORDESTE

Tese submetida à Coordenação do Curso de Pós-graduação em Biotecnologia - Renorbio, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Biotecnologia.

Área de concentração: Biotecnologia Industrial

Orientador: Prof^o. Dr. Raimundo Wilane de Figueiredo

Co-orientador: Prof^o. Dr. Paulo Henrique Machado de Sousa

FORTALEZA
2018

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

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

- M49p Mendes, Ana Erbênia Pereira.
Potencialidades nutricionais e funcionais de quatro espécies frutíferas da biodiversidade da Região Nordeste / Ana Erbênia Pereira Mendes. – 2018.
149 f. : il. color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, 0, Fortaleza, 2018.
Orientação: Prof. Dr. Raimundo Wilane de Figueiredo.
Coorientação: Prof. Dr. Paulo Henrique Machado de Sousa.
1. Composição físico-química. 2. Compostos bioativos. 3. Atividade antioxidante. 4. Bioacessibilidade. 5. Lesão gástrica. I. Título.

CDD

ANA ERBÊNIA PEREIRA MENDES

POTENCIALIDADES BIOTECNOLÓGICAS E FUNCIONAIS DE QUATRO
ESPÉCIES FRUTÍFERAS DA BIODIVERSIDADE DA REGIÃO NORDESTE

Tese submetida à Coordenação do Curso de Pós-graduação em Biotecnologia - Renorbio, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Biotecnologia.

Aprovada em: 22/03/2018

Banca Examinadora

Prof^o. Dr. Raimundo Wilane de Figueiredo (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^o. Dr. Paulo Henrique Machado de Sousa
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Edy Sousa de Brito
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)

Prof^a. Dra. Luciana de Siqueira Oliveira
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^a. Dra. Larissa Moraes Ribeiro da Silva
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Ricardo Elesbão Alves
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)

A Deus, que ilumina o meu saber, com saúde, para discernir os caminhos a trilhar, nesta vida cheia de buscas e riscos, ao proporcionar-me mais esta conquista, dedico-lhe.

Aos meus pais por todos os ensinamentos repassados e por me mostrar a cada dia que só vence aquele que não desiste, apesar das dificuldades.

AGRADECIMENTOS

“Se quer ir rápido, vá sozinho. Se quer ir longe, vá em grupo” (Provérbio africano)

Minha gratidão a Deus, que me permitiu trilhar esse caminho com muita saúde, persistência e sabedoria.

À Universidade Federal do Ceará por desempenhar de forma primorosa sua missão de difundir conhecimento, onde iniciei minha trajetória na pós-graduação e hoje tenho a honra de compor o quadro docente.

Ao projeto BFN – Ceará (Biodiversity for Food and Nutrition) por me permitir compor o quadro de pesquisadores e me proporcionar esta experiência grandiosa na busca do resgate ao consumo de alimentos da biodiversidade local com elevado potencial.

Ao Laboratório de Frutas e Hortaliças da Universidade Federal do Ceará por permitir a realização da maior parte as análises.

À Embrapa Agroindústria Tropical pela concessão do uso de suas instalações, especialmente ao Laboratório Multiusuário de Química de Produtos Naturais (LMQPN).

Ao meu orientador professor Dr. Raimundo Wilane de Figueiredo pela oportunidade, dedicação e por todo o conhecimento repassado que contribuíram para o meu engrandecimento pessoal e profissional.

Ao meu co-orientador Professor Dr. Paulo Henrique Machado de Sousa, pelo incentivo, paciência, confiança, dedicação, amizade e acima de tudo orientação para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos membros da banca examinadora pelas correções e valiosas contribuições para o aperfeiçoamento deste trabalho.

À querida amiga e Coordenadora Geral do Projeto BFN – Nordeste, Professora Dra Adriana Camurça Pontes Siqueira, por me estender a mão quando mais precisei e por me permitir participar do projeto BFN. Os meus sinceros gestos de carinho e gratidão.

À querida amiga e Coordenadora Financeira do Projeto BFN – Nordeste, Professora Dra Eveline de Alencar Costa, que não me deixou caminhar sozinha durante este doutorado. Obrigada por sua amizade, parceria e ensinamentos.

Aos professores do Doutorado em Biotecnologia (Renorbio), por todos os conhecimentos repassados.

Aos pesquisadores e analistas da Embrapa Agroindústria Tropical Edy Sousa de Brito, Ricardo Elesbão Alves, Guilherme Julião Zocolo, Paulo Riceli Vasconcelos Ribeiro

Lorena Mara Alexandre e Silva pela oportunidade e por se mostrarem sempre solícitos em ajudar e tirar dúvidas no que fosse preciso.

À Prof^ª. Dra. Antoniella Souza Gomes Duarte e a Mestranda Dainesy Santos Martins do Núcleo de Estudos em Microscopia e Processamento de Imagem (NEMPI – UFC) por todo o suporte e ajuda na realização do ensaio de lesão gástrica.

Ao Pesquisador MSc. Jaime Paiva Lopes Aguiar do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) por gentilmente ensinar o ensaio de determinação de fibra alimentar.

A minha mãezinha Teresinha (*in memorian*) pela presença constante em minha vida e no meu coração, sendo o meu maior exemplo de amor, perseverança, fé e solidariedade.

Ao meu pai José Caetano pela dedicação incansável, por não medir esforços em contribuir para o meu crescimento e por me permitir vencer mais essa etapa na minha vida.

Aos meus sete irmãos, que vão trilhando em minha frente o caminho da vida, antecipando muitos dos meus passos e me ensinam com seus acertos e erros.

Ao meu amado esposo Isailton Castro, companheiro fiel de todas as horas, que me incentiva e motiva a sempre persistir, me fortalecendo com todo seu amor e carinho.

Aos queridos bolsistas Deysilene Gomes, Gustavo Nascimento, Rafaela Soares e Renata Carmo pela dedicação, compromisso e auxílio prestados no decorrer de todo este trabalho.

Aos amigos de Doutorado Celma Oliveira, Jânia Augusta e José Gerardo pela amizade, ajuda nos estudos e sugestões.

Ao amigo Robson Mota por todo o apoio e incentivo no decorrer de todo esse caminho.

Às amigas Caroline Gondin, Camila Mota, Fátima Itana e Kaline pela ajuda nos ensaios realizados na Embrapa, pelo convívio e pelo elo de amizade formado.

Ao meu querido “Sexteto”: Adalva Machado, Ana Lúcia Fernandes, Diva Almeida, Gleison Oliveira e Virgínia Kelly. Amigos fiéis para todas as horas e que tornaram essa jornada mais leve e alegre.

E a todos que participaram da maior, ou melhor forma, o permanente sentimento de gratidão por terem colaborado para tornar viável este estudo.

RESUMO

O Brasil é um dos países mais privilegiado em biodiversidade em todo o mundo. Com distintos ecossistemas distribuídos nas suas diferentes regiões, o país abraça um grande número de espécies nativas, inclusive na Região Nordeste, ainda pouco exploradas. Diante disso, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a composição e potencialidades nutricionais e funcionais de quatro espécies frutíferas da Biodiversidade da Região Nordeste do Brasil, incluindo o araçá (*Psidium sobralianum* Landrum & Proença), bacuri (*Platonia insignis* Mart.), cajuí (*Anacardium* spp.) e mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes). De cada fruto estudado foram analisados três lotes provenientes de diferentes localidades da região Nordeste, sendo realizados ensaios de determinação das características físico-químicas, teor de macro e micronutrientes, determinação de compostos bioativos e frações de polifenóis, bem como avaliação da atividade antioxidante. Adicionalmente, avaliou-se a influência do araçá na proteção contra lesão gástrica induzida por etanol. Os frutos estudados apresentaram caráter ácido e teores significativos de nutrientes, destacando-se o araçá que foi o fruto que mais contribuiu para a adequação da ingestão diária recomendada de ferro (11% das IDRs). O bacuri se destacou pela maior quantidade de lipídios ($2,68\% \pm 0,05$), com maior predomínio do ácido oleico (4,28 mg/g). No geral, os frutos em estudo apresentaram baixo conteúdo de antocianinas, flavanóides amarelos e carotenoides. Entretanto o cajuí demonstrou ser uma excelente fonte de vitamina C para a alimentação (132,27mg/100 g). Dezesesseis (16) frações de compostos fenólicos dos diferentes frutos foram identificados e quantificados sendo o araçá o fruto que apresentou maiores teores de fenólicos da classe dos flavonoides, em especial a isoquercetrina (38,34 $\mu\text{g/g}$), miricetina (18,31 $\mu\text{g/g}$) e quercetrina (13,40 $\mu\text{g/g}$). Além do mais, este fruto apresentou alto teor de fenólicos totais (1123,33mg EAG/100g) e elevada capacidade antioxidante *in vitro* (43,36 μM Trolox/g). As lesões gástricas foram significativamente melhoradas com administração via oral de araçá por promover aumento significativo nos níveis de glutathione (91,62 \pm 65,54 $\mu\text{g/g}$ de tecido) e diminuição de malondialdeído (5168,33 \pm 2676,39 nmol/mg de tecido) na mucosa gástrica. O conhecimento do potencial dessas espécies subutilizadas permite o acesso a novos mercados com produtos diferenciados do ponto de vista nutricional e funcional na indústria de alimentos, farmacêutica e nutracêutica, em que se destaca o araçá que demonstrou expressiva atividade antioxidante *in vitro* e *in vivo*.

Palavras-chave: Frutas tropicais. Composição físico-química. Compostos bioativos. Atividade antioxidante. Bioacessibilidade. Lesão gástrica. UPLC/MS.

ABSTRACT

Brazil is one of the most privileged countries in biodiversity worldwide. With distinct ecosystems distributed in its different regions, the country embraces a large number of native species, including in the Northeast region, still not exploited. This work was aimed at evaluating the composition and nutritional and functional potential of the four fruits of the biodiversity of the Northeast region of Brazil, including the araçá (*Psidium sobralianum* Landrum & Proença), bacuri (*Platonia insignis* Mart.), cajuí (*Anacardium* spp.) and mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes). Each studied fruit has been analysed three lots from different localities of the Northeast region, trials of determining physico-chemical characteristics, macro and micronutrients content, determination of bioactive compounds and fractions of polyphenols, as well as evaluation of the antioxidant activity. Additionally, inaraçá was evaluated in protection against ethanol-induced gastric lesion. The studied fruits presented acid character and significant nutrient content, in which the araçá was the fruit that was most contributed to the adequacy of iron intake (11% of the DRIs). The bacuri was highlighted by the largest quantity of lipids ($2.68\% \pm 0.05$), with greater predominance of oleic acid (4.28 mg/g). In general the fruits in study present low content of anthocyanins, yellow flavonoids and carotenoids. However the cajuí proved to be an excellent source of vitamin C for feeding (132.27 MG/100 g). Sixteen (16) fractions of phenolic compounds of the different fruits were identified and quantified and the araçá was the fruit that presented the highest phenolic content of the flavonoids group, in particular isoquercitrin (38.34 $\mu\text{g/g}$), myricetin (18.31 $\mu\text{g/g}$) and quercetin (13.40 $\mu\text{g/g}$). Furthermore, this fruit presented high phenolic total content (1123.33 mg EAG/100g) and high antioxidant capacity *in vitro* (43.36 $\mu\text{m Trolox/g}$). Gastric lesions were significantly improved with oral administration of araçá for promoting significant increase in glutathione levels ($91.62 \pm 65.54 \text{ M g/g}$ of tissue) and decrease of malondialdeído ($5168.33 \pm 2676.39 \text{ nmol/mg}$ of tissue) in the gastric mucosa. Knowledge of the potential of these underutilized species allows access to new markets with differentiated products from the nutritional and functional point of view in the food industry, pharmaceutical and nutraceutical, in which it stands out the araçá that demonstrated expressive activity *in vitro* and *in vivo* antioxidant.

Keywords: Tropical fruits. Physico-chemical composition. Bioactive compounds. Antioxidant activity. Bioaccessibility. Gastric lesion. UPLC/MS.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fruto do Araçazeiro (<i>Psidium sobralianum</i> Landrum & Proença)	19
Figura 2 – Fruto do Bacurizeiro (<i>Platonia insignis</i> Mart.)	21
Figura 3 – Fruto do Cajuzeiro (<i>Anacardium</i> spp)	25
Figura 4 – Fruto da Mangabeira (<i>Hancornia speciosa</i> Gomes)	28
Figura 5 – Fruto do Araçazeiro (<i>Psidium sobralianum</i> Landrum & Proença)	101
Figura 6 – Efeitos do <i>P. sobralianum</i> Landrum & Proença no aspecto macroscópico da mucosa gástrica e da área da úlcera gástrica (mm ²) em ratos submetidos a lesões gástricas induzidas por etanol	112
Figura 7 – Avaliação histológica do dano da mucosa gástrica induzido por etanol em ratos (coloração H&E; aumento 100x)	113
Figura 8 – Efeitos de <i>P. sobralianum</i> Landrum & Proença nos níveis de malondialdeído (MDA) e glutatona (GSH) no tecido gástrico de ratos submetidos a lesões gástricas induzidas pelo etanol	116

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características físico-química e composição centesimal do Bacuri.....	23
Tabela 2 – Características físico-química e composição centesimal do Pedúnculo do Cajuzeiro	26
Tabela 3 – Características físico-química e composição centesimal do fruto da Mangabeira	29
Tabela 4 – Lista de espécies de frutos tropicais do Nordeste Brasileiro	64
Tabela 5 – Parâmetros operacionais do ICP OES adotados para a determinação de Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, Se e Zn em amostras de frutas	66
Tabela 6 – Parâmetros físicos e físico-químicos de partes comestíveis do araçá, bacuri, cajuí e mangaba em 100g de peso fresco	68
Tabela 7 – Composição Centesimal do araçá, bacuri, cajuí e mangaba em 100g de peso fresco	70
Tabela 8 – Teor de minerais do araçá, bacuri, cajuí e mangaba e percentual de adequação das DRIs em 100g de peso fresco	72
Tabela 9 – Composição de ácidos graxos do araçá, bacuri, cajuí e mangaba, quantificados em mg ácido graxo/100g peso fresco	74
Tabela 10 – Capacidade antioxidante (ABTS •+), teores de fenólicos totais, ácido ascórbico, antocianinas, flavonóides amarelos e β -caroteno de araçá, bacuri, cajuí, e mangaba em base úmida	88
Tabela 11 – Avaliação da capacidade antioxidante e teor de vitamina C de araçá, bacuri, cajuí e mangaba após a simulação da digestão gastrointestinal <i>in</i> <i>vitro</i>	91
Tabela 12 – Concentração de compostos fenólicos em araçá, bacuri,cajuí e mangaba ...	92
Tabela 13 – Teor de fenólicos totais, atividade antioxidante (ABTS•+), ácido ascórbico, antocianinas, flavonóides amarelos, β -caroteno e digestão gastrointestinal simulada <i>in vitro</i> de frutos de araçá (<i>P. sobralianum</i> Landrum & Proença)	108

Tabela 14 – Compostos fenólicos identificados por UPLC-QTOF-MSE em extrato etanólico de frutos de <i>P. sobralianum</i> Landrum & Proença	110
Tabela 15 – Avaliação microscópica pelos critérios de Laine and Weinstein (1988) da administração de <i>P. sobralianum</i> Landrum & Proença na lesão gástrica induzida por etanol	114

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABTS	2,2 – azinobis (ácido 3-etilbenzotiazolina- 6–sulfônico)
ATT	Acidez Total Titulável
DPPH	2,2 – difenil 1 –picrilhidrazil
EC ₅₀	Concentração Eficiente
ERO's	Espécies Reativas de Oxigênio
GAE	<i>Galic Acid Equivalent</i>
ICP OES	<i>Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry</i>
HPLC	<i>High Performance Liquid Chromatography</i>
RMN	Ressonância Magnética Nuclear
MS	<i>Mass Spectrometry</i>
SPE	<i>Solid Phase Extraction</i>
SS	Sólidos Solúveis
AT	Acidez Titulável
SS/AT	Relação Sólidos Solúveis /Acidez Titulável
Trolox	2-ácido carboxílico-6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromano
UPLC	<i>Ultra Performance Liquid Chromatography</i>
RDI	Recomendação Dietética de Ingestão

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1	Biodiversidade Brasileira	16
2.2	Frutos da Região Nordeste	18
2.2.1	<i>Araçá (Psidium sobralianum Landrum & Proença)</i>	18
2.2.2	<i>Bacuri (Platonia insignis Mart.)</i>	20
2.2.3	<i>Cajuí (Anacardium spp)</i>	24
2.2.4	<i>Mangaba (Hancornia speciosa Gomes)</i>	27
2.3	Caracterização Química e Centesimal dos Alimentos	30
2.4	Compostos Bioativos e Atividade Antioxidante em Alimentos	33
2.4.1	<i>Vitamina C</i>	33
2.4.2	<i>Carotenóides</i>	34
2.4.3	<i>Polifenóis</i>	35
2.4.4	<i>Atividade Antioxidante</i>	36
2.5	Bioacessibilidade de Nutrientes em Alimentos	37
2.6	Atividade Biológica de Produtos Naturais	49
3	CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DE FRUTOS TROPICAIS DO NORDESTE BRASILEIRO (ARAÇÁ, BACURI, CAJUÍ E MANGABA)	61
4	FRUTOS NATIVOS DA REGIÃO NORDESTE: COMPOSTOS BIOATIVOS, ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E BIOACESSIBILIDADE	81
5	COMPOSTOS BIOATIVOS, ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E EFEITO GASTROPROTETOR DE FRUTOS DE <i>PSIDIUM SOBRALIANUM</i> LANDRUM & PROENÇA EM LESÃO GÁSTRICA INDUZIDA POR ETANOL	99
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	122
	REFERENCIAS	123

