



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA – UFRA
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI – MPEG
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
– BOTÂNICA TROPICAL - PPGBOT**



LUIZ RENAN RAMOS DA SILVA

**ESTUDO MORFOANATÔMICO, HISTOQUÍMICO E FITOQUÍMICO DO ÓLEO
ESSENCIAL DE *Plectranthus ornatus* CODD. (LAMIACEAE).**

**Belém- PA
2023**

LUIZ RENAN RAMOS DA SILVA

**ESTUDO MORFOANATÔMICO, HISTOQUÍMICO E FITOQUÍMICO DO ÓLEO
ESSENCIAL DE *Plectranthus ornatus* CODD. (LAMIACEAE).**

Trabalho de dissertação apresentado como requisito de defesa do Programa de Pós Graduação em Ciências Biológicas – Botânica Tropical - PPGBOT da Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA e Museu Paraense Emílio Goeldi - MPEG para a obtenção do título de Mestre em Botânica Tropical.

Linha de Pesquisa: Sistemática e Evolução de Plantas.

Orientador: Dr. Mozaniel Santana de Oliveira

Coorientadora: Dr^a. Eloisa Helena de Aguiar Andrade

**Belém- PA
2023**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas da Universidade Federal Rural da Amazônia
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

D111e da Silva, Luiz Renan Ramos

Estudo Morfoanatômico, Histoquímico e Fitoquímico do Óleo Essencial de *Plectranthus ornatus*
CODD. (LAMIACEAE) : (Lamiaceae) / Luiz Renan Ramos da Silva. - 2023.
59 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado) - Programa de PÓS-GRADUAÇÃO em Ciências Biológicas (CB), Campus
Universitário de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2023.

Orientador: Prof. Dr. Mozaniel Santana de Oliveira Coorientador:
Profa. Dra. Eloisa Helena de Aguiar Andrade.

1. Compostos Químicos . 2. Anatomia Vegetal . 3. Tricomas . 4. Cariófileno . I. de Oliveira,
Mozaniel Santana , *orient.* II. Título

CDD 581.01574

LUIZ RENAN RAMOS DA SILVA

**ESTUDO MORFOANATÔMICO, HISTOQUÍMICO E FITOQUÍMICO DO ÓLEO
ESSENCIAL DE *Plectranthus ornatus* CODD. (LAMIACEAE).**

Trabalho de dissertação apresentado como requisito de defesa do Programa de Pós Graduação em Ciências Biológicas – Botânica Tropical - PPGBOT da Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA e Museu Paraense Emílio Goeldi - MPEG para a obtenção do título de Mestre em Botânica Tropical. Linha de Pesquisa: Sistemática e Evolução de Plantas.


Apresentado em: 31/ 03/ 2023 .

Conceito: Excelente

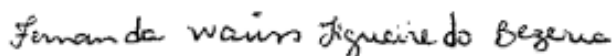
COMISSÃO JULGADORA:



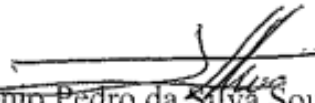
Presidente: Dr. Mozaniel Santana de Oliveira



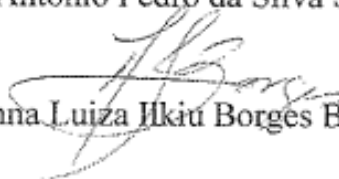
Primeiro Examinador: Dr. Alcy Favacho Ribeiro



Segundo Examinador: Dra. Fernanda Wariss Figueiredo Bezerra



Terceiro Examinador: Dr. Antônio Pedro da Silva Souza Filho



Coordenadora do Curso: Dra. Anna Luiza Ilkiu Borges Benkendorff

AGRADECIMENTOS

Ao Museu Paraense Emílio Goeldi – MPEG e a Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA pela formação em pós graduação em nível mestrado, com todo o suporte acadêmico e científico.

Aos meus Pais Alda Lúcia Ramos da Silva e Jorge Luiz Almeida da Silva por todo incentivo, amor, paciência e dedicação com minha vida e caminhada acadêmica.

Ao meu irmão, o doutorando em geografia Felipe Kevin, que me incentivou aos estudos científicos.

À Familiares e amigos pelos momentos de descontrações, risadas e credibilidades atribuídas pela confiança e memórias vividas. A família e amigos são essenciais na vida de qualquer pessoa, em especial as minhas avós Graça da Silva e Maria Lúcia Ramos pela sensibilização para as plantas com os seus conhecimentos no uso de ervas medicinais, o que me incentivou a estudá-las.

Ào grupo de pesquisa de fitoquímica e Anatomia, em especial a Zelina Ataíde, Anderson Botelho, Lidiane Diniz e Oberdan Oliveira pelas contribuições e ensinamentos tão importantes e significativos, pela paciência e organizações.

Às minhas companheiras de estrada no mestrado, Ranielle Mendonça e Dheanny Silva, pelo companheirismo, paciência, dedicação, estudos, incentivos e tantos outros atributos positivos de uma grande amizade cultivada no âmbito acadêmico para a vida. Assim como Kenneri, Iza, Antônio, Camila, Victoria e Matheus. Sou muito grato pela amizade de vocês.

À Leydiane Lima e Sara Amaral, em que tive o privilégio de ser agraciado em minha vida com a grandiosa amizade, companheirismo e essências. Me incentivaram a ingressar na pós nível mestrado. Gratidão!

Ào meu orientador Dr. Mozaniel Santana de Oliveira pelas idéas, paciência, autonomia, apoio, ensinamentos, motivações, incentivos, momentos de descontração, sabedoria e contribuições na pesquisa em si com ricas e saudáveis discussões acadêmicas; É para mim uma grande inspiração profissional.

À minha Co-orientadora Dr^a. Eloisa Helena de Aguiar Andrade, pela disponibilidade, paciência, conselhos, ensinamentos e contribuições na pesquisa em si.

À minha eterna orientadora e mãe acadêmica do coração Helena do Socorro Alves Quadros, que sempre me incentivou a seguir a vida acadêmica e científica com seus ensinamentos no MPEG. Sei que de onde você estiver, estará me guiando. Gratidão por tudo.

À CAPES pela concessão da bolsa de mestrado.

E agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a obtenção da pesquisa.

Obrigado!

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Elementos químicos encontrados na família Lamiaceae. Monoterpenes: (1) 1,8-cineole, (2) camphor, (3) pulegone, (4) borneol, (5) limonene, (6) α -pinene, (7) linalool, (8) carvacrol, (9) p-cymene, (10) thujanol, (11) β -pinene, (12) α -campholenal, (13) citronellol, (14) thymol, and (15) β myrcene	22
Figura 2. Elementos químicos encontrados na família Lamiaceae. Sesquiterpenes: (1) Italicene epoxide, (2) guaiol, (3) 1,10-di-epi-cubenol, (4) 8-cedren-13-ol, (5) (Z)- α -trans-bergamotol, (6) α -copaene, (7) β -costol, (8) spathulenol, (9) β -bourbonene, (10) δ -cadinene, (11) β -caryophyllene, and (12) β -farnesene.....	23
Figura 3. Potencial mecanismo de ação de óleos essenciais em bactérias.....	26
Figura 4. Potencial mecanismo de ação de óleos essenciais em fungos.....	29
Figura 5. Regiões do limbo foliar de interesse para o estudo anatômico.....	41
Figura 6. Folhas isoladas de boldo <i>Plectranthus ornatus</i> sendo face adaxial e abaxial.....	45
Figura 7. Prancha anatômica da vista frontal da lâmina foliar de <i>Plectranthus ornatus</i> Codd (A-D).....	47
Figura 8. Prancha anatômica de <i>Plectranthus ornatus</i> Codd. Secção transversal de limbo foliar.....	49
Figura 9. Prancha das reações dos testes histoquímicos nos tricomas glandulares secretores do limbo foliar de <i>Plectranthus ornatus</i> Codd.....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição química e rendimento de óleos essenciais de espécies de Lamiaceae.....	22
Tabela 2. Atividade antioxidante de óleos essenciais de espécies de Lamiaceae.....	24
Tabela 3. Atividade antibacteriana dos óleos essenciais de Lamiaceae.....	25
Tabela 4. Atividade antifúngica dos óleos essenciais de Lamiaceae.....	28
Tabela 5. Testes histoquímicos aplicados nas estruturas secretoras da folha de <i>Plectranthus ornatus</i> Codd. para detecção das principais classes de metabólitos.....	42
Tabela 6. Resultados da histoquímica aplicada na folha de <i>Plectranthus ornatus</i> Codd.....	50
Tabela 7. Composição química do óleo essencial isolado de duas espécimes de <i>Plectranthus ornatus</i>	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABTS	Ácido 2,20-azino-bis (ácido 3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico).
AC-DPPH	Antioxidant Capacity by inhibition of radical DPPH.
CA	Colenquima Angular
CG	Cromatografia Gasosa.
CR	Cristais
CS	Câmera subestomática
CUPRAC	Capacidade antioxidante redutora do íon cúprico.
DMSO	Dimetilsulfóxido ou Sulfóxido de Dimetilo.
DPPH	2,2-difenil-1-picril-hidrazila.
EAB	Epiderme Abaxial
EAD	Epiderme Adaxial
EM	Espectrometria de Massa.
EP	Epiderme
ES	Estômatos
F	Floema
FNT	Formalina Neutra Tamponada
FRAP	Poder antioxidante redutor férrico.
FV	Feixe Vascular
GIBF	Global Biodiversity Information Facility
HCA	Análise Hierárquica de Cluster.
IBPM	Instituto Brasileiro de Plantas Mediciniais.
ISO	International Organization for Standardization.
LAVEG	Laboratório de Anatomia Vegetal
MMA	Ministério do Meio Ambiente.
MPEG	Museu Paraense Emílio Goeldi
OES	Óleos essenciais.
OMS	Organização Mundial da Saúde.
PA	Pará.
PCA	Análise de Componentes Principais.
PH	Potencial Hidrogeniônico.
SDE	Extração e Destilação Simultâneas.
TEAC	Trolox Equivalent Antioxidant Capacity.
TBARS	Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico
TPA	12-O-tetradecanoyl phorbol-13-acetate ()
TT	Tricoma Tectores,
TG	Tricoma Glandular.
UFCs	Unidades Formadoras de Colônias
UTAD	Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
X	Xilema

SUMÁRIO

CONTEXTUALIZAÇÃO	11
OBJETIVOS	13
Geral	13
Específico	13
REFERÊNCIAS	15
CAPITULO I: ANEXO I.....	16
CAPÍTULO II.....	38
INTRODUÇÃO	40
METODOLOGIA	42
ÁREA DE ESTUDO E COLETA DO MATERIAL BOTÂNICO	42
ANÁLISES ANATÔMICAS.....	42
DISSOCIAÇÕES EPIDÉRMICAS.....	43
DIAFANIZAÇÃO.....	43
HISTOQUÍMICA.....	44
EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL POR HIDRODESTILAÇÃO	45
ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA	45
RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
ASPECTOS MORFOLÓGICOS	46
CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICAS.....	47
HISTOQUÍMICA.....	51
COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL.....	55
CONCLUSÃO	59
AGRADECIMENTOS	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60

RESUMO

As plantas possuem valiosos compostos químicos fundamentais para a sua sobrevivência e desenvolvimento, dentre eles, os óleos essenciais (OEs) que são substâncias voláteis complexas, sendo produto do metabolismo secundário das plantas. A espécie *Plectranthus ornatus* Cood, denominada popularmente como boldo, pertence à família Lamiaceae, uma das mais requisitadas pelos seus OEs, possuindo grandiosas importância medicinais, ornamentais e econômica, apresentando similaridades morfológicas com outras espécies dessa família e principalmente do gênero *Plectranthus*. Nesse sentido, a presente pesquisa apresenta um estudo de análise morfoanatômica e histoquímica do limbo foliar e fitoquímica na extração do óleo essencial da espécie *Plectranthus ornatus*, objetivando fornecer características morfológicas, anatômicas, histoquímicas e avaliar os compostos químicos do seu óleo essencial foliar, descrevendo características para a identidade da espécie. Os pontos de coleta de *Plectranthus ornatus* foram selecionados a partir de informações de uma pequena plantação no município de Quatipuru e no município de Barcarena no Pará, sendo coletados e depositados no herbário do Museu Goeldi - MPEG. O óleo essencial foi extraído pelo método de hidrodestilação e armazenado em ampolas de vidro, e as análises anatômicas e histoquímicas foram feitas cortes de seções transversais e longitudinais de 08µm a 10µm para seguirem dissociações epidérmicas, diafanização e testes com reagentes para identificação de grupos metabólitos. As folhas das espécimes apresentaram morfologias semelhantes, no que diferenciam apenas no tamanho, apresentando folhas como opostas cruzadas, margem denteada, penínérveas, presença de tricomas, com pecíolo muito curto e de coloração verde-bandeira. No estudo anatômico encontrou-se numerosos tricomas tectores e glandulares de diferentes formas e tamanhos, além na identificação de tricomas estrelados, tendo em ambas as faces foliares células epidérmicas com paredes anticlinais sinuosas, lâmina foliar anfiestomática, estômatos diacíticos e células subsidiárias. Na extração do óleo obteve-se um rendimento de 0,1, sendo considerado baixo para o gênero, apresentando como composto majoritário em análise do óleo essencial o E-Cariofileno, em que nos testes histoquímicos constatou que essa característica do rendimento deve-se aos tricomas glandulares que não secretam apenas OEs, estando misturado com resina, evidenciado pela coloração arroxiada. Além de reações positivas para lipídios totais e ácidos, terpenos, polissacarídeos, compostos fenólicos, tanino e alcalóides, e com presença de oxalato de cálcio principalmente no pecíolo. Os resultados obtidos forneceram informações relevantes para a identificação e controle de qualidade da espécie, constatando um potencial enriquecedor como uma planta aromática para futuros estudos.

Palavras chave: Compostos Químicos. Anatomia Vegetal. Tricomas. Cariofileno.

ABSTRACT

Plants have valuable chemical compounds that are fundamental for their survival and development, among them, essential oils (EOs), which are complex volatile substances, being a product of the secondary metabolism of plants. The species *Plectranthus ornatus* Cood, popularly known as boldo, belongs to the Lamiaceae family, one of the most requested by its EOs, having great medicinal, ornamental and economic importance, presenting morphological similarities with other species of this family and mainly of the genus *Plectranthus*. In this sense, the present research presents a study of morphoanatomical and histochemical analysis of the leaf blade and phytochemistry in the extraction of the essential oil of the species *Plectranthus ornatus*, aiming to provide morphological, anatomical, histochemical characteristics and to evaluate the chemical compounds of its foliar essential oil, describing characteristics for species identity. The collection points of *Plectranthus ornatus* were selected based on information from a small plantation in the municipality of Quatipuru and in the municipality of Barcarena in Pará, being collected and deposited in the herbarium of the Goeldi Museum - MPEG. The essential oil was extracted by the hydrodistillation method and stored in glass ampoules, and anatomical and histochemical analyzes were carried out in transverse and longitudinal sections from 08 μ m to 10 μ m to follow epidermal dissociation, diaphanization and tests with reagents to identify metabolite groups. The leaves of the specimens presented similar morphologies, differing only in size, presenting leaves as opposite cross, dentate margin, peninerveas, presence of trichomes, with very short petiole and flag-green color. In the anatomical study, numerous tector and glandular trichomes of different shapes and sizes were found, in addition to the identification of stellate trichomes, with epidermal cells on both sides of the leaves with sinuous anticlinal walls, amphistomatic leaf blade, diacytic stomata and subsidiary cells. In the oil extraction, a yield of 0.1 was obtained, which is considered low for the genus, with E-Caryophyllene as the major compound in the analysis of the essential oil, in which the histochemical tests found that this yield characteristic is due to the glandular trichomes that do not secrete only EOs, being mixed with resin, evidenced by the purplish coloration. In addition to positive reactions for total lipids and acids, terpenes, polysaccharides, phenolic compounds, tannins and alkaloids, and with the presence of calcium oxalate mainly in the petiole. The results obtained provided relevant information for the identification and quality control of the species, confirming its enriching potential as an aromatic plant for future studies.

Keywords: Chemical Compounds. Plant Anatomy. Trichomes. Caryophyllene.

1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Para compreender os óleos essenciais (OEs) e suas aplicações, é necessário retornar em alguns tópicos como uso da medicina tradicional ancestrais e atuais. O uso de plantas medicinais para prevenir, tratar e até curar doenças é de longe uma das terapias mais antigas e comumente utilizadas. Os primeiros medicamentos utilizados para tratamento de dores e doenças têm como base a aplicação de plantas medicinais (MORAES, *et al.*, 2018).

Os registros de 1800 mostram que a medicina tradicional, tinha como parte fundamental o uso de plantas, e esse era um fator amplamente registrado nos textos de farmacologia da época. Além do uso medicinal, os óleos essenciais (OEs) também foram utilizados para aromatizar ambientes e perfumar pessoas, devido ao seu potencial odorífero. Antigas civilizações, como na cultura egípcia, são conhecidos por utilizar plantas aromáticas e seus óleos em rituais e cerimônias religiosas. Esses óleos também eram aplicados como perfumes, preparo de sabonetes, no processo de mumificação e na proteção da pele devido à aridez local (PETROVSKA, 2012).

Nesse sentido, evidencia-se que a maioria dos componentes químicos já conhecidos advem de estudos etnobotânicos e farmacológicos destinados ao uso de plantas medicinais para diferentes finalidades. A Organização Mundial da Saúde (OMS) incluiu o uso de plantas medicinais *in natura* ou produtos que as contenham na categoria de medicina tradicional. Esse é um termo amplo que se refere a sistemas de saúde como a medicina chinesa, árabe ou indígena, incluindo o uso de plantas medicinais, produtos naturais e outras terapias. Em países onde a medicina tradicional não está incluída no sistema oficial de saúde, é classificada como medicina complementar, alternativa ou não convencional (VOSS-RECH; *et al.*, 2011).

Em termos de plantas medicinais, os diferentes ecossistemas e conhecimentos tradicionais do Brasil permitem que se usufrua de uma posição superior em relação a outros países, tornando-se, assim, um dos grupos de plantas mais ricos em substâncias biologicamente ativas, e que de acordo com dados do Instituto Brasileiro de Plantas Medicinais (IBPM, 2022) e do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2022), a uso de medicamentos por produtos naturais movimenta um montante financeiro considerável no país. Os pesquisadores e a indústria farmacêutica avançam cada vez mais na busca de conhecimentos sobre as plantas medicinais e na produção de medicamentos a partir dessa matéria-prima (WALDIA; *et al.*, 2011; BERLINCK *et al.*, 2017).

Na atualidade, o aumento da procura por produtos menos industrializados e com ingredientes funcionais de origem vegetal vem ganhando espaço (MIRANDA *et al.*, 2016). Nesse sentido, os OEs se destacam, sendo compostos químicos voláteis sintetizados por organismos de origem vegetal,

armazenados em células especializadas em suas folhas, flores, caules, raízes, frutos e sementes e que podem ser obtidos a partir de diferentes métodos de extração, como o método de hidrodestilação e destilação a vapor, destilação e extração simultânea (ANDRADE et al., 2019). Os OEs são um dos compostos mais importantes como matéria prima da planta, extraídos e utilizados in natura, para diferentes perspectivas medicinais e estéticas, o que aumenta as pesquisas que testam a sua aplicação.

Dentre as variadas espécies existentes de produtividade dos óleos essenciais, se tem a espécie *Plectranthus ornatus* Cood, de acordo com dados Jardim Botânico UTAD (2022) e REFLORE(2022), é conhecida popularmente como “boldo”, “boldinho” ou “boldo chinês”, oriundo do mediterrâneo e oriente, em que nesse trabalho será direcionado como foco de estudo. Esta espécie é utilizada em tratamentos de problemas estomacais, normalmente utilizando suas folhas em infusão na forma de chás (FERNANDES et al, 2021), assim como outras espécies desse gênero apresentam essas mesmas finalidades medicinais. No que também apresentam características morfológicas muito semelhantes umas com as outras, sendo confundidas na hora da identificação in natura. Nesse sentido, a necessidade de um estudo morfológico e caracterização anatômica para que assim possa melhor designar a identidade do *Plectranthus ornatus*.

A espécie pertence a família Lamiaceae, compreendendo mais de 7000 espécies e mais de 200 gêneros, distribuídas por todo o globo, normalmente de hábito herbáceo, com flores bonitas e aparentes (MESQUITA et al., 2018), e tendo o gênero *Plectranthus* como considerado um dos mais ricos em óleos essenciais pertencente a essa família (FREITAS et al., 2014), porém, há estudos que apontam para a baixa concentração de óleo essencial da espécie *Plectranthus ornatus* Cood (ALVES et al, 2018; DA SILVA et al, 2021). Nesse sentido, tem-se o interesse em realizar o estudo fitoquímico do óleo essencial pertencente a espécie em questão, estudo morfoanatômico para a sua caracterização e identidade, e histoquímico para auxiliar na composição dos metabólitos e estruturas vegetais do *Plectranthus ornatus*, para assim desvendar as lacunas científicas sobre essa espécie. Tendo em vista, uma considerável ocorrência da espécie no território regional, em que carece de estudos da espécie local cultivada, uma vez que as mudanças dos compostos dos OEs são fortemente influenciados por fatores ambientais, o que torna de suma importância o estudo para a contribuição do conhecimento científico.

Neste trabalho, apresenta dois capítulos, onde o primeiro trata-se do artigo já publicado na revista Hindawi Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, e intitulado Lamiaceae Essential Oils, Phytochemical Profile, Antioxidant, and Biological Activities. Este estudo apresenta informações teóricas sobre o uso de diferentes plantas pertencentes à família Lamiaceae,

principalmente no que diz respeito às propriedades físicas, químicas e biológicas de seus óleos essenciais. O segundo capítulo nomeado “Morphoanatomical approaches, histochemistry and chemical composition of essential oil from leaves of *Plectranthus ornatus* Codd. (LAMIACEAE) from the Amazon” disserta-se a Morfologia, Anatomia, histoquímica foliar da espécie *Plectranthus ornatus* e a composição química do seu óleo essencial, obtido por hidrodestilação, tendo os resultados das atividades práticas em laboratório para solucionar as lacunas científicas para a identidade da espécie.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Realizar um estudo Morfoanatomico, histoquímico e Análise da composição química do óleo essencial da espécie *Plectranthus ornatus* contribuindo na identidade da espécie.

2.2 Específicos

- Obter a extração e análise do óleo essencial das partes vegetativas da espécie *Plectranthus ornatus* para a identificação química;
- Verificar, com bases em estudos anatômicos e histoquímicos, suas características descritivas, e armazenamento de secreção de metabólitos secundários, como os OEs.
- Analisar morfologicamente as folhas de *Plectranthus ornatus* para caracterização da identidade da espécie.
- Ampliar o conhecimento acerca de estudos sobre espécie *Plectranthus ornatus*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, Eloisa H. D. A. et al. **Aspectos Botânicos Dos Óleos Essenciais**. Estudos Transdisciplinares nas Engenharias 3, Ponta Grossa, v. 3, n. 3, p. 26, out. 2019. ISSN CRB6/2422. Disponível em: <https://doi.org/10.22533/at.ed.82919071016>.
- ALVES, F. A. R.; MORAIS, S. M.; SOBRINHO, A. C. N.; SILVA, I. N. G.; MARTINS, C. G.; SOUSA, A. A.; FONTENELL, R. O. S. **Chemical composition, antioxidant and antifungal activities of essential oils and extracts from *Plectranthus* spp. against dermatophytes fungi**. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, v. 19, n. 1, p. 105-115, mar. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1519-99402018000100010>.
- BERLINCK, R. G. . B. W. D. S. . S. M. T. . & V. P. C. **A química de produtos naturais do Brasil do século XXI**. Química Nova, v. Vol. 40, n. 6, p. 7, maio 2017. ISSN 706-710. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170070>.
- DA SILVA, Wanderson Ferreira. **Isolamento e caracterização química do óleo essencial das folhas de *Plectranthus ornatus* Codd (Lamiaceae) por GC-MS**. 2021.
- FREITAS, M. A. C. et al. **Crescimento e tolerância à salinidade em três espécies medicinais do gênero *Plectranthus* expostas a diferentes níveis de radiação**. Revista Brasileira de Plantas Mediciniais, Campinas, v. v. 16, n. 4, p. 839-849, nov. 2014. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1983-084X/12_152.
- FERNANDES, José Martins; LOPES, Célia Regina Araújo Soares; ALMEIDA, Anderson Alex Sandro Domingos. **Morfologia de espécies medicinais de boldo cultivadas no Brasil**. Research, Society and Development, v. 10, n. 6, p. e42910615824-e42910615824, 2021.
- MESQUITA, Ludmilla S. S. D. T. R. S. A. L. W. C. D. M. F. C. M. M. D. A. N. D. S. R. & M. **Exploring the anticancer properties of essential oils from family Lamiaceae**. Food Rev., n. 35, p. 105–131, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/87559129.2018.1467443>.
- MIRANDA, C.A.S.F. E. A. **Essential oils from leaves of various species: antioxidant and antibacterial properties on growth in pathogenic species**. Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, CE, v. v.47, n. 1, p. 213-220, mar. 2016. ISSN 1806-6690. Disponível em: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20160025>.

MORAES, Gelton F. D. et al. Agrobiodiversidade Manejada em Quintais Agroflorestais Urbanos: Cultivo de Plantas Medicinais. **Cadernos de Agroecologia** – ISSN 2236-7934 – V. 13, N. 2, Campo Grande/ MS, v. V. 13, n. 2, p. 12, dez. 2018. ISSN 2236-7934. Disponível em: <http://cadernos.aba-agroecologia.org.br/index.php/cadernos/article/view/2214>.

PETROVSKA, B. **Historical review of medicinal plants' usage. Pharmacognosy Reviews, The Republic of Macedonia**, v. 6, n. 11, p. 6, out. 2012. Disponível em: doi: <https://doi.org/10.4103/0973-7847.95849>.

UTAD - Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Jardim Botânico UTAD - **Informação da multimedia da espécie Plectranthus ornatus Schltr.** Disponível em: https://jb.utad.pt/especie/Plectranthus_ornatus. Acesso em: 06 dez. 2022.

VOSS-RECHI, Daiane et al. Antibacterial activity of vegetal extracts against serovars of Salmonella. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. v.41, n. n.2, p. p.314-320, fev. 2011. ISSN ISSN 0103-8478. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/VGRdHzfr6RQF6GcGqqpy9ZF/?format=pdf&lang=en>.

WALDIA, Shobha B. C. J. P. C. J. The Genus Plectranthus in India and Its Chemistry. **CHEMISTRY & BIODIVERSITY**, v. 8, n. 2, p. 9, nov. 2011. Disponível em: doi: <https://doi.org/10.1002/cbdv.201000048>.

CAPÍTULO I: ANEXO 1 Artigo de Revisão

COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ATIVIDADES ANTIOXIDANTE E BIOLÓGICAS DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE ESPÉCIES BOTÂNICAS DA FAMÍLIA LAMIACEAE

Luiz Renan Ramos da Silva¹, Oberdan Oliveira Ferreira^{2,4}, Jorddy Nevez Cruz², Celeste de Jesus Pereira Franco², Tainá Oliveira dos Anjos^{1,2}, Marcia Moraes Cascaes³, Wanessa Almeida da Costa⁵, Eloisa Helena de Aguiar Andrade^{1,2,3,4} and Mozaniel Santana de Oliveira^{1,2*}

¹Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas - Botânica Tropical Universidade Federal Rural da Amazônia e Museu Paraense Emílio Goeldi, Av. Perimetral, 1901, Terra Firme, 66077-830, Belém, PA, Brasil, Brazil.

²Laboratório Adolpho Ducke-Coordenação de Botânica, Museu Paraense Emílio Goeldi, Av. Perimetral, 1901, Terra Firme, 66077-830, Belém, PA, Brasil, Brazil.

³Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal do Pará, Rua Augusto Corrêa S/N, Guamá, 66075-900 Belém, Pará, Brazil

⁴Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia–Rede Bionorte, Universidade Federal do Pará, Rua Augusto Corrêa S/N, Guamá, 66075-900 Belém, Pará, Brazil.

⁵Universidade Federal do Pará, Rua Augusto Corrêa S/N, Guamá, 66075-900 Belém, Pará, Brazil.

*Correspondence: author: mozaniel.oliveira@yahoo.com.br or mozanieloliveira@museu-goeldi.br; Tel.: + 55 91 988647823.

Hindawi

Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine

Volume 2021, Article ID 6748052, 18 pages

<https://doi.org/10.1155/2021/6748052>

**Document type**Review • [Gold Open Access](#) • [Green Open Access](#)**Source type**

Journal

ISSN

1741427X

DOI

10.1155/2021/6748052

[View more](#)

Lamiaceae Essential Oils, Phytochemical Profile, Antioxidant, and Biological Activities

Ramos Da Silva, Luiz Renan^a ; Ferreira, Oberdan Oliveira^{b, c} ; Cruz, Jorddy Nevez^b ;
 De Jesus Pereira Franco, Celeste^b ; Oliveira Dos Anjos, Tainá^{a, b} ; Cascaes, Marcia Moraes^d ;
 Almeida Da Costa, Wanessa^e ; Helena De Aguiar Andrade, Eloisa^{a, b, c, d} ;
 Santana De Oliveira, Mozaniel^{a, b}

Save all to author list

^a Programa de Pos-Graduacao em Ciencias Biologicas-Botanica Tropical, Universidade Federal Rural da Amazônia and Museu Paraense Emílio Goeldi, Av. Perimetral, 1901. Terra Firme, Belém, Para, 66075-900, Brazil

^b Adolpho Ducke Laboratory-Botany Coordination, Museu Paraense Emílio Goeldi, Av. Perimetral, 1901, Terra Firme, Belém, Para, 66077-830, Brazil

^c Postgraduate Program in Biodiversity and Biotechnology-Bionorte Network, Universidade Federal Do Pará, Rua Augusto Corrêa S/N Guamá, Belém, Para, 66075-90, Brazil

^d Postgraduate Program in Chemistry-Universidade Federal Do Pará, Rua Augusto Corrêa S/N Guamá, Belém, Para, 66075-900, Brazil

[View additional affiliations](#) 15^{91th} percentile
Citations in Scopus3,24
FWCI 13
Views count [View all metrics](#)
[View PDF](#) [Full text options](#) [Export](#)
Abstract

Reaxys Chemistry database information

Indexed keywords

SciVal Topics

Metrics

Abstract

Medicinal and aromatic plants present important active compounds that have potential for use in food, pharmaceutical, and agriculture industries. In this sense, the present work aimed to conduct a literature review on the potential applications of essential oils from Lamiaceae species. Antioxidant, anti-inflammatory, and antimicrobial activities were evaluated. The importance of this study is

Cited by 15 documents

Evaluation of Antimicrobial Activity and Cytotoxicity Effects of Extracts of *Piper nigrum* L. and Piperine

Alves, F.S. , Cruz, J.N. , de Farias Ramos, I.N. (2023) *Separations*

Phytotoxic Effects of Essential Oils from Six Lamiaceae Species

Casella, F. , Vurro, M. , Valerio, F. (2023) *Agronomy*

First Report on the Chemical Composition, Antioxidant Capacity, and Preliminary Toxicity to *Artemia salina* L. of *Croton campinarenis* Secco, A. Rosário & PE Berry (Euphorbiaceae) Essential Oil, and In Silico Study

da Costa, L.S. , de Moraes, Â.A.B. , Cruz, J.N. (2022) *Antioxidants*

[View all 15 citing documents](#)

Inform me when this document is cited in Scopus:

[Set citation alert >](#)**Related documents**

Studies on the Phytochemical Profile of *Ocimum basilicum* var. *minimum* (L.) Alef. Essential Oil, Its Larvicidal Activity and In Silico Interaction with Acetylcholinesterase against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae)

Botelho, A.D.S. , Ferreira, O.O. , de Oliveira, M.S. (2022) *International Journal of Molecular Sciences*

Chemical composition and larvicidal activity of *Ocimum* species essential oils from the south of the Paranaense forest (Argentina) against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) larvae

Martina, P.F. , Le Vraux, A. , Ferreyra, D. (2022) *Journal of Essential Oil Research*

Secretory structures and essential oil composition of selected industrial species of lamiaceae



Kowalski, R. , Kowalska, G. , Jankowska, M. (2019) *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus*

[View all related documents based on references](#)

Find more related documents in Scopus based on:

Review Article

Lamiaceae Essential Oils, Phytochemical Profile, Antioxidant, and Biological Activities

Luiz Renan Ramos da Silva,¹ Oberdan Oliveira Ferreira,^{2,3} Jorddy Nevez Cruz ,² Celeste de Jesus Pereira Franco,² Tainá Oliveira dos Anjos,^{1,2} Marcia Moraes Cascaes,⁴ Wanessa Almeida da Costa,⁵ Eloisa Helena de Aguiar Andrade,^{1,2,3,4} and Mozaniel Santana de Oliveira ^{1,2}

¹Programa de Pós-Graduação Em Ciências Biológicas-Botânica Tropical, Universidade Federal Rural da Amazônia and Museu Paraense Emílio Goeldi, Av. Perimetral, 1901. Terra Firme, Belém 66075-900, Pará, Brazil

²Adolpho Ducke Laboratory-Botany Coordination, Museu Paraense Emílio Goeldi, Av. Perimetral, 1901, Terra Firme, Belém 66077-830, Pará, Brazil

³Postgraduate Program in Biodiversity and Biotechnology-Bionorte Network, Universidade Federal do Pará-Rua Augusto Corrêa S/N, Guamá, Belém 66075-900, Pará, Brazil

⁴Postgraduate Program in Chemistry-Universidade Federal do Pará-Rua Augusto Corrêa S/N, Guamá, Belém 66075-900, Pará, Brazil

⁵Universidade Federal do Pará-Rua Augusto Corrêa S/N, Guamá, Belém 66075-900, Pará, Brazil

Correspondence should be addressed to Mozaniel Santana de Oliveira; mozaniel.oliveira@yahoo.com.br

Received 17 September 2021; Accepted 25 November 2021; Published 14 December 2021

Academic Editor: Ângelo Luís

Copyright © 2021 Luiz Renan Ramos da Silva et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Medicinal and aromatic plants present important active compounds that have potential for use in food, pharmaceutical, and agriculture industries. In this sense, the present work aimed to conduct a literature review on the potential applications of essential oils from *Lamiaceae* species. Antioxidant, anti-inflammatory, and antimicrobial activities were evaluated. The importance of this study is demonstrated as a way to theoretically provide information on the use of different plants belonging to the *Lamiaceae* family, especially with regard to the physical, chemical, and biological properties of its essential oils.

1. Introduction

Several studies have shown that plants have bioactive compounds, such as terpenoids, alkaloids, glycosides, phytohormones, phenolic, and phenylpropanoids, that assist in the development of phytotherapeutic; in addition, natural products can be a viable alternative for the development of new drugs to control microorganisms resistant to traditional antibiotics [1–6]. *Lamiaceae* family has several species of aromatic plants that are applied in traditional medicine and in the pharmaceutical and food industries because of their biological properties [7]. They are used as stimulant for blood circulation and digestion, to strengthen the central

nervous system, and as expectorant, antispasmodic, antiseptic [8], diuretic, carminative, and tonic [9]. The most popular plants in this family are oregano, rosemary, thyme, and sage [7].

The biological applications of the *Lamiaceae* are mainly related to its essential oils, which have various activities such as antioxidant, antitumor, anti-inflammatory, antiviral, analgesic, antitussive, antiasthmatic, antipyretic [9], antimicrobial, antiemetic, antifungal [10], insecticidal (against *Aedes aegypti*) [11], antidiabetic, antihypertensive [12], antipruritic, decongestant [13], antinociceptive [14], carminative, antirheumatic, antidepressant, neuroprotective, cholinergic [15], sedative, antiseptic, antiparasitic,

anthelmintic, immunoregulatory [16], antiallergic [17], antiangiogenic, anti-hepatotoxic [18], anticancer [19], and others.

According to Pires et al. [20], medicinal plants began to be used both in traditional medicine (*in natura*) and in vegetal products, such as essential oils, enhancing the investigations of plant species and, consequently, their natural pharmacological agents, considering the different perspectives of rural and urban areas.

According to data from the WHO, more than 70% of the population uses herbal medicines as the main form of medication to treat diseases [21]. This growing interest for less industrialized products with functional ingredients stimulated the use of essential oils in several industrial sectors (food, cosmetics, hygiene, and agriculture), which are applied in product conservation and control of microorganisms [22–24]. The advantage of volatile oils over synthetic preservatives lies in the lower development of toxic side products and economic viability [25, 26].

The essential oils (EOs) are aromatic and volatile substances found in different plant parts (leaves, flowers, seeds, roots, and fruits) [26]. Also, according to the de Oliveira et al., [27], they are extracted by steam distillation, dry distillation, mechanical extraction, or other processes such as supercritical CO₂ extraction. Essential oils are capable of undergoing physical processes which do not significantly alter their chemical compositions. The extraction methods vary according to the species, the plant part used, and the way the raw material is presented: fresh, partially dehydrated, or dried [28–30].

In general, EOs are formed by base elements (oxygen, hydrogen, and carbon), which generate aldehydes, esters, phenols, ketones, alcohols, organic acids, and substances with nitrogen/sulfur, hydrocarbons, and terpenes [31]. These functional groups are responsible for the properties of the oils. Those commonly found come from terpenoids and phenylterpenoids, with monoterpenes being the most frequent [32–34].

For the plant, EOs represent an adaptive advantage, being able to function as an attractant for pollination and as a natural defense against predator attacks [35]. The chemical composition of essential oils can vary within the same species because conditions such as cultivation site, collection method, environmental factors, and material storage can interfere in the production of metabolites [36].

The family to which plants belong can be important to make inferences about the composition of aromatic oils. For instance, *Rutaceae* family presents citrus species; *Myrtaceae* has as representative the eucalyptus; and *Oleaceae*, the jasmine [37–39]. *Lamiaceae* is one of the plant families that presents great interest regarding obtaining essential oils, which will be described in the next topics.

Thus, this paper is organized, besides introduction and final considerations, in three parts: (1) biological presentation and identification of *Lamiaceae* species; (2) chemical structures of biosynthesized molecules present in its EOs; and (3) different properties of these species.

2. *Lamiaceae* Family

The plant family *Lamiaceae*, formerly called Labiatae, for its flowers are characterized by a bilabiate corolla [40], *Lamiaceae* presents more than 7000 species that are grouped in about 240 genera; in Brazil, it is distributed in approximately 524 species belonging to 52 genera [41], and some of these species present aromatic properties, which confers great economic relevance to the *Lamiaceae* [42], being applied in cosmetics and herbal medicines. As examples of genera with such properties, *Mentha*, *Ocimum*, *Salvia*, *Clerodendrum*, and *Plectranthus* stand out.

Lamiaceae species are widely distributed around the globe, with various heights and habitats and greater abundance in the Mediterranean region [43]. They prefer hot areas; however, they can also be found in regions with low temperatures [41, 44]. In Brazil, *Lamiaceae* species are distributed throughout the country, with higher incidence in south, north, and northeast regions, comprising the Atlantic Forest, Amazon, and especially the Brazilian Cerrado [45–48].

The species of the *Lamiaceae* family have diversified morphological characteristics and may be herbs, herbaceous plants, shrubs, or tree species [41]. Nowadays, this is one of the biggest botanical families with flowers of different sizes, with warm and showy colors depending on the species. They are bisexual, with well-defined floral parts, apparent sepals and petals, inflorescence, and bilateral symmetry (zygomorphs), and the corolla tube is divided into two distinct parts, providing a “lip” shape, which is the main characteristic of the Labiatae family. Their leaves are normally simple, and their fruits are dry and multiple that become separated when ripe (schizocarpic fruits) [40, 49, 50].

This family presents many species rich in flavonoids and terpenes, with diterpenoids being the most abundant [51]. They are also rich in other substances that in addition to providing medicinal use have also assisted in taxonomic classifications [52]. Among the spices with aromatic properties, the six best-known vernacular names are thyme, basil, oregano, rosemary, sage, and lemon balm [16]. This variety of bioactive compounds confers *Lamiaceae* properties such as antioxidant, insecticidal, fungicidal, and bactericidal [53], which can result in an aggregation of potential economic and pharmacological value.

3. *Lamiaceae* Species Rich in Essential Oils

Species of the *Lamiaceae* family produce large amounts of secondary metabolites, including the compounds present in essential oils in plants with biological activities and therapeutic potential [41, 44]. Some examples include species *B. officinalis*, *G. hederacea*, *H. pectinata*, *Lavandula*, *Lamium*, *M. officinalis*, *Mentha*, *M. vulgare*, *Origanum*, *Ocimum*, *R. officinalis*, *Salvia*, *S. hortensis*, *S. lavandulifolia*, *S. lateriflora*, *Sideritis*, *Teucrium*, *Thymus*, and *Ziziphora tenuior* [54].

The genus *Plectranthus* is considered one of the richest in species diversity and essential oils, with monoterpenes and sesquiterpenes as the main constituents [55]. According to Crevelin et al. [56], the essential oils of *Plectranthus*

neochilus and *Plectranthus barbatus* have antimicrobial effects against *Streptococcus mutans*. Besides antibacterial activity, *Plectranthus* also has antifungal action on *Rhizopus stolonifer* [57] and showed *in vitro* antischistosomal activity attributed to boldo essential oil, which exterminated 100% of *Schistosoma mansoni* adult worms [58]. It also caused reduction in female eggs of B-type *Bemisia tabaci* in tomatoes [59, 60]. *Plectranthus amboinicus* exhibited anti-inflammatory and good digestion activities, as well [61].

Among the herbaceous plants of the *Lamiaceae* family, the genus *Ocimum* is the most important due to its application in several areas [62], such as folk medicine, cooking, plant marketing, and perfumery industry [63]. Approximately 30 species compose this genus [63]. Among them, some are *Ocimum gratissimum*, *O. basilicum* L., *O. micranthum*, and *O. campechianum*. The extracts are applied in traditional medicine to treat rheumatism, epilepsy, some mental conditions, and respiratory tract infections [64–66]. Studies also have verified fungicidal, nematocidal, and larvicidal properties [67–70].

Additionally, the antifungal action of essential oils from *Lamiaceae* species has been used to improve food preservation. Isolated essential oils derived from thyme and oregano (thymol), clove (eugenol), and mint (menthol) were tested in strawberry preservation [71]. As a result, the treatment reduced strawberry degradation when compared with the control sample. Thymol oil showed better results, with a decay of 0% on day 1 to 20 on day 14, with better results than the control sample, and the authors concluded that in addition to antimicrobial activity, treatment with essential oils also conferred antioxidant protection.

The essential oil of *O. gratissimum* L. was able to inhibit the growth of species such as *Klebsiella* sp., *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, and *Salmonella enteritidis*, even when used at different concentrations [72]. Pereira et al. [73], evaluated the antibacterial activity of *O. gratissimum* L., *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf., and *Salvia officinalis* L. on microorganisms isolated from urinary tract infections. *Salvia officinalis* L. showed the best results, inhibiting the growth of more than 75% of all microorganisms evaluated. Species such as *Salvia santolinifolia* L., *Salvia hydrangea* L., *Salvia mirzayanii* L., *Salvia triloba* L., *Salvia repens* L., and *Salvia runcinata* L. also stand out.

The genus *Hyptis* (*Hyptis ovalifolia* Benth, *Hyptis suaveolens* L., and *Hyptis pectinata* L.) is predominant in the semiarid region of Northeastern Brazil, with prevalence of herbs but also with shrubby representatives and small trees [74]. Its EO has antiseptic, insecticidal, and fungicidal activities in addition to treating gastrointestinal infections and muscle pain [72, 75]. In addition, the genus *Perilla*, whose main representative is *Perilla frutescens* L., has insecticidal activity, which is given by the isolated compound [76].

Genus *Mentha*, popularly known as mint, has menthol terpenes as main constituents of its essential oil. The greater yield is found in its leaves, presenting a considerable economic potential for food and pharmacological purposes [77, 78]. This genus has a small diversity of plants all over the globe, containing only 25 species [79]. The biological

activities presented by these *Lamiaceae* species are varied, e.g., antihypertensive, antioxidant, antimicrobial, anti-allergic, biopesticidal, antitumor, anticancer, anti-inflammatory, and antiviral [80], which may be associated with the presence of compounds such as menthol, menthone, 1,8-cineole, carvone, limonene, β -caryophyllene, and pulegone, among others [81].

Research on the genus *Satureja* L. reports that it is distributed in 30 species around the globe, and that it has beneficial properties for human health, such as in the treatment of pain caused by oxidative stress. Therefore, the essential oils from leaves and stems of *Satureja spicigera* L., *Satureja cuneifolia* L., and *Satureja hortensis* L. have compounds that work as antioxidants [82, 83].

Genus *Thymus* presents about 200 species. Most of them have antibacterial action due to the high content of phenolic compounds. *T. caespitius*, *T. camphoratus*, *T. pectinatus* Fihch, *T. mastichina* L., and *Thymus vulgaris* L. [84] are great examples, whereas *T. numidicus* and *T. fontanesii* have bactericidal activity [85].

4. Chemical Composition of *Lamiaceae* Essential Oils

Essential oils are volatile, lipophilic, and odoriferous substances produced by the secondary metabolism of plants. Due to their aromatic properties and chemical composition, they are used in cosmetics and folk medicine, with antiseptic, antifungal, and insecticidal actions [7].

In general, the biological activities that essential oils present are observed by the major substances present in their chemical composition. Their bioactivity is shown synergistically or by the isolated substances [86, 87].

In addition, the chemical composition of an essential oil can vary depending on the species, seasonality, circadian rhythms, plant age, and geographic location [36, 88]. As an example, the chemical profile of *Hesperozygis myrtoides* essential oil, which is a subshrub native to Cerrado and Atlantic Forest of Brazil, depends on altitude [89].

Essential oils are characterized by two or three major constituents. For instance, *Mentha arvensis* L. presented as major compounds menthol (86.1%), menthone (4.3%), and isomenthone (3.7%) [90]; *O. gratissimum* L. showed as major constituents 1,8-cineole (30.04%), eugenol (27.58%), and terpineol-4 (14.45%) [91]; *Origanum vulgare* L. presented 4-terpineol (18.4%), sabinene hydrate (15.6%), and thymol (13.6%) [92]; and in the species *Plectranthus ornatus* Codd, the major compounds identified were α -thujene (12.7–32.7%), α -pinene (5.5–23%), sabinene (7.51–17.8%), β -pinene (3.5–11.6%), 1-octen-3-ol (0.6–11.1%), 3-carene (0.84–5.6%), (E)- β -ocimene (1.5–8.4%), α -terpinyl acetate (1.3–13.2%), β -caryophyllene (3.9–13.6%), and germacrene D (0.3–18.5%) [93].

Giatsopoulos et al. [94] evaluated 12 species of different plants of the *Lamiaceae* family and found high insecticidal action in the essential oils of *T. vulgaris* and *O. vulgare*. Such properties can be attributed to the high toxicity of its major constituents such as thymol (75.6%), carvacrol (74.08%), and p-cymene (7.9%). The considerable toxicity of *Satureja thymbra* essential oil is also observed probably due to its

major constituents carvacrol (32.4%) and γ -terpinene (32.4%).

Thus, the number of studies that seek applicability of the compounds present in *Lamiaceae* essential oils has increased since they have natural origin and present advantages when compared with synthetic substances [7]. Table 1 lists species rich in essential oils and their main constituents. Figures 1 and 2 show the main monoterpenes and sesquiterpenes identified in *Lamiaceae* essential oils.

5. Antioxidant Activity

Antioxidants are substances capable of retarding or preventing lipid oxidation caused by excessive oxygen radicals due to environmental factors or pathogens [110, 111]. Such compounds, which can be natural or synthetic, have great importance in the food industry because they are used as preservatives in several products, delaying or preventing deterioration caused by the action of oxygen. Besides this, antioxidants have great relevance in biochemical and medical fields because they are able to neutralize the harmful effects of oxidation in animal tissues [112].

In recent years, there has been an increasing search for natural products with antioxidant properties due to the toxic side problems that synthetic products may cause [110]. Aromatic and medicinal plants are considered natural sources of antioxidant substances since their secondary metabolites act by inhibiting the formation of free radicals [113]. The aromatic and medicinal species of the *Lamiaceae* family have been constantly studied regarding their antioxidant activities, as shown in Table 2.

There are several techniques that determine the antioxidant capacity of essential oils and their components, among them are FRAP (ferric reducing antioxidant power), CUPRAC (cupric ion reducing antioxidant capacity), ABTS (2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)), DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl), quantification of products formed during lipid peroxidation (TBARS, LDL oxidation, and co-oxidation of β -carotene), and other methods [131].

The chemical composition and antioxidant activity of *O. vulgare* essential oil were studied by Morshedloo et al. [124]. After being analyzed by the DPPH method, all oils presented antioxidant activity, which was correlated with the high concentration of carvacrol. The essential oil from *O. vulgare* flowers showed the highest capacity to eliminate DPPH radicals ($EC_{50} = 0.68$ mL/mL), while the stem oil showed the lowest capacity ($EC_{50} = 1.82$ mL/mL). Regarding phenological stages, flowering showed the highest antioxidant activity ($EC_{50} = 0.86$ mL/mL) [123]. The authors also pointed out the strong antioxidant action of the essential oil from *Origanum vulgare* aerial parts using ABTS radical scavenging technique with $IC_{50} = 14.00$ μ g/mL.

Besides *O. vulgare*, other species of the genus *Origanum* are reported in the literature to possess antioxidant activity. The essential oil of *O. dictamnus* flowers showed antioxidant activity by the DPPH method ($IC_{50} = 0.0459 \pm 0.0042\%$ (v/v)) that was attributed to its main compound, carvacrol [121]. The oils from aerial parts of *O. floribundum* were studied by

Hadjadj et al. [122] regarding their antioxidant potential by DPPH and ABTS assays. They presented better antioxidant activity by the ABTS method (33.6–95.5 μ g/mL).

Zorzetto et al. [114] evaluated the antioxidant activity of *Cedronella canariensis* aerial parts using three methodologies (DPPH, ABTS, and FRAP). The authors demonstrated that the essential oil showed better antioxidant activity against the ABTS radical with $IC_{50} = 10.5$ mg/mL, which was about 20 times lower than Trolox. Although the DPPH method is similar to ABTS, *C. canariensis* oil presented low antioxidant activity ($IC_{50} = 615.5$ mg/mL), about 500 times lower than Trolox. In addition, EOs of *O. basilicum* were shown to possess antioxidant activity by DPPH ($IC_{50} = 0.21$ – 4.04 mg/mL) and β -carotene (bleaching content = 23.8–85.3%) [120].

Rosmarinus officinalis is known to possess several biological properties. Aerial parts of this species were collected in southeastern Anatolia (Turkey), and its essential oil showed antioxidant activity by DPPH and TBARS techniques with $IC_{50} = 10.08 \pm 0.15$ μ g/mL and 1.76 ± 0.02 μ g/mL, respectively, which may be related to polyphenols and phenylpropanoids found in the oil [125]. Moghadam [126] showed that the essential oil of *R. officinalis* collected in Kermanshah (Iran) presented antioxidant activity, by DPPH assay (13.00 ± 0.51 μ g/mL), which was related to the presence of camphene and 1,8-cineole. Table 2 shows the relationship between *Lamiaceae* species and their antioxidant potential.

6. Anti-Inflammatory Activity

Inflammation is a sequential process produced by various biological stimuli, physical injuries, infectious agents, and antigen-antibody type interactions. Within the inflammatory process, there are reactive oxygen species (ROS) responses, which include superoxide anions, hydroxyl radicals, and hydrogen peroxides. These are released by activated macrophages, neutrophils, and dendritic cells [132].

The inflammatory process and its chain of development have presented relevance, and in this sense, intending to restrain this aggressive action on the organism, search for new anti-inflammatory agents, mainly of vegetable origin, is necessary [133]. It is worth emphasizing that within this branch, species such as *Hyptis spicigera*, which is used in folk medicine, have anti-inflammatory properties [134].

Essential oils from *O. basilicum* and *O. gratissimum* were obtained by hydrodistillation and hexane extraction. *O. basilicum* EO extracted by hydrodistillation presented eucalyptol and eugenol acetate, and the solvent extract presented 2-methylbenzyl and eugenol acetate. Regarding *O. gratissimum* EO, linalool, 1-terpinen-4-ol, alpha-caryophyllene, and trans-longipinocarveol were the major compounds. In this study, both EOs were analyzed for anti-inflammatory potential on induced edema in rat ears, and the results showed that at doses of 50 μ g/ear, they exhibited significant anti-inflammatory effect ($p < 0.05$), with inhibitions of up to 80%. According to the authors, these results were in accordance with the 100 μ g/ear hydrocortisone dose, which showed 54.8% of edema inhibition [118].

TABLE 1: Chemical composition and yield of essential oils from *Lamiaceae* species.

Species	Plant part	Essential oil yield	Main compounds	Reference
<i>Aeollanthus suaveolens</i> Mart. ex Spreng	Leaves	1.6%	Massoia lactone, linalool, (<i>E</i>)- <i>B</i> -farnesene, geraniol, 2,5-dimethoxy- <i>p</i> -cymene	[95]
<i>Calamintha nepeta</i> (L.) Kuntze	Leaves	*	Pulegone, menthone, limonene	[96]
<i>Clinopodium macrostemum</i> (Moc. and Sessé ex Benth.) Kuntze	Leaves	0.80%	linalool, nerol, caryophyllene, menthone, geranyl acetate, terpineol, pulegone	[97]
<i>Hyptis dilatata</i> Benth.	Leaves	*	Fenchone, 3-carene, α -pinene, β -caryophyllene, limonene, β -pinene, and camphor	[98]
<i>Hyptis martiusii</i> Benth.	Leaves	0.34%	1,8-cineole, d-carene, camphor, limonene, germacrene B	[99]
<i>Lavandula dentata</i> L.	Leaves and stems	*	1,8-cineole, isolimonene, thuj-3-en-10-al, trans-pinocarveol	[100]
<i>Melissa officinalis</i> L.	Leaves and flowers	0.10%	Citral, caryophyllene oxide, citronellal, geraniol, geranyl acetate, β -caryophyllene	[101]
<i>Mentha arvensis</i> L.	Leaves and flowers	*	Citronellal and nerol	[102]
<i>M. piperita</i> L.	Leaves and flowers	*	Menthone, menthol, pulegone and menthyl acetate	[103]
<i>Minthostachys mollis</i> (Benth.) Griseb.	Leaves	0.98%	Menthone, pulegone, cis-dihydrocarvone, carvacryl acetate, linalyl acetate, and linalool	[104]
<i>Ocimum basilicum</i> L.	Leaves	1.56 \pm 0.15%	linalyl acetate and linalool	[105]
<i>O. gratissimum</i> L.	Leaves	*	1,8-Cineole, eugenol, 4-terpineol	[91]
<i>O. gratissimum</i>	Leaves and flowers	*	Thymol, eugenol, 1,8-cineole, <i>E</i> -caryophyllene, β -selinene	[106]
<i>Origanum scabrum</i> Boiss. and Heldr.	Leaves	1.5%	Carvacrol, thymol, <i>p</i> -cymene, γ -terpinene	[107]
<i>Origanum vulgare</i> L.	Leaves	*	4-terpineol, sabinene hydrate, thymol	[92]
<i>Plectranthus amboinicus</i> (Lour.) Spreng.	Leaves	0.009%	Thymol, β -pinene, γ -terpinene, caryophyllene	[108]
<i>Plectranthus barbatus</i> var. <i>grandis</i> (L.H. Cramer) Likhoba and A.J. Paton	Leaves	*	β -caryophyllene, α -copaene, germacrene	[109]

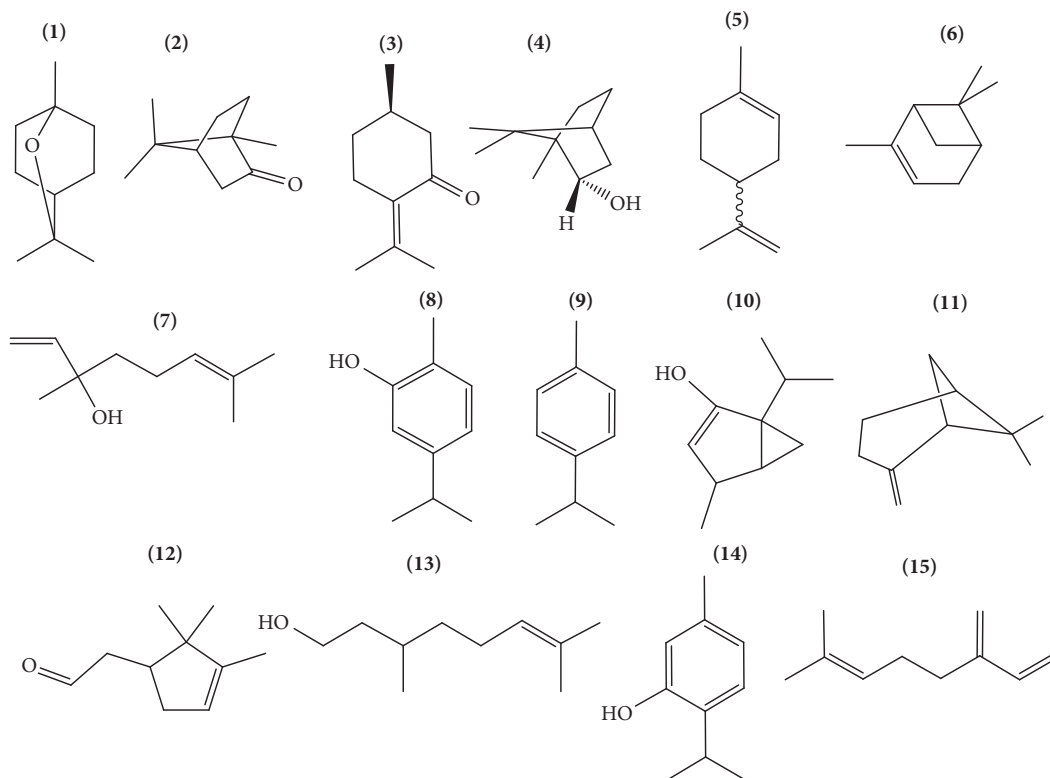


FIGURE 1: Monoterpenes: (1) = 1,8-cineole, (2) = camphor, (3) = pulegone, (4) = borneol, (5) = limonene, (6) = α -pinene, (7) = linalool, (8) = carvacrol, (9) = *p*-cymene, (10) = thujanol, (11) = β -pinene, (12) = α -campholenal, (13) = citronellol, (14) = thymol, and (15) = β -myrcene.

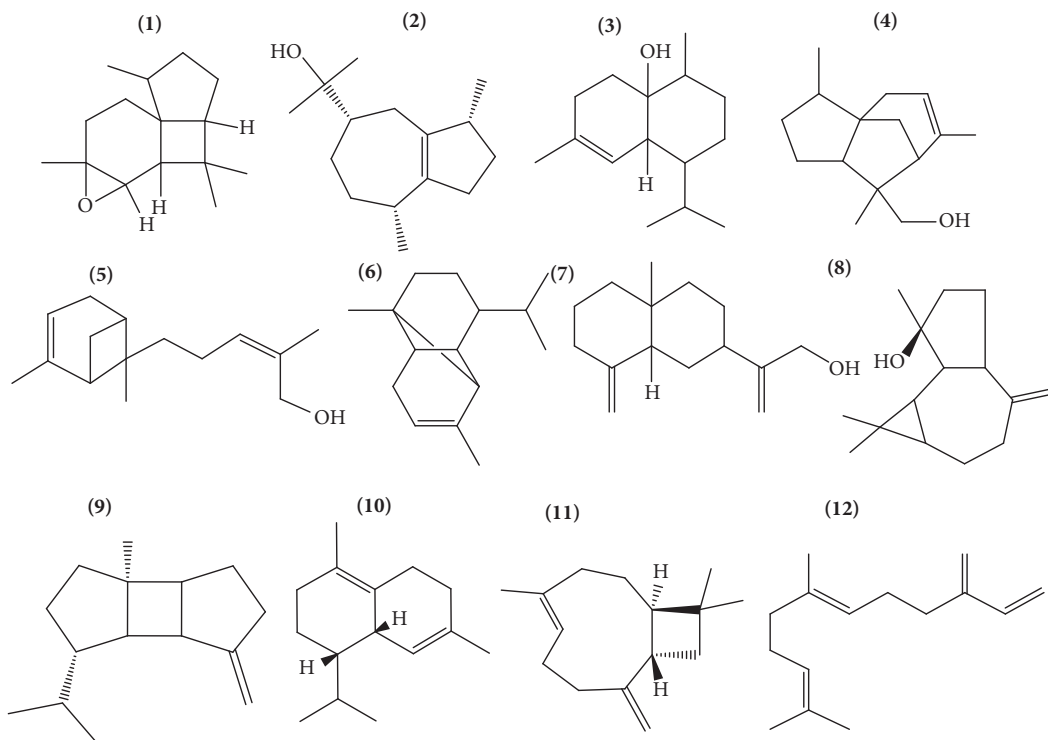


FIGURE 2: Sesquiterpenes: (1) = Italicene epoxide, (2) = guaiol, (3) = 1,10-di-epi-cubenol, (4) = 8-cedren-13-ol, (5) = (Z)- α -trans-bergamotol, (6) = α -copaene, (7) = β -costol, (8) = spathulenol, (9) = β -bourbonene, (10) = δ -cadinene, (11) = β -caryophyllene, and (12) = β -farnesene.

Six EOs from *Lamiaceae* family (*Perilla frutescens*, *Mentha haplocalyx*, *Pogostemon cablin*, *R. officinalis*, *Lavandula angustifolia*, and *Scutellaria baicalensis*) were studied regarding their anti-inflammatory potential. The major compounds found were linalool (0.05–46.55%), α -pinene (0.12–45.35%), *o*-cymene (0.91–41.20%), patchouli alcohol (28.27%), dl-menthol (21.12%), isobornyl acetate (22.52%), D-limonene (0.01–18.42%), α -terpineol (0.07–4.88%), and β -pinene (0.08–2.03%). The anti-inflammatory tests were performed on the ears of rats of 6–8 weeks of age and bodyweight of 18 ± 2 g. They were induced by 12-O-tetradecanoyl phorbol-13-acetate (TPA), and the drug ibuprofen was used as positive control. All six essential oils exhibited anti-inflammatory activity, and the essential oils isolated from *P. cablin* remarkably inhibited the formation of ear edema (29.87–81.25% inhibition). Similarly, *R. officinalis* and *Scutellaria baicalensis* EOs worked better than ibuprofen (positive control) [135].

Thymol was the major compound found in *Thymus vulgaris* essential oil from two different regions of Algeria (Mostaganem-EO.TM and Tlemcen-EO.TT), with contents of 59.5% and 67.7%, respectively. The anti-inflammatory activity was evaluated *in vivo* based on the inhibition of paw edema induced by carrageenan injection. As a result, both EO samples showed anti-inflammatory activities after 6 hours of administration (400 mg/kg), reducing paw edema by 58.4% for EO.TT and 50.4% for EO.TM [136]. In the study by Avola et al. [137], *Origanum vulgare* EO presented as major compounds carvacrol (35.95–0.22%), thymol (25.2–0.27%), *p*-cymene (21.54–0.35%), and linalool

(4.26–0.05%). This essential oil was tested to characterize the level of oxidative stress and evaluate the changes in intracellular ROS levels caused by IFN γ and histamine in the presence or absence of 25 μ g/mL of oil. Confluent NCTC 2544 cells were treated with H2DCFDA 72 h after stimulation. This ROS levels can cause inflammation-induced cellular damage. In this study, the results pointed out that cells pretreated with *O. vulgare* essential oil at 25 μ g/mL or indomethacin at 10 μ M significantly reduced IFN γ - and histamine-induced ROS production.

The chemical profile of *Stachys lavandulifolia* essential oil (EOSL) was characterized by the main compounds (-)- α -bisabolol (56.4%), bicyclogermacrene (5.3%), δ -cadinene (4.2%), and spathulenol (2.9%). And the anti-inflammatory activity of (-)- α -bisabolol (BIS) and EOSL (50 mg/kg) was evaluated using carrageenan-induced inflammatory response in rats (2% in 0.2 mL). The results showed that both EOSL and BIS possessed significant inhibitory effects ($p < 0.05$ or $p < 0.01$ or $p < 0.001$) on different orofacial pain tests, but BIS proved to be more effective, significantly reducing nociceptive behavior in all tests [138].

7. Antimicrobial Activity

7.1. Antibacterial Activity. *Lamiaceae* family has great importance in the economic scenario, especially in the gastronomic sector, in which they are used as culinary herbs. Thus, there has been an incessant search for new antimicrobial agents from the secondary metabolism of plants [8], which according to Nieto (2017) can increase the shelf life of food products [7].

TABLE 2: Antioxidant activity of essential oils from *Lamiaceae* species.

Species and plant part	Technique	Results	Reference
<i>Cedronella canariensis</i> (aerial parts)	DPPH	IC ₅₀ = 615.5 ± 76.5 µg/mL	[114]
	ABTS	IC ₅₀ = 10.5 ± 0.6 µg/mL	
	FRAP	IC ₅₀ = 3.8 ± 1.4 6 µmol TE/g	
<i>Mentha piperita</i> (leaves)	DPPH	Radical scavenging = 92.6 ± 6.86%	[115]
	Reducing power	Reducing power = 0.9 ± 0.3	
<i>M. pulegium</i> (aerial parts)	DPPH	IC ₅₀ = 321.41 ± 2.53 µg/mL	[116]
	FRAP	IC ₅₀ = 58.27 ± 2.72 µg/mL	
	DPPH	IC ₅₀ = 2222.2 ± 25.2 µg/mL	
<i>M. rotundifolia</i> (leaves)	ABTS	IC ₅₀ = 133.8 ± 4.8 µg/mL	[117]
	Reducing power	IC ₅₀ = 166.6 ± 1.9 µg/mL	
	Phosphomolybdate	IC ₅₀ = 45.2 ± 1.2 µg/mL	
	DPPH	IC ₅₀ = 3450 ± 172.5 µg/mL	
<i>M. spicata</i> (aerial parts)	ABTS	IC ₅₀ = 40.2 ± 0.2 µg/mL	[118]
	FRAP	IC ₅₀ = 215 ± 4.50 µg/mL	
	DPPH	IC ₅₀ = 41, 23 µg/mL	
<i>O. basilicum</i> (aerial parts)	DPPH	IC ₅₀ = 4.04 ± 0.09–0.21 ± 0.02 mg/mL	[120]
	β-carotene	Bleaching = 23.8 ± 0.6–85.3 ± 1.0%	
<i>Origanum dictamnus</i> (flowers)	DPPH	IC ₅₀ = 0.0459 ± 0.0042% (v/v)	[121]
	DPPH	IC ₅₀ = 369.9 ± 3.1– 1091.7 ± 4.5 µg/mL	[122]
<i>O. floribundum</i> (aerial parts)	Reducing power	IC ₅₀ = 230 ± 5.2– 315 ± 3.9 µg/mL	
	ABTS	IC ₅₀ = 33.6 ± 0.3– 95.5 ± 2.2 µg/mL	
<i>O. vulgare</i> (aerial parts)	ABTS	IC ₅₀ = 14,00257 mg/mL	[123]
<i>O. vulgare</i> (flowers)	DPPH	EC ₅₀ = 0.68 mL/mL	[124]
<i>O. vulgare</i> (stems)	DPPH	EC ₅₀ = 1.82 mL/mL	[124]
<i>R. officinalis</i> (aerial parts)	DPPH	IC ₅₀ = 523.41 ± 8.25 µg/mL	[116]
	FRAP	IC ₅₀ = 85.74 ± 7.57 µg/mL	
	DPPH	IC ₅₀ = 10.08 ± 0.15 µg/mL	
<i>R. officinalis</i> (aerial parts)	TBARS	IC ₅₀ = 1.76 ± 0.02 µg/mL	[125]
	DPPH	IC ₅₀ = 13.00 ± 0.51 µg/mL	[126]
<i>Satureja hortensis</i> (aerial parts)	DPPH	IC ₅₀ = 13.45 ± 0.35 µg/mL	[127]
	DPPH	IC ₅₀ = 82.8 ± 3.1 µg/mL	[128]
<i>Scutellaria immaculate</i> (aerial parts)	ABTS	IC ₅₀ = 37.8 ± 0.9 µg/mL	
	FRAP	IC ₅₀ = 720.19 ± 4.8 µg/mL	
	DPPH	IC ₅₀ = 82.8 ± 3.1 µg/mL	
<i>S. ramosissima</i> (aerial parts)	ABTS	IC ₅₀ = 93.6 ± 0.8 µg/mL	[128]
	FRAP	IC ₅₀ = 837.23 ± 3.2 µg/mL	
	DPPH	IC ₅₀ = 57.6 ± 2.7 µg/mL	
<i>S. schachristanica</i> (aerial parts)	ABTS	IC ₅₀ = 66.6 ± 1.2 µg/mL	[128]
	FRAP	IC ₅₀ = 779.64 ± 8.6 µg/mL	[129]
<i>Teucrium flavum</i> (aerial parts)	DPPH	IC ₅₀ = 31.5 ± 1.8 µg/mL	
	DPPH	IC ₅₀ = 0.619 ± 0.11 µg/mL	
	FRAP	IC ₅₀ = 2,13 ± 0.07 µg/mL	
<i>Thymus capitatus</i> (Leaves)	FRAP	IC ₅₀ = 2,13 ± 0.07 µg/mL	[130]
	TAC	IC ₅₀ = 0.78 ± 0.14 µg/mL	

Essential oils from aerial parts (leaves) of *Teucrium africanum* and *T. trifidum* were characterized by the sesquiterpene hydrocarbons α-cubebene and β-cubebene, respectively. In this study, they were evaluated for their antimicrobial potential. *T. africanum* EO showed minimum inhibitory concentration (MIC) equal to 0.16 mg/mL against Gram-positive bacterium *Streptococcus pyogenes* (ATCC 25923). Similarly, *T. trifidum* EO demonstrated remarkable antimicrobial activity with the MIC of 2 mg/mL against Gram-positive bacterium *Staphylococcus aureus* (ATCC 8668) [139].

In another study, the essential oil from the leaves and flowers of *Origanum compactum*, collected in six regions of Morocco was characterized by the major compounds carvacrol (2.18–63.65%), *p*-cymene (6.69–42.64%), and thymol (0.16–42.37%). The antimicrobial activity of *O. compactum* EO was quite effective, being most active against *Escherichia coli*, *Listeria innocua*, and *Staphylococcus aureus* with inhibitory zones of 29.00 ± 0.35 mm, 49.00 ± 1.00 mm, and 43.00 ± 0.35 mm, respectively [140].

The major compounds such as citronellal (14.40%), isogeraniol (6.40%), and geranyl acetate (10.20%)

TABLE 3: Antibacterial activity of *Lamiaceae* essential oils.

Species	Bacteria	Method applied	Results	Reference
<i>Mentha spicata</i>	<i>E. coli</i>	Disc-diffusion	11.8–21 mm	[119]
	<i>S. enterica</i>		8–18 mm	
	<i>P. aeruginosa</i>		10–16 mm	
	<i>S. aureus</i>		8–13 mm	
	<i>S. epidermidis</i>		10.1–11.2 mm	
<i>Melissa officinalis</i>	<i>B. subtilis</i>	Agar-disc-diffusion	9–11.5 mm	[141]
	<i>P. aeruginosa</i>		16.0 ± 1.2 mm	
	<i>K. pneumonia</i>		3.0 ± 0.6 mm	
	<i>S. aureus</i>		20.0 ± 1.6 mm	
<i>Origanum compactum</i>	<i>C. koseri</i>	Microdilution	14.0 ± 1.0 mm	[140]
	<i>E. coli</i> K12		29.00 ± 0.35 mm	
	<i>L. innocua</i> 4030		49.00 ± 1.00 mm	
<i>O. vulgare</i>	<i>S. aureus</i> 25.923	Microdilution	43.00 ± 0,35 mm	[142]
	<i>M. luteus</i>		270 mg/mL	
	<i>S. aureus</i>		263 mg/mL	
	<i>E. coli</i>		214 mg/mL	
	<i>P. aeruginosa</i>		383 mg/mL	
<i>Salvia ringens</i>	<i>E. coli</i>	Microdilution	14.25	[144]
	<i>S. typhimurium</i>		14.25	
	<i>S. enteritidis</i>		11.40	
	<i>P. tolaasii</i>		14.25	
	<i>P. aeruginosa</i>		17.10	
	<i>P. mirabilis</i>		17.10	
	<i>S. aureus</i>		9.50	
	<i>B. cereus</i>		9.50	
<i>Teucrium africanum</i>	<i>M. flavus</i>	Microdilution	9.50	[139]
	<i>S. lutea</i>		11.40	
	<i>L. monocytogenes</i>		9.50	
<i>T. trifidum</i>	<i>S. pyogenes</i> (ATCC)	Microdilution	0.16 mg/mL	[143]
<i>Thymus pulegioides</i>	<i>S. aureus</i>	Microdilution	2 mg/mL	
<i>T. serpyllum</i>	<i>S. mutans</i>	Turbidity measurements	0.5 mg/mL	[143]
		CFU	27.500 bacterial/mL	
<i>T. vulgare</i>	<i>S. mutans</i>	Turbidity measurements	0.9 mg/mL	[143]
		CFU	1.750.000 bacterial/mL	
<i>T. zygis</i>	<i>S. mutans</i>	Turbidity measurements	0.75 mg/mL	[143]
		CFU	3500 bacterial/mL	
		Turbidity measurements	0.5 mg/mL	
		CFU	4500 bacterial/mL	

characterized the leaf essential oil of *Melissa officinalis*. It showed significant antimicrobial activity against *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumonia*, *Staphylococcus aureus*, and *Citrobacter koseri* when compared with the conventional antibiotics cefaclor, oxacillin, and vancomycin [141].

Khan et al. [142] evaluated the chemical composition of the leaf essential oil of *O. vulgare*, which presented carvacrol (70.2 ± 1.37%) and γ -terpinene (5.6 ± 0.11%). In this study, *O. vulgare* EO was evaluated for its antimicrobial potential against Gram-positive (*Micrococcus luteus* and *Staphylococcus aureus*) and Gram-negative (*Escherichia coli* and *Pseudomonas aeruginosa*) bacteria in comparison with its purified compound carvacrol. The results showed that carvacrol was more effective and completely inhibited the growth of *E. coli* at 200 mg/mL and also retarded the growth of *P. aeruginosa*, with IC₅₀ value of 151 mg/mL. The essential

oil, on the other hand, inhibited bacterial growth at concentrations of 270, 263, 214, and 383 mg/mL for *M. luteus*, *S. aureus*, *E. coli*, and *P. aeruginosa*, respectively.

In the study conducted by Niksic et al. [119], major compounds carvone (56,4%), limonene (16,2%), 1,8-cineole (7%), β -pinene (2,4), and α -terpinene (2,3%) characterized *Mentha spicata* essential oil. It exhibited significant bactericidal activity against both Gram-positive and Gram-negative microorganisms, with *M. spicata* essential oil being more sensitive and showing greater zone of inhibition against *Escherichia coli* (11.8–21 mm), *Salmonella enterica* (8–18 mm), and *Pseudomonas aeruginosa* (10–16 mm). Gram-positive bacteria, on the other hand, showed moderate antimicrobial activity at concentrations of 1%, 5%, and 10%, against *S. aureus* (8–13 mm), *Staphylococcus epidermidis* (10.1–11.2 mm), and *Bacillus subtilis* (9–11.5 mm). According to the authors, *Mentha spicata* antibacterial

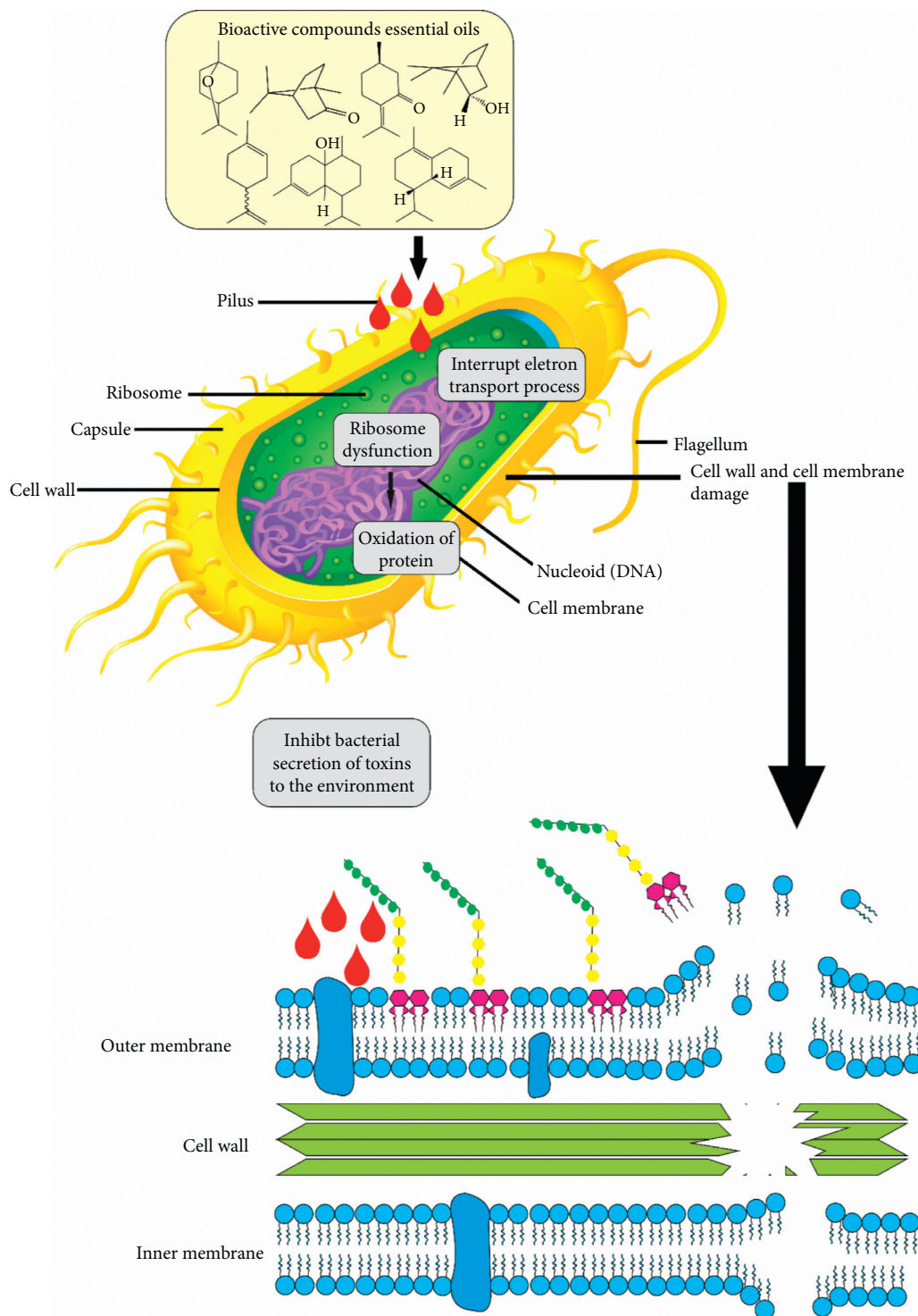


FIGURE 3: Potential mechanism of action of essential oils on bacteria, adapted from [145,146].

activity can be attributed to the presence of several chemical groups, such as oxygenated monoterpenes and hydrocarbons, which favors the use of *M. spicata* essential oil as an antiseptic agent in the pharmaceutical and food industries.

The essential oils of four species of the genus *Thymus* (*T. vulgaris*, *T. zygis*, *T. serpyllum*, and *T. pulegioides*) were analyzed, and their chemical profile was characterized by oxygenated monoterpenes and thymol, which

TABLE 4: Antifungal activity of *Lamiaceae* essential oils.

Species	Fungi	Method applied	Results	Reference
<i>Lepechinia mutica</i>	<i>C. albicans</i>	Broth microdilution	MIC >9 mg/mL	[148]
	<i>M. canis</i>		2.2 < MIC ≤ 4.5 mg/mL	
	<i>T. rubrum</i>		2.2 < MIC ≤ 4.5 mg/mL	
	<i>F.graminearum</i>		MIC >9 mg/mL	
	<i>P.oryzae</i>		MIC >9 mg/mL	
<i>O. basilicum</i>	<i>A. flavus</i>	Potato dextrose agar (PDA)	500 ppm: 30% 750 pp : 50%	[150]
	<i>C. albicans</i>		1000 ppm: 70%	
			MIC: 1.25 μL/mL	
			MLC: 2.5 μL/mL	
	<i>C. tropicalis</i>		MIC: 2.5–1.25 μL/mL	
			MLC: 2.5 μL/mL	
	<i>C. krusei</i>		MIC: 1.25 μL/mL	
			MLC: 2.5 μL/mL	
	<i>C. guilliermondii</i>		MIC: 1.25 μL/mL	
			MLC: 1.25 μL/mL	
		MIC: 1.25 μL/mL		
		MLC: 2.5 μL/mL		
		MIC: 0.16–0.32 μL/mL		
		MLC: 0.64–0.32 μL/mL		
		MIC: 0.64 μL/mL		
		MLC: 1.25 μL/mL		
		MIC: 0.64–0.32 μL/mL		
<i>O. basilicum</i>	<i>T. mentagrophytes var. interdigitale</i>	Sabouraud dextrose agar (SDA)	MIC: 1.25 μL/mL	[151]
	<i>T. rubrum</i>		MIC: 0.64 μL/mL	
			MLC: 1.25 μL/mL	
	<i>T. verrucosum</i>		MIC: 0.64 μL/mL	
			MLC: 1.25 μL/mL	
	<i>M. canis</i>		MIC: 0.64 μL/mL	
			MLC: 1.25 μL/mL	
	<i>M. gypseum</i>		MIC: 0.64 μL/mL	
			MLC: 1.25 μL/mL	
	<i>E. floccosum</i>		MIC: 0.64 μL/mL	
			MLC: 0.64 μL/mL	
	<i>A. niger</i>		MIC: 0.64 μL/mL	
			MLC: 5 μL/mL	
	<i>A. fumigatus</i>		MIC: 1.25 μL/mL	
			MLC: 5 μL/mL	
	<i>A. flavus</i>		MIC: 1.25 μL/mL	
			MLC: 2.5 μL/mL	
	<i>C. albicans</i>		MIC: 0.64 μL/mL	
			MLC: 1.25 μL/mL	
	<i>C. tropicalis</i>		MIC: 0.64 μL/mL	
	MLC: 1.25 μL/mL			
<i>C. krusei</i>	MIC: 0.64 μL/mL			
	MLC: 2.5 μL/mL			
<i>C. guilliermondii</i>	MIC: 0.64 μL/mL			
	MLC: 1.25 μL/mL			
<i>C. parapsilosis</i>	MIC: 0.64 μL/mL			
	MLC: 2.5 μL/mL			
<i>C. neoformans</i>	MIC: 0.16 μL/mL			
	MLC: 0.64 μL/mL			
	MIC: 0.32 μL/mL			
	MLC: 0.32 μL/mL			
	MIC: 0.32 μL/mL			
	MLC: 0.64 μL/mL			
<i>O. tenuiflorum</i>	<i>T. mentagrophytes var. interdigitale</i>	Sabouraud dextrose agar (SDA)	MIC: 0.32 μL/mL	
	<i>T. rubrum</i>		MIC: 0.64 μL/mL	
			MLC: 0.32 μL/mL	
	<i>T. verrucosum</i>		MIC: 0.32 μL/mL	
			MLC: 0.64 μL/mL	
	<i>M. canis</i>		MIC: 0.32 μL/mL	
			MLC: 0.64 μL/mL	
	<i>M. gypseum</i>		MIC: 0.32 μL/mL	
			MLC: 0.32 μL/mL	
	<i>E. floccosum</i>		MIC: 0.32–0.64 μL/mL	
			MIC: 0.32 μL/mL	
			MLC: 0.32 μL/mL	
<i>A. niger</i>	MIC: 0.64 μL/mL			
	MLC: > 10 μL/mL			
<i>A. fumigatus</i>	MIC: 0.64 μL/mL			
	MLC: > 10 μL/mL			
<i>A. flavus</i>	MIC: 0.64 μL/mL			
	MLC: > 10 μL/mL			

TABLE 4: Continued.

Species	Fungi	Method applied	Results	Reference	
<i>Origanum vulgare</i>	<i>Penicillium</i>	Potato dextrose agar (PDA)	0 μ L–3 cm ²	[147]	
			12.5 μ L–2 cm ²		
			25 μ L–2 cm ²		
	50 μ L–1 cm ²				
	<i>A. niger</i>		0 μ L–3 cm ²		
			12.5 μ L–2 cm ²		
25 μ L–2 cm ²					
<i>Satureja thymbra</i>	<i>Penicillium</i>	50 μ L–1 cm ²	[147]		
		0 μ L–3 cm ²			
		12.5 μ L–3 cm ²			
	<i>A. niger</i>	25 μ L–2 cm ²			
		50 μ L–1 cm ²			
		0 μ L–3 cm ²			
<i>S. montana</i>	<i>V. dahliae</i> <i>Pe. aurantiogriseum</i>	CYGA (chloramphenicol-yeast-glucose-agar)	0.25 mg/L–18%	[149]	
			0.25 mg/L–37%		
			0 μ L–4 cm ²		
	<i>Penicillium</i>		12.5 μ L–3 cm ²		
			25 μ L–2 cm ²		
			50 μ L–1 cm ²		
<i>Thymus capitatus</i>	<i>A. niger</i>	Potato dextrose agar (PDA)	0 μ L–3 cm ²	[147]	
			12.5 μ L–3 cm ²		
			25 μ L–2 cm ²		
	<i>V. dahliae</i> <i>P. aurantiogriseum</i>		CYGA (chloramphenicol-yeast-glucose-agar)		50 μ L–1 cm ²
					0 μ L–3 cm ²
					12.5 μ L–3 cm ²
<i>T. vulgaris</i>	CYGA (chloramphenicol-yeast-glucose-agar)	25 μ L–2 cm ²		[149]	
		50 μ L–1 cm ²			
		0.25 mg/L–10%			
<i>V. dahliae</i> <i>P. aurantiogriseum</i>		CYGA (chloramphenicol-yeast-glucose-agar)	****		
			0.25 mg/L–30%		
			0.25 mg/L–99%		

was the major chemical constituent. It presented the following contents: 37.7%, 41.7%, 13.7%, and 44.5% for *T. vulgaris*, *T. zygis*, *T. serpyllum*, and *T. pulegioides*, respectively. The determination of their antibacterial activity against the Gram-positive bacterium *Streptococcus mutans* was performed by turbidity measurement, determination of colony-forming units (CFUs), and the live/dead staining method. In the turbidity test, essential oils of *T. zygis* and *T. Pulegioides* had the highest minimum inhibitory concentration (MIC equal to 0.5 mg/mL), followed by *T. vulgaris* (MIC = 0.75 mg/mL) and *T. serpyllum* (MIC = 0.9 mg/mL). Regarding CFU, all four essential oils significantly affected *S. mutans* growth. The lowest CFU value was found for *T. serpyllum* (1,750 CFU [bacterial/ml]), followed by *T. vulgaris* (3,500 CFU [bacterial/ml]), *T. zygis* (4,500 CFU [bacterial/ml]), and *T. pulegioides* (27,500 CFU [bacterial/ml]). Regarding the live/dead staining method, *T. vulgaris* essential oil had the strongest *in vitro* antimicrobial activity against *S. mutans*, followed by *T. pulegioides* and *T. serpyllum*. In contrast, the essential oil of *T. zygis* had the weakest effect [143].

Leaf essential oil of *Salvia ringens* was characterized by 1.8-cineole (31.99%), camphene (17.06%), borneol (11.94%), and α -pinene (11.52%). It was tested against six Gram-negative bacteria: *E. coli* (ATCC25922), *Salmonella typhimurium* (ATCC14028), *Salmonella enteritidis* (ATCC13076), *Pseudomonas tolaasii* (NCTC387), *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC27853), and *Proteus mirabilis* (ATCC14273), and five Gram-positive bacteria: *Staphylococcus aureus* (ATCC25923), *Bacillus cereus* (ATCC10876), *Micrococcus flavus* (ATCC14452), *Sarcina lutea*

(ATCC10054), and *Listeria monocytogenes* (ATCC15313). The results showed that *S. ringens* EO showed the strongest antibacterial activity with MIC equal to 9.50–17.10 mg/mL [144]. In Table 3, results of the antibacterial activity of *Lamiaceae* essential oils are shown. Figure 3 shows a probable mechanism of action of essential oils in bacteria.

7.2. Antifungal Activity. Fungal infections can be very dangerous for humans, especially when it concerns food, because fungi have the ability to produce mycotoxins and also reduce or destroy the nutritional value of grains during storage. Thus, it is important to mention the numerous studies with *Lamiaceae* essential oils with antimicrobial properties against fungi [7]. EOs of *O. vulgare*, *Thymus capitatus*, and *Satureja thymbra* were analyzed and showed the following major constituents: carvacrol (82.48%), p-cymene (5.00%), and γ -terpinene (2.62%). They were tested against two phytopathogenic fungi (*Aspergillus Niger* and *Penicillium* spp.) isolated from slices of bread left outdoors at room temperature. Results showed that the addition of essential oils had significant effect ($p < 0.05$) on decreasing their colony surface area. Thus, oregano (*O. vulgare*), thyme (*Thymus capitatus*), and pink savory (*S. thymbra*) can be incorporated into bread recipes and be used in the food industry, as they have antimicrobial properties [147].

In the study by Niksic et al. [148], *Lepechinia mutica* EO was characterized by shyobunol (10.80%), 3-carene (8.69%), δ -cadinene (6.96%), and globulol (5.91%), and it was tested against three serious human pathogenic fungi: *Candida*

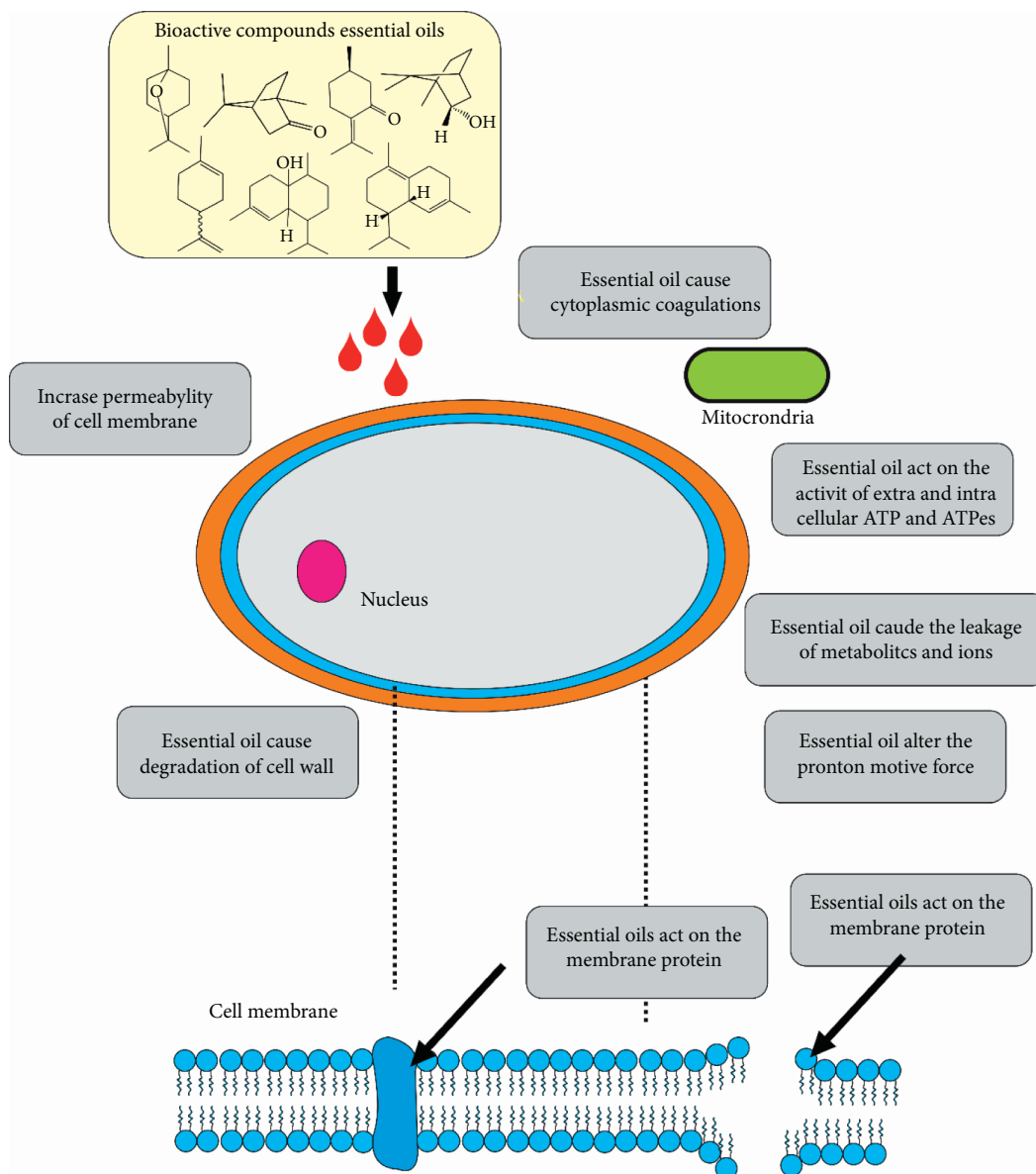


FIGURE 4: Potential mechanism of action of essential oils in fungi, adapted from [152].

albicans, *Trichophyton rubrum*, and *Microsporium canis*, and two potent plant pathogens: *Pyricularia oryzae* and *Fusarium graminearum*. Compared with the positive controls amphotericin B and voriconazole, *L. mutica* EO exhibited moderate activity against *M. canis* and *T. rubrum*, having MIC values ranging from 2.2 to 4.5 mg/mL.

Rus et al. [149] evaluated the chemical composition of EOs from three species of the *Lamiaceae* family (*T. vulgaris*, *T. serpyllum*, and *Satureja montana*), which showed the following major compounds: p-cymene, γ -terpinene, and carvacrol. Their antifungal activity was evaluated against *Verticillium dahliae* and *Penicillium aurantiogriseum* at concentrations ranging from 0.25–15 mg/L. The essential oils of *T. vulgaris*, *T. serpyllum*, and *Satureja montana* exhibited mycelial growth inhibition (MGI) equal to 10%,

30%, and 18%, respectively, against *V. dahliae*, and 0%, 99%, and 37% against *P. aurantiogriseum* at 0.25 mg/L. At the other concentrations, growth was almost nonexistent. These results show that *T. vulgaris* EO was the most effective, especially against *P. aurantiogriseum*, which was highly sensitive.

The major compounds linalool (48.4%), 1,8-cineole (12.2%), eugenol (6.6%), methyl cinnamate (6.2%), α -cubebene (5.7%), caryophyllene (2.5%), β -ocimene (2.1%), and α -farnesene (2.0%) characterized the chemical profile of the essential oil from *O. basilicum* leaves. It was tested against *Aspergillus flavus* at concentrations of 500, 750, and 1000 ppm, and the results showed that at 500 ppm, this EO showed inhibition rate of 30%; at 750 ppm, 50%; and at 1000 ppm, 70%. These results are promising for curing

mycotic infections and as a pharmaceutical preservative against *A. flavus* growth. It may also be used for aflatoxin B1 production [150].

Ocimum tenuiflorum essential oil was characterized by methyl eugenol (84.7%) and β -caryophyllene (7.4%), whereas *O. basilicum* EO had its chemical profile characterized by the major constituents linalool (35.1%), eugenol (20.7%), and 1,8-cineole (9.9%). In this study, they were tested against *C. albicans*, *C. tropicalis*, *C. krusei*, *C. guilliermondii*, *C. parapsilosis*, *Cryptococcus neoformans*, *Trichophyton mentagrophytes*, *T. mentagrophytes var. interdigitale*, *Trichophyton rubrum*, *T. verrucosum*, *Microsporum canis*, *M. gypseum*, *Epidermophyton floccosum*, *Aspergillus niger*, *A. fumigatus*, and *A. flavus*, with significant results. The essential oil of *O. tenuiflorum* exhibited prominent antifungal activity against *C. neoformans* (MIC = 0.16 μ L/mL) and dermatophyte fungi (0.32 μ L/mL). However, it had no fungicidal effect against *Aspergillus niger* (MLC > 10 μ L/mL), while *O. basilicum* EO hindered the development of this kind of fungus, presenting fungicidal activity (MLC = 2.5–5 μ L/mL) and MIC equal to 0.64–1.25 μ L/mL [151]. In Table 4, the antifungal activity of *Lamiaceae* essential oils is shown. Figure 4 shows the possible mechanism of action of essential oils on fungi.

8. Conclusion

Lamiaceae species and, consequently, their essential oils may have peculiarities according to their cultivation system, climate, and location. Thus, some chemical and biological properties tend to change, showing great potential, especially regarding medicinal applications.

They have been used to fight certain diseases due to their antioxidant, antifungal, antibacterial, and anti-inflammatory actions. Additionally, there are other *Lamiaceae* species that act against insects, as well as on environmental remediation (phytoremediation) and thermal protection (green roofs).

Because this botanical family is extremely versatile, more studies on its compounds must be conducted since it has great pharmacological potential, with a promising future. Therefore, this review contributes to future studies on *Lamiaceae* and encourages the use of alternative natural resources for different purposes.

Data Availability

The datasets generated and analyzed during the current study are available in the databases, such as PubMed, Google Scholar, Web of Science, Scopus, and Science Direct (datasets can be requested from the corresponding author upon formal request).

Conflicts of Interest

The authors declare that there are no conflicts of interest.

Acknowledgments

Dr. Mozaniel Santana de Oliveira thanks PCI-MCTI/MPEG as well as CNPq for the scholarship granted (process number: 302050/2021-3).

References

- [1] E. Jang, K.-S. Inn, Y. P. Jang, K.-T. Lee, and J.-H. Lee, "Phytherapeutic activities of sanguisorba officinalis and its chemical constituents: a review," *The American Journal of Chinese Medicine*, vol. 46, no. 02, pp. 299–318, 2018.
- [2] M. Din, F. Ali, A. Waris, F. Zia, and M. Ali, "Retracted: phytherapeutic options for the treatment of COVID-19: a concise viewpoint," *Phytherapy Research*, vol. 34, no. 10, pp. 2431–2437, 2020.
- [3] P. S. X. Yap, B. C. Yiap, H. C. Ping, and S. H. E. Lim, "Essential oils, A new horizon in combating bacterial antibiotic resistance," *The Open Microbiology Journal*, vol. 8, no. 1, pp. 6–14, 2014.
- [4] S. Monteiro and C. L. C. Brandelli, *Farmacobotânica: Aspectos Teóricos e Aplicação*, Farm. Asp. Teóricos e Apl., 2017.
- [5] S. G. Silva, M. S. de Oliveira, and J. N. Cruz, "Supercritical CO2 extraction to obtain Lippia thymoides Mart. & Schauer (Verbenaceae) essential oil rich in thymol and evaluation of its antimicrobial activity," *The Journal of Supercritical Fluids*, vol. 168, Article ID 105064, 2021.
- [6] O. Sticher, "Natural product isolation," *Natural Product Reports*, vol. 25, no. 3, 2008.
- [7] G. Nieto, "Biological activities of three essential oils of the lamiaceae family," *Medicines*, vol. 4, no. 3, p. 63, 2017.
- [8] J. Popović-Djordjević, M. Cengiz, M. S. Ozer, and C. Sarikurkcu, "Calamintha incana: essential oil composition and biological activity," *Industrial Crops and Products*, vol. 128, no. 2018, pp. 162–166, 2019.
- [9] G. Çelik, G. Kılıç, and Ş. Kanbolat, "Biological activity, and volatile and phenolic compounds from five Lamiaceae species," *Flavour and Fragrance Journal*, vol. 36, no. 2, pp. 223–232, 2021.
- [10] H. Ouakouak, N. Benchikha, A. Hassani, and M. L. Ashour, "Chemical composition and biological activity of Mentha citrata Ehrh., essential oils growing in southern Algeria," *Journal of Food Science and Technology*, vol. 56, no. 12, pp. 5346–5353, 2019.
- [11] T. R. S. A. Luz, J. A. C. Leite, and L. S. S. de Mesquita, "Seasonal variation in the chemical composition and biological activity of the essential oil of Mesosphaerum suaveolens (L.) Kuntze," *Industrial Crops and Products*, vol. 153, no. May, Article ID 112600, 2020.
- [12] K. Carović-Stanko, M. Petek, and M. Grdiša, "Medicinal plants of the family Lamiaceae as functional foods—a review," *Czech Journal of Food Sciences*, vol. 34, no. 5, pp. 377–390, 2016.
- [13] M. Dhayalan, L. Anitha Jegadeeshwari, and N. Nagendra Gandhi, "Biological activity sources from traditionally used tribe and herbal plants material," *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, vol. 8, no. 6, pp. 11–23, 2015.
- [14] C. M. Uritu, C. T. Mihai, and G. D. Stanciu, "Medicinal plants of the family Lamiaceae in pain therapy: A review," *Pain Research and Management*, vol. 2018, Article ID 7801543, 44 pages, 2018.
- [15] J. M. Andrade, C. Faustino, and C. Garcia, "Rosmarinus officinalis L.: an update review of its phytochemistry and biological activity," *Future Science OA*, vol. 4, no. 4, p. FSO283, 2018.
- [16] M. Bekut, S. Brkić, N. Kladar, G. Dragović, N. Gavarić, and B. Božin, "Potential of selected Lamiaceae plants in

- anti(retro)viral therapy," *Pharmacological Research*, vol. 133, pp. 301–314, 2018.
- [17] K. P. dos Santos, M. D. Sedano-Partida, and W. R. Sala-Carvalho, "Biological activity of *Hyptis Jacq.* (Lamiaceae) is determined by the environment," *Indian Crops Production*, vol. 112, pp. 705–715, 2018.
- [18] I. Cocan, E. Alexa, and C. Danciu, "Phytochemical screening and biological activity of lamiaceae family plant extracts," *Experimental and Therapeutic Medicine*, vol. 15, no. 2, pp. 1863–1870, 2018.
- [19] L. S. S. d. Mesquita, T. R. S. A. Luz, and J. W. C. d. Mesquita, "Exploring the anticancer properties of essential oils from family Lamiaceae," *Food Reviews International*, vol. 35, no. 2, pp. 105–131, 2019.
- [20] J. O. Pires, P. H. O. Léda, D. R. Oliveira, M. R. Coelho-Ferreira, I. S. Scher, and D. M. Talgatti, "Etnobotânica aplicada à seleção de espécies nativas amazônicas como subsídio à regionalização da fitoterapia no SUS: município de Oriximiná - PA, Brasil," *Revista Fitos*, vol. 14, no. 4, pp. 492–512, 2020.
- [21] M. Bahmani, H. Shirzad, M. Majlesi, N. Shahinfard, and M. Rafieian-Kopaei, "A review study on analgesic applications of Iranian medicinal plants," *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, vol. 7, no. S1, pp. S43–S53, 2014.
- [22] G. Sacchetti, A. Medici, and S. Maietti, "Composition and functional properties of the essential oil of Amazonian basil, *Ocimum micranthum* Willd., Labiatae in comparison with commercial essential oils," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 52, no. 11, pp. 3486–3491, 2004.
- [23] G. Lang and G. Buchbauer, "A review on recent research results (2008-2010) on essential oils as antimicrobials and antifungals," *Flavour and Fragrance Journal*, vol. 27, no. 1, 2012.
- [24] F. M. T. Machado and A. Fernandes Junior, *Óleos Essenciais: Aspectos Gerais E Usos Em Terapias Naturais*, 2011.
- [25] T. Kulisic, A. Radonic, V. Katalinic, and M. Milos, "Use of different methods for testing antioxidative activity of oregano essential oil," *Food Chemistry*, vol. 85, no. 4, 2004.
- [26] S. G. Silva, J. N. d. Cruz, and P. L. B. Figueiredo, "Aspectos botânicos dos óleos essenciais," *Estudos Transdisciplinares Nas Engenharias*, pp. 170–181, 2019.
- [27] M. S. de Oliveira, S. G. Silva, and J. N. da Cruz, "Supercritical CO₂ application in essential oil extraction," in *Industrial Applications of Green Solvents - Volume II*, R. M. Inamuddin and A. M. Asiri, Eds., pp. 1–28, Materials Research Foundations, Millersville, PA, USA, 2nd edition, 2019.
- [28] M. S. Oliveira, S. Silva, and W. A. Da Costa, *Essential Oils - Bioactive Compounds*, New Perspectives and Applications, 2020.
- [29] J. C. Silveira, N. Viégas Busato, A. Oliveira Souza da Costa, and E. Ferreira da Costa Junior, *Levantamento E Análise De Métodos De Extração D. E. Óleos Essenciais*, 2012.
- [30] F. W. F. Bezerra, M. S. de Oliveira, and P. N. Bezerra, "Extraction of bioactive compounds," in *Green Sustainable Process for Chemical and Environmental Engineering and Science*, A. M. Inamuddin, Asiri, and A. M. Isloor, Eds., pp. 149–167, Elsevier, Amsterdam, Netherlands, 1st edition, 2020.
- [31] P. Andrei and A. P. Del Comune, "Aromaterapia e suas aplicações Aromatherapy and its applications," *Cadernos*, vol. 11, 2005.
- [32] M. M. de Christo Scherer, F. M. Marques, and M. M. Figueira, "Wound healing activity of terpinolene and α -phellandrene by attenuating inflammation and oxidative stress in vitro," *Journal of Tissue Viability*, vol. 28, no. 2, pp. 94–99, 2019.
- [33] M. Santana de Oliveira, J. N. da Cruz, and W. Almeida da Costa, "Chemical composition, antimicrobial properties of siparuna guianensis essential oil and a molecular docking and dynamics molecular study of its major chemical constituent," *Molecules*, vol. 25, no. 17, p. 3852, 2020.
- [34] M. Santana de Oliveira, V. M. Pereira da Silva, L. Cantão Freitas et al., "Extraction yield, chemical composition, preliminary toxicity of bignonia nocturna (bignoniaceae) essential oil and in silico evaluation of the interaction," *Chem. Biodivers.* vol. 18, no. 4, 2021.
- [35] M. Oussalah, S. Caillet, L. Saucier, and M. Lacroix, "Inhibitory effects of selected plant essential oils on the growth of four pathogenic bacteria: *E. coli* O157:H7, Salmonella Typhimurium, *Staphylococcus aureus* and *Listeria monocytogenes*," *Food Control*, vol. 18, no. 5, 2007.
- [36] L. Gobbo-Neto and N. P. Lopes, "Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários," *Química Nova*, vol. 30, no. 2, pp. 374–381, 2007.
- [37] J. Sharifi-Rad, A. Sureda, and G. Tenore, "Biological activities of essential oils: from plant chemoecology to traditional healing systems," *Molecules*, vol. 22, no. 1, p. 70, 2017.
- [38] L. A. Pupiro Martínez, Y. Pérez Madrugada, and O. Pino Pérez, "Acaricidal activity of essential oils from species belonging to Myrtaceae, Lamiaceae and Rutaceae families against *Tetranychus tumidus* Banks," *Revista de protección vegetal*, vol. 33, no. 3, pp. 1–7, 2018.
- [39] O. O. Ferreira, J. N. da Cruz, and C. d. J. P. Franco, "First report on yield and chemical composition of essential oil extracted from myrcia eximia DC (Myrtaceae) from the Brazilian Amazon," *Molecules*, vol. 25, no. 4, p. 783, 2020.
- [40] H. J. D. C. Moreira and H. B. N. Bragança, *Manual De Identificação de Plantas Infestantes - Hortifruti*, Emater e FMC, 2011.
- [41] R. M. Harley, "Checklist and key of genera and species of the Lamiaceae of the Brazilian Amazon," *Rodriguésia*, vol. 63, no. 1, pp. 129–144, 2012.
- [42] D. Rivera and Obón, "The ethnobotany of old world Labiatae," in *Advances in Labiate Sciences*, 1992.
- [43] J. A. Kallunki and V. H. Heywood, "Flowering plants of the world," *Brittonia*, vol. 46, no. 4, 1994.
- [44] J. W. Kadereit, *Flowering Plants - Dicotyledons*, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 7th edition, 2004.
- [45] R. M. Harley, "Notes on the genus gymneia (lamiaceae: ocimeae, hyptidinae) with two new species from Brazil," *Phytotaxa*, vol. 148, no. 1, p. 57, 2013.
- [46] A. S. Soares, J. F. B. Pastore, and J. G. Jardim, "Lamiaceae no rio grande do norte, brasil," *Rodriguésia*, vol. 70, 2019.
- [47] M. C. A. Mota, J. F. B. Pastore, R. Marques Neto, R. M. Harley, and F. R. Salimena, "Lamiaceae na serra negra, minas gerais, brasil," *Rodriguésia*, vol. 68, no. 1, pp. 143–157, 2017.
- [48] J. S. Santos, F. França, M. J. Silva, and M. F. Sales, "Levantamento das espécies de Amasonia (Lamiaceae) para o Brasil," *Rodriguésia*, vol. 63, no. 4, pp. 1101–1116, 2012.
- [49] R. M. Harley, *Checklist and key of genera and species of the Lamiaceae of the Brazilian Amazon Lista e chaves para gêneros e espécies de Lamiaceae da Amazônia brasileira*, 2012.
- [50] H. Lorenzi and F. J. A. Matos, *Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas cultivadas*, 2002.
- [51] V. A. M. Guerreiro and P. Orientação, *Mestrado em Bioquímica Dissertação Mecanismos de Ação Antimicrobiana de Óleos Essenciais de Plantas Condimentares de Família*

- Lamiaceae* | ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DEPARTAMENTO DE QUÍMICA, 2018.
- [52] R. F. Vieira, R. J. Grayer, A. Patonb, and J. E. Simon, "Uso de marcadores químicos no estudo da diversidade genética de *Ocimum gratissimum* L.," *Review Bras Farmacogn.* vol. 12, 2002.
- [53] R. M. Harley, S. Atkins, and A. L. Budantsev, "Flowering plants dicotyledons: lamiales (except Acanthaceae including Avicenniaceae)," *The Families and Genera of Vascular Plants*, 2004.
- [54] C. M. Uritu, C. T. Mihai, and G.-D. Stanciu, "Medicinal plants of the family lamiaceae in pain therapy: a review," *Pain Research Management*, vol. 2018, Article ID 7801543, 44 pages, 2018.
- [55] M. A. C. Freitas, A. V. Amorim, and A. M. E. Bezerra, "Crescimento e tolerância à salinidade em três espécies medicinais do gênero *Plectranthus* expostas a diferentes níveis de radiação," *Review Bras. Plantas Medicine*, vol. 16, no. 4, 2014.
- [56] E. J. Crevelin, S. C. Caixeta, and H. J. Dias, "Antimicrobial activity of the essential oil of *plectranthus neochilus* against cariogenic bacteria," *Evidence-Based Complementary Alternative Medicine*, vol. 2015, Article ID 102317, 6 pages, 2015.
- [57] G. P. Aguiar, K. A. Lima, and Marcela, "Antifungal activity of the essential oils of *plectranthus neochilus* (Lamiaceae) and *tagetes erecta* (Asteraceae) cultivated in Brazil," *International Journal of Complementary Alternative Medicine*, vol. 11, no. 2, 2018.
- [58] S. C. Caixeta, L. G. Magalhães, and N. I. de Melo, "Chemical composition and in vitro schistosomicidal activity of the essential oil of *plectranthus neochilus* grown in Southeast Brazil," *Chemistry & Biodiversity*, vol. 8, no. 11, pp. 49–57, 2011.
- [59] E. L. L. Baldin, A. E. M. Crotti, and K. A. L. Wakabayashi, "Plant-derived essential oils affecting settlement and oviposition of *Bemisia tabaci* (Genn.) biotype B on tomato," *Journal of Pest Science*, vol. 86, no. 2, 2013.
- [60] T. L. Fanela, E. L. Baldin, and L. E. Pannuti, "Lethal and inhibitory activities of plant-derived essential oils against *Bemisia tabaci gennadius* (Hemiptera: aleyrodidae) biotype B in tomato," *Neotropical Entomology*, vol. 45, no. 2, pp. 201–10, 2016.
- [61] Y. S. Kuo, H. F. Chien, and W. Lu, "*Plectranthus amboinicus* and *Centella asiatica* cream for the treatment of diabetic foot ulcers," *Evidence-based Complementary Alternative Medicine*, vol. 2012, Article ID 418679, 10 pages, 2012.
- [62] M. Khosla, "Study of inter-relationship, phylogeny and evolutionary tendencies in genus *Ocimum*," *Indian Journal of Genetic Plant Breedings*, vol. 55, no. 1, 1995.
- [63] U. P. Albuquerque and L. H. C. Andrade, *Dialnet-El Genero Ocimum Lamiaceae En El Nordeste Del Brasil-70509*, 1998.
- [64] U. P. de Albuquerque, "Three new varieties in *Ocimum* L. (Lamiaceae)," *Brazilian Archives of Biology and Technology*, vol. 42, no. 1, 1999.
- [65] R. F. Vieira and J. E. Simon, "Chemical characterization of basil (*Ocimum* spp.) found in the markets and used in traditional medicine in Brazil," *Economic Botany*, vol. 54, no. 2, 2000.
- [66] H. Lorenzi and F. J. de A. Matos, "*Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas*, Odessa Instant Plant., 2008.
- [67] J. C. Nascimento, L. C. Barbosa, and V. F. Paula, "Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils of *Ocimum canum* Sims. and *Ocimum selloi* Benth.," *Anais da Academia Brasileira de Ciencias*, vol. 83, no. 3, pp. 787–99, 2011.
- [68] M. Govindarajan, R. Sivakumar, M. Rajeswary, and K. Yogalakshmi, "Chemical composition and larvicidal activity of essential oil from *Ocimum basilicum* (L.) against *Culex tritaeniorhynchus*, *Aedes albopictus* and *Anopheles subpictus* (Diptera: Culicidae)," *Experimental Parasitology*, vol. 134, no. 1, pp. 7–11, 2013.
- [69] L. Scalvenzi, M. Radice, and L. Toma, "Larvicidal activity of *Ocimum campechianum*, *Ocotea quixos* and *Piper aduncum* essential oils against *Aedes aegypti*," *Parasite (Paris, France)*, vol. 26, p. 23, 2019.
- [70] L. P. Ricarte, G. P. Bezerra, and N. R. Romero, "Chemical composition and biological activities of the essential oils from *Vitex-agnus castus*, *Ocimum campechianum* and *Ocimum carnosum*," *Anais da Academia Brasileira de Ciencias*, vol. 92, no. 1, pp. 9–11, 2020.
- [71] C. Y. Wang, S. Y. Wang, J. J. Yin, J. Parry, and L. L. Yu, "Enhancing antioxidant, antiproliferation, and free radical scavenging activities in strawberries with essential oils," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 55, no. 16, pp. 27–32, 2007.
- [72] C. V. Nakamura, T. Ueda-Nakamura, E. Bando, A. F. Melo, D. A. Cortez, and B. P. Dias Filho, "Antibacterial activity of *Ocimum gratissimum* L. Essential oil," *Memorias Do Instituto Oswaldo Cruz*, vol. 94, no. 5, pp. 5–8, 1999.
- [73] R. S. Pereira, T. C. Sumita, M. R. Furlan, A. O. C. Jorge, and M. Ueno, "Atividade antibacteriana de óleos essenciais em cepas isoladas de infecção urinária," *Rev. Saude Publica*, vol. 38, no. 2, 2004.
- [74] D. Falcão and F. Menezes, "Revisão etnofarmacológica, farmacológica e química do gênero *Hyptis*," *Review Bras. Farm*, vol. 84, no. 3, 2003.
- [75] G. O. Onawunmi and E. O. Ogunlana, "A study of the antibacterial activity of the essential oil of lemon grass (*cymbopogon citratus* (DC.) stapf)," *Pharmaceutical Biology*, vol. 24, no. 2, 1986.
- [76] C. X. You, K. Yang, and Y. Wu, "Chemical composition and insecticidal activities of the essential oil of *Perilla frutescens* (L.) Britt. aerial parts against two stored product insects," *European Food Research and Technology*, vol. 239, no. 3, pp. 481–490, 2014.
- [77] P. Tiwari, "Recent advances and challenges in trichome research and essential oil biosynthesis in *Mentha arvensis* L.," *Industrial Crops and Products*, vol. 82, pp. 141–148, 2016.
- [78] B. Salehi, Z. Stojanović-Radić, and J. Matejić, "Plants of genus *Mentha*: from farm to food factory," *Plants*, vol. 7, no. 3, p. 70, 2018.
- [79] F. Z. Benomari, V. Andreu, and J. Kotarba, "Essential oils from Algerian species of *Mentha* as new bio-control agents against phytopathogen strains," *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 25, no. 30, pp. 29889–29900, 2018.
- [80] F. Anwar, A. Abbas, T. Mehmood, A. H. Gilani, and N. u. Rehman, "*Mentha*: a genus rich in vital nutra-pharmaceuticals-A review," *Phytotherapy Research*, vol. 33, no. 10, pp. 2548–2570, 2019.
- [81] P. Singh and A. K. Pandey, "Prospective of essential oils of the genus *Mentha* as biopesticides: a review," *Frontiers in Plant Science*, vol. 9, no. Sep, p. 1295, 2018.
- [82] L. M. P. C. Madureira, Cancela, and P. Doutora, *Avaliação da composição química, atividade antioxidante e atividade antimicrobiana de Segurelha (Satureja montana) Orientado por*, 2020.

- [83] M. C. I. Navroski, D. A. G. Waldow, and L. R. S. Reiniger, "Multiplicação in vitro de segmentos apicais caulinares de segurelha (*Satureja hortensis* L.)," *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, vol. 16, no. 1, 2014.
- [84] G. Miguel, M. Simões, and A. C. Figueiredo, "Composition and antioxidant activities of the essential oils of *Thymus caespititius*, *Thymus camphoratus* and *Thymus mastichina*," *Food Chem.* vol. 86, no. 2, 2004.
- [85] M. V. Beloni, M. Aparecida Da Silva, and L. Oliveira, "Atividade antibacteriana dos óleos essenciais frente a agentes causadores da mastite bovina," in *Tópicos Especiais Em Ciência Animal IX*, p. 262, 2020.
- [86] O. Koul, R. Singh, B. Kaur, and D. Kanda, "Comparative study on the behavioral response and acute toxicity of some essential oil compounds and their binary mixtures to larvae of *Helicoverpa armigera*, *Spodoptera litura* and *Chilo partellus*," *Industrial Crops and Products*, vol. 49, pp. 428–436, 2013.
- [87] N. Cárdenas-Ortega, M. González-Chávez, and R. Figueroa-Brito, "Composition of the essential oil of *Salvia ballotiflora* (Lamiaceae) and its insecticidal activity," *Molecules*, vol. 20, no. 5, pp. 8048–8059, 2015.
- [88] S. Grausgruber-Gröger, C. Schmiderer, R. Steinborn, and J. Novak, "Seasonal influence on gene expression of monoterpene synthases in *Salvia officinalis* (Lamiaceae)," *Journal of Plant Physiology*, vol. 169, no. 4, pp. 353–359, 2012.
- [89] C. V. V. Castilho, R. R. Fantatto, and Y. A. Gaínza, "In vitro activity of the essential oil from *Hesperozygis myrtooides* on *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus* and *Haemonchus contortus*," *Revista Brasileira de Farmacognosia*, vol. 27, no. 1, pp. 70–76, 2017.
- [90] E. C. Chagas, C. Majolo, and P. C. Monteiro, "Composition of essential oils of *Mentha* species and their antimicrobial activity against *Aeromonas* spp.," *Journal of Essential Oil Research*, vol. 32, no. 3, pp. 209–215, 2020.
- [91] F. C. Rodrigues, J. W. Almeida-Bezerra, and K. R. Fidelis, "Chemical characterization and insecticidal potential of the essential oil of *Ocimum gratissimum* L. (Lamiaceae) against *Nauphoeta cinerea* (Blaberidae)," *Research, Society and Development*, vol. 9, no. 9, Article ID e72996412, 2020.
- [92] L. G. Osório, A. L. Silva, and A. O. S. Fonseca, "Atividade in vitro do óleo essencial de *Origanum vulgare* L. em isolados clínicos de *Aspergillus* spp.," *Arquivo brasileiro de medicina veterinária e zootecnia*, vol. 71, no. 1, pp. 204–210, 2019.
- [93] H. C. Passinho-Soares, J. P. David, and J. R. F. d. Santana, "Influence of growth regulators on distribution of trichomes and the production of volatiles in micropropagated plants of *Plectranthus ornatus*," *Revista Brasileira de Farmacognosia*, vol. 27, no. 6, pp. 679–690, 2017.
- [94] A. Giatropoulos, A. Kimbaris, and A. Michaelakis, "Chemical composition and assessment of larvicidal and repellent capacity of 14 Lamiaceae essential oils against *Aedes albopictus*," *Parasitol. Res.* vol. 117, no. 6, pp. 1953–1964, 2018.
- [95] R. Lopes Martins, A. Bruno Lobato Rodrigues, and É. de Menezes Rabelo, "Development of larvicide nano-emulsion from the essential oil of *Aeollanthus suaveolens* Mart. ex Spreng against *Aedes aegypti*, and its toxicity in non-target organism," *Arabian Journal of Chemistry*, vol. 14, no. 6, Article ID 103148, 2021.
- [96] M. Božović and R. Ragno, "Calamintha nepeta (L.) savi and its main essential oil constituent pulegone: biological activities and chemistry," *Molecules (Basel, Switzerland)*, vol. 22, no. 2, p. 290, 2017.
- [97] A. Rojas-Olivos, R. Solano-Gómez, and C. Granados-Echegoyen, "Larvicidal effect of *Clinopodium macrostemum* essential oil extracted by microwave-assisted hydro-distillation against *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae)," *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, vol. 51, no. 3, pp. 291–296, 2018.
- [98] S. P. Almeida, A. A. M. de Filho, and F. G. Simplicio, "Chemical profile, toxicity, anti-acetylcholinesterase and antimicrobial activity of essential oil from *hyptis dilatata* leaves," *Chem. Eng. Trans.* vol. 64, pp. 271–276, 2018.
- [99] A. G. R. Barbosa, C. D. M. Oliveira, and L. J. Lacerda-Neto, "Evaluation of chemical composition and antiedematogenic activity of the essential oil of *Hyptis martiusii* Benth.," *Saudi Journal of Biological Sciences*, vol. 24, no. 2, pp. 355–361, 2017.
- [100] B. Justus, V. P. de Almeida, and M. M. Gonçalves, "Chemical composition and biological activities of the essential oil and anatomical markers of *Lavandula dentata* L. Cultivated in Brazil," *Brazilian arch, Biology and Technology*, vol. 61, 2018.
- [101] H. Niksic, K. Duric, and K. Duric, "In vitro antiproliferative activity of *Melissa officinalis* L. (Lamiaceae) leaves essential oil," *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromaticas*, vol. 18, no. 5, pp. 480–491, 2019.
- [102] L. C. da Silva, W. M. de Souza Perinotto, and F. A. Sá, "In vitro acaricidal activity of *Cymbopogon citratus*, *Cymbopogon nardus* and *Mentha arvensis* against *Rhipicephalus microplus* (Acari: ixodidae)," *Experimental Parasitology*, vol. 216, Article ID 107937, 2020.
- [103] F. R. Brandão, C. F. S. Farias, and D. C. de Melo Souza, "Anesthetic potential of the essential oils of *Aloysia triphylla*, *Lippia sidoides* and *Mentha piperita* for *Colossoma macropomum*," *Aquaculture*, vol. 534, Article ID 736275, 2021.
- [104] J. Benites, A. Guerrero-Castilla, and F. Salas, "Chemical composition, in vitro cytotoxic and antioxidant activities of the essential oil of Peruvian *minthostachys mollis* Griseb.," *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromaticas*, vol. 17, no. 6, pp. 566–574, 2018.
- [105] D. Dris, F. Tine-Djebbar, H. Bouabida, and N. Soltani, "Chemical composition and activity of an *Ocimum basilicum* essential oil on *Culex pipiens* larvae: toxicological, biometrical and biochemical aspects," *South African Journal of Botany*, vol. 113, pp. 362–369, 2017.
- [106] P. T. Miura, S. C. N. Queiroz, C. M. Jonsson, E. C. Chagas, F. C. M. Chaves, and F. G. Reyes, "Study of the chemical composition and ecotoxicological evaluation of essential oils in *Daphnia magna* with potential use in aquaculture," *Aquaculture Research*, vol. 52, no. 7, pp. 3415–3424, 2021.
- [107] M. Govindarajan, S. Kadaikunnan, N. S. Alharbi, and G. Benelli, "Acute toxicity and repellent activity of the *Origanum scabrum* Boiss. & Heldr. (Lamiaceae) essential oil against four mosquito vectors of public health importance and its biosafety on non-target aquatic organisms," *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 23, no. 22, pp. 23228–23238, 2016.
- [108] A. P. P. Mota, J. C. P. Dantas, and C. C. Frota, "Antimicrobial activity of essential oils from *Lippia alba*, *Lippia sidoides*, *Cymbopogon citratus*, *Plectranthus amboinicus*, and *Cinnamomum zeylanicum* against *Mycobacterium tuberculosis*," *Ciência Rural*, vol. 48, no. 6, 2018.
- [109] F. A. R. Alves, S. M. de Moraes, and A. C. N. Sobrinho, "Chemical composition, antioxidant and antifungal activities of essential oils and extracts from *Plectranthus* spp. against dermatophytes fungi," *Rev. Bras. Saúde e Produção Anim.* vol. 19, no. 1, pp. 105–115, 2018.

- [110] N. Barbieri, M. Costamagna, and M. Gilabert, "Antioxidant activity and chemical composition of essential oils of three aromatic plants from la Rioja province," *Pharmaceutical Biology*, vol. 54, no. 1, pp. 168–173, 2016.
- [111] A. Yashin, Y. Yashin, X. Xia, and B. Nemzer, "Antioxidant activity of spices and their impact on human health: a review," *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, vol. 6, no. 3, pp. 1–18, 2017.
- [112] D. Gupta, "Methods for determination of antioxidant capacity: a review," *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, vol. 6, no. 2, pp. 546–566, 2015.
- [113] L. A. da Silva, J. D. A. Raposo, and L. P. G. Campos, "Atividade antioxidante do óleo essencial de *Myrcia sylvatica* (G. Mey.) DC. por diferentes métodos de análises antioxidantes (ABTS, DPPH, FRAP, β -caroteno/ácido linoleico)," *Review Fitos*, vol. 12, no. 2, pp. 117–126, 2018.
- [114] C. Zorzetto, C. C. Sánchez-Mateo, and R. M. Rabanal, "Antioxidant activity and cytotoxicity on tumour cells of the essential oil from *Cedronella canariensis* var. *canariensis* (L.) Webb & Berthel. (Lamiaceae)," *Natural Product Research*, vol. 29, no. 17, pp. 1641–1649, 2015.
- [115] R. Singh, M. A. M. Shushni, and A. Belkheir, "Antibacterial and antioxidant activities of *Mentha piperita* L.," *Arabian Journal of Chemistry*, vol. 8, no. 3, pp. 322–328, 2015.
- [116] A. Bouyahya, A. Et-Touys, and Y. Bakri, "Chemical composition of *Mentha pulegium* and *Rosmarinus officinalis* essential oils and their antileishmanial, antibacterial and antioxidant activities," *Microbial Pathogenesis*, vol. 111, pp. 41–49, 2017.
- [117] B. Fatiha, M. Khodir, and D. Nabila, "Assessment of the chemical composition and in vitro antioxidant activity of *Mentha rotundifolia* (L.) huds essential oil from Algeria," *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, vol. 19, no. 5, pp. 1251–1260, 2016.
- [118] S. K. Bardaweel, B. Bakchiche, and H. A. ALSalamat, "Chemical composition, antioxidant, antimicrobial and Antiproliferative activities of essential oil of *Mentha spicata* L. (Lamiaceae) from Algerian Saharan atlas," *BMC Complementary and Alternative Medicine*, vol. 18, no. 1, pp. 1–7, 2018.
- [119] H. Niksic, K. Duric, and E. Omeragic, "Chemical characterization, antimicrobial and antioxidant properties of *Mentha spicata* L. (Lamiaceae) essential oil," *Bull. Chem. Technologists Bosnia Herzegovina*, vol. 50, pp. 43–48, 2018.
- [120] A. Farouk, R. Fikry, and M. Mohsen, "Chemical composition and antioxidant activity of *Ocimum basilicum* L. Essential oil cultivated in madinah monawara, Saudi arabia and its comparison to the Egyptian chemotype," *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, vol. 19, no. 5, pp. 1119–1128, 2016.
- [121] G. Mitropoulou, E. Fitsiou, and E. Stavropoulou, "Composition, antimicrobial, antioxidant, and antiproliferative activity of *Origanum dictamnus* (dittany) essential oil," *Microbial Ecology in Health and Disease*, vol. 26, no. 0, p. 26543, 2015.
- [122] N. Hadjadj and M. Hazzit, "Analysis and antioxidant activity of essential oils and methanol extracts of *Origanum floribundum* munby," *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, vol. 23, no. 1, pp. 85–96, 2020.
- [123] J. R. N. Santos, A. M. Teles, C. G. Ferreira, and A. N. Mouchrek, "Avaliação da atividade bactericida e antioxidante do óleo essencial e do extrato hidroalcoólico de orégano (*Origanum vulgare*)," *Research, Society and Development*, vol. 9, no. 10, Article ID e7829108410, 2020.
- [124] M. R. Morshedloo, H. Mumivand, L. E. Craker, and F. Maggi, "Chemical composition and antioxidant activity of essential oils in *Origanum vulgare* subsp. *gracile* at different phenological stages and plant parts," *Journal of Food Process Preservative*, vol. 42, no. 2, pp. 1–8, 2018.
- [125] S. Gezici, N. Sekeroglu, and A. Kijjoa, "In vitro anticancer activity and antioxidant properties of essential oils from *Populus alba* L. and *Rosmarinus officinalis* L. from South Eastern Anatolia of Turkey," *Indian Journal Pharmacy and Educational Research*, vol. 51, no. 3, pp. S498–S503, 2017.
- [126] A. R. Ladan Moghadam, "Antioxidant activity and chemical composition of *Rosmarinus officinalis* L. Essential oil from Iran," *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, vol. 18, no. 6, pp. 1490–1494, 2015.
- [127] A. R. Ladan Moghadam, "Antioxidant activity and essential oil evaluation of *Satureja hortensis* L. (Lamiaceae) from Iran," *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, vol. 18, no. 2, pp. 455–459, 2015.
- [128] N. Z. Mamadalieva, F. Sharopov, P. Satyal, S. S. Azimova, and M. Wink, "Composition of the essential oils of three Uzbek *Scutellaria* species (Lamiaceae) and their antioxidant activities," *Natural Product Research*, vol. 31, no. 10, pp. 1172–1176, 2017.
- [129] S. Hammami, R. El Mokni, and K. Faidi, "Chemical composition and antioxidant activity of essential oil from aerial parts of *Teucrium flavum* L. subsp. *flavum* growing spontaneously in Tunisia," *Natural Product Research*, vol. 29, no. 24, pp. 2336–2340, 2015.
- [130] M. B. Goudjil, S. Zighmi, D. Hamada, Z. Mahcene, S. E. Bencheikh, and S. Ladjel, "Biological activities of essential oils extracted from *Thymus capitatus* (Lamiaceae)," *South African Journal of Botany*, vol. 128, pp. 274–282, 2020.
- [131] L. Diniz Do Nascimento, A. A. B. Moraes, and K. S. Costa, "Bioactive natural compounds and antioxidant activity of essential oils from spice plants: new findings and potential applications," *Biomolecules*, vol. 10, no. 7, p. 988, 2020.
- [132] M. Bonesi, M. R. Loizzo, R. Acquaviva, G. A. Malfa, F. Aiello, and R. Tundis, "Anti-inflammatory and antioxidant agents from *Salvia* genus (Lamiaceae): an assessment of the current state of knowledge," *Anti-inflammatory & Anti-allergy Agents in Medicinal Chemistry*, vol. 16, no. 2, pp. 70–86, 2017.
- [133] R. S. Borges, B. L. S. Ortiz, A. C. M. Pereira, H. Keita, and J. C. T. Carvalho, "Rosmarinus officinalis essential oil: a review of its phytochemistry, anti-inflammatory activity, and mechanisms of action involved," *Journal of Ethnopharmacology*, vol. 229, pp. 29–45, 2019.
- [134] R. R. Simões, I. D. Coelho, and S. C. Junqueira, "Oral treatment with essential oil of *Hyptis spicigera* Lam. (Lamiaceae) reduces acute pain and inflammation in mice: potential interactions with transient receptor potential (TRP) ion channels," *Journal of Ethnopharmacology*, vol. 200, pp. 8–15, 2017.
- [135] W. Luo, Z. Du, and Y. Zheng, "Phytochemical composition and bioactivities of essential oils from six Lamiaceae species," *Industrial Crops and Products*, vol. 133, pp. 357–364, 2019.
- [136] W. Abdelli, F. Bahri, and A. Romane, "Chemical composition and anti-inflammatory activity of algerian *thymus vulgaris* essential oil," *Natural Product Communications*, vol. 12, no. 4, pp. 611–614, 2017.
- [137] R. Avola, G. Granata, C. Geraci, E. Napoli, A. C. E. Graziano, and V. Cardile, "Oregano (*Origanum vulgare* L.) essential oil provides anti-inflammatory activity and facilitates wound healing in a human keratinocytes cell model," *Food and*

- Chemical Toxicology*, vol. 144, no. May, Article ID 111586, 2020.
- [138] R. S. S. Barreto, J. S. S. Quintans, and R. K. L. Amarante, "Evidence for the involvement of TNF- α and IL-1 β in the antinociceptive and anti-inflammatory activity of *Stachys lavandulifolia* Vahl. (Lamiaceae) essential oil and (-)- α -bisabolol, its main compound, in mice," *Journal of Ethnopharmacology*, vol. 191, pp. 9–18, 2016.
- [139] A. K. Ruiters, P. M. Tilney, S. F. Van Vuuren, A. M. Viljoen, G. P. P. Kamatou, and B.-E. Van Wyk, "The anatomy, ethnobotany, antimicrobial activity and essential oil composition of southern African species of *Teucrium* (Lamiaceae)," *South African Journal of Botany*, vol. 102, pp. 175–185, 2016.
- [140] Y. Laghmouchi, O. Belmehdi, N. S. Senhaji, and J. Abrini, "Chemical composition and antibacterial activity of *Origanum compactum* Benth. essential oils from different areas at northern Morocco," *South African Journal of Botany*, vol. 115, pp. 120–125, 2018.
- [141] Z. Jalal, Y. El Atki, B. Lyoussi, and A. Abdellaoui, "Phytochemistry of the essential oil of *Melissa officinalis* L. growing wild in Morocco: preventive approach against nosocomial infections," *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, vol. 5, no. 6, pp. 458–461, 2015.
- [142] M. Khan, S. T. Khan, N. A. Khan, A. Mahmood, A. A. Al-Kedhairi, and H. Z. Alkhathlan, "The composition of the essential oil and aqueous distillate of *Origanum vulgare* L. growing in Saudi Arabia and evaluation of their antibacterial activity," *Arabian Journal of Chemistry*, vol. 11, no. 8, pp. 1189–1200, 2018.
- [143] G. Schött, S. Liesegang, and F. Gaunitz, "The chemical composition of the pharmacologically active *Thymus* species, its antibacterial activity against *Streptococcus mutans* and the antiadherent effects of *T. vulgaris* on the bacterial colonization of the in situ pellicle," *Fitoterapia*, vol. 121, no. May, pp. 118–128, 2017.
- [144] A. Alimpić, D. Pljevljakušić, and K. Šavikin, "Composition and biological effects of *Salvia ringens* (Lamiaceae) essential oil and extracts," *Indian Crops Production*, vol. 76, pp. 702–709, 2015.
- [145] S.-K. Yang, K. Yusoff, and W. Thomas, "Lavender essential oil induces oxidative stress which modifies the bacterial membrane permeability of carbapenemase producing *Klebsiella pneumoniae*," *Scientific Reports*, vol. 10, no. 1, p. 819, 2020.
- [146] X. Wang, Y. Shen, and K. Thakur, "Antibacterial activity and mechanism of ginger essential oil against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*," *Molecules*, vol. 25, no. 17, p. 3955, 2020.
- [147] A. Skendi, D. N. Katsantonis, P. Chatzopoulou, M. Irakli, and M. Papageorgiou, "Antifungal activity of aromatic plants of the lamiaceae family in bread," *Foods*, vol. 9, no. 11, pp. 8–12, 2020.
- [148] J. Ramírez, G. Gilardoni, and M. Jácome, "Chemical composition, Enantiomeric analysis, AEDA sensorial evaluation and antifungal activity of the essential oil from the Ecuadorian plant *Lepetchinia mutica* Benth (lamiaceae)," *Chemistry & Biodiversity*, vol. 14, no. 12, Article ID e1700292, Dec. 2017.
- [149] C. Rus, R. M. Sumalan, and E. Alexa, "Study on chemical composition and antifungal activity of essential oils obtained from representative species belonging to the Lamiaceae family," *Plant and Soil Environment*, vol. 61, no. 7, pp. 297–302, 2015.
- [150] D. Neveen, H. A. Mohamed, L. A. El-Kassem, and M. Khalil, "Chemical composition and antifungal activity of *Syzygium aromaticum* L. essential oil," *Iran. Journal of Medicinal Aromatic Plants*, vol. 33, no. 4, pp. 552–561, 2017.
- [151] A. Piras, M. J. Gonçalves, and J. Alves, "Ocimum tenuiflorum L. and Ocimum basilicum L., two spices of Lamiaceae family with bioactive essential oils," *Indian Crops Production*, vol. 113, pp. 89–97, 2018.
- [152] A. Kumar and V. B. Kudachikar, "Antifungal properties of essential oils against anthracnose disease: a critical appraisal," *Journal of Plant Disorder Protection*, vol. 125, pp. 133–144, 2017.

CAPÍTULO II: Artigo de Pesquisa**MORPHOANATOMICAL APPROACHES, HISTOCHEMISTRY AND CHEMICAL COMPOSITION OF ESSENTIAL OIL FROM LEAVES OF *Plectranthus ornatus* CODD. (LAMIACEAE) FROM THE AMAZON**

Luiz Renan Ramos da Silva¹, Zelina Ataíde Correia¹, Oberdan Oliveira Ferreira^{2,4},
Eloisa Helena de Aguiar Andrade^{1,2,3,4*} Mozaniel Santana de Oliveira^{1,2*}

¹ Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas - Botânica Tropical. Universidade Federal

Rural da Amazônia and Museu Paraense Emílio Goeldi, Av. Perimetral, 1901. Terra Firme, 66075-900 Belém, Pará, Brazil.

²Adolpho Ducke Laboratory - Botany Coordination, Museu Paraense Emílio Goeldi, Av. Perimetral,

1901, Terra Firme, 66077-830, Belém PA, Brazil

³Postgraduate Program in Chemistry – Universidade Federal do Pará - Rua Augusto Corrêa S/N,

Guamá, 66075-900, Belém, Pará, Brazil.

⁴Postgraduate Program in Biodiversity and Biotechnology-Bionorte Network, Universidade Federal do Pará - Rua Augusto Corrêa S/N, Guamá, 66075-900 Belém, Pará, Brazil.

*Corresponding author: mozaniel.oliveira@yahoo.com.br or mozanieloliveira@museu-goeldi.br.

Telephone number: + 55 91 988647823.

ABORDAGENS MORFOANATOMIA, HISTOQUÍMICA E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DAS FOLHAS DE *Plectranthus ornatus* CODD. (LAMIACEAE) DA AMAZÔNIA

Luiz Renan Ramos da Silva¹, Zelina Ataíde Correia¹, Oberdan Oliveira Ferreira^{2,4}, Eloisa Helena de Aguiar Andrade^{1,2,3,4*} Mozaniel Santana de Oliveira^{1,2*}

¹ Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas - Botânica Tropical. Universidade Federal Rural da Amazônia and Museu Paraense Emílio Goeldi, Av. Perimetral, 1901. Terra Firme, 66075-900 Belém, Pará, Brazil.

²Adolpho Ducke Laboratory - Botany Coordination, Museu Paraense Emílio Goeldi, Av. Perimetral, 1901, Terra Firme, 66077-830, Belém PA, Brazil

³Postgraduate Program in Chemistry – Universidade Federal do Pará - Rua Augusto Corrêa S/N, Guamá, 66075-900, Belém, Pará, Brazil.

⁴Postgraduate Program in Biodiversity and Biotechnology-Bionorte Network, Universidade Federal do Pará - Rua Augusto Corrêa S/N, Guamá, 66075-900 Belém, Pará, Brazil.

Resumo: O gênero *Plectranthus*, pertencente à família Lamiaceae, e a subfamília Nepetoideae, possuem consideráveis propriedades de compostos ativos fundamentais para diferentes finalidades de atividades biológicas no desenvolvimento farmacológico, dentre os demais gêneros desta, este é o que apresenta maior rendimento de óleo essencial, com base em pesquisas fitoquímicas, além de sua representatividade de uso na medicina tradicional. Porém, espécies desse gênero são muito semelhantes umas com as outras, o que dificulta sua identificação in natura. Nesse sentido, o objetivo do trabalho é analisar, com bases em estudos morfoanatômicos, histoquímicos e fitoquímico, suas características descritivas, armazenamento de secreção de metabólitos secundários, como os óleos essenciais (OEs) e sua composição química, contribuindo também assim na identidade da espécie *Plectranthus ornatus*. Os pontos de coleta de *Plectranthus ornatus* foram selecionados a partir de informações de uma pequena plantação no município de Quatipuru e no município de Barcarena no Pará, sendo coletados e depositados no herbário do Museu Goeldi - MPEG. O óleo essencial foi extraído pelo método de hidrodestilação e armazenado em ampolas de vidro, e as análises anatômicas e histoquímicas foram feitos cortes de seções transversais e longitudinais de 08µm a 10µm para seguirem dissociações epidérmicas, diafanização e testes com reagentes para identificação de grupos metabólitos. As folhas das espécimes apresentaram morfologias semelhantes, no que diferenciam apenas no tamanho, apresentando folhas como opostas cruzadas, margem denteada, penínérveas, presença de tricomas, com pecíolo muito curto e de coloração verde-bandeira. No estudo anatômico encontrou-se numerosos tricomas tectores e glandulares de diferentes formas e tamanhos, além na identificação de tricomas estrelados, tendo em ambas as faces foliares células epidérmicas com paredes anticlinais sinuosas, lâmina foliar anfiestomática, estômatos diacíticos e células subsidiárias. Na extração do óleo obteve-se um rendimento de 0,1, sendo considerado baixo para o gênero, apresentando como composto majoritário em análise do óleo essencial o E-Cariofileno, em que nos testes histoquímicos constatou que essa característica do rendimento deve-se aos tricomas glandulares que não secretam apenas OEs, estando misturado com resina, evidenciado pela coloração arroxiada. Além de reações positivas para lipídios totais e ácidos, terpenos, polissacarídeos, compostos fenólicos, tanino e alcalóides, e com presença de oxalato de cálcio principalmente no pecíolo. Os resultados obtidos forneceram informações relevantes para a identificação e controle de qualidade da espécie, constatando um potencial enriquecedor como uma planta aromática para futuros estudos.

Palavras Chave: Produtos Naturais, Fitoquímica, Anatomia Vegetal, Compostos Voláteis.

Abstract: The genus *Plectranthus*, belonging to the family Lamiaceae, and the subfamily Nepetoideae, have considerable properties of fundamental active compounds for different purposes of biological activities in the pharmacological development, among the other genera of this, this is the one that presents the highest yield of essential oil, based on in phytochemical research, in addition to its representative use in traditional medicine. However, species of this genus are very similar to each other, which makes their identification in natura difficult. In this sense, the objective of this work is to analyze, based on morphoanatomical, histochemical and phytochemical studies, its descriptive characteristics, storage of secretion of secondary metabolites, such as essential oils (OEs) and its chemical composition, thus also contributing to the identity of the species. *Plectranthus ornatus*. The collection points of *Plectranthus ornatus* were selected based on information from a small plantation in the municipality of Quatipuru and in the municipality of Barcarena in Pará, being collected and deposited in the herbarium of the Goeldi Museum - MPEG. The essential oil was extracted by the hydrodistillation method and stored in glass ampoules, and anatomical and histochemical analyzes were carried out in transverse and longitudinal sections from 08µm to 10µm to follow epidermal dissociation, diaphanization and tests with reagents to identify metabolite groups. The leaves of the specimens presented similar morphologies, differing only in size, presenting leaves as opposite cross, dentate margin, peninerveas, presence of trichomes, with very short petiole and flag-green color. In the anatomical study, numerous tector and glandular trichomes of different shapes and sizes were found, in addition to the identification of stellate trichomes, with epidermal cells on both sides of the leaves with sinuous anticlinal walls, amphistomatic leaf blade, diacytic stomata and subsidiary cells. In the oil extraction, a yield of 0.1 was obtained, which is considered low for the genus, with E-Caryophyllene as the major compound in the analysis of the essential oil, in which the histochemical tests found that this yield characteristic is due to the glandular trichomes that do not secrete only EOs, being mixed with resin, evidenced by the purplish coloration. In addition to positive reactions for total lipids and acids, terpenes, polysaccharides, phenolic compounds, tannins and alkaloids, and with the presence of calcium oxalate mainly in the petiole. The results obtained provided relevant information for the identification and quality control of the species, confirming its enriching potential as an aromatic plant for future studies.

Keywords: natural products, phytochemicals, anatomy, volatile compounds.

1 INTRODUÇÃO

As plantas mais populares utilizadas na medicina tradicional são as do gênero *Plectranthus*, pertencente à família Lamiaceae, com cerca de 200 gêneros e 3.200 espécies vegetais e a subfamília *Nepetoideae*, ao qual designa plantas que são popularmente conhecidas como “boldo” (ZAPPI et al., 2015). O nome *Plectranthus* vem das palavras gregas plektron (esporão) e anthos (flor), descrevendo um estímulo que as flores têm em sua base (KHAN; AL-SALEEM; ALKHATHLAN, 2016).

Estas possuem importância medicinal, ornamental e econômica, sendo um dos gêneros, da família botânica Lamiaceae que possuem um grande rendimento e riqueza em seu óleo essencial (OEs), reconhecida como uma das mais importantes plantas medicinais aromáticas suculentas (BANDEIRA et al., 2011; ARAÚJO et al., 2021).

Os óleos essenciais (OEs) são substâncias químicas voláteis de compostos ativos, advindos de origem vegetal, sendo importantes metabólitos secundários das plantas, e que são constituídos de

compostos principalmente de mono e sesquiterpenos e de fenilpropanoides (SIMÕES, 2010). Essa mistura complexa de compostos que são os OEs, apresentam rápida volatilização de acordo com os fatores abióticos do meio. São caracterizados por serem incolores ou apresentarem coloração amarelada, capacidade de mistura em outros óleos, gorduras, ceras e etanol (KYNES, 2021). Além de diferentes funções de benefícios de proteção e dispersão interna e externa contra agentes infecciosos na planta e de atração de agentes polinizadores (ANDRADE et al. 2019).

Estas espécies vegetais apresentam um rápido crescimento, tolerantes a luz e falta de água, com rápida resposta adaptativa às condições ambientais, tendo todas as espécies pertencentes ao gênero *Plectranthus* cultivadas no Brasil, sendo originalmente da Ásia e África (RICE et al., 2011; KHAN; AL-SALEEM; ALKHATHLAN, 2016).

Apesar dessas espécies não serem originárias do país, é no Brasil que elas possuem grande notoriedade de uso, sendo as espécies do gênero *Plectranthus* mais citadas, apresentando diferentes usos medicinais constatados em dados etnobotânicos, tendo as suas folhas comumente usadas em tratamentos de dores de cabeça, dores estomacais, dermatites, queimaduras, alergias, picadas de insetos e como antisséptico (SIVEIRO, 2012).

Porém, existe uma dificuldade de identificação dentro do gênero *Plectranthus* devido a semelhanças morfológicas entre as espécies e a dificuldade pra definir critérios para diferenciação (KHALIK; KARAKISH, 2016), e em que o nome popular também pode contribuir nesse processo. No Brasil, e mais especificamente na Amazônia, existem 5 espécies do gênero *Plectranthus* conhecidas popularmente como boldo, tendo um total de 8 espécies com esse mesmo nome vernacular, porém não pertencendo a esse mesmo gênero (FERNANDES et al. 2021).

A espécie *Plectranthus ornatus* (boldo miúdo, boldo-chinês, falso boldo) tem notoriedade pela sua facilitação de disseminar em cultivo ou de forma espontânea, além de sua ornamentação, singularidades de propriedades terapêuticas através de seus metabólitos secundários, apresentando como principal composto os diterpenóides e sua característica morfológica, que podem variar pelo habitat que essa estará inserida (MAURO, 2008; MESQUITA, 2021). Porém, as características anatômicas e histoquímicas da espécie *P. ornatus* carece de mais estudos, em que a espécie possui poucas pesquisas nessa perspectiva científica e devido as dificuldades de identificação das espécie pertencente a esse mesmo gênero, além das ricas propriedades medicinais que a planta *P. ornatus* apresentam, que podem contribuir com estudos futuros a partir dos dados morfoanatomicos e histoquímicos apresentados.

Nesse sentido, a pesquisa teve por objetivo verificar, com bases em estudos anatômicos e histoquímicos, suas características descritivas, armazenamento de secreção de metabólitos secundários, como os OEs, contribuindo também assim na identidade da espécie *Plectranthus ornatus*.

2 METODOLOGIA

2.1 Área de estudo e Coleta do material botânico

O material botânico foi coletado em pequenas mudas em duas localidades, nos quintais da comunidade de Murucupi, em Barcarena estado do PA, com as coordenadas geográficas a uma latitude 01°30'21" sul e a uma longitude 48°37'33" oeste, e em uma pequena plantação no município de Abaetetuba no estado do PA, com as coordenadas geográficas de latitude 0° 53' 56" Sul, e longitude 47° 0' 40" Oeste. Em seguida foram conduzidas para o Campus de Pesquisa do Museu Paraense Emílio Goeldi, no horto da Coordenação de Botânica do Museu Paraense Emílio Goeldi, onde foi sendo cultivado. Parte do material vegetal foi coletada para confecção da exsicata, à qual foi incorporado ao acervo do Herbário João Murça Pires, com o registro MG N° 245302.

Os parâmetros morfológicos foliares foram analisados com suporte de revisões taxonômicas (CODD, 1975) e auxílio de literatura especializada (LORENZI, 2008; 2012) sobre morfologia foliar para caracterizar e analisar as partes vegetativas como o ápice, margem, limbo, nervuras, filotaxia e pecíolo da espécie, com o suporte de lupas.

As partes vegetativas aéreas da espécie cultivada foram coletadas para os estudos anatômicos e histoquímicos, desenvolvido no Laboratório de Anatomia Vegetal, da Coordenação de Botânica do Museu Paraense Emílio Goeldi – LAVEG/ COBOT/MPEG e submetidos às técnicas descritas a seguir.

2.2 Análises anatômicas da lâmina foliar em Microscopia de Luz (ML)

As amostras, expostas na Figura 2 do limbo foliar foram seccionadas nas regiões de interesse para o estudo anatômico (margem, nervura central e pecíolo), foram fixadas em FAA (Formaldeído, Ácido acético e Álcool etílico 50%) Johansen (1940) por 24 horas para o estudo estrutural e para os testes histoquímicos em substâncias hidrofílicas e em FNT (Formalina Neutra Tamponada) por 48 horas Lillie (1965) para os testes substâncias lipofílicas e estocas em álcool etílico 70%.

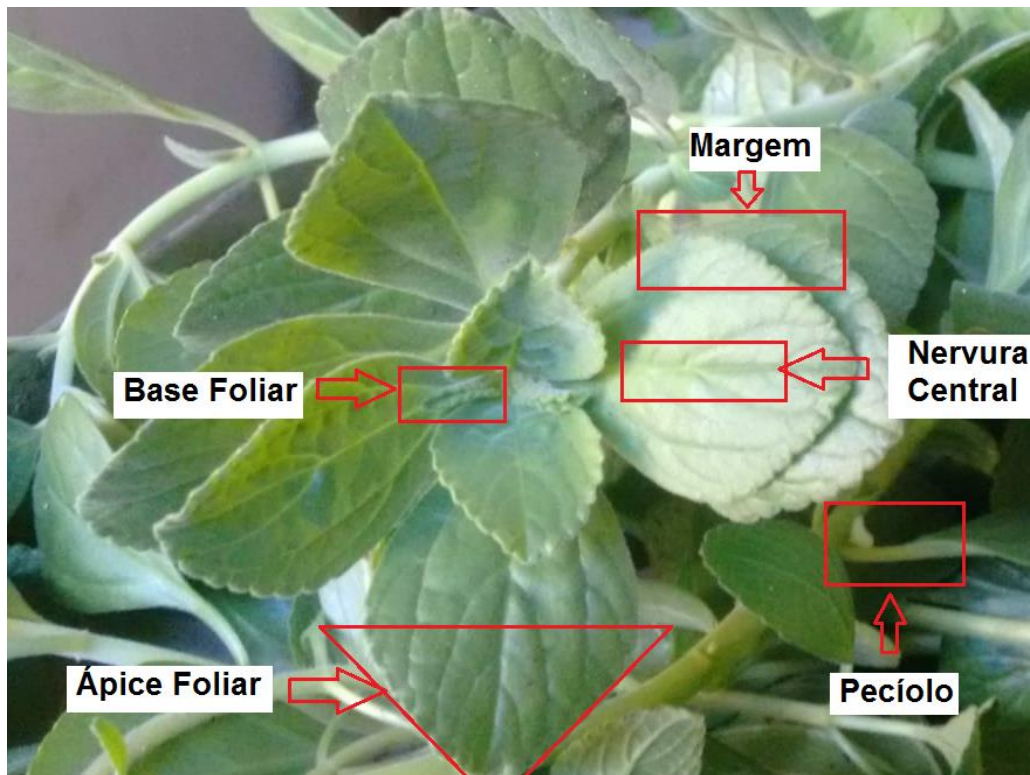


Figura 2: regiões do limbo foliar de interesse para o estudo anatômico
Fonte: Autor, 2022.

Para as análise em laboratório, amostras previamente estocadas em álcool etílico 70% foram submetidas à desidratação em série butílica crescente (álcool butílico terciário) para inclusão em parafina histológica com DMSO (Paraplast®, ©Leica Biosystems, USA) (JOHANSEN 1940).

Secções transversais e longitudinais de 08µm a 10µm foram obtidas com auxílio de micrótomo rotativo (modelo Leica® RM 2245, Leica® Biosystems, Heidelberg, Alemanha). Uma parte das amostras foram coradas em azul de astra e safranina Gerlach (1969) e outra destinada aos testes histoquímicos. As lâminas foram montadas em bálsamo do Canadá incolor (KRAUS; ARDUEN, 1997).

2.3 Dissociações epidérmicas

Para a dissociação da epiderme frações menores das folhas foram seccionadas com auxílio de lamina de aço e imersas em solução de peróxido de hidrogênio e ácido acético durante 24hs (FRANKLIN, 1945 modificado) lavadas em água destiladas, coradas em azul de astra e safranina (GERLACH, 1969) e montadas em glicerina aquosa (1:1), isolando as bordas com esmalte incolor, segundo PURVIS et al (1964).

2.4 Diafanização

As folhas *in natura* foram desidratadas em serie elítica decrescente (50%, 30% e 10%) por um período de 30 minutos, lavadas em água destilada, submetidas ao hidróxido de sódio 5% por um período de 2h, posteriormente as amostras foram submetidas ao hipoclorito de sódio 20% até clarificar, após a clarificação foram lavadas em água destilada por 30 minutos e desidratadas em série elítica crescente até ao etanol 50% e coradas com (safranina + etanol 50%) (MONTEIRO, 1979 com modificações), montada em gelatina glicerinada (Kaiser, 1880).

2.5 Histoquímica

Os testes histoquímicos foram realizados em amostras seccionadas a mão livre e incluídas em parafina histológica com DMSO (Paraplast®, ©Leica Biosystems, USA) (JOHANSEN 1940; DEMARCO 2012). No Quadro 1 encontram-se os testes realizados para a detecção dos principais grupos de metabolitos.

Quadro 1- Testes histoquímicos aplicados nas estruturas secretoras da folha de *Plectranthus ornatus* Codd. para detecção das principais classes de metabólitos.

Grupos metabólicos	Reagentes	Reação
Lipídios totais	Sudan III (JOHANSEN, 1940) Sudan black (PEARSE, 1985)	Alaranjado Azul
Lipídios ácidos	Sulfato azul do Nilo (CAIN, 1947)	Azul esverdeado
Terpenos	Reagentes de Nadi (DAVID; CARDE 1964)	Roxo
Polissacarídeos totais	PAS (Periodic acid schiff) (MCMANUS, 1948)	Rosa
Tanino	Vanilina clorídrica (MACE; HOWELL, 1974)	Alaranjado- vermelhado
Amido	Reagente de Lugol (JOHANSEN, 1940)	Sem reação
Compostos fenólicos	Cloreto férrico III a 10% (JOHANSEN, 1940).	Preto
Alcaloides	Reagente de Dragendorf (SVENDSEN; VERPOORTE, 1983)	Marro avermelhado
Cristais de oxalato de cálcio	Ácido Clorídrico 5 % (CHAMBERLAIN, 1932)	Até a dissociação dos cristais

Fonte: Autores, 2023

Os controles dos testes foram realizados de acordo com as respectivas técnicas dos autores dos testes aplicados. As fotomicrográficas foram realizadas em microscópio (Leica DM6B, Germany W) com câmara digital acoplada (Leica application suite LASV4. 12), no Laboratório de Microscopia

do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) devidamente calibrada com lâminas micrometradas de acordo com o fabricante.

2.6 Extração do Óleo Essencial Por Hidrodestilação

Para o processo de extração do óleo essencial, foram usados aproximadamente 90g do material botânico *Plectranthus ornatus* secos em uma sala de secagem com auxílio umidificadores de ar, em seguida, foram submetidos aos processos de extração usando hidrodestilação. Os métodos de extração foram realizados utilizando um sistema de vidro do tipo Clevenger modificado, acoplado a um sistema de refrigeração para manutenção da água de condensação entre 10-15° C, durante 3 h, conforme metodologia descrita por FRANCO et al., (2021); SANTANA DE OLIVEIRA et al., (2021).

2.7. Análise da Composição Química

A composição química dos óleos essenciais foi avaliada por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa (CG / EM), usando um sistema Shimadzu QP-2010 plus nas seguintes condições: coluna capilar de sílica Rtx-5MS (30 m × 0,25 mm, espessura de filme de 0,25 µm); temperatura do programa de (60 - 240) ° C a 3 ° C / min; temperatura do injetor de 250 ° C; hélio como gás carreador (velocidade linear de 32 cm / s, medida a 100 ° C); injeção sem divisão (1 µl de uma solução de hexano 2: 1000). A ionização foi efetivada pela técnica de impacto eletrônico a 70 eV, e a temperatura da fonte de íons e demais partes foi fixada em 200 ° C. A quantificação dos compostos voláteis foi determinada por cromatografia gasosa com detector de ionização de chama (FID; Shimadzu, sistema QP 2010) nas mesmas condições da cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa (GC-MS), exceto que hidrogênio foi utilizado como gás carreador. O índice de retenção foi calculado para todos os constituintes voláteis usando uma série homóloga de n-alcenos (C8 – C40), e foram identificados pela comparação dos espectros de massa obtidos experimentalmente e seus índices de retenção aos encontrados na literatura. (ADAMS, 2007; S, STEIN, MIROKHIN, D. TCHEKHOVSKOI, D. MALLARD, G, MIKAIA, A. ZAIKIN, V. AND SPARKMANM, 2011) .

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Aspectos morfológicos

A espécie *Plectranthus ornatus* apresenta caracteres vegetativos semelhantes de outras espécies de boldo do gênero *Plectranthus* (Lamiaceae) e outros gêneros. Compatíveis a estudos morfológicos das espécies de boldo *Gymnanthemum amygdalinum* (Asteraceae), *Plectranthus barbatus*,

Plectranthus neochilus (Lamiaceae) (FERNANDES et al, 2021), *Plectranthus amboinicus* (Lamiaceae) (CASAS et al, 2017), *Plectranthus verticillatus* (Lamiaceae) (AOYAMA et al, 2020) e *Peumus boldus* (Monimiaceae) (RIBEIRO, 2017), em que algumas características morfológicas foliares são compartilhadas entre si, porém tendo a espécie com maior semelhança à *P. neochilus* como dados do Herbário do Jardim Botânico UTAD também confirmam.

A semelhança mencionada deve-se ao grau de parentesco genético entre as espécies de boldo e sua integração em diferentes áreas, adaptando-se, o que especialistas chamam de complexo de espécies (ALLGAYER, 2020). Porém, Tais características morfológicas semelhantes resultam na dificuldade de identificação em campo entre as espécies de boldo, principalmente do gênero *Plectranthus*.

As duas espécimes de *Plectranthus ornatus* tanto de Quatipuru, quanto Barcarena, apresentam as mesmas características morfológicas, diferenciando-se pelo tamanho de suas folhas. Caracterizam-se como uma erva ereta, tendo o padrão de distribuição das suas folhas como opostas cruzadas, simples, de 2 a 3cm a coletada em Quatipuru e de 4 a 5cm a espécie coletada em Barcarena, no formato ovada a elíptica, margem denteada apenas na metade superior e inteira na base, são penínérveas, possui o pecíolo muito curto, e tanto a parte adaxial quanto abaxial possuem a superfície pilosa e suculentas com grande concentração de água, o que dificulta na sua secagem, sendo normalmente estoques de mucilagem, protegendo a planta contra desidratação (LARCHER, 2000), e com a coloração foliar verde-bandeira (Figura 3).

Ainda, possui um forte aroma que exala rapidamente no ambiente e fixa na pele ao toque mais forte na planta, o que a caracteriza como uma planta aromática, que indica ter forte potencial na produção e secreção de diversas substâncias, como principalmente os óleos essenciais (OEs). Tais características morfológicas da espécie se confirmam com os dados apresentados no GIBF - Global Biodiversity Information Facility e Re flora - Espécies da Flora do Brasil sobre *Plectranthus ornatus* Schltr.

Porém, essa característica aromática depende das glândulas secretoras que variam de espécie para espécie, e que segundo Deschamps et al (2007), algumas plantas medicinais aromáticas são utilizadas equiparadas a quantidade de óleo essencial secretadas pelos tricomas glandulares principalmente em suas folhas, e que também dependem da quantidade e dos tipos apresentados. E mediante a isso, segundo Pinheiro et al (2017), tais estudos são fundamentais para à conservação e uso econômico de recursos naturais na Amazônia, como grandes projetos etnobotânicos, anatômicos, taxonômicos e fitoquímicos já desenvolvidos no Museu Goeldi.

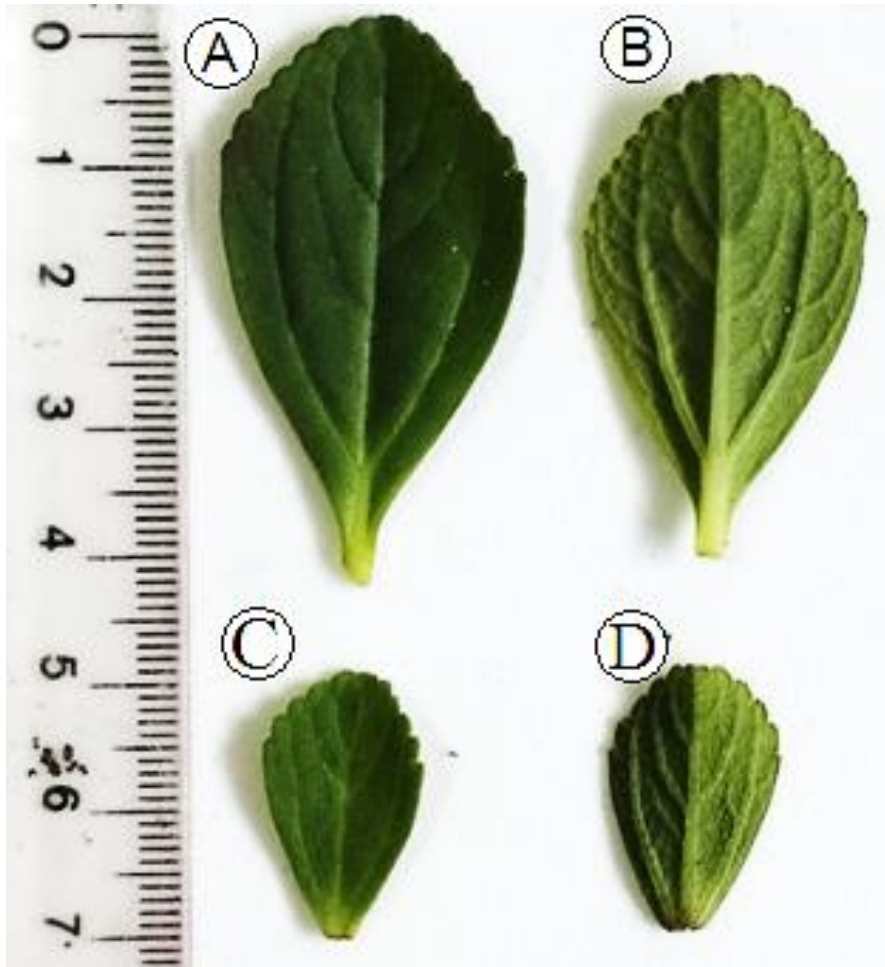


Figura 3. Folhas isoladas de boldo *Plectranthus ornatos*. **A-** face adaxial do espécime de Barcarena, **B-** face abaxial do espécime de Barcarena, **C-** face adaxial do espécime de Quatipuru, **D-** face abaxial do espécime de Quatipuru coletados em tamanhos diferentes entre o primeiro ao quinto entrenó.

Fonte: autores, 2022.

3.2 Caracterização anatômicas

Quanto aos caracteres anatômicos da espécie *Plectranthus ornatos*, a folha em vista frontal apresenta em ambas as faces da epiderme adaxial e abaxial, células epidérmicas com paredes anticlinais sinuosas (Figuras 4 A, B). A lâmina foliar é anfiestomática e os estômatos são diacíticos (Figura 4B), em que apresentam suas células subsidiárias organizadas de maneira a formar uma reta perpendicular a fenda estomática, diferente do que foi analisado no estudo de Mauro et al. (2008) que em sua análise anatômica caracteriza como sendo anomocítico, o que é improvável, já que as características dos estômatos dessa espécie não correspondem a essa classificação.

Ocorre a presença de diferentes tricomas nas duas faces da folha, sendo tricomas tectores pluricelulares unisseriados, tricomas glandulares (Figuras 4 C, D, E) que representam a principal estrutura secretora presente na folha de *Plectranthus ornatos*, além de tricomas estrelados (Figura

4F). Os tricomas são importantes apêndices epidérmicos de caracter definitivos na identificação dentro do gênero *Plectranthus* (KHALIK, 2016), tanto para critérios taxonômicos quanto medicinais/farmacológicos. Em contraponto, não foram encontrados nem tricomas estrelados no estudo feito por Mauro et al. (2008), entretanto tais características também foram confirmadas para a espécie *Plectranthus ornatos* identificadas no estudo feito por (RIBEIRO et al 2017).

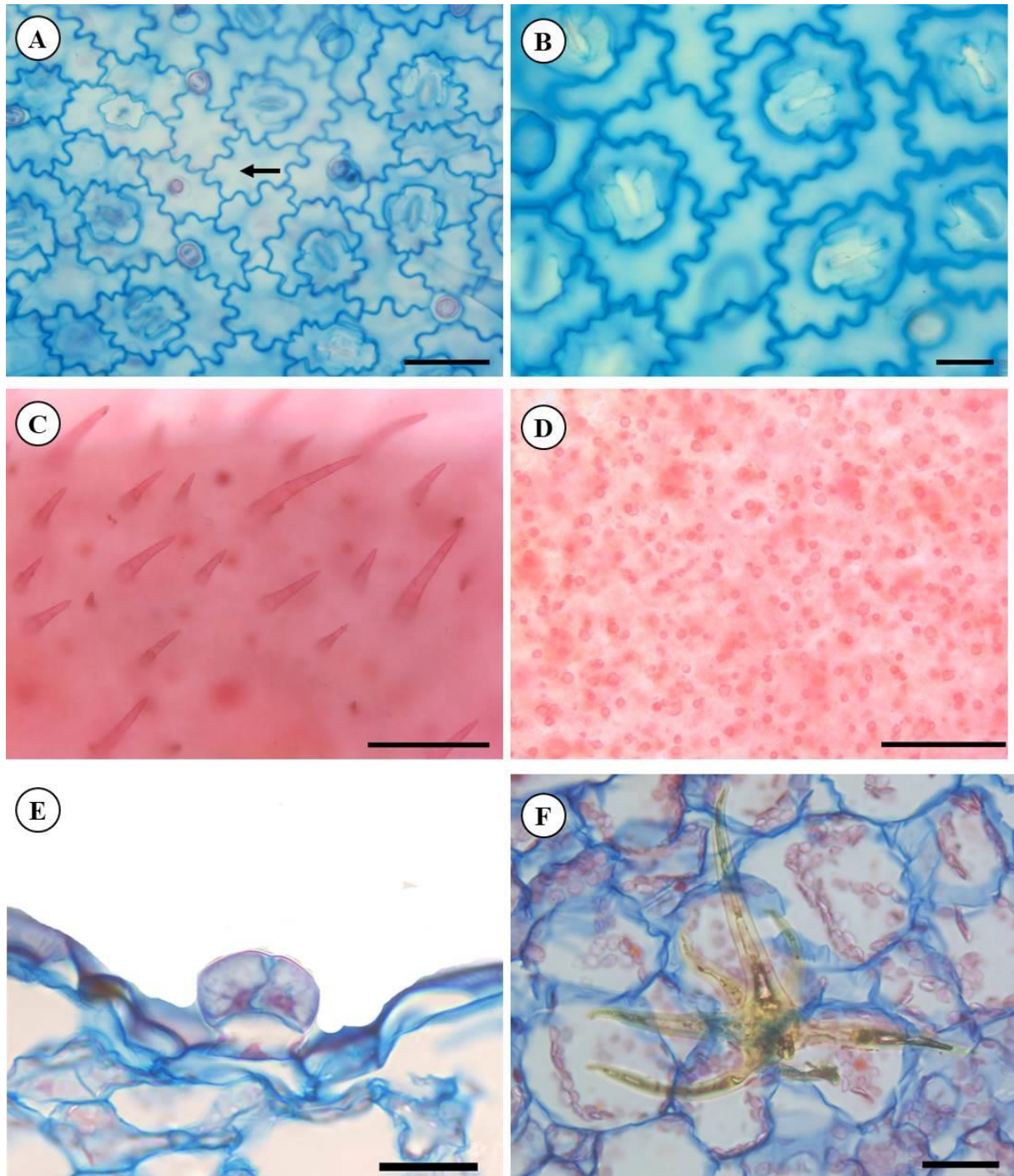


Figura 4- Vista frontal da lâmina foliar de *Plectranthus ornatos* Codd (A-D). **A-** Vista geral da face adaxial e células com paredes anticlinais sinuosas (**seta**), **B-** Detalhe dos estômatos diacíticos na face abaxial, **C-** Vista geral dos Tricomas pluricelulares unicelular tector, **D-** Vista geral dos tricomas glandulares. Em secção

transversal (E-F). E- Tricoma glandulares com pedículo curto, E- Tricoma estrelado. **Barra de escala:** 50 µm (B, E, F,) 50 µm (A, C, D).

Em secção transversal a região mediana foliar é constituída por epiderme uniseriada, de células tabulares, justapostas e recobertas por uma cutícula lisa e delgada, com presença de tricomas tectores pluricelulares (duas a três células) e uni unisseriados e são de formato afilado, tricomas glandulares pedicelados e tricomas glandulares sésseis (Figuras 5A, B). Essas variações na morfologia tricomas da espécie em estudo, também foram descritos por (ASCENSÃO; MOTA; CASTRO 1999; MAURO et al, 2008; RIBEIRO et al, 2017).

O mesófilo homogêneo, não havendo distinção entre os parênquimas paliçádico e lacunoso, sendo observados idioblastos contendo cristais prismáticos de oxalato de cálcio (Figura 5A). A região do bordo apresenta forma arredondada, com células mais compactadas (Figura 5 B).

A nervura central, em secção transversal apresenta formato plano-convexo. A epiderme é unisseriada, com presença de cutícula lisa, células epidérmica tabulares, justapostas (Figura 5C). O córtex da nervura central é formado por 2-3 camadas de colênquima angular adjacente à epiderme. Isso se deve ao espaçamento irregular da parede celular do sistema de sustentação, resistência mecânica dos órgãos vegetativos que ainda estão em crescimento (CORTEZ, 2016).

O tecido parenquimático, formado de células poligonais, heterodimenssionais, de paredes finas e levemente sinuosas. Na região central do parênquima l, encontra-se um feixe vascular colateral (Figura 5D). Tais características também foram relatadas por (MAURO et al, 2008; Ribeiro, 2017). Assim como para outras espécies pertencentes à família Lamiaceae como da espécie *Leonurus sibiricus* L (DUARTE; LOPES, 2005).

O pecíolo visto na secção transversal apresentam características que ocorrem também em *Peumus boldus*, *P. neochilus*, *P. verticillatus*, *P. amboinicus* (RIBEIRO et al, 2017;DUARTE et al, 2007, AOYAMA, 2020, MAURO, 2008), apresentando formato plano-convexo, com projeções de alas laterais. A epiderme é uniseriada sendo constituída por células diminutas retangulares , com presença de tricomas tectores e glandulares (Figura 5E).

O córtex é predominantemente parenquimático, sendo constituído por 2-3 camadas de colênquima angular adjacentes à epiderme, as células parenquimáticas são poligonais, heterodimencionais de paredes finas e levemente sinuosas (Figura 5E). Os feixes vasculares são colaterais fechados com esclerênquima circundando o floema e dois feixes acessórios nas laterais (Figura ,F). Há ocorrência de idioblastos com cristais de oxalato de cálcio (Figura 5G).

Quando se tem xilema de um lado e floema de outro, opostos, como identificado na anatomia da espécie, se classifica como colateral de acordo com instruções de classificação morfológicas e anatômicas de Cutler et al (2009); Cortez et al (2016).

A presença de oxalato de cálcio, observado sendo mais concentrado no pecíolo da espécie, compreende uma adaptação da planta motivada por diferentes fatores externos, como herbivoria, formação de estruturas vegetativas, e que lhe atribui como consequência características extremamente tóxicas (JÁUREGUI; MORENO, 2004). Característica observada na *Plectranthus neochilus* Schltr no estudo de Duarte et al, (2007).

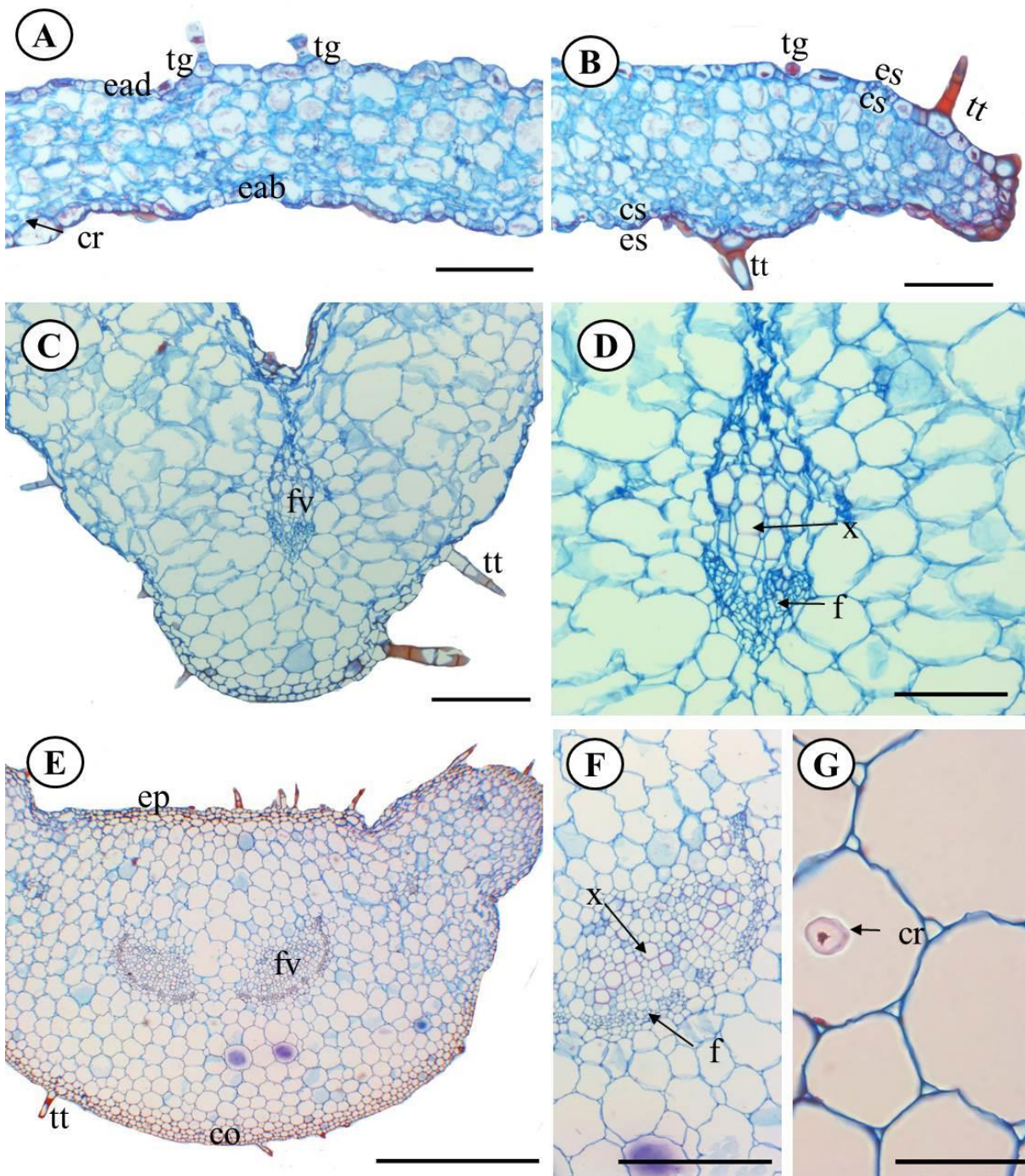


Figura 5- *Plectranthus ornatus* Codd. Secção transversal de limbo foliar. **A-** Vista geral do mesofilo homogêneo, **B-** Boldo foliar com tricoma glandular, **C-** Nervura central, **D-** Detalhe do feixe vascular colateral da nervura central, **E-** Vista geral do pecíolo, **F-** Detalhe do feixe vascular colateral do pecíolo, **G-** Cristal de oxalato de cálcio. **Legenda:** **co-** colênquima angular, **cr-** cristais de oxalato de cálcio, **ead-** epiderme adaxial, **eab-** epiderme abaxial, **ep-** epiderme, **es-** estômatos, **cs-** câmara subestomática, **fv-** feixe vascular, **f-** floema, **x-** xilema, **tt-** tricoma tectores, **tg-** tricoma glandular. **Barra de escala:** 100µm (A, B, D), 200µm (C, F, G), 500µm (E).

3.3 Histoquímica

Os testes histoquímicos propostos na pesquisa para margem e pecíolo de *Plectranthus ornatus* apresentaram reações positivas para diferentes classes de metabolitos secundários nos tricomas glandulares.

Segundo Figueiredo et al. (2007), em caracterização geral de detecção, costumam ser nos núcleos de células glandulares especializadas de tricomas, tendo os reagentes sendo evidenciados de forma mais clara quando se tratando para identificar metabolitos nas secreções glandulares. Isso ocorre por que os tricomas glandulares podem produzir armazenar e secretar diferentes classes de metabolitos secundários (ZAGER; LAGE, 2018). Os resultados dos testes histoquímicos estão organizados na Tabela 2 e as reações na Figura 6.

Tabela 2 - Resultados da histoquímica aplicada na folha

Teste	<i>Plectranthus ornatus</i> Codd.	
	Estruturas Secretoras	
	Tricoma glandular	Idioblastos
Lipídios totais	+	n
Lipídios ácidos	+	n
Terpenos	+	n
Polissacarídeos totais	+	n
Amido	-	n
Compostos fenólicos	+	n
Tanino	+	n
Alcaloides	+	n
Cristais de oxalato de cálcio	n	+

Nota: (n) não aplicado, (+) reação positiva, (-) reação negativa.

Os secretados dos tricomas de *Plectranthus ornatos* reagiram positivamente para lipídicos totais e lipídios ácidos. No entanto há diferença na composição lipídica, a reação positiva ao reagente de nadi mostrou uma coloração arroxiada, que configurar um indicativo de terpenos de diferentes tamanhos, diferentes massas moleculares onde se tem uma mistura de óleo essencial com resina.

De forma geral, se identifica majoritariamente os OEs quando positivo pra terpenos, atestado na pesquisa, que também foram identificados em *P. amboinicus*, *Mentha x villosa* Huds (Casas et al. 2017; Silva e Faria, 2014), o gênero *Ocimum* foi encontrado somente no caule (ROCHA et al. 2020).

A composição química destes óleos pode influenciar na relação ecológica estabelecida da planta com o ambiente (CASAS et al., 2018). Sendo assim, as condições/perturbações ambientais é também um forte fator de influência no rendimento de outras substancias e compostos químicos como os óleos essenciais (OEs), em que estão associados à proteção da planta contra fatores externos como a herbivoria, é favorável a polinização, além de ações fitoterápicas no organismo humano utilizando na medicina tradicional devido à sua ação analgésica, antibacteriana e antioxidante (KNAAK; FIUZA 2010; ANDRADE, 2019).

A espécie em estudo apresentou resultado positivo para compostos fenólicos totais e tanino, que também foram encontrados em outras espécies pertencentes à família Lamiaceae, tais como nas folhas de *Plectrathus amboinicus* (Lour.) Spreng (Casas et al (2017), em todas as partes vegetativas exceto inflorescência de *Ocimum basilicum*, *O.campechianum* (Silva; Faria 2014), nos estudos de Rocha et al. (2020) atestaram positivo em testes histoquímicos para taninos, potencializando em teoria que essas plantas possuem forte resistência e poder aglutinante.

Os compostos fenólicos são substâncias amplamente encontradas nos vegetais de acordo com Silva et al., (2010) nesse grupo químico, destacam-se várias substâncias, tais como cumarinas, ligninas, quinonas, taninos e flavonoides (CASTRO ; DEMARCO, 2008). Nos vegetais onde são sintetizados os compostos fenólicos, atuam em defesa contra herbívoros e patógenos, promover reconstrução celular, e promovem atração de polinizadores (DIXON; HARRISON, 1999; SILVA et al, 2007; CASTRO ; DEMARCO 2008). Os compostos fenólicos também exercem ação cicatrizante, antioxidante, anti-inflamatório e antimicrobiano (; MEYER et al., 2013; GAO, et al., 2016; APRARULO; GIROMINI; ROSSI, 2021).

Os tricomas glandulares da espécie em estudo ficou constatado a presença de alcaloides, assim como em análises histoquímicas realizadas por Casas et al (2017) de folhas de *Plectrathus amboinicus* (Lour.) Spreng e de Farias; Vinhalva (2016) de folhas de *Plectranthus barbatus Andrews*, atestaram positivo para essa classe de composto.

Os alcaloides são um dos mais importantes compostos nitrogenados encontrados em algumas plantas vasculares herbáceas, para exercerem atividades de proteção contra herbivoria e possuem ação anestésica, antitumoral, miorelaxante e antimicrobiológica (BARBOSA FILHO et al., 2006).

A reação positiva ao PAS indicou presença de polissacarídeos totais nos tricomas glandulares de *Plectranthus ornatus*. Os polissacarídeos são compostos de armazenamentos de açúcares hidrofílicos que atuam na formação da parede celular, que, devido suas propriedades químicas, evitam possíveis danos causados pelo estresse hídrico (SAWIDIS, 1998). Já os polissacarídeos de exsudatos são produzidos como mecanismo de defesa das plantas contra injúrias físicas e ataque microbiano (CUNHA; PAULA; FEITOSA; 2009).

Os principais metabólitos secundários encontrados nos secretados dos tricomas glandulares de *Plectranthus ornatus* tem ação de defesa, o que de certa forma auxiliar sua sobrevivência no ambiente.

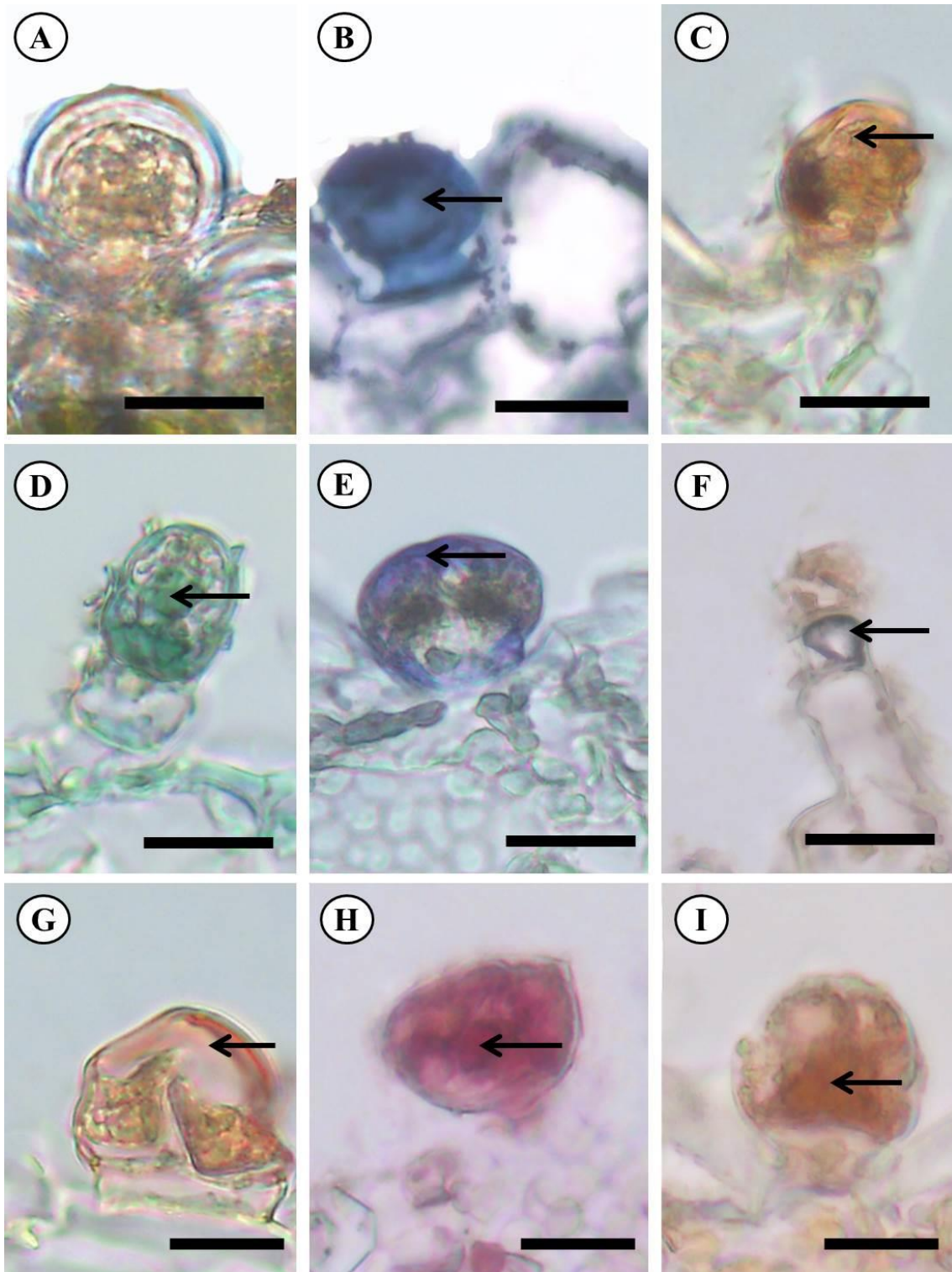


Figura 6 – Reação dos testes histoquímicos nos tricomas glandulares secretores do limbo foliar de *Plectranthus ornatus* Codd. **A**- Branco, **B** - Reação positiva para lipídios totais com sudan black, **C**- Reação positiva para lipídios totais com sudan III, **D**- Reação positiva para lipídios ácidos, **E**- Reação positiva para terpenos, **F**- Reação positiva para compostos fenólicos totais, **G**- Reação positiva para tanino, **H**- Reação para polissacarídeos totais, **I**- Reação positiva para alcaloides. **Setas**: Indicação do local de reação. **Barra de escala**: 20 μm (G, H, I) 50 μm (A, B, C, D, E, F).

3.4 Composição Química do óleo Essencial

Nos óleos essenciais dos espécimes PA603 e PA600 não houve valor significativo de rendimento, sendo 0,1ml, entretanto foi possível realizar a determinação de sua composição química, sendo identificados respectivamente, 93,45% e 99,92% do total de 93 compostos químicos presentes na mistura (tabelaX). Os sesquiterpenos hidrocarbonetos caracterizam o perfil químico dos óleos essenciais com 27,56% para o espécime PA603, e 41,65% para o PA600. O teor de sesquiterpeno também foi observado no óleo essencial (OE) de outras espécies do gênero *Plectranthus*, entretanto no OE de um exemplar de *Plectranthus ornatus* coletado no Horto de Plantas Medicinais da Universidade Regional do Cariri (URCA) Ceará-Brasil, foi observado um alto teor de 63.1%. de monoterpenos (Galvão Rodrigues et al., 2013).

Os compostos majoritários presentes nos óleos essenciais do espécime PA603 foram: (*E*)-Caryophyllene (12.84%), α -Pinene (12.38%) e Sabinene (8.72%). Já o óleo essencial do espécime PA600 apresentou (*E*)-Caryophyllene (29.61%), 1-Octen-3-ol (13.92%) e Terpinen-4-ol (5.66%). Os resultados diferiram do encontrado numa amostra de *P. ornatus* coletada em Lisboa-Portugal que foi caracterizado óleo essencial pelos majoritários: Oct-1-en-3-ol (13–31%), β -pinene (11–24%), α -pinene (11–19%), and β -caryophyllene (11%)(Mota et al., 2014).

Tabela 3 Composição química do óleo essencial isolado de duas espécimes de *Plectranthus ornatus*

IRC	IRL	Compostos	PA-603	PA-600
919	924	α -Thujene	2,82	0,22
935	932	α-Pinene	12,38	
969	969	Sabinene	8,72	
970	974	1-Octen-3-ol		13,92
986	988	3-Octanol	1,06	4,04
999	1001	Hex-(3 <i>E</i>)-enyl acetate	0,8	
1011	1014	α -Terpinene	1,16	0,6
1018	1020	<i>p</i> -Cymene	4,08	
1022	1022	<i>o</i> -cymene	3,64	2,74
1040	1044	(<i>E</i>)- β -Ocimene	0,5	1,03
1051	1054	γ -Terpinene	2,66	2,19
1060	1065	Z-Sabinene hydrate (IPP vs OH)		0,4
1082	1085	Terpinolene	0,95	0,7
1093	1095	Linalool	0,2	1,23
1097	1098	Linalool		0,24
1111	1112	(<i>E</i>)-Thujone	0,59	0,33
1115	1119	α - <i>p</i> -Mentha-2,8-dien-1-ol		0,45
1120	1122	α -Campholenal	0,77	0,37
1133	1135	(<i>E</i>)-Pinocarveol	0,51	
1124	1122	α -Campholenal		0,06

1134	1139	(<i>E</i>)-Pinocarveol		0,86
1139	1137	(<i>E</i>)-Sabinol (trans for OH vs. IPP)		0,14
1157	1160	Pinocarvone	0,28	0,15
1160	1166	<i>p</i> -Mentha-1,5-dien-8-ol	1,23	0,58
1171	1174	Terpinen-4-ol	2,9	5,66
1178	1181	Thuj-3-en-10-al	0,21	
1185	118	α -Terpineol	0,49	0,84
	6			
1191	119	Myrtenol		0,49
	4			
1192	119	Methyl chavicol	1.13	
	5			
1199	120	<i>n</i> -Decanal	0,16	
	1			
1246	123	(<i>E</i>)-Chrysanthenyl acetate	0.16	
	5			
1280	128	Bornyl acetate	0.7	
	3			
1344	134	α -Terpinyl acetate	4.1	
	6			
1346	134	α -Cubebene		0,99
	8			
1372	137	α -Copaene	1,11	0,69
	4			
1381	138	β -Bourbonene	2,54	1,18
	7			
1386	138	β -Cubebene	0,61	0,74
	7			
1388	138	β -Elemene	0,12	
	9			
1389	139	Sativene	0,1	
	0			
1417	141	(<i>E</i>)-Caryophyllene	12,84	29,61
	7			
1425	143	β -Copaene	0,41	0,3
	0			
1431	143	α -(<i>E</i>)-Bergamotene	0,16	
	2			
1440	144	Isogermacrene-D	0,13	
	7			
1441	144	(<i>Z</i>)- β -Farnesene		0,09
	0			
1446	144	(<i>Z</i>)-Muuroala-3,5-diene	0,13	0,06
	8			
1450	145	α -Humulene	1,03	1,22
	2			
1457	145	<i>allo</i> -Aromadendrene	0,03	
	8			
1463	146	dehydro Aromadendrane	0,05	
	0			
1470	147	Dauca-5,8-diene	0,16	
	1			

1472	147 8	γ -Muurolene	0,14	0,16
1474	148 1	γ -Curcumene	0,05	
1482	148 4	Germacrene-D	1,53	2,25
1489	149 3	(<i>E</i>)-Muurolo-4(14),5-diene		0,11
1491	149 5	γ -Amorphene	0,22	
1492		epsilon-Amorphene		0,42
1497	150 0	α -Muurolene	0,14	
1504	150 5	α -Bulnesene	3,39	1,65
1507	151 3	γ -Cadinene	0,34	0,26
1510	151 4	β -Curcumene	0,14	
1512	151 3	γ -Cadinene		0,57
1511	151 4	Cubebol	0,23	
1522	152 2	δ -Cadinene	2,07	1,35
1524	152 9	Kessane	1,04	
1528	153 3	(<i>E</i>)-Cadina-1,4-diene	0,12	
1539	154 2	(<i>Z</i>)-Sesquisabinene hydrate	0,16	
1549	154 7	Italicene epoxide	0,4	0,31
1558	156 1	(<i>E</i>)-Nerolidol	0,35	0,2
1575	157 7	Spathulenol	0,08	
1583	158 2	Caryophyllene oxide	9,62	11,76
1595	158 6	Thujopsan-2-alpha-ol	0,05	
1598	160 0	Cedrol	0,12	
1606	160 8	Humulene epoxide II	0,74	0,55
1612	161 8	1,10-di-epi-Cubenol	0,04	
1625	162 7	1-epi-Cubenol	0,27	0,18
1630	1631	(<i>E</i>)-Sesquilavandulol		0,05
1629	1639	allo-Aromadendrene epoxide-	0,25	

1633	1639	Caryophylla-4(12),8(13)-dien-5-alpha-ol	0,5	0,31
1637	1644	α -Muurolol	0,72	0,76
1642	1645	Cubenol	0,08	0,06
1651	1652	α -Cadinol	0,32	0,4
1662	1661	Allohimachalol	0,21	
1655	1666	14-hydroxy-(Z)--Caryophyllene		0,26
1668	1668	14-hydroxy-9-epi-(E)-Caryophyllene	1,77	1,01
1675	1679	Khusinol	0,16	
1683	1685	Germacra-4(15),5,10(14)-trien-1- alpha-ol	0,33	0,18
1743	1746	8- α -11-Elemodiol	0,06	
1786	1792	Drimenone	0,1	
1837	1841	Phytone	0,11	0,2
	*			
2092		9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	1,37	
2105	2095	Methyl linoleate	0,61	
2107		Phytol derivative		2,49
2118	2124	Methyl octadecanoate	0,09	
2213	2218	e-Phytol acetate		2,31
Terpeno ides		4,04	22,96	
Total de Hidrocarbonetos Monoterpenos			36,91	7,48
Total de Monoterpenos Oxigenados			7,34	11,8
Total de Hidrocarbonetos Sesquiterpênicos			27,56	41,65
Total de Sesquiterpenos oxigenados			17,6	16,03
Terpenoides			4,04	22,96
Total			93,45	99,92

Na literatura é reportada a presença de monoterpenos nos óleos essenciais do gênero *Plectranthus* como observado no OE de *P. amboinicus* que teve seu perfil químico caracterizado pelos compostos Carvacrol (23.0 %), camphor (22.2 %), δ -3-carene (15.0 %), λ -terpinene (8.4 %), O-cymene (7.7 %) and α -terpinene (4.8 %) (Hassani et al., 2012). O composto (*E*)-caryophyllene também foi observado em outros estudos do gênero, como exemplo no *P. grandis* que apresentou um teor de β -caryophyllene (38.25%) superior do encontrado neste estudo. Além disso, o OE de *P. grandis* apresentou os compostos sesquiterpênicos como: α -copaene (13.23%) and germacrene (11.38%). No OE de *P. ornatus* os principais constituintes químicos foram caryophyllene oxide (61.74%) and β -caryophyllene (10.65%) (Alves et al., 2018).

No estudo realizado por Passinho-Soares et al., (2013) com uma amostra de *P. ornatus* coletada de plantas-mães (matrizes) cultivados na Faculdade de Farmácia da Universidade Federal

da Bahia (UFBA). O OE da amostra apresentou como principais compostos o α -terpinyl acetate), e os monoterpenos α -thujene, α -pinene, β -pinene, camphene, sabinene and α -limonene. Em outro estudo, os monoterpenos foram encontrados no óleo essencial de *P. ornatus* como α -thujene (4.40 - 17.60%), e também os sesquiterpenos farnesene (4.31 - 29.83%), copaene (3.40 - 17.85%) and germacrene D (1.99 - 25.98%) (Marques et al., 2012).

CONCLUSÃO

De acordo com as análises feitas, apesar das duas plantas estarem em locais diferentes, apresentarem características de tamanho desiguais, comprovou-se que são a mesma espécie *Plectranthus ornatus*, apresentando as mesmas características anatômicas, histoquímicas e químicas do óleo essencial, o que indica que o ambiente pode influenciar em suas características morfológicas, que no caso do estudo, influenciou nas características no tamanho de suas folhas. Além de características anatômicas diferenciadas no gênero como tricomas estrelados e presença de oxalato de cálcio em grandes quantidades no pecíolo, desenvolvidos possivelmente pelo ambiente.

A extração do óleo essencial da espécie não obteve um alto rendimento de ambas as espécimes, porém foi possível realizar a determinação de sua composição química, sendo composto principalmente por monoterpenos e sesquiterpenos, e tendo o (E)-cariofileno como majoritário. Por serem de lugares distintos uma da outra, constata-se que diferente dos estudos feitos e analisados das espécies do gênero *Plectranthus*, a espécie de estudo *Plectranthus ornatus* possui um rendimento menor de forma geral, devido suas glândulas secretoras apresentarem mistura de diferentes substâncias, não somente de OEs, o que pode-se constatar uma maior concentração de oxalato de cálcio em seus pecíolos, uma vez que, o OEs também tem finalidades de defesa para o desenvolvimento da planta, nesse sentido, a grande quantidade de oxalato de cálcio confere a espécie uma característica tóxica em um determinado grau para sua maior defesa no ambiente.

Logo, a pesquisa aqui exposta fornecem respostas conclusivas através do estudo da planta *Plectranthus ornatus* em sua caracterização morfoanatômica e histoquímica como instrumentos eficazes de abordagem científica de aspecto descritivo, ponderando assim, uma abrangência ainda maior de lacunas científicas acerca da identificação da espécie e elucidação de aspectos relativos as suas estruturas anatômicas, no que enriquece a produção de pesquisa contemporânea na área sobre a espécie em questão. Tendo em observação as lacunas levantadas e a resolução destas, traz benefícios tanto para o âmbito acadêmico, laboratorial e social, no geral. Já que, dessa maneira, atribui bases para referenciar o surgimento de novas indagações e experimentos.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

ASCENSÃO L.; MOTA L.; CASTRO M. M. Glandular Trichomes on the leaves of *Plectranthus ornatus*: Morphology, distribution and histochemistry. **Ann Bot** 84: 437- 447,1999.

ALLGAYER, H.; HILLER, R.F.; VALIATI, V. H. Uma análise epistêmica para a elucidação do complexo de espécies crípticas. **Conjectura: filosofia e educação**, n. 25, p. 11, 2020.

ANDRADE. H. *et al.* Aspectos Botânicos dos Óleos Essenciais. **Estudos Transdisciplinares nas Engenharias** 3, Ponta Grossa, v. 3, n. 3, p. 26, out. 2019. ISSN CRB6/2422. Disponível em: <https://doi.org/10.22533/at.ed.82919071016>.

AOYAMA, E. *et al.* Morfoanatomia foliar de *Plectranthus verticillatus* (Lf) Druce (Lamiaceae). **Enciclopédia Biosfera**, v. 17, n. 34, 2020.

BARBOSA FILHO, J.M. *et al.* Natural products inhibitors of the enzyme acetyl cholinesterase. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 16(2), 258-285.2006.

CAIN, A.J. The use of Nile blue in the examination of lipids. *Quarterly Journal of Microscopical Science*, 33: 383-392. 1947.

CAPRARULO, V.; GIROMINI, C.; ROSSI, L. Review: Chestnut and quebracho tannins in pig nutrition: the effects on performance and intestinal health. *Animal*, v.15, n.1, 2021.

CASAS, L. L. *et al.* Aspectos morfo-anatômicos, histoquímicos e micológicos de folhas de *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng. **Rev. Bras. Pl. Med**, v. 19, n. 1, p. 42-48, 2017.

CASTRO, M.M.; DEMARCO D. Phenolic compounds produced by secretory structures in plants: a brief review. *Natural Product Communications*, 3: 1273-1284. 2008

CHAMBERLAIN, C. J. **Methods in plant histology**. 5 ed. Illinois: University of Chicago.1932.

CODD, L. E. *Plectranthus* (Labiatae) and allied genera in Southern Africa. *Bothalia*, 11(4), 371-442. 1975.

CUNHA, P.L.R.; PAULA. R.C.M.; FEITOSA. R.C.M.D. Polissacarídeos da Biodiversidade Brasileira: Uma Oportunidade de Transformar Conhecimento em Valor Econômico. *Quim. Nova*, V. 32, N. 3, 649-660, 2009

DA SILVA FIGUEIREDO, A. C. *et al.* Histoquímica e Citoquímica em Plantas: Princípios e Protocolos. **Cell. Res**, v. 11, p. 640-643, 2007.

DAVID F.; CUTLER; Ted Botha; Dennis Wm. Stevenson. *Anatomia Vegetal: Uma Abordagem Aplicada*. Brasil, Artmed Editora, 2009.

DAVID, R.; CARDE, J.P. Coloration differentielle des inclusions lipidique et terpeniques des pseudophylles du *Pin maritime* au moyen du reactif Nadi. *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences Paris*, 258: 1338-1340.1964

- DEMARCO, D. Protocolo de coloração: Histoquímica. **Curso Teórico-Prático**, p.26, 2012.
- DESCHAMPS, Cícero et al. Densidade de tricomas glandulares e produção de óleo essencial em *Mentha arvensis* L., *Mentha x piperita* L. e *Mentha cf. aquatica* L. **Ciência e Natura**, v. 28, n. 1, p. 23-34, 2007.
- DIXON, R. A.; HARRISON, M. J. Activation, structure, and organization of genes involved in microbial defense in plants. *Advances in Genetics*. v. 28, p. 165-234. 1999.
- DO ROCIO DUARTE, Márcia; LOPES, Juliano Ferreira. Morfoanatomia foliar e caulinar de *Leonurus sibiricus* L., Lamiaceae. **acta farmacéutica bonaerense**, v. 24, n. 1, p. 68-74, 2005.
- DUARTE, Márcia do Rocio; LOPES, Juliano Ferreira. Stem and leaf anatomy of *Plectranthus neochilus* Schltr., Lamiaceae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 17, p. 549-556, 2007.
- FARIA, Maria Tereza; VILHALVA, Divina Aparecida Anunciação. importância das aulas práticas na disciplina de anatomia vegetal, curso de extensão: descrição da anatomia foliar e histoquímica de *Plectranthus barbatus* Andrews (Lamiaceae). **revista uniaraguaia**, v. 10, n. 10, p. 214-223, 2016.
- FERNANDES, José Martins; LOPES, Célia Regina Araújo Soares; ALMEIDA, Anderson Alex Sandro Domingos. Morfologia de espécies medicinais de boldo cultivadas no Brasil. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 6, p. e42910615824-e42910615824, 2021.
- FERNANDES, José Martins; LOPES, Célia Regina Araújo Soares; ALMEIDA, Anderson Alex Sandro Domingos. Morfologia de espécies medicinais de boldo cultivadas no Brasil. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 10, n. 6, pág. e42910615824-e42910615824, 2021.
- FRANKLIN, G. L. Preparation of thin sections of synthetic resins and wood-resin composites, and a new macerating method for wood. *Nature*. v. 155, p. 51, 1945.
- GAO, J., LIN, H., WANG, X.J., SONG, Z.G., JIAO, H.C. Vitamin E supplementation alleviates the oxidative stress induced by dexamethasone treatment and improves meat quality in broiler chickens. *Poultry Science*, v.89, p. 318-327, 2016
- GERLACH, G. *Botanische Mikrotechnik*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag: 344 p.1969
- GIBF - Global Biodiversity Information Facility. *Plectranthus ornatus* Schltr. Disponível em: <https://www.gbif.org/species/3902679>. Acesso: 06 Nov. 2022.
- JÁUREGUI-ZUÑIGA, DAVID; MORENO, A. La biomineralización del oxalato de calcio en plantas: retos y potencial. **REB**, v. 23, n. 1, p. 18-23, 2004.
- JOHANSEN, D.A. *Plant Microtechnique*. New York, McGraw-Hill Book Company Inc., p. 1-523.1940
- KAISER E. 1880.** Verfahren zur Herstellung einer tadellosen Glycerin-gelatine. *Botanisch Zentralblatt*, Stuttgart **180**: 25-26.
- KHALIK, Kadry N. Abdel; KARAKISH, Eman A. Comparative anatomy of stems and leaves of *Plectranthus* L.(Lamiaceae) in Saudi Arabia and systematic implications. **Microscopy Research and Technique**, v. 79, n. 7, p. 583-594, 2016.
- KNAAK, N.; FIUZA, L. M. Potencial dos óleos essenciais de plantas no controle de insetos e microrganismos. *Neotrop. Biol. Conserv.*, v.5, n.2, p.120-132, 2010

- KRAUS, J.E.; ARDUIN, M. Manual básico de métodos em morfologia vegetal. Rio de Janeiro: EDUR. 198 p. 1997.
- LARCHER, W. A planta sob estresse. Ecofisiologia vegetal, São Carlos: Rima, 2000.
- LILLIE, R.D. Histopathologic technic and practical histochemistry. 3ed. McGraw Hill Co., New York, p. 1-715.1965
- LORENZI, H.; MATOS, F. J. A plantas medicinais no brasil: nativas e exóticas (2ª ed.). nova odessa: instituto plantarum de estudos da flora. (2008
- MAURO, Claudia et al. Estudo anatômico comparado de órgãos vegetativos de boldo miúdo, *Plectranthus ornatus* Codd. e malvariço, *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng.-Lamiaceae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 18, p. 608-613, 2008.
- MESQUITA, Lidivânia Silva Freitas et al. Diterpenoids from leaves of cultivated *Plectranthus ornatus*. **Planta Medica**, v. 87, n. 01/02, p. 124-135, 2021.
- MEYER, Janaína Morimoto et al. Metabolismo secundário. **Botânica no Inverno** / Org. de Alejandra Matiz Lopez... [et al.]. – São Paulo : Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 2013. 202 p. : il
- MONTEIRO, W.R., GIULIETTI, A.M., MAZZONI, S.C. & CASTRO, M.M. 1979. Hairs on reproductive organs of some Eriocaulaceae and their taxonomic significance. *Boletim de Botânica, Universidade de São Paulo* 7:43-59.
- O'BRIEN, T.P.; FEDER, N.; MC CULLY, M.E. Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue O. *Protoplasma*, 59: 367-373. 1964.
- PEARSE, A.G.E. *Histochemistry theoretical and applied*. v.2. 4ª Ed. C. Livingstone, Edinburgh, London, Melbourne and New York. 1055 p.1985.
- PINHEIRO, Antônio do Socorro Ferreira; RUIVO, Maria de Lourdes Pinheiro; BEZERRA, Maria das Graças Ferraz. A contribuição da produção científica do Museu Goeldi à conservação e uso econômico de recursos naturais na Amazônia. **Revista Espacios**, v. 38, n. 34, p. 33, 2017.
- PURVIS, M.; COLLIER, D.; WALLS, D. Laboratory techniques in botany. London, Butterworths. 1964.
- Reflora-Herbário Virtual**. Disponível em: <https://reflora.jbrj.gov.br/reflora/herbarioVirtual/> Acesso em 06 nov de 2022.
- RIBEIRO, Fabiane Fonseca et al. Boldo verdadeiro x boldo falso: caracterização morfoanatômica foliar. **Visão Acadêmica**, v. 18, n. 3, 2017.
- RIBEIRO, Fabiane Fonseca et al. Boldo verdadeiro x boldo falso: caracterização morfoanatômica foliar. **Visão Acadêmica**, v. 18, n. 3, 2017.
- ROCHA, Vera Lúcia Pegorini et al. Anatomia comparada, histoquímica e fitoquímica dos órgãos vegetativos de espécies do gênero *Ocimum* L.(Lamiaceae). **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 2, p. 266-277, 2020.
- SHOBE WR; LERSTEN NR. 1967. A technique for clearing and staining Gymnosperm leaves. *Botanical Gazette* 128: 150-152.

SAWIDIS TH (1998) The subglandular tissue of *Hibiscus rosa-sinensis* nectaries. *Flora* 193, 327–335. Doi: 10.1016/s0367-2530(17)30855-1.

SILVA, M.L.C.; COSTA, R.S.; SANTANA, A.S.; Koblitz, M.G.B. Compostos fenólicos, carotenóides e atividade antioxidante em produtos vegetais. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 31, n. 3, p. 669-682, jul./set. 2010

SILVA, Regiane Maria; FARIA, Maria Tereza. Caracterização etnobotânica e histoquímica de plantas medicinais utilizadas pelos moradores do bairro Carrilho, Goianésia (GO). **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 19, 2014.

SVENDSEN, A.B.; VERPOORTE, R. *Chromatography of alkaloids*. Elsevier Scientific Publish Company, Amsterdam and New York. 503 p. 1983.

UTAD - Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. **Jardim Botânico UTAD - Informação da multimedia da espécie *Plectranthus ornatus* Schltr.** Disponível em: https://jb.utad.pt/especie/Plectranthus_ornatus. Acesso em: 06 Nov. 2022.

VIDAL, B.C. Dichroism in collagen bundles stained with xyloidine- Ponceau 2R. *Annales d'Histochimie*, 15: 229-254. 1970.

Vinicius C. Souza/ Harri Lorenzi. Botânica Sistemática - Guia Ilustrado - 3ª Edição. 2012

WATSON, L., DALLWITZ, M.J. The families of flowering plants: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval (Lamiaceae) 1992..

ZAGER, J. J., LANGE, B. M. Assessing flux distribution associated with metabolic specialization of glandular trichomes. *Trends in Plant Science*, 27, 638-647. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2018.04.003>