



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS  
FACULDADE DE QUÍMICA

CELESTE DE JESUS PEREIRA FRANCO

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DOS ÓLEOS  
ESSENCIAIS DAS FOLHAS de *Eugenia patrisii* Vahl, *E. punicifolia* (Kunth) DC., E  
*Myrcia tomentosa* (Aubl.) DC., MYRTACEAE**

BELÉM  
2021

CELESTE DE JESUS PEREIRA FRANCO

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DOS ÓLEOS  
ESSENCIAIS DAS FOLHAS de *Eugenia patrisii* Vahl, *E. punicifolia* (Kunth) DC., E  
*Myrcia tomentosa* (Aubl.) DC., MYRTACEAE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito final para obtenção do título de Bacharel em Química Industrial, pela Faculdade de Química, Instituto de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Federal do Pará.

Orientadora: Prof. Dra. Eloisa Helena de Aguiar Andrade.

BELÉM  
2021

CELESTE DE JESUS PEREIRA FRANCO

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DOS ÓLEOS  
ESSENCIAIS DAS FOLHAS de *Eugenia patrisii* Vahl, *E. puniceifolia* (Kunth) DC, E  
*Myrcia tomentosa* (Aubl.) DC., MYRTACEAE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito final para obtenção do título de Bacharela em Química Industrial, pela Faculdade de Química, Instituto de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Federal do Pará.

Orientadora: Prof. Dra. Eloisa Helena de Aguiar Andrade.

Data da apresentação: 20/09/2021

Conceito: EXCELENTE

**BANCA EXAMINADORA**



*Orientadora*

---

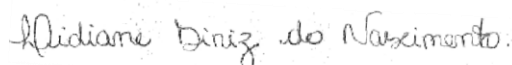
Profa. Dra. Eloisa Helena de Aguiar Andrade.  
Faculdade de Química – ICEN – UFPA



*Membro*

---

Profa. Dra. Patrícia Santana Barbosa Marinho  
Faculdade de Química – ICEN – UFPA



*Membro*

---

Dra. Lidiane Diniz do Nascimento  
Coordenação de Botânica - Museu Paraense Emílio Goeldi

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a **Deus**, que me permitiu ter saúde e sabedoria para alcançar os meus objetivos.

Agradeço a Universidade Federal do Pará (UFPA) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo incentivo financeiro e agradeço ao Laboratório Adolpho Ducke (LAD-MPEG) por disponibilizar a infraestrutura para que esse trabalho fosse realizado.

Agradeço ao meu pai **Antonio Jorge de Jesus Franco** (*In memoriam*), que infelizmente não pode viver esse momento tão importante da minha vida, mas que sempre me apoiou e cuidou de mim.

Agradeço a minha mãe, **Jerciane Franco**, por sempre ter lutado pela minha educação e a dos meus irmãos, obrigada por todo apoio, carinho e amor. Aos meus irmãos **Celhina Franco, José Neto e Pedro Lucas Pereira** por estarem comigo sempre, por serem as pessoas em que posso compartilhar as minhas tristezas e alegrias.

Gostaria de agradecer com todo carinho a minha orientadora, **Dra. Eloisa Andrade**, pela oportunidade, paciência e ensinamentos, e por ter contribuído com o meu desenvolvimento profissional.

Agradeço a todos os meus familiares que ajudaram a minha mãe e a mim nessa jornada, especialmente aos meus avós **Saturnina Pereira e José Raimundo Pereira**, aos meus tios, em especial **Gilcimar Pereira e Jocivania Pereira**, a minha madrinha **Elza Assunção**, ao meu padrasto **Marinho Gonçalves**.

Agradeço aos meus amigos e colegas do Laboratório Adolpho Ducke (LAD) pelos ensinamentos e momentos divertidos, e que foram fundamentais para a realização desse trabalho: **Oberdan Ferreira, Angelo Moraes, Lidiane Nascimento, Márcia Cascaes, Tainá dos Anjos, Giovanna Siqueira, Oseias Souza Júnior, Olivia Souza, Edivany Ribeiro**.

Agradeço também aos meus amigos **Renan Campos, Henryck Fernandes e Jamile Silva** pelos ensinamentos, pela ajuda e pelos momentos divertidos que tive durante a minha jornada científica.

Aos amigos que me acompanham desde do ensino médio, **Matheus Batista, Railson Pontes, Jhonata Alves e Luana Abigail**, que me confortam nos meus momentos de desespero e que fazem os meus dias alegres.

Agradeço a todos os amigos que fiz durante a graduação, em especial **Ana Jacklyne da Silva**, minha dupla nos trabalhos da faculdade, obrigada pela cumplicidade e pelas palavras de apoio.

Agradeço a todos que deixei de mencionar, mas que contribuíram de alguma forma, diretamente ou indiretamente, na realização deste trabalho enriquecendo o meu aprendizado, meu muito obrigado.

## RESUMO

*Eugenia* L. e *Myrcia* DC. são os gêneros mais representativos da família Myrtaceae. As espécies desses gêneros são utilizadas na medicina tradicional e outras são apreciadas por seus frutos comestíveis. Além disso, são fontes de óleos essenciais com grande potencial antioxidante, anticancerígeno, fitotóxico e antimicrobiano. Nesse sentido, o objetivo desse trabalho foi avaliar a composição química e a atividade antioxidante dos óleos essenciais das folhas de *Eugenia patrisii*, *E. puniceifolia* e *Myrcia tomentosa*. Os óleos essenciais (OEs) foram extraídos das folhas de espécimes (A e B) de *E. patrisii*, *E. puniceifolia* e *M. tomentosa*, por hidrodestilação e analisados por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa (CG-EM). A capacidade antioxidante dos OEs foi determinada utilizando os ensaios 2,2-difenil-1-picril-hidrazila (DPPH) e de capacidade antioxidante equivalente de trolox (TEAC). Para *Eugenia patrisii*, germacreno D (20,03%), biciclogermacreno (11,82%) e (*E*)-cariofileno (11,04%) foram identificados como os principais constituintes do OE extraído do espécime A, enquanto o espécime B apresentou principalmente  $\gamma$ -elemeno (25,89%), germacreno B (8,11%) e (*E*)-cariofileno (10,76%). O OE do espécime A de *E. puniceifolia* foi caracterizado por  $\beta$ -elemeno (25,12%), (*E*)-cariofileno (13,11%) e biciclogermacreno (9,88%), enquanto o espécime B foi composto por (*E*)-cariofileno (11,47%), biciclogermacreno (5,86%),  $\beta$ -pineno (5,86%) e  $\gamma$ -muuroleno (5,55%). O espécime A de *Myrcia tomentosa* foi caracterizado por  $\gamma$ -elemene (12,52%), germacreno D (11,45%) e (*E*)-cariofileno (10,22%), enquanto que o espécime B continha espatulenol (40,70%),  $\alpha$ -zingibereno (9,58%) e  $\gamma$ -elemeno (6,89%). A composição química dos OEs foi qualitativa e quantitativamente afetada pelo período de coleta. Além disso, os OEs dos espécimes estudados, especialmente o espécime A de *E. puniceifolia*, mostrou uma maior atividade antioxidante em DPPH ao invés de TEAC, representado por uma percentagem de inibição significativamente elevada (408,0%).

**Palavras-Chaves:** Myrtaceae, produtos naturais, óleos essenciais, capacidade antioxidante.

## ABSTRACT

*Eugenia* L. and *Myrcia* DC. are the most representative genera of the Myrtaceae family. The species of these genera are used in traditional medicine and others are appreciated for their edible fruits. In addition, they are essential oils sources with great antioxidant, anticancer, phytotoxic and antimicrobial potential. The aim of this work was to evaluate the chemical composition and antioxidant activity of essential oils from the leaves of *Eugenia patrisii*, *E. puniceifolia* and *Myrcia tomentosa*. Essential oils (EOs) were extracted from *Eugenia patrisii*, *E. puniceifolia*, and *Myrcia tomentosa*, specimens A and B, using hydrodistillation. Gas chromatography coupled with mass spectrometry (GC/MS) was used to identify the volatile constituents present, and the antioxidant capacity of EOs was determined using diphenylpicryl-hydrazyl (DPPH) and trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) assays. For *E. patrisii*, germacrene D (20.03%), bicyclogermacrene (11.82%), and (*E*)-caryophyllene (11.04%) were identified as the major constituents of the EOs extracted from specimen A, whereas specimen B primarily comprised  $\gamma$ -elemene (25.89%), germacrene B (8.11%), and (*E*)-caryophyllene (10.76%). The EOs of *E. puniceifolia* specimen A contained  $\beta$ -Elemene (25.12%), (*E*)-caryophyllene (13.11%), and bicyclogermacrene (9.88%), while specimen B was composed of (*E*)-caryophyllene (11.47%), bicyclogermacrene (5.86%),  $\beta$ -pinene (5.86%), and  $\gamma$ -muurolene (5.55%). The specimen A of *M. tomentosa* was characterized by  $\gamma$ -elemene (12.52%), germacrene D (11.45%), and (*E*)-caryophyllene (10.22%), while specimen B contained spathulenol (40.70%),  $\alpha$ -zingiberene (9.58%), and  $\gamma$ -elemene (6.89%). Additionally, the chemical composition of the EOs was qualitatively and quantitatively affected by the collection period. Furthermore, the EOs of the studied specimens, especially specimen A of *E. puniceifolia*, showed a greater antioxidant activity in DPPH rather than TEAC, as represented by a significantly high inhibition percentage (408.0%).

**Keywords:** Myrtaceae, natural products, essential oils, antioxidant capacity

## LISTA DE TABELAS E FIGURAS

- Figura 1** - Dendrograma representando a relação de similaridade das amostras de OEs das folhas de *E. patrisii* (A), *E. patrisii* (B), *E. puniceifolia* (A), *E. puniceifolia* (B), *M. tomentosa* (A) e *M. tomentosa* (B)..... **23**
- Tabela 1** - Composição química dos OEs extraídos de folhas de *Eugenia patrisii*, *E. puniceifolia* e *Myrcia tomentosa* por hidrodestilação (HD); os valores de concentração são expressos em (%) ..... **24**
- Tabela 2** - Atividade de eliminação dos radicais ABTS •+ e DPPH • (%) de OEs das folhas dos espécimes de *Eugenia* e *Myrcia*..... **27**



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>11</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	11
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>12</b>
3.1 ÓLEOS ESSENCIAIS .....	12
3.2 APLICAÇÃO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS .....	13
<b>3.2.1 Atividade antioxidante</b> .....	<b>14</b>
3.3 DIVERSIDADE DA FLORA AMAZÔNICA .....	15
3.4 FAMÍLIA MYRTACEAE .....	16
<b>3.4.1 Os Gêneros <i>Eugenia L.</i> e <i>Myrcia DC.</i></b> .....	<b>17</b>
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>19</b>
4.1 MATERIAL BOTÂNICO .....	19
4.2 PREPARAÇÃO DO MATERIAL BOTÂNICO .....	19
4.3 ISOLAMENTO DO ÓLEO ESSENCIAL .....	19
4.4 ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA .....	19
4.5 DOSAGEM DA CAPACIDADE ANTIOXIDANTE EQUIVALENTE AO TROLOX .....	20
4.6 DOSAGEM DA CAPACIDADE ANTIOXIDANTE PELO MÉTODO DPPH .....	21
4.7 ANÁLISE MULTIVARIADA .....	21
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>22</b>
5.1 RENDIMENTOS DOS ÓLEOS ESSENCIAIS .....	22
5.2 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS .....	22
<b>5.2.1 Análise Multivariada</b> .....	<b>24</b>
5.3 CAPACIDADE ANTIOXIDANTE .....	27
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	<b>29</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>30</b>
<b>APÊNDICE A – Artigo Chemical Composition and Antioxidant Activity of Essential Oils from <i>Eugenia patrisii</i> Vahl, <i>E. puniceifolia</i> (Kunth) DC., and <i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC., Leaf of Family Myrtaceae</b> .....	<b>39</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As plantas aromáticas e medicinais têm sido utilizadas na alimentação, na agricultura e no tratamento de doenças há muitos anos (CUTRIM *et al.*, 2019). Elas são conhecidas por produzir óleos essenciais (OEs) e fragrâncias ou aromas que estimulam o olfato. Normalmente um produto do metabolismo secundário, os OEs são de grande importância econômica e têm aplicações em vários campos, tais como produtos farmacêuticos, cosméticos e alimentícios. Eles estão presentes em diferentes partes da planta, incluindo flores, folhas, caules, frutos, ramos e sementes (GYESI; OPOKU; BORQUAYE, 2019; PAVELA, 2015).

Os óleos essenciais são misturas complexas, hidrofóbicas, formadas principalmente por monoterpenos, sesquiterpenos e seus derivados oxigenados (BAKKALI *et al.*, 2008; OLIVEIRA *et al.*, 2019). Eles são produtos de alto valor com uma grande variedade de propriedades biológicas interessantes. Estas incluem propriedades antifúngicas, antibacterianas, anticancerígenas, citotóxicas e alelopáticas com efeitos profundos em animais, humanos e até mesmo em outras plantas (ALI; YUSUF; ABDALAZIZ, 2017).

Myrtaceae é uma família de angiospermas que inclui aproximadamente 130 gêneros e 5671 espécies distribuídas em regiões tropicais e subtropicais do planeta, com centros de diversidade na América do Sul, Austrália e Ásia tropical (GOVAERTS *et al.*, 2014). No Brasil, a família Myrtaceae compreende 27 gêneros e 1026 espécies e está distribuída em cinco regiões e em diferentes domínios fitogeográficos (GOVAERTS *et al.*, 2014; PROENÇA *et al.*, 2020). Dispersas nas florestas brasileiras, as espécies dessa família são economicamente importantes e cultivadas não só pelos seus frutos comestíveis, mas também para uso ornamental e madeira (CASCAES *et al.*, 2015). Além disso, são fontes de óleos essenciais que possuem propriedades inseticida, antiparasita, antifúngica, antibacteriana, antimicrobiana e antioxidante (DA SILVA *et al.*, 2018; SINGH *et al.*, 2012).

*Eugenia* é um dos gêneros mais importantes da família Myrtaceae, suas espécies se destacam pela exploração comercial de seus frutos comestíveis, madeira e óleos essenciais, além das suas utilizações na medicina tradicional (CHAIIEB *et al.*, 2007; FIGUEIREDO *et al.*, 2019). No Brasil, este gênero é representado por 392 espécies distribuídas em todas as regiões (MAZINE *et al.*, 2020). *Eugenia patrisii*, popularmente conhecida como ubaia-rubí, cresce predominantemente na Amazônia (MAZINE *et al.*, 2020) e produz frutas comestíveis que são usadas para fazer suco, geleia e sorvete (SOUSA *et al.*, 2019). *Eugenia puniceifolia* pertence a um grupo de espécies conhecidas como pedra-ume-caá, e é usado na medicina tradicional para tratar diabetes, febre e outras doenças na forma de infusões (BASTING *et al.*, 2014; SALES *et al.*, 2014).

*Myrcia* é também um dos maiores gêneros da família Myrtaceae, com mais de 400 espécies encontradas em diferentes biomas do sul ao norte do Brasil (SANTOS *et al.*, 2020). Espécies do gênero *Myrcia* exibem várias atividades biológicas, incluindo atividades antinociceptiva, anti-inflamatória, antioxidante, antimicrobiana, hipoglicêmica e anti-hemorrágica. Muitas espécies de *Myrcia* também produzem OEs com alta concentração de mono e sesquiterpenos, bem como extratos ricos em compostos fenólicos e flavonoides, responsáveis por uma ampla gama de atividades biológicas (CASCAES *et al.*, 2015).

O grupo de pesquisa com o projeto denominado "Avaliações química e biológica de óleos essenciais de espécies aromáticas ocorrentes na Amazônia Legal" visa o desenvolvimento de pesquisas de campo e coleta de plantas aromáticas para destilação de seus óleos essenciais e suas atividades biológicas e potenciais antioxidantes. O grupo tem contribuído com trabalhos que promovem a expansão de conhecimento e potencial das plantas aromáticas oriundas da região Amazônica. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi determinar a composição química dos OEs obtidos das folhas de espécimes de *Eugenia patrisii*, *E. puniceifolia* e *Myrcia tomentosa*, e avaliar sua atividade antioxidante, para contribuir com os estudos de plantas aromáticas encontradas na região Amazônica, particularmente no estado do Pará, Brasil.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Investigar os constituintes voláteis presentes nos óleos essenciais das folhas secas de espécimes de *Eugenia patrisii*, *E. puniceifolia* e *Myrcia tomentosa* coletados na Microrregião do Salgado, Nordeste Paraense.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obter os óleos essenciais pela técnica de hidrodestilação;
- Analisar a composição química de óleos essenciais por CG/EM e CG/DIC;
- Analisar estatisticamente a composição química obtida dos espécimes estudados através da análise hierárquica de agrupamento;
- Determinar a capacidade antioxidante pelos métodos TEAC e DPPH.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 ÓLEOS ESSENCIAIS

Os produtos naturais são utilizados pela humanidade desde tempos imemoriais, pois há indícios do seu uso nas civilizações oriental e ocidental (VIEGAS JR; BOLZANI; BARREIRO, 2006). Nas últimas décadas é crescente a utilização e a demanda por produtos naturais, em todo o mundo, devido aos problemas inconvenientes que os produtos sintéticos podem causar à saúde humana e ao meio ambiente. O interesse no uso de compostos naturais que podem substituí-los pode ser observado em todo o segmento industrial relacionado ao consumo humano ou animal, como as indústrias alimentícia, veterinária e cosmética (GONÇALVES *et al.*, 2017).

As plantas aromáticas e medicinais são fontes de substâncias potencialmente ativas com propriedades biológicas interessantes que geralmente estão relacionadas com os seus metabolismos secundários (FIGUEIREDO *et al.*, 2008). Os óleos essenciais (OEs) são produtos provenientes do metabolismo secundário dos vegetais, são compostos naturais altamente voláteis e complexos, hidrofóbicos e possuem a densidade menor que a água, são responsáveis por dar sabor e aroma às plantas aromáticas (MORAIS, 2009; PAVELA; BENELLI, 2016). Em temperatura ambiente, os OEs apresentam um aspecto oleoso e se diferenciam dos óleos fixos pela sua alta volatilidade, geralmente são incolores ou levemente amarelados, com sabor ácido e picante, pouco estáveis em presença de luz, calor e ar (MORAIS, 2009; OLIVEIRA *et al.*, 2016b).

O termo “essencial” está relacionado à natureza aromática destes óleos, de modo que o óleo captura as essências das plantas da qual foi extraída (LUBBE; VERPOORTE, 2011). As características aromáticas dos OEs estão diretamente relacionadas com diversas funções nas plantas, nos quais aumentam a sua a capacidade de resistência, tais como, atração de polinizadores e insetos benéficos, defesa contra pragas e microrganismos patógenos (REHMAN *et al.*, 2016).

Os óleos essenciais são sintetizados em diversas partes das plantas, tais como, folhas, caule, flores e frutos, casca ou raízes, e são armazenados em células secretoras, cavidades, canais, células epidérmicas ou tricomas glandulares (DHIFI *et al.*, 2016; DIMA; DIMA, 2015). Os OEs são produzidos por mais de 17.500 espécies de plantas aromáticas, geralmente pertencentes às famílias de angiospermas, tais como, Lamiaceae, Rutaceae, Myrtaceae, Zingiberaceae e Asteraceae (REGNAULT-ROGER; VICENT; ARNASON, 2012).

Do ponto de vista químico, os OEs são misturas complexas que podem conter mais de 300 componentes químicos diferentes (WOLFFENBUTTEL, 2010). Estes são compostos orgânicos de baixo peso molecular e, a sua pressão de vapor à pressão atmosférica e à temperatura ambiente é suficientemente elevada para que sejam encontradas parcialmente no estado de vapor (SELL, 2006). A cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas é uma das técnicas usadas para se obter a composição de voláteis detalhada (CHRISTAKI *et al.*, 2012). Os OEs são misturas formadas por terpenoides, principalmente monoterpenos e sesquiterpenos, e seus derivados oxigenados geralmente fenóis, óxidos, éteres, álcool, ésteres, aldeídos e cetonas. A atividade dos óleos essenciais, está relacionada a este conjunto de substâncias. Tais atividades incluem: antioxidante, antifúngica, antibacteriana, anticancerígena, citotóxicos e fitotóxicas (BASER; BUCHBAUER, 2009; CALO *et al.*, 2015).

A composição química dos óleos essenciais é determinada por fatores genéticos. No entanto, outros fatores decorrentes da interação planta e ambiente, como planta e microrganismos, planta e planta, idade, estágio de desenvolvimento, luminosidade, temperatura, pluviosidade, nutrição, época e horário de coleta, bem como técnicas de colheita e pós-colheita, também podem fazer alterações significativas na produção dos metabólitos secundários (CASTRO *et al.*, 2020; ZENG *et al.*, 2015).

A forma de obtenção desses óleos também é um dos fatores mais importantes relacionados ao seu uso. Nas últimas décadas, a procura internacional por estes produtos têm aumentado o interesse por novos processos de obtenção visando à qualidade do produto, assim como, o baixo custo operacional do processo (ROMDHANE; TIZAOUI, 2005; SERAFINI; BARROS; AZEVEDO, 2001). Os óleos essenciais são obtidos majoritariamente por destilação a vapor ou hidrodestilação em escala laboratorial e industrial (BORSATO *et al.*, 2008). No caso de frutos cítricos, a prensagem a frio de pericarpos é a mais utilizada (BIZZO; HOVELL; REZENDE, 2009).

### 3.2 APLICAÇÃO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS

Atualmente cerca de 3.000 óleos essenciais são conhecidos, sendo que 300 possuem importância do ponto de vista comercial. Devido às suas características de sabor e fragrância e suas atividades biológicas, os OEs vêm sendo bastante explorados e utilizados em diversos setores da indústria. Na indústria de alimentos, são utilizados como aromatizantes e na conservação dos produtos; na indústria de cosméticos, as suas fragrâncias são utilizadas na fabricação de perfumes e produtos para a pele; na indústria farmacêutica os OEs são

utilizados devido às suas propriedades antimicrobianas, antimutagênica, anticâncer, antioxidantes, anti-inflamatória, imunomoduladora, para fabricação de insumos que serão utilizados em fármacos (DIMA; DIMA, 2015; LUBBE; VERPOORTE, 2011).

Os OEs são amplamente utilizados para aromaterapia, e em outros produtos de saúde alternativos. Eles são conhecidos por aliviar o estresse, e são usados em vários tratamentos, tais como distúrbios do sono, doença de Alzheimer e problemas cardiovasculares (RAMSEY *et al.*, 2020). Eles constituem alternativas eficazes aos pesticidas sintéticos sem produzir efeitos adversos sobre o meio ambiente. Na agricultura, estes óleos são empregados como um método alternativo para o controle de inseto-praga e de doenças causadas por fungos, vírus ou bactérias (LIMA; CARDOSO, 2007). O uso de aditivos naturais pode trazer benefícios na alimentação, digestão e desempenho dos animais, assim como, nos produtos provenientes dos mesmos. Estudos sugerem o uso dos óleos essenciais como aditivos para rações em animais de fazenda que podem substituir os “antibióticos na ração” (KITAKA *et al.*, 2019).

### **3.2.1 Atividade antioxidante**

A busca por compostos naturais antioxidantes como alternativa para substituir os antioxidantes sintéticos é crescente nos últimos anos, devido aos efeitos colaterais tóxicos que os antioxidantes sintéticos causam à saúde humana (YANG *et al.*, 2010). Antioxidantes são substâncias que retardam ou previnem a oxidação lipídica, quando ocorre a produção excessiva de radicais de oxigênio devido a fatores ambientais ou processos patofisiológicos (DUARTE-ALMEIDA *et al.*, 2006; SUCUPIRA *et al.*, 2015). Ademais, atuam como eliminadores de radicais livres, nos quais ajudam a proteger o organismo humano contra diversas doenças (YANG *et al.*, 2010).

Os antioxidantes são compostos aromáticos, amplamente utilizados na indústria, que podem ser sintéticos ou naturais (organosulfurados, fenólicos e terpenos) que fazem parte da constituição de diversos alimentos (RAMALHO; JORGE, 2006). Quanto aos mecanismos de ação envolvendo o combate dos radicais livres, os antioxidantes podem ser classificados como primários e secundários. Os antioxidantes primários são aqueles que atuam interrompendo a cadeia da reação através da doação de elétrons ou hidrogênio aos radicais livres, por outro lado, os antioxidantes secundários atuam na complexação com metais, sequestro de oxigênio, decomposição de hidroperóxidos para formar espécie não radical, absorção da radiação ultravioleta ou desativação de oxigênio singlete (DEL RÉ; JORGE, 2012).

As plantas aromáticas e medicinais são alvos de estudos quanto a suas atividades antioxidantes, uma vez que seus metabólitos secundários agem inibindo a formação de

radicais livres. Os óleos essenciais têm sido os principais alvos devido ao seu amplo espectro de atividades biológicas, incluindo ação antioxidante (SILVA *et al.*, 2018a). Estes são constituídos por diferentes compostos orgânicos que podem doar hidrogênio, inibindo os radicais livres e minimizando o estresse oxidativo (HAMIDPOUR *et al.*, 2017; NASCIMENTO *et al.*, 2020). Estudos demonstram que os OEs possuem potencial antioxidante, tais como o de *Piper. mollipilosum*, *P. brachypetiolatum*, *P. glandulosissimum*, *P. madeiranum* (ARAUJO *et al.*, 2020), *Rosmarinus officinalis* (NASCIMENTO *et al.*, 2020), *Eugenia klotzschiana* (CARNEIRO *et al.*, 2017).

Existem diferentes parâmetros que determinam a capacidade antioxidante, dentre eles se encontram a remoção de um radical peroxil (ORAC - oxygen radical absorbance capacity, TRAP - total reactive antioxidant potential), a capacidade de redução de metal (FRAP - ferric reducing antioxidant power, CUPRAC - cupric ion reducing antioxidant capacity), a capacidade de remoção de radical orgânico (ABTS - 2,20-azino-bis (ácido 3-ethylbenzthiazoline-6-sulfônico), DPPH - peroxidação do 2,2-difenil-1-picrylhydrazil) e a quantificação de produtos formados durante a peroxidação de lipídeos (TBARS, a oxidação do LDL, co-oxidação do  $\beta$ -caroteno) (SUCUPIRA *et al.*, 2015).

### 3.3 DIVERSIDADE DA FLORA AMAZÔNICA

A busca por novos compostos bioativos para serem utilizados como base para indústria é largamente direcionado a fontes naturais, principalmente a entidades botânicas (BURLANDO; CORNARA, 2017). Aproximadamente dois terços da diversidade biológica são encontrados em países tropicais, principalmente em países em desenvolvimento. Dentre estes países, o Brasil é considerado detentor da maior biodiversidade do planeta. A floresta amazônica abrange cerca 40% do território nacional, com a ocorrência de quase 30.000 espécies de plantas, sendo um terço delas medicinais e/ou aromáticas e quase 70% dessas usadas como medicamentos pela população local, além de outros usos (VIEIRA; BIZZO; DESCHAMPS, 2009).

Os estudos sobre o potencial da flora amazônica são recentes, logo o que se sabe sobre as plantas da região é devido às populações tradicionais que vivem na região. Desde tempos imemoriais, as plantas odoríferas são usadas pelos índios e foi repassada oralmente aos seus descendentes caboclos e ribeirinhos, urbanos, classe média ou alta, que as utilizam na alimentação, na medicina, na cosmética natural, na perfumaria e nos rituais da aromaterapia amazônica (BARATA, 2012).



Sendo assim, se torna necessário abranger os estudos sobre as espécies presentes na região, já que são consideradas uma fonte renovável para a produção de óleo essencial, além de ser uma alternativa econômica de desenvolvimento e sustentabilidade para a região (MAIA; ANDRADE, 2009). Dentre as espécies que já foram estudadas e as que estão presentes na região amazônica como fontes de óleos essenciais, podemos destacar as espécies da família Lauraceae (CASTRO *et al.*, 2020; DA SILVA *et al.*, 2016a), Myrtaceae (JERÔNIMO *et al.*, 2021), Annonaceae (DE ALENCAR *et al.*, 2016), Piperaceae (DA SILVA *et al.*, 2014, 2016b) e entre outras.

### 3.4 FAMÍLIA MYRTACEAE

Myrtaceae juss. é uma das mais importantes e mais ricas famílias da flora brasileira, com mais de 1030 espécies distribuídas em todas as regiões do país (SANTOS *et al.*, 2018). A diversidade da família Myrtaceae é reconhecida por incluir espécies com um vasto potencial econômico. Dentre os gêneros mais representativos dessa família se destacam *Eugenia*, *Myrcia*, *Myrtus*, *Psidium*, *Pimenta*, *Syzygium*, *Eucalyptus* e *Malaleuca* (LAGO *et al.*, 2011). Várias espécies possuem frutos comestíveis que são utilizados na produção de suco, geleia e doce, como a goiabeira (*Psidium guajava* L.), jambeiro (*Syzygium* spp.) e a pitangueira (*Eugenia uniflora* L.) (PEREIRA *et al.*, 2012; SANTOS *et al.*, 2018). As espécies desta família possuem importância ecológica, pois são fontes de alimento da fauna silvestre, o que acaba veiculando a dispersão das sementes e favorecendo a sobrevivência e permanência das espécies (GRESSLER; PIZO; MORELLATO, 2006).

Algumas espécies são madeireiras como a do gênero *Eucalyptus*, das quais são cultivadas e utilizadas na produção de papel, poste de energia e carvão vegetal. Outras são utilizadas como especiarias e como conservantes em muitos alimentos como o cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & L.M. Perry) (BATIHA *et al.*, 2020). Ademais, as espécies da família Myrtaceae são muito utilizadas na medicina tradicional, principalmente as folhas, cascas e os frutos, nas quais, são empregadas principalmente no combate de distúrbios gastrointestinais, doenças hemorrágicas, e doenças infecciosas, com uma ação que geralmente pode estar relacionada com suas propriedades adstringentes (CRUZ; KAPLAN, 2004). Além disso, as espécies de Myrtaceae também são reconhecidas por serem produtoras de metabólitos secundários como os óleos essenciais (MENDES *et al.*, 2016).

Os óleos essenciais da família Myrtaceae possuem uma grande importância para a descoberta de novas técnicas que serão capazes de solucionar problemas em diversos setores, como saúde, alimentação, e até produção agrícola (FERREIRA *et al.*, 2020). Estudos

realizados com os óleos essenciais das plantas da família Myrtaceae relatam que estes têm propriedades importantes como inseticida, antiparasita, antifúngica, antibacteriana, antimicrobiana e atividades antioxidantes (DA SILVA *et al.*, 2018; FERREIRA *et al.*, 2020; LAGO *et al.*, 2011).

#### 3.4.1 Os Gêneros *Eugenia* L. e *Myrcia* DC.

*Eugenia* L. é um dos gêneros mais representativos da família Myrtaceae, no Brasil estima-se a ocorrência de cerca 400 espécies (STEFANELLO; PASCOAL; SALVADOR, 2011). As espécies desse gênero são usadas na medicina tradicional para o tratamento de doenças como diarreia, reumatismo, tosse e dentre outras (DA COSTA *et al.*, 2020). Além disso, são reportadas na literatura por possuírem atividades biológicas, tais como antimicrobiana, antioxidantes, anti-inflamatórias, antinociceptivas, citotóxicas, inseticidas antiprotozoários e antiviral (COSTA *et al.*, 2020). Outras são conhecidas por possuírem frutos comestíveis, a exemplo *E. uniflora* (pitanga) (DA COSTA *et al.*, 2020), além de serem utilizadas para realçar o sabor dos alimentos e prolongar a sua vida útil como *E. caryophyllata* (WANG *et al.*, 2021).

O gênero *Eugenia* apresenta variadas espécies produtoras de óleos essenciais. Diversos estudos mostram que as espécies desse gênero possuem em sua composição química a predominância de monoterpenos e sesquiterpenos, dentre elas podemos destacar *E. uniflora* (DA COSTA *et al.*, 2020), *E. calycina* (SILVA *et al.*, 2021a), *E. involucrata* (TOLEDO *et al.*, 2020), *E. astringens*, *E. beaurepaireana*, *E. brasiliensis* (MAGINA *et al.*, 2009). Dentre as atividades relatadas dos óleos essenciais de *Eugenia* se encontram antimicrobianas (TOLEDO *et al.*, 2020), antioxidantes (DA COSTA *et al.*, 2020), larvicida (SILVA *et al.*, 2021a), antifúngicas, citotóxicas (ASCARI *et al.*, 2021) e inseticidas (MATOS *et al.*, 2020).

*Myrcia* DC. é um grande gênero da família Myrtaceae representado no Brasil por mais de 400 espécies, ocorrendo em diferentes biomas (LIMBERGER; SOBRAL; HENRIQUES, 2004; STEFANELLO *et al.*, 2010). As espécies desse gênero são usadas principalmente na medicina popular no tratamento de diversas doenças, tais como diabetes, problemas intestinais, aftas, hemorragias, úlceras, gastrite e resfriados. Dentre as espécies mais usadas para o tratamento de doenças se encontra um grupo de plantas chamadas de pedra-ume-caá que incluem as espécies como *M. sylvatica*, *M. puniceifolia*, *M. amazonica*, *M. multiflora*, *M. guianensis* e entre outras (JORGE; AGUIAR; SILVA, 2000; SILVA *et al.*, 2015).

Muitas espécies desse gênero são reportadas por serem fontes de óleos essenciais com amplas atividades biológicas. Os OEs de *Myrcia* são caracterizados principalmente por monoterpenos e sesquiterpenos. Estudos com os óleos de *Myrcia alagoensis* (SILVA; UETANABARO; LUCCHESI, 2013), *M. richardiana*, *M. arborescens*, *M. selloi*, *M. oligantha*, *M. rostrata*, *M. lajeana*, *M. pubipetala*, *M. hatschbachi* (LIMBERGER; SOBRAL; HENRIQUES, 2004), *M. obtecta* (LIMBERGER; SOBRAL; HENRIQUES, 2004; STEFANELLO *et al.*, 2010), *M. bracteata*, *M. cuprea* e *M. sylvatica* (ZOGHBI *et al.*, 2003) mostram a predominância de monoterpenos e sesquiterpenos em sua composição. Dentre as atividades relatadas dos óleos estão antibacteriana, anti-inflamatória, antinociceptivas, antiproliferativo, larvicida, antioxidantes (ANDRADE *et al.*, 2012; DOS SANTOS *et al.*, 2014; SANTOS *et al.*, 2021; SILVA; UETANABARO; LUCCHESI, 2013).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 MATERIAL BOTÂNICO

Partes aéreas de espécimes de *E. patrisii*, *E. puniceifolia* e *Myrcia tomentosa* foram coletadas nos meses de maio (A) e setembro (B) de 2019, durante o inverno e verão amazônico, respectivamente. Estas coletas foram realizadas no distrito de Vila Nova, localizado no município de Magalhães Barata, no estado do Pará, Brasil (0°48'7.1''S 47°33'50.3''W). Todas as amostras foram coletadas de indivíduos férteis, e as exsiccatas foram incorporadas à coleção de plantas aromáticas do acervo do Herbário João Murça Pires do Museu Goeldi, Belém, Pará, Brasil, e posteriormente foram registradas: *Eugenia patrisii* A (MG237487) e B (MG237497), *E. puniceifolia* A (MG237519) e B (MG237496) e *Myrcia tomentosa* A (MG237518) e B (MG237478).

### 4.2 PREPARAÇÃO DO MATERIAL BOTÂNICO

As folhas de *E. patrisii*, *E. puniceifolia* e *M. tomentosa* foram secas em estufa com circulação de ar com temperatura de 35 °C, por 5 dias, posteriormente foram trituradas em moinho de facas. A umidade do material foi analisado através de um determinador de umidade ID50, por infravermelho.

### 4.3 ISOLAMENTO DO ÓLEO ESSENCIAL

As amostras foram submetidas à hidrodestilação em sistemas de vidro do tipo Clevenger modificado, durante 3 horas, acoplada a um sistema de refrigeração para manutenção da água de condensação em torno de 12 °C (FERREIRA *et al.*, 2020). Os óleos, após a destilação foram centrifugados durante 5 min a 3000 rpm, em seguida desidratados com sulfato de sódio anidro (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) e novamente centrifugados nas mesmas condições. O rendimento do óleo foi calculado em mL/100g. Os óleos foram armazenados em ampolas de vidro âmbar, vedadas com chama e, acondicionados em geladeira a 5 °C. O rendimento de óleo essencial foi calculado com (base seca) (FERREIRA *et al.*, 2020).

### 4.4 ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA

A composição química dos OEs de *E. patrisii*, *E. puniceifolia*, e *M. tomentosa* foram analisados através de cromatografia em fase gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG/EM), em sistema Shimadzu QP-2010 Plus (Kyoto, Japão) equipado com coluna capilar DB5-MS (30 m x 0,25 mm; 0,25 mm de espessura de filme). A temperatura do programa foi mantida a 60 – 240 °C a uma taxa de 3 °C/min; com uma temperatura do injetor de 250°C, usando o hélio como gás de arraste (velocidade linear de 32 cm/s medida a 100 °C) e uma

injeção sem divisão de fluxo (1  $\mu\text{L}$  de óleo em 0,5 mL de hexano) usando as mesmas condições operacionais descritas na literatura (SANTANA DE OLIVEIRA *et al.*, 2020; SILVA *et al.*, 2021b). Os componentes foram quantificados usando cromatografia gasosa (CG), equipado com detector de ionização de chama (DIC), sob as mesmas condições operacionais utilizadas na CG/EM, exceto o gás de arraste que foi o hidrogênio. O índice de retenção para todos os constituintes voláteis foi calculado a partir de uma série homóloga de n-alcenos (C8-C40) Sigma Aldrich (San Luis, AZ, EUA), de acordo com Van den Dool e Kratz (VAN DEN DOOL; DEC. KRATZ, 1963). Os componentes foram identificados por comparação i) dos espectros de massa experimentais com aqueles compilados em bibliotecas e ii) seus índices de retenção para aqueles encontrados na literatura (ADAMS, 2007; STEIN *et al.*, 2011).

#### 4.5 DOSAGEM DA CAPACIDADE ANTIOXIDANTE EQUIVALENTE AO TROLOX

O potencial antioxidante das amostras estudadas foi determinado segundo a sua equivalência a um potente antioxidante conhecido, o trolox (ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromono-2-carboxílico; Sigma-Aldrich; 23881-3; São Paulo/SP), análogo sintético hidrossolúvel da vitamina E. A capacidade antioxidante equivalente ao trolox (TEAC) foi determinada de acordo com a metodologia adaptada de (MILLER *et al.*, 1993) e modificado por (RE *et al.*, 1999). O TEAC baseou-se na inibição por antioxidantes do cátion radical  $\text{ABTS}^{+\cdot}$ . O  $\text{ABTS}^{+\cdot}$  é um cromóforo de cor azul esverdeado, formado a partir da reação entre o 2,2'-azino-bis (ácido 3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico) sal de diamônio (ABTS; Sigma-Aldrich; A1888; São Paulo/SP) com o persulfato de potássio ( $\text{K}_2\text{O}_8\text{S}_2$ ; Sigma-Aldrich; 216224; São Paulo/SP). A adição de antioxidantes a este radical cátion pré-formado o reduz novamente a ABTS, em escala dependente da capacidade antioxidante, concentração de antioxidantes e duração da reação.

Os ensaios TEAC e DPPH foram usados para determinar as capacidades antioxidantes dos OEs das amostras. Trolox (1 mM) foi usado como padrão para as curvas de calibração. TEAC: concentração =  $[\text{absorbância} + 0,0023] / 0,4162$ ,  $r = 0,9789$ ; DPPH: Concentração =  $[\text{Absorbância} + 0,0046] / 0,1346$ ,  $r = 0,9851$ , e a capacidade antioxidante foi expressa como uma porcentagem de inibição.

A cubeta foi primeiro preenchida com 2970  $\mu\text{L}$  da solução de trabalho de  $\text{ABTS}^{+\cdot}$  para a cubeta, seguido da primeira leitura ( $T_0$ ). Depois, 30  $\mu\text{L}$  da amostra foram transferidos para a cubeta contendo o radical  $\text{ABTS}^{+\cdot}$  e, após 5 minutos, foi realizada a segunda leitura ( $T_5$ ). A reação foi mensurada em espectrofotometria pela observação da mudança na absorbância lida

a 734 nm durante cinco minutos (Espectrofotômetro; Bioespectro SP22; São Paulo/SP). Assim, foi determinada a atividade antioxidante total da amostra, sendo calculada a sua relação com a reatividade do Trolox como padrão, através da realização de curva padrão, sob as mesmas condições.

#### 4.6 DOSAGEM DA CAPACIDADE ANTIOXIDANTE PELO MÉTODO DPPH

O ensaio foi realizado de acordo com o método proposto por Blois (1958). Este método avalia a capacidade de substâncias, sintéticas ou naturais, para eliminar ou neutralizar o radical livre e estável 1,1-difenil-2-picrilidrazila (DPPH<sup>•</sup>; Sigma-Aldrich; D9132; São Paulo/SP). O radical possui à cor púrpura ou violeta com uma absorção em solução de etanol ou metanol a 515-520 nm. Uma substância antioxidante pode doar um átomo de hidrogênio ou transferir um elétron para a molécula de DPPH<sup>•</sup>, que aceita para se tornar uma molécula estável diamagnético originando a forma reduzida DPPH-H com a perda da cor violeta de acordo com o tempo para amarelo pálido ou violeta claro. A mudança da cor violeta escuro para violeta claro, que resulta na diminuição da absorbância do radical DPPH<sup>•</sup>, foi monitorada por um espectrofotômetro UV/visível (517 nm; Espectrofotômetro; Bioespectro SP22; São Paulo/SP) para a determinação capacidade antioxidante. A curva padrão foi realizada, utilizando o trolox como padrão.

#### 4.7 ANÁLISE MULTIVARIADA

A análise hierárquica de agrupamentos (AHA) foi realizada segundo metodologia descrita por Silva *et al.*, 2018b e Santana de Oliveira *et al.*, 2021, onde utilizou-se o software Minitab 17<sup>®</sup> (versão gratuita 17, Minitab Inc., State College, PA, EUA). As variáveis foram os constituintes químicos dos óleos essenciais das folhas de *E. patrisii* (A), *E. patrisii* (B), *E. puniceifolia* (A), *E. puniceifolia* (B), *M. tomentosa* (A), *M. tomentosa* (B) ( $\geq 3\%$ ), formando assim uma matriz de 6 (amostras) x 26 (variáveis). Na análise hierárquica de agrupamentos (AHA) das amostras foi utilizado as opções distância euclidiana para medida de distância e ligação completa para método de ligação.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 RENDIMENTOS DOS ÓLEOS ESSENCIAIS

Os teores dos OEs de *E. patrisii*, foi de 0,24% para o espécime A e 0,77% para o espécime B quando calculados em base seca. Os espécimes A e B de *E. puniceifolia* apresentaram teores de 0,26% e 0,14%, respectivamente, enquanto que os espécimes A e B de *M. tomentosa* tinham um teor de 0,35% e 0,41%, respectivamente. Essas descobertas corroboram com os de vários estudos anteriores, que sugeriram que os rendimentos de OEs de diferentes espécies de Myrtaceae variam de acordo com as espécies estudadas e a época de coleta (MONTALVÁN *et al.*, 2019; SCALVENZI *et al.*, 2017).

### 5.2 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS

Os óleos essenciais dos espécimes em estudo foram obtidos através da hidrodestilação, no qual foi possível identificar 107 constituintes químicos. Os sesquiterpenos hidrocarbonetos representaram 70,64%, 76,79%, 66,14%, 56,74%, 75,82%, 51,2%, enquanto os sesquiterpenos oxigenados representaram 24,63%, 16,50%, 22,26%, 15,09%, 16,83%, 40,7% nos espécimes de *E. patrisii* (A, B), *E. puniceifolia* (A, B) e *M. tomentosa* (A, B), respectivamente.

Germacreno D (20,03%), biciclogermacreno (11,82%) e (*E*)-cariofileno (11,04%) foram os principais constituintes encontrados no óleo essencial do espécime A de *E. patrisii*. Isto contrasta com os resultados relatados por da Silva *et al.*, 2017 em que (*2E,6E*)-farnesol (34,5%), (*2E,6Z*)-farnesol (23,2%) e a mistura de cariofila-4(12),8(13)-dien-5  $\alpha$ -ol e cariofila-4(12),8(13)-dien-5  $\beta$ -ol (15,6%) foram identificados como os principais compostos no OE extraído de uma amostra de *E. patrisii* coletado em São Geraldo do Araguaia, Pará-Brasil.

Germacreno D possui propriedades antimicrobianas descrito na literatura (ZHELJAZKOV *et al.*, 2018). Além disso, tanto germacreno D quanto (*E*)-cariofileno têm atividade imunomodulatória com inibição da mobilização de  $\text{Ca}^{2+}$ , quimiotaxia e produção de espécies reativas de oxigênio (ROS) por neutrófilos humanos (SCHEPETKIN *et al.*, 2020). Este constituinte sesquiterpênico também tem atividade antioxidante e citotóxica contra as células cancerígenas do melanoma, que são responsáveis pelo câncer de pele, adenocarcinoma de mama e carcinoma de cólon (CASIGLIA *et al.*, 2017).

O biciclogermacreno tem sido associado à atividade larvicida (HUONG *et al.*, 2020) e à atividade antiviral contra SARS-CoV-2 (NARKHEDE *et al.*, 2020). Por outro lado, foi relatado que o (*E*)-cariofileno exibe atividade antiprotozoária contra o parasita *Leishmania*

*amazonensis*, causador da leishmaniose (MOREIRA *et al.*, 2019). Além disso, este sesquiterpeno tem propriedades anticonvulsivantes (OLIVEIRA *et al.*, 2016a), antifúngicas (KARPIŃSKI, 2020) e anti-inflamatórias (BRITO *et al.*, 2019).

O OE do espécime B de *E. patrisii* foi caracterizado por  $\gamma$ -elemeno (25,89%), germacreno B (8,11%) e (*E*)-cariofileno (10,76%), que foi ligeiramente inferior ao do espécime A. Por ter atividade larvicida contra *Spodoptera litura*,  $\gamma$ -elemene tem o potencial de se desenvolver em biopesticidas para controle de pragas (BENELLI *et al.*, 2018). O composto é altamente eficaz contra as larvas das espécies de mosquitos *Anopheles subpictus*, *Aedes albopictus* e *Culex tritaeniorhynchus*, além de possuir atividade antioxidante e citotóxica contra células de melanoma (DA SILVA *et al.*, 2014; GOVINDARAJAN *et al.*, 2018). A atividade antibiótica (DA SILVA *et al.*, 2014) e antiproliferativa (ALVES *et al.*, 2020) do Germacreno B também foi relatada na literatura.

Os sesquiterpenos  $\beta$ -elemeno (25,12%), (*E*)-cariofileno (13,11%), selin-11-en-4 $\alpha$ -ol (9,16%) e biciclogermacreno (9,88%) foram os principais constituintes no OE do espécime A de *E. puniceifolia*. Os principais constituintes do OE da amostra B foi (*E*)-cariofileno (11,47%),  $\beta$ -pineno (5,86%), biciclogermacreno (5,86%) e  $\gamma$ -muuroleno (5,55%). Uma amostra de *E. puniceifolia* coletada no município de Maracanã, Pará, mostrou predominância de (*E*)-cariofileno (9,87%), biciclogermacreno (8,75%) e (*E*)- $\beta$ -ocimeno (5,50%). Baixas concentrações de  $\beta$ -pineno e  $\gamma$ -muuroleno também foram encontradas em 3,91% e 2,08%, respectivamente (PEREIRA; ZOGHBI; BASTOS, 2010).

Sesquiterpenos também foram os constituintes predominantes em uma amostra de *E. puniceifolia* coletada na Mata Atlântica do Rio de Janeiro por Ramos *et al.* (2010). Neste estudo, o OE do espécime de *E. puniceifolia* era constituído principalmente por  $\alpha$ -cadinol (10,6%), 10-epi- $\gamma$ -eudesmol (10,2%) e paradisiol (9%). O uso do sesquiterpeno  $\beta$ -elemeno pode ajudar os pacientes com carcinoma celular do esôfago a ter um prognóstico melhor. Além disso, este tem o potencial de reduzir os efeitos adversos da quimiorradioterapia (CHANG *et al.*, 2017).  $\delta$ -cadineno também foi encontrado nos OEs de *E. patrisii* e *E. puniceifolia*, espécimes A e B, em baixas concentrações (1,39-6,64%), e tem sido reportado por possuir atividade acaricida contra os *Psoroptes cuniculi* (GUO *et al.*, 2017), bem como atividade antimicrobiana (PÉREZ-LÓPEZ *et al.*, 2011).

O OE de *M. tomentosa*, espécime A, foi caracterizado pela presença dos sesquiterpenos hidrocarbonetos  $\gamma$ -elemeno (12,52%), germacreno D (11,45%), e (*E*)-cariofileno (10,22%). Para a amostra B, o sesquiterpeno oxigenado espatulenol teve a maior concentração (40,70%), seguido pelo sesquiterpeno hidrocarboneto  $\alpha$ -zingibereno (9,58%) e

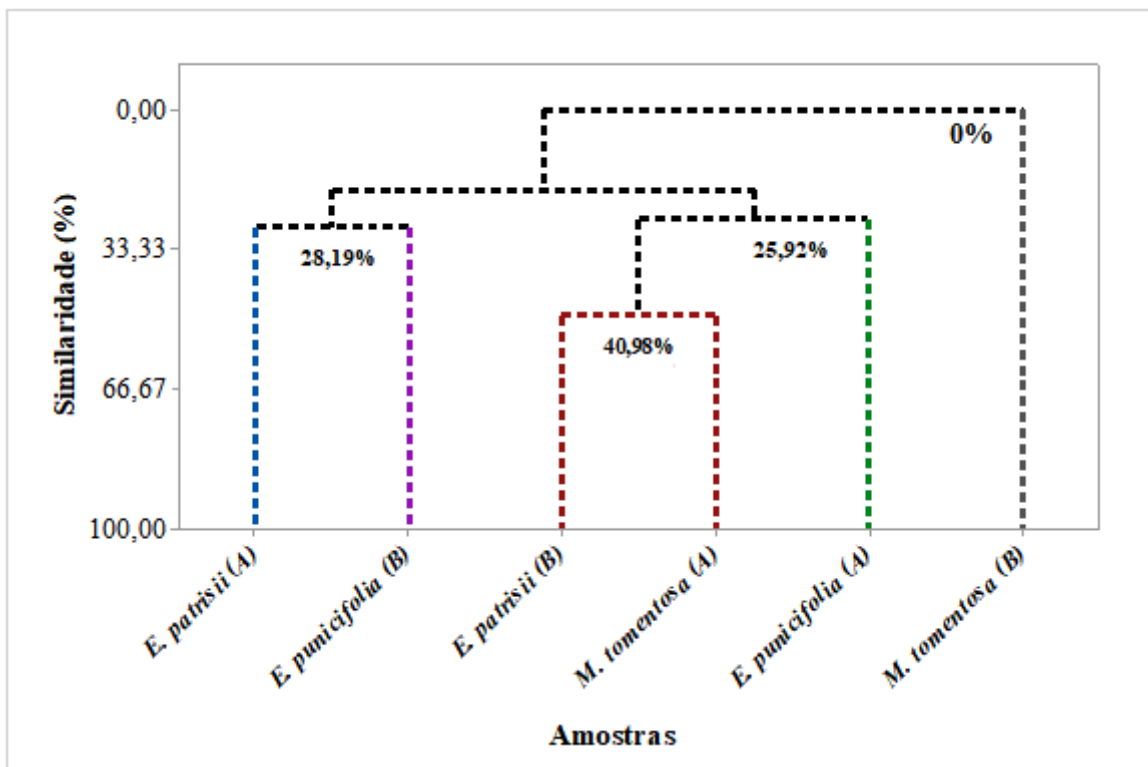


$\gamma$ -elemeno (6,89%), que é significativamente diferente dos resultados relatados anteriormente na literatura (SÁ *et al.*, 2012). Foi relatado que o espatulenol possui propriedades inseticida, repelente de insetos, antioxidante, anti-inflamatório, antiproliferativo e antimicobacteriano (BENELLI *et al.*, 2020; DO NASCIMENTO *et al.*, 2018), enquanto o  $\alpha$ -zingibereno apresenta atividades inibitórias em relação a produção de aflatoxinas e micotoxinas fúngicas, bem como com propriedades anti-esteroides e anti-inflamatórias (LI *et al.*, 2020; NERILO *et al.*, 2016).

### 5.2.1 Análise Multivariada

Para avaliar a similaridade entre as amostras de OEs obtidas por hidrodestilação, foi aplicada a análise de hierárquica de agrupamento (AHA) (figura 1) aos compostos químicos identificados e quantificados por CG/ EM e CG-DIC. A AHA mostra que as amostras *E. patrisii* (B) e *M. tomentosa* (A) têm a maior semelhança (40,98%), suficiente para formar um grupo. A composição química dos OEs foi diretamente influenciada pelos períodos de coleta das amostras de inverno e verão, com uma forte influência nos compostos com concentrações  $\geq 3\%$  (tabela 1, p. 24).

**Figura 1** - Dendrograma representando a relação de similaridade das amostras de OEs das folhas de *E. patrisii* (A), *E. patrisii* (B), *E. puniceifolia* (A), *E. puniceifolia* (B), *M. tomentosa* (A) e *M. tomentosa* (B)



Fonte: A autora, 2021

**Tabela 1** - Composição química dos OEs extraídos de folhas de *Eugenia patrisii*, *E. puniceifolia* e *Myrcia tomentosa* por hidrodestilação (HD); os valores de concentração são expressos em (%)

IR <sub>L</sub>	IR <sub>C</sub>	Constituintes	<i>E. patrisii</i>		<i>E. puniceifolia</i>		<i>M. tomentosa</i>	
			A	B	A	B	A	B
932 <sup>a</sup>	932	$\alpha$ -Pineno			0,11	4,35		
974 <sup>a</sup>	974	$\beta$ -Pineno			0,11	5,86		
988 <sup>a</sup>	989	Mirceno			0,08			
1001 <sup>a</sup>	1016	$\delta$ -2-Careno			0,01	0,03		
1025 <sup>a</sup>	1028	Silvestreno			0,15	0,66		
1026 <sup>a</sup>	1030	1,8-Cineol			0,12			
1032 <sup>a</sup>	1036	( <i>Z</i> )- $\beta$ -Ocimeno			1,11	1,98		
1044 <sup>a</sup>	1048	( <i>E</i> )- $\beta$ -Ocimeno			3,09	4,96		
1054 <sup>a</sup>	1057	$\gamma$ -Terpineno			0,02	0,06		
1086 <sup>a</sup>	1088	Terpinoleno				0,09		
1095 <sup>a</sup>	1099	Linalol			0,03	0,06		
1128 <sup>a</sup>	1128	<i>allo</i> -Ocimeno			0,36	1		
1174 <sup>a</sup>	1177	Terpinen-4-ol			0,05	0,1		
1186 <sup>a</sup>	1190	$\alpha$ -Terpineol			0,04	0,52		
1335 <sup>a</sup>	1339	$\delta$ -Elemeno	3,31	0,66	1,42	3,5	4,57	
1345 <sup>a</sup>	1351	$\alpha$ -Cubebeno	0,08	0,09	0,03	0,16	0,03	
1373 <sup>a</sup>	1374	$\alpha$ -Ilangeno		0,08		0,12	0,06	
1374 <sup>a</sup>	1375	Isoledeno			0,01	0,05		
1374 <sup>a</sup>	1379	$\alpha$ -Copaeno	3,38	1,61	0,44	1,77	0,35	
1387 <sup>a</sup>	1387	$\beta$ -Bourboneno	0,59	0,53		0,24	0,31	
<b>1389<sup>a</sup></b>	<b>1394</b>	<b><math>\beta</math>-Elemeno</b>	<b>3,01</b>	<b>5,52</b>	<b>25,12</b>	<b>2,38</b>	<b>5,79</b>	<b>1,73</b>
1409 <sup>a</sup>	1413	$\alpha$ -Gurjuneno				0,26		
1411 <sup>a</sup>	1417	<i>cis</i> - $\alpha$ -Bergamoteno	0,14					
<b>1417<sup>a</sup></b>	<b>1424</b>	<b>(<i>E</i>)-Cariofileno</b>	<b>11,04</b>	<b>10,76</b>	<b>13,11</b>	<b>11,47</b>	<b>10,22</b>	<b>4,27</b>
1430 <sup>a</sup>	1432	$\beta$ -Copaeno	1,05		0,29	0,97	0,86	
<b>1434<sup>a</sup></b>	<b>1435</b>	<b><math>\gamma</math>-Elemeno</b>	<b>0,29</b>	<b>25,89</b>		<b>4,22</b>	<b>12,52</b>	<b>6,89</b>
1439 <sup>a</sup>	1442	Aromadendreno	0,46		0,52		0,42	
1437 <sup>a</sup>	1446	$\alpha$ -Guaieeno		0,65		1,06		
1447 <sup>a</sup>	1447	Isogermacreno D	0,31					
1442 <sup>a</sup>	1455	6,9-Guaiadieno		0,2		0,37	0,31	
1451 <sup>a</sup>	1453	<i>trans</i> -Muurolo-3,5-dieno	0,2			0,61		
1440 <sup>a</sup>	1457	( <i>Z</i> )- $\beta$ -Farneseno						0,96
1452 <sup>a</sup>	1457	$\alpha$ -Humuleno	3,29	2,48	3,88	4,41	2,21	
1458 <sup>a</sup>	1464	<i>allo</i> -Aromadendreno				0,34	0,47	
1464 <sup>a</sup>	1464	9- <i>epi</i> -( <i>E</i> )-Cariofileno	0,38					
1460 <sup>a</sup>	1466	<i>dehydro</i> -Aromadendrane			0,14			
1471 <sup>a</sup>	1473	4,5- <i>di-epi</i> -Aristolocheno		0,04	0,09			
1471 <sup>a</sup>	1477	Dauca-5,8-dieno	0,2			0,13		
1475 <sup>a</sup>	1477	<i>trans</i> -Cadina-1(6),4-dieno				0,74		
1475 <sup>a</sup>	1479	$\gamma$ -Gurjuneno		0,79	2			
1478 <sup>a</sup>	1480	$\gamma$ -Muuroloeno		1,4		5,55		
<b>1479<sup>a</sup></b>	<b>1484</b>	<b><i>ar</i>-Curcumeno</b>						<b>18,54</b>
1476 <sup>a</sup>	1487	$\beta$ -Chamigreno		0,27				
<b>1484<sup>a</sup></b>	<b>1487</b>	<b>Germacreno D</b>	<b>20,03</b>		<b>2,05</b>		<b>11,45</b>	<b>0,13</b>
1489 <sup>a</sup>	1490	$\beta$ -Selineno	0,56	1,77	4,96	1,02	1,34	
1492 <sup>a</sup>	1494	$\delta$ -Selineno	0,46	0,63		0,96		
1492 <sup>a</sup>	1494	<i>cis</i> - $\beta$ -Guaieeno					0,99	
<b>1493<sup>a</sup></b>	<b>1496</b>	<b><math>\alpha</math>-Zingibereno</b>						<b>9,58</b>
1498 <sup>a</sup>	1499	$\alpha$ -Selineno		2,87				
<b>1500<sup>a</sup></b>	<b>1501</b>	<b>Biciclogermacreno</b>	<b>11,82</b>		<b>9,88</b>	<b>5,86</b>	<b>6,4</b>	

**Tabela 1** - Composição química dos OEs extraídos de folhas de *Eugenia patrisii*, *E. puniceifolia* e *Myrcia tomentosa* por hidrodestilação (HD); os valores de concentração são expressos em (%)

			Continua					
IR <sub>L</sub>	IR <sub>C</sub>	Constituintes	<i>E. patrisii</i>		<i>E. puniceifolia</i>		<i>M. tomentosa</i>	
			A	B	A	B	A	B
1509 <sup>a</sup>	1502	$\alpha$ -Bulneseno		0,44				
1500 <sup>a</sup>	1503	$\alpha$ - Muroleno				1,04		1,33
1511 <sup>a</sup>	1509	$\delta$ -Amorfeno		1,19				1,33
1502 <sup>a</sup>	1510	<i>trans</i> - $\beta$ -Guaieno				1,62		
1505 <sup>a</sup>	1510	$\beta$ -Bisaboleno	2,33					1,83
1505 <sup>a</sup>	1514	( <i>E,E</i> )- $\alpha$ -Farneseno	0,07					
1513 <sup>a</sup>	1517	$\gamma$ -Cadineno		0,28		0,63		0,41
1520 <sup>a</sup>	1521	7- <i>epi</i> - $\alpha$ -selineno		1,56	0,31	0,29		
1521 <sup>a</sup>	1525	$\beta$ -Sesquifenlandreno						3,22
1522 <sup>a</sup>	1527	$\delta$ -Cadineno	6,64	1,39	1,76	4,01		3,54
1528 <sup>a</sup>	1529	Zonareno				0,33		
1529 <sup>a</sup>	1534	( <i>E</i> )- $\gamma$ -Bisaboleno	0,84	0,53				0,45
1533 <sup>a</sup>	1537	<i>trans</i> -Cadina-1,4-dieno			0,08	0,52		0,36
1537 <sup>a</sup>	1540	$\alpha$ -Cadineno	0,16	0,4	0,05			
1540 <sup>b</sup>	1542	Selina-4(15),7(11)-dieno		3,58		0,72		1,21
1545 <sup>b</sup>	1546	Selina-3,7(11)-dieno		2,16		0,29		0,58
1556 <sup>a</sup>	1549	Dauca-4(11),7-dieno		0,12				
1548 <sup>a</sup>	1553	Elemol		0,51				
1554 <sup>a</sup>	1558	$\beta$ -Vetivenona		0,33				
<b>1559<sup>a</sup></b>	<b>1564</b>	<b>Germacreno B</b>		<b>8,11</b>		<b>1,1</b>		<b>8,31</b>
1561 <sup>a</sup>	1565	( <i>E</i> )-Nerolidol	0,37					
1570 <sup>a</sup>	1575	Dendrolasin		0,35		0,06		
<b>1577<sup>a</sup></b>	<b>1582</b>	<b>Espatuleno</b>	<b>5,37</b>		<b>5,43</b>	<b>2,24</b>		<b>2,04</b>
1582 <sup>a</sup>	1587	Óxido de Cariofileno		1,62				
1590 <sup>a</sup>	1589	Globulol	3,69			3,53		2,87
1592 <sup>a</sup>	1591	Viridiflorol	1,68	0,31	3,86	2,38		2,6
1596 <sup>a</sup>	1594	Fokienol		0,56				
1608 <sup>a</sup>	1600	$\beta$ -Atlantol		0,15				
1595 <sup>a</sup>	1602	Cubeban-11-ol				0,7		
1600 <sup>a</sup>	1606	Rosifoliol	0,38			0,43		0,39
1608 <sup>a</sup>	1613	Epóxido de Humuleno II	0,3			0,22		
1630 <sup>a</sup>	1623	$\gamma$ -Eudesmol		2,52				
1618 <sup>a</sup>	1626	Junenol				0,06		0,48
1629 <sup>a</sup>	1629	Eremoligenol	0,38					
1627 <sup>a</sup>	1634	1- <i>epi</i> -Cubenol				0,21		
1635 <sup>a</sup>	1636	<i>cis</i> -Cadin-4-en-7-ol	0,17	0,52		0,38		
1645 <sup>a</sup>	1638	Cubenol				0,11		2,74
1639 <sup>a</sup>	1640	Epóxido de <i>allo</i> - Aromadendreno		0,06				
1640 <sup>a</sup>	1647	<i>epi</i> - $\alpha$ -murolol	4,09					
1642 <sup>a</sup>	1648	Selina-3,11-dien-6 $\alpha$ -ol		0,73				
1652 <sup>a</sup>	1650	Himachalol	1,13	0,32	0,14			
1644 <sup>a</sup>	1655	$\alpha$ -Murolol				3,15		
1651 <sup>a</sup>	1659	Pogostol		1,95				
1652 <sup>a</sup>	1660	$\alpha$ -Cadinol	7,12		1,91	2,44		4,38
1668 <sup>a</sup>	1666	14-hidroxi-9- <i>epi</i> -( <i>E</i> )-Cariofileno		0,07				
<b>1658<sup>a</sup></b>	<b>1669</b>	<b>Selin-11-en-4<math>\alpha</math>-ol</b>			<b>9,16</b>			
1658 <sup>a</sup>	1670	<i>neo</i> -Intermedeol		0,48				
1670 <sup>a</sup>	1671	Bulnesol				0,34		

**Tabela 1** - Composição química dos OEs extraídos de folhas de *Eugenia patrisii*, *E. puniceifolia* e *Myrcia tomentosa* por hidrodestilação (HD); os valores de concentração são expressos em (%)

			Conclusão					
			<i>E. patrisii</i>		<i>E. puniceifolia</i>		<i>M. tomentosa</i>	
IR <sub>L</sub>	IR <sub>C</sub>	Constituintes	A	B	A	B	A	B
1687	1681	Eudesma-4(15)-dien-1 $\beta$ -ol		0,16				
1685 <sup>a</sup>	1686	$\alpha$ -Bisabolol	0,05					
1679 <sup>a</sup>	1692	Khusinol			0,03			
1700 <sup>a</sup>	1700	Eudesm-7(11)-en-4-ol		2,34			1,29	
1703 <sup>a</sup>	1706	Mayurone		0,08				
1708 <sup>a</sup>	1713	cis-Thujopsenal		0,12				
1714 <sup>a</sup>	1717	Nootkatol		1,93				
1775 <sup>a</sup>	1773	2- <i>a</i> -hidroxi-Amorpha-4,7(11)-dieno		2,18				
2026 <sup>a</sup>	2030	( <i>E,E</i> )-Geranil linalol					0,04	
		Monoterpenos hidrocarbonetos			5,04	18,99		
		Monoterpenos oxigenados			0,24	0,68		
		Sesquiterpenos hidrocarbonetos	70,64	76,79	66,14	56,74	75,82	51,2
		Sesquiterpenos oxigenados	24,63	16,50	22,26	15,09	16,83	40,7
		Diterpenos oxigenados					0,04	
		Outros				0,04		
		Total	95,37	93,29	93,68	91,54	92,65	91,9

IR<sub>C</sub>: calculado a partir de uma série de n-alcanos (C8-C40) em uma coluna capilar DB-5MS, RI<sub>L</sub>: Literatura a <sup>a</sup>Adams (ADAMS, 2007), e <sup>c</sup>Nist (STEIN *et al.*, 2011).

**Fonte:** A autora, 2021

### 5.3 CAPACIDADE ANTIOXIDANTE

O OE da amostra A de *E. patrisii* mostrou uma inibição de 31,4% (ABTS•+) e 99,0% (DPPH•) (Tabela 2). Por outro lado, o OE da amostra B mostrou uma inibição de 17,9% (ABTS•+) e 204,0% (DPPH•) (tabela 2, p.27). Enquanto que as amostras A e B apresentaram capacidade antioxidante inferior ao Trolox no ensaio (ABTS •+), no (DPPH•), as amostras A e B mostraram uma capacidade antioxidante equivalente à do padrão Trolox, com a amostra B exibindo melhor atividade antioxidante do que Trolox. Esta significativa atividade antioxidante observada no espécime B pode estar associado ao alto teor de sesquiterpenos presentes em sua composição química.

**Tabela 2** - Atividade de eliminação dos radicais ABTS • + e DPPH • (%) de OE das folhas dos espécimes de *Eugenia* e *Myrcia*

Espécie	Espécime	Período de coleta	CA-ABTS <sup>•+</sup> (%)	CA-DPPH <sup>•</sup> (%)
<i>Eugenia patrisii</i>	A	Maio	31,4 ± 0,1	99,0 ± 0,099
	B	Setembro	17,9 ± 0,069	204,0 ± 0,877
<i>Eugenia puniceifolia</i>	A	Maio	9,5 ± 0,034	408,0 ± 0,10
	B	Setembro	37,7 ± 0,035	285,0 ± 0,028
<i>Myrcia tomentosa</i>	A	Maio	53,6 ± 0,150	213,0 ± 0,905
	B	Setembro	0,333 ± 0,247	208,5 ± 0,940

Os valores são expressos como média e desvio padrão (n = 3) da porcentagem de inibição. Valor do Padrão trolox : 1mM

Fonte: A autora, 2021

O OE extraído do espécime A de *Eugenia puniceifolia* apresentou uma inibição de 9,5% (ABTS•+) e 408,0% (DPPH•), enquanto que o espécime B mostrou uma inibição de 37,7% (ABTS•+) e 285,0% (DPPH•). No ensaio ABTS•+, a amostra B mostrou uma capacidade antioxidante superior em comparação com a amostra A, mas foi inferior à do padrão Trolox. No ensaio DPPH •, a amostra A exibiu uma capacidade antioxidante superior em comparação com o padrão Trolox e a amostra B. Isso pode ser atribuído à abundância de compostos sesquiterpênicos cíclicos, como germacreno D e (*E*)-cariofileno no espécime A de *E. puniceifolia*, que em estudos anteriores são relatados por possuírem atividades antioxidante e capacidade de eliminação de radicais livres (VICTORIA *et al.*, 2012).

O OE do espécime A de *M. tomentosa* inibiu ABTS •+ e DPPH • em 53,6% e 213%, respectivamente (tabela 3). A inibição de ABTS • + e DPPH • na amostra B das espécies acima mencionadas foi de 0,333% e 208,5%, respectivamente (Tabela 2). Em ambos os ensaios, a amostra A de *M. tomentosa* teve resultados superiores da amostra B em termos de atividade antioxidante. Esse é o primeiro estudo a relatar a atividade antioxidante de OE extraídos de *E. puniceifolia* e *M. tomentosa*. Além disso, o espécime A de *E. puniceifolia* exibiu maior atividade antioxidante no ensaio DPPH• em comparação com as outras amostras estudadas. Isso pode ser atribuído a presença de compostos oxigenados em sua composição, visto que o DPPH• é mais sensível a substâncias polares (GATTO *et al.*, 2020). Além disso, a ação sinérgica entre os constituintes químicos pode ter contribuído para a maior atividade antioxidante observada (NAFIS *et al.*, 2019).

## 6 CONCLUSÃO

A composição química dos espécimes estudados diferiu significativamente, o que pode ser explicado pela localização e períodos de coleta. A classe terpênica caracterizou o perfil químico dos óleos essenciais dos espécimes, com predominância de sesquiterpenos hidrocarbonetos ( $\beta$ -elemeno, (E)-cariofileno, biciclogermacreno, germacreno D e  $\gamma$ -elemeno) e sesquiterpenos oxigenados (espatulenol e selin-11-en-4 $\alpha$ -ol). A análise hierárquica de agrupamento mostrou que, o clima relacionado a época de coleta das amostras influenciou na composição química de todas as amostras de óleos essenciais estudadas.

A diferença no perfil químico influenciou no potencial antioxidante dos espécimes. Os espécimes A de *E. puniceifolia* e *E. patrisii* foram os que apresentaram maior e menor capacidade antioxidante via ao método DPPH. Em relação ao método TEAC, os espécimes A e B de *M. tomentosa* apresentaram maior e menor potencial antioxidante, respectivamente. Os principais compostos encontrados nos óleos essenciais dos espécimes, não têm potencial antioxidante relatada na literatura, no entanto é possível que haja uma ação sinérgica entre os outros componentes para produzir o efeito antioxidante observado.

Os resultados da atividade antioxidante sugerem que os espécimes de Myrtaceae estudados podem ser fontes naturais de substâncias antioxidantes. Este é o primeiro trabalho que relata o potencial antioxidante dos óleos essenciais de espécimes de *E. puniceifolia* e *M. tomentosa*.

## REFERÊNCIAS

- ADAMS, R. P. **Identification of Essential Oil components by Gas Chromatography/Mass Spectrometry**. 4 ed. Carol Stream, Illinois: Allured Publishing Corporation, 2007.
- ALI, M. M.; YUSUF, M. A.; ABDALAZIZ, M. N. GC-MS Analysis and Antimicrobial Screening of Essential Oil from Lemongrass (*Cymbopogon citratus*). **International Journal of Pharmacy and Chemistry**, v. 3, n. 6, p. 72–76, 2017.
- ALVES, C. C. F. *et al.* Antiproliferative activity of essential oils from three plants of the brazilian cerrado: *Campomanesia adamantium* (Myrtaceae), *Protium ovatum* (Burseraceae) and *Cardiopetalum calophyllum* (Annonaceae). **Brazilian Journal of Biology**, v. 80, n. 2, p. 290–294, 2020.
- ANDRADE, G. S. *et al.* Phytochemical screening, antinociceptive and anti-inflammatory effects of the essential oil of *Myrcia pubiflora* in mice. **Revista Brasileira de Farmacognosia Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v. 22, n. 1, p. 181–188, 2012.
- ARAUJO, C. A. *et al.* Chemical composition of essential oils from four *Piper* species, differentiation using multivariate analysis and antioxidant activity. **Natural Product Research**, p. 1–4, 2020.
- ASCARI, J. *et al.* Selina-1,3,7(11)-trien-8-one and Oxidoselina-1,3,7(11)-trien-8-one from *Eugenia uniflora* Leaf Essential Oil and Their Cytotoxic Effects on Human Cell Lines. **Molecules**, v. 26, n. 3, p. 740, 2021.
- BAKKALI, F. *et al.* Biological effects of essential oils - A review. **Food and Chemical Toxicology**, v. 46, n. 2, p. 446–475, 2008.
- BARATA, L. E. S. A economia verde: Amazônia. **Ciência e Cultura**, v. 64, n. 3, p. 31–35, 2012.
- BASER, K. H.; BUCHBAUER, G. Introduction. In: BASER, K. H.; BUCHBAUER, G. (Eds.). **Handbook of Essential Oils**. 1. ed. Boca Raton: CRC Press, 2009. p. 991.
- BASTING, R. T. *et al.* Antinociceptive, anti-inflammatory and gastroprotective effects of a hydroalcoholic extract from the leaves of *Eugenia puniceifolia* (Kunth) DC. in rodents. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 157, p. 257–267, nov. 2014.
- BATIHA, G. E.-S. *et al.* *Syzygium aromaticum* L. (Myrtaceae): Traditional Uses, Bioactive Chemical Constituents, Pharmacological and Toxicological Activities. **Biomolecules**, v. 10, n. 2, p. 202, 1 fev. 2020.
- BENELLI, G. *et al.* High toxicity of camphene and  $\gamma$ -elemene from *Wedelia prostrata* essential oil against larvae of *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae). **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, n. 11, p. 10383–10391, 2018.
- BENELLI, G. *et al.* Phytol, (E)-nerolidol and spathulenol from *Stevia rebaudiana* leaf essential oil as effective and eco-friendly botanical insecticides against *Metopolophium dirhodum*. **Industrial Crops and Products**, v. 155, n. July, 2020.
- BIZZO, H. R.; HOVELL, M. C.; REZENDE, C. M. Óleos essenciais no Brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 588–594, 2009.

BLOIS, M. S. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. **Nature**, v. 181, n. 4617, p. 1199–1200, 1958.

BORSATO, A. V. *et al.* Rendimento e composição química do óleo essencial da camomila [ *Chamomilla recutita* (L) Rauschert ] submetida à secagem à 70° C / Essential oil yield and chemical composition of chamomile [ *Chamomilla recutita* ( L ) Rauschert ] under drying air temper. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n. 1, p. 129–136, 2008.

BRITO, L. F. *et al.* Anti-inflammatory activity of  $\beta$ -caryophyllene combined with docosahexaenoic acid in a model of sepsis induced by *Staphylococcus aureus* in mice. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 99, n. 13, p. 5870–5880, out. 2019.

BURLANDO, B.; CORNARA, L. Revisiting amazonian plants for skin care and disease. **Cosmetics**, v. 4, n. 3, p. 1–12, 2017.

CALO, J. R. *et al.* Essential oils as antimicrobials in food systems – A review. **Food Control**, v. 54, p. 111–119, 1 ago. 2015.

CARNEIRO, N. S. *et al.* Chemical composition, antioxidant and antibacterial activities of essential oils from leaves and flowers of *Eugenia klotzschiana* Berg (Myrtaceae). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 89, n. 3, p. 1907–1915, 31 jul. 2017.

CASCAES, M. M. *et al.* Constituents and pharmacological activities of *Myrcia* (Myrtaceae): A review of an aromatic and medicinal group of plants. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 16, n. 10, p. 23881–23904, 2015.

CASIGLIA, S. *et al.* *Kundmannia sicula* (L.) DC: a rich source of germacrene D. **Journal of Essential Oil Research**, v. 29, n. 6, p. 437–442, 2017.

CASTRO, C. C. DE *et al.* Caracterização química do óleo essencial das folhas, galhos e frutos de *Cinnamomum verum* J. Presl (Lauraceae) / Chemical characterization of the essential oil from the leaves, branches and fruits of *Cinnamomum verum* J. Presl (Lauraceae). **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 41320–41333, 2020.

CHAIIEB, K. *et al.* The chemical composition and biological activity of clove essential oil, *Eugenia caryophyllata* (*Syzygium aromaticum* L. Myrtaceae): a short review. **Phytotherapy Research**, v. 21, n. 6, p. 501–506, 2007.

CHANG, Z. *et al.* Beta-elemene treatment is associated with improved outcomes of patients with esophageal squamous cell carcinoma. **Surgical Oncology**, v. 26, n. 4, p. 333–337, 2017.

CHRISTAKI, E. *et al.* Aromatic Plants as a Source of Bioactive Compounds. **Agriculture**, v. 2, n. 3, p. 228–243, 2012.

COSTA, W. K. *et al.* Essential oil from *Eugenia stipitata* Mc. Vaugh leaves has antinociceptive, anti-inflammatory and antipyretic activities without showing toxicity in mice. **Industrial Crops and Products**, v. 144, p. 112059, 2020.

CRUZ, A. V. DE M.; KAPLAN, M. A. C. USO Medicinal de Espécies das Famílias Myrtaceae e Melastomataceae no Brasil. **Floresta e Ambiente**, v. 11, n. 1, p. 47–52, 2004.

CUTRIM, E. S. M. *et al.* Evaluation of antimicrobial and antioxidant activity of essential oils and hydroalcoholic extracts of *Zingiber officinale* (ginger) and *Rosmarinus officinalis* (Rosemary). **Revista Virtual de Química**, v. 11, n. 1, p. 60–81, 2019.



- DA COSTA, J. S. *et al.* Seasonal and Antioxidant Evaluation of Essential Oil from *Eugenia uniflora* L., Curzerene-Rich, Thermally Produced in Situ. **Biomolecules**, v. 10, n. 2, p. 328, 19 fev. 2020.
- DA SILVA, J. *et al.* Chemical Composition of Four Essential Oils of *Eugenia* from the Brazilian Amazon and Their Cytotoxic and Antioxidant Activity. **Medicines**, v. 4, n. 3, p. 51, 2017.
- DA SILVA, J. K. R. *et al.* Essential oils of Amazon *Piper* species and their cytotoxic, antifungal, antioxidant and anti-cholinesterase activities. **Industrial Crops and Products**, v. 58, p. 55–60, 2014.
- DA SILVA, J. K. R. *et al.* Antioxidant, Antimicrobial, and Cytotoxic Properties of *Aniba parviflora* Essential Oils from the Amazon. **Natural Product Communications**, v. 11, n. 7, p. 1025–1028, 2016a.
- DA SILVA, J. K. R. *et al.* Composition and cytotoxic and antioxidant activities of the oil of *Piper aequale* Vahl. **Lipids in Health and Disease**, v. 15, n. 1, p. 174, 2016b.
- DA SILVA, V. P. *et al.* Chemical composition and in vitro leishmanicidal, antibacterial and cytotoxic activities of essential oils of the Myrtaceae family occurring in the Cerrado biome. **Industrial Crops and Products**, v. 123, p. 638–645, 2018.
- DE ALENCAR, D. C. *et al.* Chemical composition of the essential oil from the leaves of *Anaxagorea brevipes* (Annonaceae) and evaluation of its bioactivity. **Natural Product Research**, v. 30, n. 9, p. 1088–1092, 2016.
- DEL RÉ, P. .; JORGE, N. Especiarias como antioxidantes naturais: aplicações em alimentos e implicação na saúde. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 14, n. 2, p. 389–399, 2012.
- DHIFI, W. *et al.* Essential Oils' Chemical Characterization and Investigation of Some Biological Activities: A Critical Review. **Medicines**, v. 3, n. 4, p. 25, 2016.
- DIMA, C.; DIMA, S. Essential oils in foods: extraction, stabilization, and toxicity. **Current Opinion in Food Science**, v. 5, p. 29–35, 2015.
- DO NASCIMENTO, K. F. *et al.* Antioxidant, anti-inflammatory, antiproliferative and antimycobacterial activities of the essential oil of *Psidium guineense* Sw. and spathulenol. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 210, p. 351–358, 2018.
- DOS SANTOS, G. *et al.* Essential Oil from *Myrcia ovata*: Chemical Composition, Antinociceptive and Anti-Inflammatory Properties in Mice. **Planta Medica**, v. 80, n. 17, p. 1588–1596, 8 out. 2014.
- DUARTE-ALMEIDA, J. M. *et al.* Avaliação da atividade antioxidante utilizando sistema beta-caroteno/ácido linoléico e método de seqüestro de radicais DPPH. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 2, p. 446–452, jun. 2006.
- FERRAZ, J. B. *et al.* Perfumes da floresta Amazônica: em busca de uma alternativa sustentável. **Ciênc. cult. (São Paulo)**, v. 61, n. 3, p. 40–43, 2009.
- FERREIRA, O. O. *et al.* First Report on Yield and Chemical Composition of Essential Oil Extracted from *Myrcia eximia* DC (Myrtaceae) from the Brazilian Amazon. **Molecules**, v. 25,

n. 4, p. 783, fev. 2020.

FIGUEIREDO, A. C. *et al.* Factors affecting secondary metabolite production in plants: volatile components and essential oils. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 23, n. 4, p. 213–226, 2008.

FIGUEIREDO, P. L. B. *et al.* Variability in the Chemical Composition of *Eugenia biflora* Essential Oils from the Brazilian Amazon. **Natural Product Communications**, v. 14, n. 12, p. 1934578X1989243, dez. 2019.

GATTO, L. J. *et al.* Chemical composition, phytotoxic potential, biological activities and antioxidant properties of *Myrcia hatschbachii* d. Legrand essential oil. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 56, p. 1–9, 2020.

GONÇALVES, N. D. *et al.* Encapsulated thyme (*Thymus vulgaris*) essential oil used as a natural preservative in bakery product. **Food Research International**, v. 96, p. 154–160, 2017.

GOVAERTS, R. *et al.* **World checklist of Myrtaceae. Royal Botanic Gardens, Kew.**

GOVINDARAJAN, M. *et al.* Curzerene, trans- $\beta$ -elemenone, and  $\gamma$ -elemene as effective larvicides against *Anopheles subpictus*, *Aedes albopictus*, and *Culex tritaeniorhynchus*: toxicity on non-target aquatic predators. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, n. 11, p. 10272–10282, 2018.

GRESSLER, E.; PIZO, M. A.; MORELLATO, L. P. C. Polinização e dispersão de sementes em Myrtaceae do Brasil. **Revista brasileira de botânica**, v. 29, n. 4, p. 509–530, 2006.

GUO, X. *et al.* Acaricidal activities of the essential oil from *Rhododendron nivale* Hook. f. and its main compound,  $\delta$ -cadinene against *Psoroptes cuniculi*. **Veterinary Parasitology**, v. 236, p. 51–54, 2017.

GURGEL, E. S. C. *et al.* Chemical compositions and herbicidal (phytotoxic) activity of essential oils of three *Copaifera* species (Leguminosae-Caesalpinoideae) from Amazon-Brazil. **Industrial Crops and Products**, v. 142, p. 111850, dez. 2019.

GYESI, J. N.; OPOKU, R.; BORQUAYE, L. S. Chemical Composition, Total Phenolic Content, and Antioxidant Activities of the Essential Oils of the Leaves and Fruit Pulp of *Annona muricata* L. (Soursop) from Ghana. **Biochemistry Research International**, v. 2019, p. 1–9, set. 2019.

HAMIDPOUR, R. *et al.* *Rosmarinus officinalis* (Rosemary): A Novel Therapeutic Agent for Antioxidant Cinnamon Novel effect on CAD View project ColoLuban View project *Rosmarinus Officinalis* (Rosemary): A Novel Therapeutic Agent for Antioxidant, Antimicrobial, Anticancer, Antidiabetic, Antidepressant, Neuroprotective, Anti-Inflammatory, and Anti-Obesity Treatment. **Biomed J Sci & Tech**, v. 1, n. 4, p. 1–6, 2017.

HUONG, L. T. *et al.* Mosquito larvicidal activity of the essential oil of *zingiber collinsii* against *Aedes albopictus* and *Culex quinquefasciatus*. **Journal of Oleo Science**, v. 69, n. 2, p. 153–160, 2020.

JERÔNIMO, L. B. *et al.* Antioxidant and Cytotoxic Activities of Myrtaceae Essential Oils Rich in Terpenoids From Brazil. **Natural Product Communications**, v. 16, n. 2, p. 1–13, 2021.

- JORGE, UZIA I. F.; AGUIAR, J. P. L.; SILVA, M. DE L. P. Anatomia foliar de pedrahume-caá (*Myrcia sphaerocarpa*, *Myrcia guianensis*, *Eugenia puniceifolia* - Myrtaceae). **Acta Amazonica**, v. 30, n. 1, p. 49–49, mar. 2000.
- KARPIŃSKI, T. M. Essential oils of lamiaceae family plants as antifungals. **Biomolecules**, v. 10, n. 1, 2020.
- KITAKA, P. R. *et al.* Potential Use of Essential Oils in Baker's Yeast. In: SANTOS, C. C. (Ed.). **Pesquisa na Cadeia de Suprimentos de Plantas Aromáticas**. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019. p. 1–12.
- LAGO, J. H. G. *et al.* Chemical and Biological Evaluation of Essential Oils from Two Species of Myrtaceae — *Eugenia uniflora* L. and *Plinia trunciflora* (O. Berg) Kausel. **Molecules**, v. 16, n. 12, p. 9827–9837, 25 nov. 2011.
- LI, J. *et al.* Anti-inflammatory and anti-apoptotic effect of zingiberene on isoproterenol-induced myocardial infarction in experimental animals. **Human and Experimental Toxicology**, v. 40, n. 6, p. 1–13, 2020.
- LIMA, R. K.; CARDOSO, M. G. Família Lamiaceae: Importantes Óleos Essenciais com Ação Biológica e Antioxidante. **Revista Fitos**, v. 3, n. 3, p. 14–24, 2007.
- LIMBERGER, R. P.; SOBRAL, M.; HENRIQUES, A. T. Óleos Voláteis de Espécies de *Myrcia* Nativas Do Rio Grande Do Sul. **Química Nova**, v. 27, n. 6, p. 916–919, 2004.
- LUBBE, A.; VERPOORTE, R. Cultivation of medicinal and aromatic plants for specialty industrial materials. **Industrial Crops and Products**, v. 34, n. 1, p. 785–801, 2011.
- MAGINA, M. D. A. *et al.* Chemical composition and antibacterial activity of essential oils of *Eugenia* species. **Journal of Natural Medicines**, v. 63, n. 3, p. 345–350, 24 mar. 2009.
- MAIA, J. G. S.; ANDRADE, E. H. A. Database of the amazon aromatic plants and their essential oils. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 595–622, 2009.
- MATOS, L. F. *et al.* Chemical composition and insecticidal effect of essential oils from *Illicium verum* and *Eugenia caryophyllus* on *Callosobruchus maculatus* in cowpea. **Industrial Crops and Products**, v. 145, p. 112088, 1 mar. 2020.
- MAZINE, F. F. *et al.* 2020. *Eugenia* in **Flora do Brasil 2020**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB10338>>. Acesso em: 15 jan. 2021.
- MENDES, L. A. *et al.* Óleos essenciais em Myrtaceae. In: FERREIRA A. *et al.* (Eds.). **Tópicos Especiais em Produção Vegetal VI**. Alegres: CAUFES, 2016. p. 110–144.
- MILLER, M. *et al.* A left-handed crossover involved in amidohydrolase catalysis. Crystal structure of *Erwinia chrysanthemi* l-asparaginase with bound l-aspartate. **FEBS Letters**, v. 328, n. 3, p. 275–279, 1993.
- MONTALVÁN *et al.* Chemical Composition, Enantiomeric Distribution, and Sensory Evaluation of the Essential Oils Distilled from the Ecuadorian Species *Myrcianthes myrsinoides* (Kunth) Grifo and *Myrcia mollis* (Kunth) DC. (Myrtaceae). **Plants**, v. 8, n. 11, p. 511, 15 nov. 2019.

- MORAIS, L. A. S. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Horticultura Brasileira**, v. 27, p. s4050–s4063, 2009.
- MOREIRA, R. R. D. *et al.* Antileishmanial activity of *Melampodium divaricatum* and *Casearia sylvestris* essential oils on *Leishmania amazonensis*. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**, v. 61, p. 1–7, 2019.
- NAFIS, A. *et al.* Antioxidant activity and evidence for synergism of *Cannabis sativa* (L.) essential oil with antimicrobial standards. **Industrial Crops and Products**, v. 137, p. 396–400, out. 2019.
- NARKHEDE, R. R. *et al.* Recognition of Natural Products as Potential Inhibitors of COVID-19 Main Protease (Mpro): In-Silico Evidences. **Natural Products and Bioprospecting**, v. 10, n. 5, p. 297–306, 2020.
- NASCIMENTO, L. D. *et al.* Bioactive Natural Compounds and Antioxidant Activity of Essential Oils from Spice Plants : New Findings and Potential Applications. **Biomolecules**, v. 10, n. 7, p. 988, 2020.
- NERILO, S. B. *et al.* Antifungal properties and inhibitory effects upon aflatoxin production by *Zingiber officinale* essential oil in *Aspergillus flavus*. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 51, n. 2, p. 286–292, 2016.
- OLIVEIRA, C. C. DE *et al.* Anticonvulsant activity of  $\beta$ -caryophyllene against pentylenetetrazol-induced seizures. **Epilepsy and Behavior**, v. 56, p. 26–31, 2016a.
- OLIVEIRA, F. L. DE *et al.* Metabólitos secundários em hortaliças. In: FERREIRA, A. *et al.* (Eds.). **Tópicos Especiais em Produção Vegetal VI**. Alegres: CAUFES, 2016b. p. 255–276.
- OLIVEIRA, M. S. DE *et al.* Supercritical CO<sub>2</sub> Application in Essential Oil Extraction. In: INAMUDDIN, R. M.; ASIRI, A. M. (Eds.). **Industrial Applications of Green Solvents – Volume II**. 2. ed. Millersville PA, USA: Materials Research Foundations, 2019. p. 1–28.
- PAVELA, R. Essential oils for the development of eco-friendly mosquito larvicides: A review. **Industrial Crops and Products**, v. 76, p. 174–187, dez. 2015.
- PAVELA, R.; BENELLI, G. Essential Oils as Ecofriendly Biopesticides? Challenges and Constraints. **Trends in Plant Science**, v. 21, n. 12, p. 1000–1007, 2016.
- PEREIRA, M. C. *et al.* Characterization and antioxidant potential of Brazilian fruits from the Myrtaceae family. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 60, n. 12, p. 3061–3067, 28 mar. 2012.
- PEREIRA, R. A.; ZOGHBI, M. DAS G. B.; BASTOS, M. DE N. DO C. Essential Oils of Twelve Species of Myrtaceae Growing Wild in the Sandbank of the Resex Maracanã, State of Pará, Brazil. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 13, n. 4, p. 440–450, jan. 2010.
- PÉREZ-LÓPEZ, A. *et al.* Activity against streptococcus pneumoniae of the essential oil and  $\delta$ -cadinene isolated from schinus molle fruit. **Journal of Essential Oil Research**, v. 23, n. 5, p. 25–28, 2011.
- PROENÇA, C. E. B. *et al.* 2020. Myrtaceae in **Flora do Brasil 2020**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB171>>. Acesso em: 15 jan. 2021.

- RAMALHO, V. C.; JORGE, N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. **Química Nova**, v. 29, n. 4, p. 755–760, 1 jul. 2006.
- RAMOS, M. F. D. S. *et al.* Essential Oils From Myrtaceae Species of the Brazilian Southeastern Maritime Forest (Restinga). **Journal of Essential Oil Research**, v. 22, n. 2, p. 109–113, mar. 2010.
- RAMSEY, J. T. *et al.* Focus: Plant-based Medicine and Pharmacology: Essential Oils and Health. **The Yale Journal of Biology and Medicine**, v. 93, n. 2, p. 291, 1 jun. 2020.
- 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.
- REGNAULT-ROGER, C.; VICENT, C.; ARNASON, J. T. Essential Oils in Insect Control: Low-Risk Products in a High-Stakes World. **Annual Review of Entomology**, v. 57, n. 1, p. 405–424, 2012.
- REHMAN, R. *et al.* Biosynthesis of essential oils in aromatic plants: A review. **Food Reviews International**, v. 32, n. 2, p. 117–160, 2 abr. 2016.
- ROMDHANE, M.; TIZAOUI, C. The kinetic modelling of a steam distillation unit for the extraction of aniseed (*Pimpinella anisum*) essential oil. **Journal of Chemical Technology & Biotechnology**, v. 80, n. 7, p. 759–766, 1 jul. 2005.
- SÁ, F. A. S. *et al.* Essential oils in aerial parts of *Myrcia tomentosa*: Composition and variability. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v. 22, n. 6, p. 1233–1240, 2012.
- SALES, D. S. *et al.* *Eugenia puniceifolia* (Kunth) DC. as an Adjuvant Treatment for Type-2 Diabetes Mellitus: A non-Controlled, Pilot Study. **Phytotherapy Research**, v. 28, n. 12, p. 1816–1821, dez. 2014.
- SANTANA DE OLIVEIRA, M. *et al.* Chemical Composition, Antimicrobial Properties of *Siparuna guianensis* Essential Oil and a Molecular Docking and Dynamics Molecular Study of its Major Chemical Constituent. **Molecules**, v. 25, n. 17, p. 3852, 25 ago. 2020.
- SANTANA DE OLIVEIRA, M. *et al.* Extraction Yield, Chemical Composition, Preliminary Toxicity of *Bignonia nocturna* (Bignoniaceae) Essential Oil and in Silico Evaluation of the Interaction. **Chemistry & Biodiversity**, p. cbdv.202000982, mar. 2021.
- SANTOS, C. DOS *et al.* Antioxidative, Antiproliferative and Antimicrobial Activities of Phenolic Compounds from Three *Myrcia* Species. **Molecules**, v. 23, n. 5, p. 986, 24 abr. 2018.
- SANTOS, C. V. DOS *et al.* Composição química, atividade antimicrobiana e antioxidante do óleo essencial de folhas *Myrcia palustris* DC. (MYRTACEAE). **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, p. e20510313303, 12 mar. 2021.
- SANTOS, M. F. *et al.* 2020. *Myrcia* in **Flora do Brasil 2020**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB10660>>. Acesso em: 31 ago. 2021.
- SCALVENZI, L. *et al.* *Myrcia splendens* (Sw.) DC. (syn. *M. fallax* (Rich.) DC.) (Myrtaceae) Essential Oil from Amazonian Ecuador: A Chemical Characterization and Bioactivity Profile. **Molecules**, v. 22, n. 7, p. 1163, 12 jul. 2017.

- SCHEPETKIN, I. *et al.* Chemical Composition and Immunomodulatory Activity of *Hypericum perforatum* Essential Oils. **Biomolecules**, v. 10, n. 6, p. 916, jun. 2020.
- SELL, C. S. **The Chemistry of Fragrance: From Perfumer to Consumer**. 2. ed. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 2006.
- SERAFINI, L. A.; BARROS, N. M.; AZEVEDO, J. L. **Biotechnologia na agricultura e na agroindústria**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária LTDA, 2001.
- SILVA, A. DO N.; UETANABARO, A. P. T.; LUCCHESI, A. M. Chemical Composition and Antibacterial Activity of Essential Oils from *Myrcia alagoensis* (Myrtaceae). **Natural Product Communications**, v. 8, n. 2, p. 1934578X1300800, fev. 2013.
- SILVA, F. K. S. DA *et al.* Levantamento das espécies conhecidas como pedra-ume-caá (Myrtaceae), com ênfase nas comercializadas na cidade de Belém, Pará, Brasil. **Biota Amazônia**, v. 5, p. 7–15, 2015.
- SILVA, L. A. DA *et al.* Atividade antioxidante do óleo essencial de *Myrcia sylvatica* (G. Mey.) DC. por diferentes métodos de análises antioxidantes (ABTS, DPPH, FRAP,  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico). **Revista Fitos**, v. 12, n. 2, p. 117–126, 2018a.
- SILVA, M. V. *et al.* Essential oil from leaves of *Eugenia calycina* Cambes: Natural larvicidal against *Aedes aegypti*. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 101, n. 3, p. 1202–1208, 1 fev. 2021a.
- SILVA, S. G. *et al.* Planting and seasonal and circadian evaluation of a thymol-type oil from *Lippia thymoides* Mart. & Schauer. **Chemistry Central Journal**, v. 12, n. 1, p. 113, 12 dez. 2018b.
- SILVA, S. G. *et al.* Supercritical CO<sub>2</sub> extraction to obtain *Lippia thymoides* Mart. & Schauer (Verbenaceae) essential oil rich in thymol and evaluation of its antimicrobial activity. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 168, p. 105064, fev. 2021b.
- SINGH, H. P. *et al.* Assessment of in vitro antioxidant activity of essential oil of *Eucalyptus citriodora* (lemon-scented Eucalypt; Myrtaceae) and its major constituents. **LWT - Food Science and Technology**, v. 48, n. 2, p. 237–241, out. 2012.
- SOUSA, E. M. DE *et al.* CINÉTICA DE SECAGEM E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA POLPA DO FRUTO DE *Eugenia patrisii* Vahl. (MYRTACEAE). In: **Impactos das Tecnologias na Engenharia Química 2**. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019. p. 186–191.
- STEFANELLO, M. É. A. *et al.* Composição e variação sazonal do óleo essencial de *Myrcia obecta* (O. Berg) Kiaersk. var. *obecta*, Myrtaceae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 20, n. 1, p. 82–86, 2010.
- STEFANELLO, M. É. A.; PASCOAL, A. C. R. F.; SALVADOR, M. J. Essential Oils from Neotropical Myrtaceae: Chemical Diversity and Biological Properties. **Chemistry & Biodiversity**, v. 8, n. 1, p. 73–94, 1 jan. 2011.
- STEIN, S. . *et al.* **The NIST mass spectral search program for the nist/epa/nih mass spectra library. Standard Reference Data Program of the National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, US, 2011.** Disponível em: <<https://www.nist.gov/system/files/documents/srd/Ver20Man.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2021.

SUCUPIRA, N. R. *et al.* Métodos Para Determinação da Atividade Antioxidante de Frutos. **Journal of Health Sciences**, v. 14, n. 4, p. 263–269, 2015.

TOLEDO, A. G. *et al.* Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activity of the essential oil of leaves of *Eugenia involucrata* DC. **Bioscience Journal**, v. 36, n. 2, p. 568–577, 11 fev. 2020.

VAN DEN DOOL, H.; DEC. KRATZ, P. A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas—liquid partition chromatography. **Journal of Chromatography A**, v. 11, p. 463–471, 1963.

VICTORIA, F. N. *et al.* Essential oil of the leaves of *Eugenia uniflora* L. Antioxidant and antimicrobial properties. **Food and Chemical Toxicology**, v. 50, n. 8, p. 2668–2674, 2012.

VIEGAS JR, C.; BOLZANI, V. DA S.; BARREIRO, E. J. Os produtos naturais e a química medicinal moderna. **Química Nova**, v. 29, n. 2, p. 326–337, abr. 2006.

VIEIRA, R. F.; BIZZO, H. R.; DESCHAMPS, C. Genetic resources of aromatic plants from Brazil. **Israel Journal of Plant Sciences**, v. 58, p. 263–271, 18 maio 2009.

WANG, W. *et al.* Effects of incorporation with clove (*Eugenia caryophyllata*) essential oil (CEO) on overall performance of chitosan as active coating. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 166, p. 578–586, 1 jan. 2021.

WOLFFENBUTTEL, A. N. **Base da química dos óleos essenciais e aromaterapia: abordagem técnica e científica**. São Paulo: Roca LTDA, 2010.

YANG, S.-A. *et al.* Comparative study of the chemical composition and antioxidant activity of six essential oils and their components. **Natural product research**, v. 24, n. 2, p. 140–151, jan. 2010.

ZENG, Z. *et al.* Essential oil and aromatic plants as feed additives in non-ruminant nutrition: a review. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 6, n. 1, p. 7, 24 dez. 2015.

ZHELJAZKOV, V. D. *et al.* Essential oil composition, antioxidant and antimicrobial activity of the galbuli of six *Juniper* species. **Industrial Crops and Products**, v. 124, n. April, p. 449–458, 2018.

ZOGHBI, M. DAS G. B. *et al.* Essential oils from three *Myrcia* species. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 18, n. 5, p. 421–424, 1 set. 2003.

**APÊNDICE A – Artigo Chemical Composition and Antioxidant Activity of Essential Oils from *Eugenia patrisii* Vahl, *E. puniceifolia* (Kunth) DC., and *Myrcia tomentosa* (Aubl.) DC., Leaf of Family Myrtaceae**