UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E AVALIAÇÃO CITOTÓXICA DE FRUTOS DE ABIU-DO-MATO (*Pouteria caimito*)

ANDREZA CAVALCANTE DE OLIVEIRA

MESTRADO

Manaus/AM
2024

ANDREZA CAVALCANTE DE OLIVEIRA

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E AVALIAÇÃO CITOTÓXICA DE FRUTOS ABIU-DO-MATO (*Pouteria caimito*)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Química da Universidade Federal do Amazonas como requisito final para obtenção do título de mestre em Química, com ênfase em Química de Produtos Naturais e Biomoléculas.

JAQUELINE DE ARAÚJO BEZERRA

ORIENTADORA

Manaus/AM

2024

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida, por ser meu alicerce e amparo nos momentos mais difíceis, por nunca desistir de mim.

Toda minha família, em especial meus avós Antônio Gomes, Maria Alves e minha mãe Maria Ivanete, que são minha maior força e motivo de todos os sacrifícios, lutas e perceverança. Meus tios/padrinhos Maria do Socorro e João Rodrigues que sempre se fizeram presentes na minha criação e educação, por todo incentivo e por sempre acreditarem no meu potencial.

Minha super orientadora Professora Dra. Jaqueline Bezerra que me acolheu desde a época da graduação, por sempre ir além de suas atribuições, por sempre se fazer presente, por toda paciência, dedicação, atenção. Acredito que Deus coloque anjos em nossa vida, a senhora sem dúvidas é um deles, minha eterna gratidão e admiração a senhora que hoje tenho como um dos meus maiores exemplos tanto como profissional quanto como pessoal.

Aos professores Dra. Francisca Sousa, minha primeira orientadora na época da graduação, por ter me ensinado a ter amor pela pesquisa, Dr. Alisson Meza, meu professor em uma disciplina na pós-graduação, por ter me feito despertar paixão pela docência. Tenho imensa admiração e gratidão por ter tido o privilégio em tê-los presentes em parte da jornada que me trouxe até aqui, vocês são meus exemplos de ética e profissionalismo.

A minha grande amiga Márcia Almeida que foi um dos maiores presentes que a graduação me proporcionou, meus amigos de infância Débora Alves, Júnior Lima, Thamires Rodrigues, Karoline Marães e Elielton Coelho por se fazerem presentes, torcerem e vibrarem por minhas conquistas, obrigada por tudo.

Aos meus amigos e companheiros de pesquisa do grupo NECTAN, Débora Nogueira, Laila Yasmin, João Vitor, Claúdia Vermehren, Josiana Mar, Zilanir Pereira, Josias Cruz, Anderson e Edson Quieros, por campartilharem maior parte do tempo, por todo apoio, companheirismo, amizade, parceria, conforto, pela ajuda e força em momentos difíceis, Deus os abençoe e me permita ter suas amizades por toda vida.

DEDICATÓRIA

Aos meus avós Antônio Gomes da Silva, Maria Alves Cavalcante e minha mãe Maria Ivanete Cavalcante da Silva. Por acreditarem e estarem sempre presentes. Com amor, dedico.

“Não temas, porque eu sou contigo; não te assombres, porque eu sou teu Deus; eu te fortaleço, e te ajudo, e te sustento com a destra da minha justiça”

Isaias 41:10

RESUMO

A Amazônia é uma das regiões mais ricas em biodiversidade do mundo, com frutos apreciados por apresentarem sabores únicos e propriedades nutricionais. O abiu-do-mato é uma variedade de *Pouteria caimito*, cujo o fruto é do tipo baga, quando maduro apresenta epicarpo de coloração laranja, mesocarpo de coloração branca, de sabor adocicado com 3 a 4 sementes. Um fruto conhecido e apreciado pela população do município de Presidente Figueiredo – AM, mas sem estudos científicos sobre sua composição química e propriedades. O ineditismo da espécie foi a motivação para essa pesquisa, cujo o objetivo foi estudar a composição química e avaliar as propriedades antioxidante e citotóxica das partes (polpas, cascas e sementes) dos frutos de abiu-do-mato. Para a composição química foram realizadas análises de Ressonância Magnética Nuclear - RMN, Espectrometria de Massas de Alta Resolução – HRMS, Cromatografia Gasosa Acoplada a Espectrometria de Massas - CG-EM, composição centesimal (umidade, cinzas, proteínas e lipídeos) e minerais, bem como avaliada a capacidade antioxidante (DPPH, ABTS e FRAP), quantificação de compostos fenólicos totais (Folin Ciocalteu) e avaliação de citotoxicidade *in vitro*. A partir dos perfis químicos por RMN e análise por HRMS foram identificados 19 compostos, incluindo catequina e derivados, açúcares, ácidos orgânicos e outros. O perfil de ácidos graxos esterificados foi obtido por CG-EM possibilitando a identificação de 19 compostos, sendo majoritários, os ácidos palmítico, alaídico e linoleico. A casca de *P. caimito* apresentou um maior percentual de cinzas, proteínas . Os principais minerais encontrados foram K, Mg e Zn, sendo que polpa apresentou a maior concentração de K e Mg. Para os ensaios da capacidade antioxidante e quantificação do teor de compostos fenólicos, as maiores concentrações foram obtidas pela casca, seguido da polpa e semente em todos os ensaios. As análises nas cinco linhagens de células mostraram que mesmo em maiores concentrações (CI_{50}), os extratos não apresentaram efeitos tóxicos nas células testadas. Os dados obtidos são inéditos e contribuem com o conhecimento de um fruto amazônico com potencial para consumo e futuras aplicações.

Palavras-chave: *Pouteria caimito*, antioxidante, compostos fenólicos, citotoxicidade.

ABSTRACT

The Amazon is one of the world's most biodiverse regions, boasting fruits appreciated for their unique flavors and nutritional properties. Abiu-do-mato is a variety of Pouteria caimito, whose fruit, a berry type, exhibits an orange epicarp and a white mesocarp when ripe, with a sweet taste and 3 to 4 seeds. Although well-known and cherished by the population of Presidente Figueiredo – AM municipality, there is a lack of scientific studies on its chemical composition and properties. The novelty of this species motivated the present research, aiming to study the chemical composition and assess the antioxidant and cytotoxic properties of abiu-do-mato fruits' parts (pulp, peels, and seeds). Chemical composition analyses included Nuclear Magnetic Resonance - NMR, High-Resolution Mass Spectrometry – HRMS, Gas Chromatography-Mass Spectrometry - GC-MS, proximate composition (moisture, ash, proteins, and lipids), and minerals. Antioxidant capacity (DPPH, ABTS, and FRAP), total phenolic compounds quantification (Folin Ciocalteu), and in vitro cytotoxicity evaluation were also performed. NMR and HRMS identified 19 compounds, including catechin and derivatives, sugars, organic acids, and others. The esterified fatty acid profile obtained by GC-MS identified 19 compounds, with palmitic, oleic, and linoleic acids being predominant. P. caimito peel showed higher percentages of ash, proteins, and lipids. The main minerals found were K, Mg, and Zn, with the pulp having the highest concentrations of K and Mg. In antioxidant and phenolic compound quantification assays, the peel consistently exhibited higher concentrations, followed by the pulp and seeds. Cytotoxicity assessments across five cell lines indicated no toxic effects even at higher concentrations (IC_{50}). These unprecedented findings contribute to understanding an Amazonian fruit with potential for consumption and future applications.

Keywords: *Pouteria caimito*, antioxidant, phenolic compounds, cytotoxicity.

LISTA DE SÍMBOLOS, ABREVIATURAS E SIGLAS

1D – Unidimensional

2D – Bidimensional

AAS - Espectofotometria de absorção atômica

ABMC – Abiu-do-mato casca

ABMP – Abiu-do-mato polpa

ABMS - Abiu-do-mato semente

ABS – Absorbância

ABTS – Ácido 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico)

AEE - Extração por solvente (hexano)

APCI/MS – Espectrometria de Massa por Ionização Química à Pressão Atmosférica

CAT: Equivalente de Catequina

CG-EM – Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrometria de Massas

COSY – Espectroscopia de Correlação Homonuclear

DPPH – 2,2-difenil-1-picril-hidrazila

FRAP – Poder Antioxidante Redutor Férrico

HMBC – Correlação de Ligações Multiplas Heteroncleares

HPLC-DAD – Cromatografia Líquida de Alta Eficiência Acoplada ao Detector de Arranjo de Diodos

HRMS – Espectrometria de Massas de Alta Resolução

HSQC – Correlação Quântica Única Heteronuclear

HS-SPME - Microextração em fase sólida-headspace

ICP-OES - Espectrometria de Emissão Óptica de Plasma Acoplado Individualmente

LC-HPLC-PDA - Cromatografia Líquida Bidimensional Abrangente Acoplada à Detecção de Matriz de Fotodiodos

NPs IPC - Nanopartículas de Hematitas Controlada por Tamanho via Síntese de Combustão de Solução

PBD: Fosfomolibdênio

RMN – Ressonancia Magnética Nuclear

SAFE – Extração Assistida por Solvente Flavour

SE - Extração enzimática aquosa

SPE – Extração em fase sólida

SPME – Microextração em Fase Sólida com Fibra Revertida

TCC: Conteúdo Total de Carotenoides

TFC: Conteúdo Total de Flavonóides

TOSC: Capacidade total de eliminação de oxirradicais

TPC: Conteúdo Fenólico Total

TTC: Conteúdo Total de Tocoferol

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ocorrência de espécies da Família Sapotaceae. Fonte (GBIF, 2023). 17

Figura 2. Ocorrência de espécies de *Pouteria* spp. Fonte (GBIF, 2023). 19

Figura 3. Abiu-do-mato, variedade de *Pouteria caimito*. 20

Figura 4. Compostos fenólicos identificados em frutos de Pouteria spp. 36

Figura 5. (Continuação Fig.4). Compostos fenólicos identificados em frutos de *Pouteria* spp. 37

Figura 6. Espectros de RMN de ^{1}H dos perfis da casca (ABMC) e polpa (ABMP) do abiu-do-mato (MeOD, 500 MHz). 48

Figura 7. Ampliação dos sinais de hidrogênios do ácido málico no espectro de RMN de ^{1}H (MeOD, 500 MHz). 49

Figura 8. Ampliação dos sinais de hidrogênios dos aç*ú*cares no espectro de RMN de ^{1}H (MeOD, 500 MHz). 49

Figura 9. Espectro ABMC (MeOD, 500 MHz). 50

Figura 10. Ampliação do espectro de RMN de ^{1}H da região de 5,8 a 6,8 ppm (MeOD, 500 MHz). 50

Figura 11. Ampliação dos mapas de correlações (A – HSQC e B – HMBC) da região de 5,8 a 6,8 ppm (MeOD, 500 MHz). 51

Figura 12. Atribuiçoes feitas aos isomeros dos compostos fenólicos majoritários em ABMC. 52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Teores de compostos fenólicos, carotenoides, vitaminas e propriedades antioxidantes dos frutos de *Pouteria* spp. 24

Tabela 2. Compostos voláteis identificados em frutos de *Pouteria* spp. 28

Tabela 3. Compostos fenólicos identificados nos extratos hidrometanólicos, metanólicos, n-butanólico e acetônico de partes de frutos de *Pouteria* spp. 33

Tabela 4. Compostos identificados por HRMS no extrato metanólico ABMC. 53

Tabela 5. Compostos identificados por CG-EM no abiu-do-mato. 57

Tabela 6. Capacidade antioxidante e quantificação de compostos fenólicos totais nos extratos metanólicos da polpa, semente e casca do abiu-do-mato. 59

Tabela 7. Composição centesimal (g/100 g) e mineral (mg/100 g de matéria seca) da polpa, semente e casca liofilizadas de *P. caimito* 62

Tabela 8. Análises citotóxicas dos frutos de abiu-do-mato (µg/mL) 66

SUMÁRIO

ABSTRACT **7**
LISTA DE SÍMBOLOS, ABREVIATURAS E SIGLAS **8**
LISTA DE FIGURAS **10**
LISTA DE TABELAS **11**
1. INTRODUÇÃO **14**
2. OBJETIVOS **16**
2.1. Geral *16*
2.2. Específicos *16*
3. REVISÃO DE LITERATURA **17**
3.1. Sapotaceae *17*
3.2. Pouteria caimito *19*
3.2.1. Composição Química de Pouteria spp. *20*
3.2.2. Micro e macro minerais *21*
3.2.3. Ensaios de capacidade antioxidante, compostos fenólicos, carotenoides e vitaminas *22*
3.2.4. Compostos voláteis em frutos de Pouteria spp. *27*
3.2.5. Compostos fenólicos e carotenoides *33*
3.3. Aplicações e benefícios à saúde *38*
4. MATERIAIS E MÉTODOS **40**
4.1. Preparo de amostras e obtenção dos extratos *40*
4.1.1. Extração de lipídeos *40*
4.1.2. Extrato metanólico *41*
4.2. Ressonância Magnética Nuclear - NMR 1D e 2D *41*
4.3. HPLC acoplado a Espectrometria de Massas de Alta Resolução – HRMS *42*
4.4. Ensaios de capacidade antioxidante e compostos fenólicos totais *42*
4.4.1. Capacidade de sequestro do radical DPPH˙ (2,2-difenil-1-picril-hidrazila) *42*
4.4.2. Capacidade de sequestro do radical ABTS ˙+ [2,2′-azinobis-(ácido 3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico)] *42*
4.4.3. Poder antioxidante redutor de ferro (FRAP) *43*
4.5. Quantificação de compostos fenólicos totais *43*
4.6. Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrometria de massas CG-EM *43*
4.6.1. Derivatização e parâmetros de análise *43*

4.7. Análises de citotoxicidade *44*
4.8. Composição centesimal *45*
4.8.1. Umidade *45*
4.8.2. Cinzas *46*
4.8.3. Proteínas *46*
4.8.4. Lipídeos *46*
4.9. Análise de Minerais *46*
4.10. Estatística *47*
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES 48
5.1. Perfil químico por de RMN *48*
5.2. HPLC acoplado Massas de Alta Resolução - HRMS *53*
5.3. Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrometria de Massas – CG-EM *55*
5.4. Ensaios da capacidade antioxidante e compostos fenólicos totais *59*
5.5. Composição centesimal e quantificação de minerais *61*
5.6. Análises de citotoxicidade *65*
6. CONCLUSÃO 67
7. REFERÊNCIAS 68

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o país com maior biodiversidade no mundo em espécies frutíferas e considerado o principal produtor de frutas no mundo em 2022 (FAO, 2022). A região amazônica, com sua vasta extensão e diversidade de ecossistemas, abriga uma riqueza inestimável de flora. Entre essa diversidade, destacam-se os frutos nativos, que assumem um papel crucial tanto na ecologia local, quanto na cultura das comunidades que habitam essa região (ALMEIDA; SANTOS, 2020).

Esses frutos, não apenas surpreendem pelo seu sabor único, mas também revelam uma riqueza oculta e pouco explorada de seus compostos químicos que tem o potencial de impactar positivamente diversos campos desde indústrias farmacêutica, nutrição e biotecnologia (ARAUJO et al., 2021; FARIA et al., 2021; ISMAEL et al., 2020).

A investigação e análise desses frutos tem despertado a curiosidade de pesquisadores em todo o mundo, motivando estudos que exploram aspectos como sua composição química, valor nutricional, propriedades medicinais e potencial econômico (CARNEIRO, 2022). Esses frutos nativos podem apresentar-se como fonte significativa de diferentes compostos bioativos como polifenóis, carotenoides, ácidos graxos insaturados, fitoesteróis, e outros que possuem potencial no beneficiamento da saúde humana, além de fornecer alternativas sustentáveis na agricultura e na indústria alimentícia (PAVLIĆ et al., 2023; RODRIGUES; YAMAGUCHI, 2020).

Os compostos bioativos são substâncias químicas encontradas em pequenas quantidades nos alimentos. Esses compostos são produzidos pelas plantas como parte de seu sistema de defesa, e exercem atividades benéficas no organismo humano, como melhora da pressão arterial, estimulação do sistema imunológico, regulação hormonal, entre outras. Além disso, possuem ação antioxidante, ajudando a combater os danos causados por radicais livres (BASTOS; ROGERO; ARÊAS, 2009; SOARES; JOSÉ, 2013).

Os polifenóis são classes de compostos bioativos amplamente presentes na natureza. Nas plantas, atuam como mecanismo de defesa, podendo influenciar

também na cor das folhas e flores. Uma vez dentro do organismo humano, seus micronutrientes são capazes de neutralizar os radicais livres, substâncias que contribuem para o envelhecimento prematuro e doenças associadas ao sistema imunológico (DURGAPAL et al., 2020). Diversas atividades são atribuídas aos polifenóis como antioxidante, anti-inflamatória, anti-obesidade e antiproliferativa (AVILA-SOSA et al., 2019).

Nesse contexto, o presente estudo concentra-se nos frutos de abiu-do-mato, uma variedade de Pouteria caimito encontrada no município de Presidente Figueiredo, Amazonas. O objetivo principal é realizar a caracterização química desses frutos e avaliar sua capacidade antioxidante e citotóxica. Isso visa contribuir para o conhecimento científico sobre essa espécie até então inexplorada, mas já consumida na região amazônica.

Atualmente, há escassez de estudos sobre a espécie Pouteria caimito, com apenas dois estudos destacando aplicações de seus frutos. Um desses estudos, conduzido por Veeramani et al., (2021), focou na síntese de nanopartículas de prata a partir dos frutos de abiu e sua eficiência na prevenção do câncer bucal. O outro estudo, realizado por Santos et al., (2021), abordou a produção de geleias a partir dos frutos, incluindo análises físico-químicas e sensoriais. O ineditismo deste estudo se dá por a espécie ainda não possuir estudo da caracterização química de seus frutos e o abiu-do-mato por ser uma variedade dessa espécie, apresenta o primeiro estudo da sua caracterização química e avaliação citotóxica.

Nesse contexto, o presente estudo concentra-se nos frutos de abiu-do-mato, uma variedade de *Pouteria caimito* encontrada no município de Presidente Figueiredo, Amazonas. O objetivo principal é realizar a caracterização química desses frutos e avaliar sua capacidade antioxidante e citotóxica. Isso visa contribuir para o conhecimento científico sobre essa espécie até então inexplorada, mas já consumida na região amazônica.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Estudar a química e avaliação das propriedades antioxidantes e citotóxicas das partes (polpas, cascas e sementes) do fruto nativo do Amazonas, abiu-do-mato, uma variedade de *Pouteria caimito*.

2.2. Específicos

- Caracterizar a química do fruto de abiu-do-mato (polpas, cascas e sementes) por Ressonância Magnética Nuclear (RMN 1D e 2D) e Espectrometria de Massas de Alta Resolução (HRMS);
- Determinar a capacidade antioxidante (DPPH, ABTS e FRAP) e o teor de compostos fenólicos das amostras (Folin Ciocalteu).
- Identificar o perfil de ácidos graxos presentes nos óleos vegetais esterificados da fração lipídica por Cromatografia Gasosa Acoplada a Espectrometria de Massas (CG-EM);
- Analisar a composição centesimal (umidade, cinzas, proteína e lipídeos);
- Quantificar os principais macro e micro minerais por Espectrometria de Absorção Atômica;
- Avaliar a citotoxicidade das amostras em diferentes linhagens de células;

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Sapotaceae

Sapotaceae, uma família de plantas lenhosas (FABRIS; PEIXOTO, 2013; KUBITZKI, 2004), pertencente ao reino Plantae, filo Tracheophyta, aula Magnoliopsida e ordem Ericales. Uma das maiores famílias de Angiospermas, compreende 58 gêneros distribuídas em 1.865 espécies (ALVES-ARAÚJO; ALVES, 2013; GBIF, 2023).

Essa família é amplamente distribuída em regiões tropicais e subtropicais, com maior diversidade e ocorrência nas Américas do Sul e Central, conforme mostrado na Figura 1. A América do Sul possui o primeiro e o terceiro país com maior número de ocorrências, Brasil destacando-se em primeiro apresentando 77.829 e Colômbia com 21.589 em 2023, respectivamente (GBIF, 2023).

No Brasil, sua distribuição geográfica em termos de ocorrências confirmadas são: Norte (Acre, Amazonas, Amapá, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins); Nordeste (Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Sergipe); Centro-Oeste (Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Sergipe); Sudeste (Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo); Sul (Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina). Seu domínio fitogeográfico é na Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica e Pampa (ALVES-ARAÚJO; NICHIO-AMARAL, 2023; RANZATO FILARDI et al., 2018; ZAPPI et al., 2015).

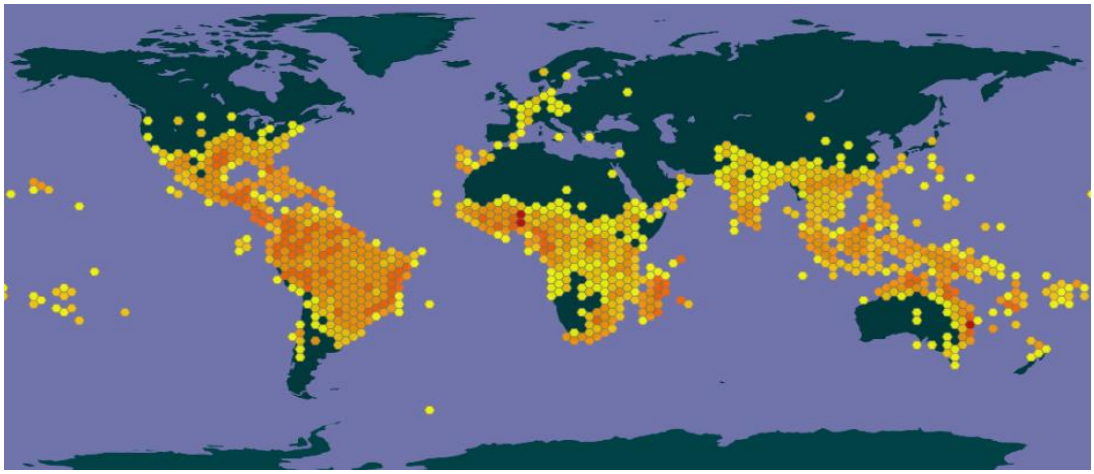


Figura 1. Ocorrência de espécies da Família Sapotaceae. Fonte (GBIF, 2023).

As plantas pertencentes a essa família são predominantemente árvores, embora haja algumas espécies arbustivas e trepadeiras. Podem variar de tamanho, desde pequenas árvores até espécies imponentes que podem atingir alturas significativas. Algumas espécies são valorizadas por sua madeira de alta qualidade, usadas na fabricação de móveis e construção (MÔNICO; ARAÚJO, 2019; REIS et al., 2013).

Uma característica comum das plantas de Sapotaceae é a presença de um látex leitoso em seus tecidos. Branco ou colorido, muitas vezes tóxico, pode ser usado para fins defensivos contra herbívoros e insetos. Suas folhas são geralmente simples, inteiras e alternadas. As flores são pequenas e quase sempre apresentam uma estrutura básica semelhante a pétalas fundidas em forma de sino ou tubo (FARIA et al., 2017; REIS et al., 2013; RICHARDSON, 1995; SWENSON; ANDERBERG, 2005; VALENTE; SOUSA; BASTOS, 2013).

Suas frutas apresentam uma variedade que inclui bagas e cápsulas até esquizocárpicos com cocos drupáceos ou mesocarpos alados, podem ser deiscentes ou indeiscentes, algumas globulosas ou ovais, enquanto outras apresentam-se em forma de baga ou drupa, com distintas formas, cores e sabores. Muitas espécies produzem frutas comestíveis apreciadas por animais e humanos. Alguns dos mais populares incluem abiu, *mamey*, quixaba (FREIRE; FERRUCCI; GROPPO, 2013; PEREIRA et al., 2016).

Estudos apontam que os principais constituintes químicos encontrados em espécies desta família incluem ácidos orgânicos, flavonoides (dentre eles, antocianinas), polifenóis, taninos, saponinas, triterpenos, cumarinas e alcaloides. Alguns destes compostos apresentam-se como notáveis fontes de estudos nas mais diversas áreas, por suas importantes funções químicas e biológicas (DINI, 2011; FARIA et al., 2017; MASULLO et al., 2021; SILVA et al., 2012).

Estudos também apontam seu potencial químico na produção de fármacos, com propriedades anti-inflamatória, antioxidante, antibacteriana, antifúngica, antidiabética e antiulceras (BAKY et al., 2016).

3.2. *Pouteria caimito*

Pouteria Aubl. é o gênero mais abundante da família Sapotaceae, compreendendo aproximadamente 200 espécies, o Brasil possui 124 espécies registradas, 52 delas endêmicas (ALVES-ARAÚJO; SWENSON; ALVES, 2014; MÔNICO; ARAÚJO, 2019).

A América do Sul compreende 4 dos 5 países com maior número de ocorrências no mundo (Figura 2). Brasil em primeiro com 29.682, seguido por Colômbia com 10.964, Peru com 4.717, México 3.969 (América central) e Equador com 3.541 (GBIF, 2023).

Sua distribuição geográfica se estende por todo território brasileiro, com ocorrências confirmadas em todos os estados das regiões norte, nordeste, centro-oeste, Sudeste e Sul. Domínio fitogeográfico compreende a Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica e Pampa, respectivamente, com vegetação dos tipos: Área Antrópica; Caatinga; Campinarana; Campo de Altitude; Campo Rupestre; Carrasco; Cerrado; Floresta Ciliar ou Geleira; Floresta de Igapó; Floresta de Terra Firme; Floresta de Várzea; Florestas Estacionais Decidual, Perenifólia e Semidecidual; Floresta Ombrófila (Floresta Pluvial); Restinga; Savana Amazônica e Vegetação Sobre Afloramento Rochosos (ALVES-ARAUJO, 2015; ALVES-ARAÚJO, 2020; GOMES et al., 2022; ZAPPI et al., 2015).

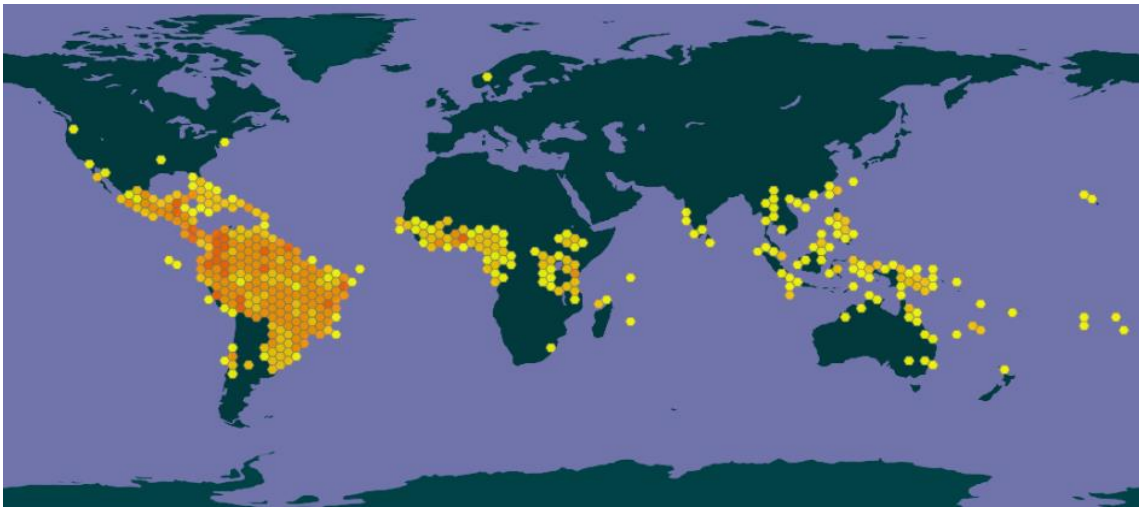


Figura 2. Ocorrência de espécies de *Pouteria* spp. Fonte (GBIF, 2023).

Conhecido pela população local do município de Presidente Figueiredo - Amazonas, abiu-do-mato (Figura 3), é uma variedade de *Pouteria caimito* (abiu-amarelo). Quando em estágio de maturação, os frutos possuem coloração alaranjada, apresentam de 3 a 4 sementes, polpa esbranquiçada, carnuda e de aspecto doce.

Figura 3. Abiu-do-mato, variedade de *Pouteria caimito*.

Por se tratar de um fruto de estudo inédito, esta revisão abrange um compilado sobre o gênero *Pouteria*, com ênfase em seus compostos voláteis e não voláteis, minerais, ensaios colorimétricos, aplicações e benefícios à saúde. Essa pesquisa inspirou a escrita e publicação de um artigo de revisão sobre o levantamento da composição química de frutos do gênero com ênfase na área de alimentos intitulado "Pouteria spp. fruits: Health benefits of bioactive compounds and their potential for the food industry".

3.2.1. *Composição Química de Pouteria* spp.

Esta revisão aborda as técnicas, tipos de extratos e partes de onde foram atribuídos os constituintes químicos dispostos na literatura atual de *Pouteria* spp.

Conforme Fitriansyah; Fidrianny; Hartati (2021) relatou espécies de *Pouteria* quanto a seus principais constituintes não voláteis, que apresentam atividade antioxidante, biológica e compostos voláteis em: 56% derivados de terpenos, 27% derivados de flavonoides, 12% compostos fenólicos não flavonoides e 5% de esteróis e voláteis.

As espécies de *Pouteria* spp atualmente mais estudadas e consequentemente abordadas nesta revisão compreendem: *Pouteria campechiana, P. obovata, P. lacuna, P. glomerata, P. ramiflora*, *P. sapota* e *P. elegans.* Os compostos bioativos mais frequentes são compostos fenólicos e flavonoides. Os principais compostos estão descritos no item 4.2.5. e Tabela 3, respectivamente. Os compostos fenólicos mais citados são ácidos gálico, quínico, cafeico e clorogênico.

O levantamento bibliográfico mostrou estudos com abordagens em técnicas como cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) acopladas aos detectores: UV-Vis, MS-MS, ESI-TOF-MS; espectrometria de massas (LC-MS ou CG-EM); ressonância magnética nuclear (RMN). Espectroscopia de absorção atômica (AAS) e espectrometria de emissão óptica de plasma acoplado individualmente (ICP-OES) para detecção de micro e macro minerais. Além disso, atualmente faz-se uso de técnicas cromatográficas e espectroscópicas otimizadas no intuito de melhorar a eficiência de isolamento e consequentemente caracterização química. Algumas das principais serão abordadas nessa revisão, como: extrações diretas, extração líquido-líquido, extração por solvente e extração por solvente supercrítico (OLIVEIRA et al., 2023).

3.2.2. Micro e macro minerais

Um estudo utilizando técnicas para identificação e quantificação de micro e macro minerais, por AAS na polpa e casca de *P. campechiana* mostrou que os minerais encontrados em maiores quantidades (mg/100g) na casca foram: Fe (4440 ± 0,40) e Cu (3,51 ± 0,29), respectivamente; e a polpa apresentou (mg/100g): Ca (468 ± 0,07), Mg (443 ± 0,16) e Na (271 ± 0,18). Ambos apresentaram quantidades elevadas para os minerais Cu e Zn com: Zn (0,2 ± 0,06) para casca; Cu (0,58 ± 0,11) e Zn (0,16 ± 0,05) para polpa (NUR et al., 2022).

Aguiar et al. (2019), empregou a mesma técnica para quantificação de minerais em polpa, casca e semente de frutos de *P. elegans.* Os minerais avaliados foram Ca, Zn, Fe, Mg, K, Na. A casca apresentou valores maiores para todos os minerais, exceto o Fe, sendo as sementes mais ricas. Das três partes do fruto analisadas, a polpa foi quem apresentou os menores teores desses minerais.

A polpa liofilizada *P. glomerata* foi avaliada quanto aos seus micro e macro minerais utilizando ICP-OES, foram encontradas concentrações acima do índice diário de ingestão diária para os minerais cromo (733,33%) e molibdênio (735,29%), os demais fósforo (62,79%), cobre (24,29%), manganês (11,22%), magnésio (11,15%), cálcio (9,77%), ferro (7,52%), potássio (6,95%), zinco (5,8%) e sódio (0,37%) apresentaram-se com os índices dentro da margem de 100% de ingestão diária (SANTO et al., 2020).

Minerais como cálcio, magnésio, potássio, sódio, ferro, zinco, cobre, manganês, selênio e alguns outros são fundamentais para a absorção de proteínas e para a saúde em geral. O consumo de frutas, com alto teor de vitaminas e minerais, é essencial para fornecer ao corpo humano os nutrientes necessários para a manutenção de uma boa saúde e funcionamento do organismo. Além disso, a ingestão de frutas também contribui para o funcionamento do sistema imunológico, prevenindo doenças degenerativas (AGUIAR et al., 2019; SANTO et al., 2020).

3.2.3. Ensaios de capacidade antioxidante, compostos fenólicos, carotenoides e vitaminas

Foram encontrados relatos na literatura de quantificação de compostos fenólicos e flavonoides totais para sete espécies de *Pouteria* spp., bem como relatos de vitaminas A, C e E que possuem atividade antioxidante, e confirmada as capacidades de sequestro radicalar, nas técnicas de DPPH e ABTS.

P. campechiana e *P. lacuna* foram as frutas que apresentaram mais estudos quanto a ensaios colorimétricos, utilizando partes como polissacarídeo da semente, semente, polpa e casca, em extratos com água, etanol, metanol, acetona e outros (Tabela 1).

O extrato aquoso do polissacarídeo da semente de *P. campechiana* apresentou capacidade antioxidante nos ensaios de DPPH (IC_{50} 1,48 µg mL^{-1}) e ABTS (3,14 µg mL^{-1}) (MA; BRIONES; CHAVEZ, 2020). Os extratos etanólicos, hidroetanólicos, aquosos e metanólicos da polpa e casca de *P. campechiana* apresentaram compostos fenólicos, flavonoides, vitaminas A e C e propriedades antioxidantes nos ensaios de DPPH e ABTS (ASEERVATHAM et al., 2019; NUR et al., 2022).

Um estudo avaliou o fruto inteiro da espécie *P. lucuma* antes e após o estágio de maturação utilizando diferentes métodos de extração. Verificou-se a presença de compostos fenólicos, carotenoides, flavonoides e capacidade antioxidante (ABTS) (AGUILAR-GALVEZ et al., 2021). Ensaios de DPPH, ABTS, FRAP, compostos fenólicos e flavonoides foram feitos no extrato metanólico das sementes (GUERRERO-CASTILLO et al., 2019). Também foram feitos estudos com casca e polpa utilizando métodos de extração metanólica e *n*-BuOH, com análises para determinação de fenóis totais, DPPH e ABTS (MASULLO et al., 2021) .

Tabela 1. Teores de compostos fenólicos, carotenoides, vitaminas e propriedades antioxidantes dos frutos de *Pouteria* spp.

Espécie	Amostra	Extração	Ensaios	Referências
P. campechiana	Polissacarídeo da semente	Água	DPPH: IC_{50} 1,48 µg/mL; ABTS: IC_{50} 3,14 µg/mL	(MA et al., 2020)
P. ramiflora	Polpa	Água	PBD: 116,35 g/Ml	(CIBIN et al., 2021)
P. campechiana	Polpa Casca	Etanol	TPC: 205 (GAE)/100g TPC: 190 (GAE)/100g	(NUR et al., 2022)
P. campechiana	Polpa Casca	Água	TPC: 94 (GAE)/100g TPC: 141,33 (GAE)/100g	(NUR et al., 2022)
P. campechiana	Polpa Casca	Etanol	TFC: 930,33 (QE)/100g TFC: 480,33 (QE)/100g	(NUR et al., 2022)
P. campechiana	Polpa Casca	Água	TFC: 708,33 (QE)/100g TFC: 256,34 (QE)/100g	(NUR et al., 2022)
P. obovate	Polpa	Metanol	TFC: 51,1 GAE/1000 g	(DINI, 2011)
P. obovata	Polpa	Metanol	TFC: 153,2 CE/100 g	(DINI, 2011)
P. campechiana	Casca	Metanol	DPPH: IC_{50} 41,1 (µg/mL) ABTS: IC_{50} 1 (µg/mL) TPC: 39,45 (mg GAE/g DW) TFC: 12,56 (mg QE/g DW)	(ASEERVATHAM et al., 2019)
P. campechiana	Polpa Casca	Hidroetanólico	Vitamina A: 51,15 (mg/100g) Vitamina A: 44,29 (mg/100g)	(NUR et al., 2022)
P. campechiana	Polpa Casca	Hidroetanólico	Vitamina C:105.82 (mg/100g) Vitamina C: 106,42 (mg/100g)	(NUR et al., 2022)
P. lucuma	Semente	Metanol	DPPH: IC_{50} 58,14 (µg/mL) ABTS: IC_{50} 66,97 (µg/mL) FRAP: 272,50 (µmol Trolox/g) TPC: 52,82 µmol GAE/g TPC: 5,99 µmol Q/g	(GUERRERO-CASTILLO et al., 2019)

P. glomerata	Polpa	Metanol	Vitamina C: 223,16 (mg/100g)	(SANTO et al., 2020)
P. glomerata	Polpa	Acetona: Água Etanol: Água Água	DPPH: 6,416 (mmol TE/100g) 30,707 (mmol TE/100g) 40,707 (mmol TE/100g)	(SANTO et al., 2020)
P. ramiflora	Polpa	Metanol Água Acetona	TPC: 34,2 (GAE)/g Vitamina C: 3,5 (mg/100g) TTC: 0,43 (mg/100g)	(BORGES et al., 2022)
P. lucuma	Fruto maduro Fruto verde	Acetona: hexano	TCC: 0,15 mg β-caroteno E/g extrato aquoso TCC: 0,08 mg β-carotenoE/g extrato aquoso	(AGUILAR-GALVEZ et al., 2021)
P. lucuma	Fruto maduro Fruto verde	Acetona	TPC: 69,3 (mg GAE/g extrato aquoso) TPC: 83,3 (mg GAE/g extrato aquoso)	(AGUILAR-GALVEZ et al., 2021)
P. lucuma	Fruto maduro Fruto verde	Acetona: água. Ácido acético	TFC: 1,04 (mg CAT/g DW) TFC: 1,41 (mg CAT/g extrato aquoso)	(AGUILAR-GALVEZ et al., 2021)
P. lucuma	Fruto maduro Fruto verde	Hexano: diclorometano	ABTS: 992,7 (µmol TE/g extrato aquoso) ABTS: 1245,4 (µmol TE/g extrato aquoso)	(AGUILAR-GALVEZ et al., 2021)
P. sapota	Polpa	Água	DPPH: 37,32 (%) ABTS: 49,98 (%) TPC: 80,13 (mg GAE/100g) TFC: 26,25 (mg CAT/100g)	(UUH; GONZÁLEZ; SEGURA, 2021)
P. lucuma	Casca	Metanol	TPC: 560,69 (GAE) mg/g extrato seco	(MASULLO et al., 2021)

			DPPH: 52,71 IC_{50} (µg/mL) ABTS: 3,67 mM trolox (mg/mL)	
P. lucuma	Polpa	*n* –BuOH	TPC: 93,53 (GAE) mg/g extrato seco	(MASULLO et al., 2021)
			DPPH: 150,00 IC_{50} (µg/mL) ABTS: 2,24 mM trolox mg/mL	
P. elegans	Polpa	Metanol	Vitamina A: 6,51 (µg/100g) Vitamina C: 143,07 (µg/100g) Vitamina E: 021 (µg/100g)	(AGUIAR et al., 2019)
P. macrophylla	Polpa	Aquoso	$TOSC_{50}$ peroxila: 560 (mg/L) $TOSC_{50}$ peroxila nitro: 830 (mg/L) DPPH EC_{50}: 300 (g/g) TPC: 867 (GAE/100g)	(SILVA et al., 2012)

GAE: mg de equivalente de ácido gálico (GAE)/100g. PBD: Fosfomolibdênio (inibição da formação do complexo de fosfomolibdênio). QE: mg de equivalente de quercetina/100g; mg de equivalente β-caroteno/g extrato aquoso. CAT: mg equivalente de catequina por 100g. TPC: Conteúdo fenólico total. TFC: Conteúdo total de flavonóides. TCC: Conteúdo total de carotenóides. TTC: Conteúdo total de tocoferol. TOSC: A capacidade total de eliminação de oxirradicais.

O extrato aquoso da polpa de *P. ramiflora* foi avaliado quanto ao método de inibição da formação do complexo fosfomolibdênio (PBD) e apresentou 116,35 g/mL (CIBIN et al., 2021). *P. glomerata* foi submetida ao método de extração acetona: água (1:1), etanol: água (7:3) e água para o ensaio DPPH, apresentou valores: (6,416 mmol TE/100g), (30,707 mmol TE/100g) e (40,707 mmol TE/100g), respectivamente, também foram encontrados 223,16 mg/100g para vitamina C (SANTO et al., 2020).

O extrato aquoso da fruta de *P. sapota* apresentou atividade nos ensaios DPPH (37,32%) e ABTS (49,98%), além de flavonoides totais (80,13 mg EAG/100g) e fenólicos totais (26,25 mg CAT/100g) (UUH; GONZÁLEZ; SEGURA, 2021). *P. elegans* apresentou as vitaminas A (6,51 µg/100g), C (143,07 µg/100g) e E (0,21 µg/100g) (AGUIAR et al., 2019).

3.2.4. Compostos voláteis em frutos de Pouteria spp.

Os compostos voláteis são responsáveis por características como sabor e aroma dos alimentos. Na Tabela 2 são apresentados os principais compostos encontrados nas espécies *P. lacuna, P. sapota, P. elegans* e *P. caimito.*

AGUIAR et al., (2019) utilizaram a técnica de Microextração em fase sólida-headspace (HS-SPME) para extração de compostos voláteis da polpa de frutos de *P. elegans.* Os compostos identificados por CG-EM foram 26 (88,46%), sendo a substância majoritária, o pireno (21,77%) seguido por formiato de isopentenila (9,79%), limoneno (6,57%) e undecano (5,72%).

Da mesma forma, Aguilar-Galvez et al. (2021) utilizou HS-SPME para obtenção do óleo essencial de frutos de *P. lacuna* em diferentes estágios de maturação. Os compostos identificados por CG-EM foram 16, nos frutos maduros e verdes, sendo os majoritários e responsáveis pelo aroma do fruto: (*Z*)-3-hexenal, (*E*)-2-hexenal, (*Z*)-β-ocimeno e 3-metil ácido butanóico. Os ácidos acético, butanóico, 3-metil butanóico e hexanóico foram responsáveis pelo aspecto de rancidez decorrente de manejo da fruta após a colheita.

Polpa em diferentes estágios de maturação de *P. lacuna* foi adicionada separadamente a sulfato de sódio e adicionada em coluna de vidro com diclorometano para eluir compostos voláteis, seguida da técnica de SAFE (*Solvent-Assisted Flavour Extraction*) para obtenção de extrato para análise e identificação de seus compostos voláteis. Os componentes voláteis foram identificados por CG-EM (INGA et al., 2019). A abordagem também revelou a presença de 16 compostos, sendo 2,3-butadionediona, o majoritário.

Em outro estudo, utilizando a HS-SPME com identificação de compostos voláteis por CG-EM em polpa de *P. caimito*, revelou a presença de 55 compostos voláteis (FARIA et al., 2021).

Abdullah et al. (2021) identificou 50 compostos utilizando CG-EM, em frutos maduros de *P. caimito*, sendo letano, o majoritário. Na polpa do fruto em estágio de maturação, o composto majoritário foi β-metil silosídeo. Na casca do abiu maduro foram detectados 42 compostos voláteis, sendo 5-hidroxi metil furfural e *trans*-geranilgeraniol, como majoritários.

Os compostos 5-hidróxi metil furfural e *trans*-geranilgeraniol são utilizados em medicamentos para tratamento de câncer. De acordo com Renjith Alex et al. (2018), β-metil silosídeo apresenta atividades antioxidante e antimicrobiana. Segundo Al-Marzoqi, Hadi e Hameed (2016), 5-hidroxi metil furfural apresenta ação antianemia, antioxidante, antiproliferativo e anticancerígeno.

Tabela 2. Compostos voláteis identificados em frutos de *Pouteria* spp.

Compostos	**Parte do fruto**	***P. lacuna*** *(1,2)*	***P. sapota*** *(3,4)*	***P. elegans*** *(5)*	***P. caimito*** *(6,7)*
α-Cedreno	Polpa, semente		X		
α-Curcumeno	Polpa, semente				X
α-Pireno	Polpa, semente		X	X	
β-Bisaboleno	Polpa, casca				X
β-Cadineno	Polpa, semente		X		

β-Citroneleno	Polpa			X	
β –Gurjuneno	Polpa			X	
β-Ionona	Polpa, semente		X		
β-Sesquifelandreno	Polpa, casca				X
δ-3-careno	Polpa			X	
δ-cadineno	Polpa, semente		X		
δ-octalactona	Polpa	X			
γ-Terpineol	Polpa, casca				X
Ácido acético	Polpa	X			
Azuleno	Polpa, semente		X		
Benzaldeído	Polpa, semente		X		
Benzofenona	Polpa, semente		X		
Butan-2,3-diol	Polpa, casca				X
Ácido butanoico	Polpa	X			
Cadaleno	Polpa, semente		X		
Cedrol	Polpa, semente		X		
Decanal	Polpa, casca				X
Diidroactinidiolide	Polpa, semente		X		
Dodecanal	Polpa, casca				X
Dodecano	Polpa, casca				X
Dodeca-1-ol	Polpa, casca				X
Acetato de etila	Polpa			X	
Dodecanoato de etila	Polpa, casca				X
(*E*)-oct-2-enoato de etila	Polpa, casca				X
hexadecanoato de etila	Polpa, casca				X
palmitato de etila	Polpa, semente		X		
tetradecanoato de etila	Polpa, casca				X
3-hidróxi-butanoato de etila	Polpa	X			
(2*E*,4*Z*)-deca-2,4-dienoato de etila	Polpa, casca				X

(*E*)-*β*-Ocimeno	Polpa, casca				X
(*E*)-Geraniol	Polpa, casca				X
(*E*)-hex-2-enal	Polpa, casca	X			X
(*E*)-óxido de linalol	Polpa, casca				X
Funebreno	Polpa			X	
Heptadecano	Polpa, casca				X
Hexanal	Polpa, casca			X	X
Hexadecano	Polpa, casca				X
Ácido hexanóico	Polpa, casca	X			X
Hexanol	Polpa, casca				X
Iso-mentol	Polpa			X	
Isopentenila Butanoato	Polpa			X	
formiato de isopentila	Polpa			X	
palmitato de isopropila	Polpa, semente		X		
Limoneno	Polpa, casca			X	X
Linalol	Polpa, casca			X	X
Metional	Polpa	X			
(*E*)-octadec-9-enoato de metila	Polpa, casca				X
(*E*)-3-fenilprop-2-enoato de metila	Polpa, casca				X
hexadecanoato de metila	Polpa, casca				X
2-hidróxibenzoato de metila	Polpa, casca				X
isomiristato de metila	Polpa, semente		X		
miristato de metila	Polpa, semente		X		
oleato de metila	Polpa, semente		X		
palmitato de metila	Polpa, semente		X		
Naftaleno	Polpa, semente		X		
n-Decano	Polpa			X	
n-Dodecano	Polpa			X	
n-Octano	Polpa, casca				X
Nonanal	Polpa, casca				X
Nopinona	Polpa			X	
n-Undecano	Polpa			X	

3-etil-2,7-dimetil-octano	Polpa			X	
Octadecano	Polpa, casca				X
Octan-1-ol	Polpa, casca				X
Pentadecano	Polpa, casca				X
Pentanal	Polpa			X	
Fenilmetanol	Polpa, casca				X
p-vinilguaiacol	Polpa, casca				X
Sulcatol	Polpa, casca				X
Terpinen-4-ol	Polpa, casca				X
Tetradecanal	Polpa, casca				X
Tetradecano	Polpa, casca				X
Tetraidro–lavandulol	Polpa			X	
Thujopseno	Polpa, semente		X		
Tridecano	Polpa, casca				X
(Z)-Geraniol	Polpa, casca				X
acetato de (Z)-hexadec-11-enila	Polpa, casca				X
(Z)-3-Hexenal	Polpa	X			
(Z)-Hex-3-en-1-ol	Polpa, casca				X
(Z)-*β*-Ocimeno	Polpa, casca	X			X
2-acetoxi-3-butanona	Polpa	X			
2-Careno	Polpa, casca				X
2-feniletanol	Polpa, casca				X
2-Metilbutanal	Polpa			X	
2-Metilbutan-1-ol	Polpa, casca				X
acetato de 2-metilbutila	Polpa, casca				X
Ácido 2-metil-propanóico	Polpa	X			
2-Pentilfurano	Polpa, casca				X
2-fenilacetaldeído	Polpa, casca				X
2,3–Butanediona	Polpa	X			
2,4-Dimetil-3-pentanol	Polpa			X	
2,5-Dimetildecano	Polpa			X	
3-Metilbutan-1-ol	Polpa, casca				X
Acetato de 3-Metilbutila	Polpa, casca				X
(3*E*)-ácido hexenóico	Polpa	X			
Ácido 3-metilbutanóico	Polpa	X			

3,4–Hexanediona	Polpa			X	
4-hidróxi-4-metil-2-pentanona	Polpa	X			
Ácido 4-metil-2-oxo-pentanóico	Polpa	X			
4-terpineol	Polpa, semente		X		
5-dimetildecano	Polpa			X	
(5*E*)-6,10-dimetilundeca-5,9-dien-2-ona	Polpa, casca				X
6-metil-5-hepten-2-ona	Polpa, casca				X

[1,2](AGUILAR-GALVEZ et al., 2021; INGA et al., 2019); [3,4](RODRÍGUEZ et al., 2018; TACIAS-PASCACIO et al., 2021); [5](AGUIAR et al., 2019); [6,7](ABDULLAH et al., 2021; FARIA et al., 2021).

Rodríguez et al. (2018), fez a comparação entre revestimentos de fibra SPME e otimização de temperatura e tempo de HS-SPME de *P. sapota*. A aplicação do método otimizado permitiu a identificação de 21 compostos voláteis, incluindo terpenoides, ésteres, hidrocarbonetos aromáticos, aldeídos, álcoois e cetonas. Os principais compostos encontrados foram cedrol, azuleno, β-ionona, naftaleno, α-pineno e benzaldeído. Além disso, 17 desses compostos voláteis foram identificados pela primeira vez nessa fruta.

Em um trabalho recente, Tacias-Pascacio et al. (2021), fez o uso de duas técnicas para extração de ácidos graxos em frutos de *P. sapota.* As técnicas empregadas foram extração por solvente – SE (hexano) e extração enzimática aquosa – AEE, ambas com uso de CG-EM para identificação. Os resultados obtidos revelaram a presença de sete ácidos graxos, sendo o ácido oleico, o qual foi atribuído nos diferentes métodos, 49,6 e 50,5%, respectivamente. O segundo composto mais abundante foi o ácido esteárico, apresentando 27,8 e 28,1%, respectivamente. O estudo mostrou que os métodos utilizados não apresentaram diferenças significativas quanto à extração, mas AEE apresentou melhor rendimento e estabilidade oxidava.

Che, Abdul e Abdul (2018) utilizou a técnica de detecção de ésteres metílicos (FAME) em polpa de *P. campechiana* e verificou a presença de 17 ácidos graxos

esterificados. Apresentaram maior percentual: ácido palmítico (C16:0), ácido oleico (C18:1), ácido mirístico (C14:0) e ácido linoleico (C18:3), respectivamente.

Apesar de pertencer ao mesmo gênero, as espécies de *Pouteria* spp. apresentam uma vasta variedade quanto a seus componentes voláteis.

3.2.5. Compostos fenólicos e carotenoides

Várias técnicas têm sido utilizadas para analisar a fração não volátil de espécies de *Pouteria* spp. Relatos na literatura atribuídos às principais classes de polifenóis são apresentados na Tabela 3. As principais classes encontradas foram ácidos fenólicos, flavonoides, polifenol glicosilado, totalizando 35 compostos diferentes.

Tabela 3. Compostos fenólicos identificados nos extratos hidrometanólicos, metanólicos, n-butanólico e acetônico de partes de frutos de *Pouteria* spp.

Número	Compostos	Parte do fruto (Referência)
1	Catecol	Polpa (PALMA-OROZCO et al., 2011)
2	Pirogalol	Polpa e semente (GUERRERO-CASTILLO et al., 2019; PALMA-OROZCO et al., 2011)
3	4-metilcatecol	Polpa (PALMA-OROZCO et al., 2011)
4	Ácido *p*-hidroxibenzóico	Polpa (YAHIA; GUTIÉRREZ-OROZCO; ARVIZU-DE LEON, 2011)
5	Ácido gálico	Polpa, pele e semente (CAN-CAUICH et al., 2017; CIBIN et al., 2021; DINI, 2011; FUENTEALBA et al., 2016; NUR et al., 2022; SILVA et al., 2012; TORRES-RODRÍGUEZ et al., 2011)
6	Ácido cafeico	Polpa (MALTA et al., 2013)
7	Ácido sinápico	Pele (CAN-CAUICH et al., 2017)
8	Ácido ferúlico	Pele (CAN-CAUICH et al., 2017)
9	Galoil glicose	Polpa (SILVA et al., 2012)
10	Ácido clorogênico	Pele (CAN-CAUICH et al., 2017)
11	Ácido 3-cafeoilquínico	Polpa (MEINHART et al., 2019)
12	Ácido 4-cafeoilquínico	Polpa (MEINHART et al., 2019)
13	Ácido 5-cafeoilquínico	Polpa (MEINHART et al., 2019)
14	Digaloil glicose	Polpa, pele e semente (SILVA et al., 2012)
15	Floretina hexosídeo	Semente (GUERRERO-CASTILLO et al., 2019)

16	Catequina	Polpa, pele e Semente (CAN-CAUICH et al., 2017; DE SALES et al., 2017; GUERRERO-CASTILLO et al., 2019; MALTA et al., 2013; MASULLO et al., 2021; TORRES-RODRÍGUEZ et al., 2011)
17	Epicatequina	Polpa, pele e semente (CAN-CAUICH et al., 2017; DE SALES et al., 2017; GUERRERO-CASTILLO et al., 2019; MALTA et al., 2013; MASULLO et al., 2021; TORRES-RODRÍGUEZ et al., 2011)
18	Galocatequina	Semente (GUERRERO-CASTILLO et al., 2019)
19	Galocatequinahexose	Semente (GUERRERO-CASTILLO et al., 2019)
20	Galocatequina-3-galoil	Polpa (TORRES-RODRÍGUEZ et al., 2011)
21	Galato de galocatequina	Polpa e pele (MALTA et al., 2013; MASULLO et al., 2021)
22	Galato de Epigalocatequina	Semente (GUERRERO-CASTILLO et al., 2019)
23	Vitexina	Semente (GUERRERO-CASTILLO et al., 2019)
24	Miricitrina	Semente (GUERRERO-CASTILLO et al., 2019)
25	Quercetina	Polpa e semente (GUERRERO-CASTILLO et al., 2019; PALMA-OROZCO et al., 2011)
26	Taxifolina	Polpa, pele e semente (GUERRERO-CASTILLO et al., 2019; MASULLO et al., 2021)
27	Miricetina	Pele, semente (CAN-CAUICH et al., 2017; GUERRERO-CASTILLO et al., 2019)
28	Eridictiol	Semente (GUERRERO-CASTILLO et al., 2019)
29	Apigenina	Semente (GUERRERO-CASTILLO et al., 2019)
30	Naringenina	Semente (GUERRERO-CASTILLO et al., 2019)
31	Miricetina-*O*-deoxiglicosídeo	Polpa e pele (MASULLO et al., 2021)
32	Quercetina-*O*-deoxiglicosídeo	Polpa e pele (MASULLO et al., 2021)
33	2*R*,3*R*-4'-*O*-metil dihidrocaempferol 7-*O*-[3''-O-acetil]-*β*-D-glucopiranosídeo	Polpa (DINI, 2011)
34	2*R*,3*R*-4'-*O*-metil dihidrocaempferol 7-*O*-*β*-D- *β*-	Polpa (DINI, 2011)

	L-xilopiranosil-(1'''→6'')-[3''-*O*-acetil]-*β*-D-glucopiranosídeo	
35	2*R*,3*R*-4'-*O*-metil 2*R*,3*R*-4'-*O*-metil dihidrocaempferol 3-*O*-*β*-D-*β*-L-xilopiranosil-(1'''→6'')-[3''-*O*-acetil]-*β*-D-glucopiranosídeo	Polpa (DINI, 2011)
36	ácido elágico	Pele (CAN-CAUICH et al., 2017)

Cacciola et al. (2016) utilizou cromatografia líquida bidimensional abrangente acoplada à detecção de matriz de fotodiodos e espectrometria de massa por ionização química à pressão atmosférica - LC×UHPLC-PDA-APCI/MS para separação e identificação de carotenoides em frutos de *P. sapota*. O resultado mostrou a presença de 23 carotenoides pertencentes a 17 classes.

A análise detalhada dos carotenoides em *P. sapota* revelou 34 componentes diferentes, detectados e identificados a partir de HPLC-DAD-MS e RMN ^{1}H, testes químicos e cromatografia em coluna. Os principais carotenoides identificados foram a criptocapsina, a sapotexantina e a capsantina 5,6-epóxido. Alguns outros compostos contendo o grupo κ-*end* com ou sem um grupo hidróxi e seus precursores 5,6-epóxi também foram identificados (MASULLO et al., 2021).

Usando HPLC-DAD-ESI-MS^{n} e HPLC-DAD foram identificados ácido gálico (4,72 mg/g) e digaloil glicosídeo como compostos fenólicos principais presentes em polpa fresca de *P. macrophylla*. Ainda, utilizando de TOSC (Teste de Oxidação por Substâncias Reativas) com frações de HPLC de extratos aquosos observou-se que os compostos presentes nos extratos aquosos são predominantemente responsáveis pela capacidade antioxidante (SILVA et al., 2012).

Um estudo feito com a utilização de técnicas de UHPLC-ESI-MS-MS em extratos hidrofílicos de metanol no intuito de verificar a presença de metabólitos secundários em sementes de *P. lacuna,* foram identificados 56 compostos, incluindo dezenove flavonoides; oito aminoácidos; seis lipídios; cinco ácidos orgânicos; cinco ácidos fenólicos; cinco álcoois fenólicos; um nucleotídeo e ainda, sete compostos não identificados (GUERRERO-CASTILLO et al., 2019).

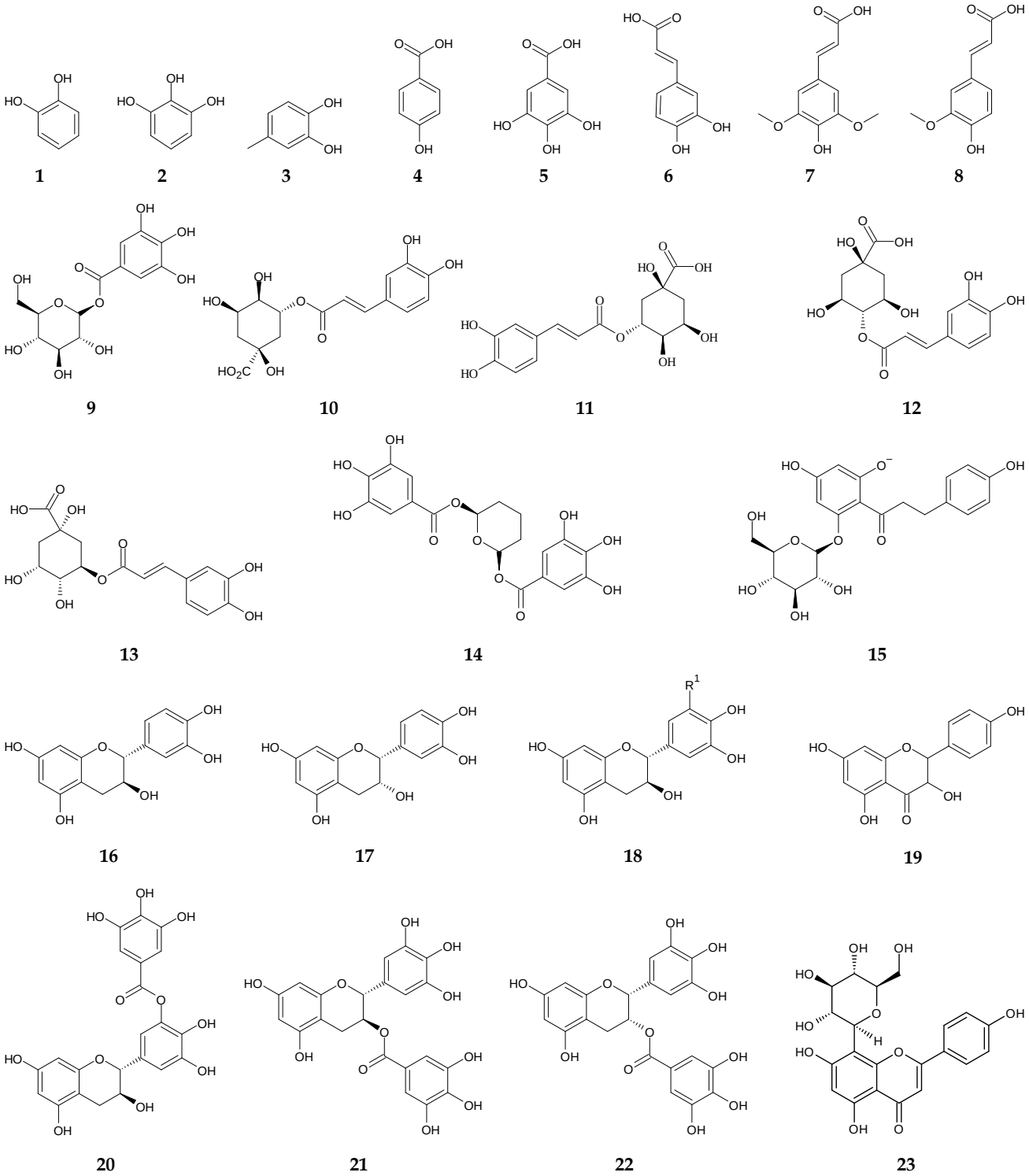


Figura 4. Compostos fenólicos identificados em frutos de *Pouteria* spp.

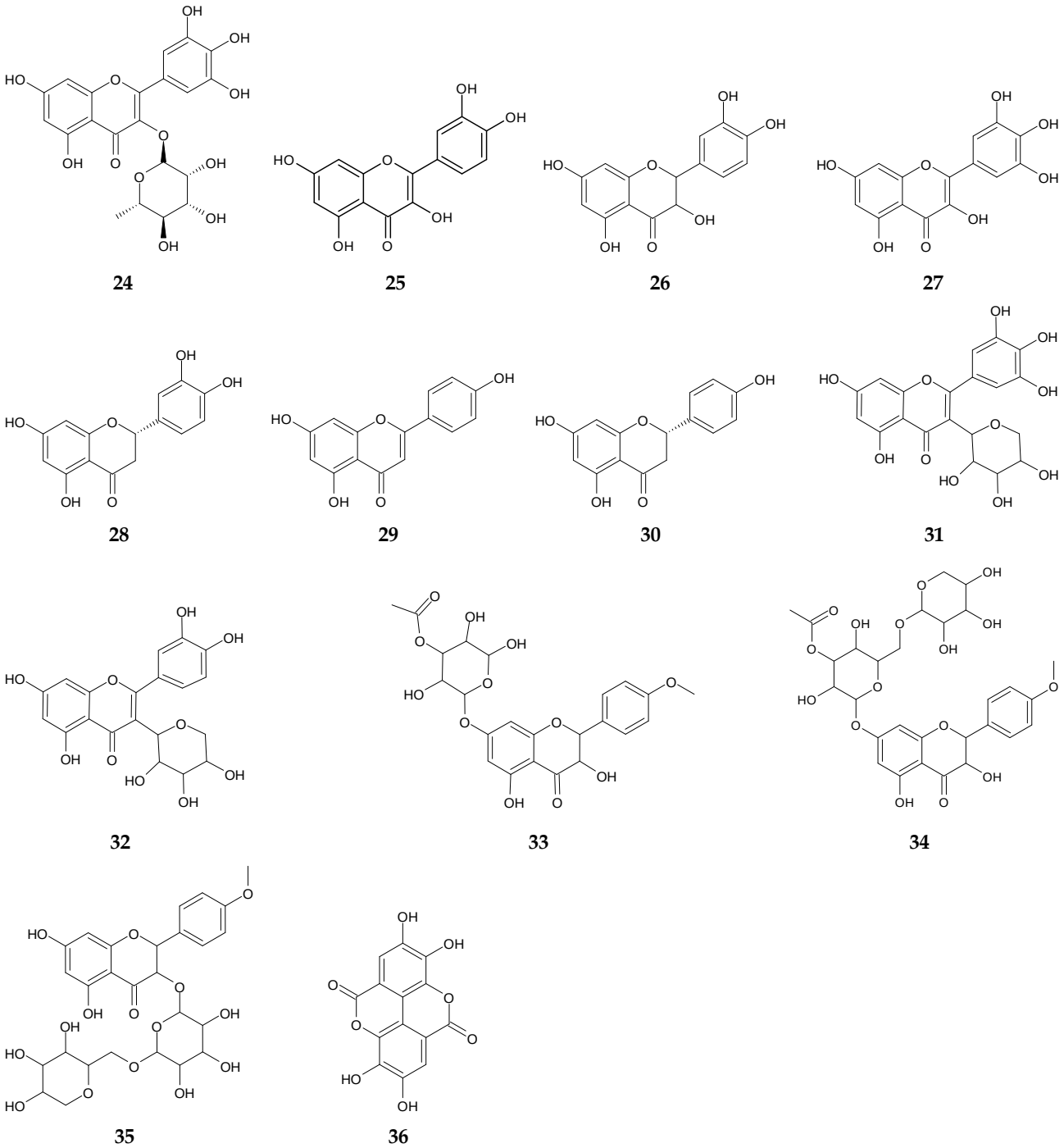


Figura 5. (Continuação Fig.4). Compostos fenólicos identificados em frutos de *Pouteria* spp.

Fuentealba et al. (2016) identificaram ácido gálico e quínico em três biotipos de *P. lacuna* e em diferentes estágios de maturação. Além disto, verificou-se a presença de antocianinas, estas, podendo ser indicativo de existência de taninos

condensados ou proantocianidinas, que são oligômeros ou polímeros de flavonoides.

Três dihidroflavanol glicosilados inéditos foram identificados na farinha da polpa de *P. obovata* usando técnicas de HPLC com detector de fotodiodo UV; CG-MS, RMN unidimencional (^{1}H e ^{13}C) e bidimensional (COSY, HSQC e HMBC) em frações n-butanólicas. Foram identificados os compostos: 2*R*,3*R*-4'-*O*-metil dihidrocaempferol 7-*O*-[3''-*O*-acetil]-*β*-D-glucopiranosídeo; 2*R*,3*R*-4'-*O*-metil dihidrocaempferol 7-*O*-*β*-D- *β*-L-xilopiranosil-(1'''→6'')-[3''-*O*-acetil]-*β*-D-glucopiranosídeo; 2*R*,3*R*-4'-*O*-metil dihidrocaempferol 3-*O*-*β*-D-*β*-L-xilopiranosil-(1'''→6'')-[3''-*O*-acetil]-*β*-D-glucopiranosídeo (Tabela 3) (DINI, 2011).

Torres-Rodríguez et al. (2011) fez o uso de métodos de extração por banho ultrassônico com metanol:ácido acético (85:15 v/v), seguido de centrifugação, para quantificação de compostos fenólicos utilizando HPLC-PDA em frutos de *P. sapota* em diferentes estágios de maturação. Como resultados foram identificados ácido gálico, galocatequina-3-galato, epicatequina e catequina, sendo o último majoritário. Catequina apresentou uma diferença significativa de 9,9 para 113,1 µg/g conforme aumento do estágio de maturação, enquanto ácido gálico, galocatequina-3-galato, epicatequina permaneceram sem alterações significativas, com teores médios entre 4,7, 11,9 e 5,8 µg/g, respectivamente.

Utilizando a mesma espécie Palma-Orozco et al. (2011) avaliou polifenol oxidase, principal enzima responsável pelo escurecimento de *P. sapota*. A enzima foi isolada e caracterizada bioquimicamente. Apresentou maior oxidação quando catecol e pirogalol foram utilizados como substrato, enquanto ácido ascórbico e metabissulfito de sódio foram os inibidores mais eficazes.

3.3. Aplicações e benefícios à saúde

Análises nutricionais e biológicas revelaram que tanto a casca quanto a polpa de *P. campechiana* possuem compostos bioativos, propriedades antioxidante, antiflamatória e citotóxica, além de quantidades significativas de proteínas, fibras, minerais essenciais como: Ca, Fe, Mg, K e Na e vitaminas C e A caracterizando-a

como uma super fruta, boa fonte de aditivo alimentar e insumos farmacêuticos (NUR et al., 2022).

A identificação de três derivados do dihidrocaempferol, acido gálico, altos teores de fenóis e flavonoides mostraram que *P. obovata* pode fornecer uma excelente fonte de nutracêuticos para preparações de alimentos (DINI, 2011). As sementes de *P. sapota* apresentaram altos teores de ácido oleico (50% dos ácidos graxos totais), podendo ser comparável aos óleos vegetais já produzidos para consumo humano, tornando-o uma potencial fonte de óleo vegetal comestível (TACIAS-PASCACIO et al., 2021).

P. elegans mostrou-se fonte de vitaminas com funções bioativas e minerais como potássio. Apresenta potencial regulador de distúrbios metabólicos. Seu perfil volátil compreende principalmente monoterpenos como α-pireno que possui propriedades antimicrobiana e antioxidante (AGUIAR et al., 2019).

Aguilar-Galvez et al. (2021) realizou testes *in vitro* de metabólitos secundários em frutos de *P. lacuna* em diferentes estágios de maturação e verificou a presença de α-tocoferol, propriedades hipoglicemiantes inibitórias de α-amilase e α-glucosidase atribuídas à α-amirina e aos compostos fenólicos. Além disso, atribuiu-se propriedades antioxidante, hipolipidêmica, anticarcinogênica e antidiabetica, possivelmente impostos à presença de mio-inositol e α-amirina.

Os 36 compostos identificados em extratos da polpa e pele de *P. lacuna.* Os resultados mostraram que a fruta pode ser considerada uma importante fonte de compostos bioativos com propriedades antioxidantes. Foram relatadas quantidades significativas de diferentes classes de lipídeos bioativos. O estudo mostrou que o resíduo/pele de *P. lacuna* pode ser útil para preparação de suplementos alimentares (MASULLO et al., 2021).

Fuentealba et al. (2016) também utilizou *P. lacuna* em seu estudo, a partir de ensaios *in vitro* atribuiu importantes propriedades antioxidantes e anti-glicêmicas, fornecendo assim uma base para a padronização do processo de colheita, pós-colheita com foco no aprimoramento sensorial e propriedades funcionais.

Estudo *in vitro* com os extratos das folhas de *P. campechiana* empregados em nanopartículas de hematitas controlada por tamanho via Síntese de Combustão de Solução (NPs IPC) apresentaram atividade citotóxica contra células de câncer de pulmão A549 (células epiteliais basais alveolares humanas adenocarcinômicas), a viabilidade celular foi de 33,39% na concentração NPs a 500 µg/mL. Os resultados mostraram sua importância em aplicações biomédias e na detecção de Paracetamol (MEGHANA et al., 2022).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Preparo de amostras e obtenção dos extratos

A espécie utilizada neste estudo foi obtida por meio de autorização de coleta do Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado - SisGen de número A0B6BFD, conforme atendimento previsto na Lei n° 13.123/2015 e seus regimentos. Os frutos de abiu-do-mato foram coletados em Presidente Figueiredo e levados ao laboratório da Central Analítica e inicialmente sanitizados utilizando solução de hipoclorito a 1%, separados em polpas, sementes e cascas, congelados e posteriormente liofilizados (Solab, SL-404).

Após esse processo, as amostras liofilizadas foram maceradas para obtenção dos pós que foram armazenadas ao abrigo de luz em freezers até as análises. O preparo de amostras, ensaios antioxidantes, perfil de ácidos graxos e demais compostos voláteis foram realizados na Central Analítica do IFAM-CMC, o perfil químico obtido por ressonância magnética nuclear na Central Analítica da UFAM, espectrometria de massas de alta resolução no laboratório de CALTQPN do INPA, citotoxidade em parceria com a Universidade Federal de Viçosa – MG, composição centesimal e minerais em parceria com o laboratório de Físico-química de Alimentos do INPA.

4.1.1. Extração de lipídeos

O processo de extração de lipídeos foi realizado para obtenção da primeira fração (lipídica) a partir do processo de desengraxe das amostras para a obtenção

da segunda fração (metanólica). A fração lipídica foi utilizada para análise de perfil de ácidos graxos e a metanólica para as demais técnicas. Os extratos foram obtidos por meio de extração direta em aparelho Soxhlet utilizando hexano. Uma alíquota (2 g) das partes (polpa, semente e casca) de cada espécie dos frutos liofilizados foram adicionadas a cartuchos de papel de filtro e inseridos em vidraria adequada do extrator tipo Soxhlet acoplado em um balão de fundo chato. A extração seguiu por 8 horas (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). O solvente foi evaporado e a fação lipídica utilizada para posterior esterificação e análise em CG-EM para identificação dos ácidos graxos.

4.1.2. Extrato metanólico

Os extratos foram preparados com 15 mL de metanol adicionados a 2 g de cada amostra desengordurada e submetidos a banho ultrassônico por 30 minutos (3 extrações sucessivas), seguido de filtração e evaporação do solvente para obtenção dos extratos metanólicos. Os extratos foram submetidos ao sistema de extração em fase sólida (SPE, C18) para concentração dos compostos de interesse. Os cartuchos C18 foram inicialmente acoplados a cuba de extração a vácuo, em seguida, adicionou-se 2mL de metanol grau HPLC para abertura da coluna. Após essa etapa, 200mg de cada extrato foram solubilizados em 1mL de água ultra pura e adicionados aos cartuchos, os compostos de interesse ficaram retidos na coluna e a água juntos aos açucares e interferentes foram coletados. A fração enriquecida foi extraída do cartucho C18 com 100% metanol (HPLC). Essa fração foi utilizada para as análises em RMN e HRMS.

4.2. *Ressonância Magnética Nuclear - NMR 1D e 2D*

O perfil químico dos extratos metanólicos dos frutos foram obtidos em Espectrômetro de Ressonância Magnética Nuclear (NMR) Bruker® Avance IIIHD (11,74 T, BBFO Plus SmartProbe™), no laboratório NMRLab, da Central Analítica da UFAM. Os extratos foram solubilizados em 500 µL de metanol deuterado, adicionados ao tubo de 5 mm (mais 50 µL TMSP-d4 a 0,6 mM). As amostras foram

conduzidas a experimentos unidimensional (^{1}H e ^{13}C) e bidimensional (HMBC, HSQC). Os dados foram tratadosbidimensiona utilizando o software TopSpin 4.0.8.

4.3. HPLC acoplado a Espectrometria de Massas de Alta Resolução – HRMS

Os extratos metanólicos submetidos a limpeza de açúcares e interferentes por extração em fase sólida (SPE) foram analisados em Cromatografo Líquido de Alta Eficiência Acoplado ao Espectrômetro de Massas de Alta Resolução – HRMS ESI-MicroTOF-Q II (Bruker Daltonics®, Fremont, CA, USA), com parâmetros: tensão capilar de 3,5 kV e 4,5 kV para íons nos modos negativo e positivo. Foi utilizada uma coluna ZORBAX Eclipse plus C18 (4,6 x 250 mm, 5 µm), com os solventes A (H_2O + 0,1% HCOOH) e B (ACN). 10 µL da amostra foram injetadas utilizando o seguinte método: 0-5min (10% A), 5 – 15min (10 – 30% A), 15 – 25 nim (30 – 100% A). Os dados foram adquiridos e processados utilizando o software Bruker® Compass Data Analysis 4.1.

4.4. Ensaios de capacidade antioxidante e compostos fenólicos totais

4.4.1. Capacidade de sequestro do radical DPPH$^{\cdot}$ (2,2-difenil-1-picril-hidrazila)

Para os ensaios da capacidade antioxidante, 10 µL de cada amostra foram adicionados a 190 µL da solução de DPPH$^{\cdot}$ (2,2-difenil-1-picril-hidrazila) e incubadas em ambiente escuro a 25 °C na ausência de luz por 30 minutos, em seguida, a leitura da absorbância foi conduzida em leitora de microplaca (Epoch 2, Biotek) a 515 nm. A curva padrão de Trolox foi construída em diferentes concentrações (100, 500, 1000, 1500, 2000 µM) e os resultados expressos em micromolar de equivalentes de Trolox (µM ET) (MOLYNEUX, 2004).

4.4.2. Capacidade de sequestro do radical ABTS$^{\cdot}$+ [2,2'-azinobis-(ácido 3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico)]

Para os ensaios de ABTS$^{\cdot+}$, 2 µL de cada amostra foram adicionados a 200 µL da solução de ABTS (ABS 0,70) e incubados em ambiente escuro a 25 °C na ausência

de luz por 6 minutos, após esse processo, absorbâncias foram medidas a 750 nm em Leitora de Microplaca (Epoch 2, Biotek). Os resultados foram expressos em micromolares de Equivalentes de Trolox (µM ET), com base em uma curva padrão de Trolox (100 a 2000 µM) (RE et al., 1999).

4.4.3. Poder antioxidante redutor de ferro (FRAP)

O reagente FRAP foi previamente preparado adicionando tampão acetato (0,3 mol L^{-1}, pH = 3,6), solução de TPTZ (10 mM) e $FeCl_3.6H_2O$ (20 mM), na proporção 10:1:1. Em microplaca, uma alíquota de 9 µL da amostra (500 µg mL^{-1}) foi misturada com 27 µL de água ultrapura e adicionada a 270 µL do reagente FRAP. A microplaca foi incubada por 30 min a 37 ºC e a absorbância medida a 595 nm utilizando um Leitor de Microplaca (Epoch 2, Biotek). Os resultados foram obtidos pela equação de regressão da curva obtida a partir da solução padrão de sulfato ferroso (250 a 2000 µM) e expressos em micromolar de Fe (II) por grama de extrato [µM Fe(II)/g]. O ensaio foi realizado em triplicata (PULIDO; BRAVO; SAURA-CALIXTO, 2000).

4.5. Quantificação de compostos fenólicos totais

Para a quantificação de compostos fenólicos totais, 20 µL de cada amostra foram adicionados em microplacas, seguida da adição da mistura reacional na proporção 1:1, composta pelo reagente Folin Ciocalteu e bicarbonato de sódio (6%). As amostras foram incubadas a temperatura de 25 °C ao abrigo de luz por 90 minutos. Em seguida foi realizada a leitura na Leitora de Microplaca (Epoch 2, Biotek) a 725 nm. Os resultados são apresentados em miligramas de equivalentes de ácido gálico por grama de amostra (mg EAG/g), com base em uma curva padrão de ácido gálico (7,8 a 1000,0 µg mL^{-1}) (VELIOGLU et al., 1998).

4.6. Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrometria de massas CG-EM

4.6.1. Derivatização e parâmetros de análise

Em 20 mg dos extratos hexânicos, adicionou-se 0,25 mL de clorofórmio/metanol (2/1; v/v) e 500 mL de NaOH 0,1 M em metanol. A mistura

permaneceu inerte em temperatura constante de 60 °C por 30 minutos. Em seguida, a reação foi interrompida por meio da adição de 0,2 mL de água destilada.

Os ésteres metílicos de ácidos graxos - (FAMEs) foram extraídos utilizando 1 mL de hexano grau CG, seguida de agitação em vórtex por um minuto, sendo a fase superior isolada coletada. Repetiu-se o procedimento com a fase inferior por mais duas vezes para recuperar os FAMEs remanescentes.

Após agitação, a mistura permaneceu em repouso por 30 minutos. Em seguida, 1 mL dos FAMEs foram coletados, adicionados em vials e submetidos à análise por Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrometria de Massas (CG-EM) (Shimadzu, Nexis CG2030, CGMS-QP2020 NX), equipado com injetor *split-splitless* e amostrador automático, instalado na Central Analítica do IFAM-CMC.

Os FAMEs foram separados usando uma coluna capilar de sílica fundida SH-RTx-5Sil-MS (30 m de comprimento, 0,25 mm de diâmetro interno e 0,25 µm de espessura do filme). O Hélio foi usado como gás de arraste com injeção *splitless* e pressão inicial de 51,2 KPa na coluna. Após testes preliminares o melhor método de separação seguiu a seguinte programação: as condições iniciais da coluna foram 40 ºC, com taxa de elevação de temperatura de 3 °C/min até atingir a temperatura de 210 °C e permanência de 5 minutos nesta temperatura. A corrida foi realizada em 60:09 minutos.

A identificação de ácidos graxos foi realizada pelas bibliotecas WILEY 275 e National Institute of Standards and Technology (NIST 3.0). As determinações analíticas foram realizadas em triplicata e os resultados expressos em percentual de área de pico.

4.7. Análises de citotoxicidade

As análises de citotoxidade foram feitas em parceria com laboratório de toxicologia, do Departamento de bioquímica e biologia molecular da Universidade Federal de Viçosa-UFV/MG. Para avaliar a toxicidade dos extratos foram utilizadas culturas celulares de rim epitelial de macaco verde africano Vero (ATCC® CCL-81™), HEPG2 tipo epitelial hepático (ATCC® HB-8065™), embrião de rim humano

HEK-293 (ATCC® CRL-1573 ™), macrófago de camundongo RAW 264.7 (ATCC® TIB-71™), mioblasto de rato L6 (ATCC® CRL-1458™), utilizando método de ensaio colorimétrico do MTT (brometo de 3-(4,5-dimetil-tiazol-2-il)-2,5-difeniltetrazólio). O parâmetro utilizado foi a determinação de concentração inibitória para diminuir a viabilidade celular em 50% (CI_{50}) (SILVA et al., 2023).

Uma suspenção de cada tipo de célula, com aproximadamente 1 x 10^4 células/mL, foi semeada em microplaca de 96 poços (100 µL/poço). Após 24 horas ou até atingirem a confluência, as células foram tratadas com diferentes concentrações seriadas de extrato em fator de diluição 10 em meio DMEM (Dulbecco's Modified Eagle's Medium) incompleto, iniciando com uma concentração de 100 µg/mL. As diluições foram incubadas por 24 horas a 37 ºC sob atmosfera de 5% de CO_2. Posteriormente, o meio foi removido e adicionado 100 µL de MTT (0,5 mg mL^{-1}), seguido de um novo período de incubação nas mesmas condições descritas acima. Em seguida, o meio MTT foi removido e substituído por 100 µL de DMSO (dimetilsulfóxido) por poço para dissolver os cristais do corante formazan. A placa foi então agitada por 20 minutos e a leitura foi realizada em espectrofotômetro a 540 nm.

4.8. Composição centesimal

A determinação da composição centesimal foi feita em parceria com o laboratório de Físico-química de Alimentos do Instituto Nacional de Pesquisas do Amazonas – INPA, com as partes (polpa, semente e casca) do abiu-do-mato. Todas as análises seguiram os métodos estabelecidos por (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008), com modificações.

4.8.1. Umidade

A análise de umidade foi feita por meio de secagem direta em estufa de ar circulante, 5 g de cada amostra liofilizada foram adicionadas a cadinhos de porcelana previamente tarados e mantidas sob 105 °C até peso constante.

4.8.2. Cinzas

Para análise de cinzas, 5 g de cada amostra foram adicionadas a cadinhos de porcelanas previamente tarados, carbonizadas e incineradas em mufla a 550 °C até obtenção das cinzas.

4.8.3. Proteínas

0,4 g de cada amostra foram pesadas em papel seda, inseridas em tubos de Kjeldahl, adicionadas 10 mL de ácido sulfúrico e 2 g de mistura catalítica (sulfato de potássio e sulfato de cobre). A disgestão foi conduzida em bloco digestor a 450 °C, até tornar-se Azul-esverdeada. Após este processo, as amostras foram mantidas em repouso até atingir temperatura ambiente, em seguida, foram transferidas para tudos de Kjeldahl limpos e inseridos em um destilador de Nitrogênio.

No destilador, foram adicionados ao tubo com a amostra digerida 25 mL de NaOH 30%, iniciou-se o processo de destilação, o destilado foi coletado em um erlemneyer de 125 mL contendo 10mL de água destilada com 2 gotas do indicador fenolftaleina e titulado utilizando HCl.

4.8.4. Lipídeos

Foram obtidos por meio de extração direta com éter de petróleo em extrator contínuo do tipo Soxhlet. 5 g de cada amostra foram adicionados em cartuchos de extração Soxhlet. O cartucho contendo a amostra foi adicionado a um extrator onde permaneceram por cerca de 8 horas destilando ao refluxo. Após a destilação, o éter de petróleo foi removido do balão por evaporação. O balão com o resíduo foi seco em estufa a 105 °C, por cerca de 1 hora. O resíduo seco foi resfriado em dessecador até temperatura ambiente e pesado.

4.9. Análise de Minerais

A análise de minerais foi feita em parceria com o Laboratório de Fisico-química de Alimentos do INPA, utilizando técnicas de Espectrometria de Absorção Atômica. Foram avaliados os minerais Fe, Cu, Ca, Mg, Zn, Na e K.

As amostras foram digeridas em ácido nítrico concentrado com auxílio de microondas no digestor MARS – XPRESS CEM Corporation, MD – 2591, em seguida, as amostras digeridas foram resfriadas e diluídas em água deionizada. O teor dos minerais analisados foi obtido por meio de leitura direta em espectofotômetro de absorção atômica SPECTRA AA, Modelo 220 FS, Varian, 2000. Para controle das análises foram utilizados os materiais de referência certificados PEACH LEAVES (NIST – SEM 1547).

4.10. Estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância unidirecional (ANOVA One-way) seguida pelo teste de diferença honestamente significativa de Tukey (*p*-valor ≤ 0,05). As medições foram realizadas em triplicata, e os resultados são apresentados como média ± desvio padrão. Todas as análises estatísticas foram conduzidas utilizando o software OriginLab 2021 PRO.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Perfil químico por de RMN

Ao analisar os espectros de RMN de ^{1}H do abiu-do-mato, observou-se que a polpa (ABMP) e a casca (ABMC) apresentaram semelhança nos principais sinais, sendo ABMC mais complexa. O espectro da semente apresentou apenas sinais de graxa, portanto não foi utilizado. A visão completa dos deslocamentos onde ocorre sinais são apresentados na Figura 6.

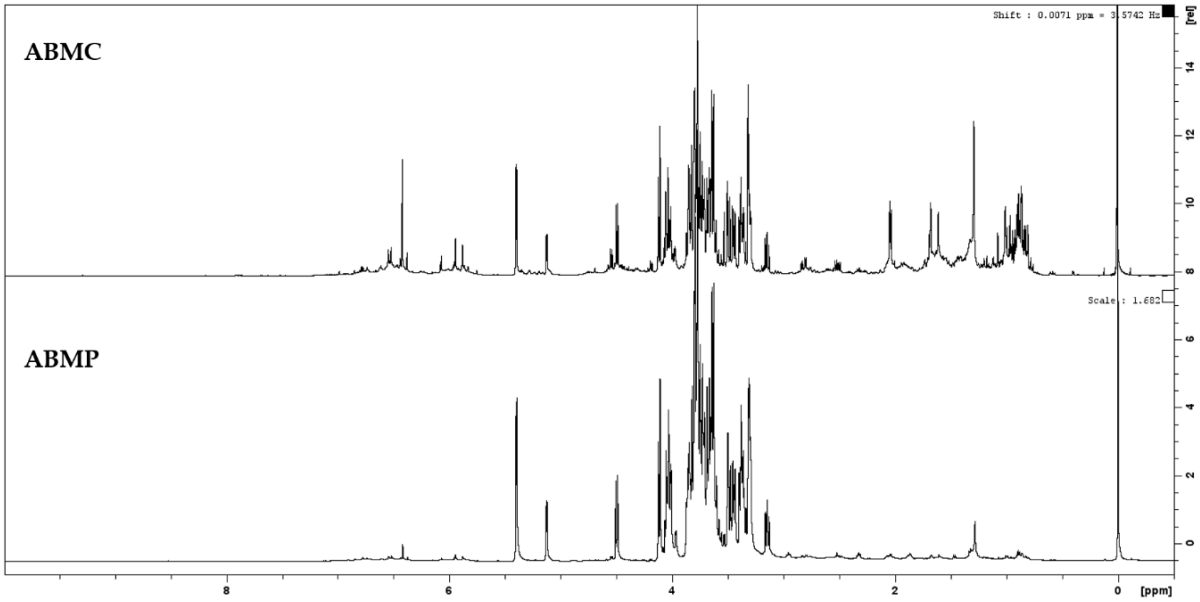


Figura 6. Espectros de RMN de ^{1}H dos perfis da casca (ABMC) e polpa (ABMP) do abiu-do-mato (MeOD, 500 MHz).

É possível observar sinais de hidrogênios na região de compostos alifáticos, que apresentam deslocamento químico entre δ_H 0,50-3,00 ppm, açúcares com δ_H 3,00-5,50 ppm, e ácidos fenólicos e polifenóis com deslocamento entre δ_H 5,50-8,00 ppm. Foram obtidos espectros das amostras antes e após a limpeza e verificou-se que mesmo os extratos sendo submetidos a limpeza por SPE C18, os açúcares ainda permaneceram como classe majoritária.

Foram observados sinais de hidrogênios característicos do ácido málico (Figura 10) δ_H 2,51 (dd, *J*= 7,7 e 16 Hz) e δ_H 2,81 (dd, *J* = 5,4 e 16 Hz). Os mesmos sinal foram encontrados em frutos liofilizados de *P. glomerata* (SANTO et al., 2020).

Para região dos açúcares foram identificados os sinais característicos pertencentes à β-glicose 4,48 (d, *J* = 7,8 Hz), α-glicose 5,14 (d, *J* = 3,7 Hz) e sacarose 5,41 (d, *J* = 3,8 Hz) (Figura 7).

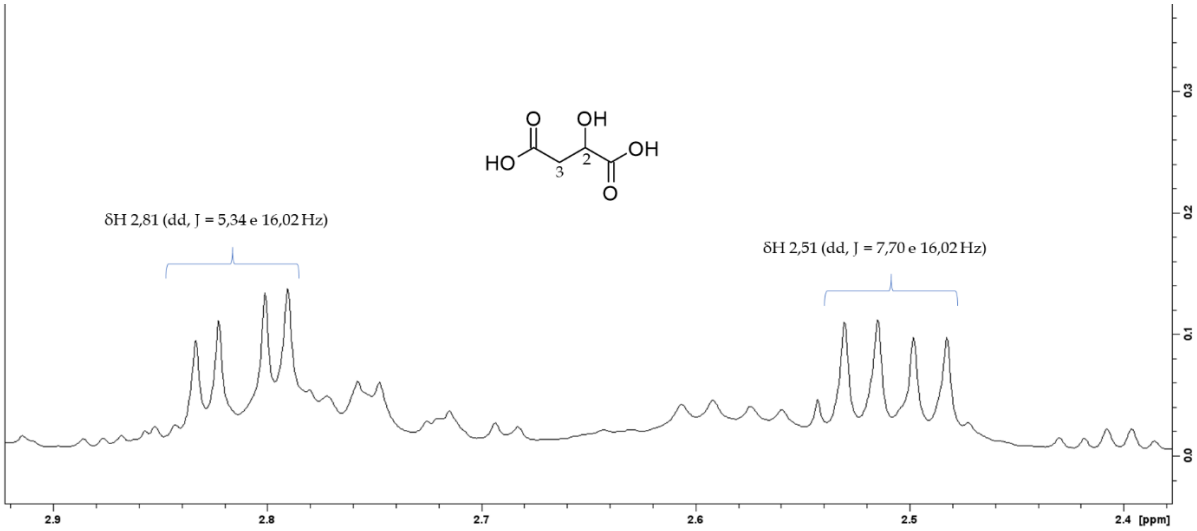


Figura 7. Ampliação dos sinais de hidrogênios do ácido málico no espectro de RMN de ^{1}H (MeOD, 500 MHz).

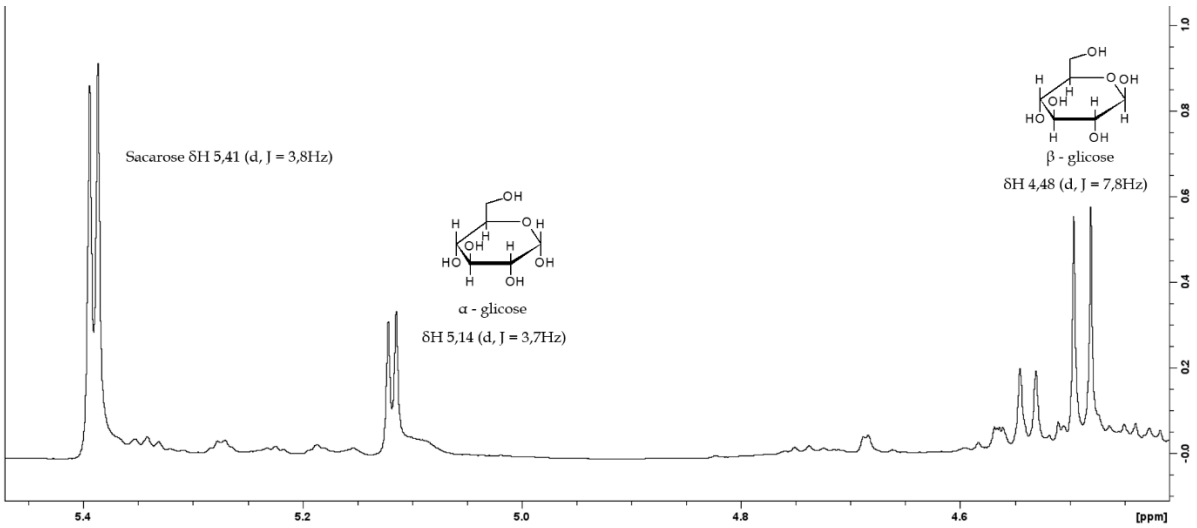


Figura 8. Ampliação dos sinais de hidrogênios dos aç*ú*cares no espectro de RMN de ^{1}H (MeOD, 500 MHz).

Já na região de hidrogênios olefínicos foi identificado o ácido chiquímico, que pode ser confirmado a partir da correlação entre ^{1}H multipleto em 6,74 ppm e ^{13}C 137,0 ppm observada no mapa de correlação HMBC (^{1}H-^{13}C).

A imagem total do espectro do extrato da casca do abiu-do-mato pode ser observada na figura 9, onde é possível a identificação dos sinais na região de aromáticos do composto fenólico majoritário.

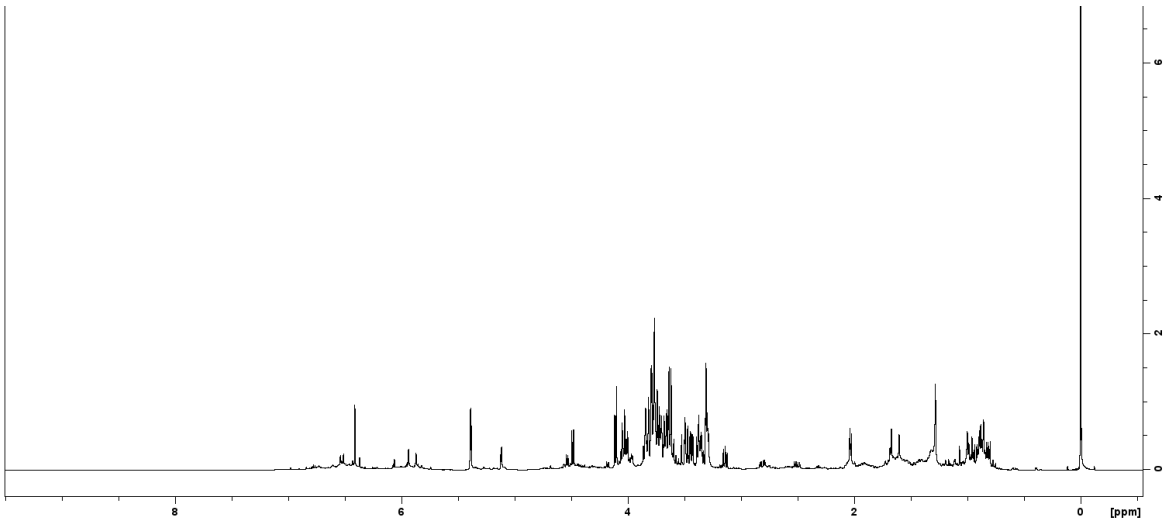


Figura 9. Espectro ABMC (MeOD, 500 MHz).

Ampliando a região ^{1}H 5,8 a 6,8 ppm aromáticos do espectro de RMN ^{1}H (Figura10) é possível observar sinais característicos de pares de dubletos com constante de acoplamento meta-substituído.

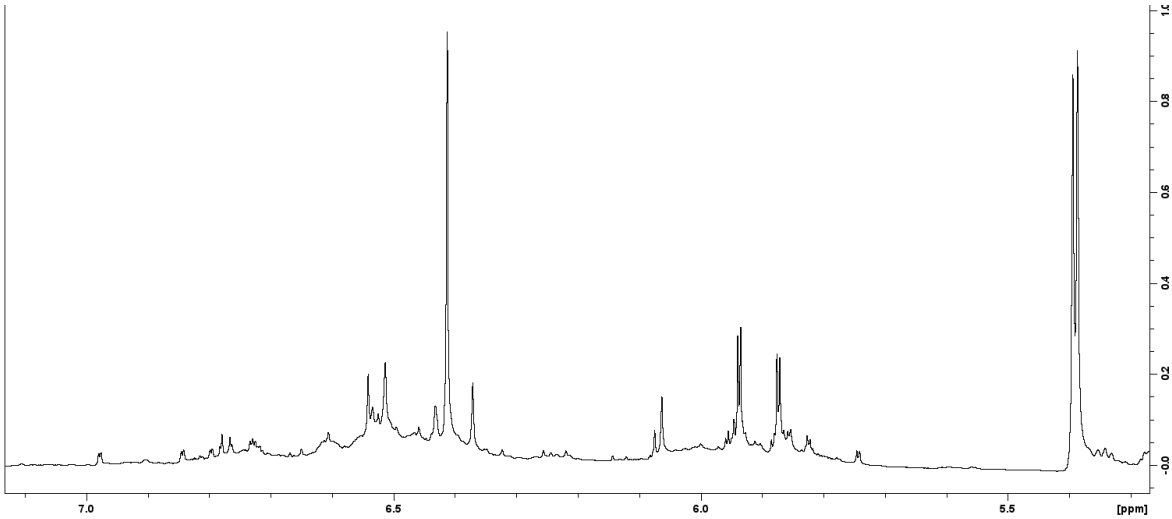


Figura 10. Ampliação do espectro de RMN de ^{1}H da região de 5,8 a 6,8 ppm (MeOD, 500 MHz).

Os dados espectrais adquiridos mostram sinais de composto majoritário (figura 10). Seguindo as atribuições RMN de ^{1}H (MeOD, 500 MHz) δ ppm (mult.; J em Hz; H): 4,53 (d, 7,2 Hz), 3,98 (ddd, 7,2 Hz, 7,7 Hz, 5,3 Hz), 2,83 (dd, 5,3 Hz, 16,1 Hz), 2,51 (dd, 7,7 Hz, 16,1 Hz), 5,93 (d, 2,3 Hz), 5,87 (d, 2,3 Hz), 6,41 (s). E 4,74 (d, 6,9

Hz), 4,05 (m), 2,73 (m), 2,58 (dd, 7,6 Hz, 16,1 Hz), 5,93 (d, 2,3 Hz), 5,87 (d, 2,3 Hz), 6,51 (s). Esses sinais correspondem aos isômeros galocatequina e epigalocatequina, esses isômeros também foram identificados através da HRMS por meio dos ions nos modos positivo $C_{15}H_{15}O_7$, mz 307,0792 [M-H]+ e negativo $C_{15}H_{13}O_7$, *mz* 305,0672 [M-H]$^-$ que será discutido na seção 5.2.

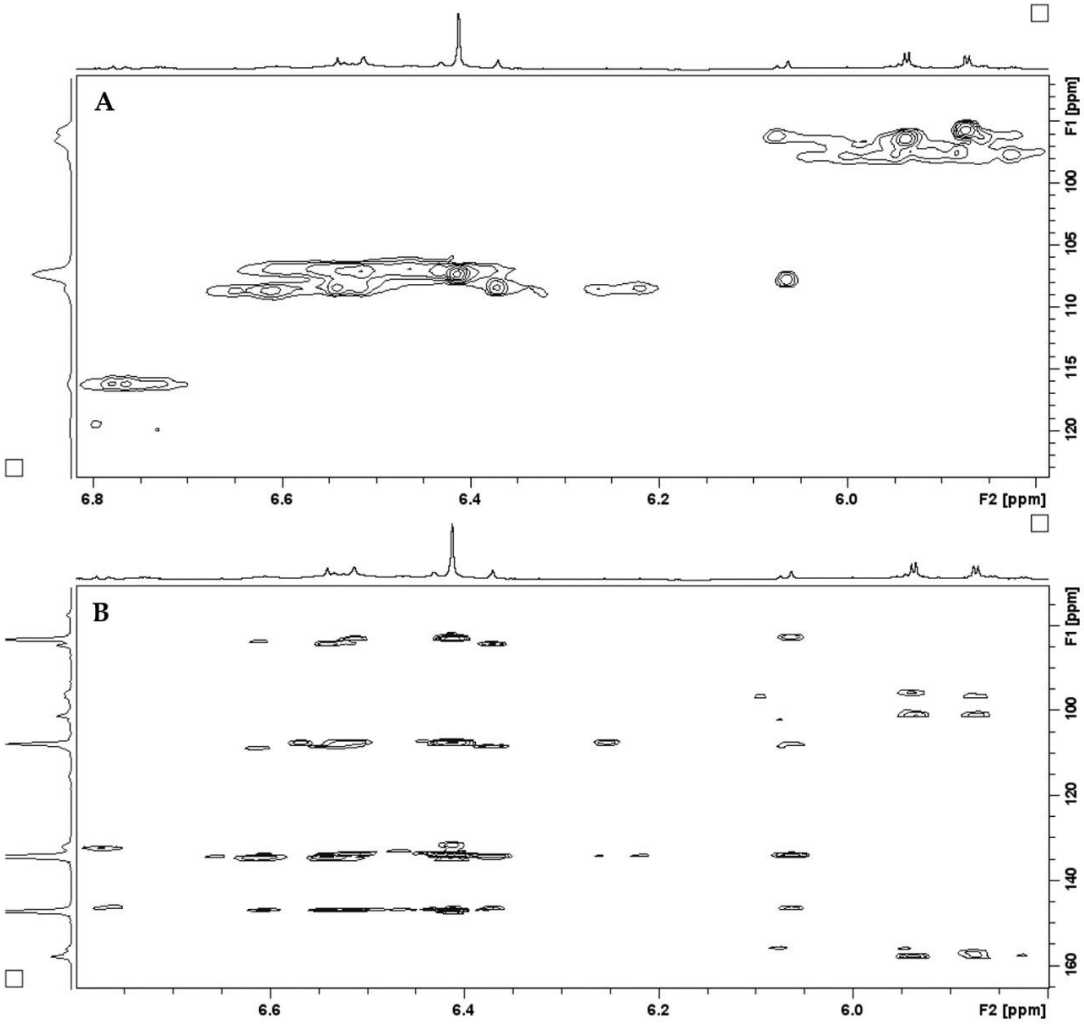
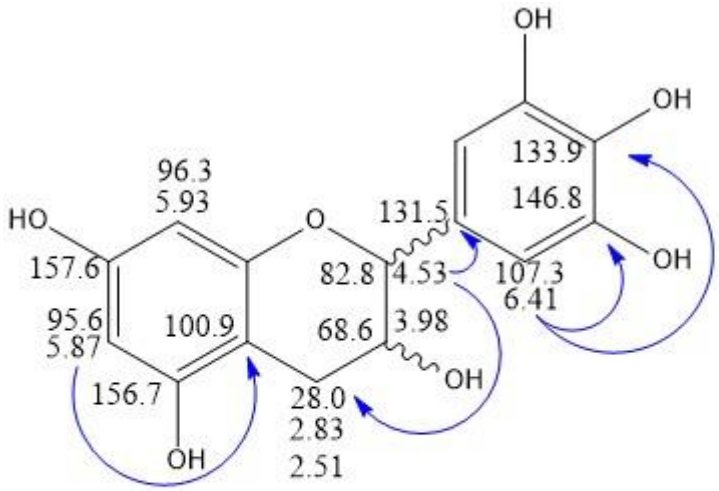
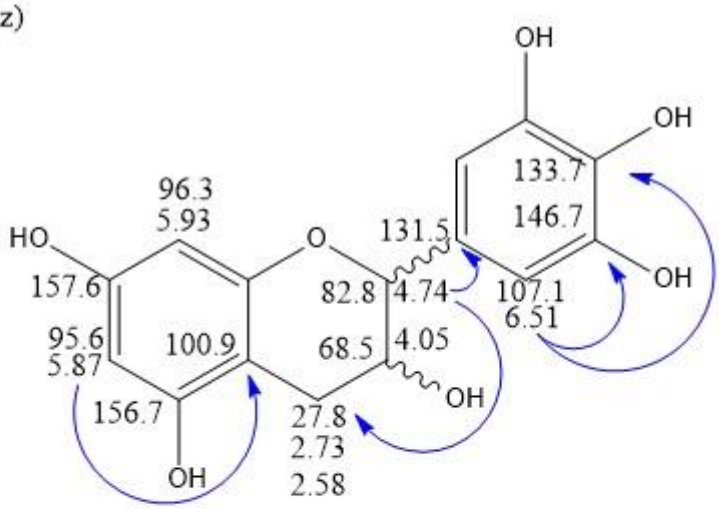


Figura 11. Ampliação dos mapas de correlações (A – HSQC e B – HMBC) da região de 5,8 a 6,8 ppm (MeOD, 500 MHz).

A estrutura dos isômeros pode ser confirmada a partir dos mapas de correlações HSQC e HMBC fornecidos na figura 11 conforme sugeridos na figura 12.



4.53 (d, 7.2 Hz)
3.98 (ddd, 7.2 Hz, 7.7 Hz, 5.3 Hz)
2.83 (dd, 5.3 Hz, 16.1 Hz)
2.51 (dd, 7.7 Hz, 16.1 Hz)
5.93 (d, 2.3 Hz)
5.87 (d, 2,3 Hz)
6.41 (s)



4.74 (d, 6.9 Hz)
4.05 (m)
2.73 (m)
2.58 (dd, 7.6 Hz, 16.1 Hz)
5.93 (d, 2.3 Hz)
5.87 (d, 2,3 Hz)
6.51 (s)

Figura 12. Atribuiçoes feitas aos isomeros dos compostos fenólicos majoritários em ABMC.

Ambos os isômeros também foram encontrados em estudos em espécies de frutos de *Pouteria* spp. Na polpa de *P. torta* (DE SALES et al., 2017), polpa e casca de *P. lacuna* (MASULLO et al., 2021), polpa e semente de *P. sapota* (CAN-CAUICH et al., 2017) usando técnicas de HPLC-DAD e HPLC-DAD-MS.

5.2. *HPLC acoplado Massas de Alta Resolução - HRMS*

A polpa e casca de abiu-do-mato apresentaram-se similares no RMN, sendo que a amostra mais bem resolvida foi a ABMC, por isso apenas ela foi submetida a análise por HRMS. A análise possibilitou a identificação de 19 compostos, sendo 8 substâncias identificadas em modo de íons positivos e 11 em modo de íons negativos (Tabela 4).

Tabela 4. Compostos identificados por HRMS no extrato metanólico ABMC.

Composto	**íon fórmula**	**Referência $[M + H]^+$ m/z**	**$[M + H]^+$ m/z (erro em ppm)**
α-metilglicosídeo	$C_7H_{15}O_6$	195,0863	195,0861 (-0,9)
Catequina/epicatequina	$C_{15}H_{15}O_6$	291,0863	291,0882 (6,4)
Epigalocatequina	$C_{15}H_{15}O_7$	307,0812	307,0792 (-6,6)
Galato de epicatequina	$C_{22}H_{19}O_{10}$	443,0973	443,0951 (-4,9)
Isoquercitrina	$C_{21}H_{21}O_{12}$	465,1028	465,1044 (-3,4)
Pelargonidina	$C_{15}H_{11}O_5$	271,0601	271,0616 (5,4)
2-(3,4,5-trihidroxifenil)-4α,8α-dihidrocromen-1-ium-3,5,7-triol	$C_{15}H_{13}O_7$	305,0656	305,0671 (5,1)
Procianidina	$C_{30}H_{27}O_{13}$	595,1446	595,1479 (5,6)
Composto	**íon formula**	**Referência $[M–H]^-$ m/z**	**$[M–H]^-$ m/z (erro em ppm)**
Glicopiranosídeo	$C_6H_{11}O_6$	179,0565	179,0561 (-1,9)
Sacarose	$C_{12}H_{21}O_{11}$	341,1089	341,1089 (0,2)
Ácido málico	$C_4H_5O_5$	133,0150	133,0142 (-5,4)
Ácido chiquímico	$C_7H_9O_5$	173,0447	173,0455 (5,1)
Ácido cítrico	$C_6H_7O_7$	191,0219	191,0197 (-11,5)

Catequina/epicatequina	$C_{15}H_{13}O_6$	289,0715	289,0718 (-0,9)
Galocatequina	$C_{15}H_{13}O_7$	305,0672	305,0667 (-1,7)
Epigalocatequina	$C_{15}H_{13}O_7$	305,0673	305,0667 (-1,9)
Cianidin 3-(*p*-coumaroil)-glicosídeo	$C_{30}H_{25}O_{13}$	593,1299	593,1301 (0,3)
Cianidin 3-*O*-β-D-cafeoilglicosídeo	$C_{30}H_{25}O_{14}$	609,1237	609,1250 (2,0)
Hesperidina	$C_{28}H_{33}O_{15}$	609,1856	609,1825 (-5,1)

ABMC – Abiu-do-mato casca.

Foram encontrados os açúcares: α-metilglicosídeo, no modo de íons positivos e glicopiranosídeo, sacarose, além dos ácidos orgânicos simples: ácido málico, ácido chiquímico e ácido cítrico no modo de íons negativos.

Os extratos metanólicos da casca de *P. caimito* apresentaram massas caracteríscas de catequina, epicatequina e epigalocatequina. Esses mesmos flavan-3-ols foram identificados em extratos *n*-BuOH da polpa e MeOH da casca de *P. lacuna* (MASULLO et al., 2021). Catequina, epicatequina, galocatequina, ácido cítrico, além de outros compostos também foram encontradas em estudo feito com os metabólitos secundários da semente de *P. lacuna* (GUERRERO-CASTILLO et al., 2019).

As catequinas são grupos de polifenóis encontrados principalmente em chás, frutas e alguns vegetais. São conhecidas por apresentarem ação antioxidante (HALLIWELL, 2007), alguns estudos mostram seu efeito na redução do risco de doenças cardiovasculares (KRIS-ETHERTON et al., 2004), aumento da sensibilidade à insulina (HURSEL; VIECHTBAUER; WESTERTERP, 2009), auxílio na proteção contra doenças neurogenerativas (MANDEL et al., 2005; WEINREB et al., 2013), prevenção de câncer e propriedades anti-inflamatórias (KHAN; MUKHTAR, 2018; SURH et al., 2001), entre outras.

Hesperidina, procianidina e quercitrina, por exemplo, embora não encontradas no gênero, foram descritas em uma revisão feita por Baky et al. (2016)

e por Charrouf, Guillaume (2007) utilizando técnicas de HPLC-MS. Hesperidina, procianidina na polpa e quercitrina nas folhas, respectivamente, de *Argania spinosa,* que é pertencente à família Sapotaceae.

A hesperidina é um flavonoide encontrado principalmente em frutas cítricas. Possui ação antioxidante, propriedades anti-inflamatórias e ajudam a melhorar a função vascular, reduzindo a pressão e diminuindo os níveis de coslesterol no sangue (IKEDA, 2013; NABAVI et al., 2015; WANG et al., 2021).

No organismo humano, estudos sugerem que as procianidinas atuam na prevenção de diabetes tipo 2, doenças cardiovasculares, melhoria da função cognitiva, além de possuírem ação antioxidante e anti-inflamatória (GRASSI et al., 2008; NATELLA; SCACCINI, 2012; SOCCI et al., 2017).

Já a quercitrina possui efeitos positivos no sistema imunológico, efeito anti-inflamatório, melhoria da função vascular, prevenção de distúrbios neurodegenerativos, ação antioxidante, entre outras (CHEN et al., 2022; PEREZ-VIZCAINO; DUARTE, 2010; ROGERIO et al., 2007).

De modo geral, os compostos fenólicos desempenham papel fundamental na alimentação humana. Esses constituintes foram observados exibindo uma ampla gama de efeitos biológicos, incluindo ações anti-isquêmicas, antiplaquetárias, antineoplásicas, anti-inflamatórias, antialérgicas, antilipoperoxidantes e gastroprotetoras. Além disso, atuam como poderosos antioxidantes, combatendo radicais livres, inibem a peroxidação lipídica e são quelantes de metais (JIANG; DUSTING, 2003; MOJŽIŠOVÁ; KUCHTA, 2001).

5.3. Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrometria de Massas – CG-EM

A Tabela 5 apresenta os perfis de ácidos graxos esterificados e outros compostos da polpa, semente e casca do abiu-do-mato. A obtenção dos FAMEs junto à técnica de CG-EM possibilitou a identificação de 19 compostos. Os resultados são expressos em percentual de área de pico.

Para a polpa, a identificação atingiu uma taxa de 72,12% de área de pico de compostos identificados. Das partes do fruto analisadas, foi a que apresentou a

maior variedade de compostos, com um total de 13 compostos, sendo os majoritários: 2-metil-5-octin-4-ol, ácido palmítico (ácido hexadecanoico, éster metílico) e 4-metil-2,6-octadieno-4,5-diol, com 20,71%; 11,71% e 8,76%, respectivamente.

No estudo conduzido por Che, Abdul e Abdul (2018) foi empregado o mesmo método de obtenção de ésteres metílicos (FAMEs) na polpa de *P. campechiana* e os resultados revelaram a presença de 17 ácidos graxos esterificados. A polpa apresentou ácido palmítico (24,5%) como constituinte majoritário, seguido de ácido oleico, mirístico e linoleico, 19,1%, 16,1% e 14,1%, respectivamente. Estes não foram encontrados ou identificados em menor teor na polpa de abiu-do-mato (Tabela 5).

Um outro estudo utilizando a polpa de *P. campechiana* mostrou 14 compostos, sendo os ácidos palmítico, oléico e mirístico, como ácidos graxos majoritários, com 24,5%, 19,1% e 16,1%, respectivamente (YAHYA; WAHAB, 2017). Os ácidos oleico, linoleico e palmítico, também foram encontrados em grandes concentrações na polpa de *P. guardneriana,* com 33,4%, 29,2% e 20,1%, respectivamente (UTINO et al., 2023).

Tabela 5. Compostos identificados por CG-EM no abiu-do-mato.

Tempo de Retenção (min)	Identificação usual	Compostos formados	ABMP (%)	ABMS (%)	ABMC (%)
3,165	-	3-metil-1-penten-3-ol	1,00 ± 0,90	-	-
3,650	-	3-metil-2-pentanona	0,55 ± 0,04	-	-
4,175	-	2-metil-1-penten-3-ol	1,46 ± 0,39	-	-
4,383	-	pentano-1,4-diol	1,95 ± 0,10	-	-
4,485	-	4-metil-2,6-octadieno-4,5-diol	8,76 ± 2,85	-	-
4,626	-	Hexanal	-	0,17 ± 0,02	-
4,652	-	2-hexanol	2,87 ± 0,67	-	-
6,315	-	2-metil-5-octin-4-ol	20,71 ± 2,82	0,19 ± 0,09	3,92 ± 2,30
6,936	-	2H-piran, tetrahidro-2-metil	1,8 ± 0,83	-	-
12,505	-	7-oxabiciclo[4.1.0]heptan-2-ona	7,07 ± 1,60	-	-
15,165	Ácido linolênico	Ácido 9,12,15-octadecatrienóico	-	-	15,76 ± 1,62
15,908	Ácido hexanóico	5-oxohexanoato de metila	8,02 ± 1,09	-	-
31,377	Ácido nonanóico	Ácido 9-oxonanóico	-	0,25 ± 0,01	-
36,619	-	1,4-dimetil-biciclo[2.1.0]pentano	2,21 ± 0,7	-	-
42,838	Ácido tetradecanóico	tetradecanoato de metila	-	0,30 ± 0,02	-
49,957	Ácido palmítico	hexadecanoato de metila	11,71 ± 2,94	35,86 ± 0,14	34,38 ± 0,70
54,950	Ácido linoleico	ácido (Z,Z), 9,12-octadecadienóico	-	3,69 ± 0,12	22,14 ± 2,58
55,175	Ácido elaídico	ácido 9-octadecenóico	4,01 ± 0,77	45,98 ± 0,37	-
56,200	Ácido esteárico	estearato de metila	-	13 ± 0,15	7,16 ± 0,16

ABMP: abiu-do-mato polpa; **ABMS**: abiu-do-mato semente; **ABMC**: abiu-do-mato casca.

A semente foi a parte que apresentou maior teor de identificação, com 8 compostos totalizando 99,44%. É constituída majoritariamente por ácido oleico (ácido 9-octadecenoico, éster metílico) e ácido palmítico (ácido hexadecanoico, éster metílico) com 45,98 e 35,86%, respectivamente. O terceiro composto mais abundante na semente é estearato de metila com 13%.

Um estudo recente feito por Tacias-Pascacio et al. (2021) em sementes de *P. sapota* avaliou o perfil de ácidos graxos utilizando dois métodos de extração. As técnicas empregadas foram extração por solvente – SE (hexano) e extração enzimática aquosa – AEE, ambas com uso de GC-MS para identificação. As técnicas não apresentaram diferenças significativas quanto ao teor dos compostos analisados. Mas o estudo mostrou que assim como abiu-do-mato, o constituinte majoritário de *P. sapota* foi o ácido oléico com 49,6 e 50,5%, para ambas as técnicas, respectivamente. Já o ácido esteárico foi o segundo majoritário com 27,8 e 28,1%, respectivamente. Foram encontrados 7 compostos em *P. sapota* e apesar de não estarem na mesma proporção que o abiu-do-mato, as sementes de ambos apresentam certa semelhança.

Já a casca, foi a segunda parte do abiu-do-mato que apresentou melhor rendimento na identificação de seus compostos, gerando um total de 83,36% de constituintes identificados. Assim como a semente, apresentou ácido palmítico (ácido hexadecanóico, éster metílico) como majoritário, e seguiu com ácido linoleico ((Z,Z)-ácido 9,12-octadecadienoico), ácido linolênico (ácido 9,12,15-octadecatrienoico), com 34,38%, 22,14% e 15,76%, respectivamente.

Ácidos graxos insaturados, como ácido oleico e linoleico, desempenham um papel crucial para a saúde humana, considerados essenciais, a presença destes constituintes em frutas pode oferecer benefícios significativos à saúde do sistema cardiovascular, contribuindo assim para a redução dos níveis de colesterol no sangue e promovendo a vitalidade celular (GOFF; KLEE, 2006).

Os dados que dizem respeito ao perfil de ácidos graxos e demais constituintes dispostos na literatura atual ainda são escassos, a espécie *P. caimito* a qual pertence a variedade abiu-do-mato, não dispõe de tais estudos. O que pode ser

observado através do levantamento bibliográfico, junto a comparação com os resultados obtidos é que apesar de pertencentes ao mesmo gênero, as frutas de *Pouteria* possuem uma grande variabilidade de seus constituintes químicos, o que reforça a necessidade de estudos, tendo em vista que são frutos que apresentam alto valor biológico.

5.4. Ensaios da capacidade antioxidante e compostos fenólicos totais

A análise da capacidade antioxidante e a quantificação de compostos fenólicos totais são fundamentais para avaliar a qualidade nutricional dos alimentos e compreender seu potencial impacto na saúde. Estas metodologias oferecem informações preliminares sobre a capacidade dos alimentos em neutralizar os danos causados pelos radicais livres, destacando seu perfil antioxidante (PRIOR; WU; SCHAICH, 2005).

Os extratos metanólicos da polpa, semente e casca do abiu-do-mato foram submetidos a ensaios colorimétricos para capacidade antioxidante e quantificação de compostos fenólicos totais utilizando os métodos de DPPH, ABTS e FRAP, bem como a quantificação de compostos fenólicos totais. Os resultados estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Capacidade antioxidante e quantificação de compostos fenólicos totais nos extratos metanólicos da polpa, semente e casca do abiu-do-mato.

Ensaios	ABMP	ABMS	ABMC
Compostos fenólicos totais (mg EAG/g)	153,98 ± 1,21 b	0 c	643,51 ± 1,82 a
DPPH (µM TE)	1586,83 ± 6,29 b	634,33 ± 5,20 c	1629,33 ± 8,78 a
ABTS (µM TE)	1986,33 ± 6,66 b	799,67 ± 8,81 c	2127,44 ± 6,94 a
FRAP (µM Fe(II)/g)	1196,52 ± 4,21 b	442,07 ± 3,57 c	2863,18 ± 4,49 a

mg EAG/g: miligrama de equivalente de ácido gálico por grama; µM TE: micromolar de equivalente de trolox; µM Fe(II)/g: micromolar de equivalente de Fe(II) por grama de extrato; - Abaixo do limite de quantificação; **ABMP**: abiu-do-mato polpa; **ABMS**: abiu-do-mato semente; **ABMC**: abiu-do-mato casca. Médias que não compartilham letras iguais nas linhas são significativamente diferentes.

Com relação a quantificação dos compostos fenólicos totais nos extratos metanólicos analisados, a casca apresentou maior concentração, seguido da polpa (Tabela 6). Não foi possível a quantificação no extrato da semente, pois este ficou abaixo do limite de quantificação. Os valores obtidos para casca do abiu-do-mato apresentaram-se significativamente superiores quando comparados a um estudo feito por Aseervatham et al. (2019) em extrato metanólico da casca de *P. campechiana* (39,45 mg EAG/g).

Os resultados também se mostraram superiores quando comparados a outros métodos de extração como em extratos obtidos utilizando acetona (69,3 e 83,3 mg EAG/g) em frutos maduros e verdes de *P. lacuna,* respectivamente (AGUILAR-GALVEZ et al., 2021). E em extratos aquosos da polpa de *P. sapota* (80,13 mg EAG/g). Porém, em um estudo utilizando extratos metanólicos da casca de frutos de *P. lacuna* (560,69 mg EAG/g) foram obtidos valores próximos aos encontrados no abiu-do-mato (MASULLO et al., 2021).

Na determinação da capacidade antioxidante total utilizando DPPH, o destaque obtido foi para a casca dos frutos de *P. caimito*, seguido da polpa e semente (Tabela 6). O gênero Pouteria apresenta uma peculiaridade com relação aos ensaios de DPPH, uma vez que não exibe estudos com unidades comparáveis para esse método. Esse fenômeno destaca uma limitação na mensuração de potencial antioxidante utilizando DPPH em espécies pertencentes ao gênero. Tal constatação ressalta a importância de considerar abordagens alternativas ou complementares na avaliação do potencial antioxidante desses frutos, a fim de obter uma compreensão mais abrangente de suas propriedades bioativas.

Para os ensaios de ABTS, assim como os demais apresentados, o destaque foi obtido para os extratos da casca, seguido da polpa e semente de *P. caimito* (Tabela 6). Os frutos verdes e maduros de *P. lacuna* extraídos utilizando hexano: diclorometano (1:1) foram avaliados quando ao ensaio utilizando métodos de ABTS. Como resultados foram obtidas concentrações de (992,7 e 1245,4 µM TE/g dw) para os frutos maduros e verdes, respectivamente (AGUILAR-GALVEZ et al., 2021). Os resultados obtidos foram inferiores quando comparados aos encontrados no abiu-

do-mato, podendo apresentar indicativo do metanol como melhor solvente para extração desses compostos.

Dentre todos os ensaios antioxidantes analisados, a casca do abiu-do-mato apresentou melhor desempenho na capacidade de redução férrica – FRAP, já polpa e semente em ABTS (Tabela 6). O extrato das sementes de *P. lacuna* foi submetido a ensaios de FRAP, os resultados mostraram uma concentração de 272,50 µmol Trolox/g (GUERRERO-CASTILLO et al., 2019), este foi inferior quando comparado ao obtido na semente de *P. caimito* (Tabela 6).

Os ensaios de capacidade antioxidante e quantificação de compostos fenólicos mostraram boas correlações de Pearson, sendo que a melhor foi com o ensaio de redução de ferro: DPPH e FT (0,712); ABTS e FT (0,752); FRAP e FT (0,997). Os ensaios de capacidade antioxidante também mostraram boa correlação entre si, principalmente entre DPPH e ABTS (0,998), seguido de ABTS e FRAP (0,802) e DPPH e FRAP (0,765).

Esses ensaios são amplamente utilizados para medir a capacidade antioxidante dos alimentos. O ensaio DPPH avalia a capacidade de doação de elétrons, enquanto o ensaio ABTS mede a redução do radical ABTS e o FRAP avalia a capacidade de redutora de compostos frente a ions de ferro. Esses ensaios fornecem uma visão abrangente da eficácia dos antioxidantes presentes nos alimentos (PULIDO; BRAVO; SAURA-CALIXTO, 2000; RE et al., 1999; VELIOGLU et al., 1998).

5.5. Composição centesimal e quantificação de minerais

Os dados referentes à composição centesimal das partes, polpa, semente e casca liofilizadas do abiu-do-mato são apresentados na Tabela 7. Os resultados são expressos em g/100 g de matéria seca.

Tabela 7. Composição centesimal (g/100 g) e mineral (mg/100 g de matéria seca) da polpa, semente e casca liofilizadas de *P. caimito*

Parâmetros	ABMP	ABMS	ABMC
Umidade	6,55 ± 0,01 c	10,76 ± 0,00 a	7,90 ± 0,80 b
Cinzas	1,29 ± 0,01 b	1,00 ± 0,00 c	1,59 ± 0,00 a
Proteínas	1,96 ± 0,05 b	1,87 ± 0,00 c	3,09 ± 0,01 a
Lipídeos	3,16 ± 0,00 a	2,03 ± 0,02 c	2,63 ± 0,00 b
Zn	19,06 ± 0,17 a	20,18 ± 0,02 b	30,97 ± 0,09 a
Cu	Tr	Tr	Tr
Mn	3,17 ± 0,04 a	3,55 ± 0,12 a	4,49 ± 0,55 a
Fe	8,65 ± 0,32 ab	6,31 ± 0,12 b	11,1 ± 1,42 a
Ca	7,62 ± 0,62 a	6,38 ± 0,09 ab	5,52 ± 0,24 c
Mg	62,16 ± 0,09 a	58,14 ± 0,36 b	59,20 ± 1,13 b
Na	2,52 ± 0,19 a	2,63 ± 0,12 a	3,30 ± 0,25 a
K	71,14 ± 1,35 a	67,49 ± 1,90 a	69,66 ± 0,65 a

Tr – Traços; **ABMP**: abiu-do-mato polpa; **ABMS**: abiu-do-mato semente; **ABMC**: abiu-do-mato casca. Médias que não compartilham letras iguais nas linhas são significativamente diferentes.

A casca apresentou maior conteúdo de cinzas com 1,59 ± 0,00 g/100 g, seguido da polpa e semente, respectivamente. Para análise de proteínas, a casca e polpa apresentaram-se em maior quantidade, não apresentando diferenças significativas entre si com 3,09 ± 0,01 e 1,96 ± 0,05 g/100 g, respectivamente.

As frações de polpa, semente e casca de *P. elegans* foram avaliadas quanto a sua composição nutricional. Foram obtidos valores de cinzas em maior concentração nas suas sementes (1,67 ± 0,01 g/100 g), porém, valores inferiores para casca e polpa (0,78 ± 0,01 e 0,53 ± 0,01 g/100 g), respectivamente (AGUIAR et al., 2019), quando comparados ao abiu-do-mato.

As cinzas representam o resíduo mineral inorgânico encontrado nas frutas e incluem minerais essenciais, como cálcio, fósforo e ferro. Esses minerais são importantes para a saúde dos ossos, função muscular, transporte de oxigênio, entre outros (LEONTOWICZ et al., 2002).

Ao avaliar a composição centesimal da polpa e casca de frutos de *P. campechiana*, os teores de cinzas obtidos (2,17 ± 0,52 e 2,92 ± 0,76 g/100 g) para casca

e polpa, respectivamente, foram próximos, porém superiores aos encontrados no abiu-do-mato, quando comparadas as partes (NUR et al., 2022).

Com relação as proteínas, Aguiar et al. (2019), encontrou maior conteúdo nas sementes de *P. elegans* (4,1 ± 0,05 g/100 g), estes foram bem superiores aos encontrados na mesma fração (semente) do abiu-do-mato. Nas demais amostras, os valores de proteína mostraram-se superiores (Tabela 7) aos de *P. elegans*, com (1,12 ± 0,02 e 0,71 ± 0,01 g/100 g) para casca e polpa, respectivamente. O teor encontrado na casca de *P. campechiana* (3,5 ± 0,17 g/100 g) foi próximo ao obtido neste estudo (NUR et al., 2022). Os frutos liofilizados de *P. glomerata* também mostraram-se superiores (5,17 ± 0,56 g/100 g) (SANTO et al., 2020), mesmo comparando a parte do fruto de abiu-do-mato com maior teor.

Embora as frutas sejam geralmente conhecidas como fontes de carboidratos e vitaminas, elas também contêm pequenas quantidades de proteínas. As proteínas são essenciais para formação e reparação de tecidos, e sua presença em frutas pode contribuir para auxiliar na ingestão proteica diária (O'NEIL et al., 2012).

Para os lipídeos, a polpa denotou em maior quantidade, com 3,16 ± 0,00, seguido da casca 2,63 ± 0,00 e semente 2,03 ± 0,02 g/100 g, respectivamente. Os lipídeos da casca (1,34 ± 0,02 g/100 g) e polpa (1,2 ± 0,02 g/100 g), foram encontrados em menores teores em *P. elegans*, no entando com maior destaque nas sementes (5,13 ± 0,05 g/100 g), respectivamente (AGUIAR et al., 2019). Já *P. campechiana* apresentou resultados superiores tanto na polpa quanto cascas com 7,46 ± 0,27 e 4,74 ± 0,91 g/100 g, respectivamente (NUR et al., 2022).

Mesmo presentes em pequenas quantidades, os lipídeos nas frutas são fonte de ácidos graxos essenciais, como ômega–3 e ômega–6. Esses ácidos graxos desempenham um papel crucial na saúde cardiovascular e cerebral. Além disso, os lipídeos podem afetar diretamente na textura, sabor e aceitação do produto alimentício, desempanhando um papel na qualidade organoléptica (GROPPER; SMITH, 2013).

Com relação aos teores de umidades, a semente apresentou maior percentual, seguido da casca e polpa com: 10,76 ± 0,00, 7,90 ± 0,80 e 6,55 ± 0,01 g/100

g de massa seca, respectivamente. O teor de umidade bem próximo foi encontrado em frutos liofilizados de *P. glomerata* (9,88 ± 0,15 g/100 g) (SANTO et al., 2020). Ao se tratar de produdos liofilizados, a determinação da umidade é essencial para avaliar a qualidade e estabilidade do produto, visto que este fator é diretamente ligado a aspectos como, crescimento de patógenos, deterioração, textura, características orgenolépticas, vida útil entre outros (BARBOSA-CÁNOVAS et al., 2007; MUSSI; PEREIRA, 2022).

Quanto aos oito minerais analisados por Espectofotometria de Absorção Atômica, a técnica utilizada possibilitou a quantificação de sete deles. Os valores mais expressivos foram atribuídos aos minerais potássio, seguido pelo magnésio e zinco, respectivamente, em todas as partes dos frutos de abiu-do-mato avaliadas.

Para os minerais potássio e magnésio, a polpa liofilizada apresentou-se em maior concentração seguido da casca e semente, respectivamente (Tabela 7). Um estudo feito por Aguiar et al., (2019), utilizando a mesma técnica para quantificação de minerais (mg/100g) na polpa, casca e semente de *P. elegans*, os valores atribuídos neste estudo, mostraram-se significativos quando comparados ao abiu-do-mato, com 97,5 ± 2,5; 151,22 ± 2,5 e 59,91 ± 1,2 para o mineral potássio, respectivamente. A semente apresentou concentração mais próxima a obtida no abiu-do-mato (69,66 ± 0,65). Quando comparado ao mineral magnésio *P. elegans* apresentou menores concentrações (casca 21,37 ± 1,2; polpa 14,75 ± 2,1 e semente 13,57 ± 1,1) quando comparados à *P. caimito* (Tabela 7).

A mesma técnica também foi utilizada para quantificação de minerais em amostras da polpa e casca fresca de *P. campechiana*, os resultados obtidos mostraram uma alta concentração dos minerais ferro (casca 4.440 ± 0,40; polpa 1.641 ± 0,57) e sódio (casca 201 ± 0,13; polpa 271 ± 0,18), respectivamente. As concentrações obtidas foram bem significativas comparadas ao abiu-do-mato, porém, com relação ao zinco (casca 0,20 ± 0,06; polpa 0,16 ± 0,05), o abiu-do-mato apresentou-se em maiores concentrações (Tabela 7) (NUR et al., 2022).

Os minerais ferro, zinco e manganês apresentaram valores superiores quando comparados ao teor obtido utilizando técnicas de Espectrometria de emição

óptica de plasma acoplado individualmente (ICP-OES) na polpa liofilizada de *P. glomerata* (Fe 0,53 ± 0,01; Zn 0,47 ± 0,5 e Mn 0,23 ± 0,00), respectivamente (SANTO et al., 2020).

Os minerais desempenham um papel fundamental na manutenção da saúde humana, desencadeando funções vitais em diversos processos biológicos. Esses elementos inorgânicos, embora necessários em menores quantidades, quando comparados a vitaminas e macronutriente, são fundamentais para o funcionamento adequado do organismo (GROPPER; SMITH; CARR, 2017).

Cálcio e fósforo, por exemplo, são essenciais para formação e manutenção dos ossos e dentes, além de desempenharem papel importante na transmissão de sinais nervosos e contração muscular. O ferro auxilia no transporte de oxigênio no sangue, sendo um componente importante da hemoglobina. O magnésio desempenha papel essencial em mais de 300 reações bioquímicas no corpo, incluindo produção de energia, função muscular e outras. O zinco é mineral importante para o sistema imunológico, cicatrização de feridas e síntese de DNA. Já o manganês pode estar associado a papeis importantes como atividade enzimática e processos metabólicos essenciais (ROSS et al., 2012).

O consumo de frutas desempenha um papel significativo na promoção à saúde, fornecendo uma variedade de minerais essenciais que são fundamentais para diversas funções biológicas. A riqueza nutricional das frutas contribui não apenas com vitaminas, fibras e antioxidantes, mas também com minerais essenciais para o bem-estar humano (DREHER; DAVENPORT, 2013; ZHAO et al., 2017).

5.6. Análises de citotoxicidade

A polpa, semente e casca de *P. caimito* foram submetidas a ensaios para verificação de sua toxicidade frente a diferentes linhagens celulares. Os resultados estão expressos em CI_{50} e apresentados na Tabela 8.

Tabela 8. Análises citotóxicas dos frutos de abiu-do-mato (µg/mL)

Tipo de célula	ABMP (CI_{50})	ABMS (CI_{50})	ABMC (CI_{50})
célula epitelial renal	-	310,7	165,4
célula embrionária	605,6	397,4	342,7
célula hepática	584,4	322,7	459,1
célula coração	757,6	488,9	683,9
Macrófago	420,8	425,5	-

ABMP: abiu-do-mato polpa; **ABMS**: abiu-do-mato semente; **ABMC**: abiu-do-mato casca.

Os extratos analisados não demonstraram qualquer efeito citotóxico nas linhagens celulares utilizadas (que incluíram culturas de células 2D representativas de tecidos renais, embrionários, hepáticos, cardíacos e sanguíneos) mesmo quando empregada a concentração máxima testada (conforme ilustrado na Tabela 8). Esse resultado sugere que o extrato é seguro para as células, não apresentando efeitos prejudiciais diretos sobre elas.

Até o momento não há estudos referentes a esses ensaios aplicados aos frutos de *Pouteria* spp. Porém, um estudo conduzidos por Meghana et al. (2022) avaliou a citotoxicidade de nanopartículas obtidas a partir de folhas de *P. campechiana,* os resultados obtidos mostraram que estes não apresentaram efeito citotóxico, assim como o abiu-do-mato.

6. CONCLUSÃO

Foram obtidos os perfis químicos por RMN da polpa e casca de *Pouteria caimito,* sendo os isômeros catequina e epigalocatequina atribuídos como composto fenólico majoritário e a identificação de 19 compostos por HPLC-HRMS. Também foram obtidos os perfis de ácidos graxos de todas as partes dos frutos de abiu-do-mato, um total de 19 compostos identificados por CG-EM.

As amostras apresentaram boa atividade antioxidante e quantificação de compostos fenólicos, quando comparados a outros frutos do gênero com estudos dispostos na literatura, a casca do abiu-do-mato apresentou melhor desempenho em todos os ensaios.

A casca de *P. caimito* apresentou um maior percentual de cinzas, proteínas e lipídeos. Os principais minerais encontrados fora K, Mg e Zn, a polpa apresentou maior concentração de K e Mg.

As análises citotóxicas mostraram que mesmo em maiores concentrações (CI_{50}), os frutos de abiu-do-mato não apresentaram danos as linhagens de células testadas, comprovando que o fruto é seguro para consumo e demais aplicações na área de alimentos.

7. REFERÊNCIAS

ABDULLAH, B. A. et al. Visão da identificação de compostos bioativos e seus benefícios de algumas partes da planta de Abiu (Pouteria caimito). **J. Hort. Indonesia**, v. 12, p. 10–20, 2021.

AGUIAR, J. P. L. et al. Aromatic and nutritional profile of an Amazonian autochthonous species, Caramuri Pouteria elegans (A.DC.) Baehni. **International Journal of Food Properties**, v. 22, n. 1, p. 1242–1249, 2019.

AGUILAR-GALVEZ, A. et al. Metabolites, volatile compounds and in vitro functional properties during growth and commercial harvest of Peruvian lucuma (Pouteria lucuma). **Food Bioscience**, v. 40, n. January, p. 100882, 2021.

AL-MARZOQI, A. H.; HADI, M. Y.; HAMEED, I. H. Determination of metabolites products by Cassia angustifolia and evaluate antimicobial activity. **Journal of Pharmacognosy and Phytotherapy**, v. 8, n. 2, p. 25–48, 1 fev. 2016.

ALMEIDA, A. DE; SANTOS, C. C. A. S. **Frutos Amazonicos: Bbiotecnologia e Sustentabilidade**. EDUFT ed. Palmas, TO: [s.n.].

ALVES-ARAUJO, A. **Pouteria in Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Disponível em: <http://floradobrasil2015.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB14492>. Acesso em: 23 jun. 2023.

ALVES-ARAÚJO, A. **Pouteria in Flora do Brasil 2020**. Disponível em: <https://floradobrasil2020.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB14492>. Acesso em: 23 jun. 2023.

ALVES-ARAÚJO, A.; ALVES, M. Checklist of Sapotaceae in northeastern Brazil. **Check List**, v. 9, n. 1, p. 059–062, 2013.

ALVES-ARAÚJO, A.; NICHIO-AMARAL, R. **Pouteria in Flora e Funga do Brasil**. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB14492>.

ALVES-ARAÚJO, A.; SWENSON, U.; ALVES, M. A Taxonomic Survey of Pouteria (Sapotaceae) from the Northern Portion of the Atlantic Rainforest of Brazil. **Systematic Botany**, v. 39, n. 3, p. 915–938, 1 jul. 2014.

ARAUJO, N. M. P. et al. Functional and nutritional properties of selected Amazon fruits: A review. **Food Research International**, v. 147, n. June, 2021.

ASEERVATHAM, G. S. B. et al. Free radical scavenging potential and antihaemolytic activity of methanolic extract of Pouteria campechiana (Kunth) Baehni. and Tricosanthes tricuspidata Linn. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 18, 1 mar. 2019.

AVILA-SOSA, R. et al. Antioxidant Properties of Amazonian Fruits: A Mini Review of in Vivo and in Vitro Studies. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, v. 2019, 2019.

BAKY, M. H. et al. A Review on Phenolic Compounds from Family Sapotaceae. ~ **280** ~ **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 5, n. 2, p. 280–287, 2016.

BARBOSA-CÁNOVAS, G. V et al. **Water Activity in Foods: Fundamentals and Applications**. [s.l.] Copyright © 2007 Blackwell Publishing and the Institute of Food Technologists, 2007.

BASTOS, D. H. M.; ROGERO, M. M.; ARÊAS, J. A. G. Mecanismos de ação de compostos bioativos dos alimentos no contexto de processos inflamatórios

relacionados à obesidade. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 53, n. 5, p. 646–656, 2009.
BORGES, P. R. S. et al. The bioactive constituents and antioxidant activities of ten selected Brazilian Cerrado fruits. **Food Chemistry: X**, v. 14, n. January, 2022.
CACCIOLA, F. et al. Application of Comprehensive Two-Dimensional Liquid Chromatography for Carotenoid Analysis in Red Mamey (Pouteria sapote) Fruit. **Food Analytical Methods**, v. 9, n. 8, p. 2335–2341, 2016.
CAN-CAUICH, C. A. et al. Tropical fruit peel powders as functional ingredients: Evaluation of their bioactive compounds and antioxidant activity. **Journal of Functional Foods**, v. 37, p. 501–506, 2017.
CARNEIRO, F. V. C. **REVISÃO INTEGRATIVA COMPOSTOS BIOATIVOS DE FRUTAS AMAZÔNICAS E SUAS UTILIZAÇÕES**. [s.l.] UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE, 2022.
CHARROUF, Z.; GUILLAUME, D. Phenols and Polyphenols from Argania spinosa. **American Journal of Food Technology**, v. 2, n. 7, p. 679–683, 15 nov. 2007.
CHE, M. N. H.; ABDUL, H. M.; ABDUL, W. R. Assessment of fatty acid composition and response surface optimization of ultrasonic-assisted extraction of phenolic compounds from Pouteria campechiana pulp. **Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences**, v. 14, n. 2, p. 269–277, 2018.
CHEN, J. et al. Chemistry, pharmacokinetics, pharmacological activities, and toxicity of Quercitrin. **Phytotherapy Research**, v. 36, n. 4, p. 1545–1575, 7 abr. 2022.
CIBIN, G. R. et al. Development of aromatic soluble tea from the pulp of Pouteria ramiflora (Mart.) Radlk with health benefits. **South African Journal of Botany**, 2021.
DE SALES, P. M. et al. Pouteria torta epicarp as a useful source of α-amylase inhibitor in the control of type 2 diabetes. **Food and Chemical Toxicology**, v. 109, p. 962–969, 2017.
DINI, I. Flavonoid glycosides from Pouteria obovata (R. Br.) fruit flour. **Food Chemistry**, v. 124, n. 3, p. 884–888, 2011.
DREHER, M. L.; DAVENPORT, A. J. Hass Avocado Composition and Potential Health Effects. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 53, n. 7, p. 738–750, jan. 2013.
DURGAPAL, S. D. et al. Synthesis and studies of flavone and bis-flavone derivatives. **Synthetic Communications**, v. 50, n. 16, p. 2502–2510, 2020.
FABRIS, L. C.; PEIXOTO, A. L. Sapotaceae das Restingas do Espírito Santo, Brasil. **Rodriguesia**, v. 64, n. 2, p. 263–283, 2013.
FAO. **Biodiversidade Frutifera no Brasil**. Disponível em: <https://www.fao.org/brasil/pt/#:~:text=O Marco Estratégico da FAO,2030 para o Desenvolvimento Sustentável.>.
FARIA, A. D. DE et al. Towards a natural classification of Sapotaceae subfamily Chrysophylloideae in the Neotropics. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 185, n. 1, p. 27–55, 2017.
FARIA, J. V. et al. Comparative evaluation of chemical composition and biological activities of tropical fruits consumed in Manaus, central Amazonia, Brazil. **Food Research International**, v. 139, n. October 2020, 2021.

FITRIANSYAH, S. N.; FIDRIANNY, I.; HARTATI, R. Pharmacological activities and phytochemical compounds: Overview of pouteria genus. **Pharmacognosy Journal**, v. 13, n. 2, 2021.
FREIRE, K. DA S.; FERRUCCI, M. S.; GROPPO, M. Flora da Serra do Cipó, Minas Gerais: Sapindaceae. **Boletim de Botânica**, v. 31, n. 1, p. 99, 2013.
FUENTEALBA, C. et al. Characterization of main primary and secondary metabolites and in vitro antioxidant and antihyperglycemic properties in the mesocarp of three biotypes of Pouteria lucuma. **Food Chemistry**, v. 190, p. 403–411, 2016.
GBIF, G. B. I. F. **Global Biodiversity Information Facility**.
GOFF, S. A.; KLEE, H. J. Plant Volatile Compounds: Sensory Cues for Health and Nutritional Value? **Science**, v. 311, n. 5762, p. 815–819, 10 fev. 2006.
GOMES, J. DA S. et al. Brazilian Flora 2020: Leveraging the power of a collaborative scientific network. **TAXON**, v. 71, n. 1, p. 178–198, 17 fev. 2022.
GRASSI, D. et al. Blood Pressure Is Reduced and Insulin Sensitivity Increased in Glucose-Intolerant, Hypertensive Subjects after 15 Days of Consuming High-Polyphenol Dark Chocolate13. **The Journal of Nutrition**, v. 138, n. 9, p. 1671–1676, set. 2008.
GROPPER, S. S.; SMITH, J. L. **Advanced nutrition and human metabolism**. 09. ed. [s.l.] Cengage Learning, 2013.
GROPPER, S. S.; SMITH, J. L.; CARR, T. P. **Advanced Nutrition and Human Metabolism**. 7th. ed. [s.l.] Learning, Cengage, 2017.
GUERRERO-CASTILLO, P. et al. Biological activity and chemical characterization of Pouteria lucuma seeds: A possible use of an agricultural waste. **Waste Management**, v. 88, p. 319–327, 2019.
HALLIWELL, B. Dietary polyphenols: Good, bad, or indifferent for your health? **Cardiovascular Research**, v. 73, n. 2, p. 341–347, 15 jan. 2007.
HURSEL, R.; VIECHTBAUER, W.; WESTERTERP, P. M. S. The effects of green tea on weight loss and weight maintenance: a meta-analysis. **International Journal of Obesity**, v. 33, n. 9, p. 956–961, 14 set. 2009.
IKEDA, M. Atividade antioxidante e anti-inflamatória da hesperidina glicosilada em camundongos submetidos a dieta indutora do estado pró-inflamatório. **Aleph**, 2013.
INGA, M. et al. Chemical characterization of odour-active volatile compounds during lucuma (Pouteria lucuma) fruit ripening. **CYTA - Journal of Food**, v. 17, n. 1, p. 494–500, 1 jan. 2019.
INSTITUTO ADOLFO LUTZ. 1ª Edição Digital. **Métodos físicos-quimicos para análise de Alimentos**, 2008.
ISMAEL, M. F. et al. Chemical characterization of seeds of Amazon fruits as nutritional contribution with functional medicinal potential. **African Journal of Pharmacy and Pharmacology**, v. 14, n. 4, p. 67–76, 31 maio 2020.
JIANG, F.; DUSTING, G. Natural Phenolic Compounds as Cardiovascular Therapeutics: Potential Role of their Antiinflammatory Effects. **Current Vascular Pharmacology**, v. 1, n. 2, p. 135–156, 1 jun. 2003.
KHAN, N.; MUKHTAR, H. Tea Polyphenols in Promotion of Human Health.

Nutrients, v. 11, n. 1, p. 39, 25 dez. 2018.
KRIS-ETHERTON, P. M. et al. BIOACTIVE COMPOUNDS IN NUTRITION AND HEALTH-RESEARCH METHODOLOGIES FOR ESTABLISHING BIOLOGICAL FUNCTION: The Antioxidant and Anti-inflammatory Effects of Flavonoids on Atherosclerosis. **Annual Review of Nutrition**, v. 24, n. 1, p. 511–538, 14 jul. 2004.
KUBITZKI, K. **Celastrales, Oxalidales, Rosales, Cornales, Ericales**. [s.l: s.n.].
LEONTOWICZ, H. et al. Comparative content of some bioactive compounds in apples, peaches and pears and their influence on lipids and antioxidant capacity in rats. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 13, n. 10, p. 603–610, out. 2002.
MA, J. S. et al. Extraction, characterization and antioxidant activity of polysaccharide from Pouteria campechiana seed. **Carbohydrate Polymers**, v. 229, n. June 2019, p. 115409, 2020.
MA, R. A. C.; BRIONES, A. M. S.; CHAVEZ, M. F. P. **Composition of canistel (Pouteria campechiana) turmeric (Cucurma longga) tea**, 2020.
MALTA, L. G. et al. Assessment of antioxidant and antiproliferative activities and the identification of phenolic compounds of exotic Brazilian fruits. **Food Research International**, v. 53, n. 1, p. 417–425, 2013.
MANDEL, S. A. et al. Multifunctional Activities of Green Tea Catechins in Neuroprotection. **Neurosignals**, v. 14, n. 1–2, p. 46–60, 2005.
MASULLO, M. et al. Pouteria lucuma pulp and skin: In depth chemical profile and evaluation of antioxidant activity. **Molecules**, v. 26, n. 17, 2021.
MEGHANA, N. K. et al. Synthesis of phyto-functionalized nano hematite for lung cancer suppressive activity and paracetamol sensing by electrochemical studies. **Process Biochemistry**, v. 123, n. August, p. 76–90, dez. 2022.
MEINHART, A. D. et al. Chlorogenic and caffeic acids in 64 fruits consumed in Brazil. **Food Chemistry**, v. 286, n. February, p. 51–63, 2019.
MOJŽIŠOVÁ, G.; KUCHTA, M. Dietary flavonoids and risk of coronary heart disease. **Physiological Research**, v. 50, n. 6, p. 529–535, 2001.
MOLYNEUX, P. The use of the stable free radical diphenylpicryl-hydrazyl (DPPH) for estimating anti-oxidant activity. **Songklanakarin Journal of Science and Technology**, v. 26, n. 2, p. 211–219, 2004.
MÔNICO, A. Z.; ARAÚJO, A. A. Original Paper most important reproductive characters to determine the species . 2019.
MUSSI, L. P.; PEREIRA, N. R. Storage stability of freeze-dried powder of jambolan (Syzygium cumini (L.)) fruits at different degrees of maturity and packages. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 25, 2022.
NABAVI, S. F. et al. Luteolin as an anti-inflammatory and neuroprotective agent: A brief review. **Brain Research Bulletin**, v. 119, p. 1–11, out. 2015.
NATELLA, F.; SCACCINI, C. Role of coffee in modulation of diabetes risk. **Nutrition Reviews**, v. 70, n. 4, p. 207–217, abr. 2012.
NUR, M. A. et al. Nutritional and biological analysis of the peel and pulp of Pouteria campechiana fruit cultivated in Bangladesh. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 8, 1 jun. 2022.
O'NEIL, C. et al. Food Sources of Energy and Nutrients among Adults in the US: NHANES 2003–2006. **Nutrients**, v. 4, n. 12, p. 2097–2120, 19 dez. 2012.

OLIVEIRA, A. C. DE et al. Pouteria spp. fruits: Health benefits of bioactive compounds and their potential for the food industry. **Food Research International**, v. 173, p. 113310, nov. 2023.
PALMA-OROZCO, G. et al. Purification and partial biochemical characterization of polyphenol oxidase from mamey (Pouteria sapota). **Phytochemistry**, v. 72, n. 1, p. 82–88, 2011.
PAVLIĆ, B. et al. Sustainable raw materials for efficient valorization and recovery of bioactive compounds. **Industrial Crops and Products**, v. 193, n. December 2022, 2023.
PEREIRA, L. DE A. et al. Flora da Usina São José, Igarassu, Pernambuco: Sapindaceae. **Rodriguésia**, v. 67, n. 4, p. 1047–1059, dez. 2016.
PEREZ-VIZCAINO, F.; DUARTE, J. Flavonols and cardiovascular disease. **Molecular Aspects of Medicine**, v. 31, n. 6, p. 478–494, dez. 2010.
PRIOR, R. L.; WU, X.; SCHAICH, K. Standardized Methods for the Determination of Antioxidant Capacity and Phenolics in Foods and Dietary Supplements. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 10, p. 4290–4302, 1 maio 2005.
PULIDO, R.; BRAVO, L.; SAURA-CALIXTO, F. Antioxidant Activity of Dietary Polyphenols As Determined by a Modified Ferric Reducing/Antioxidant Power Assay. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, n. 8, p. 3396–3402, 1 ago. 2000.
RANZATO FILARDI, F. L. et al. Brazilian flora 2020: Innovation and collaboration to meet target 1 of the global strategy for plant conservation (GSPC). **Rodriguesia**, v. 69, n. 4, p. 1513–1527, 2018.
RE, R. et al. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 26, n. 9–10, p. 1231–1237, maio 1999.
REIS, L. P. et al. Algumas Espécies De Sapotaceae No Leste Da Amazônia. **Floresta**, v. 43, n. 3, p. 395–406, 2013.
RENJITH ALEX, A. et al. GC-MS Analysis Of Phytochemical Compounds Present In The Chloroform Extract Of Viburnum punctatum Buch-Ham Ex D.Don. **Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences**, v. 9, n. 0975–8585, 2018.
RICHARDSON, A. Sapotaceae. In: **Plants of the Rio Grande Delta**. New Work, USA.: University of Texas Press, 1995. p. 194–194.
RODRIGUES, C. F.; YAMAGUCHI, K. Caracterização Química E Aproveitamento Biotecnológico Do Abricó Amazônico (Mammea Americana). **Agri-Environmental Sciences**, v. 6, p. 7, 2020.
RODRÍGUEZ, C. et al. Analysis of the volatile components of pouteria sapota (Sapote Mamey) fruit by HS-SPME-GC-MS. **Natural Product Communications**, v. 13, n. 8, p. 1027–1030, 2018.
ROGERIO, A. P. et al. Anti-inflammatory activity of quercetin and isoquercitrin in experimental murine allergic asthma. **Inflammation Research**, v. 56, n. 10, p. 402–408, 18 out. 2007.
ROSS, A. C. et al. **Modern nutrition in health and disease: Eleventh edition**. Eleventh E ed. [s.l.] Wolters Kluwer Health Adis (ESP), 2012.

SANTO, B. L. S. DO E. et al. Dietary fiber chemical structures and physicochemical properties of edible Pouteria glomerata fruits, native from Brazilian Pantanal. **Food Research International**, v. 137, p. 109576, 1 nov. 2020.
SANTOS, D. C. A. DOS et al. PRODUCTION, PHYSICAL-CHEMICAL AND SENSORY ANALYSIS OF ABIU (POUTERIA CAIMITO) JELLY WITH CHIA. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, 2021.
SILVA, B. A. DA et al. Antioxidant capacity and phenolics of Pouteria macrophylla, an under-utilized fruit from Brazilian Amazon. **European Food Research and Technology**, v. 234, n. 5, p. 761–768, 2012.
SILVA, L. Y. DOS S. et al. Hibiscus acetosella: An Unconventional Alternative Edible Flower Rich in Bioactive Compounds. **Molecules**, v. 28, n. 12, p. 4819, 16 jun. 2023.
SOARES, L. P.; JOSÉ, A. R. S. Compostos bioativos em polpas de mangas "rosa" e "espada" submetidas ao branqueamento e congelamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 2, p. 579–586, 2013.
SOCCI, V. et al. Enhancing Human Cognition with Cocoa Flavonoids. **Frontiers in Nutrition**, v. 4, 16 maio 2017.
SURH, Y.-J. et al. Molecular mechanisms underlying chemopreventive activities of anti-inflammatory phytochemicals: down-regulation of COX-2 and iNOS through suppression of NF-κB activation. **Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis**, v. 480–481, p. 243–268, set. 2001.
SWENSON, U.; ANDERBERG, A. A. Phylogeny, character evolution, and classification of Sapotaceae (Ericales). **Cladistics**, v. 21, n. 2, p. 101–130, 2005.
TACIAS-PASCACIO, V. G. et al. Aqueous extraction of seed oil from mamey sapote (Pouteria sapota) after viscozyme l treatment. **Catalysts**, v. 11, n. 6, p. 1–15, 2021.
TORRES-RODRÍGUEZ, A. et al. Soluble phenols and antioxidant activity in mamey sapote (Pouteria sapota) fruits in postharvest. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 1956–1961, 2011.
UTINO, G. A. F. et al. DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE GELEIA DE GUAPEVA COMUM E EXTRA. In: **Ciência e tecnologia de alimentos: Pesquisas e avanços**. [s.l.] Agron Food Academy, 2023.
UUH, J. J. N.; GONZÁLEZ, M. A. T.; SEGURA, M. R. C. A study on nutritional and functional study properties of Mayan plant foods as a new proposal for type 2 diabetes prevention. **Food Chemistry**, v. 341, n. October 2020, p. 128247, 2021.
VALENTE, D. M.; SOUSA, J. DOS S. DE; BASTOS, M. DE N. DO C. Estudo taxonômico de Sapotaceae Juss. do litoral Paraense. **Acta Amazonica**, v. 43, n. 2, p. 161–168, jun. 2013.
VEERAMANI, C. et al. Pouteria Caimito nutritional fruit derived silver nanoparticles and core-shell nanospheres synthesis, characterization, and their oral cancer preventive efficiency. **Journal of Molecular Structure**, v. 1245, 2021.
VELIOGLU, Y. S. et al. Antioxidant Activity and Total Phenolics in Selected Fruits, Vegetables, and Grain Products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, n. 10, p. 4113–4117, 1998.
WANG, L. et al. The Potential Role of Phytonutrients Flavonoids Influencing Gut Microbiota in the Prophylaxis and Treatment of Inflammatory Bowel Disease.

Frontiers in Nutrition, v. 8, 14 dez. 2021.
WEINREB, O. et al. Targeting dysregulation of brain iron homeostasis in Parkinson's disease by iron chelators. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 62, p. 52–64, set. 2013.
YAHIA, E. M.; GUTIÉRREZ-OROZCO, F.; ARVIZU-DE LEON, C. Phytochemical and antioxidant characterization of mamey (Pouteria sapota Jacq. H.E. Moore & Stearn) fruit. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 2175–2181, 2011.
YAHYA, N. A.; WAHAB, R. A. EXTRACTION AND CHARACTERIZATION OF GALLIC ACID DERIVATIVES FROM Pouteria campechiana FOR TOPICAL ANTI-AGEING NANOEMULSION NUR AZZANIZAWATY BINTI YAHYA UNIVERSITI TEKNOLOGI MALAYSIA. v. 2, p. 83–86, 2017.
ZAPPI, D. C. et al. Growing knowledge: An overview of Seed Plant diversity in Brazil. **Rodriguesia**, v. 66, n. 4, p. 1085–1113, 2015.
ZHAO, J.-G. et al. Association Between Calcium or Vitamin D Supplementation and Fracture Incidence in Community-Dwelling Older Adults. **JAMA**, v. 318, n. 24, p. 2466, 26 dez. 2017.