

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
CAMPUS SÃO GABRIEL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM CIÊNCIAS
BIOLÓGICAS

LAURA MONTERO DE AVILA

POTENCIALIDADES BIOLÓGICAS E IDENTIFICAÇÃO DA COMPOSIÇÃO
QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Aloysia gratissima* (GILLIES & HOOK.)
TRONC. (VERBENACEAE)

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

São Gabriel – RS
2023

LAURA MONTERO DE AVILA

**POTENCIALIDADES BIOLÓGICAS E IDENTIFICAÇÃO DA COMPOSIÇÃO
QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Aloysia gratissima* (GILLIES & HOOK.)
TRONC. (VERBENACEAE)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciências Biológicas da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Batista Pereira

Coorientadora: Prof. Dra. Adriana Carla Dias Trevisan

**São Gabriel - RS
2023**

LAURA MONTEIRO DE AVILA

POTENCIALIDADES BIOLÓGICAS E IDENTIFICAÇÃO DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Aloysia gratissima* (GILLIES & HOOK.) TRONC. (VERBENACEAE)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ciências Biológicas.

Dissertação defendida e aprovada em: 19, setembro de 2023.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Antonio Batista Pereira

Orientador

UNIPAMPA

Prof. Dr. Marcelo Marashin

UFSC

Prof. Dr. Tales Leandro Costa Martins

UNIPAMPA

Prof. Dr^a. Adriana Carla Dias Trevisan
UERGS



Assinado eletronicamente por **ANTONIO BATISTA PEREIRA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 19/09/2023, às 15:36, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **Adriana Carla Dias Trevisan, Usuário Externo**, em 25/09/2023, às 09:38, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **Marcelo Maraschin, Usuario Externo**, em 25/09/2023, às 18:17, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **TALES LEANDRO COSTA MARTINS, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 17/10/2023, às 17:20, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1243552** e o código CRC **7ACE3B9D**.

Dedico à minha mãe, por sempre estar ao meu lado, por me incentivar sempre e por todo o amor dedicado a mim em todos os momentos da vida.

E a minha família, por sempre me apoiar e incentivar.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, pela minha vida e saúde, por abençoar e iluminar todo o meu caminho e por me guiar durante as minhas trajetórias.

À minha família, minha mãe Elisangela Monteiro de Avila, minha vó Eloa Monteiro de Avila, minha irmã Maria Júlia de Avila Lima e ao meu padrasto Thiago Arruda Lima, agradeço por sempre acreditarem em mim, por aguentarem todo o meu estresse e por estarem sempre ao meu lado me apoiando de todas as formas possíveis, eu amo vocês.

Ao meu noivo Bruno Almeida Pampim, por todo o apoio, paciência e companheirismo dedicados a mim durante esta etapa e principalmente por todo o auxílio para a concretização e realização desse trabalho.

Ao meu orientador Prof. Dr. Antônio Batista Pereira, por toda dedicação e paciência ao longo da realização deste trabalho.

À minha coorientadora, Prof. Dra. Carla Adriana Dias Trevisan, pela amizade, paciência e dedicação que teve comigo, por nunca desistir e sempre acreditar em mim.

À Vanessa Weis Castilho, por abrir as portas da sua propriedade para a realização das coletas e todo o apoio.

Ao Prof. Dr. Tales Leandro Costa Martins, agradeço por toda a ajuda e atenção que teve comigo e por me auxiliar para a realização das análises.

À Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) pela excelente formação.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

À minha grande amiga Cibele dos Santos Duarte, que está ao meu lado desde a graduação, estivemos sempre trocando experiências, alegrias e apoio.

RESUMO

Os óleos essenciais (OE) são um produto líquido natural sintetizado por plantas aromáticas a partir de seu metabolismo especializado para defesa e que, historicamente tem sido utilizado no mundo pelas sociedades humanas. Eles são obtidos por meio de extração de diferentes partes das plantas, como flores, folhas, galhos, cascas, frutas e sementes. No processo de extração são produzidos extratos líquidos de odor característico e variado número de compostos voláteis com potencial de utilização como fitomedicamentos e fitodefensivos. O Brasil, como país megabiodiverso, tem grande potencial de uso de suas plantas nativas ao desenvolvimento de produtos naturais. Uma planta amplamente distribuída no Bioma Pampa, com grande potencial para extração de OE é a *Aloysia gratissima*. O OE dessa espécie tem sua composição química e rendimento que variam em decorrência da parte da planta utilizada, local e época do ano que é coletada. Assim, surgiu o objetivo de identificar a variação de rendimento e compostos químicos presentes no OE de *A. gratissima* em relação as partes das plantas utilizadas e diferentes locais de coleta. Para isso, utilizou-se um arranjo metodológico em duas etapas, onde inicialmente foi realizada uma revisão sistemática e, em seguida, uma pesquisa de campo. A revisão foi realizada em artigos publicados nos últimos 10 anos sobre OE de *A. gratissima*, seus compostos químicos e atividade biológicas. A investigação de campo foi realizada com material vegetativo de *A. gratissima* coletado em dois sítios geográficos distintos no município de Sant'Ana do Livramento - RS, e posterior extração do OE. Além do registro do rendimento, posteriormente foi realizada à análise de cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa para identificar a composição química do OE extraído. Assim, com esses resultados, avaliou-se as diferenças químicas entre as amostras bem como incita-se o debate sobre inovação a partir do uso da biodiversidade local.

Palavras-chave: Bioma Pampa. Extração. Garupá. Diversidade. Rendimento.

ABSTRACT

Essential oils (EO) are a natural liquid product synthesized by aromatic plants from their specialized defense metabolism. They have been used throughout history by human societies all over the world. They are obtained through the extraction of various parts of the plant, such as the flowers, leaves, branches, barks, fruits, and seeds. The extraction process produces liquid extracts with a characteristic odor and a wide range of volatile compounds. These compounds have potential for use as phytomedicines and phytodefense products. As a megabiodiverse country, Brazil has great potential for using its native plants to develop natural products. One of the most widespread plants in the Pampa Biome with great potential for EO extraction is *Aloysia gratissima*. Depending on the part of the plant used and the place and time of year of collection, the chemical composition and yield of EO from this species varies. Therefore, the aim was to determine the variation in yield and chemical compounds present in *A. gratissima* EO depending on the plant parts used and the different collecting sites. For this purpose, a two-step methodological approach was used. First, a systematic review was performed, followed by a field survey. The review was carried out on the articles published in the last 10 years on *A. gratissima* EO, its chemical compounds, and its biological activity. The field study was carried out using vegetative material of *A. gratissima* collected from two different geographical locations in the municipality of Sant'Ana do Livramento – RS, and then the EO was extracted. In addition to recording the yield, gas chromatography coupled with mass spectrometry was used to identify the chemical composition of the extracted EO. With these results, the chemical differences between the samples were evaluated and the debate on innovation based on the use of local biodiversity was encouraged.

Keywords: Pampa Biome. Extraction. Garupá. Diversity. Performance.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I.

Figura 1 - Fluxograma para seleção dos artigos utilizados na revisão sobre <i>A. gratissima</i>	21
Figura 2 - Dendrograma de análise hierárquica dos segmentos de texto.	21
Figura 3 - Compostos identificados nos OE de <i>A. gratissima</i> nos trabalhos analisados.	25
Figura 4- Compostos identificados no óleo essencial de <i>A. gratissima</i> registrados em mais de um estudo.	25
Figura 5 - Efeitos biológicos encontrados em óleos essenciais de <i>Aloysia gratissima</i> de acordo com o número de estudos realizados	28

CAPÍTULO II.

Figura 1 – Dados de rendimento do OE extraído	43
Figura 2 - Dendrograma dos compostos identificados nas amostras do material vegetativo nos dois locais de coleta.	45
Figura 3 - Frequência dos compostos β -Cariofileno, Epatulenol e Germacreno D presente nas amostras analisadas.	46
Figura 4 - Cromatogramas das amostras de cada parte da planta utilizada nos dois locais de estudos.	49

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I.

Tabela 1 – Compostos encontrados em OE de *A. gratissima*.....23

CAPÍTULO II.

Tabela 2 - Análise de variância para o rendimento dos fatores material vegetativo e local42

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL E OBJETIVOS	12
INTRODUÇÃO	12
OBJETIVOS	13
Objetivo geral.....	13
Objetivos específicos	13
REFERENCIAS	14
CAPÍTULO I. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
Composição do óleo essencial e atividades biológicas de <i>Aloysia gratissima</i> (Gillies & Hook.) Tronc. (Verbenaceae): uma revisão sistemática.....	16
Resumo	16
1. Introdução	18
2. Materiais e métodos	19
3. Resultados e discussão	20
3.1. Composição química da <i>A. gratissima</i>	26
3.2. Rendimento dos óleos essenciais	27
3.3. Atividades biológicas	27
4. Conclusões	30
Referências	31
CAPÍTULO II. ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Aloysia gratissima</i> (GILLIES & HOOK) TRONC. COLETADA NO VERÃO EM DOIS SÍTIOS GEOMORFOLÓGICOS DISTINTOS	36
Resumo	36
1. Introdução	38
2. Materiais e métodos	40
2.1 Coleta, seleção do material vegetativo e preparação das amostras	40
2.2 Obtenção dos óleos essenciais.....	40
2.3 Análise da composição química dos óleos essenciais	41
3. Resultados e discussão	42
3.1 Rendimento dos óleos essenciais de <i>a. Gratissima</i>	42
3.2 Identificação dos compostos químicos de <i>a. Gratissima</i>	44
4. Conclusões	50
Referências	52

INTRODUÇÃO GERAL E OBJETIVOS

INTRODUÇÃO

Os óleos essenciais (OE) são compostos voláteis derivados de plantas que consistem de uma mistura de componentes complexos e voláteis, como os monoterpenos, sesquiterpenos e dos fenilpropanóides, que são responsáveis pelas características desejáveis dos óleos essenciais, como o aroma (PAZ et al., 2021). São utilizados desde o início da história da humanidade para saborear comidas e bebidas; disfarçar odores desagradáveis; e controlar problemas sanitários, influenciando o bem-estar dos seres humanos e animais (FRANZ, 2010).

Os OE podem ser extraídos de diversas partes da planta, como folhas, flores, galhos, sementes, etc. A utilização dos OE apresenta-se de maneira multidisciplinar devido à grande variedade de ações biológicas, bem como por sua aplicabilidade em diferentes linhas de produção e valor terapêutico e popular (MACHADO; FERNANDES JUNIOR, 2011).

Entre as plantas que podem ser encontradas na América do Sul que podem ser utilizadas para a realização de extração de OE estão as plantas do gênero *Aloysia* (Verbenaceae), que possui cerca de 30 espécies, distribuídas nas Américas, indo dos Estados Unidos até a Patagônia (SANTOS, 2007). E, entre os representantes desse gênero, uma das espécies aromáticas com grande potencial de utilização do seu OE é a *Aloysia gratissima* (GILLIES & HOOK.) Tronc.

Esta espécie botânica ocorre em várias regiões da América do Sul, como Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai e, apresenta uma grande variedade de nomes populares, como alfazema-do-brasil, erva-de-nossa-senhora, erva-santa e garupá (SANTOS, 2018). O OE das partes aéreas de *A. gratissima* tem sido investigado e demonstrou alta variabilidade química em sua composição, bem como importantes bioatividades (FRANCO et al., 2007; SANTOS et al., 2013; SANTOS et al., 2015; SOLER et al., 1986; TROVATI et al., 2009). Os OE podem proporcionar efeitos biológicos, como anestésico, antibiótico, anti-inflamatório, ação antibacteriana e virrúcida (BENOVIT et al., 2015; GARCIA et al., 2018; SANTOS et al., 2021a, 2021b).

A composição química dos OE pode variar em decorrência do ambiente no qual a planta se encontra, podendo ocorrer um redirecionamento em sua rota metabólica, ocasionando a biossíntese de diferentes compostos (DE MORAIS, 2009). Os constituintes químicos os OE da *A. gratissima* são influenciados por condições climáticas e geográficas,

podendo alterar seu potencial de uso como produto natural. Com isso, os seus constituintes podem sofrer diferenças em quantidade e potencialidade dependendo da região e época de colheita (SANTOS et al., 2013). A variabilidade da composição do OE assim como o seu rendimento também pode depender da parte da planta utilizada.

A dissertação está organizada em dois capítulos. No primeiro há uma revisão sistemática em que estão retratadas pesquisas realizadas nos últimos 10 anos sobre os OE de *A. gratissima*, sua composição química e seus potenciais biológicos identificados. No segundo capítulo está descrito o trabalho de coleta, extração e análise da composição química e rendimento dos OE da *A. gratissima* coletados em dois sítios geográficos distintos.

OBJETIVOS

Objetivo geral

Diante do fato de que há uma grande diversidade na composição química dos OE da *A. gratissima*, surgiu a necessidade de identificar a diferença de rendimento e compostos presentes nos óleos essenciais de diferentes partes vegetativas desta espécie botânica coletadas no verão em locais com distintos tipos de solo.

Objetivos específicos

- Avaliar o rendimento dos OE de *A. gratissima* extraídos a partir de três diferentes partes das plantas provenientes de populações naturais coletadas no verão em dois locais geomorfologicamente distintos;
- Analisar a composição química dos OE de *A. gratissima* extraídos a partir de três diferentes partes das plantas provenientes de populações naturais coletadas no verão em dois locais geomorfologicamente distintos.

REFERENCIAS

- BENOVIT, S. C.; SILVA, L. L.; SALBEGO, J.; LORO, V. L., MALLMANN, C. A.; BALDISSEROTTO, B.; FLORES, E. M.M; HEINZMANN, B. M. Anesthetic activity and bioguided fractionation of the essential oil of *Aloysia Gratissima* (Gillies & Hook.) Tronc. in silver catfish *Rhamdia quelen*. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 87, n. 3, p. 1675–1689, 1 jan. 2015.
- DE MORAIS, L. A. S. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 2, p. 4050–4063, ago. 2009.
- FRANCO, A. L. P.; OLIVEIRA, T. B.; FERRI, P. H.; BARA, M. T. F.; DE PAULA, J. R. Avaliação da composição química e atividade antibacteriana dos óleos essenciais de *Aloysia gratissima* (Gillies & Hook) Tronc. (alfazema), *Ocimum gratissimum* L. (alfavaca-cravo) e *Curcuma longa* L. (açafraão). **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. IV, n. 2, p. 208–220, 2007. <https://doi.org/10.5216/ref.v4i2.3063>.
- FRANZ, C. M. Plenary Lecture Essential oil research: past, present and future. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 25, p. 112–113, 9 fev. 2010.
- GARCIA, M. C. F.; SOARES, D. C.; SANTANA, R. C.; SARAIVA, E. M.; SIANI, A. C.; RAMOS, M. F. S.; DANELLI, M. D. G. M.; SOUTO-PADRON T. C.; PINTO-DA-SILVA, L. H. The in vitro antileishmanial activity of essential oil from *Aloysia gratissima* and guaiol, its major sesquiterpene against *Leishmania amazonensis*. **Parasitology**, v. 145, n. 9, p. 1219–1227, 2018. <https://doi.org/10.1017/S0031182017002335>.
- MACHADO, B. F. M. T.; FERNANDES JUNIOR, A. Óleos essenciais: aspectos gerais e usos em terapias naturais. n. 2, p. 105–127, 2011.
- PAZ, A. B. DE S. B.; FRANÇA, H. M. L.; BRITO, N. C.; SANTANA, T. A. F.; OLIVEIRA, A. Z. O uso do óleo essencial de melaleuca no tratamento da acne. **Revista Brasileira Interdisciplinar de Saúde**, v. 3, n. 1, p. 7–11, 2021.
- SANTOS, A. M. **Estudo da composição química do óleo essencial de *Aloysia gratissima* (Verbenaceae) em função da sazonalidade e seu potencial anticolinesterásico**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Química da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia—Jequié - Ba: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 12 nov. 2018.
- SANTOS, F. M. DOS. **Aspectos ecofisiológicos de *Aloysia gratissima* (gillies et hook) troncoso [verbenaceae] associados à composição do óleo essencial e sua ação antimicrobiana**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Lavras – Lavras - MG: Universidade Federal de Lavras, 5 dez. 2007.
- SANTOS, E.L.; FREITAS, P. R.; ARAÚJO, A. C. J; ALMEIDA, R. S.; TINTINO, S. R.; PAULO, C. L. R.; SILVA, A. C. A.; SILVA, L. E.; AMARAL, W.; DESCHAMPS, C.; JUNIOR, J. P. S.; FILHO, J. M. B.; DE SOUSA, G. R.; RIBEIRO-FILHO, J.; COUTINHO, H. D.M. 2021a. Enhanced antibacterial effect of antibiotics by the essential oil of *Aloysia gratissima* (Gillies & Hook.) Tronc. and its major constituent beta-caryophyllene. *Phytomedicine Plus*, v. 1, (4). <https://doi.org/10.1016/j.phyplu.2021.100100>.

SANTOS, E.L.; FREITAS, P. R.; ARAÚJO, A. C. J; ALMEIDA, R. S.; TINTINO, S. R.; PAULO, C. L. R.; RIBEIRO-FILHO, J.; SILVA, A. C. A.; SILVA, L. E.; AMARAL, W.; DESCHAMPS, C.; JUNIOR, J. P. S.; FILHO, J. M. B.; DE SOUSA, G. R.; COUTINHO, H. D.M. 2021b. Phytochemical characterization and antibiotic potentiating effects of the essential oil of *Aloysia gratissima* (Gillies & Hook.) and beta-caryophyllene. *South African Journal of Botany*, v. 143, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.07.046>.

SANTOS, F. M. et al. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil from the leaves and flowers of *Aloysia gratissima*. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 15, p. 583–588, 2013.

SANTOS, T. G.; LAEMMLE J.; REBELO, R. A.; DALMARCO, E. M.; CRUZ, A. B.; SCHMIT, A. P.; CRUZ, R. C. B.; ZENI, A. L. B. Chemical composition and antimicrobial activity of *Aloysia gratissima* (Verbenaceae) leaf essential oil. **Journal of Essential Oil Research**, v. 27, n. 2, p. 125–130, 4 mar. 2015.

SOLER, E.; DELLACASSA. EDUARDO; MONYA, P. Composition of *Aloysia gratissima* leaf essential oil. **Phytochemistry**, v. 25, n. 6, p. 1343–1345, 1986.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, RS: [s.n.]. v. 3

TROVATI, G.; CHIERICE, G. O.; SANCHES, E. A.; GALHIANE, M. S. Essential oil composition of *Aloysia gratissima* from Brazil. **Journal of Essential Oil Research**, v. 21, n. 4, p. 325–326, 2009.

CAPÍTULO I.

Composição do óleo essencial e atividades biológicas de *Aloysia gratissima* (Gillies & Hook.) Tronc. (Verbenaceae): uma revisão sistemática

Laura Montero de Avila¹; Carla Adriana Dias Trevisan²; Antonio Batista Pereira³.

¹ lauraavila.aluno@unipampa.edu.br

² adriana-trevisan@uergs.edu.br

³ antoniopereira@unipampa.edu.br

Aceito em: 26/09/2023 – Revista Brasileira de Ciências Ambientais ISSN 2176-9478

✕ Fechar | Anterior Próximo
🔍

[RBCIAMB] Decisão editorial

Prezados Autores Laura Montero de Avila, Adriana Carla Dias Trevisan, Antônio Batista Pereira,

Seu artigo "A natureza química e potencial biológico dos óleos essenciais de *Aloysia gratissima* (Gillies & Hook.) Tronc. (Verbenaceae): uma revisão sobre metabólitos e suas ações biológicas." após avaliação foi **ACEITO** para publicação na Revista Brasileira de Ciências Ambientais (RBCIAMB), com vinculação e coordenação da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES.

Ficamos no aguardo da versão final (em anexo) traduzida para o inglês até o dia **15/10/2023** para darmos andamento ao processo de edição.

obs.: traduzir as figuras e enviar em arquivo separado, jpg, ou png, com resolução mínima de 300 dpi e 2000 pixel de largura.

Parabenzamos os autores do artigo, colocando-nos sempre à disposição para receber e publicar novas contribuições.

Cordialmente,

Equipe Editorial

Revista Brasileira de Ciências Ambientais

Brazilian Journal of Environmental Sciences

Resumo

Os óleos essenciais (OE) são metabólitos secundários armazenados em diferentes órgãos de plantas aromáticas. Dentre as plantas encontradas no Bioma Pampa com potencial para extração de OE, destaca-se a *Aloysia gratissima*, o garupá. O uso sustentável de plantas nativas é uma estratégia de conservação da biodiversidade. Assim, ao conectar as pesquisas e a estratégica necessidade de valorização da sociobiodiversidade na América do Sul, essa revisão busca analisar sistematicamente estudos científicos sobre os efeitos biológicos, rendimento e composição química do OE do garupá. A revisão incluiu artigos publicados entre 2012 e 2022 a partir dos seguintes critérios de inclusão: a) nos idiomas inglês,

espanhol ou português, b) relacionado a óleos essenciais, c) sobre compostos químicos e atividade biológica. Dentre 99 artigos obtidos, 13 fizeram parte da análise a partir da construção do corpus textual. Com isso, foram realizadas as análises de similitude e hierárquica descendente com o uso do Iramuteq. Os 13 artigos apresentavam dados sobre a composição dos óleos de *A. gratissima* e destes, 10 avaliaram as propriedades biológicas e 8 apresentaram dados de rendimento. Assim, o rendimento variou 0,25 a 1,14% e os principais compostos encontrados nos estudos foram: 1,8-cineol, β -pineno, guaiol, sabineno, β -cariofileno, α -Pineno, biciclogermacreno, espatulenol, trans-pinocanfona e acetato de trans-pinocarveol. Ainda, os resultados demonstram que os OE possuem potencial de uso para insumos em fitomedicamentos e bioinsumos agropecuários, uma vez que possuem atividades antifúngica, antibacteriana, analgésica e repelente.

Palavras chaves: efeitos biológicos; composição química; plantas nativas; produtos naturais; Bioma Pampa.

Essential oil composition and biological activities of *Aloysia gratissima* (Gillies & Hook.) Tronc. (Verbenaceae): a systematic review

Abstract

Essential oils (EO) are secondary metabolites stored in various organs of aromatic plants. Among the plants found in the Pampa Biome with potential for EO extraction, *Aloysia gratissima*, the garupá, stands out. The sustainable use of native plants is a strategy for conserving biodiversity. Therefore, linking research and the strategic need to value socio-biodiversity in South America, this review aims to systematically analyze scientific studies on the biological effects, yield and chemical composition of Garupá OE. The review included articles published between 2012 and 2022 based on the following inclusion criteria: a) in English, Spanish, or Portuguese, b) related to essential oils, and c) on chemical compounds and biological activity. Of the 99 articles obtained, 13 were included in the analysis based on the construction of the textual corpus. Similarity and descending hierarchical analyses were carried out using Iramuteq. The 13 articles presented data on the composition of *A. gratissima* oils, of which 10 evaluated the biological properties and 8 presented yield data. Thus, the yield varied from 0.25 to 1.14% and the main compounds found in the studies were: 1,8-cineole, β -pinene, guaiol, sabinene, β -caryophyllene, α -Pinene, biciclogermacrene,

spathulenol, trans-pinocampone and trans-pinocarveol acetate. Furthermore, the results show that EO have the potential to be used as phytomedicines and agricultural bio-inputs due to their antifungal, antibacterial, analgesic, and repellent activities.

Keywords: biological effects; chemical composition; native plants; natural products; Pampa Biome.

1. Introdução

O Brasil é um dos países com maiores perspectivas para a delimitação de estratégias de conservação pelo uso da sua megabiodiversidade. Este fato é devido às suas apropriadas condições climáticas, edáficas e de disponibilidade hídrica aliadas aos saberes da sociobiodiversidade (Zuanazzi and Mayorga, 2010; IPBES, 2019). No entanto, esta realidade tem sido fortemente ameaçada em função da falta de políticas e valorização do seu patrimônio natural e cultural (Fernandes et al., 2017). Nesta realidade, o Bioma Pampa, localizado ao sul da América do Sul, com 193 mil km² sob o domínio brasileiro, exclusivo ao estado do Rio Grande do Sul, é atualmente o segundo bioma mais ameaçado do Brasil, especialmente devido a sua característica de predominância de ecossistemas abertos (Menezes et al., 2022; Mapbiomas 2022; Hasenack et al., 2023).

De acordo com Andrade et al. (2023), nos domínios do Pampa são conhecidas mais de 3.642 espécies, pertencentes a 191 famílias e 1108 gêneros. É um bioma com enorme biodiversidade e distintas paisagens, com flora e fauna endêmicas além de compor um valioso mosaico genético, porém pouco reconhecido no Brasil (König et al., 2014). Este patrimônio tem sido fortemente ameaçado e as dinâmicas ecológicas têm conduzido as comunidades florísticas com dominância de espécies pioneiras e exóticas invasoras (Torchelsen et al., 2020).

No escopo desta diversidade de plantas nativas, o uso de plantas medicinais por comunidades locais para fins de tratamento e prevenção de enfermidades, é considerado uma das mais antigas formas de prática medicinal na humanidade, tornando-se o primeiro recurso terapêutico utilizado por povos primitivos (Tomazzoni et al. 2006). Para além dos usos típicos da sociobiodiversidade, como plantas medicinais e aromáticas, atualmente ocorre uma grande busca pelo consumo e uso de produtos oriundos de fontes naturais e, um dos produtos emergentes são os óleos essenciais (OE), devido à grande presença de compostos bioativos que lhe conferem ação farmacológica (Da Silva et al., 2017). Os OE são produzidos por mais

de 17.500 plantas aromáticas e estão armazenados em diversos órgãos da planta, como nas flores, folhas, cortex, raízes, rizomas, frutas e sementes. São metabólitos secundários com forte aroma constituídos por um sistema de multicomponentes, principalmente de terpenos e hidrocarbonetos voláteis (Baptista-Silva et al., 2020).

Dentre as plantas encontradas no Bioma Pampa com potencial para extração de OE, destaca-se os representantes do gênero *Aloysia* (Verbenaceae), originário da América do Sul, contendo 34 espécies catalogadas, das quais 12 podem ser encontradas no Brasil (Benovit et al., 2015). Dentre as espécies deste gênero que ocorrem na região do Pampa e é típica da sociobiodiversidade, destaca-se a *A. gratissima*, espécie aromática e medicinal, conhecida popularmente como alfazema do Brasil, erva-santa e garupá (O’Leary and Moroni, 2020). De ampla distribuição na América do Norte, a *A. gratissima* é encontrada no sul dos Estados Unidos e no Norte e centro do México e na América do Sul, Bolívia, Paraguai, sul do Brasil, Uruguai, norte e centro da Argentina e centro do Chile (Risso et al., 2021).

É uma planta perene, arbustiva, que pode alcançar até três metros de altura e possui crescimento desordenado, possui flores de coloração branca, dispostas em cachos ao longo dos ramos, muito perfumadas (Franco et al., 2007). Suas folhas são simples, com disposição opostas, podendo apresentar bordas lisas até a metade inferior da folha, seguindo serrilhada da metade até o ápice (Garlet, 2019). Possui um formato lanceolado, podendo apresentar textura subcoriácea ou até macia, coloração verde escura ventral e acinzentada dorsalmente. Seu caule comumente é fino e longo, possui aspecto áspero, de coloração acinzentada ou verde oliva, até mesmo seus brotos são herbáceos e resistentes (Schreiner, 2019).

Estudos recentes com OE de *A. gratissima* identificaram potencial efeito antibiótico, anti-inflamatório, antibacteriano, antifúngico, antidepressivo e anestésico (Santos et al., 2021a; Santos et al., 2021b; Paulo et al., 2021; Santos et al., 2015; Galvez et al., 2018; Benovit et al., 2015). Apesar do interesse de pesquisadores na espécie, as plantas nativas têm sido negligenciadas no âmbito de políticas de incentivo e em processos de inovação. Desta forma, considerando a importância do uso popular de plantas nativas, o interesse em pesquisas sobre o garupá e a necessidade de estratégias de promoção de uso da sociobiodiversidade na América do Sul, esta revisão busca analisar sistematicamente estudos científicos sobre os efeitos biológicos e composição química de OE de *A. gratissima*.

2. Materiais e métodos

O presente trabalho de revisão utilizou as diretrizes da declaração PRISMA (Urrútia and Bonfill et al., 2010). A pesquisa foi realizada no período de 2021 e 2022 e incluiu a busca de artigos científicos publicados nos últimos 10 anos a partir dos seguintes buscadores: *A. gratissima*, *A. gratissima* AND essential oil e *A. gratissima* AND chemical compounds bem como, trocando *A. gratissima* nos algoritmos de busca pelas sinonímias *Lippia gratissima* e *Verbena gratissima*. Os artigos foram selecionados segundo os seguintes critérios de inclusão: (i) artigos originais publicados em inglês, espanhol ou português, (ii) trabalhos sobre OE essenciais, (iii) artigos sobre compostos químicos e atividade biológica. As bases de dados utilizadas foram: eduCapes, SciELO, Research Gate e Science Direct. Foram excluídos os trabalhos repetidos, aqueles de revisão bibliográfica e os que não dissertam sobre os compostos presentes na *A. gratissima* nem sobre o OE. Os dados foram organizados em planilhas no Excel com as seguintes informações: (i) dados do artigo (autores, ano de publicação); (ii) composição química dos óleos; (iii) atividades biológicas identificadas.

Após a seleção dos artigos, os resumos de todos eles foram estudados e foram organizados em em um corpo textual, denominado *corpus*, e a análise se deu pelo software estatístico Iramuteq (versão 0.7 alpha 2). O conteúdo textual do corpus foi submetido a análise hierárquica descendente, que visa obter as semelhanças e diferenças entre os vocábulos utilizados nos discursos dos pesquisadores e classificá-los em classes e a análise de similitude a qual verifica a ligação entre os discursos, ou seja, conceitos, escopo metodológico e resultados.

3. Resultados e discussão

Foram encontrados 99 artigos publicados entre 2011 e 2022 sendo que 10 foram na base de dados Research Gate artigos, 21 na eduCapes, 10 SciELO e 58 no Science Direct. Foram eliminados 13 trabalhos repetidos entre as plataformas de busca. Após avaliação de conteúdo dos artigos foram excluídos 73 artigos por não cumprir os critérios de inclusão que haviam sido determinados e se enquadrarem nos critérios de exclusão. Assim, em base no exposto nos protocolos de busca foram incluídos 13 trabalhos para a realização desta revisão. O fluxograma apresentado (Figura 1) mostra o escopo metodológico utilizado neste trabalho de revisão sistemática onde, entre parênteses, é apresentado o número de artigos selecionados em cada etapa.

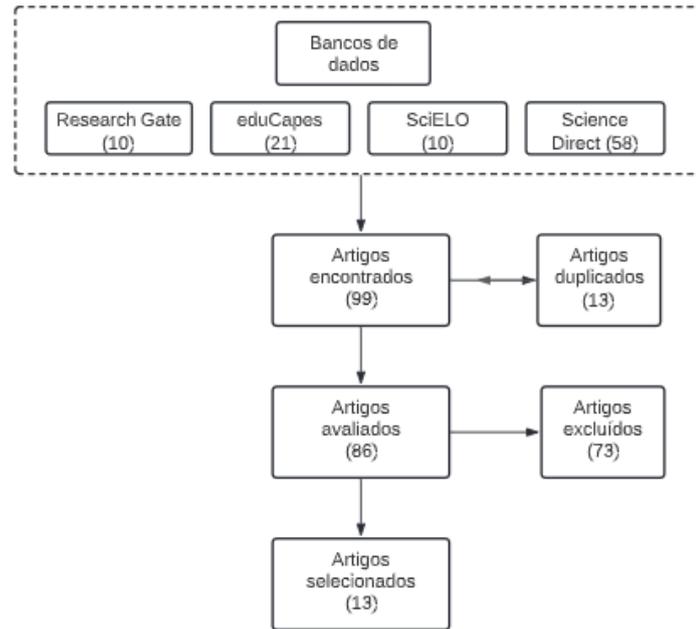


Figura 1 - Fluxograma para seleção dos artigos utilizados na revisão sobre *A. gratissima*

Dentre os trabalhos avaliados, 13 possuem dados primários sobre a composição dos óleos extraídos de partes aéreas da *A. gratissima*, e 10 de suas propriedades biológicas. Dentro deste escopo qualitativo de análise textual, a análise de classificação hierárquica a qual apresenta a relação de semelhança e divergência dos segmentos de texto analisados no corpus textual, identificou 7 classes no perfil da análise (Figura 2).

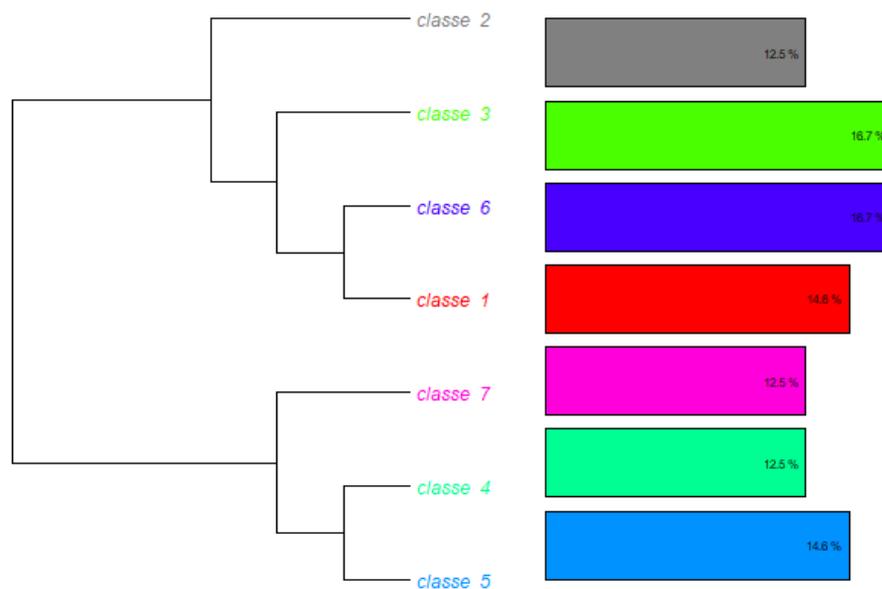


Figura 2 - Dendrograma de análise hierárquica dos segmentos de texto.

A partir da figura apresentada acima é possível observar dois grupos que interagem mais fortemente entre si. O primeiro grupo envolve os estudos relativos sobre análise química e atividade biológica e o segundo grupo, que, além de oferecer dados sobre química e/ou atividade biológica dos OE, ainda dá ênfase ao discurso da importância do uso dos produtos naturais a partir de espécies nativas em diversos setores da economia. Paul and Sharma (2006), afirmaram que alguns princípios ativos que podem ser encontrados em extratos de algumas plantas podem exercer efeito tóxico sobre patógenos que às atacam. Silva et al. (2023), relatam que o uso dos OE causam efeitos de ação tóxica à fitopatógenos, com positiva atividade antibacteriana e antifúngica capaz de inibir o crescimento de bactérias e fungos respectivamente, ou mesmo reduzir sua resistência. Por exemplo, o 1,8-cineol é um monoterpene conhecido pela atividade antimicrobiana e capacidade de inibir microorganismos como *Staphylococcus aureus* Rosenbach_ (Gachkar et al. 2007). Da Silva et al. (2014), conseguiram mostrar que produtos naturais derivados de OEs podem ser mais eficazes do que um fungicida comercial para o controle de doenças, como por exemplo *Oidium eucalypti* Rostr. O uso de produtos naturais em substituição gradual ao uso de fungicidas sintéticos é um tema atual de interesse nas áreas de controle alternativo, medicina e agricultura orgânica (Pansera et al., 2021). Esses produtos naturais, especialmente de óleos essenciais provenientes de espécies nativas, podem ser um vetor de inovação em territórios pressionados pelo agronegócio (Elguy et al., 2021).

O óleo volátil de *A. gratissima* é caracterizado por ter uma composição diversificada derivada principalmente de dois grupos de compostos, os terpenóides (monoterpenos e sesquiterpenos) e fenilpropanóides (Calsamiglia et al., 2007). Esses compostos são provenientes de uma ampla quantidade de precursores do metabolismo primário e sintetizados por diferentes vias metabólicas, conferindo assim um espectro variado de atividade biológica (Khan et al., 2011).

O método de extração do OE de todos os 13 trabalhos avaliados na Tabela 1 foi por hidrodestilação sendo que deste total 12 estudos utilizaram um extrator de bancada de laboratório, denominado cleveger, e um apresentou em sua metodologia a utilização de um extrator de escala industrial (Elguy et al., 2021). Quanto à identificação dos compostos presentes nos OE, a cromatografia gasosa (CG) acoplada à espectrometria de massa (MS) foi a metodologia empregada em todos os estudos. São apresentados os 29 compostos descritos nos trabalhos analisados (Tabela 1).

Tabela 1 – Compostos encontrados em OE de *A. gratissima*

Compostos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Parte da Planta*	N	Local estudo
1,8-cineol					x	x	x	x					x	FO, RA	5	RS, SC, RJ (BR), (ARG)
Guaiol	x	x	x	x				x						FO, FL, RA	5	MG, SP, RS, RJ (BR)
β -pineno		x	x			x		x	x					FO, FL, RA	5	MG, SP, SC, PR (BR)
Sabineno					x		x				x		x	FO, RA	4	RS (BR), (ARG)
Biciclogermacreno					x	x		x	x					FO, FL, RA	4	RS, SC, PR (BR)
α -Pineno								x	x			x	x	FO, FL, RA	4	SC, PR (BR)
β -cariofileno	x					x		x	x					FO, FL, RA	4	SC, PR (BR), (BO),
Acetato de <i>trans</i> -Pinocarveol		x	x	x										FO, FL	3	MG, SP (BR)
Germacreno B	x				x									FO, FL	3	MG, RS (BR)
Germacreno-D						x						x		FO, RA	2	SC (BR)
Espatulanol												x	x	FO, RA	2	RS (BR), (ARG)
<i>Trans</i> -pinocanfone	x	x												FO, FL	2	MG (BR)
(E)-nerolidol								x	x					FO, FL, RA	2	SC, PR (BR)
E-pinocanfone				x										FO	1	SP (BR)
Acetato de E-pinocanfone			x											FO	1	MG (BR)
3-careno											x			FO, RA	1	RS (BR)
Pineno											x			FO, RA	1	RS (BR)
γ -terpineno											x			FO, RA	1	RS (BR)
Limoneno											x			FO, RA	1	RS (BR)
Nerolidol												x		FO, RA	1	RS (BR)
β -tujona							x							FO	1	(ARG)
α -tujona							x							FO	1	(ARG)
6 α -Hidroxi-germacra-1	x													FO	1	(BO)
Cubenol	x													FO	1	(BO)
δ -Cadinene	x													FO	1	(BO)
Germacrene	x													FO	1	(BO)

D-4-ol				
Myrcene	x	FO	1	MG (BR)
α -cariofileno	x	FO	1	SP (BR)
Verbenol		x	FO	1 (ARG)

Arze et al. (2013)¹; Santos et al. (2013)²; Da Silva et al. (2014)³; Bersan et al. (2014)⁴; Benovit et al. (2015)⁵; Santos et al. (2015)⁶; Galvez et al. (2018)⁷; Garcia et al. (2018)⁸; Santos et al. (2021a)⁹; Santos et al. (2021b)¹⁰; Elguy et al. (2021)¹¹; Pansera et al. (2021)¹²; Rizzo et al. (2022)¹³. *FO=folha, FL=flor, RA=ramo. BR=Brasil, ARG=Argentina, BO=Bolívia

Fonte: Autores, 2023

Dentre os 29 compostos apresentados acima (Tabela 1), apenas 24 deles apresentaram dados quantitativos registrados nos trabalhos avaliados. Assim, nesta perspectiva de análise quantitativa destacam-se que os 10 compostos encontrados em maior concentração percentual foram: 1) β -tujona (36,1%), 2) α -tujona (32,2%), 3) 6 α -Hidroxigermacra-1 (16,3%), 4) Espatulenol (16,23%), 5) E-pinocanfone (16,07%), 6) 1,8-cineol (14,82%), 7) *trans*-pinocanfone (14,12%), 8) β -cariofileno (13,88%), 9) Acetato de *trans*-Pinocarveol (13,27%) e 10) β -pineno (12,93%). Contudo, salienta-se que os cinco primeiros compostos destacados acima, somente foram identificados em um dos estudos avaliados, o sexto composto foi identificado em cinco estudos e os quatro últimos compostos foram registrados em dois, quatro, dois e cinco estudos, respectivamente. Destaca-se que β -tujona e α -tujona são os compostos que se destacam, pois apresentaram picos de concentração bem superior ao maior pico do composto registrado em mais de um estudo. Ressalta-se que ambos os compostos foram identificados em trabalho realizado na Argentina. No referido estudo não foram registrados dados de horário e época de colheita das partes utilizadas da *A. gratissima* para a obtenção desses óleos. Desse modo, acredita-se que estes podem ser os fatores que influenciaram na sua composição.

Nesse sentido, ao avaliar os 24 compostos identificados nesta revisão, é registrada (Figura 3) a distribuição de concentração entre os compostos identificados nos trabalhos avaliados.

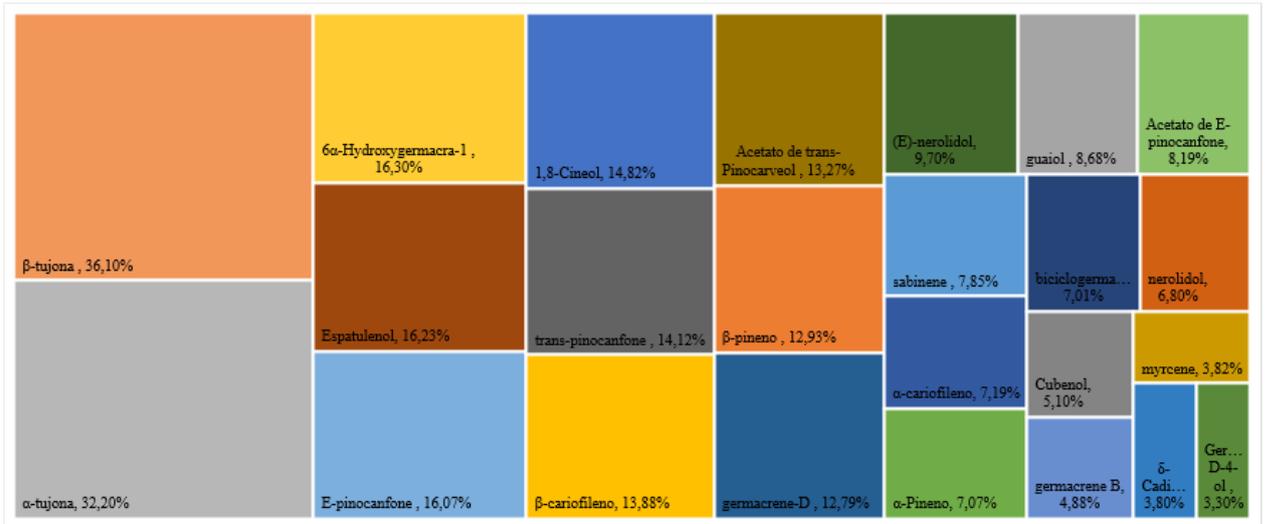


Figura 3 - Compostos identificados nos OE de *A. gratissima* nos trabalhos analisados.

Dentre os 24 compostos identificados, destacam-se compostos registrados em mais de um trabalho ao decorrer da revisão. Foram 17 compostos comuns entre os trabalhos avaliados e 12 com valores quantitativos, os quais a análise estatística descritiva relativa à concentração encontrada pode ser observada, abaixo (Figura 4). Assim, como podemos observar, o maior desvio padrão foi de β-pineno, com 8.2% e o menor com 0.4%, para o germacrene-D.

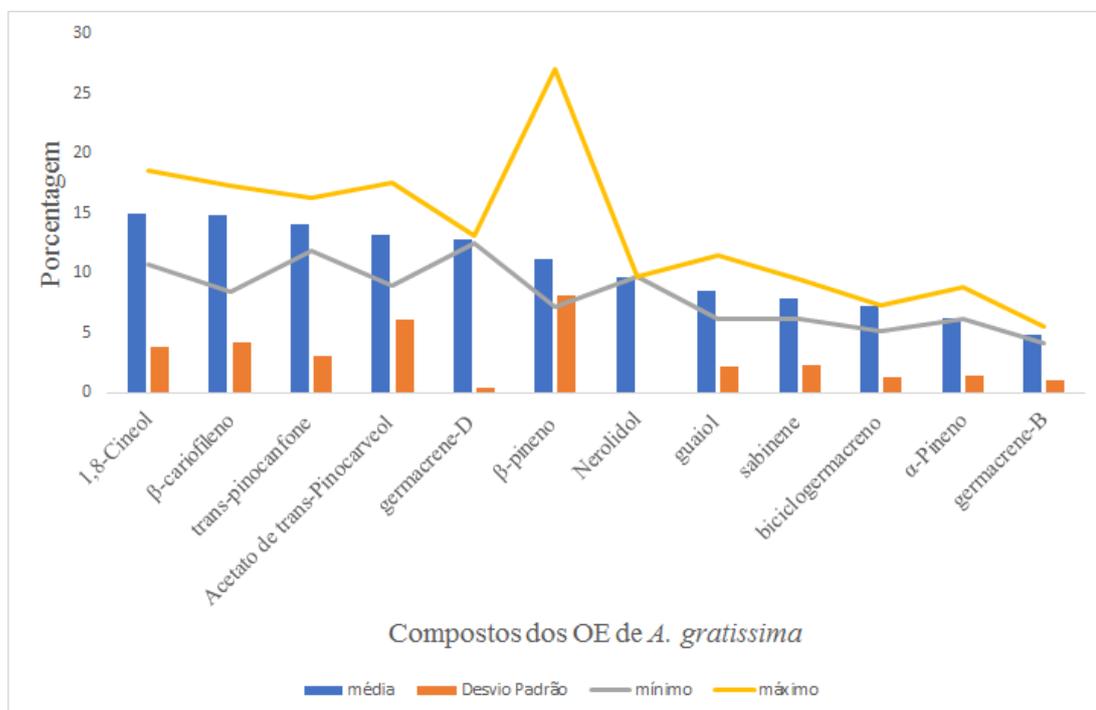


Figura 4- Compostos identificados no óleo essencial de *A. gratissima* registrados em mais de um estudo.

3.1. Composição química da *A. gratissima*

Ao realizar a extração do OE de *A. gratissima* com o clevenger, Benovit et al. (2015), identificaram a presença de quatro componentes majoritários, conforme é mostrado na Tabela 1. Porém, ao realizar o fracionamento do óleo foram identificados os compostos E-(-)-pinocamfone, (-)- óxido de cariofileno, (-)- guaiol e (+)- espatulenol. Elguy et al. 2021 realizaram a extração do óleo de *A. gratissima* com um extrator industrial de arraste a vapor, que resultou na identificação de 10 componentes majoritários, entre eles sete monoterpenos, representando 72,6% da composição; e três sesquiterpenos com um total de 24,3%. Os dois trabalhos citados acima foram realizados no estado do Rio Grande do Sul (Brasil).

Arze et al. (2013), coletaram *A. gratissima* na Província de Cochabamba de Mizque (Bolívia) e identificaram a presença de cinco compostos majoritários no OE, também apresentados na Tabela 1. Na província de San Luis (Argentina), Risso et al. (2022) identificaram a presença dos monoterpenos α -pineno, sabineno e verbenol, e dos sesquiterpenos 1,8 cineol, espatulenol, cubenol e β -cariofileno nos óleos.

Santos et al. (2013), realizaram a extração do OE das folhas e flores da *A. gratissima* por meio da hidrodestilação por Clevenger e análise por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa (GC/MS), em que os compostos majoritários derivados do OE das folhas de *A. gratissima* identificados foram três: acetato de trans-pinocarveol, trans-pinocanfone e guaiol, totalizando 45,4% dos compostos identificados. O mesmo estudo, destacou que nas flores, os compostos majoritários foram E-cariofileno, germacreno B e guaiol.

Ao realizar a extração do OE de garupá no outono, Risso et al. (2021) identificou a presença de monoterpenos e sesquiterpenos na composição do óleo, sendo que o composto majoritário de cada grupo foram 1,8 cineol e espatulenol, respectivamente. Pansera et al. (2021), ao realizar a coleta e extração do OE de *A. gratissima* no outono, identificaram a presença majoritária do sesquiterpeno espatulenol (16,23%), seguido por germacreno-D (12,48%).

Santos et al. (2015) realizaram as coleta e extração do OE de *A. gratissima* no verão em Santa Catarina e Paraná, no Brasil e identificaram que 50,6% dos compostos encontrados nos óleos eram monoterpenos e 43,1% sesquiterpenos, sendo que os majoritários foram germacreno-D (13,1%), β -cariofileno (12,4%), 1,8 cineol (12,4%). Santos et al. (2021a) também realizaram as coletas no Estado de Santa Catarina, só que diferente dos autores citados anteriormente, as coletas foram realizadas na primavera.

3.2. Rendimento dos óleos essenciais

Ao realizar a extração do OE das folhas (120g) e flores (60g) *A. gratissima*, Santos et al. (2013), identificaram que as flores apresentaram rendimento de OE (0,56 %) e as folhas (0,35 %). Arze et al. (2013), relataram que após realizar a extração via clewenger de 76 kg das folhas de *A. gratissima* obtiveram 110 mL de OE, representando 1,14 %. A partir de 100 g de folhas frescas de *A. gratissima*, Bersan et al. (2014), conseguiram obter 1,10 % em relação a massa de material utilizado. Benovit et al. 2015 extraíram o OE de *A. gratissima* das folhas e conseguiram cinco frações de óleo em que essas tiveram um rendimento que variou entre $1,94 \pm 0,03$ % (p/p). Garcia et al. (2018) obtiveram 0,52 % de rendimento de OE na extração de 1020 g de folhas e galhos de *A. gratissima*. Pansera et al. (2021) alcançaram 0,50 % v/m de óleo, ao realizar a extração de folhas e galhos da *A. gratissima*.

Elguy et al. (2021) realizaram a extração do OE de *A. gratissima* em duas épocas do ano diferentes, outono e primavera, sendo que no outono a extração foi realizada a partir das folhas da planta, em que 20 Kg de matéria fresca e obtiveram 0,25 % de rendimento. Na primavera, a extração foi realizada a partir das folhas e galhos da planta e, de 20 Kg de matéria fresca, obtiveram 0,75 % de rendimento. Já, Santos et al. (2021a) chegaram a um rendimento de 0,33% de OE, após realizar a extração via clewenger de 50g de matéria seca (flor, galho e folhas) da *A. gratissima*.

Percebe-se que não há um padrão de unidade de medida para mensuração do rendimento dos OE nos artigos avaliados, pois dentre os 8 trabalhos que relatam o rendimento de OE, 6 utilizam porcentagem extraída sobre o peso da massa utilizada, 1 utilizaram a porcentagem sobre peso sobre peso e 1 apresenta volume sobre massa. Dentre os 6 estudos que utilizaram a mesma unidade de medida, o valor máximo registrado foi de 1,14% e mínimo de 0,25%.

3.3. Atividades biológicas

Em relação às propriedades biológicas nos OEs extraídos da espécie, são mostrados os efeitos biológicos encontrados nos trabalhos (Figura 5), nestes foram identificadas propriedades com atividade anestésica (Benovit et al., 2015), virucida (Garcia et al., 2018), antifúngica (Santos et al., 2013; Da Silva et al., 2014; Santos et al., 2015; Galvez et al., 2018; Pansera et al., 2021), antibacteriano (Santos et al., 2013, Santos et al., 2015; Santos et al., 2021a), antibiótico (Santos et al., 2021b).

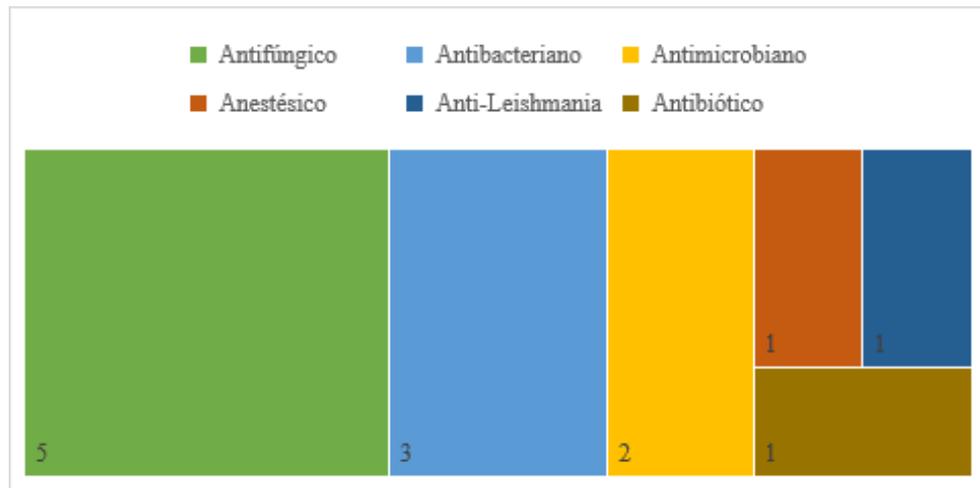


Figura 5 - Efeitos biológicos encontrados em óleos essenciais de *Aloysia gratissima* de acordo com o número de estudos realizados

Quanto à atividade antimicrobiana, nos estudos realizados com folhas, Bersan et al. (2014), avaliaram a atividade antimicrobiana do óleo de *A. gratissima* por meio de microdiluição contra o fungo *Candida albicans* (Robin) Berkhout (CBS 562) e as bactérias *Streptococcus sanguis* White & Niven (ATCC 10556), *Streptococcus mitis* Andrewes and Horder (ATCC 903), *Porphyromonas gingivalis* Straint ATCC 33277), e *Fusobacterium nucleatum* (ATCC 25586). Eles identificaram que o óleo de *A. gratissima* inibiu significativamente o crescimento do biofilme de *P. gingivalis*, *S. sanguis* e *S. mitis*. Santos et al. (2013) avaliaram a composição química do óleo das folhas e flores de *A. gratissima*, e também a sua atividade antimicrobiana contra as bactérias Gram-positivas *Bacillus subtilis* (Cohn 1872) (CCT 2576), *Staphylococcus aureus* Rosenbach (CCT 2740) e *Streptococcus pneumoniae* Chester (ATCC 11733), e bactérias Gram-negativas *Salmonella choleraesuis* Le Minor et al. (CCT 4296) e *Pseudomonas aeruginosa* Schroeter (ATCC 13388), e o fungo *C. albicans* (ATCC 10231). A atividade antimicrobiana variou de acordo com os microrganismos avaliados, assim, o OE das folhas da *A. gratissima* apresentou atividade contra *P. aeruginosa* (CIM 0,8 mg mL⁻¹) e *S. pneumoniae* (CIM 0,6 mg mL⁻¹) e o OE da inflorescência apresentou atividade contra *P. aeruginosa* (CIM 0,15 mg mL⁻¹), *S. pneumoniae* (CIM 0,025 mg mL⁻¹) e *C. albicans* (0,02 mg mL⁻¹). De acordo com os autores, a atividade do OE da flor foi mais eficaz do que da folha, e foi especialmente pronunciada contra a bactéria gram-negativa *P. aeruginosa*, bactéria gram-positiva *S. pneumoniae* e a levedura *C. albicans*.

Da Silva et al. (2014) avaliaram o efeito antifúngico do OE da folha de *A. gratissima* sobre *O. eucalypti*. Foi identificado que o óleo contém princípios ativos que são capazes de controlar a infecção na planta, e que a *A. gratissima* tem uma vantagem adicional de induzir resistência sistêmica em plantas de eucalipto. Dessa forma, pode-se identificar que o óleo foi eficaz no controle local do oídio em eucalipto mesmo nas menores concentrações (0,25 %) testadas, podendo ser utilizado para o auxílio no controle do fungo. Galvez et al. (2018) descreveram que o OE das folhas de *A. gratissima* apresentou atividade antifúngica moderada sobre as cepas de *Fusarium* sp (MIC = 0,6–1,2 mg/mL) e apresentou um efeito fraco sobre as cepas de *Aspergillus* sp, ou seja, foi inativo.

Pansera et al. (2021) avaliou a atividade antifúngica do óleo dos galhos e folhas de *A. gratissima* sobre os seguintes fungos patogênicos: *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl., *Fusarium oxysporum* Schlecht. emend. Snyder and Hansen, *Botrytis cinerea* (de Bary) Whetzel, *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary e *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. Após 14 dias de exposição a uma concentração de 0,10 % v/v óleo essencial, foi verificado que o percentual de inibição variou de 3,27 % a 33,87 %. Esse resultado mostrou que o OE de *A. gratissima* pode ser utilizado para auxiliar no controle dos fungos *A. alternata*, *F. oxysporum*, *B. cinerea*, *S. sclerotiorum* e *C. gloeosporioides*.

Sobre o efeito antiprotozoário de *A. gratissima*, Garcia et al. (2018) realizaram um estudo em que avaliaram a atuação do óleo das folhas e galhos de *A. gratissima* sobre o parasita *Leishmania amazonensis* Lainson & Shaw, causador da doença Leishmaniose, foram observadas alterações estruturais no cinetoplasto, membrana plasmática e matriz mitocondrial. Os autores correlacionaram essas alterações com a composição química do óleo, sendo o principal composto o guaiol. Também foi demonstrado que ocorreram inibições de 31 %, 44 % e 85 % do crescimento do parasita após 72h após-tratamento com 1, 10 e 100 $\mu\text{g mL}^{-1}$ de OE de *A. gratissima*, respectivamente, resultando em IC₅₀ em 48 h e 72 h para a exposição ao composto foram 25 e 14 $\mu\text{g mL}^{-1}$ respectivamente. O mesmo estudo, também investigou o efeito do óleo na carga de amastigotas intramacrófagos, protozoário vetor da doença Leishmaniose e foi encontrada uma redução de 85 % na carga intracelular de amastigotas com 2 $\mu\text{g mL}^{-1}$ de óleo de *A. gratissima*, semelhante à redução promovida por 1 $\mu\text{g mL}^{-1}$ de anfotericina B. Os dados dessa pesquisa estabeleceram pela primeira vez que o guaiol inibe a sobrevivência de amastigotas com IC₅₀ de 0,01 $\mu\text{g mL}^{-1}$ contra amastigotas, sugerindo que os efeitos do óleo de *A. gratissima* podem ser atribuídos à maior presença de guaiol na constituição do óleo, embora o efeito de outros semelhantes sesquiterpenos (por exemplo, bulnesol e germacrenos) não podem ser definitivamente excluídos. Os autores ainda

especulam que o guaiol pode ser metabolizado diretamente pelos parasitas, gerando produtos tóxicos, ou pelas células do hospedeiro, gerando metabólitos leishmanicidas.

Quanto à atividade antibiótica Santos et al., (2021b) investigaram o potencial do óleo essencial das folhas, galhos e flores de *A. gratissima* para potencializar a atividade de antibióticos convencionais contra cepas resistentes de *S. aureus*, *Escherichia coli* Migula e *P. aeruginosa*, causadores de graves infecções como, endocardite, infecções urinária e intestinal, respectivamente. Foi identificado que o OE de *A. gratissima* potencializou ($p < 0,0001$) a atividade da norfloxacin contra todas as cepas bacterianas analisadas no estudo. Porém, no decorrer do trabalho, pode-se identificar que o OE causou alterações significativas na atividade da gentamicina e da eritromicina contra as cepas bacterianas investigadas. Isso sugere que o OE de *A. gratissima* modula seletivamente a resistência sobre diferentes classes de antibióticos.

4. Conclusões

Ao concluir esta revisão, pode-se identificar que os OE de *A. gratissima* podem ser utilizados para auxiliar em uma ampla gama de tratamentos por possuir um promissor potencial como fonte de compostos que podem ser usados como anti-inflamatórios, antifúngicos, antibacterianos e/ou antibióticos.

Foi possível visualizar que houve uma grande variação entre os compostos encontrados nos óleos avaliados e que não houve uma característica que padronizasse os compostos identificados em maior concentração. Os compostos químicos identificados com maior frequência ao realizar a extração do garupá foram os terpenos, sendo 1,8-cineol, β -pineno, guaiol, sabineno, β -cariofileno, α -Pineno, biciclogermacreno, espatulenol, *trans*-pinocanfona e acetato de *trans*-pinocarveol os principais, porém nenhum deles foram encontrados em mais de 5 trabalhos.

Também é possível observar que o método de extração utilizado nos estudos não impacta significativamente na composição química dos extratos, porém o período e época de colheita pode influenciar. Alguns dos principais compostos identificados foram encontrados em apenas 1 trabalho e identificados em grandes concentrações e esse fato, pode ser em decorrência da época da coleta das plantas. Também pode-se visualizar que todos os trabalhos estudados foram realizados em países da América do Sul, tal fato se dá em decorrência de que a *A. gratissima* é uma espécie nativa e amplamente distribuída nesta região.

Por fim, pode-se concluir de que as pesquisas sobre as formas de utilização dos OE da *A. gratissima* ainda são insuficientes em relação a todo o seu potencial na área de fitomedicamentos e, para que haja uma melhor compreensão sobre o tema seria indispensável que ocorra vários estudos adicionais.

Referências

- Andrade, B. O; Dröse, W.; Aguiar, C. A; Aires, E. T; Alvares, D. J; Barbieri, R. L, et al. 2023. 12,500+ and counting: biodiversity of the Brazilian Pampa. *Frontiers of Biogeography*, v. 15, (3). <https://dx.doi.org/10.21425/F5FBG59288>
- Arze, J. B. L.; Collin, G.; Garneau, F. X.; Jean, F. I.; Gagnon, H. 2013. Essential Oils from Bolivia. XI. Verbenaceae: *Aloysia gratissima* (Gillies & Hook.) Tronc. and Boraginaceae: *Cordia chacoensis* Chodat. *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*, v. 16, (4), 545–550. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2013.831553>.
- Baptista-Silva, S.; Borges, S.; Ramos, O. L.; Pintado, M.; Sarmiento, B. 2020. The progress of essential oils as potential therapeutic agents: a review. *Journal of Essential Oil Research*, v.32, (4), 279-95. <https://doi.org/10.1080/10412905.2020.1746698>.
- Benovit, S. C.; Silva, L. L.; Salbego, J.; Loro, V. L., Mallmann, C. A.; Baldisserotto, B.; Flores, E. M.M; Heinzmann, B. M. 2015. Anesthetic activity and bioguided fractionation of the essential oil of *Aloysia Gratissima* (Gillies & Hook.) Tronc. in silver catfish *Rhamdia quelen*. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 87, (3), 1675-1689. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201520140223>.
- Bersan, S.M.; Galvão, L.C.; Goes, V.F.; Sartoratto, A.; Figueira, G.M.; Rehder, V.L.; Alencar, S.M.; Duarte, R.M.; Rosalen, P.L.; Duarte, M.C. 2014. Action of essential oils from Brazilian native and exotic medicinal species on oral biofilms. *BMC Complement Altern Medicine*, v. 14, (451). <https://doi.org/10.1186/1472-6882-14-451>.
- Calsamiglia, S.; Busquet, M.; Cardozo, P. W.; Castillejos, L.; Ferret, A. 2007. Invited review: essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation. *J Dairy Science*, v. 90, (6), 2580-2595. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-644>
- Da Silva, A. C.; de Souza, P. E.; de Resende, M. L. V.; da Silva, M. B.; Ribeiro, P. M.; Zeviani, W. M. 2014. Local and systemic control of powdery mildew in eucalyptus using essential oils and decoctions from traditional Brazilian medicinal plants. *Forest Pathology*, v. 44, (2), 145–153. <https://doi.org/10.1111/efp.12079>.
- Da Silva, C. B.; Silva, K. B. da; Oliveira, E. L. da S.; Soares, V. F.; Costa, J. G. da; Santos, A. F. dos; 2017. A importância da ação antioxidante de óleos essenciais em benefício da saúde. *Diversitas Journal*, v. 2, (1), 52–55. <https://doi.org/10.17648/diversitas-journal-v2i4.483>.
- Elguy, L. G. P.; Trevisan, A. C. D.; Coelho, M. P.; Oliveira, Y. E. d. C.; Madureira, L. A. d. S. 2021. Manejo de biomassa e compostos majoritários de óleos essenciais de espécies do

Bioma Pampa. Revista Fitos, v. 15, (3), 333-345. <https://doi.org/10.32712/2446-4775.2021.1065>.

Fernandes, G. W.; Vale, M. M.; Overbeck, G. E.; Bustamante, M. M. C.; Grelle, C. E.V.; Bergallo, H. G.; Magnusson, W. E.; Akama, A.; Alves, S. S.; Amorim, A.; Araújo, J.; Barros, C. F.; Bravo, F.; Carim, M. J. V.; Cerqueira, R.; Collevatti, R. G.; Colli, G. R.; da Cunha, C. N.; D'Andrea, P. S.; Dianese, J. C.; Diniz, S.; Estrela, P. C.; Fernandes, M. R.M.; Fontana, C. S.; Giacomini, L. L.; Gusmão, L. F. P.; Juncá, F. A.; Lins-e-Silva, A. C. B.; Lopes, C. R. A. S.; Lorini, M. L.; de Queiroz, L. P.; Malabarba, L. R.; Marimon, B. S.; Junior, B. H. M.; Marques, M. C. M.; Martinelli, B. M.; Martins, M. B.; Medeiros, H. F.; Menin, M.; de Moraes, P. B.; Muniz, F. H.; Neckel-Oliveira, S.; Oliveira, J. A.; Oliveira, R. P.; Penha, F. P. J.; Podgaiski, L. R.; Rodrigues, D. J.; Scariot, A.; Silveira, L. F.; Silveira, M.; Torres, W. M.; Vital, M. J. S.; Pillar, V. D. 2017. Dismantling Brazil's science threatens global biodiversity heritage. *Perspectives in Ecology and Conservation*, v. 15, (3), 239-243. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2017.07.004>.

Franco, A. L. P.; Oliveira, T. B.; Ferri, P. H.; Bara, M. T. F.; De Paula, J. R. 2007. Avaliação da composição química e atividade antibacteriana dos óleos essenciais de *Aloysia gratissima* (Gillies & Hook) Tronc. (alfazema), *Ocimum gratissimum* L. (alfavaca-cravo) e *Curcuma longa* L. (açafreão). *Revista Eletrônica de Farmácia*. v. 4, (2) <https://doi.org/10.5216/ref.v4i2.3063>.

Gachkar, L.; Yadegari, D.; Rezaei, M. B.; Taghizadeh, M.; Astaneh, S. A.; Rasooli I. 2007. Chemical and biological characteristics of *Cuminum cyminum* and *Rosmarinus officinalis* essential oils. *Food Chemistry*. v. 102, (3) 102:898-904. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.06.035>.

Galvez, C.E.; Jimenez, C.M.; Gomez, A.L.A.; Lizarraga, E.F.; Sampietro, D.A. 2018. Chemical composition and antifungal activity of essential oils from *Senecio nutans*, *Senecio viridis*, *Tagetes terniflora* and *Aloysia gratissima* against toxigenic *Aspergillus* and *Fusarium* species. *Natural Product Research*, v. 34, (10), 1442-1445. doi: <https://doi.org/10.1080/14786419.2018.1511555>.

Garcia, M. C. F.; Soares, D. C.; Santana, R. C.; Saraiva, E. M.; Siani, A. C.; Ramos, M. F. S.; Danelli, M. D. G. M.; Souto-Padron T. C.; Pinto-da-Silva, L. H. 2018. The in vitro antileishmanial activity of essential oil from *Aloysia gratissima* and guaiol, its major sesquiterpene against *Leishmania amazonensis*. *Parasitology*, v. 145, (9), 1219–1227. <https://doi.org/10.1017/S0031182017002335>.

Garlet, T. M. B. 2019. Plantas medicinais nativas de uso popular no Rio Grande do Sul [recurso eletrônico]. Santa Maria, RS: UFSM, PRE, 2019. 1 e-book: il. – (Série Extensão) ISBN 978-85-67104-45-4. (Accessed september, 21, 2023) at: <https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/346/2019/12/Cartilha-Plantas-Medicinais.pdf>).

Hasenack, H.; Weber, E. J.; Boldrini, I. I.; Trevisan, R.; Flores, C. A.; Dewes, H. 2023. Biophysical delineation of grassland ecological systems in the State of Rio Grande do Sul, Southern Brazil. *Iheringia, Série Botânica*, Porto Alegre. v, 78: e2023001 e2023001. <https://doi.org/10.21826/2446-82312023v78e2023001>.

IPBES. 2019. Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (Version 1). Zenodo. p.1148. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6417333>.

Khan, A.; Ahmad, A.; Akhtar, F.; Yousuf, S.; Xess, I.; Khan, L. A.; Manzoor, N. 2011. Induction of oxidative stress as a possible mechanism of the antifungal action of three phenylpropanoids, *FEMS Yeast Research*, v.11, (1), 114 -122. <https://doi.org/10.1111/j.1567-1364.2010.00697.x>.

König, F.; Gonçalves, C. E. P.; Aguiar, A. R.; Silva, A. C. F. 2014. Bioma Pampa: Interações entre micro-organismos e espécies vegetais nativas. *Revista de Ciências Agrárias*, vol. 37, (1), 3-9. <https://doi.org/10.19084/rca.16792>.

Mapbiomas. 2022. Destaques do mapeamento anual de cobertura e uso da terra no Brasil entre 1985 a 2021. Coleção 7. (Accessed January, 16, 2023) at: <https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/Fact-Sheet-Colecao7.pdf>.

Menezes, L. S.; Ely, C. V.; Lucas, D. B.; Silva, G. H. M.; Vélez-Martin, E.; Hasenack, H.; Trevisan, R.; Boldrini, I. I.; Pillar, V. D.; Overbeck, G. E. 2022. Reference values and drivers of diversity for South Brazilian grassland plant communities. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*. v. 94, (1). <https://doi.org/10.1590/0001-3765202220201079>.

O’Leary, N.; Moroni, P. 2020. *Aloysia* in Flora e Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. (Accessed November 14, 2022) at: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB135457>.

Pansera, M. R.; Silvestre, W. P.; Gonzatti, F.; Pauletti G. F.; Sartori, Valdirene C. 2021. Chemical composition and antifungal activity of the essential oils from native species of the ‘Campos de Cima da Serra’ region, South Brazil. *Journal of Essential Oil Research*, v. 33, (5), 488-501. <https://doi.org/10.1080/10412905.2021.1928558>.

Paul, P. K.; Sharma, P. D. 2002. *Azadirachta indica* leaf extract induces resistance in barley against leaf stripe disease. *Physiol. Mol. PlantPathol*, v. 61,3–13. <https://doi.org/10.1006/pmpp.2002.0412>

Paulo, C. L. R.; Santos, E. L.; De Araújo, A. C. J.; Freitas, P. R.; De Almeida, R. S.; De Araújo Neto, J. B.; Tintino, S. R.; Coutinho, H. D. M. 2021. Atividade antibacteriana e potencializadora do óleo essencial de *Aloysia gratissima* (Gillies & Hook) sobre cepas multirresistentes. VI Semana Universitária Da Urca - XZIV Semana De Iniciação Científica Da Urca. (Accessed September, 19, 2023) http://siseventos.urca.br/assets/pdf/sub_trabalhos/351-937-4875-102.pdf

Ratinaud P. IRAMUTEQ: Interface de R pour les analyses multidimensionnelles de textes et de questionnaires (computer software) [Internet]. (Accessed September, 19, 2023) <http://www.iramuteq.org>

Risso, O. A.; Posadaz, A.; Leal, M.; Ardanáz, C.; Suárez, S. A.; Ojeda, M. S. 2022. Caracterización in situ de poblaciones de *Aloysia gratissima* var. *gratissima* recolectadas del noreste de la provincia de San Luis, Argentina. *Boletín Latinoamericano Y Del Caribe De Plantas Medicinales Y Aromáticas*, v. 21, (4), 431-445. <https://doi.org/10.37360/blacpma.22.21.4.26>.

- Risso, O.A.; Suárez, S.A.; Posadaz, A.C. 2021. *Aloysia gratissima* (Gillies & Hook. ex Hook.) Tronc. var. *gratissima*. In: Máthé, Á., Bandoni, A. Medicinal and Aromatic Plants of South America, v 2. Medicinal and Aromatic Plants of the World, vol 7. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-62818-5_3.
- Santos, F.M.; Pinto, J.E.B.P.; Bertolucci, S.K.V.1; Alvarenga, A.A.; Alves, M.N.; Duarte, M.C.T.; Sartoratto, A. 2013. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil from the leaves and flowers of *Aloysia gratissima*. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, v.15, (4), 583-588. <https://doi.org/10.1590/S1516-05722013000400015>.
- Santos, T. G.; Laemmle J.; Rebelo, R. A.; Dalmarco, E. M.; Cruz, A. B.; Schmit, A. P.; Cruz, R. C. B.; Zeni, A. L. B. 2015. Chemical composition and antimicrobial activity of *Aloysia gratissima* (Verbenaceae) leaf essential oil. *Journal of Essential Oil Research*, v. 27, (2), 125-130. <https://doi.org/10.1590/S1516-05722013000400015>.
- Santos, E.L.; Freitas, P. R.; Araújo, A. C. J; Almeida, R. S.; Tintino, S. R.; Paulo, C. L. R.; Silva, A. C. A.; Silva, L. E.; Amaral, W.; Deschamps, C.; Junior, J. P. S.; Filho, J. M. B.; de Sousa, G. R.; Ribeiro-Filho, J.; Coutinho, H. D.M. 2021a. Enhanced antibacterial effect of antibiotics by the essential oil of *Aloysia gratissima* (Gillies & Hook.) Tronc. and its major constituent beta-caryophyllene. *Phytomedicine Plus*, v. 1, (4). <https://doi.org/10.1016/j.phyflu.2021.100100>.
- Santos, E.L.; Freitas, P. R.; Araújo, A. C. J; Almeida, R. S.; Tintino, S. R.; Paulo, C. L. R.; Ribeiro-Filho, J.; Silva, A. C. A.; Silva, L. E.; Amaral, W.; Deschamps, C.; Junior, J. P. S.; Filho, J. M. B.; de Sousa, G. R.; Coutinho, H. D.M. 2021b. Phytochemical characterization and antibiotic potentiating effects of the essential oil of *Aloysia gratissima* (Gillies & Hook.) and beta-caryophyllene. *South African Journal of Botany*, v. 143, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.07.046>.
- Schreiner, G. E. 2019. Extração e caracterização de metabólitos secundários de *Aloysia gratissima* (Gillies & Hook.) Tronc. Trabalho de Conclusão de Curso, Licenciatura em Ciências Biológicas, Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo. (Accessed october, 12, 2022) at: <https://rd.uffrs.edu.br/handle/prefix/3571>
- Silva, M. J.; Batista, E. N. da S.; Souza, L. E. V.; Filho, L. F. C. O.; Morgado, M. M.; Silva, T. B.; da, Santana, A. C.; Lorenzo, V. P.; Vilar, F. C. R. 2023. Uso de plantas medicinais no controle de pragas e doenças. In *Plantas medicinais e suas potencialidades* (pp. 159–168). Editora Científica Digital. <https://doi.org/10.37885/230111698>
- Souza, M. A; Guzzatti; J. G. G.; Martello, R. H; Schindler, M. S. Z.; Calisto, J. F. F.; Morgan, L. V. ; Aguiar. G. P. S.; Locateli, G.; Scapinello, J.; Müller, L. G.; Liz G.; Oliveira, J. V.; Dal Magro, J. 2020. Supercritical CO₂ extraction of *Aloysia gratissima* leaves and evaluation of anti-inflammatory activity. *The Journal of Supercritical Fluids*, v. 159. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2020.104753>.
- Tomazzoni, M.I.; Negrelle, R.R.B.; Centa, M.L. 2006. Fitoterapia Popular, a Busca Instrumental Enquanto Prática Terapêutica. *Texto e contexto de Enfermagem*, v.15, (1), 115-121. <https://doi.org/10.1590/S0104-07072006000100014>.
- Torchelsen, F. P.; Cordero, R. L.; Overbeck, G. E. Conservation of species-rich subtropical grasslands: traditional management vs. legal conservation requirements in primary and

secondary grasslands. 2020. *Acta Bot. Bras*, v. 34, (2), 342-351.
<https://doi.org/10.1590/0102-33062019abb0306>

Urrutia G.; Bonfill, X. 2010. PRISMA declaration: a proposal to improve the publication of systematic reviews and meta-analyses. *Medicina clínica*, v. 135, (11), 507-511.
<https://doi.org/10.1016/j.medcli.2010.01.015>

Zuanazzi J.A.S; Mayorga P. 2010. Fitoprodutos e desenvolvimento econômico. *Quim Nova*, v 33, (6), 1421-1428. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422010000600037>.



Análise da composição química do óleo essencial de *Aloysia gratissima* (Gillies & Hook) Tronc. coletada no verão em dois sítios geomorfológicos distintos

Analysis of the chemical composition of the essential oil of *Aloysia gratissima* (Gillies & Hook) Tronc. collected in the summer from two distinct geomorphological sites

Laura Montero de Avila

Graduada em Agronomia

Instituição: Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA)

Endereço: Rua Aloízio Barros Macedo, s/n, BR 290, km 423, São Gabriel – RS

E-mail: lauraavila.aluno@unipampa.edu.br

Adriana Carla Dias Trevisan

Doutora em Engenharia Ambiental

Instituição: Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS) Endereço:

Rua Rivadavia Corrêa, 825, Centro, Sant'Ana do Livramento – RS

E-mail: adriana-trevisan@uergs.edu.br

Tales Leandro Costa Martins

Doutor em Química

Instituição: Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA)

Endereço: Avenida Maria Anunciação Gomes Godoy, 1650, Malafaia, Bagé – RS

E-mail: talesmartins@unipampa.edu.br

Antônio Batista Pereira

Doutor em Ciências Biológicas

Instituição: Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA)

Endereço: Rua Aloízio Barros Macedo, s/n, BR 290, km 423, São Gabriel – RS

E-mail: antoniopereira@unipampa.edu.br

RESUMO

Os óleos essenciais (OE) são produtos naturais utilizados há muitos anos e a *Aloysia gratissima* (Gillies & Hook) Tronc é uma espécie de planta aromática amplamente distribuída na América do Sul com grande potencial para extração de OE. Um aspecto químico interessante do OE da *A. gratissima* é a diversidade de compostos encontrados a depender da parte da planta utilizada bem como da época do ano e condições abióticas do local de coleta. Com base nisso, o objetivo deste trabalho foi identificar diferenças na composição química e rendimento do OE a partir de diferentes estruturas vegetativas da *A. gratissima* coletadas no verão em locais com solos distintos. Foram coletadas partes aéreas da *A. gratissima* em dois locais com solos distintos: solo raso (SR) e solo profundo (SP) no município de Santana do Livramento – RS. Foram coletadas

12 amostras, em cada local, dos seguintes materiais vegetativos: flor; folha e flor – galho – folha entre dezembro/2021 e fevereiro/2022, totalizando 24 amostras. Os OE foram obtidos por meio do processo de hidrodestilação e as amostras foram submetidas à análise de cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa. As amostras de OE coletadas no SR apresentaram maior rendimento e foram estatisticamente superiores (0,75%) do que aquelas coletadas no SP (0,60%). Em relação as partes das plantas, as amostras das flores apresentaram maior rendimento estatisticamente. A partir da caracterização química foram identificados 54 compostos presentes nas amostras, sendo que os principais compostos identificados em todas elas foram o β -Caryophyllene, Spathulenol e Germacrene D.

Palavras-chave: produtos naturais, plantas aromáticas, diversidade, garupa, material vegetativo.

ABSTRACT

Essential oils (EO) are natural products that have been used for many years and *Aloysia gratissima* (Gillies & Hook) Tronc is a species of aromatic plant widely distributed in South America with great potential for EO extraction. An interesting chemical aspect of *A. gratissima* EO is the diversity of compounds found depending on the part of the plant used, as well as the time of year and abiotic conditions at the collection site. Based on this, the objective of this work was to identify differences in chemical composition and EO yield from different vegetative structures of *A. gratissima* collected in summer in places with different soils. Aerial parts of *A. gratissima* were collected in two places with different soils: shallow soil (SR) and deep soil (SP) in the municipality of Santana do Livramento - RS. Twelve samples were collected, in each location, of the following vegetative materials: flower; leaf and flower – branch – leaf between December/2021 and February/2022, totaling 24 samples. The EO were obtained through the hydrodistillation process and the samples were submitted to gas chromatography analysis coupled with mass spectrometry. The EO samples collected in the SR had a higher yield and were statistically higher (0.75%) than those collected in the SP (0.60%). In relation to the parts of the plants, the samples of the flowers presented statistically higher yield. From the chemical characterization, 54 compounds present in the samples were identified, and the main compounds identified in all of them were β -Caryophyllene, Spathulenol and Germacrene D.

Keywords: natural products, aromatic plants, diversity, garupá, vegetative material.

1 INTRODUÇÃO

Os óleos essenciais (OE) são produtos naturais utilizados há mais de 60 mil anos e possuem substâncias com um amplo espectro de ação biológica em função da presença de um arranjo complexo de compostos químicos (ERICHSEN-BROW, 1979). Podem ser obtidos por diferentes métodos de extração a partir de partes das plantas tais como flores, folhas, cascas, rizomase frutos. São substâncias lipossolúveis, voláteis, instáveis na presença de luz e oxigênio e produzidas pelo metabolismo especializado das plantas como resposta a fatores externos. Sua composição química complexa e variável que garantem aos vegetais vantagens adaptativas no meio em que estão inseridos (MIRANDA et al., 2016). A maior classe de metabólitos produzido nos OE das plantas são os terpenos e podem ser classificados pelo número de unidade de cinco carbono, tais como os monoterpenos (C10), sesquiterpenos (C15), diterpenos (C20), triterpenos (C30) e tetraterpenos (C40) (TAIZ; ZEIGER IAN MAX MØLLER; MURPHY, 2017). Os compostos terpênicos podem se encontrar livre na fração volátil ou associados a outras moléculas tais como os álcoois, aldeídos, ésteres, fenóis, éteres e óxidos, peróxidos, furanos, lactonas e ácidos (NASCIMENTO; CARLA; PRADE, 2020).

O Brasil possui uma flora bastante negligenciada quanto ao uso e manejo sustentável dos diversos produtos provenientes do metabolismo especializado. Neste sentido, destaca-se *A. gratissima*, espécie de ampla distribuição na América do Sul conhecida popularmente como alfazema-do-brasil, erva-de-nossa-senhora, erva-santa e garupá. Como planta aromática, o OE da *A. gratissima* pode ser obtido por meio de diversas partes da planta, como: folhas, flores, frutos, cascas e rizomas (SANTOS, 2018). Os óleos essenciais do garupá apresentam propriedades farmacológicas, com atividades biológicas descritas contra infecções brônquicas e pulmonares, além de apresentar ação antimicrobiana, efeito antibiótico, anti-inflamatório e anestésico (BENOVIT et al., 2015; BIZZO; HOVELL; REZENDE, 2009; PINTO et al., 2007; SANTOS et al., 2021a, 2021b).

Um aspecto químico interessante do OE da *A. gratissima* é a diversidade de compostos encontrados a depender da parte da planta utilizada bem como da época do ano e das condições abióticas do local de coleta. Santos et al. (2015), realizaram a coleta das folhas de *A. gratissima* no verão e obtiveram os seguintes compostos encontrados em maior quantidade: 1,8-cineol (13,7%), germacreno D (13,4%), β -cariofileno (12,7%) e β - pineno (11,7%) e biciclogermacreno (8,3%). Santos et al. (2021a), coletaram ramos de *A. gratissima* na primavera e identificaram β -cariofileno (17,3%), nerolidol (9,7%), biciclogermacreno (7,3%) e β - pineno (7,2%), como os compostos encontrados em maior concentração no OE extraído. Benovit et al., (2015), coletaram amostras de folhas de *A. gratissima* no outono e os compostos que foram identificados em maior quantidade no óleo foram 1,8-cineol (18,54%), sabineno, guaiol (9,5%) e biciclogermacreno (5,12%).

O rendimento do OE de *A. gratissima* também pode sofrer variação em decorrência da época de coleta e material vegetativo utilizado para a realização da extração. Rodrigues et al. (2021), realizaram a coleta de 20 Kg de folhas de *A. gratissima* no outono e obtiveram um rendimento de 0,05% de OE e na primavera, com a mesma quantidade de biomassa de folha, ramos e flores, o rendimento foi de 0,15%. Após a extração de 76 kg de biomassa de *A. gratissima*, Arze et al. (2013), obtiveram 110 mL (1,4% v/m) de OE e Garcia et al. (2018), obtiveram 0,52% de rendimento de OE na extração de 1020 g de folhas e galhos de *A. gratissima*.

Neste escopo, com o intuito de explorar a diversificada composição química do OE da *A. gratissima* e contribuir para novas pesquisas, o objetivo deste trabalho foi identificar as possíveis diferenças na composição química e rendimento do OE extraídos a partir de diferentes estruturas vegetativas da *A. gratissima* coletadas no verão em dois locais com tipos de solos de diferentes estruturas geomorfológicas.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 COLETA, SELEÇÃO DO MATERIAL VEGETATIVO E PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

Para a realização do trabalho foram coletadas partes aéreas da *A. gratissima* coletadas de populações naturais no verão em dois sítios geomorfológicos caracterizados com diferentes tipos de solos no município de Santana do Livramento-RS. No primeiro sítio, o solo é caracterizado como Neossolo Litólico Eutrófico fragmentário (Unidade Pedregal) e no segundo, trata-se de Argissolo Amarelo Ta Alumínico abruptico (Unidade Livramento) (STRECK et al., 2018), gerando solos rasos e solos profundos, respectivamente, que no presente estudo serão denominados SR e SP.

As coletas das plantas foram realizadas entres os meses de dezembro/2021 e fevereiro/2022 no período da manhã, tomando-se lotes de indivíduos ao acaso e formando amostras com 4 repetições de cada indivíduo. Para compor cada lote foram colhidas amostras das seguintes materiais vegetativos: flor; folha e flor – galho – folha. Dessa forma, foram obtidas 12 amostras em cada local estudado, totalizando 24 amostras. Os indivíduos utilizados foram escolhidos aleatoriamente por meio de um sorteio e demarcados com placas enumeradas para posterior identificação. Após as coletas, os materiais vegetativos foram beneficiados, ou seja, picados em pedaços de aproximadamente 5 cm, e colocados em embalagens até o momento da extração.

2.2 OBTENÇÃO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS

Os OE da *A. gratissima* foram obtidos por meio do processo de hidrodestilação em um aparelho tipo Clevenger. Foram utilizadas amostras de 100 g do material vegetativo fresco, após processados, foram adicionados em um balão com capacidade de 1000 mL, contendo 500 mL de água destilada, por um período de 2 h após o início da ebulição. Após o término de cada extração, o óleo ficou em descanso por 15 minutos para que o ocorresse uma estabilização e uma quantificação mais precisa do rendimento. Após as extrações os óleos

foram armazenados em vidros de âmbar lacrados até o momento da realização da análise. O rendimento dos OE foi expresso como em porcentagem com base na relação entre a massa do OE e a massa do material vegetal.

2.3 ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS

Após a realização das extrações, as amostras dos óleos foram realizadas análises cromatográficas no Laboratório de Química da Unipampa – Campus de Bagé. Preliminarmente, foi realizada a filtração por pressão do OE a fim de remover possíveis resquícios da fração aquosa. Para isso, foi utilizado em um Funil de Buchener com placa filtrante porosa e nele foi inserido sulfato de magnésio ($MgSO_4$). Após filtração, foi adicionado clorofórmio ($CHCl_3$) ao óleo essencial coletado e, com a amostra isenta de água, passou-se para a etapa de análise cromatográfica.

Os OE de *A. gratissima* foram submetidos à análise em cromatografia gasosa acoplada a um espectrômetro de massa no cromatógrafo Shimadzu, modelo GC-2010 Plus equipado com coluna capilar de sílica fundida modelo RTX-5MS. Foram realizadas 24 injeções no equipamento, referente a cada uma das amostras extraídas e filtradas, sendo cada amostra de 1 μ l injetada no modo split. As condições de análise foram: velocidade linear de 40,2 cm/seg com gás de arraste Hélio (He); pressão na coluna de 77,0 kPa; temperatura do injetor de 250 °C e temperatura do forno de 70 a 280 °C. O modo de varredura foi Scan de m/z de 35,00 a 400,00. A fonte de íons foi mantida a 280 °C e a interfase a 300 °C. A identificação foi realizada por similaridade com os dados da biblioteca NIST 14.

Os dados obtidos da análise química foram processados por meio do *software* GCMS Postrun Analysis. Os componentes dos OE foram identificados com base no índice de retenção, determinados por meio da utilização de uma curva de calibração de uma série homóloga de n-alcanos (C8-C24), injetados nas mesmas condições cromatográficas das amostras e nos modelos de fragmentação dos espectros de massas, sendo ambos comparados com dados da literatura NIST 14. Após a obtenção dos compostos, foram criadas tabelas e

dendrogramas para análise de similitude e frequência entre os compostos identificados nas amostras.

Para a realização da análise dos dados de rendimento do OE os resultados foram organizados em planilhas Excel para posterior análise estatística a partir da ANOVA em dois fatores, seguida de teste post-hoc e Tukey com o uso do *software* JASP Team (2023).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 RENDIMENTO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS DE *A. GRATISSIMA*

Muitos fatores exercem influência no rendimento das extrações dos OE, tais como a escolha da planta, o tipo de amostra vegetal, sua composição, época sazonal, horário da colheita, ambiente em que a planta se encontra e a temperatura (DE ALMEIDA; DE ALMEIDA; GHERARDI, 2020). É possível visualizar na Tabela 1 que, pela análise de variância há diferença significativa nos materiais vegetativos coletados e entre os locais de coleta quando considerados isoladamente, mas que, para interação entre eles, não foi verificada diferença estatística alguma.

Tabela 1- Análise de variância para o rendimento dos fatores material vegetativo e local

Fatores avaliados	GL	SQ	QM	F	p
Parte da planta	2	0.665	0.332	12.923	<0.001
Solo	1	0.131	0.131	5.110	0.036
Parte da planta x Solo	2	0.088	0.044	1.709	0.209
Resíduo	18	0.463	0.026		

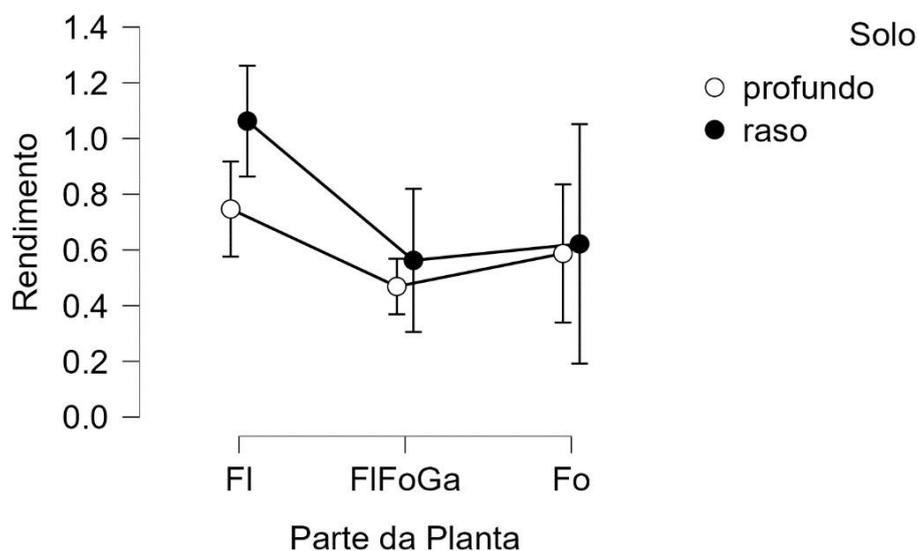
Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

O rendimento médio do OE proveniente do solo raso foi de 0,75% e o rendimento médio do OE de plantas coletadas em solo profundo foi de 0,60%. Ao realizar a comparação entre as médias do rendimento percentual do OE para os dois locais de coleta, pode-se observar que houve uma diferença estatística significativa ao aplicar o teste Tuckey ($p < 0,05$). Observou-se que as amostras coletadas em solo raso obtiveram rendimentos superiores às coletadas em solo profundo, o que corrobora o descrito por Castelo et al. (2013), de que essa

diferença pode ser atribuída às diferentes condições de solo, clima, temperatura e entre as locais de coleta.

Com relação ao rendimento percentual de OE obtido para os diferentes materiais vegetativos utilizados para a extração, a análise *post-hoc* demonstrou que os resultados possuem diferença estatística quando comparadas a flor e as outras partes avaliadas. Assim, obteve-se um valor de $P_{tukey} < 0.001$ entre flor e flor – galho – folha e de 0.009 para flor e folha. Quando avaliados os rendimentos obtidos na biomassa da folha e da flor – galho – folha, não houve registro de diferenças significativas a 95%. Os resultados deste trabalho corroboram com Santos et al. (2013), que realizaram a extração do OE de *A. gratissima* e identificaram que as flores apresentaram maior rendimento (0,56%) do que as folhas (0,35%). No entanto, ainda é descrito que, apesar de os óleos essenciais poderem estar presentes em qualquer parte da planta, é nas folhas que mais usualmente são encontrados e estudados (CASTELO et al., 2013). Os resultados descritivos dos rendimentos podem ser observados na Figura 1.

Figura 1 – Dados de rendimento do OE extraído



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

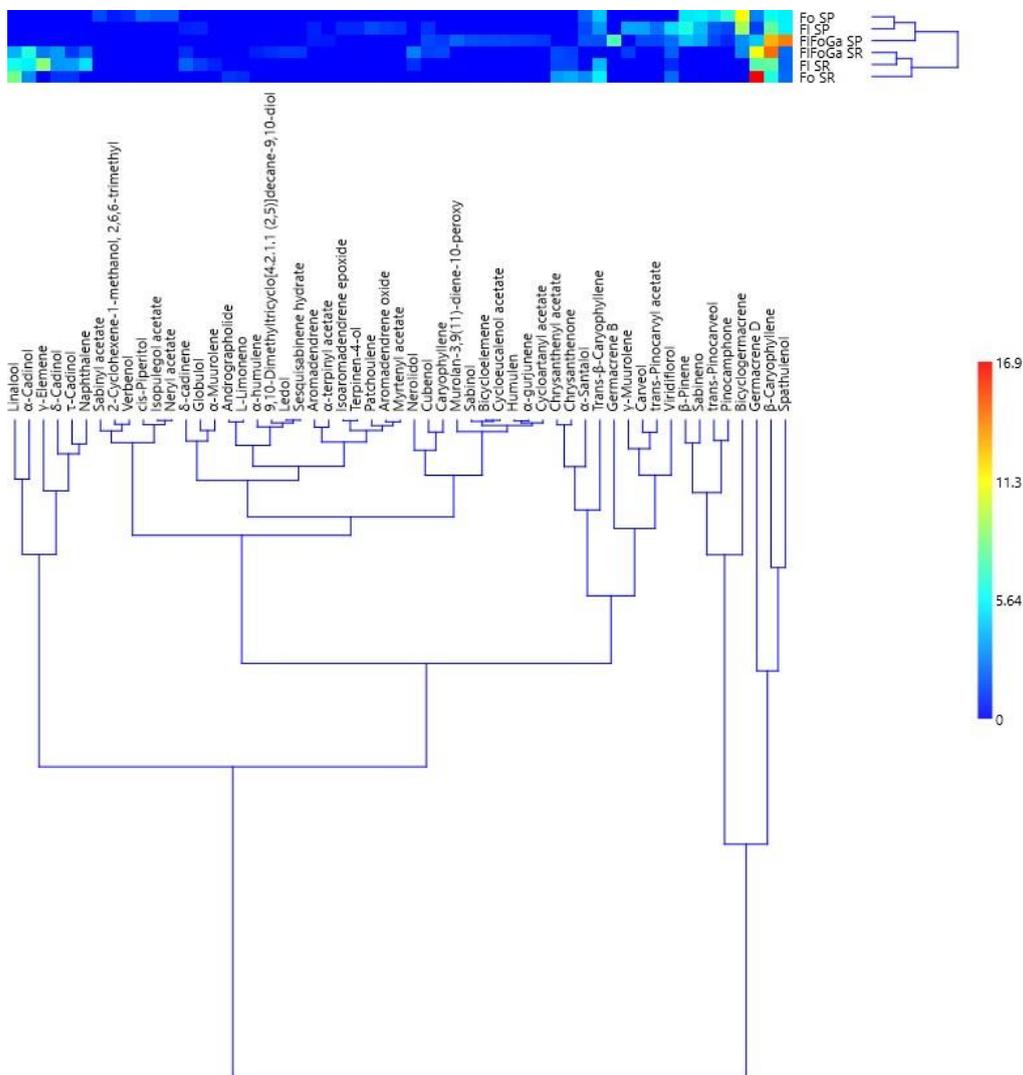
O rendimento dos OE pode ainda variar bastante, em razão da época de coleta do material e entre estações do ano e locais de coleta. Estudos realizados por Paulus et al. (2013), com extração de OE de *Aloysia triphylla* (L'Hérit) Britton

identificaram que o maior rendimento foi na estação de verão quando comparada com o outono. Estes dados corroboram a afirmação de Santos, (2018), de que a produção ou síntese de óleos voláteis, tende a aumentar em temperaturas mais elevadas. Assim, como o presente trabalho foi realizado no verão onde na região de estudo é caracterizado por altas temperaturas e baixa umidade relativa do ar, resultados diferentes poderão ser encontrados quando avaliados em estação mais úmida e fria.

3.2 IDENTIFICAÇÃO DOS COMPOSTOS QUÍMICOS DE *A. GRATISSIMA*

Após a realização das análises cromatográficas, foi possível identificar os compostos presentes na composição dos OE extraídos das amostras de flor, folha e flor – galho – folha. Foram encontrados 54 compostos em quantidade significativa nas amostras analisadas, conforme mostra a Figura 2.

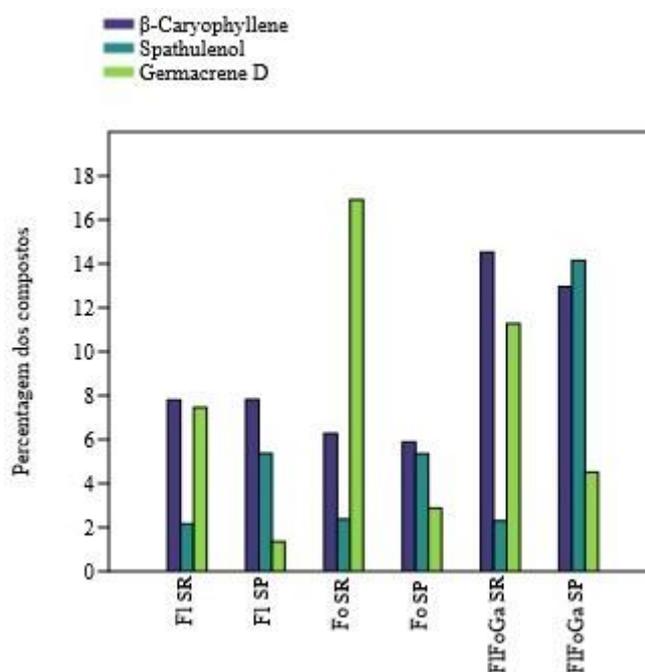
Figura 2 - Dendrograma dos compostos identificados nas amostras do material vegetativo nos dois locais de coleta.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Por meio da análise de agrupamento dos compostos identificados por similaridade, foi possível visualizar que apenas três compostos foram encontrados em todos os tratamentos, esses foram: β-Caryophyllene, Spathulenol e Germacrene D, como é mostrado na Figura 3.

Figura 3 - Frequência dos compostos β -Caryophyllene, Spathulenol e Germacrene D presente nas amostras analisadas.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Dentre as amostras analisadas, a média mais alta do β -Caryophyllene (14,52%) foi identificada na amostra oriunda de flor – galho – folha coletada em solos rasos (SR), Litólico, e a média mais baixa (5,89%) foi identificada nas amostras analisadas de folhas coletadas em solos profundos (SP), Argissolo. Em relação ao Spathulenol, a média superior (14,15%), foi identificada na amostra de flor – galho – folha no SP, e a média mais baixa (2,16%) foi identificada na amostra de flor coletada em SR. E sobre o Germacrene D, a amostra que apresentou a média superior (16,9%), foi aquela oriunda da amostra de folhas coletadas no SR, e a média mais baixa (1,35%), referente a da amostra de flores coletadas no SP.

Ao realizar estudos sobre a composição química do OE de *A. gratissima*, (SANTOS et al. 2021b) e (ARZE et al. 2013), identificaram β -Caryophyllene como um dos principais compostos encontrado com uma de concentração de 17,13% e 8,5%, respectivamente. Pansera et al. (2021), também encontraram β -Caryophyllene (5,32%) na composição do OE de *A. gratissima*, e entre os compostos majoritários identificados estavam o Spathulenol (16,23%) e

Germacrene D (12,48%), assim como Risso et al. (2022), que também encontrou Spathulenol no OE ao realizar as extrações. Ao realizar a extração do OE das partes aéreas de *A. gratissima* em diferentes épocas do ano e em diferentes localidades, Ricciardi et al. (2006), identificaram Viridiflorol (6,2 – 33,6%), β -caryophyllene (1,8 – 28,0%), Bicyclogermacrene (3,8 – 18,8%), e Germacrene D (1,9 – 10,1%), como alguns dos principais compostos encontrados. No estudo de Santos et al. (2015), também foram identificados uma quantia significativa de Viridiflorol ($3.3 \pm 0.27\%$), Germacrene D (13,14%), β -caryophyllene (12,7%) e Bicyclogermacrene (8.3 ± 0.28) na composição química do OE do garupá. Neste estudo também foi identificado a presença de Viridiflorol na composição do OE de *A. gratissima*, sendo que a maior média (5,0%) foi identificada no OE oriundo da amostra de flores coletadas do SP e a menor média (0,89%) foi identificada na amostra de flores coletadas no SR.

O γ -Elemene foi um dos principais compostos identificados nos OE extraídos das flores coletadas no SR (8,83%), fato este que complementa o resultado do estudo de Santos et al. (2013), que encontraram γ -Elemene apenas nos óleos que foram extraídos a partir de flores da *A. gratissima*, porém em concentração inferior (0,9%). Ainda, os compostos α -Cadinol (6,33 – 3,08%) e Linalool (3,98 – 8,24%) também foram alguns dos principais compostos identificados em todas as amostras de todas as partes coletadas no SR. Ao extrair OE de amostras de folhas e galhos frescas e de amostras secas de *A. gratissima*, do Amaral et al. (2017), encontraram α -Cadinol (1,5%) em sua composição química.

Ao analisar os resultados nos diferentes tipos de solos, foi identificado o Bicyclogermacrene em todas as amostras de folhas coletadas em solos profundos (11,2%) e em solos rasos (3,02%) o β -Pinene (5,14%) e Sabinene (5,29%) também foram identificados em todas as amostras de OE de folhas analisadas. O Sabinene foi identificado em baixa concentração (0,2%) no OE das flores, folhas e galhos da *A. gratissima* por Arze et al. (2013), que realizaram as coletas do material vegetativo na Bolívia. Já, ao realizar a extração a partir de folhas da *A. gratissima* coletadas no outono, Benovit et al. (2015), identificaram

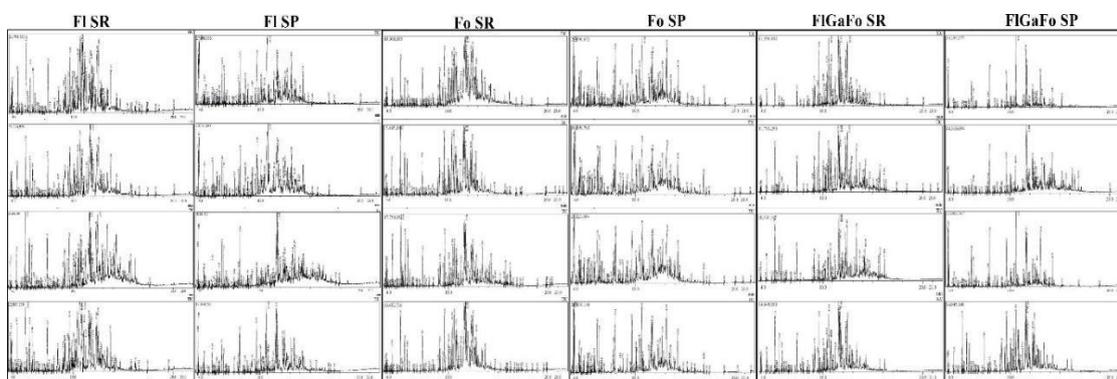
uma concentração mais elevada de Sabinene (9,5%) na composição do óleo, e juntamente encontraram β -Pinene (3,69%), Germacrene D (3,91%), β -caryophyllene (8,82%) e Bicyclogermacrene (5,12%).

Os óleos essenciais podem ter diferentes composições químicas e aromas de acordo a espécie e parte da planta utilizada no processo de extração bem como de acordo com o método de extração, a região e forma de cultivo, parâmetros climáticos e edáficos (DE GROOT E SCHMIDT, 2016; SILVESTRE E PAULETTI, 2018).

Alguns dos compostos que foram identificados poucas vezes nas concentrações das amostras foram o cyclohexene-1-methanol, 2,6,6-trimethyl (0,58%), cis-peperitol (2,39%) e verbenol (0,99%) que foram encontrados nas amostras oriundas de folhas coletadas no SP; o L-limoneno (0,95%) foi identificado apenas nas amostras de folhas do SR; apenas o 9,10 - Dimethyltricyclo [4.2.1.1 (2,5)] decane-9,10-diol (0,97%) foi o único encontrado somente em amostras de flor – galho – folha do SR e os compostos bicycloelemente (1,58%), sabinol (1,69%) e germacrene B (7,39%), que foram identificados apenas nas amostras de flor – galho – folha do SP; os compostos aromandrene oxide (1,35%), isoaromadendrene epoxide (0,88%), myrtenyl acetate (1,18 %) e patchoulene (1,70 %) foram identificados nas amostras de flores do SP.

Na Figura 4 são mostrados os perfis cromatográficos das amostras de OE das flores, folhas e flor – galho – folha, analisadas por CG-EM.

Figura 4 - Cromatogramas das amostras de cada parte da planta utilizada nos dois locais de estudos.

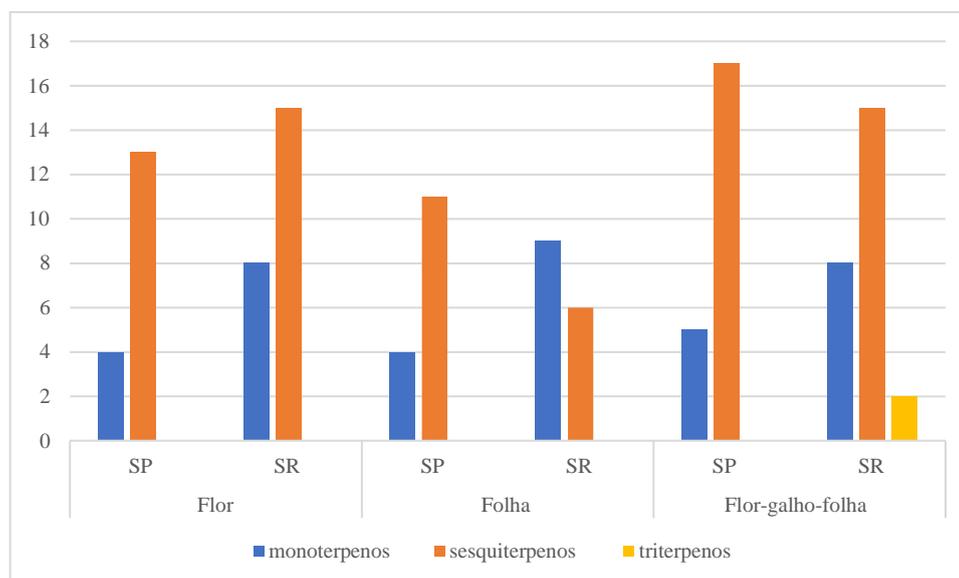


Da esquerda para a direita FI SR=flor no solo raso; FI SP=flor no solo profundo; Fo SR=folhano solo raso; Fo SP=folha no solo profundo; FIGaFoGa SR=flor-galho-folha no solo raso; FIGaFo SP= flor-galho-folha no solo profundo.

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Com relação as classes de terpenoides, pôde-se identificar que no presente trabalho ocorreu maior teor de sesquiterpenos, como mostra o Gráfico 1. Nas amostras de flores coletadas no SR e SP os sesquiterpenos representaram em média 76,47% e 73,33% da composição química, respectivamente. Nas amostras de flor – galho – folha no SR e SP, os sesquiterpenos compõe em média 77,27% e 60,0% do OE. E nas amostras de folhas coletas do SP ele representa 73,33% em média do óleo. Nas amostras de folhas coletadas no SR os sesquiterpenos representam em média 40,0%, sendo o único resultado em que os monoterpenos se mostraram em média superior. Já os triterpenos foram identificados apenas em amostras de flor – galho – folha coletados no SP e compões em média apenas 8,00% do OE. Porém, diferente destes resultados, Rodrigues et al. (2021), identificaram uma concentração de 72,6% de monoterpenos e apenas 24,3% de sesquiterpenos no OE das folhas da *A. gratissima*. Assim como Elguy et al. (2021), que também identificaram uma proporção maior de monoterpenos ao analisar o OE das folhas e ramos de *A. gratissima*.

Gráfico 1 - Classes de terpenos identificadas na composição química das amostras analisadas



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

A quantidade de monoterpenos identificada foi menor em relação aos sesquiterpenos, porém pode-se perceber que esses foram encontrados em maior abundância nas amostras extraídas dos materiais vegetativos coletados no SP. Masarro, (2020), identificou uma maior quantidade de sesquiterpenos ao extrair OE de uma outra espécie do gênero *Aloysia*, a *A. hatschbachii* Moldenke, pois visualizou-se que os sesquiterpenos apresentaram as maiores concentrações, entre 84,00% a 87,97% do OE e os monoterpenos em menor concentrações, variando entre 2,01%, chegando a um máximo de 9,38%.

Os dois triterpenos identificados, foram encontrados exclusivamente nas amostras de flores-galhos e folhas coletados do SP, esses foram Cycloartenol acetate e Cycloeucalenol acetate.

4 CONCLUSÕES

Ao avaliar o rendimento das amostras de OE de diferentes partes vegetativas de *A. gratissima* em relação aos dois sítios geomorfológicos distintos, foi possível identificar que as amostras de OE que apresentaram maior rendimento e foram estatisticamente superiores foram aquelas extraídas a partir do material coletado no SR com rendimento médio de 0,75%, enquanto as amostras coletadas no SP apresentaram rendimento médio de 0,60%. Já em

relação as partes das plantas utilizadas, a análise post-hoc demonstrou que os resultados possuem diferença estatística quando comparadas a flor e as outras partes avaliadas. As amostras de folha e flor – galho – folha não se diferiram estatisticamente.

Com a caracterização química realizada a partir da análise cromatográfica, pode-se identificar 54 compostos presentes nas amostras. Verificou-se que o β -Caryophyllene, Spathulenol e Germacrene D foram encontrados em todas as amostras analisadas, sendo eles os principais compostos químicos identificados entre as amostras. O β -Caryophyllene apresentou a média mais alta (14,52%) na amostra de flor – galho – folha nas amostras do SR; o Spathulenol teve sua maior média expressa nas amostras oriundas de flor – galho – folha no SP (14,15%) e o Germacrene D teve sua média mais alta (16,9%) encontrada nas amostras de folhas coletadas no SR.

Os compostos γ -Elemene, α -Cadinol e o Linalool foram encontrados apenas nas amostras extraídas a partir do material vegetativo coletado no SR e o β -Pinene e Sabinene foram encontrados somente nas amostras coletadas no SP, tal fato pode ser em decorrência do tipo de solo dos locais.

Os sesquiterpenos foram os terpenóides encontrados em maior quantidade nos OE, variando entre 60% e 74% (em massa) nas amostras analisadas, enquanto os monoterpenos variaram entre 23% e 34% (em massa) e os triterpenos foram identificados em apenas um tipo de amostra, sendo 8% (em massa).

FINANCIAMENTO

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

REFERÊNCIAS

ARZE, J. B. L.; COLLIN, G.; GARNEAU, F. X.; JEAN, F. I.; GAGNON, H. Essential Oils from Bolivia. XI. Verbenaceae: *Aloysia gratissima* (Gillies & Hook.) Tronc. and Boraginaceae: *Cordia chacoensis* Chodat. **Journal of Essential Oil-Bearing Plants**, v. 16, n. 4, p. 545–550, jul. 2013. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2013.831553>

Benovit, S. C.; Silva, L. L.; Salbego, J.; Loro, V. L., Mallmann, C. A.; Baldisserotto, B.; Flores, E. M.M; Heinzmann, B. M. Anesthetic activity and bioguided fractionation of the essential oil of *Aloysia Gratissima* (Gillies & Hook.) Tronc. in silver catfish *Rhamdia quelen*. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 87, n. 3, p. 1675–1689, 1 jan. 2015. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201520140223>

CASTELO, A. V. M.; AFONSO, S. R.; DE MELO, R. R.; DEL MENEZZI, C. H. S.; CAMILLO, J.; VIEIRA, R. F. Rendimento e composição química do óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* Chell, na região do Distrito Federal. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 1, p. 143–147, 2013. <https://doi.org/10.5039/agraria.v8i1a2397>

DE ALMEIDA, J. C.; DE ALMEIDA, P. P.; GHERARDI, S. R. M. Potencial antimicrobiano de óleos essenciais: uma revisão de literatura de 2005 a 2018. **Nutritime Revista Eletrônica**, v. 17, p. 8623–8633, 2020.

DE GROOT, A. C.; SCHMIDT, E. **Essential Oils, Part III: Chemical Composition. Dermatitis**. v. 27, n. 4, p. 161-169, 2016. <http://doi.org/10.1097/DER.000000000000193>

DO AMARAL, W. DESCHAMPS, C.; BIZZO, H. R.; PINTO, M. A. S.; BIASI, L. A.; DA SILVA, L. E. Essential oil yield and composition of native tree species from Atlantic Forest, South of Brazil. **Journal of Essential Oil-Bearing Plants**, v. 20, n. 6, p. 1525–1535, 2017. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2017.1346484>

ELGUY, L. G. P.; TREVISAN, A. C. D.; COELHO, M. P.; OLIVEIRA, Y. E. C.; DOS SANTOS, L. A. Manejo de biomassa e compostos majoritários de óleos essenciais de espécies do Bioma Pampa. **Revista Fitos**, v. 15, n. 3, p. 333–345, 30 set. 2021. <https://doi.org/10.32712/2446-4775.2021.1065>

FRANCO, A. L. P.; OLIVEIRA, T. B.; FERRI, P. H.; BARA, M. T. F.; DE PAULA, J. R. AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ATIVIDADE ANTIBACTERIANA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS DE *Aloysia gratissima* (Gillies & Hook) Tronc. (ALFAZEMA), *Ocimum gratissimum* L. (ALFAVACA-CRAVO) E *Curcuma longa* L. (AÇAFRÃO). **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. IV, n. 2, p. 208–220, 2007. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/REF/article/view/3063/3096>>. Acesso em: 10 jun. 2023

GARCIA, M. C. F.; SOARES, D. C.; SANTANA, R. C.; SARAIVA, E. M.; SIANI, A. C.; RAMOS, M. F. S.; DANELLI, M. D. G. M.; SOUTO-PADRON T. C.; PINTO-DA-SILVA, L. H. The in vitro antileishmanial activity of essential oil from *Aloysia gratissima* and guaiol, its major sesquiterpene against *Leishmania amazonensis*. **Parasitology**, v. 145, n. 9, p. 1219–1227, 2018. <https://doi.org/10.1080/14786419.2018.1511555>

MIRANDA, C. A. S. F. CARDOSO, M. G.; BATISTA, L. R.; RODRIGUES, L. M. A.; FIGUEIREDO, A. C. S. Óleos essenciais de folhas de diversas espécies: Propriedades antioxidantes e antibacterianas no crescimento espécies patogênicas. **Revista Ciencia Agronomica**, v. 47, n. 1, p. 213–220, 2016. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20160025>

NASCIMENTO, A.; CARLA, A.; PRADE, K. **AROMATERAPIA: O PODER DAS PLANTAS E DOS ÓLEOS ESSENCIAIS**. Recife: Fiocruz-PE; ObservaPICS, 2020. v. 2. ISBN 978-65-88180-01-3. Disponível em: <<http://observapics.fiocruz.br/wp-content/uploads/2020/06/Cuidado-integral-na-Covid-Aromaterapia-ObservaPICS.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2023

PANSERA, M. R.; SILVESTRE, W. P.; GONZATTI, F.; PAULETTI G. F.; SARTORI, VALDIRENE C. Chemical composition and antifungal activity of the essential oils from native species of the ‘Campos de Cima da Serra’ region, South Brazil. **Journal of Essential Oil Research**, v. 33, n. 5, p. 488–501, 2021. <https://doi.org/10.1080/10412905.2021.1928558>.

PAULUS, D.; VALMORBIDA, R.; TOFFOLI, E.; NAVA, G. A.; PAULUS, E. Teor e composição química do óleo essencial e crescimento vegetativo de *Aloysia triphylla* em diferentes espaçamentos e épocas de colheita. **Rev. Ceres**, v. 60, p. 372–379, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2013000300010>

RICCIARDI, G. A. L.; VAN BAREN, C. M.; DI LEO LIRA, P.; RICCIARDI, A. I. A.; LORENZO, D.; DELLACASA, E.; BANDONI, A. L. Volatile constituents from aerial parts of *Aloysia gratissima* (Gillies & Hook.) Tronc. var. *gratissima* growing in Corrientes, Argentina. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 21, n. 4, p. 698–703, jul. 2006. <https://doi.org/10.1002/ffj.1690>

RISSE, O. A.; POSADAZ, A.; LEAL, M.; ARDANÁZ, C.; SUÁREZ, S. A.; OJEDA, M. S. In situ characterization of populations of *Aloysia gratissima* var. *gratissima* collected from the northeast of the province of San Luis, Argentina. **Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromaticas**, v. 21, n. 4, p. 431–445, 1 jul. 2022. <https://doi.org/10.37360/blacpma.22.21.4.26>

RODRIGUES, P. E. B.; PÉREZ-ELGUY, L. G.; AVILA, L. M.; COELHO, M. P.; DOS SANTOS, L. A.; TREVISAN, A. C. D. Manejo de populações naturais de *Aloysia gratissima* à extração de óleo essencial. **Anais do 10º SIEPEX**, 2021. Disponível em: <[CUADERNOS DE EDUCACIÓN Y DESARROLLO, Portugal, v.15, n.9, p. 9711-9730, 2023](http://pev-</p>
</div>
<div data-bbox=)

proex.uergs.edu.br/index.php/xsiepex/article/view/3280>. Acesso em: 6 ago. 2023

SANTOS, A. M. **Estudo da composição química do óleo essencial de *Aloysia gratissima* (Verbenaceae) em função da sazonalidade e seu potencial anticolinesterásico**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia—Jequié - Ba: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 12 nov. 2018. Disponível em: <<http://www2.uesb.br/ppg/ppgquimica/wp-content/uploads/2019/11/DISSERTA%C3%87%C3%83O-FINAL-DE-MESTRADO-EM-QU%C3%8DMICA-DE-ADILIO-MACEDO-VERS%C3%83O-FINAL.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2023

SANTOS, F. M. DOS. **Aspectos ecofisiológicos de *Aloysia gratissima* (Gillies et hook) troncoso [verbenaceae] associados à composição do óleo essencial e sua ação antimicrobiana**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Lavras – Lavras - MG: Universidade Federal de Lavras, 5 dez. 2007. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/2083/2/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Aspectos%20ecofisiol%C3%B3gicos%20de%20Aloysia%20gratissima%20%28Gillies%20et%20Hook%29%20Troncoso%20%5BVerbenaceae%5D%20as%20sociados%20%C3%A0%20composi%C3%A7%C3%A3o%20do%20%C3%B3leo%20essencial%20e%20sua%20a%C3%A7%C3%A3o%20antimicrobiana.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2023

SANTOS, E.L.; FREITAS, P. R.; ARAÚJO, A. C. J.; ALMEIDA, R. S.; TINTINO, S. R.; PAULO, C. L. R.; SILVA, A. C. A.; SILVA, L. E.; AMARAL, W.; DESCHAMPS, C.; JUNIOR, J. P. S.; FILHO, J. M. B.; DE SOUSA, G. R.; RIBEIRO-FILHO, J.; COUTINHO, H. D.M. Enhanced antibacterial effect of antibiotics by the essential oil of *Aloysia gratissima* (Gillies & Hook.) Tronc. and its major constituent beta-caryophyllene. **Phytomedicine Plus**, v. 1, n. 4, 1 nov. 2021a. <https://doi.org/10.1016/j.phyplu.2021.100100>.

SANTOS, E.L.; FREITAS, P. R.; ARAÚJO, A. C. J.; ALMEIDA, R. S.; TINTINO, S. R.; PAULO, C. L. R.; RIBEIRO-FILHO, J.; SILVA, A. C. A.; SILVA, L. E.; AMARAL, W.; DESCHAMPS, C.; JUNIOR, J. P. S.; FILHO, J. M. B.; DE SOUSA, G. R.; COUTINHO, H. D.M. Phytochemical characterization and antibiotic potentiating effects of the essential oil of *Aloysia gratissima* (Gillies & Hook.) and beta-caryophyllene. **South African Journal of Botany**, v. 143, p. 1–6, 1 dez. 2021b. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.07.046>.

SANTOS, F.M.; PINTO, J.E.B.P.; BERTOLUCCI, S.K.V.1; ALVARENGA, A.A.; ALVES, M.N.; DUARTE, M.C.T.; SARTORATTO, A. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil from the leaves and flowers of *Aloysia gratissima*. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 15, p. 583–588, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1516-05722013000400015>.

SANTOS, T. G.; LAEMMLE J.; REBELO, R. A.; DALMARCO, E. M.; CRUZ, A. B.; SCHMIT, A. P.; CRUZ, R. C. B.; ZENI, A. L. B. Chemical composition and antimicrobial activity of *Aloysia gratissima* (Verbenaceae) leaf essential oil. **Journal of Essential Oil Research**, v. 27, n. 2, p. 125–130, 4 mar. 2015. <https://doi.org/10.1590/S1516-05722013000400015>.

SILVESTRE, W. P.; PAULETTI, G. Óleo essencial cítrico: produção, composição e fracionamento. Em: **Citricultura do Rio Grande do Sul: indicações técnicas**. Porto Alegre: Secretária da Agricultura, Pecuária e Irrigação – SEAPI; DDPA. 2018, v. 1p. 245–266. ISBN: 978-85-54129-00-2. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/332229707_Oleo_essencial_citrico_producao_composicao_e_fracionamento/link/5ca75dd34585157bd323e5b9/download>. Acesso em: 15 jun. 2023.

TAIZ, L.; ZEIGER IAN MAX MØLLER, E.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal - 6ª Edição**. p. 888. v. 6. Porto Alegre: Artmed, 2017. ISBN 978-85-8271-367-9.