

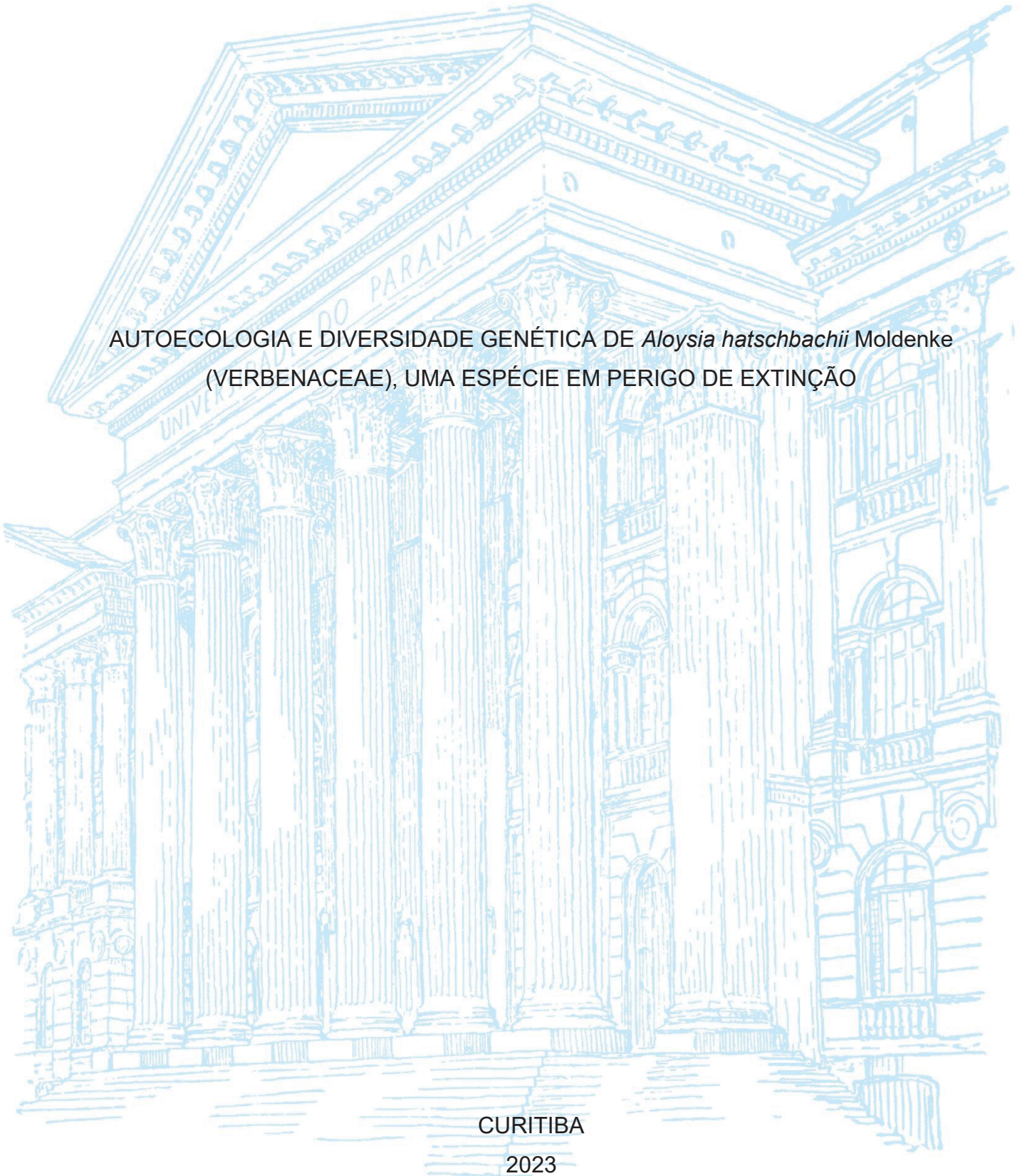
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

KYVIA PONTES TEIXEIRA DAS CHAGAS

AUTOECOLOGIA E DIVERSIDADE GENÉTICA DE *Aloysia hatschbachii* Moldenke
(VERBENACEAE), UMA ESPÉCIE EM PERIGO DE EXTINÇÃO

CURITIBA

2023



KYVIA PONTES TEIXEIRA DAS CHAGAS

AUTOECOLOGIA E DIVERSIDADE GENÉTICA DE *Aloysia hatschbachii* Moldenke
(VERBENACEAE), UMA ESPÉCIE EM PERIGO DE EXTINÇÃO

Tese apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Christopher Thomas Blum

Coorientador: Prof. Dr. Santiago José Elías Velazco
Prof. Dr. Tiago Montagna

CURITIBA

2023

Ficha catalográfica elaborada pela
Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira - UFPR

Chagas, Kyvia Pontes Teixeira das
Autoecologia e diversidade genética de *Aloysia hatschbachii* Moldenke
(Verbenaceae), uma espécie em perigo de extinção / Kyvia Pontes Teixeira das
Chagas. - Curitiba, 2023.

1 recurso on-line : PDF

Orientador: Prof. Dr. Christopher Thomas Blum

Coorientadores: Prof. Dr. Santiago José Elías Velazco

Prof. Dr. Tiago Montagna

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências
Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba,
04/09/2023.

1. Ecologia vegetal. 2. Fenologia. 3. Genética vegetal. 4. Verbenácea.
5. Verbenácea - Reprodução. 6. Plantas em extinção I. Blum, Christopher Thomas.
II. Velazco, Santiago José Elias. III. Montagna, Tiago. IV. Universidade Federal do
Paraná, Setor de Ciências Agrárias. V. Título.

CDD - 583.9

581.7

CDU - 582.949.1

581.5

Bibliotecária: Marilene do Rocio Veiga - CRB9/424

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação ENGENHARIA FLORESTAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **KYVIA PONTES TEIXEIRA DAS CHAGAS** intitulada: **AUTOECOLOGIA E DIVERSIDADE GENÉTICA DE *Aloysia hatschbachii* Moldenke (VERBENACEAE), UMA ESPÉCIE EM PERIGO DE EXTINÇÃO**, sob orientação do Prof. Dr. CHRISTOPHER THOMAS BLUM, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de doutora está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 04 de Setembro de 2023.

Assinatura Eletrônica

05/09/2023 17:25:48.0

CHRISTOPHER THOMAS BLUM

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

06/09/2023 10:35:01.0

DANIELE APARECIDA ALVARENGA ARRIEL

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA)

Assinatura Eletrônica

06/09/2023 10:17:16.0

ADELAR MANTOVANI

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC)

Assinatura Eletrônica

05/09/2023 15:44:18.0

FÁBIO DE ALMEIDA VIEIRA

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE)

Assinatura Eletrônica

06/09/2023 11:37:35.0

NELSON LUIZ COSMO

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Aos pesquisadores que seguem se esforçando para fazer ciência, principalmente os que se preocupam com a nossa natureza, dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer à Deus, por me guiar em cada escolha e por permitir que, apesar de todos os contratempos enfrentados, essa etapa fosse concluída.

Agradeço, com todo o amor do meu coração, à minha família, que entendeu minhas ausências e soube apoiar cada decisão tomada. Obrigada Mãe, por sempre me amparar. Pai, por me incentivar. Ayrana, por me ouvir. Felipe, por me encorajar. Manoel, Luís, Maria e Ruth, por me alegrarem dizendo um simples “tía” ou “títia”.

Agradeço especialmente aos meus grandes amigos, que cultivei durante as diversas etapas dessa vida, pelo incentivo, ouvidos, amor e fiel parceria. A vida é muito melhor quando compartilhada com vocês, obrigada por existirem e permanecerem.

À Universidade Federal do Paraná e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal pela oportunidade de ingressar no doutorado e executar este projeto. Juntamente, um imenso obrigada ao CNPq pela concessão da bolsa de estudo, a qual permitiu a realização da presente pesquisa.

Ao meu comitê de orientação, Santiago José Elías Velazco e Tiago Montagna, pelas leituras atenciosas, correções, sugestões e por sempre estarem dispostos a me ajudar, vocês foram fundamentais para a execução e conclusão dessa tese. Em especial, ao meu orientador Christopher Thomas Blum, por toda a parceria desde a procura pela espécie alvo até a finalização da etapa. Sou muito grata pela oportunidade de conhecer alguém tão encantado pela natureza.

Aos proprietários e vizinhos das áreas onde populações estudadas se encontram, Marlene, Paulinho, Juarez, Carlinhos e Ivo, obrigada por permitirem nosso acesso as áreas e por não se incomodarem com as nossas visitas mensais.

A Marcelo Brotto por nos ter indicado a espécie alvo dessa tese. E ao pessoal do Herbário Escola de Florestas Curitiba e do Laboratório de Ecologia Florestal da UFPR, pelas conversas e parceria no dia a dia. Em especial aos amigos cujos laços ultrapassaram o ambiente acadêmico e hoje ocupam um lugar especial no meu coração: Inti de Souza, Gabriela Ribeiro, Konrado Broetto e Renata Paschoal, vocês tornaram tudo mais divertido. Obrigada pelas longas e agradáveis conversas.

Aos membros do Núcleo de Pesquisas em Florestas Tropicais da UFSC, por toda a parceria na realização das análises laboratoriais de genética, além das enriquecedoras discussões. Em especial, a Peggy Thalmayr e Alison Bernardi, pelo apoio nas fases iniciais e por estarem dispostos a esclarecerem as minhas dúvidas.

Agradeço também a Loïsiana Feuser e sua família por terem me acolhido em Florianópolis e deixar os dias cansativos bem mais leves.

Ao pessoal do Laboratório de Sementes Florestais da UFPR pelo auxílio na execução das longas análises envolvendo as sementes, além da companhia em inúmeros almoços e cafés. Em especial, a Dagma Kratz, Simone Pereira e Leticia Walter. E aos professores da Universidade Federal do Paraná, Franklin Galvão e Nelson Cosmo pela companhia no LECOF e pelas conversas norteadoras, muitas vezes acompanhadas por um bom café.

Aos meus professores da vida inteira, obrigada por indiretamente serem uma fonte de exemplo e determinação. Essa é, sem dúvidas, a profissão mais bela do mundo inteiro, espero que mais pessoas enxerguem isso. Assim, agradeço imensamente à Fábio Vieira, Cristiane Fajardo, Augusto Santana e Malcon do Prado, meus professores na graduação e que incentivaram todo o meu percurso acadêmico. Em especial, à minha primeira professora, Brenda Praxedes (mãe), que sempre me disse: "filho de professor tem dois caminhos, odeia estudar ou quer ser professor". Acho que escolhi certo.

As minhas companheiras de residência (ap 05), Fernanda Moura, Stephanie Hellen, Daniela Minini e Daiane Moura, obrigada pela amizade e por todo carinho envolvido nesses anos. Ter vocês por perto deixou meu dia a dia melhor e muito mais feliz. Que sorte a minha ter dividido casa com vocês.

À Ageu Freire, por ser a minha melhor companhia, dividir a rotina ou o trabalho contigo sempre é motivo de felicidade. Obrigada pelas ajudas nas idas a campo e por ser um verdadeiro amigo.

À Edilaine Duarte, sua amizade é o melhor presente que Curitiba poderia ter me dado. Obrigada também por todas as conversas e ajuda nos trabalhos acadêmicos.

À Felipe Manzoni, por toda a parceira, irmandade, amizade e ajuda durante a construção e execução do doutorado. Somos uma equipe! Conversar e trabalhar contigo são coisas extremamente gratificantes.

À Francival Felix, meu amigo de muitos anos, obrigada pela sua amizade, companhia e por sempre estar ao meu lado. Sou imensamente grata por toda parceria nesse tumultuado doutorado e ao longo da nossa compartilhada vida acadêmica.

À Manu Guaraná, pelo companheirismo, amizade, incentivo, bondade e ajudas acadêmicas. Seu coração é uma das coisas mais lindas que existem, obrigada por cada momento compartilhado.

À Tarcila Lins, minha prima de coração, obrigada por sua companhia em mil e um rolês aleatórios fez com que Curitiba parecesse lar.

À Thiago Cardoso, obrigada por dividir a vida curitibana comigo, você sempre esteve presente e conseqüentemente fez tudo ser melhor.

A todos os amigos e colegas da pós-graduação, por cada momento compartilhado. Em especial à Maycon Thuan por ter me oferecido o primeiro café, você é sempre uma lembrança boa; À Cibelle Reis por todo amor e carinho que transborda em cada abraço acolhedor; À Gabriel Orso e Rafael Brown pela parceira, especialmente durante a infinita quarentena; À Ivana Dias por muitas vezes ter alegrado meu dia com uma simples conversa; À José Augusto pela parceira em inúmeras situações, desde dos shows de rock a uma chuva de granizo; À Maick Silva, Iaci Dandara, Franciele Alba, João Madi, Antonio Woycikiewicz, Cícero Dolácio, Rudson Oliveira, Kauana Engel, Lucas Moura e Theonizi Albuês, pelas ocasiões compartilhadas, sejam as conversas, festas, jogos de vôlei, passeios, cafés e os momentos de reclamação, ter vocês por perto possibilitou uma jornada mais alegre.

Gostaria de agradecer também a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a execução e conclusão desse trabalho de tese. As vezes não enxergamos, mas existem muitas pessoas envolvidas para que as coisas deem certo.

Por fim, quero deixar claro que no decorrer da vida passamos por muitos caminhos, alguns longos, cansativos e tumultuados, e outros curtos e tranquilos. Essa experiência não foi tranquila como eu esperava, mas foi muito mais leve graças as pessoas especiais que conheci. Cultivei os antigos e fiz novos amigos, e com eles tive a oportunidade de dividir tantos momentos... foram disciplinas, trabalhos, passeios, refeições, shows, filmes, festas, viagens, desabafos e muitos campos. Cada coisinha fortaleceu esse vínculo que foi criado de um modo tão natural. Eu só tenho a agradecer a cada um por existirem e tornarem esse período, principalmente o caos pandêmico, mais feliz.

Muitíssimo obrigada!

“Onde pões a tua mão, imprime a tua marca.
Não importa se algum dia as digitais serão ou não analisadas.
Onde põe a tua mão, a tua mão ficará.”

(Luísa Freire, *Imagens - Uma Antologia de Inéditos de Luísa Freire*)

RESUMO

Atividades antrópicas podem promover alterações demográficas, reprodutivas e de distribuição das populações vegetais, como ocorre com *Aloysia hatschbachii*, arbusto endêmico de campos naturais da porção sul do Primeiro Planalto Paranaense. Neste âmbito, foram objetivos desta tese: 1) analisar sistematicamente todos os artigos científicos em escala mundial envolvendo o gênero *Aloysia* até 2021; 2) avaliar o padrão fenológico e a biologia floral de *A. hatschbachii*; 3) avaliar a diversidade genética de três subpopulações remanescentes de *A. hatschbachii*; e 4) compreender o comportamento germinativo e a viabilidade de armazenamento das sementes dessa espécie. Para a revisão sistemática foi realizada busca nos bancos de dados *Scopus* e *Web of Science*, sendo avaliados 434 artigos. No âmbito do estudo fenológico foram avaliadas mensalmente as fenofases vegetativas e reprodutivas de 60 indivíduos de subpopulações situadas em ambiente natural, no município de Piên, Paraná. Na análise dos dados utilizou-se os índices de atividade e de intensidade de Fournier, assim como a estatística circular. Adicionalmente, foi realizado o estudo da biologia floral por meio de análise das estruturas florais e de viabilidade polínica. Para estudar a diversidade genética foram coletadas amostras foliares de 150 indivíduos, que foram analisadas por meio de marcadores isoenzimáticos. A partir da interpretação dos locos foram calculados os índices genéticos. Na abordagem de germinação foram quantificados o peso de mil sementes, o teor de água e a biometria das sementes. Foram também realizados experimentos para testar: quatro tratamentos pré-germinativos; dois substratos e quatro temperaturas em esquema fatorial de interação (2x4); além de quatro períodos de armazenamento. Os artigos sobre *Aloysia* foram oriundos de 41 países, com destaque para o Brasil, que alcançou 117 artigos (30%). Em 15% dos artigos não foram informados o país de origem do material vegetal, e em 47(24%) artigos não foi mencionado o tipo de vegetação onde as espécies estavam localizadas. Os artigos envolveram apenas onze espécies, o que representa <40% da riqueza do gênero. A maioria dos estudos se concentrou em poucas espécies e nos seus compostos químicos. *A. hatschbachii* se caracterizou por fenofases vegetativas de ocorrência regular e fenofases reprodutivas com ocorrência irregular e de menor intensidade, com exceção de fruto senescente, presente durante os 24 meses. Foi verificado padrão sazonal apenas para as fenofases antese floral e fruto imaturo. Os eventos botão e antese floral apresentaram correlação positiva com temperaturas (máximas, médias e mínimas) e fotoperíodo. Os frutos imaturos se correlacionaram positivamente com temperatura mínima e umidade relativa. Frutos senescentes se correlacionaram negativamente com temperatura máxima e fotoperíodo. As flores de *A. hatschbachii* são pequenas, hermafroditas e possuem grãos de pólen com elevada viabilidade. Sobre a diversidade genética, os dez sistemas isoenzimáticos utilizados possibilitaram a interpretação de 12 locos, sendo sete polimórficos. As subpopulações de *A. hatschbachii* apresentaram baixa diversidade genética e excesso de homocigotos, em especial na subpopulação mais isolada. Verificou-se que há maior variabilidade genética dentre indivíduos do que entre as subpopulações. As sementes de *A. hatschbachii* são pequenas, leves e elipsoides. O melhor desempenho de germinação ocorreu aos 20 e 25 °C, ainda que com baixo potencial germinativo (29-32%) e germinação irregular. O armazenamento por 60 dias resultou em redução de 49% na germinação. Os resultados obtidos representam importante contribuição ao conhecimento ecológico de *A. hatschbachii*, podendo ser utilizados em programas que visem a conservação da espécie.

Palavras-chave: Revisão sistemática. Fenologia. Isoenzimas. Germinação. Estepe Gramíneo lenhosa

ABSTRACT

Anthropogenic activities can promote demographic, reproductive and distribution changes in plant populations, as occurs for *Aloysia hatschbachii*, a endemic shrub of natural grasslands of the southern portion of the First Plateau of Paraná. In this context, the objectives of this thesis were: 1) to analyze systematically all scientific articles worldwide involving the genus *Aloysia* until 2021; 2) evaluate the phenological pattern and the floral biology of *A. hatschbachii*; 3) to evaluate the genetic diversity of three remaining subpopulations of *A. hatschbachii*; and 4) understand the germination behavior and storage viability of seeds of this species. For the systematic review, a search was carried out in the Scopus and Web of Science databases, evaluating 434 articles. For the phenological study, the vegetative and reproductive phenophases of 60 individuals, from subpopulations located in its natural environment in the municipality of Piên, Paraná, were monthly evaluated. In the data analysis, the indices of activity and intensity of Fournier were used, as well as circular statistics. Additionally, the study of floral biology was carried out through the analysis of floral structures and pollen viability. To study the genetic diversity, leaf samples were collected from 150 individuals, which were analyzed using isoenzyme markers. Based on the interpretation of the loci, the genetic indices were calculated. In the germination approach, the weight of a thousand seeds, the water content and the biometry of the seeds were quantified. Experiments were also carried out to test: four pre-germination treatments; two substrates and four temperatures in a factorial interaction scheme (2x4); and four storage periods. Articles on *Aloysia* came from 41 countries, with emphasis on Brazil, which reached 117 articles (30%). In 15% of the articles, the country of origin of the plant material was not informed, and in 47 (24%) articles the type of vegetation where the species were located was not mentioned. The articles involved only eleven species, which represents <40% of the richness of the genus. Most studies have focused on few species and their chemical compounds. *A. hatschbachii* was characterized by vegetative phenophases of regular occurrence and reproductive phenophases with irregular occurrence and lower intensity, except for senescent fruit, present during the 24 months. A seasonal pattern was verified only for the floral anthesis and immature fruit phenophases. The bud and floral anthesis events showed a positive correlation with temperatures (maximum, average and minimum) and photoperiod. Immature fruits correlated positively with minimum temperature and relative humidity. Senescent fruits were negatively correlated with maximum temperature and photoperiod. The flowers of *A. hatschbachii* are small, hermaphrodite and have pollen grains with high viability. Regarding genetic diversity, the ten isoenzyme systems allowed the interpretation of 12 loci, seven of which were polymorphic. The subpopulations of *A. hatschbachii* showed low genetic diversity and an excess of homozygotes, especially in the most isolated subpopulation. It was found that there is a greater genetic variability among individuals than among subpopulations. *A. hatschbachii* seeds are small, light and ellipsoid. The best germination performance occurred at 20 and 25 °C, although with low germination potential (29-32%) and irregular germination. Storage for 60 days resulted in a 49% reduction in germination. The results obtained represent an important contribution to the ecological knowledge of *A. hatschbachii* and can be used in programs with the goal of conservation of this species.

Keywords: Systematic review. Phenology. Isoenzymes. Germination. Natural Grasslands

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – PRODUÇÃO CIENTÍFICA ANUAL (1973-2021) MUNDIAL SOBRE ESPÉCIES DO GÊNERO <i>Aloysia</i>	26
FIGURA 2 – PRINCIPAIS PERIÓDICOS DE PUBLICAÇÃO DOS ARTIGOS SOBRE <i>Aloysia</i> DE 1973 ATÉ 2021.....	27
FIGURA 3 – DISTRIBUIÇÃO MUNDIAL DOS ARTIGOS SOBRE <i>Aloysia</i> DE 1973 ATÉ 2021 E O NÚMERO DE CITAÇÕES DOS PAÍSES MAIS CITADOS.....	27
FIGURA 4 – NÚMERO DE PUBLICAÇÕES E CITAÇÕES DOS PRINCIPAIS AUTORES ENVOLVENDO <i>Aloysia</i> DE 1973 ATÉ 2021.....	28
FIGURA 5 - INSTITUIÇÕES DE AFILIAÇÃO DOS AUTORES DE ARTIGOS SOBRE <i>Aloysia</i> EM ESCALA MUNDIAL, DE 1973 ATÉ 2021.....	29
FIGURA 6 - NUVEM DAS PALAVRAS-CHAVE MAIS ENCONTRADAS EM ARTIGOS SOBRE <i>Aloysia</i> EM NÍVEL MUNDIAL ATÉ 2021, COM ESCALA DE TAMANHO PROPORCIONAL A FREQUÊNCIA DE UTILIZAÇÃO.....	29
FIGURA 7- FREQUÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DOS TERMOS EM ARTIGOS ENVOLVENDO <i>Aloysia</i> DE ACORDO COM O PASSAR DOS ANOS.....	30
FIGURA 8 - NÚMERO DE ARTIGOS POR ESPÉCIES DE <i>Aloysia</i> EM NÍVEL MUNDIAL DE 1973 ATÉ 2021.....	31
FIGURA 9 - PRINCIPAIS ÁREAS DE ESTUDO DOS ARTIGOS ENVOLVENDO <i>Aloysia</i> EM NÍVEL MUNDIAL ATÉ 2021.....	32
FIGURA 10 - LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DAS TRÊS SUBPOPULAÇÕES ESTUDADAS DE <i>Aloysia hatschbachii</i> , NO MUNICÍPIO DE PIÊN – PARANÁ, BRASIL.....	43
FIGURA 11 - CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS DAS SUBPOPULAÇÕES DE <i>Aloysia hatschbachii</i> (A). ÁREA PROXIMAS A PLANTIOS AGRÍCOLAS E FLORESTAIS (B) E AFLORAMENTOS ROCHOSOS (C).....	43
FIGURA 12 - FENOFASES VEGETATIVAS E REPRODUTIVAS DE <i>Aloysia hatschbachii</i> . FOLHA JOVEM (A), FOLHA ADULTA (B), FOLHA SENESCENTE (C), BOTÕES FLORAIS (D), FLOR EM ANTESE (E),	

FRUTO IMATURO (F), FRUTO MADURO (G) E FRUTO SENESCENTE (H).....	44
FIGURA 13 - VARIÁVEIS CLIMÁTICAS DURANTE O PERÍODO DE MONITORAMENTO FENOLÓGICO DE <i>Aloysia hatschbachii</i> (JUNHO DE 2020 A MAIO DE 2022). A) FOTOPERÍODO (HORAS) E PRECIPITAÇÃO (MM); B) RADIAÇÃO (W/M ²), UMIDADE RELATIVA DO AR (%), TEMPERATURA MÁXIMA (°C), TEMPERATURA MÉDIA (°C) E TEMPERATURA MÍNIMA (°C).	46
FIGURA 14 - ÍNDICE DE ATIVIDADE DOS EVENTOS FENOLÓGICOS VEGETATIVOS DE <i>Aloysia hatschbachii</i> EM DOIS ANOS DE OBSERVAÇÃO.....	47
FIGURA 15 - ÍNDICE DE ATIVIDADE DOS EVENTOS FENOLÓGICOS REPRODUTIVOS DE <i>Aloysia hatschbachii</i> EM DOIS ANOS DE OBSERVAÇÃO.....	48
FIGURA 16 - COMPORTAMENTO FENOLÓGICO VEGETATIVO DE <i>Aloysia hatschbachii</i> . AS BARRAS VERMELHAS REPRESENTAM OS INDIVÍDUOS COM A FENOFASE NO PRIMEIRO ANO DE OBSERVAÇÃO, AS AZUIS REPRESENTAM OS INDIVÍDUOS COM A FENOFASE NO SEGUNDO ANO. AS LINHAS CENTRAIS REPRESENTAM O ÂNGULO MÉDIO, COMPRIMENTO DO VETOR MÉDIO (R) E O ERRO PADRÃO DA MÉDIA, PARA CADA ANO CORRESPONDENTE.....	50
FIGURA 17 - COMPORTAMENTO FENOLÓGICO REPRODUTIVO DE <i>Aloysia hatschbachii</i> . AS BARRAS VERMELHAS REPRESENTAM OS INDIVÍDUOS COM A FENOFASE NO PRIMEIRO ANO DE OBSERVAÇÃO, AS AZUIS REPRESENTAM OS INDIVÍDUOS COM A FENOFASE NO SEGUNDO ANO. AS LINHAS CENTRAIS REPRESENTAM O ÂNGULO MÉDIO, COMPRIMENTO DO VETOR MÉDIO (R) E O ERRO PADRÃO DA MÉDIA, PARA CADA ANO CORRESPONDENTE.....	51
FIGURA 18 - DESENVOLVIMENTO DAS FASES REPRODUTIVAS DE <i>Aloysia hatschbachii</i> , DO BOTÃO A SEMENTE (A). FLOR COM CORTE LONGITUDINAL PARA VISUALIZAÇÃO INTERNA (B), COM DETALHE PARA O GINECEU, ANDROCEU E GRÃOS DE PÓLEN	

NAS ANTERAS E ESTIGMA. GRÃOS DE PÓLEN NO AUMENTO DO MICROSCÓPIO DE 10X (C) E DE 40X, NA VISTA POLAR E VISTA EQUATORIAL DO PÓLEN (D).....	52
FIGURA 19 – LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DAS SUBPOPULAÇÕES DE <i>Aloysia hatschbachii</i> NO MUNICÍPIO DE PIÊN – PARANÁ, BRASIL.	65
FIGURA 20 – METODOLOGIA UTILIZADA PARA A ANÁLISE DA DIVERSIDADE GENÉTICA DAS SUBPOPULAÇÕES DE <i>Aloysia hatschbachii</i>	67
FIGURA 21 - REPRESENTAÇÃO DOS AGRUPAMENTOS GENÉTICOS DAS TRÊS SUBPOPULAÇÕES DE <i>Aloysia hatschbachii</i> NO MUNICÍPIO DE PIÊN – PARANÁ, BRASIL. A COR EM CADA BARPLOT REPRESENTA A PROBABILIDADE DE CADA INDIVÍDUO PERTENCER A UM CLUSTER GENÉTICO.....	71
FIGURA 22 - FRUTO DE <i>Aloysia hatschbachii</i> COM ESTRUTURA PILOSA, DIFERENTES FACES DAS SEMENTES E PROTUSÃO RADICULAR (A); ESTÁGIOS DE GERMINAÇÃO E ESTABELECIMENTO DAS PLÂNTULAS (B); E DIFERENTES ESTÁGIOS DO DESENVOLVIMENTO FOLIAR DAS PLÂNTULAS (C).	87
FIGURA 23 – VALORES MÉDIOS DE GERMINAÇÃO (%) E ÍNDICE DE VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO (IVG) DE SEMENTES DE <i>Aloysia hatschbachii</i> EM FUNÇÃO DAS DIFERENTES TEMPERATURAS. .	89
FIGURA 24 - GERMINAÇÃO (%) E ÍNDICE DE VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO (IVG) DE SEMENTES DE <i>Aloysia hatschbachii</i> EM FUNÇÃO DOS DIAS DE ARMAZENAMENTO EM CÂMARA FRIA.	90

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – RESULTADOS DA ESTATÍSTICA CIRCULAR CONSIDERANDO A INTENSIDADE DAS VARIÁVEIS FENOLÓGICAS VEGETATIVAS E REPRODUTIVAS DE <i>Aloysia hatschbachii</i> EM DOIS ANOS DE AVALIAÇÃO.....	49
TABELA 2 – RESULTADOS DO TESTE DE WATSON-WILLIAMS (F) ENTRE ANOS PARA OS ÍNDICES DE INTENSIDADE DAS FENOFASES REPRODUTIVAS E VEGETATIVAS DE <i>Aloysia hatschbachii</i>	50
TABELA 3 – CORRELAÇÃO DE SPEARMAN DAS FENOFASES VEGETATIVAS E REPRODUTIVAS DE <i>Aloysia hatschbachii</i> COM AS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS PARA O MÊS DA OBSERVAÇÃO.....	51
TABELA 4 – SISTEMAS ISOENZIMÁTICOS UTILIZADOS PARA A ANÁLISE GENÉTICA DAS SUBPOPULAÇÕES DE <i>Aloysia hatschbachii</i> , CÓDIGO (EC - ENZYME COMMISSION) E NÚMERO DE LOCOS AVALIADOS.....	68
TABELA 5 - FREQUÊNCIAS ALÉLICAS EM 12 LOCOS ISOENZIMÁTICOS DE TRÊS SUBPOPULAÇÕES DE <i>Aloysia hatschbachii</i> NO MUNICÍPIO DE PIÊN, PR.....	69
TABELA 6 - ÍNDICES DE DIVERSIDADE GENÉTICA DE INDIVÍDUOS ADULTOS EM TRÊS SUBPOPULAÇÕES DE <i>Aloysia hatschbachii</i> NO MUNICÍPIO DE PIÊN, PR.....	70
TABELA 7 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA MOLECULAR (AMOVA) EM TRÊS SUBPOPULAÇÕES DE <i>Aloysia hatschbachii</i> NO MUNICÍPIO DE PIÊN, PR.....	70
TABELA 8 - CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS DE SEMENTES DE <i>Aloysia hatschbachii</i>	87
TABELA 9 - GERMINAÇÃO, ÍNDICE DE VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO (IVG) E PRIMEIRA CONTAGEM DE GERMINAÇÃO EM DIAS (PG) DE SEMENTES DE <i>Aloysia hatschbachii</i> EM DIFERENTES TRATAMENTOS PRÉ-GERMINATIVOS.	88
TABELA 10 - GERMINAÇÃO, ÍNDICE DE VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO (IVG) E PRIMEIRA CONTAGEM DE GERMINAÇÃO (PG) DE SEMENTES DE	

<i>A. hatschbachii</i> EM DIFERENTES TEMPERATURAS E SUBSTRATOS.....	89
TABELA 11 - GERMINAÇÃO, ÍNDICE DE VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO (IVG) E PRIMEIRA CONTAGEM DE GERMINAÇÃO (PG) DE SEMENTES DE <i>A. hatschbachii</i> SUBMETIDAS AO ARMAZENAMENTO EM CÂMARA FRIA.....	90

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL.....	16
1.1 OBJETIVOS	18
Objetivo geral	18
Objetivos específicos	18
1.2 REFERÊNCIAS	19
2 REVISÃO SISTEMÁTICA DO GÊNERO <i>Aloysia</i> PALAU (VERBENACEAE)	23
2.1 INTRODUÇÃO	23
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	25
Revisão sistemática	25
Estado da arte	25
2.3 RESULTADOS	26
Revisão sistemática	26
Estado da arte	30
2.4 DISCUSSÃO	32
2.5 CONCLUSÕES	35
2.6 REFERÊNCIAS	35
3 COMPORTAMENTO FENOLÓGICO E BIOLOGIA FLORAL DE <i>Aloysia hatschbachii</i> MOLDENKE: UMA ESPÉCIE EM PERIGO DE EXTINÇÃO.....	40
3.1 INTRODUÇÃO	41
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	42
Área de estudo	42
Dados fenológicos	43
Dados florais	45
Dados meteorológicos.....	45
Análise dos dados fenológicos	46
3.3 RESULTADOS	47
Fenologia vegetativa e reprodutiva	47
Biologia reprodutiva.....	52
3.4 DISCUSSÃO	53
3.5 CONCLUSÕES	56
3.6 REFERÊNCIAS	56

4 DIVERSIDADE GENÉTICA DE <i>Aloysia hatschbachii</i> MOLDENKE: UMA ESPÉCIE EM PERIGO DE EXTINÇÃO NAS PAISAGENS DE CAMPO NATURAL	62
4.1 INTRODUÇÃO	63
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	64
Área de estudo	64
Material coletado	65
Análise dos dados	68
4.3 RESULTADOS	69
4.4 DISCUSSÃO	71
4.5 CONCLUSÕES	73
4.6 REFERÊNCIAS	74
5 PROPAGAÇÃO DA ESPÉCIE AMEAÇADA <i>Aloysia hatschbachii</i> MOLDENKE: MORFOLOGIA E GERMINAÇÃO DAS SEMENTES	82
5.1 INTRODUÇÃO	83
5.2 MATERIAL E MÉTODOS	84
Coleta de dados	84
Análise estatística	85
5.3 RESULTADOS	86
Dormência	88
Substrato e temperatura	88
Armazenamento	89
5.4 DISCUSSÃO	90
5.5 CONCLUSÕES	93
5.6 REFERÊNCIAS	94
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	99
REFERÊNCIAS	101
ANEXO 1 – LISTA DE ARTIGOS ANALISADOS NA REVISÃO SISTEMÁTICA DO GÊNERO <i>Aloysia</i>	122

1 INTRODUÇÃO GERAL

A conservação da diversidade de espécies é crucial para a manutenção dos ecossistemas e para a sustentabilidade do planeta. O Brasil é um país de imensa riqueza natural, com mais de 20.000 espécies vegetais endêmicas (FORZZA et al., 2010; FLORA DO BRASIL, 2022). No entanto, um de seus principais desafios é a preservação desta diversidade de espécies, visto que mais de 3.200 táxons vegetais brasileiros são classificados como ameaçados de extinção (MMA, 2022). Esse fato representa um risco tanto à biodiversidade quanto aos serviços ecossistêmicos que essas plantas fornecem. Para tentar minimizar esse risco é necessário compreender melhor os aspectos ecológicos das espécies, juntamente com as suas relações bióticas e abióticas.

As condições ambientais são um fator decisivo na distribuição de ocorrência de espécies vegetais, sendo que algumas plantas possuem comportamento de ocupação geográfica mais especialista do que outras (FONTANA et al., 2014). Este comportamento especialista é responsável por determinar o nível de tolerância, bem como a capacidade de desenvolvimento dos indivíduos quando dispostos em situações ambientais adversas (KIDANE et al., 2019). Neste contexto, destacam-se as espécies raras, definidas de acordo com a especificidade e restrição no ambiente de ocorrência (PRIMACK, 1993).

As espécies raras são mais suscetíveis às mudanças climáticas do que aquelas de ampla distribuição, sendo geralmente menos plásticas (VINCENT et al., 2020). Essa susceptibilidade torna fundamental uma compreensão mais aprofundada sobre sua autoecologia, principalmente pela maior vulnerabilidade à extinção (CIANFAGLIONE; BIORET, 2018; FACHIM; GUARIM, 1995). O risco de extinção está vinculado às características intrínsecas das espécies e dos ecossistemas, principalmente em ambientes abertos não florestais, como o caso dos campos naturais (BELO et al., 2013; VIANA; LOMBARDI, 2007). No Paraná, os ambientes de campo são bastante vulneráveis, em parte pela expressão geográfica restrita, ocorrendo geralmente nas áreas de planalto mais elevadas (RODERJAN et al., 2002), e também por serem muito afetados pela expansão agrícola, e terem sido ainda insuficientemente pesquisados (DUARTE et al., 2007; GALVÃO; AUGUSTIN, 2011).

Em muitas regiões do mundo a pressão antrópica tem ocorrido de forma desordenada, ocasionando a fragmentação de áreas naturais e o isolamento de subpopulações, reduzindo a diversidade genética e, conseqüentemente, acentuando

o efeito da deriva genética e a endogamia (TELLES et al., 2014). Além disso, a antropização naturalmente tem efeitos negativos representativos na vegetação, podendo causar decréscimos populacionais significativos e uma restrição do fluxo de polinizadores e dispersores (HEINICKE et al., 2016; MCGREGOR et al., 2008; OYAMA et al., 2017; YOKOCHI et al., 2015). Dessa maneira, as populações remanescentes sofrem alterações nos padrões de fluxo gênico e têm sua variabilidade e estrutura genética alteradas (DELANEY et al., 2010, HOLDEREGGER; GIULIO, 2010). Neste contexto, ter conhecimento sobre a diversidade genética das plantas é necessário para compreender a distribuição da diversidade e suas relações com o meio ambiente.

No entanto, além das informações genéticas, os dados sobre o comportamento ecológico das espécies são de suma importância para o estabelecimento de estratégias conservacionistas, bem como para programas de restauração da vegetação (ELITH et al., 2011; WANG, et al., 2016). Nesse sentido, os estudos sobre biologia reprodutiva e fenologia servem de subsídio para descrever o comportamento e compreender a dinâmica da espécie, bem como sua interação com os fatores ambientais (DU et al., 2020; INOUE et al., 2020; GÉLVEZ-ZÚÑIGA et al., 2018). Somadas a essas informações, pesquisas envolvendo o potencial germinativo das sementes são essenciais (DIONISIO et al., 2017). Além disso, definir o melhor tipo de substrato, temperatura e tratamentos pré-germinativos a serem utilizados, bem como quantificar a viabilidade das sementes no decorrer do tempo, entre outros fatores, facilitam o estabelecimento de protocolos eficientes de propagação, manejo e conservação da espécie (KUNDU et al., 2020; LEPERLIER et al., 2020; DE VITIS et al., 2014).

Diante do exposto, é evidente que os estudos envolvendo espécies raras e ameaçadas são cada vez mais necessários. Neste contexto, *Aloysia hatschbachii* Moldenke (Verbenaceae) é uma espécie classificada como em perigo de extinção (EN) e com poucos registros catalogados (CNCFLORA, 2020; SPECIESLINK, 2020). É uma planta nativa do Brasil de porte arbustivo, com cerca de 1,5 m de altura, caule e ramos delgados com coloração marrom (MOLDENKE, 1969; SEGECIN, 1995; O'LEARY et al., 2016). As folhas são opostas cruzadas, curto pecioladas, recobertas por tricomas, coriáceas, lanceoladas e serradas. As inflorescências brotam nas axilas das folhas, possuem 7 a 9 cm de comprimento e apresentam um elevado número de flores de coloração esbranquiçada (SEGECIN, 1995). Segundo Moldenke

(1969), a espécie ocorre em campos rochosos sob clima subtropical, na região de divisa do estado do Paraná com Santa Catarina. Apesar de fazer parte de um gênero com potencial medicinal (O'LEARY et al., 2016), ainda há carência de estudos sobre seu comportamento ecológico e suas propriedades químicas, o que aponta para a necessidade de estudos enfoquem estes aspectos.

1.1 OBJETIVOS

Objetivo geral

Caracterizar aspectos fenológicos, de reprodução e da diversidade genética de *Aloysia hatschbachii*, visando gerar subsídios para sua conservação.

Objetivos específicos

- Revisar sistematicamente os estudos sobre o gênero *Aloysia* no mundo e verificar se os aspectos ecológicos e de conservação das espécies estão sendo levados em consideração nas pesquisas.
- Caracterizar o padrão dos eventos fenológicos reprodutivos e vegetativos, sua relação com variáveis meteorológicas e a estrutura das flores de *Aloysia hatschbachii* em subpopulações naturais.
- Analisar os níveis de diversidade genética nas subpopulações de *Aloysia hatschbachii* e como essa diversidade está distribuída.
- Compreender o comportamento germinativo utilizando diferentes tratamentos pré-germinativos, substratos e temperaturas, bem como quantificar a capacidade germinativa de sementes de *Aloysia hatschbachii* submetidas a armazenamento.
- Propor, com base nos resultados, pesquisas futuras e estratégias de conservação para as populações de *Aloysia hatschbachii*.

1.2 REFERÊNCIAS

BELO, R. M.; NEGREIROS, D.; FERNANDES, G. W.; SILVEIRA, F. A. O.; RANIERI, B. D.; MORELLATO, P. C. Fenologia reprodutiva e vegetativa de arbustos endêmicos de campo rupestre na Serra do Cipó, Sudeste do Brasil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 64, n. 4, p. 817-828, 2013.

CENTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DA FLORA (CNCFLORA). Lista Vermelha. Disponível em: <<http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/>>. Acesso em 25 nov. 2020.

CIANFAGLIONE K.; BIORET F. **Autoecological and Synecological Resilience of *Angelica heterocarpa* M.J. Lloyd, Observed in the Loire Estuary (France)**. In: Greller A., Fujiwara K., Pedrotti F. (eds) Geographical Changes in Vegetation and Plant Functional Types. Geobotany Studies (Basics, Methods and Case Studies). Springer, 2018.

DE VITIS, M.; SEAL, C. E.; ULIAN, T.; PRITCHARD, H. W.; MAGRINI, S.; FABRINI, G.; MATTANA, E. Rapid adaptation of seed germination requirements of the threatened Mediterranean species *Malcolmia littorea* (Brassicaceae) and implications for its reintroduction. **South African Journal of Botany**. v. 94, p. 46-50, 2014.

DELANEY, K. S., RILEY, S. P. D., FISHER, R. N. A rapid, strong, and convergent genetic response to urban habitat fragmentation in four divergent and widespread vertebrates. **PloS One**. v. 5, n. 9, p. 1-11, 2010.

DIONISIO, L. F. S.; SMIDERLE, O. J.; MONTENEGRO, R. A.; MARTINS, W. B. R.; SIMÕES, P. H. O.; ARAÚJO, D. G. Emergência e crescimento inicial de plântulas de *Swietenia macrophylla* (King) em função da posição da semente e presença do endocarpo. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 60, n. 2, p. 125-130, 2017. <https://doi.org/10.4322/rca.10573>.

DU, Y.; DANFENG, L.; YANG, X.; PENG, D.; TANG, X.; LIU, H.; DONGHAI, L.; HONG, X.; SONG, X. Reproductive phenology and its drivers in a tropical rainforest national park in China: Implications for Hainan gibbon (*Nomascus hainanus*) conservation. **Global Ecology and Conservation**. v. 24, e01317, 2020.

DUARTE, L. D.; CARLUCCI, M.B.; HARTZ, S.M.; PILLAR, V.D. Plant dispersal strategies and the colonization of Araucaria Forest patches in a grassland-forest mosaic. **Journal of Vegetation Science**, 18, 847–858, 2007.

ELITH, J.; KEARNEY, M.; PHILLIPS, S. The art of modelling range-shifting species. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 1, p. 330-342, 2010.

FACHIM, E.; GUARIM, V. L. M. S. Conservação da biodiversidade: espécies da flora de Mato Grosso. **Acta Botânica Brasílica**. v. 9, n. 2, p. 281-287, 1995.

FONTANA, C.; GASPER, A. L.; SEVEGNANI, L. Espécies raras e comuns de Myrtaceae da Floresta Estacional Decidual de Santa Catarina, Brasil. **Rodriguésia**, v. 65, n. 3, p. 767-776, 2014.

FORZZA, RC., org., et al. INSTITUTO DE PESQUISAS JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO. **Catálogo de plantas e fungos do Brasil** [online]. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio: Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2010. 828 p. Vol. 2. ISBN 978-85- 8874-243-7.

GALVÃO, F.; AUGUSTIN, C. A gênese dos campos sulinos. **Floresta**,v. 41, n. 1. p. 191-200, 2011.

GÉLVEZ-ZÚÑIGA, I.; NEVES, A. C.; TEIXIDO, A. L.; FERNANDES, G. W. Reproductive biology and floral visitors of *Collaea cipoensis* (Fabaceae), an endemic shrub of the rupestrian grasslands. **Flora**. v. 238, p. 129-137, 2018.

HEINICKE, S.; HENSENA, I.; ROSCHEA, C.; HANSELMANN, D.; GUDKOVA, P. D.; SILANTEVA, M. M.; WESCHE, K. Fragmentation and environmental constraints influence genetic diversity and germination of *Stipa pennata* in natural steppes. **Flora**, Jena, v. 224, p. 42–49, 2016.

HOLDEREGGER, R.; GIULIO, M. D. I. The genetic effects of roads: a review of empirical evidence. **Basic and Applied Ecology**, Jena, v. 11, p. 522-531, 2010.

INOUE, S.; DANG, QL.; MAN, R.; TADLA, B. Photoperiod, [CO₂] and soil moisture interactively affect phenology in trembling aspen: Implications to climate change-induced migration. **Environmental and Experimental Botany**. v. 180, 104269, 2020.

KIDANE, Y. O.; STEINBAUER, M. J.; BEIERKUHNLEIN, C. Dead end for endemic plant species? A biodiversity hotspot under pressure. **Global Ecology and Conservation**. v. 19, e00670, 2019.

KUNDU, M.; TIWARI, S.; HALDKAR, M. Collection, germination and storage of seeds of *Saraca asoca* (Roxb.) Willd. **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants**. v. 16, 1000231, 2020.

LEPERLIER, C.; RIVIÈRE, J. N. E.; LACROIX, S.; FOCK-BASTIDE, I. Overcoming germination barriers in four native Malvaceae shrub species of Reunion Island to improve restoration in arid habitats. **Global Ecology and Conservation**. v. 21, e00855, 2020.

MCGREGOR, R. L., BENDER, D. J., FAHRIG, L. Do small mammals avoid roads because of the traffic? **Journal of Applied Ecology**. v. 45, p. 117-123, 2008.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Portaria MMA Nº 148. **Lista Oficial de Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção**, de 7 de junho de 2022.

MOLDENKE, H. N. Seven more novelties in the Eriocaulaceae and Verbenaceae. **Phytologia**, n. 18, p.341, 1969.

O'LEARY, N.; LU-IRVING, P.; MORONI, P.; SIEDO, S. Taxonomic Revision of *Aloysia* (Verbenaceae, Lantaneae) In South America¹. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 101, n. 3, p. 568-609, 2016.

OYAMA, K.; ARROYO, M. L. H.; RAMÍREZ, V. R.; MALVIDO, J. B.; SÁNCHEZ, E. R.; RODRÍGUEZ, A. G. Gene flow interruption in a recently human-modified landscape: The value of isolated trees for the maintenance of genetic diversity in a Mexican endemic red oak. **Forest Ecology and Management**. v. 390, p.27–35, 2017.

PRIMACK, R. B. **Essentials of conservation biology**. Sunderland, Massachusetts: Sinauer, 1993.

RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACH, G. G. As unidades fitogeográficas do Sul do Paraná. **Ciência & Ambiente**. v. 24, p. 75-92, 2002.

SEGECIN, S. Morfoanatomia das folhas cotiledonares, protofilo e metafilo de *Aloysia hatschbachii* Moldenke (Verbenaceae). **Akropolis**, Umuarama, PR, v. 11, p. 21-29, 1995.

SPECIESLINK. Base de dados eletrônica. <http://www.splink.org.br/>. Acessado em: 30 de nov. de 2020.

TELLES, M. P. C.; DOBROVOLSKI, R.; ZOUZA, K. S.; LIMA, J. S.; COLLEVATTI, R. G.; SOARES, T. N.; CHAVES, L. J.; DINIZ-FILHO, J. A. F. Disentangling landscape effects on population genetic structure of a Neotropical savanna tree. **Brazilian Journal of Nature Conservation**, v. 1, n. 1, p. 65-70, 2014.

VIANA, P. L.; LOMBARDI, J. A. Florística e caracterização dos campos rupestres sobre canga na Serra da Calçada, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia**, v. 58, n. 1, p. 157-177, 2007.

VINCENT, H.; BORNAND, C. N.; KEMPEL, A.; FISCHER, M. Rare species perform worse than widespread species under changed climate. **Biological Conservation**. v. 246, 108586, 2020.

WANG, T.; WANG, G.; INNES, J.; NITSCHKE, C.; KANG, H. Climatic niche models and their consensus projections for future climates for four major forest tree species in the Asia–Pacific region. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 360, p. 357-366, 2016.

YOKOCHI, K., CHAMBERS, B.K., BENCINI, R. An artificial waterway and road restrict movements and alter home ranges of endangered arboreal marsupial. **Journal of Mammalogy**. v. 96, n. 6, p. 1284-1294, 2015.

2 REVISÃO SISTEMÁTICA DO GÊNERO *Aloysia* Palau (VERBENACEAE)

Resumo

O gênero *Aloysia* é amplamente distribuído pelo mundo e possui espécies de elevada importância comercial, em especial para medicina popular. Desse modo, o objetivo do estudo foi analisar sistematicamente todos os artigos envolvendo alguma espécie do gênero *Aloysia* até o ano de 2021. Foram realizadas buscas nos bancos de dados *Scopus* e *Web of Science*, sendo avaliados 434 artigos publicados entre 1973 e 2021, com pico de publicação no último ano. Os artigos são oriundos de 41 países, com destaque para o Brasil pelo maior número de artigos (117). As cinco palavras-chave mais utilizadas estavam relacionadas aos compostos químicos ou sua utilização, principalmente para o termo óleos essenciais, confirmando o fato de que a maior parte dos artigos abrangeu a área de farmacologia (54,2%). Em relação às informações ecológicas, foi observado que 15% dos artigos não informam o país de origem do material vegetal, e que em 47,2% não foi mencionado o tipo de vegetação onde as espécies estavam localizadas. Além disso, 52% das espécies estudadas são exóticas no ambiente de estudo ou não tiveram o local de origem informado no manuscrito. Os artigos envolveram apenas onze espécies, o que representa menos de 40% da riqueza do gênero, e se concentram no estudo dos compostos químicos e de suas utilizações. Desse modo aponta-se para a necessidade de maior foco em pesquisas que possibilitem ampliar o conhecimento para melhor explorar o potencial econômico e ecológico das demais espécies pertencentes ao gênero.

Palavras-chave: Estado da arte. Bibliometria. Conservação. Óleos essenciais.

2.1 INTRODUÇÃO

A família Verbenaceae compreende aproximadamente 800 espécies distribuídas em 32 gêneros (CARDOSO et al., 2021). Muitos desses táxons têm importância econômica e cultural, principalmente devido às propriedades medicinais e ao conhecimento tradicional associado (SANTOS et al., 2021). Alguns gêneros possuem óleos essenciais que são amplamente conhecidos, e muitos destes já tiveram seus compostos utilizados para tratamentos de doenças (SIEDO, 2006; ZAMORA et al., 2018). Dentre os gêneros conhecidos pela produção de óleos essenciais destaca-se *Aloysia*, composto por 36 espécies (CARDOSO et al., 2021),

cujas plantas são utilizadas para finalidades analgésicas, calmantes, antimicrobianas, antitumorais, hepatoprotetoras e anti-inflamatórias (LORENZI; SOUZA, 2001; ATKINS, 2004).

Os compostos químicos e óleos essenciais provenientes de espécies de *Aloysisia* são produtos com potencial de rentabilidade econômica, passíveis de utilização em distintas áreas como nas indústrias de alimentos e veterinária (ADELI et al., 2021; SHIRZARD et al., 2021). Contudo, é preciso averiguar o quanto já se sabe sobre aspectos da ecologia e do potencial econômico destas espécies, principalmente quando levado em consideração que algumas espécies são comercializadas em escala global, podendo ser encontradas em diversas regiões do mundo (MOFIDABADI et al., 2021). Desse modo, para um melhor manejo e exploração sustentável há necessidade de informações sobre comportamento floral, sistema reprodutivo e propagação, com foco em ecologia e conservação, bem como em relação ao potencial econômico (KUMAR; KUMARI, 2019).

Por ser um gênero com um número relativamente elevado de espécies (O'LEARY et al., 2016), compilar as informações e dados obtidos nas diversas pesquisas pode ser oneroso para o pesquisador. Uma das maneiras de reunir informações referentes a um determinado tema é o levantamento do estado da arte, por meio da revisão de publicações científicas, seguida por compilação e interpretação dos dados (FRANÇA et al., 2022). Esse tipo de pesquisa pode ser desenvolvido por meio de uma análise sistemática e classificação quantitativa das informações (MEHETRE et al., 2021), o que no caso de espécies vegetais pode auxiliar no conhecimento sobre os potenciais e utilizações destas plantas, como observado no estudo sobre o gênero *Aloe* (ADETUNJI et al., 2022).

Tendo em vista o exposto, o presente estudo tem como objetivo realizar análise sistemática de artigos científicos que tenham abordado espécies do gênero *Aloysisia* até o ano de 2021, quantificando as áreas temáticas e espécies mais estudadas, verificando se as espécies possuem potencial econômico conhecido e se há pesquisas com foco em ecologia e conservação, no intuito de identificar lacunas de conhecimento. Para tanto, buscou-se responder às seguintes perguntas: 1) Como está representado o gênero *Aloysisia* na literatura, em termos de abrangência de espécies e de áreas temáticas? 2) Os estudos exploram o potencial econômico das espécies do gênero *Aloysisia*? 3) Os aspectos ecológicos e de conservação das espécies estão sendo levados em consideração nas pesquisas?

2.2 MATERIAL E METÓDOS

Revisão sistemática

Os dados utilizados neste estudo foram obtidos nas bases de dados *Scopus* e *Web of Science*. Para isso, foram feitas buscas utilizando o termo “*Aloysia*” em títulos, resumos ou palavras-chave. Foram avaliados nesta revisão todos os artigos já publicados sobre o gênero até o ano de 2021. Além disso, durante a pesquisa foram realizadas conferências quanto às sinonímias botânicas com base na Flora do Brasil (FLORA DO BRASIL, 2021).

Como alguns periódicos possuem indexação em mais de uma base, os registros duplicados foram excluídos. Esta exclusão ocorreu em duas etapas, primeiramente de forma automática com auxílio do software *R*, onde os arquivos de dados de cada base foram comparados, sendo removidas as linhas com informações idênticas. Em seguida foi realizada a conferência manual para evitar erros como no caso de títulos traduzidos a partir do idioma original. Após as etapas de exclusão, todos os textos remanescentes foram lidos, sendo selecionados apenas aqueles que se enquadravam nos seguintes critérios de inclusão: 1) trabalhos realizados com pelo menos uma espécie representante do gênero *Aloysia*; e 2) pesquisas científicas, sendo excluídos trabalhos de pura revisão de literatura. Na etapa seguinte, dentre os trabalhos que atenderam os dois requisitos, foram obtidas automaticamente as seguintes informações: 1) ano de publicação; 2) identificação, instituição de afiliação dos autores; 3) periódico da publicação; 4) país de publicação; 5) termos mais utilizados nos artigos; 6) produção dos autores sobre o gênero no decorrer dos anos; e 7) número de citações.

A análise das informações dos trabalhos foi realizada utilizando o pacote “*Bibliometrix*” (ARIA; CUCCURULLO, 2017), implementado no Software R v. 4.1.1 (R CORE TEAM, 2020).

Estado da arte

Dando continuidade à revisão sistemática, foi feita a classificação de cada artigo, sendo observados: 1) espécie estudada; 2) origem da espécie (nativa ou exótica da região onde o estudo foi conduzido) conforme Siedo (2006); 3) país onde estão localizados os indivíduos da espécie que foram estudados; 4) tipo de vegetação onde os indivíduos foram estudados (natural ou plantada); 5) temática e tipo de

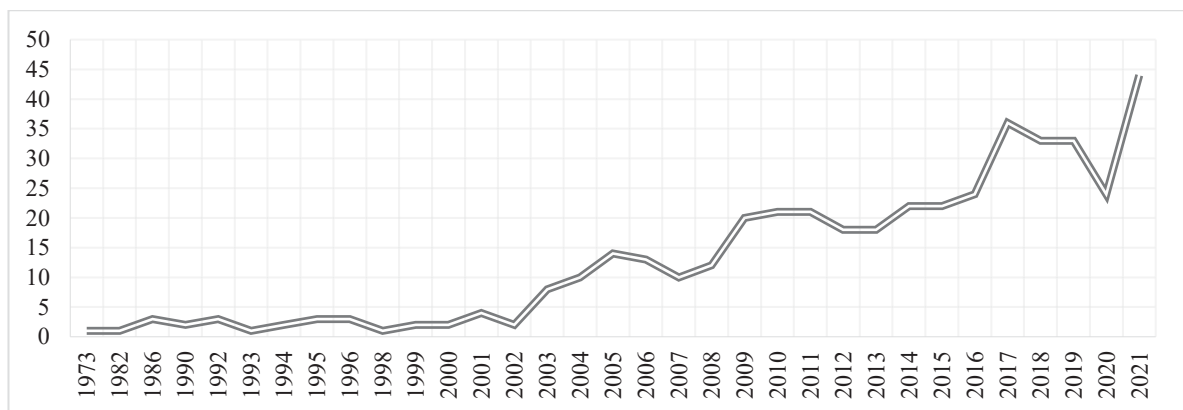
pesquisa realizada (com base na metodologia e no objeto da pesquisa); 6) local onde o estudo foi executado (campo ou laboratório); e 7) nível de ameaça de extinção da espécie estudada.

2.3 RESULTADOS

Revisão sistemática

Nas bases de dados *Scopus* e *Web of Science* foram encontrados respectivamente 433 e 314 artigos que trataram do gênero *Aloysia*. Destes, foi verificado que 434 artigos estavam de acordo com os critérios de inclusão, tendo como objeto de estudo alguma espécie do gênero *Aloysia*. A dinâmica temporal de publicação dos artigos teve oscilações, mas de modo geral foi crescente com o passar dos anos, apresentando pico em 2021, com 44 publicações (FIGURA 1). Além disso, desde 2004 são publicados pelo menos 10 artigos/ano, o que evidencia o aumento de pesquisas sobre o gênero.

FIGURA 1 – PRODUÇÃO CIENTÍFICA ANUAL (1973-2021) MUNDIAL SOBRE ESPÉCIES DO GÊNERO *Aloysia*.

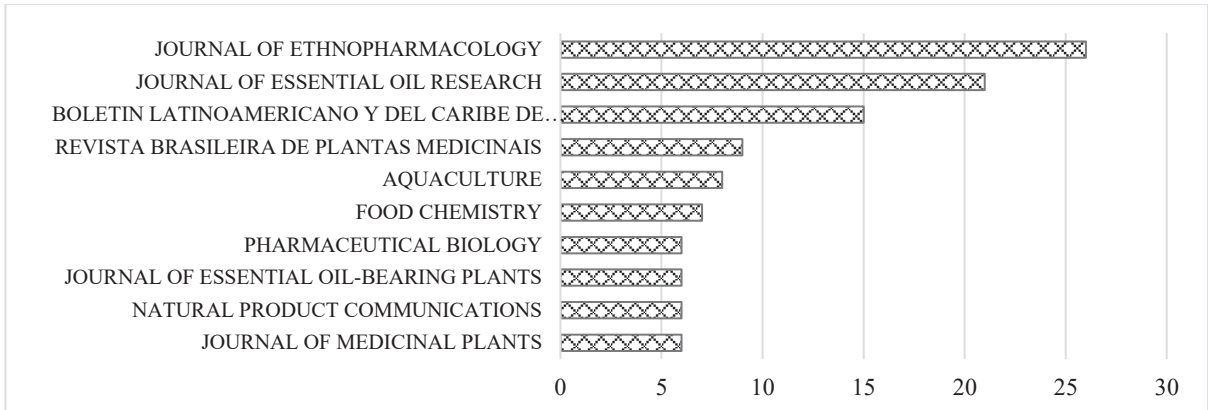


FONTE: A autora (2023).

Os artigos analisados foram publicados em 226 periódicos diferentes, dos quais 213 tinham menos de cinco artigos sobre o tema, o que demonstra que, de forma geral, não há concentração dos artigos em poucas revistas. Os valores para o fator de impacto variaram de zero, para periódicos que não tiveram avaliação ou pontuação, a 7,51 para *Food Chemistry*, no qual foram publicados sete artigos sobre *Aloysia*. O principal periódico em número de artigos foi o *Journal of Ethnopharmacology*, com 26 artigos (6%) (FIGURA 2), com fator de impacto de 4,36. Além disso, nele está publicado o artigo que atingiu o maior número de citações (432),

perfazendo uma média de aproximadamente 24 citações por ano (Duarte MCT, 2005: *Anti-Candida activity of Brazilian medicinal plants*).

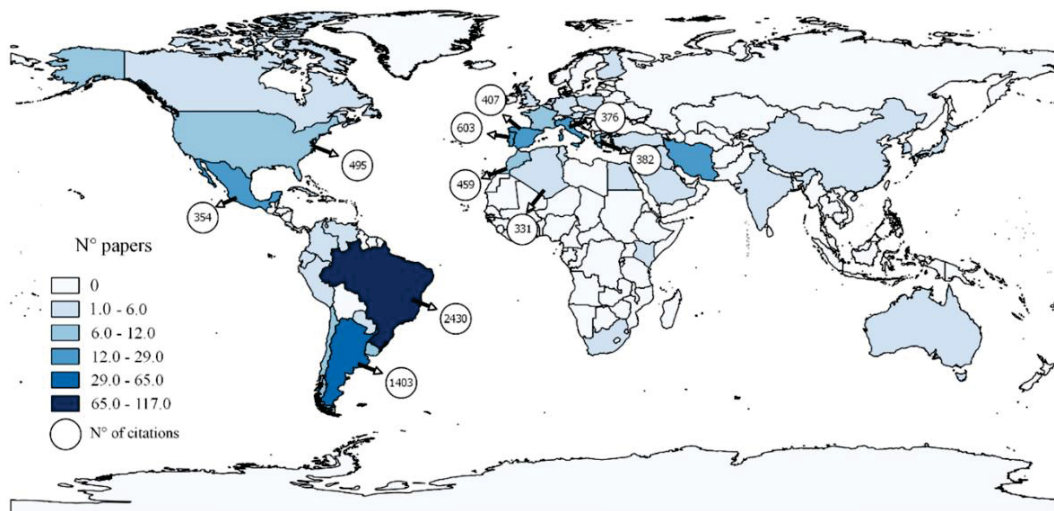
FIGURA 2 – PRINCIPAIS PERIÓDICOS DE PUBLICAÇÃO DOS ARTIGOS SOBRE *Aloysia* DE 1973 ATÉ 2021.



FONTE: A autora (2023).

Ao todo foram compilados artigos de 41 países, 31,7% destes oriundos da América, 26,8% da Europa, 21,9% da Ásia, 17,1% da África e 2,4% da Oceania. O Brasil se destacou como o país com maior número de artigos (117-27%) e com maior número de citações (FIGURA 3), além de possuir o maior número de autores correspondentes. Nota-se que apenas o Brasil e a Argentina têm mais de 30 artigos publicados, enquanto a maioria dos países (22) contribuiu com menos de cinco artigos cada.

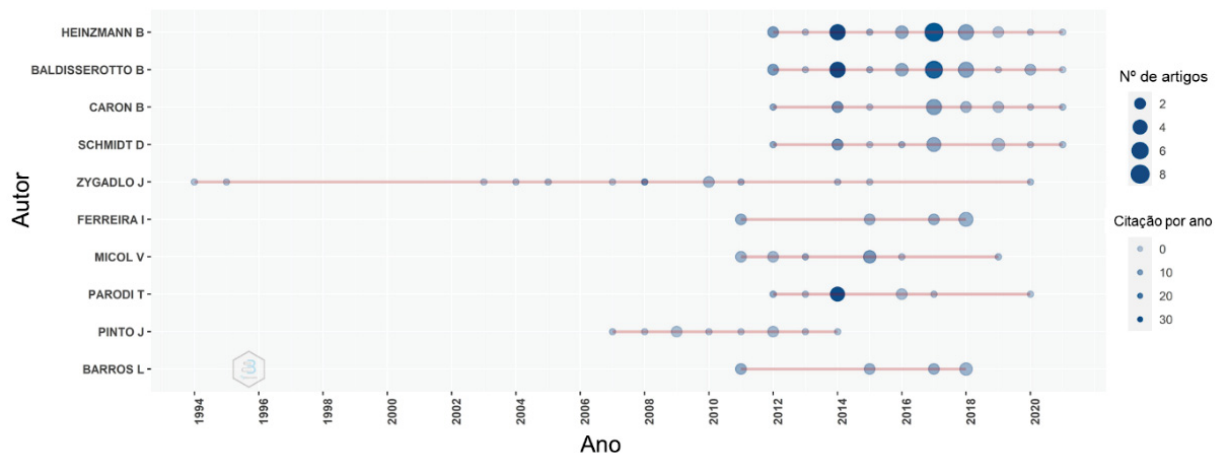
FIGURA 3 – DISTRIBUIÇÃO MUNDIAL DOS ARTIGOS SOBRE *Aloysia* DE 1973 ATÉ 2021 E O NÚMERO DE CITAÇÕES DOS PAÍSES MAIS CITADOS.



FONTE: A autora (2023).

Nos 434 artigos foram contabilizados 1.652 autores. Os dois autores com maior número de publicações foram Heinzmann BM (29 artigos) e Baldisserotto B (28 artigos). Ressalta-se que ambos os autores publicaram artigos sobre o tema somente a partir de 2012, atingindo pico em 2017, com oito trabalhos (FIGURA 4). Alguns autores publicaram um número elevado de artigos, mas que não são frequentemente citados, aspecto que pode estar relacionado à subárea de cada estudo e com a natureza do periódico. Apenas Zygadlo J. apresentou um maior período de publicações, que se estendeu de 1994 até a atualidade, ainda que de forma descontínua.

FIGURA 4 – NÚMERO DE PUBLICAÇÕES E CITAÇÕES DOS PRINCIPAIS AUTORES ENVOLVENDO *Aloysia* DE 1973 ATÉ 2021.

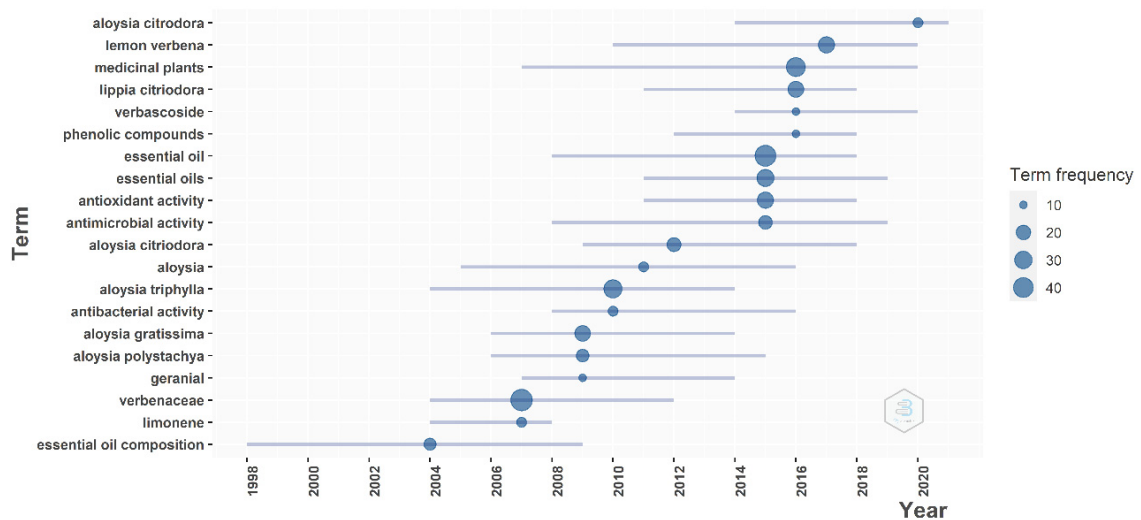


FONTE: A autora (2023).

A Universidade Federal de Santa Maria foi a instituição que apresentou maior produção científica relacionada a *Aloysia*, sendo que autores filiados a esta instituição contribuíram com 92 artigos (FIGURA 5). Nenhuma outra instituição alcançou mais do que trinta artigos publicados pelos seus pesquisadores afiliados.

Além das palavras-chave utilizadas com maior frequência, foi possível observar os termos mais utilizados e sua evolução com o passar dos anos. Nota-se que em 2004 os trabalhos preferiam o termo “composição do óleo essencial”, enquanto cerca de uma década depois foram predominantes os termos “óleo essencial” e “óleos essenciais” (FIGURA 7). Estes termos são relacionados a trabalhos de caracterização química ou utilização dos óleos essenciais. Outro termo que aparece com maior frequência durante a mesma época é *Lippia citriodora* que, assim como *Lemon verbena*, correspondem a *Aloysia citrodora* Palau. De todos os termos observados, o com maior utilização nos anos mais recentes é *Aloysia citrodora* (FIGURA 7).

FIGURA 7- FREQUÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DOS TERMOS EM ARTIGOS ENVOLVENDO *Aloysia* DE ACORDO COM O PASSAR DOS ANOS.



FONTE: A autora (2023).

Estado da arte

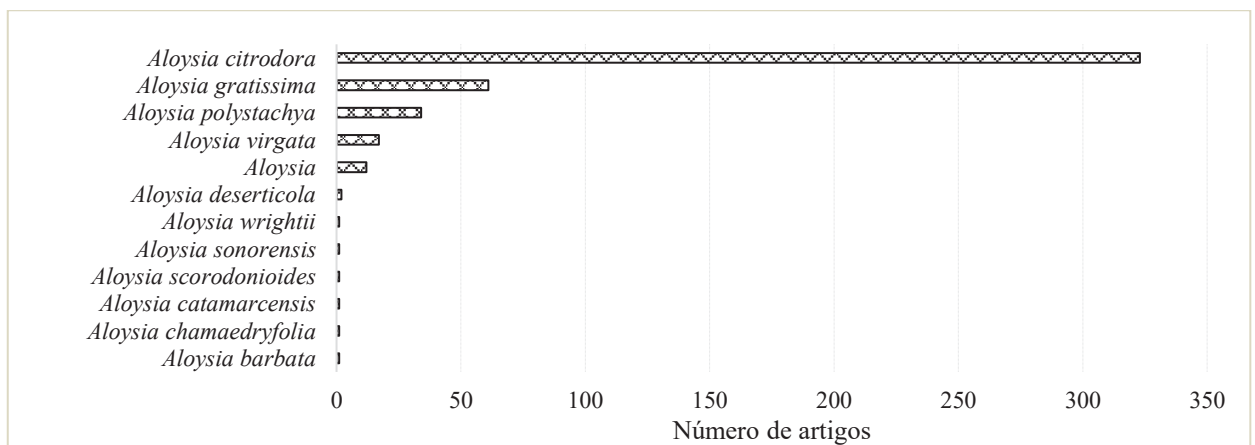
Dos 434 artigos analisados 71 não informaram o país de origem do material vegetal, enquanto, para os que informaram, verificou-se que as plantas estudadas provêm de 39 países de quatro continentes, com destaque para a América do Sul. O Brasil foi o país mais mencionado, com 102 estudos (23,5%), indicando origem do material distribuída por 12 estados, que abrangem todas as regiões do país. Os estados mais citados como origem do material de estudo foram Rio Grande do Sul (42 artigos; 9,7%), São Paulo (17; 3,9%) e Minas Gerais (16; 3,7%). Quatro artigos apenas citaram o Brasil de forma genérica, sem especificar o estado.

Em relação ao tipo de vegetação, 27,4% dos trabalhos foram realizados com populações oriundas de ecossistemas naturais e 25,4% informaram que as

populações eram plantadas. Já 47,2% não informaram o tipo de vegetação onde as plantas estudadas estavam localizadas.

Em cerca de 34,3% dos artigos as espécies de *Aloysia* estudadas eram exóticas ao ambiente onde foram coletadas, enquanto 47% foram nativas. No entanto, para 18,7% dos estudos não foi possível afirmar sobre a origem das plantas, principalmente pela ausência de descrição do local onde o material foi coletado. Apenas 11 (30,6%) espécies de *Aloysia* foram abordadas nos 434 estudos, porém doze artigos trataram os táxons apenas em nível de gênero (FIGURA 8). A espécie mais estudada foi *Aloysia citrodora*, contemplada em 323 artigos, seguida por *A. gratissima* (Gillies & Hook.) Tronc. (61), *A. polystachya* (Griseb.) Moldenke (34) e *A. virgata* (Ruiz & Pav.) Juss. (17). As demais espécies foram estudadas em apenas um ou dois artigos. Além disso, somente 4,3% dos artigos trabalharam com mais de uma espécie, demonstrando um padrão bem definido de estudos que enfocam somente uma espécie.

FIGURA 8 - NÚMERO DE ARTIGOS POR ESPÉCIES DE *Aloysia* EM NÍVEL MUNDIAL DE 1973 ATÉ 2021.



FONTE: A autora (2023).

Grande parte dos estudos (71,4%) foram realizados em ambiente laboratorial, enquanto apenas 22,6% foram realizados em ambiente aberto, seja nas próprias populações ou em viveiros. Além disso, 6,2% dos trabalhos tiveram as pesquisas realizadas tanto em ambiente aberto quanto em laboratório.

Os estudos foram agrupados em 9 áreas temáticas, definidas de acordo com o objeto central da pesquisa. A maior parte dos estudos foi classificada em farmacologia (54,2%) (FIGURA 9) abrangendo trabalhos sobre compostos químicos, óleos essenciais e métodos químicos. A segunda temática com mais publicações foi a

animal/veterinária (11,0%), com estudos de enriquecimento alimentar, efeito anestésico e análise comportamental. A temática de fitopatologia ficou em terceiro lugar (7,5%), e compreendeu estudos sobre controle de patógenos, atividades larvicidas, inseticida natural e ocorrência de patógenos.

As temáticas de Silvicultura, Etnobotânica, Ecologia, Alimentos, Tecnologia da madeira e Manejo ambiental totalizaram juntas 27,1% dos estudos. Silvicultura teve estudos voltados para crescimento e produção em plantios, resposta ao estresse hídrico, recomposição florestal, propagação assexuada, germinação de sementes e fertilização. Etnobotânica abrangeu levantamentos e questionários voltados principalmente para as propriedades medicinais. Ecologia abordou estudos de diversidade genética, filogeografia, levantamento e descrições botânicas. A área de alimentos enquadrou pesquisas sobre a atividade antifúngica ou antibacteriana dos óleos essenciais nos alimentos, a ação de conservante alimentar e na confecção de bebidas. Por fim, tecnologia da madeira se resumiu a estudos anatômicos e na temática de Manejo houve estudos de estimativas de carbono e emissão de gases para a atmosfera.

FIGURA 9 - PRINCIPAIS ÁREAS DE ESTUDO DOS ARTIGOS ENVOLVENDO *Aloysia* EM NÍVEL MUNDIAL ATÉ 2021.



FONTE: A autora (2023).

2.4 DISCUSSÃO

A busca resultou em 434 artigos distribuídos ao longo de quase cinco décadas, o que é um número relativamente baixo quando em comparação com outro estudo de metodologia semelhante que abordou o gênero *Aloe* (Asparagaceae) (ADETUNJI et al., 2022). Este é um indicativo de demanda por mais pesquisas, visto que a busca do

presente estudo abrangeu escala global e existem várias linhas temáticas que têm potencial para serem exploradas (FERREIRA et al., 2017; BRANDÃO et al., 2009).

Foi observado que a maior parte dos estudos envolvem aspectos de farmacologia e compostos químicos, demonstrando a importância de se intensificar pesquisas com abordagens ecológicas e em habitats naturais. Verificou-se que em muitos casos não tem sido comum que os estudos informem sobre local de coleta ou de origem do material vegetal (OHIOMOKHARE et al., 2020; NANNONI et al., 2020), implicando negativamente quando se busca saber sobre a estrutura populacional, estado fitossanitário e distribuição geográfica dos indivíduos. Ainda, foram poucos os estudos que envolveram informações de distribuição e ecologia, o que é especialmente preocupante no caso de táxons com potencial de uso econômico, sendo necessários protocolos de propagação, cultivo e exploração sustentável (GARIBALDI; TURNER, 2004).

Em relação às palavras-chave e aos termos mais utilizados, foi observado que predominam aqueles relacionados a área de farmacologia, com os óleos essenciais e compostos químicos sendo utilizados para diversas finalidades nas pesquisas (ARENA et al., 2020; LEYVA-JIMÉNEZ et al., 2019). Estes trabalhos sobre farmacologia são oriundos de diversos países e ocorrem em maior concentração no periódico *Journal of Ethnopharmacology* (ZENI et al., 2013), indicando qual é o periódico mais apropriado para buscar ou publicar este tipo de informação. Além disso, foi observado que *Aloysia triphylla* (FLORA DO BRASIL, 2021) é o sinônimo mais utilizado de *Aloysia citrodora*, a espécie mais comercial do gênero, justificando assim a utilização do termo.

Apenas 11 espécies (30,6%) do gênero foram abrangidas pelos estudos (CARDOSO et al., 2021), o que evidencia uma limitação do ponto de vista de diversidade, uma vez que se notam muitas pesquisas com poucas espécies (por exemplo *Aloysia citrodora*) economicamente mais rentáveis ou conhecidas em maior escala (ADELI et al., 2021). Em contrapartida, outras representantes do gênero poderiam ser avaliadas e ter o potencial econômico alavancado. Em se tratando de um gênero com elevada utilização na medicina popular (GALÍNDEZ et al., 2017; O'LEARY et al., 2016), é provável que grande parte das espécies não estudadas também possuam compostos de interesse para a farmacologia e outras aplicações.

Em alguns casos é observado que o potencial econômico causa indiretamente impacto positivo no âmbito de conservação, potencializando incentivos para produção

de mudas, plantios ou comercialização (KUMAR; KUMARI, 2019). De modo geral, ainda existem grandes lacunas a serem preenchidas na temática de aspectos ecológicos das espécies comerciais, ainda que estas já tenham sido relativamente bem estudadas em outros aspectos. Assim, quanto mais pesquisas ocorrerem combinando as informações ecológicas e de uso econômico, maior será o ganho do ponto de vista de conservação e sustentabilidade destes recursos vegetais (OKUNOMO; EGHO, 2010).

Dentre a riqueza total de espécies de *Aloysia* no mundo, foi verificado que poucas fazem parte da lista vermelha da *International Union for Conservation of Nature* (IUCN, 2004), ou das listas de espécies ameaçadas de extinção no Brasil (CNCFLORA, 2021; MMA, 2022), considerando sua considerável expressão de riqueza neste país. Este fato poderia ser encarado como positivo, mas pode também apontar para uma falta de informações ecológicas sobre o gênero. Em alguns casos as espécies podem estar em algum grau de perigo de extinção, mas não tiveram a avaliação realizada, seja pela demanda de trabalho ou pela falta de informações (POLIDORO, 2010). As únicas espécies listadas são: *Aloysia hatschbachii* Moldenke classificada como em perigo (EN) (CNCFLORA, 2021; MMA, 2022), *Aloysia cordata* Siedo (EN) (MMA, 2022) e *Aloysia dodsoniorum* Moldenke (EN) (IUCN, 2004). No entanto, nesta revisão sistemática não foram encontrados trabalhos sobre nenhuma destas três espécies.

Neste sentido, nota-se que aparentemente para este gênero o risco de extinção não é o motivador de pesquisa, mas sim o potencial econômico de utilização de seus compostos químicos já conhecidos. Este aspecto remete à importância das listas de espécies ameaçadas, cujo processo de elaboração e avaliação está relacionado diretamente aos aspectos econômicos de utilização da flora (MARTINELLI; MORAES, 2013). De modo geral, a ausência de informações sobre a localização de populações, origem, status de conservação e outros aspectos ecológicos representam lacunas de importante impacto nas pesquisas (HOFFMANN et al., 2015), principalmente pelo fato de grande parte dos estudos serem realizados em laboratório e envolverem análises químicas, em que comumente não são descritas as condições ambientais ou até mesmo a localização geográfica onde o material foi obtido (NANNONI et al., 2020).

2.5 CONCLUSÕES

- Com o passar dos anos houve um aumento nos artigos envolvendo espécies do gênero *Aloysia*, no entanto a maioria desses estudos se concentrou em baixo número de espécies, bem como em poucas temáticas específicas.
- Em sua maioria foram realizados estudos sobre as propriedades e aplicações químicas, porém existe grande carência de informações sobre ecologia e conservação. Dessa maneira, são necessárias mais pesquisas que possibilitem ampliar o embasamento ecológico para mais espécies do gênero, assim como sobre o potencial econômico de espécies que podem apresentar componentes químicos de elevado interesse comercial.

2.6 REFERÊNCIAS

ADELI, A., SHAMLOOFAR, M., AKRAMI, R. Dietary effect of Lemon Verbena (*Aloysia triphylla*) extract on growth performance, some haematological, biochemical, and non-specific immunity and stocking density challenge of rainbow trout juveniles (*Oncorhynchus mykiss*). **Journal of Applied Animal Research**, v. 49, n. 1, p. 382-390, 2021.

ADETUNJI, T. L.; OLISAH, C.; ADEGBAJU, O. D.; OLAWALE, F.; ADETUNJI, A. E.; SIEBERT, F.; SIEBERT, S. A bibliometric analysis of global research outputs (2001–2020) and summary of recent research reports on its biological activities. **South African Journal of Botany**, v. 147, p. 953-975, 2022.

ATKINS, S. Verbenaceae. In: KUBITZKI, K; KADEREIT, J. W. **The Families and Genera of Vascular Plants**. Nova Iorque: Springer-verlag Berlin Heidelberg, 2004. p. 449-468.

ARENA, J. S.; MERLO, C.; DEFAGÓ, M. T.; ZYGADLO, J. A. Insecticidal and antibacterial effects of some essential oils against the poultry pest *Alphitobius diaperinus* and its associated microorganisms. **Journal of Pest Science**, v. 93, n. 1, p. 403-414, 2020.

ARIA, M.; CUCCURULLO, C. Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of informetrics**, v. 11, n. 4, p. 959-975, 2017.

BRANDÃO, A. D.; VICCINI, L. F.; RECCO-PIMENTEL, S. M. Cytogenetic characterization of *Aloysia virgata* Ruiz and Pavan (Verbenaceae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 52, p. 893-899, 2009.

CARDOSO, P. H.; O'LEARY, N.; OLMSTEAD, R. G.; MORONI, P. A. An update of the Verbenaceae genera and species numbers. **Plant Ecology and Evolution**, v. 154, n. 1, p. 80-86, 2021.

CNC Flora – Centro Nacional de Conservação da Flora. **Lista vermelha**. 2016. [Acesso em: 20 fev. 2022]. Disponível em: <http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/listavermelha>

FERREIRA, L. F., DANIEL, A. P., PICCOLO, J., KLEIN, B., RUVIARO, A. R., & EMANUELLI, T. Infusão de *Aloysia triphylla*: Efeitos opostos em um teste de atividade antioxidante in vitro e na estabilidade oxidativa de patês de pescado refrigerados. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 34, n. 2, 2017.

FLORA DO BRASIL, **Verbenaceae, in Flora do Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB246>>. Acesso em: 21 Fev. 2022.

FRANÇA, L. C. J.; JÚNIOR, F. W. A.; E SILVA, C. S. J.; MONTI, C. A. U.; FERREIRA, T. C.; DE OLIVEIRA SANTANA, C. J.; GOMIDE, L. R. Forest landscape planning and management: A State-of-the-Art Review. **Trees, Forests and People**, 100275, 2022.

GALÍNDEZ, G.; SEAL, C. E.; DAWS, M. I.; LINDOW, L.; ORTEGA-BAES, P.; PRITCHARD, H. W. Alternating temperature combined with darkness resets base temperature for germination (T_b) in photoblastic seeds of *Lippia* and *Aloysia* (Verbenaceae). **Plant Biology**. v. 19, n. 1, p. 41-45, 2017. doi: 10.1111/plb.12449. Epub 2016 Apr 13. PMID: 26998824.

GARIBALDI, A.; TURNER, N. Cultural keystone species: implications for ecological conservation and restoration. **Ecology and society**, v. 9, n. 3, 2004.

HOFFMANN, P. M.; BLUM, C. T.; VELAZCO, S. J. E.; GILL, D. J. C.; BORGIO, M. Identifying target species and seed sources for the restoration of threatened trees in southern Brazil. **Oryx**, v. 49, n. 3, p. 425-430, 2015.

IUCN. 2004. **IUCN Red List of Threatened Species**. Available at: www.iucnredlist.org. (Accessed: 23 feb. 2022).

KUMAR, S.; KUMARI, R. Cinnamomum: review article of essential oil compounds, ethnobotany, antifungal and antibacterial effects. **Open Access Journal Science**, v. 3, n. 1, p. 13-16, 2019.

LEYVA-JIMÉNEZ, F. J.; LOZANO-SÁNCHEZ, J.; BORRÁS-LINARES, I.; ARRÁEZ-ROMÁN, D.; SEGURA-CARRETERO, A. Manufacturing design to improve the attainment of functional ingredients from *Aloysia citriodora* leaves by advanced microwave technology. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, 79, 52-61, 2019.

MEHETRE, G. T.; LEO, V. V.; SINGH, G.; SOROKAN, A.; MAKSIMOV, I.; YADAV, M. K.; UPADHYAYA, K.; HASHEM, A.; ALSALEH, A. N.; DAWOUD, T. M.; ALMAARY, K. S.; SINGH, B. P. Current developments and challenges in plant viral diagnostics: A systematic review. **Viruses**, v. 13, n. 3, p. 412, 2021.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Portaria MMA Nº 148. **Lista Oficial de Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção**, de 7 de junho de 2022.

MOFIDABADI, A. H. J.; DEHGHANI, A.; RAMEZANZADEH, B. Steel-alloy surface protection against saline attacks via the development of Zn (II)-metal-organic networks using *Lemon verbena* leaves extract (LVLE); Integrated surface/electrochemical explorations. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, 630, 127561, 2021.

NANNONI, G.; VOLTERRANI, G.; MATTAROCCHI, A.; ALÌ, A.; BERTONA, M.; EMANUELE, E. A proprietary herbal extract titred in verbascoside and aucubin suppresses lipopolysaccharide-stimulated expressions of cyclooxygenase-2 in human neutrophils. **Central-European Journal of Immunology**, v. 45, n. 2, 2020.

OHIOMOKHARE, S.; OLAOLORUN, F.; LADAGU, A.; OLOPADE, F.; HOWES, M. J. R.; OKELLO, E.; OLOPADE, J.; CHAZOT, P. L. The Pathopharmacological Interplay between Vanadium and Iron in Parkinson's Disease Models. **International journal of molecular sciences**, v. 21, n. 18, e6719, 2020.

O'LEARY, N., LU-IRVING, P., MORONI, P., SIEDO, S. Taxonomic Revision of *Aloysia* (Verbenaceae, Lantaneae) In South America. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 101, n. 3, p.568-609, 2016.

OKUNOMO, K.; EGHO, E.O. Economic importance of some underexploited tree species in Nigeria: urgent need for separate research centers. **Continental Journal of Biological Sciences**, v. 3, p. 16-32, 2010.

POLIDORO, B. A., CARPENTER, K. E., COLLINS, L., DUKE, N. C., ELLISON, A. M., ELLISON, J. C., FARNSWORTH, E. J.; FERNANDO, E. S., KATHIRESAN, K., KOEDAM, N.E., LIVINGSTONE, S.R.; MIYAGI, T., MOORE, G.E., NAM, V.N., ONG, J.E., PRIMAVERA, J.H., SALMO, S.G., SANGIANGCO, J.C., SUKARDJO, S., WANG, Y., YONG, J. W. H. The loss of species: mangrove extinction risk and geographic areas of global concern. **PloS one**, v. 5, n. 4, e10095, 2010.

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2020. URL <https://www.R-project.org/>.

SANTOS, E. L., FREITAS, P. R., ARAUJO, 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., SIQUEIRA JUNIOR, J. P., BARBOSA FILHO, J. M., SOUSA, G. R.; COUTINHO, H. D. 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, 2021.

SHIRZAD, H., ALIREZALU, A., ALIREZALU, K., YAGHOUBI, M., GHORBANI, B., PATEIRO, M.; LORENZO, J. M. Effect of *Aloysia citrodora* essential oil on

biochemicals, antioxidant characteristics, and shelf life of strawberry fruit during storage. **Metabolites**, v. 11, n. 5, e256, 2021.

SIEDO, S. J. **Systematics of Aloysia (Verbenaceae)**. PhD Dissertation, The University of Texas at Austin. Austin, TX, USA, 2006.

ZAMORA, C. M. P.; TORRES, C. A.; NUÑEZ, M. B. Antimicrobial activity and chemical composition of essential oils from Verbenaceae species growing in South America. **Molecules**, v. 23, n. 3, p. 544, 2018.

ZENI, A. L. B.; ZOMKOWSKI, A. D.; MARASCHIN, M.; TASCA, C. I.; RODRIGUES, A. L. S. Evidence of the involvement of the monoaminergic systems in the antidepressant-like effect of *Aloysia gratissima*. **Journal of ethnopharmacology**, v. 148, n. 3, p. 914-920, 2013.

3 COMPORTAMENTO FENOLÓGICO E BIOLOGIA FLORAL DE *Aloysia hatschbachii* Moldenke: UMA ESPÉCIE EM PERIGO DE EXTINÇÃO

Resumo

A destruição de habitats é um dos principais fatores de ameaça às populações de plantas, como é observado para *Aloysia hatschbachii*, pertencente à família Verbenaceae. A espécie se encontra em perigo de extinção, com ocorrência restrita a áreas com intensa atividade antrópica. Além disso, existem poucas informações científicas sobre a ecologia da espécie, especialmente sobre aspectos reprodutivos. Neste sentido, o objetivo do estudo foi avaliar o padrão fenológico e a biologia floral de *A. hatschbachii*. Foram avaliadas mensalmente as fenofases vegetativas (folha jovem, folha adulta e folha senescente) e reprodutivas (botão floral, antese floral, fruto imaturo, fruto maduro e fruto senescente) de 60 indivíduos situados em três subpopulações de Estepe Gramíneo-lenhosa no município de Piên, Paraná. Adicionalmente, foi realizado o estudo da biologia floral por meio de análise das estruturas florais e da viabilidade polínica. As fenofases vegetativas ocorreram de forma regular nas três subpopulações, variando na quantidade de indivíduos e na intensidade. As fenofases reprodutivas ocorreram irregularmente e em menor intensidade nas áreas, com exceção do fruto senescente que foi observado durante os 24 meses. Foi verificado que *A. hatschbachii* possui padrão sazonal apenas para as fenofases antese floral e fruto imaturo. Os eventos reprodutivos de botão e antese floral apresentaram correlação positiva com as temperaturas (máximas, médias e mínimas) e com fotoperíodo. Os frutos imaturos correlacionaram positivamente com a temperatura mínima e umidade relativa, enquanto os frutos senescentes se correlacionaram negativamente com temperatura máxima e fotoperíodo. As flores de *A. hatschbachii* são pequenas, hermafroditas e possuem grãos de pólen com elevada viabilidade. Os resultados obtidos representam uma importante contribuição ao conhecimento ecológico, podendo ser utilizados em programas de pesquisa que visem a conservação e estratégias de melhoramento da espécie.

Palavras-chave: Fenofases. Floração. Verbenaceae. Conservação de espécies.

3.1 INTRODUÇÃO

Conhecer os aspectos ecológicos de uma espécie é fundamental para fortalecer ações e práticas conservacionistas, especialmente para táxons sob pressão antrópica em seus habitats naturais (MORELLATO et al., 2016; ETTINGER et al., 2022). No entanto, ainda há carência por mais pesquisas que abordem autoecologia, ressaltando que muitas informações ecológicas são perdidas devido ao intenso avanço antrópico e a consequente extinção de espécies, principalmente das raras (OYAMA et al., 2017; VINCENT et al., 2020).

A alteração de habitats é um dos principais fatores de influência sobre as populações de *Aloysia hatschbachii* Moldenke (Verbenaceae) (CNCFLORA, 2023). Este arbusto endêmico se distribui de forma muito restrita somente em campos naturais no sudeste do Paraná, dentro do domínio fitogeográfico da Mata Atlântica (O'LEARY et al., 2013). A espécie é considerada em perigo (EN), com ocorrência restrita a uma extensão menor que 5.000 km², em região predominantemente descaracterizada pela agricultura e silvicultura comercial, com fragmentos remanescentes ainda sujeitos à supressão da vegetação original, além de queimadas e invasão por espécies exóticas (CNCFLORA, 2023). Além disso, não há muitas informações sobre as características ecológicas da espécie, especialmente sobre as épocas de manifestação de estruturas reprodutivas e vegetativas (ARAUJO et al., 2020; SEGECIN, 1995), reforçando a importância de se pesquisar sua autoecologia, visando subsidiar medidas de conservação da espécie (THOMAS et al., 2004).

A fenologia compreende a análise das fases de desenvolvimento das plantas e suas interações com o ambiente (SCHWARTZ, 2013). Suas aplicações mais comuns são no âmbito dos estudos agronômicos e da coleta de frutos e sementes (MORELLATO et al., 2016; PIAO et al., 2019). No entanto, com o passar dos anos, aumentou a relevância dos estudos fenológicos aplicados ao estabelecimento das estratégias de conservação (BORGES et al., 2009; RENTON et al., 2018), associados com possíveis alterações na fenologia e sua aptidão de sobrevivência, bem como com os serviços ecossistêmicos (ETTINGER et al., 2022). Ainda de acordo com estes autores, o comportamento fenológico está diretamente relacionado com as mudanças climáticas, sendo necessário um acompanhamento mais aprofundado em casos de espécies ameaçadas.

Os estudos da biologia floral também fornecem informações importantes para um melhor entendimento sobre o comportamento dos indivíduos (HAMRICK; NASON,

2000), possibilitando inferir sobre outros aspectos e estratégias ecológicas adotadas pelas espécies (EMETERIO-LARA et al., 2018; FUCHS et al., 2003). Além disso, quando se trata de espécies ameaçadas de extinção, analisar a fenologia e a biologia floral é fundamental para compreender melhor suas necessidades e vulnerabilidades, fornecendo informações essenciais para ações de manutenção da biodiversidade de populações (NUCCI; ALVES-JUNIOR, 2017).

Diante disto, o trabalho teve como objetivo avaliar o padrão fenológico e a biologia floral de *A. hatschbachii* em áreas de campo natural no Paraná. Foram feitas as seguintes perguntas norteadoras: 1) As fenofases reprodutivas e vegetativas apresentam sazonalidade? 2) As fenofases são influenciadas pelas variáveis meteorológicas, havendo variação entre os anos de observação? 3) Os elementos florais são indicativos de potenciais dificuldades reprodutivas da espécie?

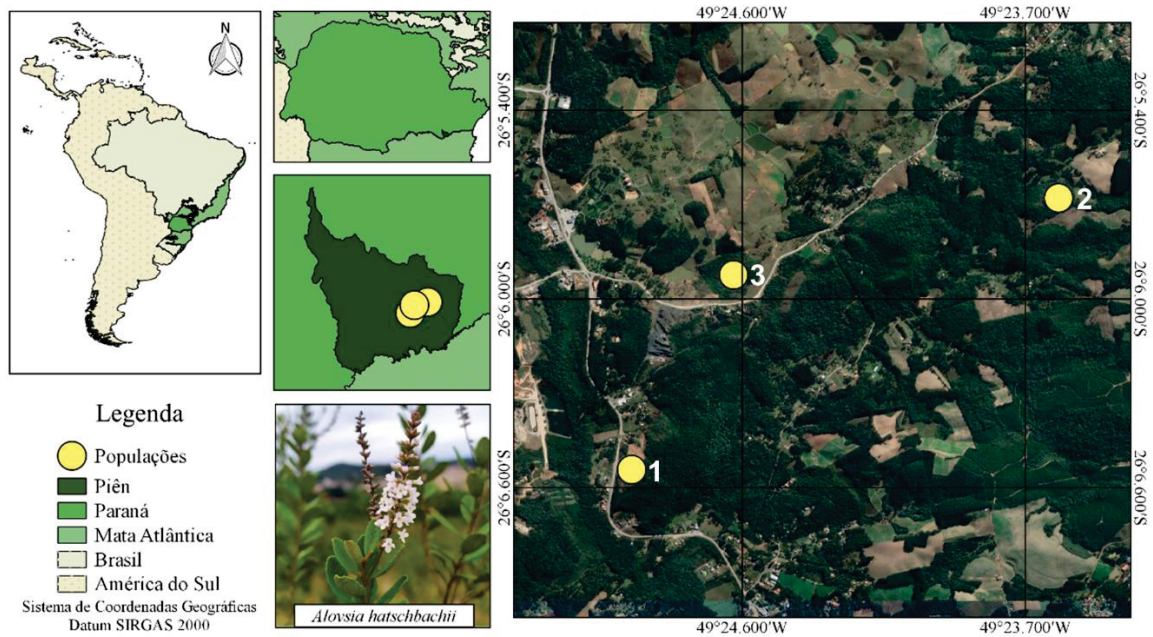
3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado em três fragmentos de vegetação natural localizados no município de Piên, no primeiro planalto do Estado do Paraná, Brasil (FIGURA 10) (PIÊN, 2019). A região é caracterizada pelo embasamento de rochas pré-cambrianas que compõe o Complexo Máfico-Ultramáfico de Piên (GIRARDI, 1976, MINEROPAR, 2001). Os solos predominantes são Argissolos e Cambissolos (EMBRAPA SOLOS, 2007). O clima local é subtropical úmido sem estação seca e com verão temperado (Cfb), com precipitação média anual variando entre 1.200 e 1.900 mm e chuvas bem distribuídas durante o ano (ALVARES et al., 2013).

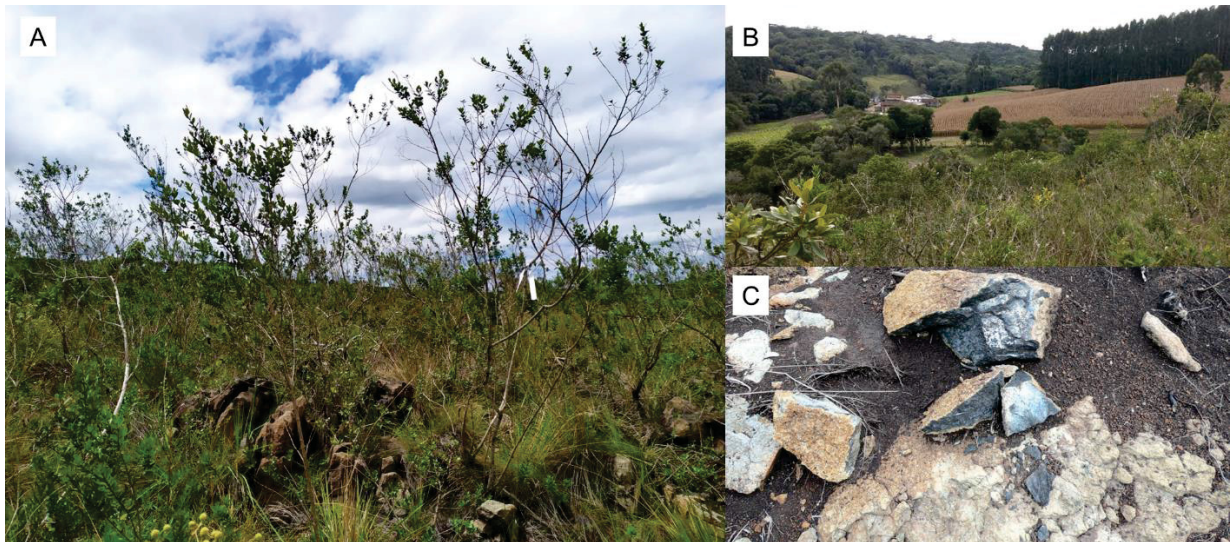
A vegetação da região é classificada como Estepe Gramíneo Lenhosa, na forma de campos com elevada pedregosidade (IBGE, 2012). As três subpopulações de *Aloysia hatschbachii* estão em diferentes situações de conservação: subpopulação 1 (aproximadamente 850 m s.n.m) – área de encosta alvo de maior pressão antrópica, com frequente pastoreio de equinos e bovinos e intervenções manuais, como roçada parcial da vegetação arbustiva; subpopulação 2 (aproximadamente 887 m s.n.m) – topo de morro com afloramentos rochosos mais abundantes e baixo grau de intervenção antrópica direta, ainda que circundada por plantios florestais comerciais; subpopulação 3 (aproximadamente 872 m s.n.m) – encosta com vegetação natural em bom estado de conservação, com afloramentos rochosos e sem sinais de circulação de pessoas ou de animais (FIGURA 11).

FIGURA 10 - LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DAS TRÊS SUBPOPULAÇÕES ESTUDADAS DE *Aloysia hatschbachii*, NO MUNICÍPIO DE PIÊN – PARANÁ, BRASIL



FONTE: A autora e Google Earth, com adaptações (2023)

FIGURA 11 - CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS DAS SUBPOPULAÇÕES DE *Aloysia hatschbachii* (A). ÁREA PROXIMAS A PLANTIOS AGRICOLAS E FLORESTAIS (B) E AFLORAMENTOS ROCHOSOS (C).



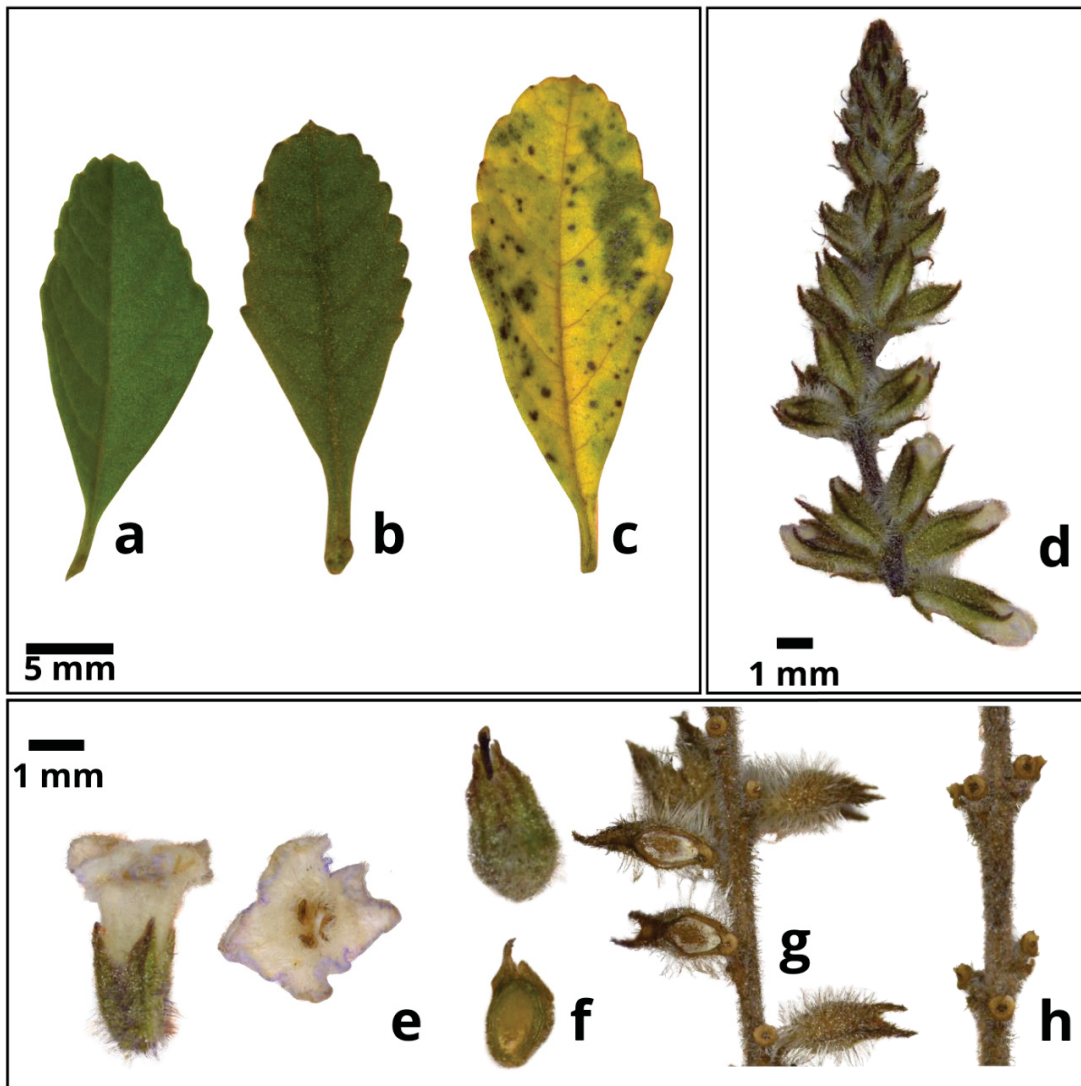
FONTE: A autora (2023)

Dados fenológicos

Em cada subpopulação foram selecionados e marcados 20 indivíduos adultos e saudáveis com altura variando entre 80 e 200 cm, totalizando 60 plantas, das quais registrou-se as coordenadas geográficas. Foi realizado monitoramento mensal, durante 24 meses (junho de 2020 a maio de 2022), das fenofases vegetativas (folha jovem, folha adulta e folha senescente), bem como das fenofases reprodutivas (botão

floral, antese floral, fruto imaturo, fruto maduro e fruto senescente) (FIGURA 12). O grau de maturação do fruto foi definido de acordo com as observações em campo, baseadas na mudança de coloração (verde a marrom) e dispersão das sementes (FIGURA 12 F-H). Para avaliar os eventos fenológicos foram utilizados o índice de atividade (proporção de indivíduos que manifestam a fenofase) (BENCKE; MORELLATO, 2002) e o índice de intensidade de Fournier (1974), que determina a intensidade de cada fenofase por meio de escala com cinco categorias de intensidade: 0 = ausência de fenofase; 1 = 1% a 25%; 2 = 26% a 50%; 3 = 51% a 75%; e 4 = 76% a 100%.

FIGURA 12 - FENOFASES VEGETATIVAS E REPRODUTIVAS DE *Aloysia hatschbachii*. FOLHA JOVEM (A), FOLHA ADULTA (B), FOLHA SENESCENTE (C), BOTÕES FLORAIS (D), FLOR EM ANTESE (E), FRUTO IMATURO (F), FRUTO MADURO (G) E FRUTO SENESCENTE (H).



FONTE: A autora (2023)

Dados florais

Para o estudo da biologia floral foram avaliados dez indivíduos selecionados dentre as três subpopulações, dos quais foram analisadas as estruturas de botão floral e flores, além da viabilidade polínica. As estruturas reprodutivas em diferentes estádios de desenvolvimento foram coletadas em campo e acondicionadas em tubos plásticos contendo solução de FAA 50 (formaldeído 10%, álcool etílico 85% e ácido acético 5%) (SANTOS et al., 1997). A caracterização morfológica das flores foi realizada com base nas observações e descrições em campo, apoiada pela visualização das estruturas florais com o auxílio de lupa e microscópio. As flores e botões foram seccionados com bisturi para viabilizar a visualização das estruturas internas. Os elementos florais foram caracterizados utilizando guias taxonômicos (O'LEARY, 2016; BARTH; MELHEM, 1988).

Para análise da viabilidade polínica foram feitas repetições de 10 flores por indivíduo, por meio da montagem de uma lâmina temporária para cada flor, contendo os grãos de pólen corados em solução de azul de toluidina 0,05% (O'BRIEN et al., 1964). Os grãos de pólen foram analisados em microscópio óptico utilizando a lente de aumento 40X, sendo realizada a contagem e verificação de 100 grãos por lâmina, os quais foram classificados em normais/viáveis e anormais/inviáveis (SCHMITT et al., 2015). A proporção de pólen viável foi obtida por meio da equação: Pólen viável (%) = N° de grãos viáveis / N° de grãos contados * 100.

Dados meteorológicos

Os dados meteorológicos mensais foram obtidos junto à estação meteorológica de Rio Negrinho/SC, localizada a cerca de 20 km da área do estudo (INMET, 2023) (FIGURA 13 AB). Foi avaliado se as variáveis meteorológicas exerceram influência sobre as fenofases, por meio da correlação de Spearman a 95% de significância. As variáveis meteorológicas: radiação, umidade relativa do ar, temperatura máxima, temperatura média, temperatura mínima e precipitação foram utilizadas a partir dos dados brutos disponibilizados. Por sua vez, o fotoperíodo foi calculado de acordo com as equações 2 e 3 (SOARES, BATISTA, TETTO, 2015), apresentadas a seguir:

Equação 2

$$D = \frac{2\{\text{arc. cos}[-\text{tg}(\varphi) * \text{tg}(\delta)] + 0,83^\circ\}}{15}$$

Em que:

D = fotoperíodo em horas e décimos de hora

φ = latitude do lugar, em graus

δ = declinação diária do sol, em graus

Equação 3

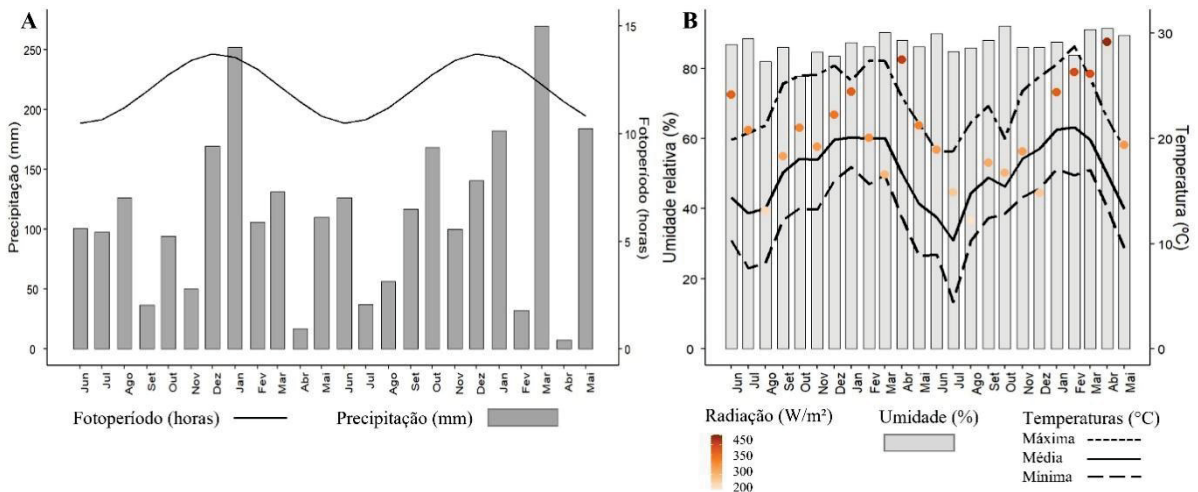
$$\delta = 23,45^\circ * \text{sen} \left\{ \frac{360^\circ(284 + n)}{365} \right\}$$

Em que:

δ = declinação diária do sol, em graus

n = número de ordem do dia ($n = 1, 2, 3, \dots, 365$)

FIGURA 13 - VARIÁVEIS CLIMÁTICAS DURANTE O PERÍODO DE MONITORAMENTO FENOLÓGICO DE *Aloysia hatschbachii* (JUNHO DE 2020 A MAIO DE 2022). A) FOTOPERÍODO (HORAS) E PRECIPITAÇÃO (MM); B) RADIAÇÃO (W/M²), UMIDADE RELATIVA DO AR (%), TEMPERATURA MÁXIMA (°C), TEMPERATURA MÉDIA (°C) E TEMPERATURA MÍNIMA (°C).



FONTE: A autora e INMET (2023)

Análise dos dados fenológicos

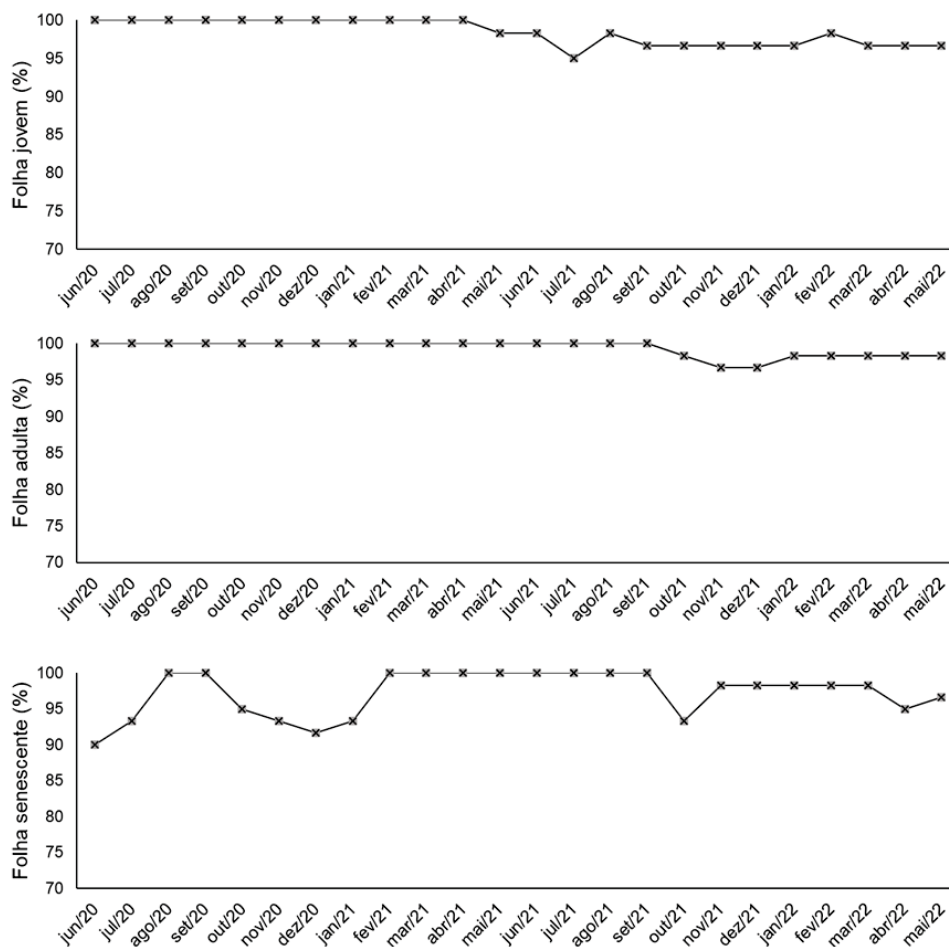
As fenofases foram analisadas por meio de estatísticas circulares utilizando o índice de Fournier, por meio do pacote *circular* (AGOSTINELLI; LUND, 2017) no *software R* v.4.1.1 (CORE TEAM, 2020). Os meses foram convertidos em ângulos variando de 0° a 360°, sendo cada mês representado por um intervalo de 30° (MORELLATO et al., 2000). Foram calculados ângulo médio, data média, desvio padrão circular e comprimento do vetor médio (r). Além disso, a significância do ângulo médio foi analisada pelo teste de Rayleigh (z), sendo também realizado o teste de Watson-Williams (F) a 5% de significância para verificar se o comportamento fenológico da espécie difere entre os anos (ZAR, 1999).

3.3 RESULTADOS

Fenologia vegetativa e reprodutiva

A fenofase folha jovem foi observada em 100% dos indivíduos nos primeiros 11 meses de avaliação (FIGURA 14). Nesse mesmo padrão, a fenofase folha adulta também foi observada em 100% dos indivíduos nos 16 primeiros meses. No segundo ano de avaliação alguns dos indivíduos avaliados não apresentaram estas fenofases, com índice de atividade igual a 95% em julho de 2021 para folha jovem e de 97%, em novembro e dezembro de 2021, para folha adulta (FIGURA 14). A senescência foliar apresentou valores superiores a 90% durante todo o período de avaliação (FIGURA 14). No entanto, em alguns meses a senescência foliar foi observada em menos indivíduos, quando comparada às demais fenofases vegetativas.

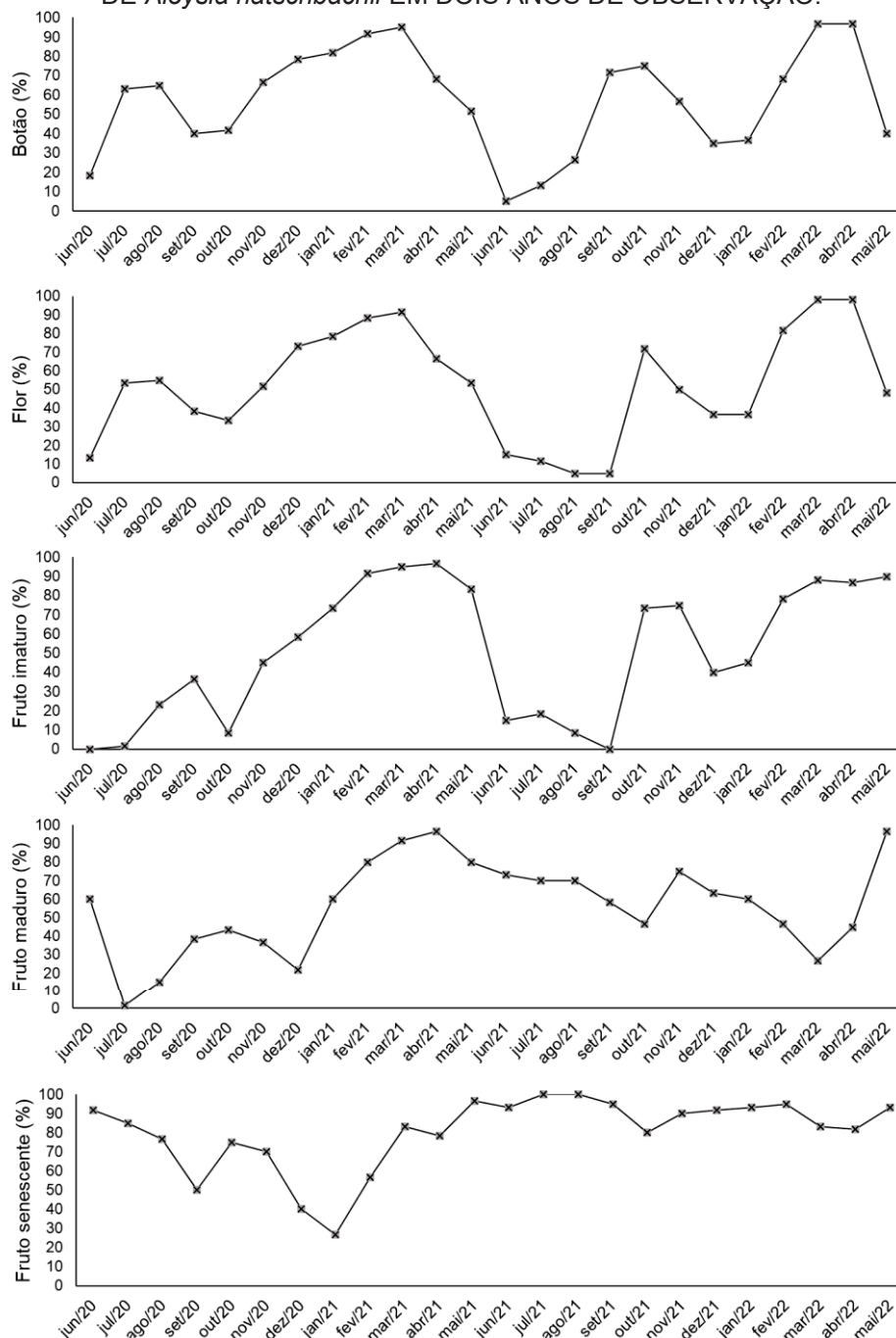
FIGURA 14 - ÍNDICE DE ATIVIDADE DOS EVENTOS FENOLÓGICOS VEGETATIVOS DE *Aloysia hatschbachii* EM DOIS ANOS DE OBSERVAÇÃO.



FONTE: A autora (2023)

A porcentagem de indivíduos com fenofases reprodutivas variou entre os períodos analisados, no entanto estas fenofases foram observadas em quase todos os meses de avaliação (FIGURA 15). Os botões tiveram menor ocorrência em junho de 2020 e 2021, e maior ocorrência em março de 2021 e março/ abril de 2022. As flores tiveram menor ocorrência em junho de 2020 e no período de junho/ setembro de 2021, e maior ocorrência em março de 2021 e março/ abril de 2022 (FIGURA 15).

FIGURA 15 - ÍNDICE DE ATIVIDADE DOS EVENTOS FENOLÓGICOS REPRODUTIVOS DE *Aloysia hatschbachii* EM DOIS ANOS DE OBSERVAÇÃO.



FONTE: A autora (2023)

Os frutos imaturos, maduros e senescentes apresentaram um comportamento de ocorrência irregular, variando mensalmente durante todas as observações (FIGURA 15). De modo geral, os frutos imaturos e maduros tiveram pico no período de abril de 2021 e maio de 2022. Os frutos senescentes foram observados em todos os meses, com valores mínimos > 25% em janeiro de 2021 e valores máximos de 100% em julho/ agosto de 2021 (FIGURA 15).

As fenofases vegetativas não apresentaram sazonalidade pelo teste de Rayleigh ($p < 0,05$), com exceção das folhas jovens no primeiro ano de observação (TABELA 1). Já as fenofases reprodutivas de flor em antese e fruto imaturo demonstraram sazonalidade nos dois anos. Os frutos maduros também apresentaram sazonalidade para o primeiro ano de observação. Além disso, as datas médias de ocorrência das fenofases diferiram entre os anos de avaliação, coincidindo apenas para a fenofase folha madura (dezembro de 2020 e 2021) (TABELA 1).

TABELA 1 – RESULTADOS DA ESTATÍSTICA CIRCULAR CONSIDERANDO A INTENSIDADE DAS VARIÁVEIS FENOLÓGICAS VEGETATIVAS E REPRODUTIVAS DE *Aloysia hatschbachii* EM DOIS ANOS DE AVALIAÇÃO.

Ano	População	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
1	Observações (N)	719	720	714	459	424	375	393	519
2		698	690	686	371	329	364	421	604
1	Ângulo médio (a)	274	355,2	84,1	327,2	358,7	47,4	98,2	124,2
2		335,1	338,8	299	345,1	49,3	65,2	279,1	272,8
1	Data média	out/20	dez/20	mar/20	nov/20	dez/20	fev/20	abr/20	mai/20
2		dez/21	dez/21	out/21	dez/21	fev/21	mar/21	out/21	out/21
1	Desvio padrão circular	102,68	127,44	121,54	106,34	98,59	79,3	82,59	79,3
2		124,82	158,71	143,23	128,89	77,36	90,37	134,6	90,37
1	Vetor (r)	0,20	0,08	0,11	0,18	0,23	0,38	0,35	0,20
2		0,09	0,02	0,04	0,08	0,40	0,29	0,06	0,11
1	Rayleigh teste (p)	23,09*	4,98	3,83	15,06	18,22*	40,64*	30,79*	10,97
2		5,38	0,31	0,92	1,76	42,97*	23,27*	1,15	5,86

NOTA: F1 = Folha jovem; F2 = Folha adulta; F3= Folha senescente; F4= Botões florais; F5= Flor em antese; F6= Fruto imaturo; F7= Fruto maduro; F8= Fruto senescente. * valores significativos ao nível de 95% de confiança

Ao utilizar a intensidade de Fournier para comparar o comportamento fenológico entre os anos foram encontradas diferenças significativas pelo teste de Watson-Williams ($p < 0,05$), indicando que a espécie apresenta um padrão fenológico variável (TABELA 2). Apenas as fenofases folha adulta e botões florais não apresentaram significância.

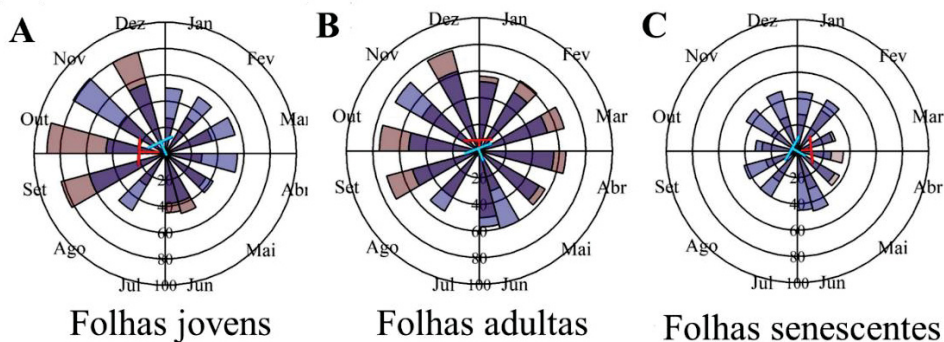
TABELA 2 – RESULTADOS DO TESTE DE WATSON-WILLIAMS (F) ENTRE ANOS PARA OS ÍNDICES DE INTENSIDADE DAS FENOFASES REPRODUTIVAS E VEGETATIVAS DE *Aloysia hatschbachii*.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
Entre os anos	<0,01	ns	<0,05	ns	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

NOTA: F1 = Folha jovem; F2 = Folha adulta; F3= Folha senescente; F4= Botões florais; F5= Flor em antese; F6= Fruto imaturo; F7= Fruto maduro; F8= Fruto senescente. ns= não significativo.

Para as folhas novas foi observada maior produção no período de setembro a dezembro do primeiro ano, e em novembro do segundo ano, período em que ocorre o aumento das temperaturas e do fotoperíodo (FIGURA 16A). Com relação às folhas adultas, a espécie apresentou produção elevada em quase todo o primeiro ano, com pico em dezembro. Para o segundo ano a quantidade de folhas adultas foi mais reduzida, com maiores valores em junho e novembro (FIGURA 16B). No primeiro ano de observação foi verificado que o pico de folhas senescentes ocorreu entre março e maio, já no segundo ano foi entre maio e julho (FIGURA 16C).

FIGURA 16 - COMPORTAMENTO FENOLÓGICO VEGETATIVO DE *Aloysia hatschbachii*. AS BARRAS VERMELHAS REPRESENTAM OS INDIVÍDUOS COM A FENOFASE NO PRIMEIRO ANO DE OBSERVAÇÃO, AS AZUIS REPRESENTAM OS INDIVÍDUOS COM A FENOFASE NO SEGUNDO ANO. AS LINHAS CENTRAIS REPRESENTAM O ÂNGULO MÉDIO, COMPRIMENTO DO VETOR MÉDIO (R) E O ERRO PADRÃO DA MÉDIA, PARA CADA ANO CORRESPONDENTE.

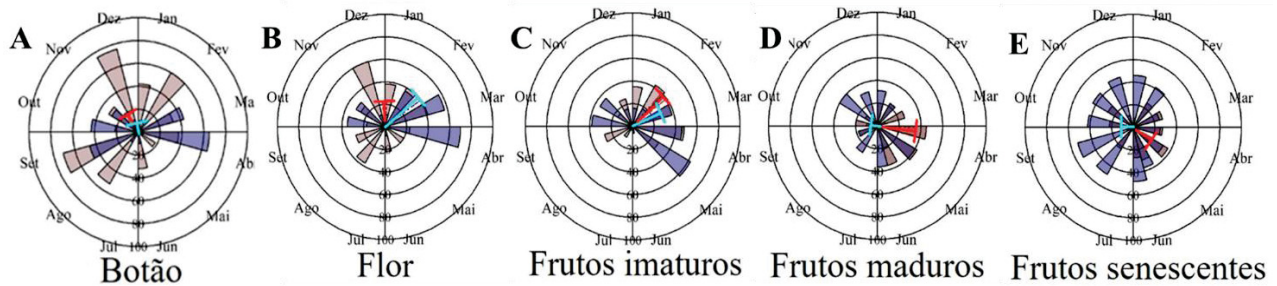


FONTE: A autora (2023)

A produção de botões florais foi irregular, sendo observada no primeiro ano de avaliação uma maior quantidade em setembro e dezembro (FIGURA 17A). No segundo ano o padrão irregular se manteve, no entanto, com pico em abril. As flores seguiram padrão similar, corroborando com o observado nos botões (FIGURA 17B). Os frutos imaturos se concentraram no período de outubro a maio, com picos produtivos de fevereiro a abril no primeiro ano, e de abril a maio no segundo (FIGURA 17C). A produção de frutos maduros variou, sendo que no primeiro ano o período de maior concentração foi em abril e no segundo ano foi em maio e novembro (FIGURA 17D). De modo geral, os frutos maduros ocorreram no final do outono e inverno, e os

senescentes foram observados durante todo o período de monitoramento (FIGURA 17E).

FIGURA 17 - COMPORTAMENTO FENOLÓGICO REPRODUTIVO DE *Aloysia hatschbachii*. AS BARRAS VERMELHAS REPRESENTAM OS INDIVÍDUOS COM A FENOFASE NO PRIMEIRO ANO DE OBSERVAÇÃO, AS AZUIS REPRESENTAM OS INDIVÍDUOS COM A FENOFASE NO SEGUNDO ANO. AS LINHAS CENTRAIS REPRESENTAM O ÂNGULO MÉDIO, COMPRIMENTO DO VETOR MÉDIO (R) E O ERRO PADRÃO DA MÉDIA, PARA CADA ANO CORRESPONDENTE.



FONTE: A autora (2023)

As fenofases vegetativas não apresentaram correlação com as variáveis meteorológicas (TABELA 3). Foi observado que as fenofases botão floral e antese floral foram associadas com as temperaturas (máxima, média e mínima) e o fotoperíodo, podendo ter sua ocorrência influenciada positivamente por essas variáveis. Além disso, os frutos imaturos foram positivamente associados com a umidade relativa, e os frutos senescentes foram negativamente associados com temperatura máxima e fotoperíodo. Apesar de ser verificada significância nas correlações ressalta-se que foram valores relativamente baixos, indicando a possibilidade de que outros fatores bióticos ou abióticos podem estar influenciando as fenofases.

TABELA 3 – CORRELAÇÃO DE SPEARMAN DAS FENOFASES VEGETATIVAS E REPRODUTIVAS DE *Aloysia hatschbachii* COM AS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS PARA O MÊS DA OBSERVAÇÃO.

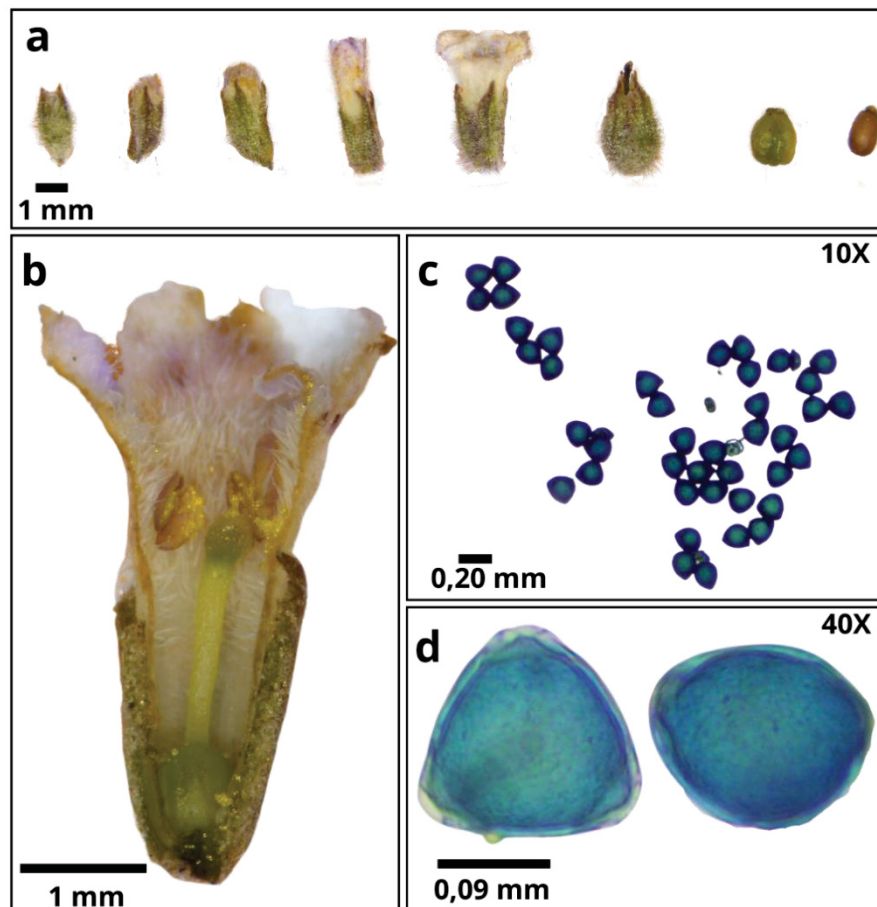
Fenofase	Tmax	Tmed	Tmin	UR	F	P	R
Folha jovem	-0,01	0,03	0,05	-0,28	0,30	0,06	-0,05
Folha adulta	0,11	0,08	0,06	-0,08	0,05	-0,05	-0,07
Folha senescente	-0,13	-0,12	-0,14	0,15	-0,06	-0,05	0,07
Botão floral	0,46*	0,48*	0,52**	0,14	0,45*	0,15	0,26
Antese floral	0,41*	0,50*	0,60**	0,27	0,47*	0,21	0,21
Fruto imaturo	0,26	0,38	0,47*	0,48*	0,23	0,15	0,04
Fruto maduro	-0,29	-0,23	-0,23	0,07	-0,35	-0,06	-0,24
Fruto senescente	-0,45*	-0,37	-0,28	0,33	-0,44*	-0,15	-0,37

NOTA: Tmax =Temperatura máxima; Tmed =Temperatura média; Tmin =Temperatura mínima; UR = umidade relativa; F = Fotoperíodo; P = Precipitação e R = Radiação. * valores significativos ao nível de 95% de confiança e ** valores significativos ao nível de 99% de confiança.

Biologia reprodutiva

As flores de *A. hatschbachii* são pequenas, com corola zigomórfica e cerca de 4-5 pétalas apresentando bordas irregulares e coloração variando de branco a lilás entre indivíduos, já as sépalas são de cor esverdeada e compõem um cálice também zigomórfico (FIGURA 18). Toda a estrutura floral externa e a parte interna das pétalas apresenta pilosidade que, no entanto, é mais abundante nas extremidades e diminui à medida em que se aproxima do ovário. As flores se encontram dispostas em inflorescências axilares do tipo cachos/racemos e axilares, com cinco flores por axila (FIGURA 12D).

FIGURA 18 - DESENVOLVIMENTO DAS FASES REPRODUTIVAS DE *Aloysia hatschbachii*, DO BOTÃO A SEMENTE (A). FLOR COM CORTE LONGITUDINAL PARA VISUALIZAÇÃO INTERNA (B), COM DETALHE PARA O GINECEU, ANDROCEU E GRÃOS DE PÓLEN NAS ANTERAS E ESTIGMA. GRÃOS DE PÓLEN NO AUMENTO DO MICROSCÓPIO DE 10X (C) E DE 40X, NA VISTA POLAR E VISTA EQUATORIAL DO PÓLEN (D).



FONTE: A autora (2023)

As flores são hermafroditas, com gineceu e androceu funcionais, sem mecanismos visuais claros para evitar a autofecundação (e.g., anteras com alturas superiores ao estigma). Pode-se observar ainda que o estigma se situa numa altura inferior às anteras, permitindo facilmente o contato com grãos de pólen oriundos da mesma flor (FIGURA 18B). Normalmente são observados quatro estames homodínamos e de abertura longitudinal e introrsa por flor, bem como filetes quase imperceptíveis aderidos à lateral da corola.

Os grãos de pólen são mônades, com exina psilada, médios, isopolares e tricolpados. Além disso possuem simetria radial, âmbito subtriangular, curvaturas contínuas ao redor da face proximal e formato oblato esferoidal (FIGURA 18CD). Em relação ao gineceu é possível observar um estigma ovoide e indiviso, estilete cilíndrico e terminal, e ovário supero. Os frutos são secos do tipo drupa com um ou dois pirênios e uma semente glabra por lóculo, com forma obovoide (FIGURA 18A).

Em relação à viabilidade dos grãos de pólen, em todas as lâminas foi observado que pelo menos 90% dos grãos são considerados viáveis, com valor médio de 95,9% por lâmina (FIGURA 18C). Desse modo, a espécie apresenta elevada viabilidade polínica nas subpopulações estudadas, sendo visível uma grande produção de pólen por flor.

3.4 DISCUSSÃO

Com base nos 24 meses de avaliação fenológica, observou-se que o comportamento da maioria das fenofases de *Aloysia hatschbachii* não é sazonal. Este comportamento diferiu do observado com indivíduos da espécie cultivados *ex situ*, em região com características relativamente distintas do habitat natural (ARAÚJO et al., 2020), onde os indivíduos apresentaram fenofases sazonais, ou seja, com ocorrência delimitada num período específico. É possível que a diferença observada se deva em parte ao fato de que o referido estudo tenha monitorado somente 5 indivíduos oriundos de propagação vegetativa a partir de uma única matriz, irrigados manualmente e acompanhados por apenas 15 meses. Por outro lado, é possível que fora do ambiente natural a espécie se comporte de maneira distinta, o que pode estar relacionado a variações nos tipos climáticos (MARTINI et al., 2011), ou com a intensidade de estresse abiótico (PADOIN et al., 2016), solos e topografia das áreas (CLARK et al., 1999). Ressalta-se que a região de ocorrência natural da espécie se caracteriza por

afloramentos de rochas básicas e ultrabásicas do Complexo Máfico-Ultramáfico Piên, que compõe uma geomorfologia característica (BESSER et al., 2021).

As fenofases vegetativas não se correlacionaram com as variáveis climáticas, fato que pode estar relacionado a uma maior resistência às condições de estresse, mostrando uma maior adaptabilidade da espécie (PADOIN et al., 2016). Em relação à sazonalidade demonstrada pelas fenofases reprodutivas de flor, fruto imaturo e maduro, se têm conhecimento que o período reprodutivo é fortemente influenciado por fatores ambientais, por exemplo, na primavera muitas espécies apresentam um pico de atividade reprodutiva (AYRE, 2010; PABLO; JOANNE, 2003). No entanto, cada espécie tem sua própria resposta adaptativa aos ciclos sazonais e apresenta variações específicas em suas fenofases, sendo que *A. hatschbachii* teve as fenofases reprodutivas de botão e flor concentradas do fim da primavera até o verão (FIGURA 17AB).

Nesse sentido, fatores climáticos como as temperaturas desempenham um papel crucial na regulação do desenvolvimento das plantas, onde o seu aumento está geralmente associado a uma maior taxa de crescimento dos botões florais e à rapidez com que ocorre a antese floral. Assim, à medida que as temperaturas se elevam, o calor estimula a síntese de hormônios vegetais responsável pelo amadurecimento e abertura floral (PABLO; JOANNE, 2003; KERBAUY, 2008).

De forma análoga, o fotoperíodo também desempenha um papel fundamental no controle das fenofases de botão e antese floral, pois na medida em que os dias se tornam mais longos, há uma acumulação de fitocromos, que indica para a planta o momento propício para a formação dos botões florais e a abertura das flores (PABLO; JOANNE, 2003; KERBAUY, 2008). Por meio desses mecanismos as plantas são capazes de realizar ajustes no tempo de floração para otimizar a reprodução e garantir o sucesso na polinização e na produção de sementes (LANG, 1965; ZEEVAART, 1976).

A respeito das correlações verificadas com variáveis climáticas, as fenofases floração e frutificação não dependem só do ambiente onde as plantas estão localizadas, mas também do sistema reprodutivo e do estágio de desenvolvimento da espécie (CHRISTOPHER et al., 2020; NEWSTROM et al., 1994). Reforçando a necessidade de estudos regionais (MANTOVANI et al., 2003), principalmente para tentar compreender com mais detalhamento o padrão irregular de floração e frutificação de *Aloysia hatschbachii*. Nesse sentido, salienta-se que estudos

fenológicos ainda são escassos e há demanda por pesquisas envolvendo a complexidade biológica das plantas, principalmente as ameaçadas de extinção (SILVEIRA; LUCENA, 2023). Dessa maneira, ainda há necessidade de observações fenológicas para *Aloysia hatschbachii*, abrangendo mais populações e por mais tempo de acompanhamento. Essas informações são essenciais para a gestão e pesquisas com estratégia integrada de conservação, visando a restauração de comunidades, enriquecimento e reintrodução de espécies vegetais (MORELLATO et al., 2016). Assim, com base nas informações fenológicas é possível elaborar planos de execução eficazes para coleta de sementes e resgate de plântulas (MORELLATO et al., 2016), bem como estudos de sistema de cruzamento (NUCCI, M.; ALVES-JUNIOR, 2017).

As características florais observadas estão em acordo com descrições de outras espécies do mesmo gênero (KADEREIT, 2004; PUNT et al., 2007; SIEDO, 2006). *A. hatschbachii* demonstrou que produz flores em quantidade elevada, disponibilizando grãos de pólen com alta viabilidade, além de possuir mecanismos morfológicos que permitem a autofecundação e indicam a possibilidade de ocorrência de autogamia (FIGURA 18). No entanto, nas áreas avaliadas praticamente não é observado o ingresso de regenerantes da espécie, o que é preocupante a longo prazo devido ao provável declínio populacional, sendo necessária a execução de estudos adicionais para confirmar a estrutura das populações (NAZARENO; REIS, 2012). Esse padrão pode estar ocorrendo devido a inviabilidade das sementes, condições específicas de germinação, predação de propágulos ou uma competição entre espécies, que pode resultar em uma maior dificuldade para as plântulas se estabelecerem e sobreviverem, resultando em uma baixa taxa de regeneração (SANTOS et al., 2018; CAMPOS et al., 2021).

Em relação aos elementos morfológicos florais, não foram encontrados estudos sobre autoincompatibilidade que comprovem o comportamento da espécie, evidenciando a necessidade por pesquisas que avaliem a possibilidade de haver incompatibilidade química ou fisiológica, juntamente com pesquisas sobre o sistema reprodutivo em todo o gênero (NAZARENO; REIS, 2012). A morfologia floral e do grão de pólen de *Aloysia hatschbachii* foram semelhantes aos descritos para a também Verbenaceae *Lippia alba* (VENÂNCIO et al., 2016), o que pode ser um indicativo que os caracteres florais da espécie podem ser adaptados para ter uma alta diversidade de polinizadores e visitantes florais. Assim, são necessários estudos que busquem

elucidar quais são os visitantes e polinizadores efetivos, o que pode estar afetando diretamente na dinâmica ecológica das populações.

3.5 CONCLUSÕES

- As subpopulações de *Aloysia hatschbachii* apresentaram padrão sazonal apenas para as fenofases antese floral e fruto imaturo, nos dois anos de observação, e para fruto maduro somente no primeiro ano de observação.
- Apenas os eventos reprodutivos foram influenciados pelas variáveis meteorológicas, com a atividade e intensidade das fenofases variando entre os anos de observação.
- Os elementos morfológicos observados nas flores de *A. hatschbachii* em princípio não indicam dificuldades reprodutivas para a espécie, visto que a disposição floral permite a autofecundação e os pólenes avaliados apresentaram alta viabilidade.

3.6 REFERÊNCIAS

ARAUJO, G.; CARON, B.; MARIOTTO, A.; CRISTO, J.; PILLA, R.; SCHMIDT, D. Phenology of *Aloysia hatschbachii* cultivated in a subtropical region. **Ciência e Natura**, 42, e40, 2020. Doi:<https://doi.org/10.5902/2179460X41971>

ATKINS S 2004. **Verbenaceae**. In: Kadereit JW ed. The families and genera of flowering plants, v. 7. Berlin: Springer, p. 449–468, 2004.

AYRE, B.G. **The flowering hormone-florigen: a protein hormone**. In Davies, P.J. (Ed). Plant hormones. Biosynthesis, Signal Transduction, Action! 3rd Edition, pp.539-548, 2010.

BARTH, O. M. MELHEM, T. S. **Glossário ilustrado de palinologia**. UNICAMP, Campinas, 1988, 75 p.

BENCKE, C. S.; MORELLATO, L. P. C. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, interpretação e representação. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 25, n. 3, p. 269-275, 2002.

BESSER, M. L.; BRUMATTI, M.; SPISILA, A. L. **Mapa geológico e de recursos minerais do Estado do Paraná**. Programa geologia, Mineração e Transformação Mineral, Curitiba: Serviço Geológico do Brasil – CPRM, 2021. Escala 1:600.000.

BHERING, S. B.; SANTOS, H. G.; MANZATTO, C. V.; BOGNOLA, I. A.; FASOLO, P. J.; CARVALHO, A. P. de; POTTER, R. O.; CURCIO, G. R. **Mapa de solos do estado do Paraná**. Embrapa solos. 2007. 73 p.

BORGES, L. A.; SOBRINHO, M. S.; LOPES, A. V. Phenology, pollination, and breeding system of the threatened tree *Caesalpinia* Lam. (Fabaceae), and a review of studies on the reproductive biology in the genus. **Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, v. 204, n. 2, p. 111-130, 2009.

CAMPOS, J. R. P.; SOUZA, D. V.; SOUSA, F. C.; DE ALMEIDA JUNIOR, E. B.; DA SILVA JARDIM, F. C. Dinâmica da regeneração natural de uma população de *Eschweilera ovata* em floresta de terra firme explorada seletivamente no Pará. **Naturae**, v. 3, n. 2, 2021.

CHRISTOPHER, D. A.; MITCHELL, R. J.; KARRON, J. D. Pollination intensity and paternity in flowering plants. **Annals of Botany**, v. 125, n. 1, p. 1-9, 2020.

CLARK, D. B.; PALMER, M. V.; CLARK, D.A. Edaphic factors and the landscape scale distributions of tropical rain forest trees. **Ecology**, v. 80, n. 8, p. 2662-2675, 1999.

CNCFlora. *Aloysia hatschbachii* in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2 Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em <[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Aloysia hatschbachii](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Aloysia_hatschbachii)>. Acesso em 25 janeiro 2023.

DAFNI, A. Pollination ecology. A practical approach. Oxford. Oxford University Press, 1992.

EMETERIO-LARA, A.; GARCÍA-FRANCO, J. G.; HERNÁNDEZ-APOLINAR, M.; MORA-HERRERA, M. E.; TOLEDO-HERNÁNDEZ, V. H.; VALENCIA-DÍAZ, S.; FLORES-PALACIOS, A. Endogamy costs and reproductive biology of *Laelia autumnalis*, an endemic orchid of Mexico. **Plant Ecol** 219, 1423–1434 (2018). <https://doi.org/10.1007/s11258-018-0891-6>

ETTINGER, A. K.; CHAMBERLAIN, C. J.; WOLKOVICH, E. M. The increasing relevance of phenology to conservation. **Nature Climate Change**, v. 12, n. 4, p. 305-307, 2022.

FUCHS, E. J.; LOBO, J. A.; QUESADA, M. Effects of forest fragmentation and flowering phenology on the reproductive success and mating patterns of the tropical dry forest tree *Pachira*. **Conservation Biology**, v. 17, n.1, p. 149-157, 2003.

HAMRICK, J. L. Response of forest trees to global environmental changes. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 197, n. 1-3, p. 323-335, 2004.

KADEREIT, J. W. (Ed.). **Flowering Plants· Dicotyledons: Lamiales** (except Acanthaceae including Avicenniaceae). Springer Science & Business Media, 2004. 487p.

KEARNS, C. A.; INOUE, D. Techniques for pollinations biologists. Niwot: University press of Colorado, 579 p., 1993

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. Editora Guanabara Koogan. 2008, 452 p.

ZEEVAART, Jan Ad. Physiology of flower formation. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 27, n. 1, p. 321-348, 1976.

MANTOVANI, M.; RUSCHEL, A. R.; REIS, M. S. D.; PUCHALSKI, Â.; NODARI, R. O. Fenologia reprodutiva de espécies arbóreas em uma formação secundária da floresta atlântica. **Revista Árvore**, v. 27, p. 451-458, 2003.

MARTINELLI, G.; MORAES, M.A. **Livro vermelho da flora do Brasil**. Andrea Jakobsson / Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 1100p. 2013.

MARTINI, A.; BIONDI, D.; BATISTA, A. C. Fenologia de *Tabebuia chrysotricha* (ipê-amarelo) no ambiente urbano de Curitiba (PR). **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 6, n. 4, p. 51-67, 2011.

MORELLATO, L. P. C.; ALBERTON, B.; ALVARADO, S. T.; BORGES, B.; BUISSON, E. et al. Linking plant phenology to conservation biology. **Biologic Conserv**, v. 195, p. 60–72, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.12.033>

NAZARENO, A. G.; REIS, M. S. D. Linking phenology to mating system: exploring the reproductive biology of the threatened palm species *Butia eriospatha*. **Journal of Heredity**, v. 103, n. 6, p. 842-852, 2012.

NUCCI, M.; ALVES-JUNIOR, V. V. Biologia floral e sistema reprodutivo de *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg-Myrtaceae em área de cerrado no sul do Mato Grosso do Sul, Brasil. **Interciencia**, v. 42, n. 2, p. 127-131, 2017.

O'LEARY, N.; MORONI, P. *Aloysia* in **Flora e Funga do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB15127>>. Acesso em: 25 jan. 2023

O'BRIEN, T. P.; FEDER, N.; MCCULLY, M. E. Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue. **Protoplasma**, v. 59, p. 368–373, 1964.

OYAMA, K.; ARROYO, M. L. H.; RAMÍREZ, V. R.; MALVIDO, J. B.; SÁNCHEZ, E. R.; RODRÍGUEZ, A. G. Gene flow interruption in a recently human-modified landscape: The value of isolated trees for the maintenance of genetic diversity in a Mexican endemic red oak. **Forest Ecology and Management**. V. 390, p.27–35, 2017.

PIAO, S.; LIU, Q.; CHEN, A.; JANSSENS, I. A.; FU, Y.; DAI, J.; LIU, L.; LIAN, X.; SHEN, M.; ZHU, X. Plant phenology and global climate change: current progresses and challenges. **Global Change Biology**, v. 25, n. 6, p. 1922-1940, 2019. <http://dx.doi.org/10.1111/gcb.14619>

PABLO D. C.; JOANNE C. Regulation of flowering time by light quality. **Nature**, v. 423, p.881-885, 2003.

PADOIN, T. O. H.; MÜLLER, A.; SCHMITT, J. L. Fenologia de *Blechnum acutum* (Desv.) Mett.(Blechnaceae) em Floresta Atlântica Subtropical. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 6, p. 1644-1656, 2016.

PUNT, W.; HOEN, P. P.; BLACKMORE, S.; NILSSON, S.; LE THOMAS, A. Glossary of pollen and spore terminology. **Review of palaeobotany and palynology**, v. 143, n. 1-2, p. 1-81, 2007.

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2020. URL <https://www.R-project.org/>.

RENTON, K.; SALINAS-MELGOZA, A.; RUEDA-HERNÁNDEZ, R.; VÁZQUEZ-REYES, L. D. Differential resilience to extreme climate events of tree phenology and cavity resources in tropical dry forest: Cascading effects on a threatened species. **Forest Ecology and Management**, v. 426, p. 164-175, 2018.

SALIMENA, F. R. G.; O'LEARY, N.; CARDOSO, P. H.; SCHAEFER, J.; SILVA, T. R. D. S.; MORONI, P.; SILVA, G. B.; THODE, V. A.; BOLDORINI, A. *Verbenaceae in Flora e Funga do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB246>>. Acesso em: 25 jan. 2023

SANTOS, A. C. B. SANTOS, T. S. NUNES, T. S. COUTINHO, M. A. P. SILVA. Uso popular de espécies medicinais da família Verbenaceae no Brasil. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 4, p. 980-991, 2015.

SANTOS, G. N. D.; HIGUCHI, P.; SILVA, A. C. D.; FARIAS, K. J.; MACHADO, F. D.; DUARTE, E.; FERNANDES, C.; VIEIRA, F.; AMARAL, R. S.; AGUIAR, V.; WALTER, F. F.; REIS, M. A. Regeneração natural em uma Floresta com Araucária: inferências sobre o processo de construção da comunidade de espécies arbóreas. **Ciência Florestal**, v. 28, p. 483-494, 2018.

SANTOS, M. L.; AFONSO, A. D. P.; OLIVEIRA, P. E. Biologia floral de *Vochysia cinnamomea* Pohl (Vochysiaceae) em cerrados do Triângulo Mineiro, MG. **Brazilian Journal of Botany**, v. 20, p. 127-132, 1997.

SCHWARTZ, M. D. (Ed.). **Phenology: An integrative environmental science**. Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academic Publishers, p. 610. 2013.

SILVEIRA, L.; LUCENA, E. M. P. Contribuições da estatística circular para a obtenção de dados fenológicos reprodutivos em populações e comunidades vegetais florestais. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 1, p. e16312139318-e16312139318, 2023.

SCHMITT, K. F.; PAULA, R.; MORENO, E. C.; TIAGO, A.; ROSSI, A. A. Uso de testes colorimétricos na avaliação da viabilidade polínica do urucum (*Bixa orellana* L.). **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 22, 2015.

SEGECIN, S. Morfoanatomia das folhas cotiledonares, protofilo e metafilo de *Aloysia hatschbachii* Moldenke (Verbenaceae). **Akropolis**, Umuarama, PR, v. 11, p. 21-29, 1995.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; TETTO, A. F. **Meteorologia e climatologia florestal**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2015. 215 p.

THOMAS, C. D., CAMERON, A., GREEN, R. E., BAKKENES, M., BEAUMONT, L. J., COLLINGHAM, Y. C., ERASMUS, B. F. N., SIQUEIRA, M. F., GRAINGER, A., HANNAH, L., HUGHES, L., HUNTLEY, B., VAN JAARSVELD, A. S., MIDGLEY, G. F., MILES, L., ORTEGA-HUERTA, M. A., PETERSON, A. T., PHILLIPS, O. L., WILLIAMS, S. E. Extinction Risk from Climate Change. **Nature**, v. 427, p.145-148, 2004.

VENÂNCIO, D. D. F. A., VICCINI, L. F., LUIZI-PONZO, A. P.; PREZOTO, F. Flower-visiting insects and phenology of *Lippia alba* (Lamiales: Verbenaceae): floral color changes and environmental conditions as cues for pollinators. **Environmental entomology**, v. 45, n. 3, p. 685-693, 2016.

VINCENT, H.; BORNAND, C. N.; KEMPEL, A.; FISCHER, M. Rare species perform worse than widespread species under changed climate. **Biological Conservation**. v. 246, 108586, 2020.

ZAR, H. J. **Biostatistical analysis**. Prentice-Hall, New Jersey, 1999. 663p.

ZEEVAART, Jan Ad. Physiology of flower formation. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 27, n. 1, p. 321-348, 1976.

4 DIVERSIDADE GENÉTICA DE *Aloysia hatschbachii* Moldenke: UMA ESPÉCIE EM PERIGO DE EXTINÇÃO NAS PAISAGENS DE CAMPO NATURAL

Resumo

As atividades antrópicas causam alteração ambiental, podendo promover fragmentação de áreas naturais e redução da diversidade genética de populações. Esse problema é ainda mais grave no caso de espécies ameaçadas, como é o caso do arbusto endêmico *Aloysia hatschbachii*. Neste sentido, teve-se como objetivo avaliar a diversidade genética de subpopulações remanescentes de *Aloysia hatschbachii*. O estudo foi realizado em três subpopulações localizadas no município de Piên/PR, sendo em cada uma coletada amostras foliares de 50 indivíduos. O estudo genético foi realizado com auxílio de marcadores isoenzimáticos. Os dez sistemas isoenzimáticos utilizados possibilitaram a interpretação de 12 locos, sendo sete destes polimórficos. No geral, as subpopulações de *Aloysia hatschbachii* apresentaram baixos valores de diversidade genética e excesso de homozigotos. Além disso, foi verificado que há maior proporção de variabilidade genética ocorrendo dentre os indivíduos do que entre as subpopulações, sendo necessária alguma medida de diferenciação genética entre as populações para entender como elas estão estruturadas. As três subpopulações são estruturadas por dois grupos genéticos, comprovados pela análise bayesiana. Desse modo, os baixos níveis de diversidade genética observados provavelmente estão relacionados com os efeitos antrópicos, sendo necessárias medidas de conservação a curto prazo.

Palavras-chave: Conservação de espécies ameaçadas. Genética de populações. Marcadores moleculares. Isoenzimas.

4.1 INTRODUÇÃO

As áreas de Estepe Gramíneo Lenhosa compõem uma vegetação diversa e com expressivas diferenças florísticas e fitossociológicas. No entanto as atividades antrópicas ocasionaram uma drástica modificação nas condições deste ecossistema (GALVÃO; AUGUSTIN, 2011). Essa alteração ambiental desordenada acarretou a fragmentação de áreas naturais e o isolamento de populações, reduzindo a diversidade genética e, conseqüentemente, acentuando o efeito da deriva genética e a endogamia (TELLES et al., 2014). Além disso, a antropização pode causar decréscimos nos tamanhos populacionais, alterando os padrões de fluxo gênico e de estrutura genética (DELANEY et al., 2010, HOLDEREGGER; GIULIO, 2010). Assim, conhecer a diversidade genética, a quantidade de indivíduos e sua distribuição na paisagem, é necessário para o delineamento de estratégias de conservação (TELLES et al., 2014; YANG et al., 2015), sobretudo quando as espécies possuem comportamento de ocupação geográfica mais especialista (FONTANA et al., 2014).

Espécies raras têm como características maiores especificidade e restrição quanto ao ambiente de ocorrência do que espécies generalistas (PRIMACK, 1993), e geralmente estão relacionadas a uma menor plasticidade em relação às mudanças ambientais (VINCENT et al., 2020). A baixa tolerância a alterações no ambiente está vinculada diretamente ao risco de extinção, principalmente em áreas abertas não florestais (e.g., campo natural) (BELO et al., 2013; VIANA; LOMBARDI, 2007). Esses ambientes campestres são caracterizados pelo número reduzido de pesquisas e por serem alvo de facilitada expansão agrícola (DUARTE et al., 2007; GALVÃO; AUGUSTIN, 2011), o que reforça a necessidade de dados sobre o comportamento ecológico de suas espécies, para o estabelecimento de estratégias conservacionistas (ELITH et al., 2011; WANG, et al., 2016).

Dentro deste contexto, *Aloysia hatschbachii* Moldenke é uma espécie da família Verbenaceae pouco conhecida e com um número reduzido de registros catalogados (SPECIESLINK, 2023), ocorrendo restritamente em áreas de campo natural com afloramentos rochosos (SIEDO, 2006) na região sudeste do Primeiro Planalto do Paraná e classificada como em perigo de extinção (EN) (CNCFLORA, 2020; MMA, 2022). Além disso, o potencial de componentes aromáticos do gênero *Aloysia* indica que é uma espécie com possibilidade para o uso medicinal e farmacológico (CALZADA-SÁNCHEZ et al., 2014; O'LEARY et al., 2016).

A compreensão sobre a diversidade genética das populações é fundamental para conservação das espécies, pois afeta diretamente a dinâmica, sobrevivência e adaptação dos indivíduos (BRZOSKO et al., 2011), em especial no caso de populações de plantas ameaçadas de extinção (HMELJEVSKI et al., 2011). Com base nas informações genéticas é possível promover ações de conservação, principalmente em áreas alteradas por atividades antrópicas (HMELJEVSKI et al., 2011), pelo fato de se ter conhecimento sobre onde estão as populações com maior urgência de conservação (TURCHETTO et al., 2016). Para isso, uma abordagem comumente utilizada nos estudos de diversidade genética é a de marcadores moleculares isoenzimáticos (RODRIGUES et al., 2023; SAMMOUR et al., 2020). Estes marcadores são codominantes e amplamente aplicados em estudos envolvendo espécies lenhosas, fornecendo informações cruciais (KONZEN; MARTINS, 2017; MARIOT et al., 2020), além de auxiliar na identificação de áreas prioritárias e no estabelecimento de estratégias de conservação eficientes. Esses marcadores possuem baixo custo e alta reprodutibilidade, podendo ser uma escolha eficiente para estudos com espécies pouco conhecidas ou raras (MARIOT et al., 2020; RODRIGUES et al., 2023).

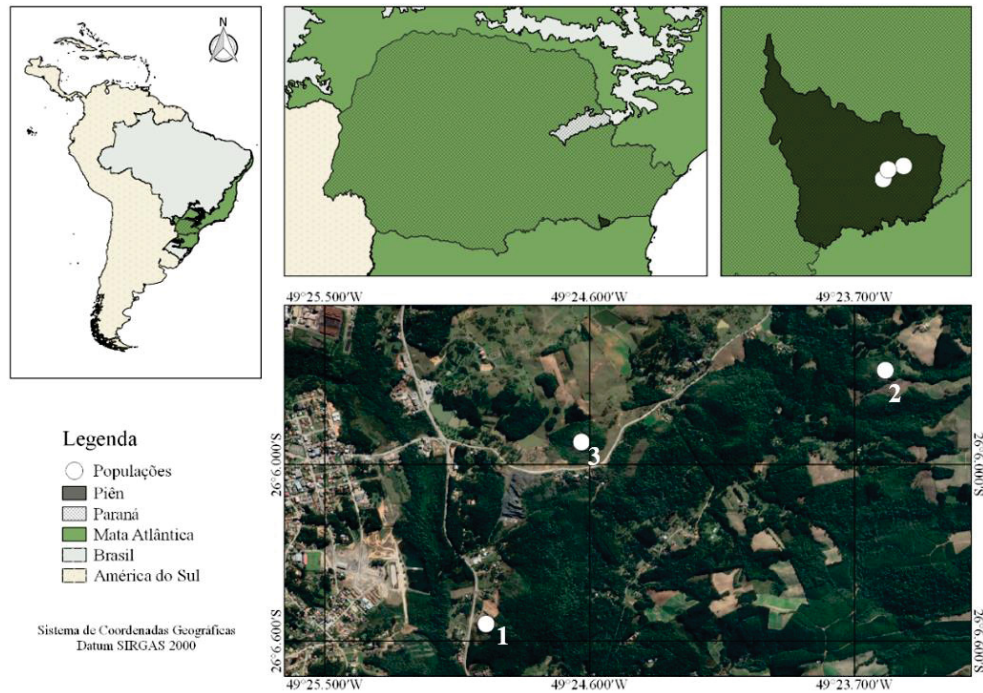
Neste sentido, esta pesquisa teve como objetivo avaliar a diversidade genética de subpopulações remanescentes de *A. hatschbachii* em áreas de campo natural, visando subsidiar estratégias de conservação da espécie. A partir dessa perspectiva, algumas questões foram levantadas: 1) Quais os níveis de diversidade genética em cada subpopulação? 2) Como se distribui a diversidade genética entre as subpopulações? 3) Qual subpopulação é prioritária para a conservação?

4.2 MATERIAL E METÓDOS

Área de estudo

O estudo foi realizado no município de Piên, no Primeiro Planalto do Paraná (FIGURA 19). O clima do local é classificado como Cfb, temperatura média de 17 °C e precipitação média anual variando entre 1.200 e 1.900 mm, bem distribuída durante o ano (ALVARES et al., 2013; IBGE, 2012).

FIGURA 19 – LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DAS SUBPOPULAÇÕES DE *Aloysia hatschbachii* NO MUNICÍPIO DE PIÊN – PARANÁ, BRASIL.



FONTE: A autora e Google Earth, com adaptações (2023).

Foram realizadas viagens de busca por indivíduos de *Aloysia hatschbachii*, sendo selecionadas três subpopulações da espécie em fragmentos de Estepe Gramíneo lenhosa (campo natural) isolados em remanescentes florestais, onde: subpopulação 1 (aproximadamente 850 m s.n.m) – área de encosta alvo de maior pressão antrópica, com frequente pastoreio de equinos e bovinos e intervenções manuais, como roçada parcial da vegetação arbustiva; subpopulação 2 (aproximadamente 887 m s.n.m) – topo de morro com afloramentos rochosos mais expressivos e baixo grau de intervenção antrópica direta, ainda que circundada por plantios florestais comerciais; subpopulação 3 (aproximadamente 872 m s.n.m) – encosta com afloramentos rochosos e vegetação natural em bom estado de conservação, sem sinais de circulação de pessoas ou de animais.

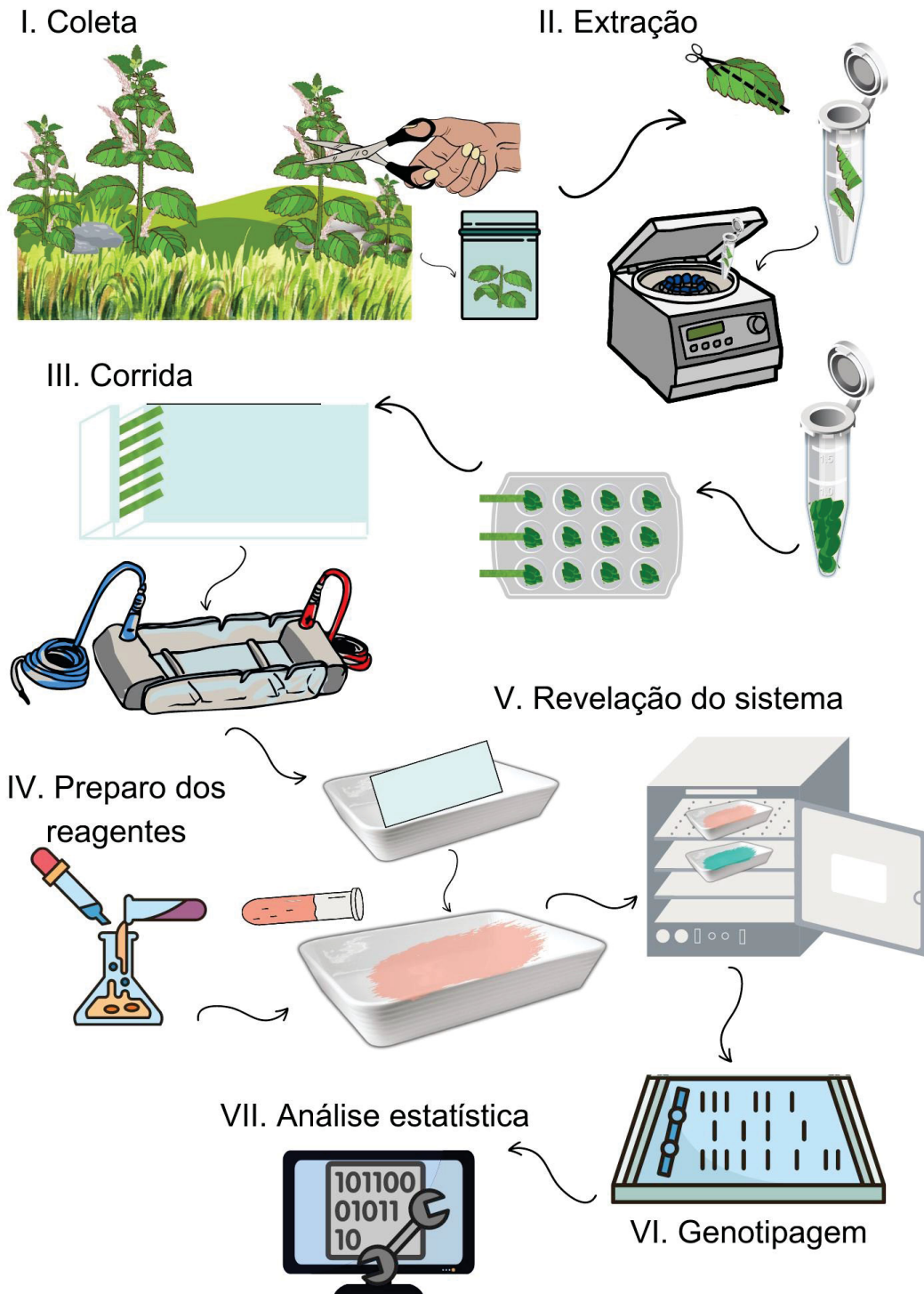
Material coletado

Em cada subpopulação foram coletadas amostras foliares provenientes de 50 indivíduos adultos, espaçados pelo menos 15 m entre si, distância estabelecida considerando o porte arbustivo da espécie (Etapa I, FIGURA 20). As folhas foram armazenadas em sacos plásticos e acondicionadas em caixa térmica contendo gelo para reduzir a degradação enzimática. Em testes anteriores foi observado que as

folhas da espécie não apresentavam longa duração após a coleta. Portanto, logo após a coleta estas foram encaminhadas para os procedimentos no Laboratório de Fisiologia do Desenvolvimento e Genética Vegetal (LFDGV) da Universidade Federal de Santa Catarina.

Na etapa II ocorreu a solubilização das enzimas com auxílio do macerador automático Precellys® 24, sendo utilizadas aproximadamente 50 mg de material vegetal e 10 mg de polivinilpolipirrolidona, e acondicionamento em tubos de 2 mL com solução de extração nº 1 (ALFENAS et al., 1998). As enzimas solubilizadas foram submetidas à eletroforese em gel de amido (penetrose 30 a 13%), com sistema tampão-eletródo de Citrato de Morfolina pH 6,1, seguindo as recomendações de Alfenas (1998) (Etapa III). Após a eletroforese foram revelados e interpretados 10 sistemas isoenzimáticos (TABELA 4).

FIGURA 20 – METODOLOGIA UTILIZADA PARA A ANÁLISE DA DIVERSIDADE GENÉTICA DAS SUBPOPULAÇÕES DE *Aloysia hatschbachii*.



Fonte: A autora (2023).

TABELA 4 – SISTEMAS ISOENZIMÁTICOS UTILIZADOS PARA A ANÁLISE GENÉTICA DAS SUBPOPULAÇÕES DE *Aloysia hatschbachii*, CÓDIGO (EC - ENZYME COMMISSION) E NÚMERO DE LOCOS AVALIADOS.

Sistema	Sigla	Código (EC)	Nº de locos
6-Fosfogluconato Desidrogenase	6PGDH	1.1.1.44	1
Fosfatase Ácida	ACP	3.1.3.2	1
Glucose-6-fosfato Desidrogenase	G6PDH	1.1.1.49	1
Enzima Málica	ME	1.1.1.40	2
Isocitrato Desidrogenase	IDH	1.1.1.42	1
Malato Desidrogenase	MDH	1.1.1.37	2
Fosfogluco Isomerase	PGI	5.3.1.9	1
Fosfoglucomutase	PGM	5.4.2.2	1
Peroxidase	PRX	1.11.1.7	1
Xiquimato Desidrogenase	SKDH	1.1.1.25	1

Análise dos dados

A partir da interpretação dos sistemas enzimáticos foram estimadas para cada subpopulação as frequências alélicas, o número total de alelos, número de alelos por loco (\hat{A}), número médio de alelos efetivos (\hat{A}_e), porcentagem de locos polimórficos (\hat{P}), heterozigosidade observada (\hat{H}_O), heterozigosidade esperada (\hat{H}_E) e o índice de fixação (\hat{f}). Alelos com frequência < 5% foram considerados raros e alelos restritos à apenas uma subpopulação foram considerados exclusivos. Também foram estimados os tamanhos efetivos populacionais, de acordo com Vencovsky (1992), $N_e = \frac{n}{1+\hat{f}}$, em que n representa o tamanho amostral. Para a obtenção dos estimadores mencionados foi utilizado o programa GenAIEx v.6.502 (SMOUSE; WHITEHEAD; PEAKALL, 2015), implementado ao Excel. Os intervalos de confiança (95%) para \hat{H}_O e \hat{H}_E foram estimados por meio de 1.000 amostras aleatórias de indivíduos dentro de populações por meio do pacote “PopGenKit” (PAQUETTE, 2012) em linguagem R v.4.1.1 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2020). O programa ALERQUIM v.3.1 foi utilizado para realizar a Análise de Variância Molecular (AMOVA) entre as subpopulações estudadas (EXCOFFIER; SMOUSE; QUATTRO, 1992).

Além disso, foi avaliado o número de grupos genéticos (K) que representam as subpopulações amostradas por meio da análise bayesiana, realizada com o auxílio do programa Structure v.2.2 (PRITCHARD; WEN, 2003). As corridas foram realizadas com 200.000 simulações de Monte Carlo via Cadeia Markov (MCMC) e *burn-in* de 250.000. O valor de K variou de 1 a 5, com dez interações cada, sendo o valor dos

grupos verificado de acordo com o método ΔK , implementado no programa Structure Harvester (EVANNO; REGNAUT; GOUDET, 2005; EARL; VONHOLDT, 2012).

4.3 RESULTADOS

Os dez sistemas isoenzimáticos utilizados possibilitaram a interpretação de 12 locos, sendo sete destes polimórficos (TABELAS 4 e 5). Ao todo foram encontrados 20 alelos, os quais diferiram entre as subpopulações amostradas e entre os sistemas. Apenas o sistema 6PGDH apresentou mais de dois alelos. Além disso, foi observado que as frequências alélicas variam entre as subpopulações, com a ocorrência de três alelos exclusivos, sendo um para cada subpopulação: MDH1 – alelo dois na subpopulação 1; ACP – alelo um na subpopulação 2; e PRX – alelo um na subpopulação 3.

TABELA 5 - FREQUÊNCIAS ALÉLICAS EM 12 LOCOS ISOENZIMÁTICOS DE TRÊS SUBPOPULAÇÕES DE *Aloysia hatschbachii* NO MUNICÍPIO DE PIÊN, PR.

Loco	Alelo	Pop1	Pop2	Pop3
6PGDH	n	50	41	49
	1	0.060	0.030	0.140
	2	0.570	0.840	0.480
	3	0.370	0.130	0.380
ACP	n	50	50	50
	1	0.000	0.020	0.000
	2	1.000	0.980	1.000
G6PDH	n	50	50	50
	1	1.000	1.000	1.000
ME1	n	50	50	50
	1	0.020	0.010	0.020
	2	0.980	0.990	0.980
ME2	n	50	50	50
	1	1.000	1.000	1.000
IDH	n	50	50	50
	1	1.000	1.000	1.000
MDH1	n	49	50	50
	1	0.940	1.000	1.000
	2	0.060	0.000	0.000
MDH2	n	49	50	50
	1	0.060	0.180	0.410
	2	0.940	0.820	0.590
PGI	n	49	50	49
	1	0.340	0.100	0.210
	2	0.660	0.900	0.790
PGM	n	50	50	50
	1	1.000	1.000	1.000
PRX	n	50	50	43
	1	0.000	0.000	0.010
	2	1.000	1.000	0.990
SKDH	n	50	50	50
	1	1.000	1.000	1.000

FONTE: A autora (2023).

As subpopulações de *A. hatschbachii* apresentaram uma média de diversidade genética ($\hat{H}E$) de 0,10, e todas as subpopulações apresentaram excesso de homocigotos, além de um \hat{f} médio de 0,372 (variando de 0,226 até 0,481) (TABELA 6). Estes valores de \hat{f} refletem no tamanho efetivo de cada subpopulação, com N_e médio de 37 indivíduos, variando de 34 a 41. De modo geral, os índices de diversidade foram semelhantes entre subpopulações para $\hat{H}E$ e $\hat{H}O$, não sendo detectadas diferenças significativas. O número médio de alelos efetivos foi menor que o número de alelos por loco, com destaque para a subpopulação 2.

TABELA 6 - ÍNDICES DE DIVERSIDADE GENÉTICA DE INDIVÍDUOS ADULTOS EM TRÊS SUBPOPULAÇÕES DE *Aloysia hatschbachii* NO MUNICÍPIO DE PIÊN, PR.

Spop	<i>n</i>	N_e	P (%)	A	$\hat{A}E$	$\hat{H}E$	$\hat{H}O$	\hat{f}
1	50	41	41,67	1,50	1,19	0,112 (0,014/0,235)	0,057 (0,018/0,132)	0,226
2	50	34	41,67	1,50	1,09	0,074 (0,019/0,164)	0,035 (0,015/0,084)	0,481*
3	50	36	41,67	1,50	1,25	0,136 (0,015/0,281)	0,071(0,016/0,160)	0,408*
Média	50	37	41,67	1,50	1,18	0,107	0,054	0,372

Spop = subpopulação *n* = Tamanho da amostra; N_e = Tamanho efetivo; P = porcentagem de locos polimórficos; \hat{A} = número de alelos por loco; $\hat{A}E$ = número médio de alelos efetivos; $\hat{H}E$ = heterozigosidade esperada; $\hat{H}O$ = heterozigosidade observada; \hat{f} = índice de fixação; * = $p < 0,05$, os valores entre parêntese representam intervalos de confiança a 95%.

Por meio da análise de variância molecular (AMOVA) verificou-se que há maior proporção de variabilidade genética ocorrendo dentro das subpopulações (89,4%) do que entre as subpopulações (10,6%) (TABELA 7). Esse padrão indica uma baixa variação entre as subpopulações, corroborando os valores observados anteriormente.

TABELA 7 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA MOLECULAR (AMOVA) EM TRÊS SUBPOPULAÇÕES DE *Aloysia hatschbachii* NO MUNICÍPIO DE PIÊN, PR.

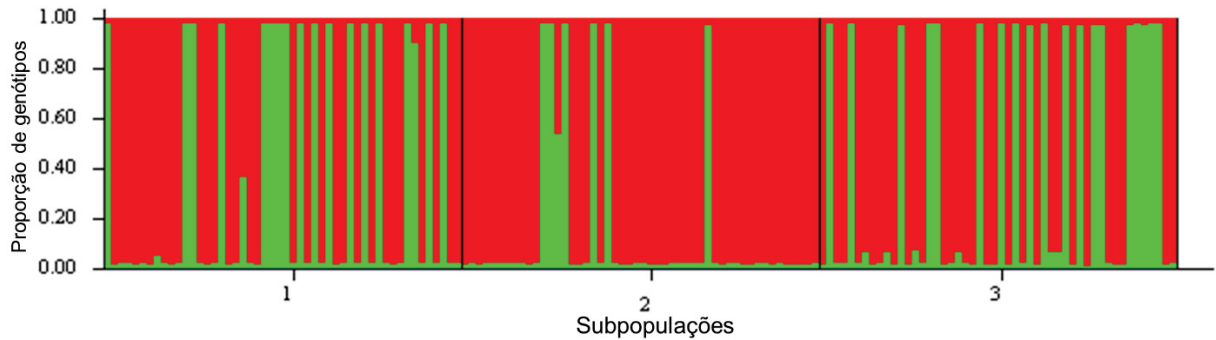
Subpopulação	GL	SQ	Componentes da variância	Porcentagem de variação (%)	P
Entre subpopulações	2	15,33	0,07	10,61	< 0,0001*
Dentre indivíduos	297	176,96	0,60	89,39	
Total	299	192,29	0,67	100	

GL: grau de liberdade; SQ: soma dos quadrados dos desvios; P: probabilidade.

As três subpopulações estudadas se encontram estruturadas em dois grupos genéticos, verificados de acordo com os valores de K obtidos por meio da abordagem Bayesiana (FIGURA 21). No entanto, pode-se observar que não há isolamento de

subpopulação e material genético, visto que todas as subpopulações são compostas por genótipos dos dois grupos.

FIGURA 21 - REPRESENTAÇÃO DOS AGRUPAMENTOS GENÉTICOS DAS TRÊS SUBPOPULAÇÕES DE *Aloysia hatschbachii* NO MUNICÍPIO DE PIÊN – PARANÁ, BRASIL. A COR EM CADA BARPLOT REPRESENTA A PROBABILIDADE DE CADA INDIVÍDUO PERTENCER A UM CLUSTER GENÉTICO



4.4 DISCUSSÃO

As subpopulações de *Aloysia hatschbachii* apresentaram baixos índices de diversidade genética (TABELA 6), visto que os valores variam de 0 a 1 e quanto mais próximos a 1, mais diversa será a espécie (PERRY; MCINTOSH, 1991), semelhante ao observado para outras espécies da família Verbenaceae (YEEH et al., 1996; MEIRA et al., 2018). Esse fato pode estar relacionado com a ecologia, o tipo de colonização e distribuição natural das espécies (O'LEARY et al., 2012). Nesse sentido, ao estudarem uma população de *Glandora oleifolia* (Lapeyr.) DC Thomas, espécie arbustiva endêmica e de ocorrência restrita, foram encontrados valores semelhantes ao do presente estudo, %P (30,8%), \hat{A} (1,69), \hat{H}_E (0,098) e \hat{H}_O (0,076) (DEL HOYO et al., 2012). Ainda de acordo com estes autores, a ocorrência restrita da referida espécie pode ser fruto de sucessivas reduções populacionais, o que promove o afunilamento genético.

Assim, os baixos valores de diversidade gênica observados para *A. hatschbachii* podem estar relacionados à restrita área de ocorrência da espécie (CNCFLORA, 2020; SPECIESLINK, 2020), além da intensa pressão antrópica da região (HENTZ et al., 2015; PIÊN, 2019), bem como aos mecanismos de floração e fecundação adotados pela *Aloysia hatschbachii*. Por ser um município com frequente atividade agrícola (PIÊN, 2019), as áreas de campo natural estão sendo constantemente roçadas para permitir o pastoreio ou totalmente convertidas para plantações de culturas anuais. Essas atividades necessitam de limpeza de área,

promovendo o corte de *A. hatschbachii*, que possui porte arbustivo e cujas plantas são mais facilmente removidas. Já o pastoreio acarreta a morte das plantas por pisoteio, fazendo com que a quantidade de ingresso dos regenerantes seja reduzida (HANISCH et al., 2021).

Os valores de \hat{f} indicaram um excesso de homozigotos em todas as subpopulações estudadas (TABELA 6). Essa característica pode estar relacionada ao cruzamento entre aparentados (SEBBENN et al., 2001), o que pode ser esclarecido por meio de estudos de sistema reprodutivo e estrutura genética espacial interna de populações (BITTENCOURT et al., 2019). Além disso, as estratégias reprodutivas de *A. hatschbachii* podem estar favorecendo esse padrão, pois a espécie possui flores hermafroditas (O'LEARY et al., 2016) e não há relatos na literatura sobre autoincompatibilidade deste táxon no processo de fecundação, o que pode promover um aumento nos índices de endogamia (CULLEY et al., 1999; JARNE; CHARLESWORTH, 1993). Deste modo, o conhecimento sobre esses índices auxilia como parâmetro básico para a determinação de tamanhos amostrais adequados, como em situações de coletas de material para a formação de bancos de germoplasma (MELO et al., 2021).

Além disso, o conhecimento do tamanho efetivo de cada população também auxilia na avaliação da situação de conservação e nas suas perspectivas futuras (HOELTGEBAUM et al., 2015). O menor tamanho efetivo populacional ($N_e = 34$) e o índice de fixação ($\hat{f} = 0,481$) foram encontrados para a subpopulação 2, o que pode ser resultante de sua situação de isolamento na paisagem, por encontrar-se numa condição topográfica (topo de morro) diferente das outras subpopulações, e também por estar isolada pela presença de remanescentes florestais nativos, plantios florestais com espécies exóticas e agricultura no entorno. Esses fatores podem estar atuando como barreiras físicas e impedindo o fluxo gênico entre parte dos indivíduos (CHAGAS et al., 2023; FELICIANO et al., 2022).

De maneira geral, quanto maior a diversidade genética, mais apta a espécie estará para suportar os impactos ambientais, ou seja, quando se pensa em estratégias de conservação é evidente a necessidade de populações mais diversas e, conseqüentemente, com maiores chances de sobrevivência (SHIMIZU, 2007). Além disso, historicamente existe um maior risco às populações de espécies nativas, especialmente daquelas endêmicas (PINHEIRO et al., 2017), devido às atividades antrópicas que vêm causando fragmentação, declínio e isolamento populacional, com

aumento da distância geográfica e diminuição do fluxo gênico (YANG et al., 2015; GUO et al., 2016; SHARMA et al., 2018). De fato, a fragmentação dificulta a eficiência dos processos de polinização e dispersão, mas o desenvolvimento e a manutenção de populações vegetais também são dificultados por outros fatores, como a alteração das condições físico-químicas do solo (MACHADO et al., 2019) e a ocorrência de espécies competitivas e de rápido crescimento (HESS et al., 2019), em geral situações decorrentes de atividades humanas.

Nesse aspecto, os estudos de genética de espécies nativas são importantes para a compreensão do status de conservação em que a população se encontra (NYBOM, 2004), principalmente para estimativas a longo prazo. Estas abordagens permitem definir a necessidade de realização de intervenções conservacionistas, como a escolha das populações mais adequadas para resgate de material genético (indivíduos, mudas ou sementes) ou apontar aquela de maior urgência para conservação *in situ* (LIU et al., 2019; LUNA-ORTIZ et al., 2022).

Com base nos resultados observados, pode-se caracterizar as três subpopulações de *A. hatschbachii* como em risco de conservação, sendo sugerida a coleta de sementes e produção de mudas para conservação *ex situ* (SEBBENN et al., 2007; ZAMITH; SCARANO, 2004), bem como a utilização de mudas para a reintrodução em habitats propícios na região de ocorrência e até mesmo para a recuperação de áreas degradadas em ambientes rochosos (ARMSTRONG; SEDDON, 2008; WEEKLEY et al., 2008). Ainda nesse aspecto, é essencial a criação e consolidação de áreas protegidas para preservação dos campos nativos onde ocorre a espécie ameaçada (BENCKE, 2009), associada a efetivação do controle de espécies exóticas invasoras e a efetiva aplicação de legislação ambiental. Além disso, pode ser benéfico fazer translocação de indivíduos entre populações para propiciar aumento de diversidade, visto que foi verificado a ocorrência de alelos exclusivos dentro das subpopulações.

4.5 CONCLUSÕES

- Nas três subpopulações de *A. hatschbachii* foram encontrados ao todo 20 alelos distribuídos em 12 locos, sendo sete polimórficos.
- As subpopulações apresentaram baixos índices de diversidade genética, o que provavelmente está relacionado aos efeitos antrópicos, indicando a

necessidade de medidas de conservação e conscientização sobre a situação da espécie a curto prazo.

- Há necessidade de novas pesquisas relacionadas ao sistema de cruzamento e comportamento demográfico, os quais poderão auxiliar no entendimento dos mecanismos de distribuição da diversidade entre e dentro das subpopulações.

4.6 REFERÊNCIAS

ALFENAS, A. C. **Eletroforese de isoenzimas e proteínas afins: fundamentos e aplicações em plantas e microrganismos**. 1. ed. Viçosa: Editora Universidade Federal de Viçosa, 1998.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. D. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ARMSTRONG, D. P.; SEDDON, P. J. Directions in reintroduction biology. **Trends in Ecology & Evolution**, Londres, v. 23, p.20-25, 2008.

BELO, R. M.; NEGREIROS, D.; FERNANDES, G. W.; SILVEIRA, F. A. O.; RANIERI, B. D.; MORELLATO, P. C. Fenologia reprodutiva e vegetativa de arbustos endêmicos de campo rupestre na Serra do Cipó, Sudeste do Brasil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 64, n. 4, p. 817-828, 2013.

BENCKE, G. A. Diversidade e conservação da fauna dos Campos do Sul do Brasil. In. PILLAR, V. P., **Campos Sulinos - conservação e uso sustentável da biodiversidade**, Brasília: MMA, 2009. 403p.

BITTENCOURT, R.; STEINER, F.; SANT'ANNA, C. S.; MONTAGNA, T.; FERNANDES, C. D.; SILVA, F. A. L. S. D.; REIS, M. S. Diversidade e estrutura genética de populações de *Podocarpus lambertii* Klotzsch ex Endl. na floresta ombrófila mista em Santa Catarina. **Ciência Florestal**, v. 29, p. 63-74, 2019.

BRZOSKO, E.; WROBLEWSKA, A.; TALALAJ, I.; WASILEWSKA, E. Genetic diversity of *Cypripedium calceolus* in Poland. **Plant Systematics and Evolution**, Nova Iorque, v. 295, p. 83–96. 2011.

CALZADA-SÁNCHEZ, E. V.; AGUILAR-RODRÍGUEZ, S.; LÓPEZ-VILLAFRANCO, M. E.; AGUILAR-CONTRERAS, A. Anatomía de hoja y tallo de Verbenaceae medicinales empleadas en México. **Botanical Sciences**, v. 92, n. 4, p. 469-480, 2014.

CENTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DA FLORA (CNCFLORA). Lista Vermelha. Disponível em: <<http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/>>. Acesso em 25 nov. 2020.

CHAGAS, K. P. T.; PINHEIRO, L. G.; LUCAS, F. M. F.; FREIRE, A. S. M.; FAJARDO, C. G.; VIEIRA, F. A. Genetic diversity of *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir.: an intensively exploited wood tree in the Brazilian tropical semi-arid vegetation. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 70, n. 5, p. 1531-1544, 2023.

CULLEY, T. M.; WELLER, S. G.; SAKAI, A. K.; RANKIN, A. E. Inbreeding depression and selfing rates in a self-compatible, hermaphroditic species, *Schiedea membranacea* (Caryophyllaceae). **American journal of botany**, v. 86, n. 7, p. 980-987, 1999.

DELANEY, K. S., RILEY, S. P. D., FISHER, R. N. A rapid, strong, and convergent genetic response to urban habitat fragmentation in four divergent and widespread vertebrates. **PloS One**. v. 5, n. 9, p. 1-11, 2010.

DEL HOYO, A.; LÓPEZ-PUJOL, J.; CHUNG, M. Y.; LASSO DE LA VEGA, B. Population genetics and conservation of the extremely narrow Pyrenean palaeoendemic *Glandora oleifolia* (Boraginaceae). **Plant Ecology & Diversity**, v. 5, n. 4, p. 501-511, 2012.

DUARTE, L. D.; CARLUCCI, M.B.; HARTZ, S.M.; PILLAR, V.D. Plant dispersal strategies and the colonization of Araucaria forest patches in a grassland-forest mosaic. **Journal of Vegetation Science**, 18, 847–858, 2007.

EARL, D. A.; VONHOLDT, B. M. Structure Harvester: a website and program for visualizing Structure output and implementing the Evanno method. **Conservation Genetics Resources**, n. 4, v.2, p. 359-361, 2012.

ELITH, J.; KEARNEY, M.; PHILLIPS, S. The art of modelling range-shifting species. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 1, p. 330-342, 2010.

- EVANNO, G.; REGNAUT, S.; GOUDET, J. Detecting the number of clusters of individuals using the software structure: a simulation study. *Molecular ecology*, 14:2611-2620, 2005.
- EXCOFFIER L.; SMOUSE P. E.; QUATTRO J. M. Analysis of molecular variance inferred from metric distances among DNA haplotypes: application to human mitochondrial DNA restriction data. **Genetics**, v. 131, p. 479-491, 1992.
- FELICIANO, D. C.; DE GODOY, S. M.; DA SILVA, J. F. M.; GÓES, B. D.; FERRAZ, J. R.; OLIVEIRA SANTOS, P.; RIBEIRO, J. E. L.; RUAS, P. M.; DE FÁTIMA RUAS, C. Landscape genetics reveal low diversity and adaptive divergence in *Portulaca hatschbachii* (Portulacaceae): an endangered species endemic to rocky outcrops of the Atlantic Forest. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 200, n. 1, p. 116-141, 2022.
- FONTANA, C.; GASPER, A. L.; SEVEGNANI, L. Espécies raras e comuns de Myrtaceae da Floresta Estacional Decidual de Santa Catarina, Brasil. **Rodriguésia**, v. 65, n. 3, p. 767-776, 2014.
- GALVÃO, F.; AUGUSTIN, C. A gênese dos campos sulinos. **Floresta**, v. 41, n. 1. p. 191-200, 2011.
- GUO, J. L.; ZHANG, X. Y.; ZHANG, J. W.; LI, Z. M.; SUN, W.G; ZHANG, Y. H. Genetic diversity of *Meconopsis integrifolia* (Maxim.) Franch. In the East Himalaya-Hengduan Mountains inferred from fluorescent amplified fragment length polymorphism analysis. **Biochemical Systematics and Ecology**, Oxford, v. 69, p. 67-75, 2016.
- HANISCH, A. L.; PINOTTI, L. C. A.; LACERDA, A. E. B. D.; RADOMSKI, M. I.; NEGRELLE, R. R. B. Impactos do pastejo do gado e do manejo da pastagem sobre a regeneração arbórea em remanescentes de Floresta Ombrófila Mista. **Ciência Florestal**, v. 31, p. 1278-1305, 2021.
- HENTZ, Â. M. K.; DALLA CORTE, A. P.; BLUM, C. T.; SANQUETTA, C. R. Técnicas orientadas ao objeto para levantamento da fragmentação florestal na sub-bacia Alto Iguaçu, Paraná. **Geosciences, Geociências**, v. 34, n. 4, p. 883-896, 2015.
- HESS, M. C. M.; MESLÉARD, F.; BUISSON, E. Priority effects: emerging principles for invasive plant species management. **Ecological Engineering**, v. 127, p. 48-57, 2019.

HMELJEVSKI, K. V.; REIS, A.; MONTAGNA, T.; DOS REIS, M. S. Genetic diversity, genetic drift and mixed mating system in small subpopulations of *Dyckia ibiramensis*, a rare endemic bromeliad from Southern Brazil. **Conservation Genetics**, v. 12, n. 3, p. 761-769, 2011.

HOLDEREGGER, R.; GIULIO, M. D. I. The genetic effects of roads: a review of empirical evidence. **Basic and Applied Ecology**, Jena, v. 11, p. 522-531, 2010.

HOELTGEBAUM, M. P.; BERNARDI, A. P.; MONTAGNA, T.; REIS, M. S. Diversidade e estrutura genética de populações de *Varronia curassavica* Jacq. em restingas da Ilha de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, p. 1083-1090, 2015.

JARNE, P.; CHARLESWORTH, D. The evolution of the selfing rate in functionally hermaphrodite plants and animals. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 24, n. 1, p. 441-466, 1993.

KONZEN, E. R.; MARTINS, M. P. Contrasting levels of genetic diversity among populations of the endangered tropical palm *Euterpe edulis* Martius. **Cerne**, v. 23, p. 31-42, 2017.

LIU, F., HONG, Z., XU, D., JIA, H., ZHANG, N., LIU, X.; et al. Genetic diversity of the endangered *Dalbergia odorifera* revealed by SSR markers. **Forests**, v. 10, n. 3, 2019

LUNA-ORTIZ, A.; ARTEAGA, M. C.; BELLO-BEDOY, R.; GASCA-PINEDA, J.; LEÓN DE LA LUZ, J. L.; DOMÍNGUEZ-CADENA, R.; MEDEL-NARVÁEZ, A. High genetic diversity and low structure in an endemic long-lived tree, *Yucca capensis* (Asparagaceae). **Plant Biology**, v. 24, n. 1, p. 185-191, 2022.

MACHADO, A. A. S.; LAU, C. W.; KLOAS, W.; BERGMANN, J.; BACHELIER, J. B.; FALTIN, E.; et al. Microplastics can change soil properties and affect plant performance. **Environmental science & technology**, v. 53, n. 10, p. 6044-6052, 2019.

MARIOT, A.; MONTAGNA, T.; REIS, M. S. Genetic diversity and structure of *Drimys brasiliensis* in southern Brazil: insights for conservation. **Journal of Forestry Research**, v. 31, n. 4, p. 1325-1332, 2020.

MEIRA, M. R.; MARTINS, E. R.; RESENDE, L. V. Genetic diversity of *Lippia rotundifolia* Cham. in Minas Gerais, Brazil. **Acta Scientiarum**. Biological Sciences, v. 41, e42754, 2019.

MELO, M. F. V.; SEBBENN, A. M.; ROSSINI, B. C.; MUNIZ, A. V. C. S.; RODRIGUES, C. J.; MARINO, C. L.; MORAES, M. L. T. Estimativa da diversidade genética, sistema de acasalamento e dispersão de pólen para informar a conservação ex situ da árvore *Genipa americana* L. **Plant Genetic Resources**, v. 19, n.1, p. 9–19, 2021. <http://doi.org/10.1017/S1479262121000022>

MMA- Ministério do Meio Ambiente. **Portaria MMA n.º 148, de 7 de junho de 2022**. Atualização da Lista Nacional de Espécies Ameaçadas de Extinção. Diário Oficial da União. p.74. 8 jun. 2022. Seção 1.

NEI, M. Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals. **Genetics**, v. 89, p. 583–590. 1978.

NYBOM, H. Comparison of different nuclear DNA markers for estimating intraspecific genetic diversity in plants. **Molecular Ecology**, Oxford, v. 13, p. 1143-1155, 2004.

O'LEARY, N.; CALVIÑO, C. I.; MARTÍNEZ, S.; LU-IRVING, P.; OLMSTEAD, R. G.; MÚLGURA, M. E. Evolution of morphological traits in Verbenaceae. **American Journal of Botany**, v. 99, n. 11, p. 1778-1792, 2012.

O'LEARY, N.; LU-IRVING, P.; MORONI, P.; SIEDO, S. Taxonomic Revision of *Aloysia* (Verbenaceae, Lantaneae) In South America¹. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 101, n. 3, p. 568-609, 2016.

PAQUETTE, S. R. **PopGenKit: Useful functions for (batch) file conversion and data resampling in microsatellite datasets**. R package version 1.0. 2012.

PERRY, M.C.; MCINTOSH, M.S. Geographical patterns of variation in the USDA soybean germplasm collection: I. Morphological traits. **Crop Science**, v.31, p.1350-1355, 1991

PIÊN, PREFEITURA MUNICIPAL. História do município. 2019. Disponível em: <<https://www.pien.pr.gov.br/historia>>. Acesso em: 18 fev. 2020.

PINHEIRO, L. G.; CHAGAS, K. P. T.; FREIRE, A. S. M.; FERREIRA, M. C.; FAJARDO, C. G.; VIEIRA, F. A. Anthropization as a determinant factor in the genetic structure of

Copernicia prunifera (Arecaceae). **Genetics and Molecular Research**, v. 16, n. 3, 2017.

PRIMACK, R. B. **Essentials of conservation biology**. Sunderland, Massachusetts: Sinauer, 1993.

PRITCHARD, J. K.; WEN, W. **Documentation for STRUCTURE software: Version 2**. 2003. Available from <http://pritch.bsd.uchicago.edu>.

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna, Austria, 2020.

RODRIGUES, I. D. C. A., SCUSSEL, G. F., BERNARDI, A., THALMAYR, P., FERREIRA, J. M., SILVA, A. K. D. S., REIS, M. S.; MANTOVANI, A.; MONTAGNA, T. (2023). Autoecology, diversity, and internal genetic structure of *Ocotea porosa* (Nees & Mart.) Barroso: subsidies for seed collection. **Revista Árvore**, 47, e4730.

SAMMOUR, R. H.; KARAM, M. A.; MORSI, Y. S.; ALI, R. M. Population structure and phylogenetic relationships in *Brassica rapa* L. subspecies by using isozyme markers. **Brazilian Journal of Biology**, v. 81, p. 601-610, 2020.

SEBBENN, A. M., FREITAS, M. L. M., ZANATTO, A. C. S., MORAES, E.; DE MORAES, M. A. Conservação *ex situ* e pomar de sementes em banco de germoplasma de *Balfourodendron riedelianum*. **Revista do Instituto Florestal**, v.19, n. 2, p. 101-112, 2007.

SEBBENN, A. M.; SEOANE, C. E. S.; KAGEYAMA, P. Y.; LACERDA, C. M. B. Estrutura genética em populações de *Tabebuia cassinoides*: implicações para o manejo florestal e a conservação genética. **Revista do Instituto Florestal**, v. 13, n. 2, p. 99-113, 2001.

SHARMA, G.; SINGH, A.; MAJEED, A.; NAJAR, R. A.; JAUR, G.; BHARDWAJ, P. Population structure and genetic diversity analysis on *Rhododendron arboretum* by using AFLP marker. **Gene Reports**, n. 9, p. 1-13, 2018.

SHIMIZU, J. Y. Estratégia complementar para conservação de espécies florestais nativas: resgate e conservação de ecótipos ameaçados. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 54, p. 7-7, 2007.

SIEDO, S.J. **Systematics of *Aloysia* (Verbenaceae)**. Tese de Doutorado : University of Texas at Austin, 2006.

SMOUSE, P. E.; WHITEHEAD, M. R.; PEAKALL, R. An informational diversity framework, illustrated with sexually deceptive orchids in early stages of speciation. **Molecular Ecology Resources**, v.15, p. 1375-1384, 2015.

SPECIESLINK. **Base de dados eletrônica**. <http://www.splink.org.br/>. Acessado em: 10 de junho de 2023.

TELLES, M. P. C.; DOBROVOLSKI, R.; ZOUZA, K. S.; LIMA, J. S.; COLLEVATTI, R. G.; SOARES, T. N.; CHAVES, L. J.; DINIZ-FILHO, J. A. F. Disentangling landscape effects on population genetic structure of a Neotropical savanna tree. **Brazilian Journal of Nature Conservation**, v. 1, n. 1, p. 65-70, 2014.

TURCHETTO, C.; SEGATTO, A. L. A.; MÄDER, G.; RODRIGUES, D. M.; BONATTO, S. L.; FREITAS, L. B. High levels of genetic diversity and population structure in an endemic and rare species: implications for conservation. **AoB Plants**, v. 8, p. plw002, 2016.

VIANA, P. L.; LOMBARDI, J. A. Florística e caracterização dos campos rupestres sobre canga na Serra da Calçada, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia**, v. 58, n. 1, p. 157-177, 2007.

VINCENT, H.; BORNAND, C. N.; KEMPEL, A.; FISCHER, M. Rare species perform worse than widespread species under changed climate. **Biological Conservation**. v. 246, 108586, 2020.

WANG, T.; WANG, G.; INNES, J.; NITSCHKE, C.; KANG, H. Climatic niche models and their consensus projections for future climates for four major forest tree species in the Asia–Pacific region. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 360, p. 357-366, 2016.

WEEKLEY, C. W.; GORDON, D. R.; MAGUIRE, J.; MASCHINSKI, J.; MENGES, E. S.; PENCE, V. C.; PETERSON, C. L. Saving Florida's rarest plants. **The Palmetto**, Florida, v. 25, n. 2, p. 8-13, 2008.

YANG, L.; LIU, Z. L.; LI, Z.; DYER, R. J. Genetic structure of *Pinus henryi* and *Pinus tabuliformis*: Natural landscapes as significant barriers to gene flow among

populations. **Biochemical Systematics and Ecology**, Oxford, v. 61, p. 124-132, 2015.

YEEH, Y.; KANG, S. S.; CHUNG, H. G.; CHUNG, M. S.; CHUNG, M. G. Genetic and clonal diversity in Korean populations of *Vitex rotundifolia* (Verbenaceae). **Journal of Plant Research**, v. 109, p. 161-168, 1996.

ZAMITH, L. R.; SCARANO, F. R. Produção de mudas de espécies das Restingas do município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 18, p. 161-176, 2004.

5 PROPAGAÇÃO DA ESPÉCIE AMEAÇADA *Aloysia hatschbachii* Moldenke: MORFOLOGIA E GERMINAÇÃO DAS SEMENTES

Resumo

Estudos envolvendo processos germinativos são fundamentais para um maior sucesso na produção de mudas, principalmente envolvendo espécies ameaçadas, como é o caso de *Aloysia hatschbachii* Moldenke. O presente estudo teve como objetivo compreender o comportamento germinativo e a capacidade de armazenamento das sementes dessa espécie, assim como caracterizar a morfologia de suas sementes e plântulas. Além da mensuração biométrica, foram analisados o peso de mil sementes e seu teor de água. Para verificar se as sementes possuíam dormência física foram testados quatro tratamentos pré-germinativos (embebição por 10 horas; embebição por 18 horas; choque térmico; e controle). Para identificar as condições adequadas de germinação das sementes foram analisados dois substratos (areia e papel) e quatro temperaturas (15, 20, 25 e 30 °C), em esquema fatorial de interação (2x4). Além destas abordagens, também foi investigada a viabilidade das sementes submetidas a armazenamento de quatro períodos (30, 60, 120 e 180 dias). As sementes de *A. hatschbachii* são pequenas (1,59 mm), leves (0,42 mg) e possuem formato elipsoide, além de apresentarem baixo teor de água (<10%). Os resultados sugerem que a espécie não possui dormência física e germina tanto em areia quanto no papel toalha, com melhor desempenho sob temperaturas de 20 e 25 °C. As sementes apresentam baixo potencial germinativo (29-32%) e germinação irregular ao longo dos dias, sendo que a embebição em água por 10 h favoreceu a velocidade de germinação. *A. hatschbachii* reduz 13% a germinação após 60 dias de armazenamento, o que pode estar relacionado às condições fisiológicas e características intrínsecas da espécie. As informações obtidas no presente estudo podem ser utilizadas como diretriz para novos testes com a espécie, possibilitando uma produção de mudas mais eficiente.

Palavras-chave: Tratamentos pré-germinativos. Substratos. Temperatura. Verbenaceae.

5.1 INTRODUÇÃO

O sucesso na propagação de uma espécie depende do conhecimento sobre os fatores associados ao processo germinativo, assim como de suas interações, levando em consideração as características intrínsecas de cada táxon (DELGADO-SÁNCHEZ et al., 2013; YAN; CHEN, 2020). Dessa maneira, conhecer as condições adequadas para a germinação afeta diretamente a quantidade de material disponível para comércio, implantação, reintrodução ou enriquecimento de populações naturais (DIONISIO et al., 2017; HOOSE et al., 2019; MIRESKI et al., 2019). Além disso, definir as condições adequadas de substrato e temperatura para germinação e quantificar a viabilidade das sementes durante o armazenamento, entre outras abordagens, facilitam o estabelecimento de protocolos eficientes de conservação, manejo e propagação (DE VITIS et al., 2014; KUNDU et al., 2020; LEPERLIER et al., 2020), sobretudo para espécies raras, ameaçadas de extinção e que não possuem instruções para análise de sementes, ausentes em BRASIL (2009) e BRASIL (2013).

Entre os aspectos citados, a viabilidade das sementes para conservação de uma espécie ao longo do tempo depende das condições adequadas de armazenamento, visto que é uma das etapas essenciais no contexto de espécies em perigo de extinção (ESTEVES et al., 2022). Enquanto alguns táxons botânicos já foram intensamente estudados no âmbito da propagação sexuada, ainda existem famílias relativamente pouco estudadas no que se refere ao comportamento germinativo, como ocorre com Verbenaceae (ALVES et al., 2007; AMARAL et al., 2013; PIMENTA et al., 2007), principalmente no que se refere às espécies do gênero *Aloysia* Palau (ROSA; FERREIRA, 2001; GALÍNDEZ et al., 2016; SANTOS et al., 2009).

Dentre os táxons que ainda carecem de pesquisas, enfoque prioritário deve ser dado às espécies ameaçadas, como *Aloysia hatschbachii* Moldenke (IUCN, 2021), Verbenaceae que possui poucas informações ecológicas conhecidas e sem dados científicos envolvendo aspectos de cultivo. Esta espécie arbustiva está classificada como em perigo de extinção (EN) e é restrita a uma pequena área territorial no sul do Primeiro Planalto Paranaense (CNCFLORA, 2012). Ainda, de acordo com esta fonte, a espécie está sujeita à pressão de perda de habitat para atividades agrícolas e silviculturais, assim como degradação por queimadas e invasão do ecossistema por espécies exóticas.

Dessa forma, o presente estudo teve como objetivos: 1) caracterizar a morfologia de sementes e plântulas de *A. hatschbachii*; 2) analisar se as sementes de *A. hatschbachii* possuem dormência; 3) determinar a combinação adequada de substrato e temperatura para germinação das sementes; 4) verificar o potencial germinativo da espécie em resposta ao tempo de armazenamento de suas sementes.

5.2 MATERIAL E METÓDOS

Coleta de dados

As sementes de *A. hatschbachii* foram coletadas em uma população natural localizada em remanescente de Estepe Gramíneo-lenhosa no município de Piên, Paraná, Brasil (26°6'33''S e 49°24'56''O). Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é Cfb, temperado com chuvas uniformemente distribuídas, verões amenos, invernos severos e geadas frequentes (ALVARES et al., 2013). Os frutos são secos, classificados como esquizocarpos (O'LEARY et al., 2016), e foram coletados maduros de trinta plantas no habitat natural distantes em, no mínimo, cinco metros entre si. Em seguida, acondicionou-se os frutos em sacos plásticos para transporte. O beneficiamento foi realizado pela remoção da cobertura pilosa dos frutos que envolve as sementes. Foi realizada uma análise visual da qualidade das sementes, por meio da qual foram descartadas aquela que apresentavam danos (avarias físicas nas partes externas do tegumento e/ou predação por insetos).

Foram analisados inicialmente o peso de mil sementes e o teor de água pelo método de secagem em estufa a 105 ± 3 °C por 24 h (BRASIL, 2009). Além disso, foram mensurados a massa, o comprimento e a largura de 100 sementes, com auxílio de balança analítica, paquímetro digital e lupa estereoscópica.

Um experimento preliminar foi conduzido para verificar se as sementes possuem dormência física. Para tanto, foram testados quatro tratamentos distintos com cinco repetições de 50 sementes cada, sendo: (a) embebição em água por 10 h; (b) embebição em água por 18 h; (c) choque térmico, com imersão das sementes em água na temperatura 100 °C por 2 minutos e em seguida imersão em água na temperatura ambiente; e (d) controle. Devido à ausência de estudos sobre superação de dormência em *Aloysia*, os testes foram definidos utilizando como referência guias científicos (ABDO; FABRI, 2015; BRASIL, 2009). As sementes foram colocadas para germinar em caixas de acrílico transparente (gerbox[®]), utilizando como substrato papel toalha germitest[®], com umidade de 2,5 vezes o peso do papel seco. As caixas

com sementes foram mantidas em germinadores a 25 °C e fotoperíodo de 12 h. Foram consideradas germinadas as sementes que apresentaram a protusão radicular. Para possibilitar a observação das etapas de desenvolvimento das plântulas, algumas das sementes que tiveram protusão radicular foram dispostas em uma bandeja de polietileno com substrato 2:1 (areia e terra vegetal). As plântulas tiveram sua morfologia classificada conforme Miquel (1987), sendo avaliadas a posição, formato e coloração dos cotilédones na germinação.

Um segundo experimento foi conduzido buscando conhecer as condições de temperatura e substrato adequadas para a germinação das sementes. Para tanto, o experimento seguiu um delineamento inteiramente casualizado, no qual foram utilizadas cinco repetições de 50 sementes por tratamento, delimitados em esquema fatorial (2x4), sendo: dois substratos (sobre papel toalha germitest® e sobre areia) combinados com quatro temperaturas (15, 20, 25 e 30 °C). As caixas contendo as sementes foram mantidas em germinadores com fotoperíodo de 12 h e consideradas germinadas quando apresentaram a protusão radicular, seguindo o testado por Santos et al. (2009) e Galíndez et al. (2016).

Por fim, um terceiro experimento foi conduzido para investigar se as sementes mantêm a viabilidade durante o armazenamento. Para isso, as sementes foram acondicionadas em embalagens plásticas impermeáveis lacradas e guardadas em câmara fria a 5 ± 2 °C. As amostras de sementes foram avaliadas em quatro períodos de armazenamento (30, 60, 120 e 180 dias), além do tempo zero, e, a cada período correspondente, cinco repetições de 50 sementes foram submetidas ao teste de germinação utilizando substrato papel toalha germitest®, temperatura de 20 °C e fotoperíodo de 12 h.

Análise estatística

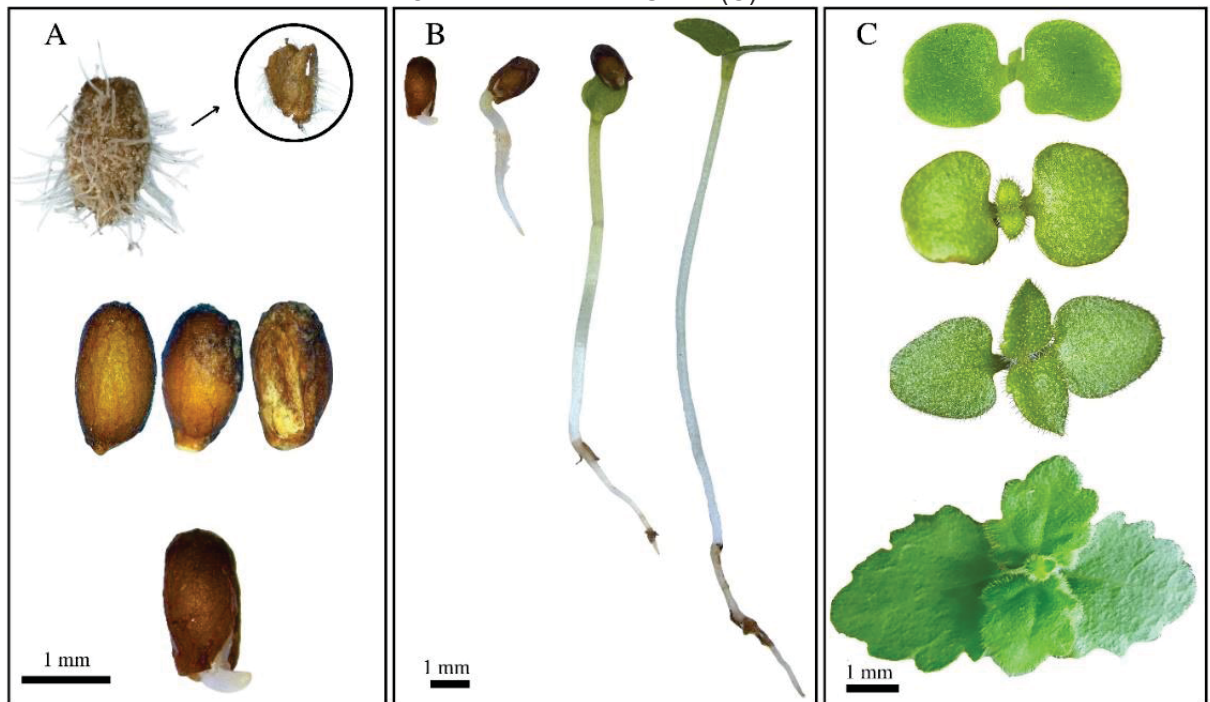
Com auxílio de uma lupa foi contabilizado em todos os testes o número de sementes germinadas, o que permitiu a obtenção da porcentagem de germinação e do índice de velocidade de germinação (IVG), calculado pela fórmula: $IVG = G1/N1 + G2/N2 + \dots + Gn/Nn$ (MAGUIRE, 1962), onde G é a germinação e N é o número de dias. Os dados foram organizados em planilhas Excel, e o processamento estatístico foi realizado com uso do software R v.4.1.3 (R Core Team 2022) e do ASSISTAT v.7.7 beta (UFMG/ PB). Os dados biométricos foram analisados por meio de estatística descritiva. Para os demais experimentos foram realizados o teste de normalidade de

Shapiro-Wilk, seguido pela análise apropriada a cada situação. Os dados do experimento de dormência (experimento 01) foram submetidos à análise de variância unifatorial (ANOVA), onde as médias foram comparadas por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade. Já para os dados dos experimentos com substrato e temperatura (experimento 02) e armazenamento (experimento 03) aplicou-se a análise de variância na regressão, adotando-se as equações cujo modelo foi significativo ($p > 0,05$) e que apresentaram coeficientes de determinação (R^2) de maior ordem.

5.3 RESULTADOS

As sementes de *A. hatschbachii* são pequenas, com formato elipsoide, de coloração marrom e envoltas por uma cobertura pilosa que faz parte da estrutura do fruto (FIGURA 22). Apresentaram em média 1,59 mm de comprimento, 0,73 mm de largura e 0,42 mg de massa (TABELA 8). O comprimento da semente foi a variável com menor coeficiente de variação (5,3%) e a massa das sementes apresentou o maior coeficiente de variação (35,9%). Todas as variáveis apresentaram coeficientes de assimetria negativos, indicando uma distribuição assimétrica à esquerda, com predominância de dimensões menores. O mesmo padrão foi observado para a curtose, indicando que as variáveis analisadas possuem distribuição platicúrtica, com uma curva de distribuição mais achatada que a normal. As sementes de *A. hatschbachii* apresentaram baixo teor de água (< 10%). Além disso, foi estimado que um grama de sementes possui aproximadamente 1.861 unidades, ou seja, 1.000 sementes pesam cerca de 0,53 g.

FIGURA 22 - FRUTO DE *Aloysia hatschbachii* COM ESTRUTURA PILOSA, DIFERENTES FACES DAS SEMENTES E PROTUSÃO RADICULAR (A); ESTÁGIOS DE GERMINAÇÃO E ESTABELECIMENTO DAS PLÂNTULAS (B); E DIFERENTES ESTÁGIOS DO DESENVOLVIMENTO FOLIAR DAS PLÂNTULAS (C).



Fonte: A autora (2023).

TABELA 8 - CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS DE SEMENTES DE *Aloysia hatschbachii*.

Características biométricas	<i>n</i>	Min	Max	Média ± DP	CV (%)	<i>g1</i>	<i>g2</i>
Comprimento (mm)	100	1,45	1,75	1,59 ± 0,08	5,25	-0,04	-1,18
Largura (mm)	100	0,60	0,85	0,73 ± 0,07	10,31	-0,24	-1,14
Massa (mg)	100	0,15	0,65	0,42 ± 0,15	35,85	-0,30	-1,11

Fonte: A autora (2023).

n: tamanho da amostra, Min: mínimo, Max: máximo, DP: desvio padrão, CV: coeficiente de variação, *g1*: assimetria, *g2*: curtose.

As plântulas de *A. hatschbachii* apresentaram germinação do tipo epígea fanerocotiledonar, com cotilédones delgados e fotossintetizantes (FIGURA 22B). A emissão da raiz primária iniciou a partir do 4º dia e a visualização da estrutura da plântula iniciou no 22º dia. Observou-se que as plântulas delongaram, em média, 10 dias para exibir o par de eofilos, e cerca de 12 dias para o segundo par (FIGURA 22). As brotações foliares surgem em pares com filotaxia oposta, os eofilos possuem nervação peninérvea e margens serreadas. Além disso, tanto a face abaxial quanto a

adaxial são recobertas por tricomas, os quais permanecem durante todo o ciclo foliar. O formato foliar, nervação e margens dos eofilos são semelhantes ao observado nos metafilos (folhas adultas), sendo que a maior diferença observada quanto a consistência e quantidade de tricomas, visto que as folhas adultas são mais coriáceas e apresentam menos tricomas nas faces abaxial e adaxial.

Dormência

Constatou-se que as sementes de *A. hatschbachii* aparentemente não possuem dormência física, ao considerar os tratamentos aplicados no presente estudo. O potencial germinativo foi baixo de forma geral, com valores de porcentagem de germinação por volta dos 30% (TABELA 9). Os tratamentos pré-germinativos que consistiam em embebição das sementes não favoreceram a germinação, sendo estatisticamente semelhantes ao tratamento em que nenhuma técnica foi aplicada. No entanto, observou-se que o choque térmico promoveu a inviabilização das sementes. A germinação iniciou no quarto dia para os tratamentos controle e embebição por 10 h, no entanto ocorreram de forma irregular em todos os tratamentos, com término da germinação no 40º dia.

TABELA 9 - GERMINAÇÃO, ÍNDICE DE VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO (IVG) E PRIMEIRA CONTAGEM DE GERMINAÇÃO EM DIAS (PG) DE SEMENTES DE *Aloysia hatschbachii* EM DIFERENTES TRATAMENTOS PRÉ-GERMINATIVOS.

Tratamentos	Germinação (%)	IVG	PG
Controle	29 a	6,2 ab	4 a
Embebição 10 h	32 a	7,7 a	4 a
Embebição 18 h	29 a	5,7 b	5 a
Choque Térmico	0 b	0 c	0 b

Médias com a mesma letra minúscula na coluna indica que os valores não diferem estatisticamente. ± Desvio padrão.

Fonte: A autora (2023).

Substrato e temperatura

Não houve interação significativa entre os fatores (substrato e temperatura) testados. Os substratos utilizados não resultaram em efeitos distintos na germinação das sementes, mas foi observado que a temperatura afetou o processo germinativo (TABELA 10). A temperatura de 20 °C proporcionou os valores mais elevados para a

germinação e o IVG, enquanto aos 30 °C ocorreram os valores mais baixos (FIGURA 23).

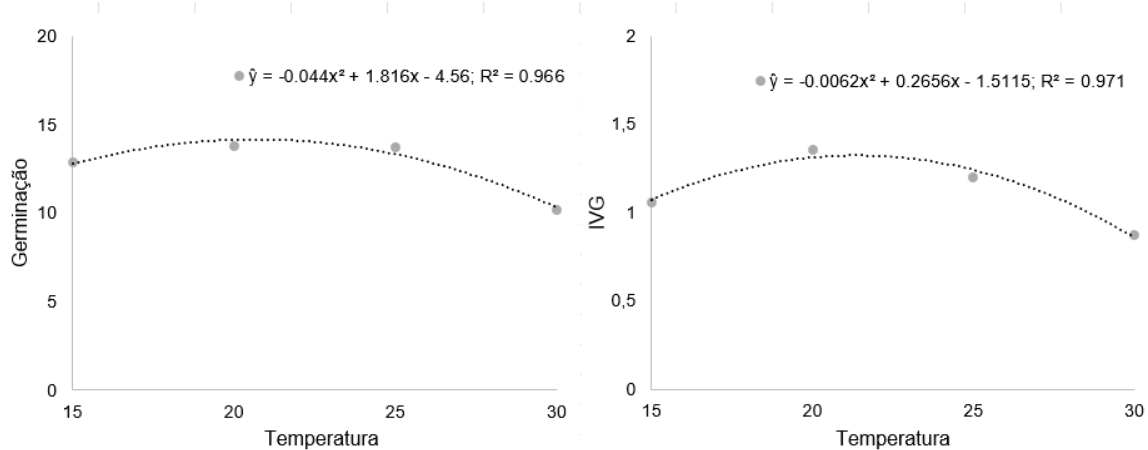
TABELA 10 - GERMINAÇÃO, ÍNDICE DE VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO (IVG) E PRIMEIRA CONTAGEM DE GERMINAÇÃO (PG) DE SEMENTES DE *A. hatschbachii* EM DIFERENTES TEMPERATURAS E SUBSTRATOS.

Tratamentos Substratos / Temperatura	Germinação (%)		IVG		PG	
	Areia	Papel	Areia	Papel	Areia	Papel
15 °C	24 Aab	28 Aa	5,2	5,4	8	8
20 °C	28 Aa	28 Aa	6,6	7,0	6	6
25 °C	26 Aa	26 Aa	6,5	5,6	4	4
30 °C	20 Ab	22 Ab	4,2	4,5	5	6

Médias acompanhadas da mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, indica que não diferem estatisticamente entre si.

FONTE: A autora (2023).

FIGURA 23 – VALORES MÉDIOS DE GERMINAÇÃO (%) E ÍNDICE DE VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO (IVG) DE SEMENTES DE *Aloysia hatschbachii* EM FUNÇÃO DAS DIFERENTES TEMPERATURAS.



Fonte: A autora (2023).

Armazenamento

As sementes armazenadas por 30 dias apresentaram germinação semelhante às sementes recém coletadas (TABELA 11). No entanto, durante a continuidade do armazenamento, as sementes tiveram decréscimo no potencial germinativo. Ainda, notou-se também decréscimos no IVG e aumento no número de dias para iniciar a germinação (FIGURA 24). O armazenamento das sementes por 60 dias gerou uma

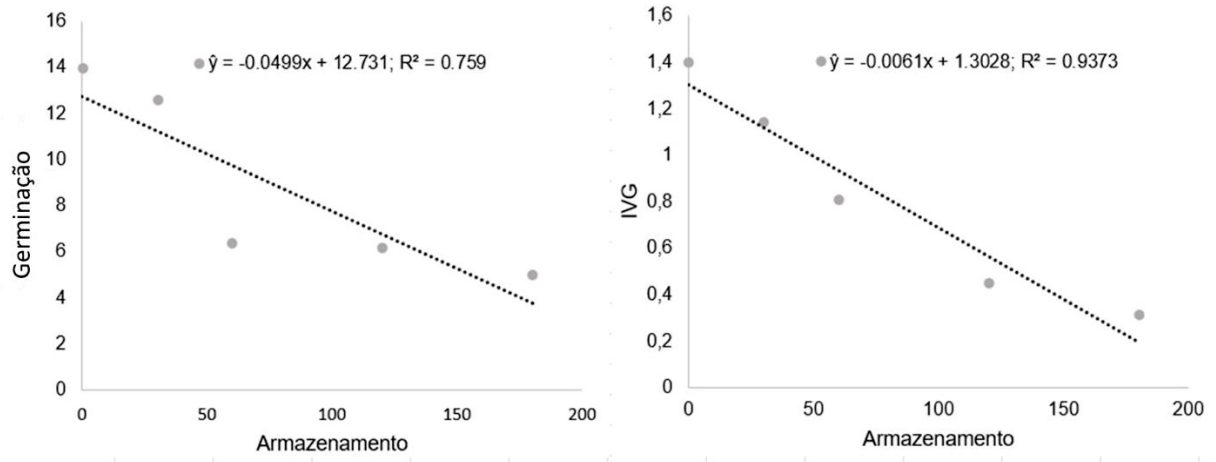
redução de aproximadamente 49% na germinação e 46% no IVG, passando a reduções de aproximadamente 50% e 52% aos 120 dias, e de 60% e 59% aos 180 dias, respectivamente. A primeira contagem de germinação não apresentou alteração entre os períodos de armazenamento avaliados.

TABELA 11 - GERMINAÇÃO, ÍNDICE DE VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO (IVG) E PRIMEIRA CONTAGEM DE GERMINAÇÃO (PG) DE SEMENTES DE *A. hatschbachii* SUBMETIDAS AO ARMAZENAMENTO EM CÂMARA FRIA.

Armazenamento (dias)	Germinação (%)	IVG	PG
0	28 a	7,0	6
30	26 a	5,6	6
60	13 b	3,0	6
120	13 b	2,7	7
180	10 b	2,3	8

Médias com a mesma letra minúscula indica que não diferem estatisticamente entre si na coluna.

FIGURA 24 - GERMINAÇÃO (%) E ÍNDICE DE VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO (IVG) DE SEMENTES DE *Aloysia hatschbachii* EM FUNÇÃO DOS DIAS DE ARMAZENAMENTO EM CÂMARA FRIA.



Fonte: A autora (2023).

5.4 DISCUSSÃO

Realizar a medição de sementes pequenas como as de *A. hatschbachii* é uma atividade desafiadora, pois elas podem ser facilmente perdidas ou danificadas durante os processos de coleta, armazenamento e análise. Outra dificuldade é a precisão na contagem de sementes pequenas, o que pode levar a subestimação de sua quantidade (SANTOS et al., 2009). Em estudos com *Aloysia gratissima* (Gillies & Hook.) Tronc. foram observados valores de massa relativamente próximos aos

registrados no presente estudo, porém com média de 0,3 mg, em teor de água semelhante (ROSA; FERREIRA, 2001; SANTOS et al., 2009). Já para *Aloysia citrodora* Palau. foi observado valor de massa muito semelhante (0,4 mg) (GALÍNDEZ et al., 2016). Esses estudos indicam que, como esperado, as sementes do gênero possuem padrão similar, pequenas e leves, sendo a massa a característica com maior variação, conforme constatado no presente estudo. Como as sementes de *A. gratissima* são mais leves que as de *A. hatschbachii*, a espécie possui mais sementes por grama (3.448) (SANTOS et al., 2009). No entanto, o valor foi 85% superior ao observado no presente estudo, corroborando mais uma vez com constatação de maior variação de massa das sementes de *A. hatschbachii*. Este resultado pode auxiliar na instalação de experimentos, pois permite calcular a densidade de semeadura, principalmente se tratando de sementes pequenas e com dificuldade de se efetuar a contagem manual (SANTOS et al., 2009).

O longo período de germinação indica que *A. hatschbachii* necessita de um tempo maior para se estabelecer no campo. Este fato indica implicações diretas sobre o sucesso de propagação da espécie, uma vez que são necessárias condições mínimas de umidade e disponibilidade de luz para que a plântula se estabeleça e desenvolva (BASKIN; BASKIN, 2014; DANTAS et al., 2020). Além disso, uma das principais razões que dificultam a germinação é que muitas espécies possuem outros mecanismos de dormência, que impedem a germinação até que as condições ambientais sejam adequadas (ISMAILI et al., 2023; WOLKIS et al., 2022). Ainda, as sementes podem ter requisitos específicos de tratamento prévio antes da germinação (BASKIN; BASKIN, 2014), aspecto que demanda mais pesquisas e aprimoramento para o gênero *Aloysia*.

Em relação à dormência física, a baixa germinação pode estar relacionada à reduzida viabilidade das sementes, ou pode haver algum mecanismo interno que dificulte sua germinação e que possivelmente não tenha sido superado pelos tratamentos pré-germinativos aplicados no presente estudo. Porém, entre os tratamentos pré-germinativos testados, verificou-se que o choque-térmico utilizando água a 100 °C por 2 minutos não é recomendado para a espécie, pois resultou na morte das sementes. Uma alternativa seria realizar novos testes de choque térmico utilizando imersão em água quente por intervalos de tempo mais curtos. A embebição por 10 h aumentou a velocidade de germinação, mas quando submetidas à embebição por 18 h não houve efeito positivo, possivelmente devido ao tempo

excessivo de imersão, que pode provocar a falta de oxigênio às sementes muito pequenas (HAN et al., 2021). Outros estudos com espécies de *Aloysia* registraram porcentagens de germinação variando entre 44 e 95%, sem nenhum tratamento para superação da dormência (ROSA; FERREIRA, 2001; SANTOS et al., 2009), o que demonstra uma ampla variação no gênero. Além disso, há a possibilidade de as sementes apresentarem dormência fisiológica, que já foi observada em outras espécies da mesma família (BARRETO et al., 2016; WIJAYABANDARA et al., 2013), sendo recomendada a realização de novos testes envolvendo parâmetros fisiológicos.

De fato, sabe-se que as sementes de algumas espécies raras podem ser difíceis de germinar devido a uma série de fatores, como mudanças climáticas e alterações no uso do solo, que podem afetar a produção e a qualidade das sementes (DANTAS et al., 2020). A depressão endogâmica também pode afetar a germinação (EMETERIO-LARA et al., 2018). Outros fatores que podem afetar a qualidade fisiológica das sementes são a sua coleta tardia ou a ocorrência de condições adversas (ISMAILI et al., 2023; SHEIKHOLESLAMI, 2020). Fatores como estes atuam de maneira isolada ou combinada, o que pode resultar na baixa porcentagem de germinação e, conseqüentemente, na necessidade de estudos mais aprofundados que visem otimizar o processo germinativo.

As condições ideais para a germinação de sementes variam entre as espécies, sendo necessário testar várias técnicas e combinações de temperatura, substrato e luminosidade (WOLKIS et al., 2022; ISMAILI et al., 2023). Contudo, em alguns casos não são notados efeitos diretos dos tratamentos testados (LIMA et al., 2006), como observado para os substratos utilizados no presente estudo. Dessa maneira, ressalta-se que é desejável testar outras composições de substratos, com a finalidade de verificar se existe um efeito significativo. Para *A. hatschbachii* foi observado que temperaturas mais elevadas (30 °C) reduzem a germinação, sendo semelhante ao registrado para outras espécies de *Aloysia* (SANTOS et al., 2009; ROSA; FERREIRA, 2001). Esse comportamento pode ser uma estratégia biológica que visa aumentar a probabilidade de sobrevivência em situações e sítios favoráveis à germinação (BASKIN; BASKIN, 2014), visto que a espécie possui ocorrência em planalto na região Sul do Brasil, caracterizada por clima com temperaturas mais amenas (ALVARES et al., 2013). Além disso, pode estar relacionado à perda de viabilidade da semente em altas temperaturas, devido ao aumento de taxas respiratórias e das atividades fisiológicas (KERBAUY, 2008).

Após o primeiro mês de armazenamento em câmara fria as sementes apresentaram germinação semelhante às recém coletadas, no entanto perderam viabilidade após 60 dias. As sementes armazenadas podem não germinar devido a diversos fatores, como a qualidade da semente, o tipo e o tempo de armazenamento (EMERY; OFFORD, 2019). Mesmo quando armazenadas em câmara fria, ou seja, com temperaturas baixas e redução da atividade metabólica, as sementes de certas espécies raras possuem indícios de rápida perda de viabilidade (BASKIN; BASKIN, 2014). Para superar essas dificuldades é importante desenvolver métodos de armazenamento e transporte que possam preservar a qualidade das sementes (BARBEDO et al., 2002; MEDEIROS, 2001). Ademais, é recomendado que as coletas sejam realizadas por profissionais treinados e que as sementes sejam armazenadas em condições adequadas para garantir a viabilidade.

Com base nas informações obtidas, é importante ressaltar a importância da realização de novos estudos que possibilitem avaliar a influência de fatores ambientais naturais na germinação das sementes. Também são necessárias pesquisas envolvendo os diferentes tipos de dormência, que poderão ajudar na caracterização do processo germinativo da espécie. Além disso, como o crescimento foliar ocorre de maneira lenta, são necessárias avaliações de desenvolvimento da espécie em condições de viveiro, principalmente para auxiliar na produção de mudas.

5.5 CONCLUSÕES

- As sementes de *A. hatschbachii* são pequenas e elipsoides, sendo que a massa foi a variável com maior coeficiente de variação. As plântulas apresentaram germinação do tipo epígea fanerocotiledonar, com formação da plântula iniciando no 22º dia. As brotações foliares surgem em pares com filotaxia oposta, as folhas possuem nervação peninérvea, margens serradas e limbo recoberto por tricomas.
- Os resultados sugerem que as sementes de *A. hastchbachii* não possuem dormência física, uma vez que a germinação iniciou em poucos dias após a semeadura e não houve efeito dos tratamentos de embebição em relação ao controle nos percentuais de germinação. As sementes apresentaram baixo potencial germinativo (20 a 32%).
- Não houve interação significativa entre substrato e temperatura. No entanto, foi observado que a temperatura afetou o processo germinativo, sendo que o tratamento de 20 °C proporcionou os valores mais elevados para a germinação e o IVG.
- As sementes perderam consideravelmente sua viabilidade de germinação após 60 dias de armazenamento, aspecto que pode estar relacionado às condições

fisiológicas das sementes e características intrínsecas da espécie. As informações obtidas no presente estudo podem ser utilizadas como diretrizes para novos testes com a espécie, almejando identificar suas condições ideais de germinação.

5.6 REFERÊNCIAS

- ABDO, M. T. V. N.; FABRI, E. G. Transferência de tecnologia: guia prático para quebra de dormência de sementes de espécies florestais nativas. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 12, n. 2, p. 1-7, 2015.
- ALVES, W. E.; PESCADOR, R.; STÜRMER, S. L.; UHLMANN, A. Germinação de *Citharexylum myrianthum* Cham. (Verbenaceae) em Diferentes Substratos. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. 2, p.741-743, 2007.
- AMARAL, W. N. DO; ANTIQUEIRA, L. M. R.; HORBACH, M. Frutificação e ecologia da germinação de *Citharexylum myrianthum* Cham (Verbenaceae). **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 4, n. 3, p. 207-215, 2013.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination**. Elsevier, 2014.
- BARRETO, L. C.; SANTOS, F. M. G.; GARCIA, Q. S. Seed dormancy in *Stachytarpheta* species (Verbenaceae) from high-altitude sites in south-eastern Brazil. **Flora**. v. 225, p. 37-44, 2016.
- BARBEDO, C. J.; BILIA, D. A. C; FIGUEIREDO-RIBEIRO, R. C. L. Tolerância à dessecação e armazenamento de sementes de *Caesalpinia echinata* Lam. (pau-brasil), espécie da Mata Atlântica. **Brazilian Journal of Botany**, v. 25, p. 431-439, 2002.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/ACS, 2009.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instruções para análise de espécies florestais**. Brasília: MAPA/ACS, 2013. 98 p.

CNCFlora. *Aloysia hatschbachii* in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2 Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em <[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Aloysia hatschbachii](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Aloysia_hatschbachii)>. Acesso em 20 julho 2023.

DANTAS, B. F.; MOURA, M. S.; PELACANI, C. R.; ANGELOTTI, F.; TAURA, T. A.; OLIVEIRA, G. M., et al. Rainfall, not soil temperature, will limit the seed germination of dry forest species with climate change. **Oecologia**, v. 192, n. 2, p. 529-541, 2020.

DE VITIS, M.; SEAL, C. E.; ULIAN, T.; PRITCHARD, H. W.; MAGRINI, S.; FABRINI, G.; MATTANA, E. Rapid adaptation of seed germination requirements of the threatened Mediterranean species *Malcolmia littorea* (Brassicaceae) and implications for its reintroduction. **South African Journal of Botany**. v. 94, p. 46-50, 2014.

DELGADO-SÁNCHEZ, P.; JIMÉNEZ-BREMONT, J. F.; GUERRERO-GONZÁLEZ, M. D. L. L.; FLORES, J. Effect of fungi and light on seed germination of three *Opuntia* species from semiarid lands of central Mexico. **Journal of Plant Research**, v. 126, n. 5, p. 643-649, 2013.

DIONISIO, L. F. S.; SMIDERLE, O. J.; MONTENEGRO, R. A.; MARTINS, W. B. R.; SIMÕES, P. H. O.; ARAÚJO, D. G. Emergência e crescimento inicial de plântulas de *Swietenia macrophylla* (King) em função da posição da semente e presença do endocarpo. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 60, n. 2, p. 125-130, 2017. <https://doi.org/10.4322/rca.10573>.

EMERY, N. J.; OFFORD, C. A. The effect of the endocarp, heat-shock and short-term storage on the germination of *Persoonia hirsuta* (Proteaceae) seeds. **Seed Science and Technology**, v. 47, n. 1, p. 107-112, 2019.

EMETERIO-LARA, A.; GARCÍA-FRANCO, J. G.; HERNÁNDEZ-APOLINAR, M.; MORA-HERRERA, M. E.; TOLEDO-HERNÁNDEZ, V. H.; VALENCIA-DÍAZ, S.; FLORES-PALACIOS, A. Endogamy costs and reproductive biology of *Laelia autumnalis*, an endemic orchid of Mexico. **Plant Ecology**, v. 219, p. 1423-1434, 2018.

ESTEVES, G.; CHIARI, G.; VALENZUELA, C. A.; CARDOSO, A. A.; SANTOS FILHO, P. R.; SANTOS, B. R. Temperaturas de armazenamento de sementes de *Bowdichia virgilioides*: uma espécie em extinção. **Agrociencia Uruguay**, v. 26, n. 1, 2022.

GALÍNDEZ, G.; SEAL, C. E.; DAWS, M. I.; LINDOW, L.; ORTEGA-BAES, P.; PRITCHARD, H. W. Alternating temperature combined with darkness resets base temperature for germination (T_b) in photoblastic seeds of *Lippia* and *Aloysia* (Verbenaceae). **Plant Biology**. v. 19, n. 1, p. 41-45, 2017. doi: 10.1111/plb.12449. Epub 2016 Apr 13. PMID: 26998824.

GOUDEL, F.; SHIBATA, M.; COELHO, C. M. M.; MILLER, P. R. M. Fruit biometry and seed germination of *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassm. **Acta Botanica Brasilica**, v. 27, p. 147-154, 2013.

HAN, B.; FERNANDEZ, V.; PRITCHARD, H. W.; COLVILLE, L. Gaseous environment modulates volatile emission and viability loss during seed artificial ageing. **Planta**, v. 253, p. 1-16, 2021.

HOOSE, B. W.; CALL, R. S.; BATES, T. H.; ANDERSON, R. M.; ROUNDY, B. A.; MADSEN, M. D. Seed conglomeration: a disruptive innovation to address restoration challenges associated with small-seeded species. **Restoration Ecology**, v. 27, n. 5, p. 959-965, 2019.

ISMAILI, S. E.; MAURADY, A.; LACHKAR, M.; BRITEL, M. R.; BAKALI, A. H. Effect of temperature and different pre-treatments on seed germination of *Stachys mouretii* Batt. & Pit. **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants**, v. 32, p. 100438, 2023.

IUCN. Red List of Threatened Species. Disponível em: <https://www.iucnredlist.org/>, 2021.

KUNDU, M.; TIWARI, S.; HALDKAR, M. Collection, germination and storage of seeds of *Saraca asoca* (Roxb.) Willd. **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants**. v. 16, 1000231, 2020.

LEPERLIER, C.; RIVIÈRE, J. N. E.; LACROIX, S.; FOCK-BASTIDE, I. Overcoming germination barriers in four native Malvaceae shrub species of Reunion Island to improve restoration in arid habitats. **Global Ecology and Conservation**. v. 21, e00855, 2020.

LIMA, J. D.; ALMEIDA, C. C.; DANTAS, V. A. V.; SILVA, B. M. D. S.; MORAES, W. D. S. Efeito da temperatura e do substrato na germinação de sementes de *Caesalpinia*

ferrea Mart. ex Tul. (Leguminosae, Caesalpinoideae). **Revista Árvore**, v. 30, p. 513-518, 2006.

MAGUIRE JD. 1962. Speed of germination-ais in selection and evaluation for seedlings emergence and vigour. **Crop Science** Madson v. 2. n. 2, p. 176-177, 1962. DOI: <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>

MEDEIROS, A. C. S. **Armazenamento de sementes de espécies florestais nativas**. Colombo: Embrapa Florestas, 2001. 24 p.

MIRESKI, M. C.; GUEDES, R. S.; WENDLING, I., PEÑA, M. L. P.; MEDEIROS, A. C. S. Secagem na viabilidade e desenvolvimento embrionário de sementes de *Ilex paraguariensis*. **Ciência Florestal**, v. 29, n.3, p. 1354-1362, 2019. <https://doi.org/10.5902/1980509824451>.

MIQUEL, S. Morphologie fonctionelle de plantules d'espèces forestières du Gabon. **Bulletin du Muséum d'Histoire Naturelle**, Andasonia, v. 9, n.4, p. 101-121, 1987

O'LEARY, N.; LU-IRVING, P.; MORONI, P.; SIEDO, S. Taxonomic Revision of *Aloysia* (Verbenaceae, Lantaneae) In South America¹. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 101, n. 3, p. 568-609, 2016.

PIMENTA, M. R.; FERNANDES, L. S.; PEREIRA, U. J.; GARCIA, L. S.; LEAL, S. R.; LEITÃO, S. G.; SALIMENA, F. R; G.; VICCINI, L. F.; PEIXOTO, P; H; P. Floração, germinação e estaquia em espécies de *Lippia* L. (Verbenaceae). **Revista Brasileira de Botânica**. v. 30, n. 2, p. 211-220, 2007.

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing** Vienna, Austria, 2020.

ROSA, S. G. T.; FERREIRA, A. G. Germinação de sementes de plantas medicinais lenhosas. **Acta Botânica Brasilica**. v. 15, n. 2, p. 147-154, 2001.

SANTOS, F. M.; PINTO, J. E. B. P.; ALVARENGA, A. A.; OLIVEIRA, J. A.; OLIVEIRA, A. A.; OLIVEIRA, L. P. Produção de mudas de *Aloysia gratissima* (Gillies & Hook.) Tronc. por meio da propagação sexuada e assexuada. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 11, n. 2, p. 130-136, 2009. <https://dx.doi.org/10.1590/S1516-05722009000200003>

SHEIKHOLESLAMI, B.; SHUKLA, M.; TURI, C.; HARPUR, C.; SAXENA, P. K. Saving threatened plant species: Reintroduction of Hill's thistle (*Cirsium hillii*.(Canby) Fernald) to its natural habitat. **PLoS One**, v. 15, n. 4, p. e0231741, 2020.

WIJAYABANDARA, S. M. K. H.; JAYASURIYA, K. M. G. G.; JAYASINGHE, J. L. D. H. C. Seed Dormancy, Storage Behavior and Germination of an Exotic Invasive Species, *Lantana camara* L. (Verbenaceae). v. 2, n. 1, p. 7-14, 2013.

WOLKIS, D.; BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M.; RØNSTED, N. Seed dormancy and germination of the endangered exceptional Hawaiian lobelioid *Brighamia rockii*. **Applications in Plant Sciences**, v. 10, n. 5, p. e11492, 2022

YAN, A; CHEN, Z. The control of seed dormancy and germination by temperature, light and nitrate. **The Botanical Review**, v. 86, n. 1, p. 39-75, 2020.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados desta tese trazem contribuições relevantes para subsidiar ações de conservação de *Aloysia hatschbachii*. No levantamento bibliográfico sobre o gênero notou-se que são realizados mais estudos sobre composição química e não há muito conhecimento sobre informações ecológicas, o que reforça a necessidade por pesquisas de autoecologia das espécies de *Aloysia*. Além disso, foi verificado que poucas espécies do gênero têm seus compostos químicos estudados, havendo muitas ainda a estudar. Assim, uma das possibilidades de pesquisa seria o aprofundamento em estudos sobre potencial químico e o uso sustentável desses compostos, que podem ser estratégicos do ponto de vista da conservação *ex situ*, pois estimulariam a produção de mudas e a implantação de plantios experimentais e comerciais.

Em relação à biologia reprodutiva e ao monitoramento fenológico, as fenofases reprodutivas foram observadas por um longo período, variando em relação a quantidade e não sendo possível delimitar o mês mais apropriado para coleta de sementes. Assim, sugere-se a realização de estudos complementares, como o monitoramento fenológico por um período maior que 24 meses e a instalação de sensores climáticos no local de estudo, que poderão agregar mais precisão na análise de correlações com os dados meteorológicos. Além disso é recomendável o monitoramento das fenofases reprodutivas com periodicidade menor, para que seja possível acompanhar de forma mais detalhada as fases de maturação dos frutos. Outra abordagem sugerida é a análise do sistema reprodutivo, realizada em conjunto com testes florais para avaliar mecanismos que favorecem o cruzamento e/ou a autofecundação, e estudos das propriedades físicas e químicas do solo, que poderão servir de base para um melhor entendimento sobre o auto endemismo nas subpopulações.

A baixa diversidade genética das subpopulações de *Aloysia hatschbachii* demonstra que a espécie, classificada como em perigo (EN) de extinção, necessita de ações conservacionistas emergenciais de curto a médio prazo, que sejam realizadas em conjunto entre esferas municipal, estadual e órgãos especializados, visando minimizar as ameaças. Por ser uma espécie rara e com elevado endemismo, é importante avaliar mais características intrínsecas do táxon e do ambiente, principalmente em um cenário de crescente expansão antrópica e agrícola em áreas de campo natural. Desse modo, como recomendações para trabalhos futuros sugere-se também a avaliação da estrutura demográfica populacional, considerando as

distintas classes de idade, além de medidas práticas, como a translocação de indivíduos entre populações para aumentar a variabilidade genética.

A baixa germinação das sementes de *Aloysia hatschbachii* também ressalta a frágil situação de conservação em que a espécie se encontra. Neste sentido, são necessários novos experimentos de propagação que aprofundem as investigações no âmbito da baixa viabilidade ou de outros métodos de superação de dormência, para verificar qual é o tipo e quais são os obstáculos que interferem. Paralelamente também podem ser estratégicos experimentos de propagação assexuada, testando processos de estaquia e utilização de hormônios para enraizamento, com aplicação voltada principalmente para os viveiristas.

Além disso, são sugeridos projetos ou ações de extensão e de conscientização ambiental, visando: i) difundir o conhecimento sobre a espécie e sua frágil situação de conservação; ii) promover boas práticas de uso e manejo das áreas do entorno (junto das comunidades locais e outros setores); iii) criação de instrumentos legais para proteção e recuperação da espécie alvo e de seu ambiente natural. Como as populações se encontram em propriedades privadas, é essencial a implementação de mecanismos de incentivo a sua conservação, que resultem em ganhos diretos ou indiretos aos proprietários. Uma alternativa a ser avaliada é a criação de um parque municipal de conservação, assim como o estímulo à criação de Reservas Particulares do Patrimônio Natural para resguardar as subpopulações remanescentes.

Por fim, pela provável dificuldade em se garantir a criação de unidades de conservação em curto prazo, é essencial que seja implementada uma estratégia de conservação *ex situ*.

REFERÊNCIAS

- ABDO, M. T. V. N.; FABRI, E. G. Transferência de tecnologia: guia prático para quebra de dormência de sementes de espécies florestais nativas. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 12, n. 2, p. 1-7, 2015.
- ADELI, A., SHAMLOOFAR, M., AKRAMI, R. Dietary effect of Lemon Verbena (*Aloysia triphylla*) extract on growth performance, some haematological, biochemical, and non-specific immunity and stocking density challenge of rainbow trout juveniles (*Oncorhynchus mykiss*). **Journal of Applied Animal Research**, v. 49, n. 1, p. 382-390, 2021.
- ADETUNJI, T. L.; OLISAH, C.; ADEGBAJU, O. D.; OLAWALE, F.; ADETUNJI, A. E.; SIEBERT, F.; SIEBERT, S. A bibliometric analysis of global research outputs (2001–2020) and summary of recent research reports on its biological activities. **South African Journal of Botany**, v. 147, p. 953-975, 2022.
- ALFENAS, A. C. **Eletroforese de isoenzimas e proteínas afins: fundamentos e aplicações em plantas e microrganismos**. 1. ed. Viçosa: Editora Universidade Federal de Viçosa, 1998.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. D. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ALVES, W. E.; PESCADOR, R.; STÜRMER, S. L.; UHLMANN, A. Germinação de *Citharexylum myrianthum* Cham. (Verbenaceae) em Diferentes Substratos. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. 2, p.741-743, 2007.
- AMARAL, W. N. DO; ANTIQUEIRA, L. M. R.; HORBACH, M. Frutificação e ecologia da germinação de *Citharexylum myrianthum* Cham (Verbenaceae). **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 4, n. 3, p. 207-215, 2013.
- ARAUJO, G.; CARON, B.; MARIOTTO, A.; CRISTO, J.; PILLA, R.; SCHMIDT, D. Phenology of *Aloysia hatschbachii* cultivated in a subtropical region. **Ciência e Natura**, 42, e40, 2020. doi:<https://doi.org/10.5902/2179460X41971>

- ARENA, J. S.; MERLO, C.; DEFAGÓ, M. T.; ZYGADLO, J. A. Insecticidal and antibacterial effects of some essential oils against the poultry pest *Alphitobius diaperinus* and its associated microorganisms. **Journal of Pest Science**, v. 93, n. 1, p. 403-414, 2020.
- ARIA, M.; CUCCURULLO, C. bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of informetrics**, v. 11, n. 4, p. 959-975, 2017.
- ARMSTRONG, D. P.; SEDDON, P. J. Directions in reintroduction biology. **Trends in Ecology & Evolution**, Londres, v. 23, p.20-25, 2008.
- ATKINS, S. Verbenaceae. In: KUBITZKI, K; KADEREIT, J. W. **The Families and Genera of Vascular Plants**. Nova Iorque: Springer-verlag Berlin Heidelberg, 2004. p. 449-468.
- AYRE, B.G. **The flowering hormone-florigen: a protein hormone**. In Davies, P.J. (Ed). Plant hormones. Biosynthesis, Signal Transduction, Action! 3rd Edition, pp.539-548, 2010.
- BARBEDO, C. J.; BILIA, D. A. C; FIGUEIREDO-RIBEIRO, R. C. L. Tolerância à dessecação e armazenamento de sementes de *Caesalpinia echinata* Lam. (pau-brasil), espécie da Mata Atlântica. **Brazilian Journal of Botany**, v. 25, p. 431-439, 2002.
- BARRETO, L. C.; SANTOS, F. M. G.; GARCIA, Q. S. Seed dormancy in *Stachytarpheta* species (Verbenaceae) from high-altitude sites in south-eastern Brazil. **Flora**. v. 225, p. 37-44, 2016.
- BARTH, O. M. MELHEM, T. S. **Glossário ilustrado de palinologia**. UNICAMP, Campinas, 1988, 75 p.
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination**. Elsevier, 2014.
- BELO, R. M.; NEGREIROS, D.; FERNANDES, G. W.; SILVEIRA, F. A. O.; RANIERI, B. D.; MORELLATO, P. C. Fenologia reprodutiva e vegetativa de arbustos endêmicos de campo rupestre na Serra do Cipó, Sudeste do Brasil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 64, n. 4, p. 817-828, 2013.

BENCKE, C. S.; MORELLATO, L. P. C. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, interpretação e representação. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 25, n. 3, p. 269-275, 2002.

BENCKE, G. A. Diversidade e conservação da fauna dos Campos do Sul do Brasil. In: PILLAR, V. P., **Campos Sulinos - conservação e uso sustentável da biodiversidade**, Brasília: MMA, 2009. 403p.

BESSER, M. L.; BRUMATTI, M.; SPISILA, A. L. **Mapa geológico e de recursos minerais do Estado do Paraná**. Programa geologia, Mineração e Transformação Mineral, Curitiba: Serviço Geológico do Brasil - CPRM, 2021. Escala 1:600.000.

BHERING, S. B.; SANTOS, H. G.; MANZATTO, C. V.; BOGNOLA, I. A.; FASOLO, P. J.; CARVALHO, A. P. de; POTTER, R. O.; CURCIO, G. R. **Mapa de solos do estado do Paraná**. Embrapa solos e floresta. 2007. 73 p.

BITTENCOURT, R.; STEINER, F.; SANT'ANNA, C. S.; MONTAGNA, T.; FERNANDES, C. D.; SILVA, F. A. L. S. D.; REIS, M. S. Diversidade e estrutura genética de populações de *Podocarpus lambertii* Klotzsch ex Endl. na floresta ombrófila mista em Santa Catarina. **Ciência Florestal**, v. 29, p. 63-74, 2019.

BORGES, L. A.; SOBRINHO, M. S.; LOPES, A. V. Phenology, pollination, and breeding system of the threatened tree *Caesalpinia echinata* Lam. (Fabaceae), and a review of studies on the reproductive biology in the genus. **Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, v. 204, n. 2, p. 111-130, 2009.

BRANDÃO, A. D.; VICCINI, L. F.; RECCO-PIMENTEL, S. M. Cytogenetic characterization of *Aloysia virgata* Ruiz and Pavan (Verbenaceae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 52, p. 893-899, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instruções para análise de espécies florestais**. Brasília: MAPA/ACS, 2013. 98 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/ACS, 2009.

BRZOSKO, E.; WROBLEWSKA, A.; TALALAJ, I.; WASILEWSKA, E. Genetic diversity of *Cypripedium calceolus* in Poland. **Plant Systematics and Evolution**, Nova Iorque, v. 295, p. 83–96. 2011.

CALZADA-SÁNCHEZ, E. V.; AGUILAR-RODRÍGUEZ, S.; LÓPEZ-VILAFRANCO, M. E.; AGUILAR-CONTRERAS, A. Anatomía de hoja y tallo de Verbenaceae medicinales empleadas en México. **Botanical Sciences**, v. 92, n. 4, p. 469-480, 2014.

CAMPOS, J. R. P.; SOUZA, D. V.; SOUSA, F. C.; DE ALMEIDA JUNIOR, E. B.; DA SILVA JARDIM, F. C. Dinâmica da regeneração natural de uma população de *Eschweilera ovata* em floresta de terra firme explorada seletivamente no Pará. **Naturae**, v. 3, n. 2, 2021.

CARDOSO, P. H.; O'LEARY, N.; OLMSTEAD, R. G.; MORONI, P. A. An update of the Verbenaceae genera and species numbers. **Plant Ecology and Evolution**, v. 154, n. 1, p. 80-86, 2021.

CENTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DA FLORA (CNCFLORA). Lista Vermelha. Disponível em: <<http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/>>. Acesso em 25 nov. 2020.

CHAGAS, K. P. T.; PINHEIRO, L. G.; LUCAS, F. M. F.; FREIRE, A. S. M.; FAJARDO, C. G.; VIEIRA, F. A. Genetic diversity of *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir.: an intensively exploited wood tree in the Brazilian tropical semi-arid vegetation. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 70, n. 5, p. 1531-1544, 2023.

CHRISTOPHER, D. A.; MITCHELL, R. J.; KARRON, J. D. Pollination intensity and paternity in flowering plants. **Annals of Botany**, v. 125, n. 1, p. 1-9, 2020.

CIANFAGLIONE K.; BIORET F. **Autoecological and Synecological Resilience of *Angelica heterocarpa* M.J. Lloyd, Observed in the Loire Estuary (France)**. In: Grellier A., Fujiwara K., Pedrotti F. (eds) Geographical Changes in Vegetation and Plant Functional Types. Geobotany Studies (Basics, Methods and Case Studies). Springer, 2018.

CLARK, D. B.; PALMER, M. V.; CLARK, D.A. Edaphic factors and the landscape scale distributions of tropical rain forest trees. **Ecology**, v. 80, n. 8, p. 2662-2675, 1999.

CNCFlora. *Aloysia hatschbachii* in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2 Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em <[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Aloysia hatschbachii](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Aloysia_hatschbachii)>. Acesso em 25 janeiro 2023.

CULLEY, T. M.; WELLER, S. G.; SAKAI, A. K.; RANKIN, A. E. Inbreeding depression and selfing rates in a self-compatible, hermaphroditic species, *Schiedea membranacea* (Caryophyllaceae). **American journal of botany**, v. 86, n. 7, p. 980-987, 1999.

DAFNI, A. Pollination ecology. A practical approach. Oxford. Oxford University Press, 1992.

DANTAS, B. F.; MOURA, M. S.; PELACANI, C. R.; ANGELOTTI, F.; TAURA, T. A.; OLIVEIRA, G. M., et al. Rainfall, not soil temperature, will limit the seed germination of dry forest species with climate change. **Oecologia**, v. 192, n. 2, p. 529-541, 2020.

DE VITIS, M.; SEAL, C. E.; ULIAN, T.; PRITCHARD, H. W.; MAGRINI, S.; FABRINI, G.; MATTANA, E. Rapid adaptation of seed germination requirements of the threatened Mediterranean species *Malcolmia littorea* (Brassicaceae) and implications for its reintroduction. **South African Journal of Botany**. v. 94, p. 46-50, 2014.

DEL HOYO, A.; LÓPEZ-PUJOL, J.; CHUNG, M. Y.; LASSO DE LA VEGA, B. Population genetics and conservation of the extremely narrow Pyrenean palaeoendemic *Glandora oleifolia* (Boraginaceae). **Plant Ecology & Diversity**, v. 5, n. 4, p. 501-511, 2012.

DELANEY, K. S., RILEY, S. P. D., FISHER, R. N. A rapid, strong, and convergent genetic response to urban habitat fragmentation in four divergent and widespread vertebrates. **PloS One**. v. 5, n. 9, p. 1-11, 2010.

DELGADO-SÁNCHEZ, P.; JIMÉNEZ-BREMONT, J. F.; GUERRERO-GONZÁLEZ, M. D. L. L.; FLORES, J. Effect of fungi and light on seed germination of three *Opuntia* species from semiarid lands of central Mexico. **Journal of Plant Research**, v. 126, n. 5, p. 643-649, 2013.

DIONISIO, L. F. S.; SMIDERLE, O. J.; MONTENEGRO, R. A.; MARTINS, W. B. R.; SIMÕES, P. H. O.; ARAÚJO, D. G. Emergência e crescimento inicial de plântulas de *Swietenia macrophylla* (King) em função da posição da semente e presença do endocarpo. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 60, n. 2, p. 125-130, 2017. <https://doi.org/10.4322/rca.10573>.

DIONISIO, L. F. S.; SMIDERLE, O. J.; MONTENEGRO, R. A.; MARTINS, W. B. R.; SIMÕES, P. H. O.; ARAÚJO, D. G. Emergência e crescimento inicial de plântulas de *Swietenia macrophylla* (King) em função da posição da semente e presença do endocarpo. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 60, n. 2, p. 125-130, 2017. <https://doi.org/10.4322/rca.10573>.

DU, Y.; DANFENG, L.; YANG, X.; PENG, D.; TANG, X.; LIU, H.; DONGHAI, L.; HONG, X.; SONG, X. Reproductive phenology and its drivers in a tropical rainforest national park in China: Implications for Hainan gibbon (*Nomascus hainanus*) conservation. **Global Ecology and Conservation**. v. 24, e01317, 2020.

DUARTE, L. D.; CARLUCCI, M.B.; HARTZ, S.M.; PILLAR, V.D. Plant dispersal strategies and the colonization of Araucaria forest patches in a grassland-forest mosaic. **Journal of Vegetation Science**, 18, 847–858, 2007.

EARL, D. A.; VONHOLDT, B. M. Structure Harvester: a website and program for visualizing Structure output and implementing the Evanno method. **Conservation Genetics Resources**, n. 4, v.2, p. 359-361, 2012.

ELITH, J.; KEARNEY, M.; PHILLIPS, S. The art of modelling range-shifting species. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 1, p. 330-342, 2010.

EMERY, N. J.; OFFORD, C. A. The effect of the endocarp, heat-shock and short-term storage on the germination of *Persoonia hirsuta* (Proteaceae) seeds. **Seed Science and Technology**, v. 47, n. 1, p. 107-112, 2019.

EMETERIO-LARA, A.; GARCÍA-FRANCO, J. G.; HERNÁNDEZ-APOLINAR, M.; MORA-HERRERA, M. E.; TOLEDO-HERNÁNDEZ, V. H.; VALENCIA-DÍAZ, S.; FLORES-PALACIOS, A. Endogamy costs and reproductive biology of *Laelia autumnalis*, an endemic orchid of Mexico. **Plant Ecol** 219, 1423–1434 (2018). <https://doi.org/10.1007/s11258-018-0891-6>

ESTEVEES, G.; CHIARI, G.; VALENZUELA, C. A.; CARDOSO, A. A.; SANTOS FILHO, P. R.; SANTOS, B. R. Temperaturas de armazenamento de sementes de *Bowdichia virgilioides*: uma espécie em extinção. **Agrociencia Uruguay**, v. 26, n. 1, 2022.

ETTINGER, A. K.; CHAMBERLAIN, C. J.; WOLKOVICH, E. M. The increasing relevance of phenology to conservation. **Nature Climate Change**, v. 12, n. 4, p. 305-307, 2022.

EVANNO, G.; REGNAUT, S.; GOUDET, J. Detecting the number of clusters of individuals using the software structure: a simulation study. *Molecular ecology*, 14:2611-2620, 2005.

EXCOFFIER L.; SMOUSE P. E.; QUATTRO J. M. Analysis of molecular variance inferred from metric distances among DNA haplotypes: application to human mitochondrial DNA restriction data. **Genetics**, v. 131, p. 479-491, 1992.

FACHIM, E.; GUARIM, V. L. M. S. Conservação da biodiversidade: espécies da flora de Mato Grosso. **Acta Botânica Brasílica**. v. 9, n. 2, p. 281-287, 1995.

FELICIANO, D. C.; DE GODOY, S. M.; DA SILVA, J. F. M.; GÓES, B. D.; FERRAZ, J. R.; OLIVEIRA SANTOS, P.; RIBEIRO, J. E. L.; RUAS, P. M.; DE FÁTIMA RUAS, C. Landscape genetics reveal low diversity and adaptive divergence in *Portulaca hatschbachii* (Portulacaceae): an endangered species endemic to rocky outcrops of the Atlantic Forest. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 200, n. 1, p. 116-141, 2022.

FERREIRA, L. F., DANIEL, A. P., PICCOLO, J., KLEIN, B., RUVIARO, A. R., & EMANUELLI, T. Infusão de *Aloysia triphylla*: Efeitos opostos em um teste de atividade antioxidante in vitro e na estabilidade oxidativa de patês de pescado refrigerados. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 34, n. 2, 2017.

FLORA DO BRASIL, **Verbenaceae**, in **Flora do Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB246>>. Acesso em: 21 Fev. 2022.

FONTANA, C.; GASPER, A. L.; SEVEGNANI, L. Espécies raras e comuns de Myrtaceae da Floresta Estacional Decidual de Santa Catarina, Brasil. **Rodriguésia**, v. 65, n. 3, p. 767-776, 2014.

FORZZA, RC., org., et al. INSTITUTO DE PESQUISAS JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO. **Catálogo de plantas e fungos do Brasil** [online]. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio: Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2010. 828 p. Vol. 2. ISBN 978-85- 8874-243-7.

FRANÇA, L. C. J.; JÚNIOR, F. W. A.; E SILVA, C. S. J.; MONTI, C. A. U.; FERREIRA, T. C.; DE OLIVEIRA SANTANA, C. J.; GOMIDE, L. R. Forest landscape planning and management: A State-of-the-Art Review. **Trees, Forests and People**, 100275, 2022.

FUCHS, E. J.; LOBO, J. A.; QUESADA, M. Effects of forest fragmentation and flowering phenology on the reproductive success and mating patterns of the tropical dry forest tree *Pachira quinata*. **Conservation Biology**, v. 17, n.1, p. 149-157, 2003.

GALÍNDEZ, G.; SEAL, C. E.; DAWS, M. I.; LINDOW, L.; ORTEGA-BAES, P.; PRITCHARD, H. W. Alternating temperature combined with darkness resets base temperature for germination (T_b) in photoblastic seeds of *Lippia* and *Aloysia* (Verbenaceae). **Plant Biology**. v. 19, n. 1, p. 41-45, 2017. doi: 10.1111/plb.12449. Epub 2016 Apr 13. PMID: 26998824.

GALVÃO, F.; AUGUSTIN, C. A gênese dos campos sulinos. **Floresta**, v. 41, n. 1. p. 191-200, 2011.

GARIBALDI, A.; TURNER, N. Cultural keystone species: implications for ecological conservation and restoration. **Ecology and society**, v. 9, n. 3, 2004.

GÉLVEZ-ZÚÑIGA, I.; NEVES, A. C.; TEIXIDO, A. L.; FERNANDES, G. W. Reproductive biology and floral visitors of *Collaea cipoensis* (Fabaceae), an endemic shrub of the rupestrian grasslands. **Flora**. v. 238, p. 129-137, 2018.

GOUDEL, F.; SHIBATA, M.; COELHO, C. M. M.; MILLER, P. R. M. Fruit biometry and seed germination of *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassm. **Acta Botanica Brasilica**, v. 27, p. 147-154, 2013.

GUO, J. L.; ZHANG, X. Y.; ZHANG, J. W.; LI, Z. M.; SUN, W.G; ZHANG, Y. H. Genetic diversity of *Meconopsis integrifolia* (Maxim.) Franch. In the East Himalaya-Hengduan Mountains inferred from fluorescent amplified fragment length polymorphism analysis. **Biochemical Systematics and Ecology**, Oxford, v. 69, p. 67-75, 2016.

HAMRICK, J. L. Response of forest trees to global environmental changes. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 197, n. 1-3, p. 323-335, 2004.

HAN, B.; FERNANDEZ, V.; PRITCHARD, H. W.; COLVILLE, L. Gaseous environment modulates volatile emission and viability loss during seed artificial ageing. **Planta**, v. 253, p. 1-16, 2021.

HANISCH, A. L.; PINOTTI, L. C. A.; LACERDA, A. E. B. D.; RADOMSKI, M. I.; NEGRELLE, R. R. B. Impactos do pastejo do gado e do manejo da pastagem sobre a regeneração arbórea em remanescentes de Floresta Ombrófila Mista. **Ciência Florestal**, v. 31, p. 1278-1305, 2021.

HEINICKE, S.; HENSENA, I.; ROSCHEA, C.; HANSELMANN, D.; GUDKOVA, P. D.; SILANTEVA, M. M.; WESCHE, K. Fragmentation and environmental constraints influence genetic diversity and germination of *Stipa pennata* in natural steppes. **Flora**, Jena, v. 224, p. 42–49, 2016.

HENTZ, Â. M. K.; DALLA CORTE, A. P.; BLUM, C. T.; SANQUETTA, C. R. Técnicas orientadas ao objeto para levantamento da fragmentação florestal na sub-bacia Alto Iguaçu, Paraná. **Geosciences, Geociências**, v. 34, n. 4, p. 883-896, 2015.

HESS, M. C. M.; MESLÉARD, F.; BUISSON, E. Priority effects: emerging principles for invasive plant species management. **Ecological Engineering**, v. 127, p. 48-57, 2019.

HMELJEVSKI, K. V.; REIS, A.; MONTAGNA, T.; DOS REIS, M. S. Genetic diversity, genetic drift and mixed mating system in small subpopulations of *Dyckia ibiramensis*, a rare endemic bromeliad from Southern Brazil. **Conservation Genetics**, v. 12, n. 3, p. 761-769, 2011.

HOELTGEBAUM, M. P.; BERNARDI, A. P.; MONTAGNA, T.; REIS, M. S. Diversidade e estrutura genética de populações de *Varronia curassavica* Jacq. em restingas da Ilha de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, p. 1083-1090, 2015.

HOFFMANN, P. M.; BLUM, C. T.; VELAZCO, S. J. E.; GILL, D. J. C.; BORGIO, M. Identifying target species and seed sources for the restoration of threatened trees in southern Brazil. **Oryx**, v. 49, n. 3, p. 425-430, 2015.

HOLDEREGGER, R.; GIULIO, M. D. I. The genetic effects of roads: a review of empirical evidence. **Basic and Applied Ecology**, Jena, v. 11, p. 522-531, 2010.

HOOSE, B. W.; CALL, R. S.; BATES, T. H.; ANDERSON, R. M.; ROUNDY, B. A.; MADSEN, M. D. Seed conglomeration: a disruptive innovation to address restoration challenges associated with small-seeded species. **Restoration Ecology**, v. 27, n. 5, p. 959-965, 2019.

INOUE, S.; DANG, QL.; MAN, R.; TADLA, B. Photoperiod, [CO₂] and soil moisture interactively affect phenology in trembling aspen: Implications to climate change-induced migration. **Environmental and Experimental Botany**. v. 180, 104269, 2020.

ISMAILI, S. E.; MAURADY, A.; LACHKAR, M.; BRITEL, M. R.; BAKALI, A. H. Effect of temperature and different pre-treatments on seed germination of *Stachys mouretii* Batt. & Pit. **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants**, v. 32, p. 100438, 2023.

IUCN. **IUCN Red List of Threatened Species**. Available at: www.iucnredlist.org. 2021. (Accessed: 23 feb. 2022).

JARNE, P.; CHARLESWORTH, D. The evolution of the selfing rate in functionally hermaphrodite plants and animals. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 24, n. 1, p. 441-466, 1993.

KADEREIT, J. W. (Ed.). **Flowering Plants· Dicotyledons: Lamiales** (except Acanthaceae including Avicenniaceae). Springer Science & Business Media, 2004. 487p.

KEARNS, C. A.; INOUE, D. Techniques for pollinations biologists. Niwot: University press of Colorado, 579 p., 1993

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. Editora Guanabara Koogan. 2008, 452 p.

KIDANE, Y. O.; STEINBAUER, M. J.; BEIERKUHNLIN, C. Dead end for endemic plant species? A biodiversity hotspot under pressure. **Global Ecology and Conservation**. v. 19, e00670, 2019.

KONZEN, E. R.; MARTINS, M. P. Contrasting levels of genetic diversity among populations of the endangered tropical palm *Euterpe edulis* Martius. **Cerne**, v. 23, p. 31-42, 2017.

KUMAR, S.; KUMARI, R. Cinnamomum: review article of essential oil compounds, ethnobotany, antifungal and antibacterial effects. **Open Access Journal Science**, v. 3, n. 1, p. 13-16, 2019.

KUNDU, M.; TIWARI, S.; HALDKAR, M. Collection, germination and storage of seeds of *Saraca asoca* (Roxb.) Willd. **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants**. v. 16, 1000231, 2020.

LEPERLIER, C.; RIVIÈRE, J. N. E.; LACROIX, S.; FOCK-BASTIDE, I. Overcoming germination barriers in four native Malvaceae shrub species of Reunion island to improve restoration in arid habitats. **Global Ecology and Conservation**. v. 21, e00855, 2020.

LEYVA-JIMÉNEZ, F. J.; LOZANO-SÁNCHEZ, J.; BORRÁS-LINARES, I.; ARRÁEZ-ROMÁN, D.; SEGURA-CARRETERO, A. Manufacturing design to improve the attainment of functional ingredients from *Aloysia citriodora* leaves by advanced microwave technology. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, 79, 52-61, 2019.

LIU, F., HONG, Z., XU, D., JIA, H., ZHANG, N., LIU, X.; et al. Genetic diversity of the endangered *Dalbergia odorifera* revealed by SSR markers. **Forests**, v. 10, n. 3, 2019

LUNA-ORTIZ, A.; ARTEAGA, M. C.; BELLO-BEDOY, R.; GASCA-PINEDA, J.; LEÓN DE LA LUZ, J. L.; DOMÍNGUEZ-CADENA, R.; MEDEL-NARVÁEZ, A. High genetic diversity and low structure in an endemic long-lived tree, *Yucca capensis* (Asparagaceae). **Plant Biology**, v. 24, n. 1, p. 185-191, 2022.

MACHADO, A. A. S.; LAU, C. W.; KLOAS, W.; BERGMANN, J.; BACHELIER, J. B.; FALTIN, E.; et al. Microplastics can change soil properties and affect plant performance. **Environmental science & technology**, v. 53, n. 10, p. 6044-6052, 2019.

MAGUIRE JD. 1962. Speed of germination-ais in selection and evaluation for seedlings emergence and vigour. *Crop Science Madson* v. 2. n. 2, p. 176-177, 1962. DOI: <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>

MANTOVANI, M.; RUSCHEL, A. R.; REIS, M. S. D.; PUCHALSKI, Â.; NODARI, R. O. Fenologia reprodutiva de espécies arbóreas em uma formação secundária da floresta atlântica. **Revista Árvore**, v. 27, p. 451-458, 2003.

MARIOT, A.; MONTAGNA, T.; REIS, M. S. Genetic diversity and structure of *Drimys brasiliensis* in southern Brazil: insights for conservation. **Journal of Forestry Research**, v. 31, n. 4, p. 1325-1332, 2020.

MARTINELLI, G.; MORAES, M.A. **Livro vermelho da flora do Brasil**. Andrea Jakobsson / Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 1100p. 2013.

MARTINI, A.; BIONDI, D.; BATISTA, A. C. Fenologia de *Tabebuia chrysotricha* (ipê-amarelo) no ambiente urbano de Curitiba (PR). **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 6, n. 4, p. 51-67, 2011.

MCGREGOR, R. L., BENDER, D. J., FAHRIG, L. Do small mammals avoid roads because of the traffic? **Journal of Applied Ecology**. v. 45, p. 117-123, 2008.

MEDEIROS, A. C. S. **Armazenamento de sementes de espécies florestais nativas**. Colombo: Embrapa Florestas, 2001. 24 p.

MEHETRE, G. T.; LEO, V. V.; SINGH, G.; SOROKAN, A.; MAKSIMOV, I.; YADAV, M. K.; UPADHYAYA, K.; HASHEM, A.; ALSALEH, A. N.; DAWOUD, T. M.; ALMAARY, K. S.; SINGH, B. P. Current developments and challenges in plant viral diagnostics: A systematic review. **Viruses**, v. 13, n. 3, p. 412, 2021.

MEIRA, M. R.; MARTINS, E. R.; RESENDE, L. V. Genetic diversity of *Lippia rotundifolia* Cham. in Minas Gerais, Brazil. **Acta Scientiarum**. Biological Sciences, v. 41, e42754, 2019.

MELO, M. F. V.; SEBBENN, A. M.; ROSSINI, B. C.; MUNIZ, A. V. C. S.; RODRIGUES, C. J.; MARINO, C. L.; MORAES, M. L. T. Estimativa da diversidade genética, sistema de acasalamento e dispersão de pólen para informar a conservação ex situ da árvore

Genipa americana L. **Plant Genetic Resources**, v. 19, n.1, p. 9–19, 2021.
<http://doi.org/10.1017/S1479262121000022>

MIQUEL, S. Morphologie fonctionnelle de plantules d'espèces forestières du Gabon. **Bulletin du Muséum d'Histoire Naturelle**, Andasonia, v. 9, n.4, p. 101-121, 1987

MIRESKI, M. C.; GUEDES, R. S.; WENDLING, I., PEÑA, M. L. P.; MEDEIROS, A. C. S. Secagem na viabilidade e desenvolvimento embrionário de sementes de *Ilex paraguariensis*. **Ciência Florestal**, v. 29, n.3, p. 1354-1362, 2019.
<https://doi.org/10.5902/1980509824451>.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Portaria MMA Nº 148. **Lista Oficial de Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção**, de 7 de junho de 2022.

MOFIDABADI, A. H. J.; DEGHANI, A.; RAMEZANZADEH, B. Steel-alloy surface protection against saline attacks via the development of Zn (II)-metal-organic networks using *Lemon verbena* leaves extract (LVLE); Integrated surface/electrochemical explorations. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, 630, 127561, 2021.

MOLDENKE, H. N. Seven more novelties in the Eriocaulaceae and Verbenaceae. **Phytologia**, n. 18, p.341, 1969.

MORELLATO, L. P. C.; ALBERTON, B.; ALVARADO, S. T.; BORGES, B.; BUISSON, E. et al. Linking plant phenology to conservation biology. **Biologic Conserv**, v. 195, p. 60–72, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.12.033>

NANNONI, G.; VOLTERRANI, G.; MATTAROCCHI, A.; ALÌ, A.; BERTONA, M.; EMANUELE, E. A proprietary herbal extract titred in verbascoside and aucubin suppresses lipopolysaccharide-stimulated expressions of cyclooxygenase-2 in human neutrophils. **Central-European Journal of Immunology**, v. 45, n. 2, 2020.

NAZARENO, A. G.; REIS, M. S. D. Linking phenology to mating system: exploring the reproductive biology of the threatened palm species *Butia eriospatha*. **Journal of Heredity**, v. 103, n. 6, p. 842-852, 2012.

NEI, M. Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals. **Genetics**, v. 89, p. 583–590. 1978.

NUCCI, M.; ALVES-JUNIOR, V. V. Biologia floral e sistema reprodutivo de *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg-Myrtaceae em área de cerrado no sul do Mato Grosso do Sul, Brasil. **Interciencia**, v. 42, n. 2, p. 127-131, 2017.

NYBOM, H. Comparison of different nuclear DNA markers for estimating intraspecific genetic diversity in plants. **Molecular Ecology**, Oxford, v. 13, p. 1143-1155, 2004.

O'LEARY, N.; MORONI, P. *Aloysia* in **Flora e Funga do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB15127>>. Acesso em: 25 jan. 2023

O'BRIEN, T. P.; FEDER, N.; MCCULLY, M. E. Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue. **Protoplasma**, v. 59, p. 368–373, 1964.

OHIOMOKHARE, S.; OLAOLORUN, F.; LADAGU, A.; OLOPADE, F.; HOWES, M. J. R.; OKELLO, E.; OLOPADE, J.; CHAZOT, P. L. The Pathopharmacological Interplay between Vanadium and Iron in Parkinson's Disease Models. **International journal of molecular sciences**, v. 21, n. 18, e6719, 2020.

OKUNOMO, K.; EGHO, E. O.. Economic importance of some underexploited tree species in Nigeria: urgent need for separate research centers. **Continental Journal of Biological Sciences**, v. 3, p. 16-32, 2010.

O'LEARY, N., LU-IRVING, P., MORONI, P., SIEDO, S. Taxonomic Revision of *Aloysia* (Verbenaceae, Lantaneae) In South America. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 101, n. 3, p.568-609, 2016.

O'LEARY, N.; CALVIÑO, C. I.; MARTÍNEZ, S.; LU-IRVING, P.; OLMSTEAD, R. G.; MÚLGURA, M. E. Evolution of morphological traits in Verbenaceae. **American Journal of Botany**, v. 99, n. 11, p. 1778-1792, 2012.

OYAMA, K.; ARROYO, M. L. H.; RAMÍREZ, V. R.; MALVIDO, J. B.; SÁNCHEZ, E. R.; RODRÍGUEZ, A. G. Gene flow interruption in a recently human-modified landscape: The value of isolated trees for the maintenance of genetic diversity in a Mexican endemic red oak. **Forest Ecology and Management**. v. 390, p.27–35, 2017.

PABLO D. C.; JOANNE C. Regulation of flowering time by light quality. **Nature**, v. 423, p.881-885, 2003.

PADOIN, T. O. H.; MÜLLER, A.; SCHMITT, J. L. Fenologia de *Blechnum acutum* (Desv.) Mett. (Blechnaceae) em Floresta Atlântica Subtropical. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 6, p. 1644-1656, 2016.

PAQUETTE, S. R. **PopGenKit: Useful functions for (batch) file conversion and data resampling in microsatellite datasets**. R package version 1.0. 2012.

PERRY, M.C.; MCINTOSH, M.S. Geographical patterns of variation in the USDA soybean germplasm collection: I. Morphological traits. **Crop Science**, v.31, p.1350-1355, 1991

PIAO, S.; LIU, Q.; CHEN, A.; JANSSENS, I. A.; FU, Y.; DAI, J.; LIU, L.; LIAN, X.; SHEN, M.; ZHU, X. Plant phenology and global climate change: current progresses and challenges. **Global Change Biology**, v. 25, n. 6, p. 1922-1940, 2019. <http://dx.doi.org/10.1111/gcb.14619>

PIÊN, PREFEITURA MUNICIPAL. História do município. 2019. Disponível em: <<https://www.pien.pr.gov.br/historia>>. Acesso em: 18 fev. 2020.

PIMENTA, M. R.; FERNANDES, L. S.; PEREIRA, U. J.; GARCIA, L. S.; LEAL, S. R.; LEITÃO, S. G.; SALIMENA, F. R; G.; VICCINI, L. F.; PEIXOTO, P; H; P. Floração, germinação e estaquia em espécies de *Lippia* L. (Verbenaceae). **Revista Brasileira de Botânica**. v. 30, n. 2, p. 211-220, 2007.

PINHEIRO, L. G.; CHAGAS, K. P. T.; FREIRE, A. S. M.; FERREIRA, M. C.; FAJARDO, C. G.; VIEIRA, F. A. Anthropization as a determinant factor in the genetic structure of *Copernicia prunifera* (Arecaceae). **Genetics and Molecular Research**, v. 16, n. 3, 2017.

POLIDORO, B. A., CARPENTER, K. E., COLLINS, L., DUKE, N. C., ELLISON, A. M., ELLISON, J. C., FARNSWORTH, E. J.; FERNANDO, E. S., KATHIRESAN, K., KOEDAM, N.E., LIVINGSTONE, S.R.; MIYAGI, T., MOORE, G.E., NAM, V.N., ONG, J.E., PRIMAVERA, J.H., SALMO, S.G., SANGIANGCO, J.C., SUKARDJO, S., WANG, Y., YONG, J. W. H. The loss of species: mangrove extinction risk and geographic areas of global concern. **PloS one**, v. 5, n. 4, e10095, 2010.

PRIMACK, R. B. **Essentials of conservation biology**. Sunderland, Massachusetts: Sinauer, 1993.

PRITCHARD, J. K.; WEN, W. **Documentation for STRUCTURE software: Version 2**. 2003. Available from <http://pritch.bsd.uchicago.edu>.

PUNT, W.; HOEN, P. P.; BLACKMORE, S.; NILSSON, S.; LE THOMAS, A. Glossary of pollen and spore terminology. **Review of palaeobotany and palynology**, v. 143, n. 1-2, p. 1-81, 2007.

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2020. URL <https://www.R-project.org/>.

RENTON, K.; SALINAS-MELGOZA, A.; RUEDA-HERNÁNDEZ, R.; VÁZQUEZ-REYES, L. D. Differential resilience to extreme climate events of tree phenology and cavity resources in tropical dry forest: Cascading effects on a threatened species. **Forest Ecology and Management**, v. 426, p. 164-175, 2018.

RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACH, G. G. As unidades fitogeográficas do Sul do Paraná. **Ciência & Ambiente**. v. 24, p. 75-92, 2002.

RODRIGUES, I. D. C. A., SCUSSEL, G. F., BERNARDI, A., THALMAYR, P., FERREIRA, J. M., SILVA, A. K. D. S; MANTOVANI, A.; REIS, M. S; MONTAGNA, T. (2023). Autoecology, diversity, and internal genetic structure of *Ocotea porosa* (NEES & MART.) barroso: subsidies for seed collection. **Revista Árvore**, 47, e4730, 2023.

ROSA, S. G. T.; FERREIRA, A. G. Germinação de sementes de plantas medicinais lenhosas. **Acta Botânica Brasilica**. v. 15, n. 2, p. 147-154, 2001.

SALIMENA, F. R. G.; O'LEARY, N.; CARDOSO, P. H.; SCHAEFER, J.; SILVA, T. R. D. S.; MORONI, P.; SILVA, G. B.; THODE, V. A.; BOLDORINI, A. *Verbenaceae in Flora e Funga do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB246>>. Acesso em: 25 jan. 2023

SAMMOUR, R. H.; KARAM, M. A.; MORSI, Y. S.; ALI, R. M. Population structure and phylogenetic relationships in *Brassica rapa* L. subspecies by using isozyme markers. **Brazilian Journal of Biology**, v. 81, p. 601-610, 2020.

SANTOS, A. C. B. SANTOS, T. S. NUNES, T. S. COUTINHO, M. A. P. SILVA. Uso popular de espécies medicinais da família Verbenaceae no Brasil. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 4, p. 980-991, 2015.

SANTOS, E. L., FREITAS, P. R., ARAUJO, 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., SIQUEIRA JUNIOR, J. P., BARBOSA FILHO, J. M., SOUSA, G. R.; COUTINHO, H. D. 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, 2021.

SANTOS, F. M.; PINTO, J. E. B. P.; ALVARENGA, A. A.; OLIVEIRA, J. A.; OLIVEIRA, A. A.; OLIVEIRA, L. P. Produção de mudas de *Aloysia gratissima* (Gillies & Hook.) Tronc. por meio da propagação sexuada e assexuada. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 11, n. 2, p. 130-136, 2009. <https://dx.doi.org/10.1590/S1516-05722009000200003>

SANTOS, G. N. D.; HIGUCHI, P.; SILVA, A. C. D.; FARIAS, K. J.; MACHADO, F. D.; DUARTE, E.; FERNANDES, C.; VIEIRA, F.; AMARAL, R. S.; AGUIAR, V.; WALTER, F. F.; REIS, M. A. Regeneração natural em uma Floresta com Araucária: inferências sobre o processo de construção da comunidade de espécies arbóreas. **Ciência Florestal**, v. 28, p. 483-494, 2018.

SANTOS, M. L.; AFONSO, A. D. P.; OLIVEIRA, P. E. Biologia floral de *Vochysia cinnamomea* Pohl (Vochysiaceae) em cerrados do Triângulo Mineiro, MG. **Brazilian Journal of Botany**, v. 20, p. 127-132, 1997.

SCHMITT, K. F.; PAULA, R.; MORENO, E. C.; TIAGO, A.; ROSSI, A. A. Uso de testes colorimétricos na avaliação da viabilidade polínica do urucum (*Bixa orellana* L.). **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 22, 2015.

SCHWARTZ, M. D. (Ed.). **Phenology: An integrative environmental science**. Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academic Publishers, p. 610. 2013.

SEBBENN, A. M., FREITAS, M. L. M., ZANATTO, A. C. S., MORAES, E.; DE MORAES, M. A. Conservação *ex situ* e pomar de sementes em banco de germoplasma de *Balfourodendron riedelianum*. **Revista do Instituto Florestal**, v.19, n. 2, p. 101-112, 2007.

SEBBENN, A. M.; SEOANE, C. E. S.; KAGEYAMA, P. Y.; LACERDA, C. M. B. (Estrutura genética em populações de *Tabebuia cassinoides*: implicações para o manejo florestal e a conservação genética. **Revista do Instituto Florestal**, v. 13, n. 2, p. 99-113, 2001.

SEGECIN, S. Morfoanatomia das folhas cotiledonares, protofilo e metafilo de *Aloysia hatschbachii* Moldenke (Verbenaceae). **Akropolis**, Umuarama, PR, v. 11, p. 21-29, 1995.

SHARMA, G.; SINGH, A.; MAJEED, A.; NAJAR, R. A.; JAUR, G.; BHARDWAJ, P. Population structure and genetic diversity analysis on *Rhododendron arboretum* by using AFLP marker. **Gene Reports**, n. 9, p. 1-13, 2018.

SHEIKHOLESLAMI, B.; SHUKLA, M.; TURI, C.; HARPUR, C.; SAXENA, P. K. Saving threatened plant species: Reintroduction of Hill's thistle (*Cirsium hillii*. (Canby) Fernald) to its natural habitat. **PLoS One**, v. 15, n. 4, p. e0231741, 2020.

SHIMIZU, J. Y. Estratégia complementar para conservação de espécies florestais nativas: resgate e conservação de ecótipos ameaçados. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 54, p. 7-7, 2007.

SHIRZAD, H., ALIREZALU, A., ALIREZALU, K., YAGHOUBI, M., GHORBANI, B., PATEIRO, M.; LORENZO, J. M. Effect of *Aloysia citrodora* essential oil on biochemicals, antioxidant characteristics, and shelf life of strawberry fruit during storage. **Metabolites**, v. 11, n. 5, e256, 2021.

SIEDO, S. J. **Systematics of Aloysia (Verbenaceae)**. Tese de Doutorado: University of Texas at Austin, 2006.

SILVEIRA, L.; LUCENA, E. M. P. Contribuições da estatística circular para a obtenção de dados fenológicos reprodutivos em populações e comunidades vegetais florestais. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 1, p. e16312139318-e16312139318, 2023.

SMOUSE, P. E.; WHITEHEAD, M. R.; PEAKALL, R. An informational diversity framework, illustrated with sexually deceptive orchids in early stages of speciation. **Molecular Ecology Resources**, v.15, p. 1375-1384, 2015.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; TETTO, A. F. **Meteorologia e climatologia florestal**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2015. 215 p.

SPECIESLINK. **Base de dados eletrônica**. <http://www.splink.org.br/>. Acessado em: 30 de nov. de 2020.

TELLES, M. P. C.; DOBROVOLSKI, R.; ZOUZA, K. S.; LIMA, J. S.; COLLEVATTI, R. G.; SOARES, T. N.; CHAVES, L. J.; DINIZ-FILHO, J. A. F. Disentangling landscape effects on population genetic structure of a Neotropical savanna tree. **Brazilian Journal of Nature Conservation**, v. 1, n. 1, p. 65-70, 2014.

THOMAS, C. D., CAMERON, A., GREEN, R. E., BAKKENES, M., BEAUMONT, L. J., COLLINGHAM, Y. C., ERASMUS, B. F. N., SIQUEIRA, M. F., GRAINGER, A., HANNAH, L., HUGHES, L., HUNTLEY, B., VAN JAARSVELD, A. S., MIDGLEY, G. F., MILES, L., ORTEGA-HUERTA, M. A., PETERSON, A. T., PHILLIPS, O. L., WILLIAMS, S. E. Extinction Risk from Climate Change. **Nature**, v. 427, p.145-148, 2004.

TURCHETTO, C.; SEGATTO, A. L. A.; MÄDER, G.; RODRIGUES, D. M.; BONATTO, S. L.; FREITAS, L. B. High levels of genetic diversity and population structure in an endemic and rare species: implications for conservation. **AoB Plants**, v. 8, p. plw002, 2016.

VENÂNCIO, D. D. F. A., VICCINI, L. F., LUIZI-PONZO, A. P.; PREZOTO, F. Flower-visiting insects and phenology of *Lippia alba* (Lamiales: Verbenaceae): floral color changes and environmental conditions as cues for pollinators. **Environmental entomology**, v. 45, n. 3, p. 685-693, 2016.

VIANA, P. L.; LOMBARDI, J. A. Florística e caracterização dos campos rupestres sobre canga na Serra da Calçada, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia**, v. 58, n. 1, p. 157-177, 2007.

VINCENT, H.; BORNAND, C. N.; KEMPEL, A.; FISCHER, M. Rare species perform worse than widespread species under changed climate. **Biological Conservation**. v. 246, 108586, 2020.

WANG, T.; WANG, G.; INNES, J.; NITSCHKE, C.; KANG, H. Climatic niche models and their consensus projections for future climates for four major forest tree species in the Asia–Pacific region. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 360, p. 357-366, 2016.

WEEKLEY, C. W.; GORDON, D. R.; MAGUIRE, J.; MASCHINSKI, J.; MENGES, E. S.; PENCE, V. C.; PETERSON, C. L. Saving Florida's rarest plants. **The Palmetto**, Florida, v. 25, n. 2, p. 8-13, 2008.

WIJAYABANDARA, S. M. K. H.; JAYASURIYA, K. M. G. G.; JAYASINGHE, J. L. D. H. C. Seed Dormancy, Storage Behavior and Germination of an Exotic Invasive Species, *Lantana camara* L. (Verbenaceae). v. 2, n. 1, p. 7-14, 2013.

WOLKIS, D.; BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M.; RØNSTED, N. Seed dormancy and germination of the endangered exceptional Hawaiian lobelioid *Brighamia rockii*. **Applications in Plant Sciences**, v. 10, n. 5, p. e11492, 2022

YAN, A; CHEN, Z. The control of seed dormancy and germination by temperature, light and nitrate. **The Botanical Review**, v. 86, n. 1, p. 39-75, 2020.

YANG, L.; LIU, Z. L.; LI, Z.; DYER, R. J. Genetic structure of *Pinus henryi* and *Pinus tabuliformis*: Natural landscapes as significant barriers to gene flow among populations. **Biochemical Systematics and Ecology**, Oxford, v. 61, p. 124-132, 2015.

YEEH, Y.; KANG, S. S.; CHUNG, H. G.; CHUNG, M. S.; CHUNG, M. G. Genetic and clonal diversity in Korean populations of *Vitex rotundifolia* (Verbenaceae). **Journal of Plant Research**, v. 109, p. 161-168, 1996.

YOKOCHI, K., CHAMBERS, B.K., BENCINI, R. An artificial waterway and road restrict movements and alter home ranges of endangered arboreal marsupial. **Journal of Mammalogy**. v. 96, n. 6, p. 1284-1294, 2015.

ZAMITH, L. R.; SCARANO, F. R. Produção de mudas de espécies das Restingas do município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 18, p. 161-176, 2004.

ZAMORA, C. M. P.; TORRES, C. A.; NUÑEZ, M. B. Antimicrobial activity and chemical composition of essential oils from Verbenaceae species growing in South America. **Molecules**, v. 23, n. 3, p. 544, 2018.

ZAR, H. J. **Biostatistical analysis**. Prentice-Hall, New Jersey, 1999. 663p.

ZEEVAART, Jan Ad. Physiology of flower formation. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 27, n. 1, p. 321-348, 1976.

ZENI, A. L. B.; ZOMKOWSKI, A. D.; MARASCHIN, M.; TASCA, C. I.; RODRIGUES, A. L. S. Evidence of the involvement of the monoaminergic systems in the antidepressant-like effect of *Aloysia gratissima*. **Journal of ethnopharmacology**, v. 148, n. 3, p. 914-920, 2013.

ANEXO 1 – LISTA DE ARTIGOS ANALISADOS NA REVISÃO SISTEMÁTICA DO GÊNERO *Aloysia*

Autores	Título do artigo
Abdelhalim A., Aburjai T., Hanrahan J., Abdel-Halim H.,	Medicinal plants used by traditional healers in Jordan, the Tafila region
Abderrahim F., Estrella S., Susin C., Arribas S.M., González M.C., Condezo-Hoyos L.,	The antioxidant activity and thermal stability of lemon verbena (<i>Aloysia triphylla</i>) infusion
Abdo M.T.V.N., Valeri S.V., Ferraudo A.S., Martins A.L.M., Spatti L.R.,	Pioneer tree responses to variation of soil attributes in a tropical semi-deciduous forest in Brazil
Abuhamdah S., Abuhamdah R., Howes M.-J., Uttley G., Chazot P.L.,	A Molecular Docking Study of <i>Aloysia citrodora</i> Palau. Leaf Essential Oil Constituents towards Human Acetylcholinesterase: Implications for Alzheimer's disease
Abuhamdah S., Abuhamdah R., Howes M.-J.R., Al-Olimat S., Ennaceur A., Chazot P.L.,	Pharmacological and neuroprotective profile of an essential oil derived from leaves of <i>Aloysia citrodora</i> Palau
Abu-Hamdah S., Afifi F.U., Shehadeh M., Khalid S.,	Simple quality-control procedures for selected medicinal plants commonly used in Jordan
Abuhamdah S.M.A.,	Screening of commonly used Jordanian spices for inhibitory activity against acetylcholinesterase and butyrylcholinesterase in Alzheimer's disease
Adel M., Dawood M.A.O., Gholamhosseini A., Sakhaie F., Banaee M.,	Effect of the extract of lemon verbena (<i>Aloysia citrodora</i>) on the growth performance, digestive enzyme activities, and immune-related genes in Siberian sturgeon (<i>Acipenser baerii</i>)
Adeli A., Shamloofar M., Akrami R.,	Dietary effect of Lemon Verbena (<i>Aloysia triphylla</i>) extract on growth performance, some haematological, biochemical, and non-specific immunity and stocking density challenge of rainbow trout juveniles (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)
Afonso S., Arrobas M., Ferreira I.Q., Rodrigues M.Â.,	Leaf nutrient concentration standards for lemon verbena (<i>Aloysia citrodora</i> Paláu) obtained from field and pot fertilization experiments
Afrasiabian F., Mirabzadeh Ardakani M., Rahmani K., Azadi N.A., Alemohammad Z.B., Bidaki R., Karimi M., Emtiazy M., Hashempur M.H.,	<i>Aloysia citrodora</i> Palau (lemon verbena) for insomnia patients: A randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial of efficacy and safety
Aghdam A.R., Badi H.N., Abdossi V., Hajiaghaee R., Hosseini S.E.,	Changes in Essential Oil Content and Composition of Lemon Verbena (<i>Lippia citrodora</i> Kunth.) under Various Drying Conditions
Aguado M.I., Dudik N.H., Zamora C.M.P., Torres C.A., Nuñez M.B.,	Antioxidant and antibacterial activities of hydroalcoholic extracts from <i>Aloysia polystachya</i> Griseb. Moldenke and <i>Lippia turbinata</i> Griseb (Verbenaceae)
Aguado M.I., Nuñez M.B., Bela A.J., Okulik N.B., Bregni C.,	Physicochemical characterization and antioxidant activity of an <i>Aloysia polystachya</i> (Griseb.) Mold. (Verbenaceae) ethanolic extract
Aguado M.I., Nuñez M.B., Bela A.J., Sosa A.C., Sansberro P.A.,	Preliminary assays in <i>Aloysia polystachya</i> (Griseb.) Mold. Verbenaceae and its tinctures
Aguado M.I., Nuñez M.B., Dudik H.N., Bela A., Raisman J.S., Sansberro P.,	Design of <i>Aloysia polystachya</i> tablets by direct compression [Diseño de comprimidos de extracto de <i>Aloysia polystachya</i> por compresión directa]
Alanís A.D., Calzada F., Cervantes J.A., Torres J., Ceballos G.M.,	Antibacterial properties of some plants used in Mexican traditional medicine for the treatment of gastrointestinal disorders
Alarcón E., Campos A.M., Edwards A.M., Lissi E., López-Alarcón C.,	Antioxidant capacity of herbal infusions and tea extracts: A comparison of ORAC-fluorescein and ORAC-pyrogallol red methodologies
Alavi L., Barzegar M., Jabbari A., Naghdi Badi H.,	The effect of heat treatment on chemical composition and antioxidant property of <i>Lippia citrodora</i> essential oil
Albrecht R.A., Bassols G.B., Gurni A.A.,	Application of quantitative parameters in the study of <i>Aloysia citrodora</i> Palau (Verbenaceae)
Al-Deen M.G.N., Mansoor R., AlJoubbeh M.,	Fluctuations of chemical composition of essential oil and antimicrobial of lemon verbena (<i>Lippia citrodora</i>) during growth stages in Syria
Al-Dobai S., Reitz S., Sivinski J.,	Tachinidae (Diptera) associated with flowering plants: Estimating floral attractiveness

Ali H.F.M., El-Beltagi H.S., Nasr N.F.,	Evaluation of antioxidant and antimicrobial activity of <i>Aloysia triphylla</i>
Ali R.A., Hasanali N.B., Vahid A., Reza H., Ebrahim H.S.,	Changes in the essential oil content and composition of <i>Lippia citriodora</i> under vacuum oven-drying and pre-drying operation
Al-Mefleh N.K., Abu Salah K.K., Abandeh M.M.,	Influence of water quality and harvest times on biomass yield and essential oil of lemon verbena (<i>Aloysia triphylla</i>) under a drip irrigation system
Almeida A.P.G., Correia T.G., Heinzmann B.M., Val A.L., Baldisserotto B.,	Stress-reducing and anesthetic effects of the essential oils of <i>Aloysia triphylla</i> and <i>Lippia alba</i> on <i>Serrasalmus eigenmanni</i> (Characiformes: Serrasalminae)
Almeida A.P.G., Heinzmann B.M., Val A.L., Baldisserotto B.,	Essential oils and eugenol as anesthetics for <i>Serrasalmus rhombeus</i>
Alonso-Castro A.J., Ruiz-Padilla A.J., Ortiz-Cortes M., Carranza E., Ramírez-Morales M.A., Escutia-Gutiérrez R., Ruiz-Noa Y., Zapata-Morales J.R.,	Self-treatment and adverse reactions with herbal products for treating symptoms associated with anxiety and depression in adults from the central-western region of Mexico during the Covid-19 pandemic
Alza N.P., Cambi V.N.,	Quality control of plant mixtures commercialized as sedatives in Bahia Blanca, Argentina
Alzweiri M., Sarhan A.A., Mansi K., Hudaib M., Aburjai T.,	Ethnopharmacological survey of medicinal herbs in Jordan, the Northern Badia region
Amin B., Noorani R., Razavi B.M., Hosseinzadeh H.,	The effect of ethanolic extract of <i>Lippia citriodora</i> on rats with chronic constriction injury of neuropathic pain
Andreou V., Strati I.F., Fotakis C., Liouni M., Zoumpoulakis P., Sinanoglou V.J.,	Herbal distillates: A new era of grape marc distillates with enriched antioxidant profile
Ansaloni L.S., Salmazo J.R., Guimarães M.V.U.,	Entomogen galls in a seasonal semideciduous forest area in Sorocaba, southeast of São Paulo State, Brazil
Arambarri A.M., Freire S.E., Colares M.N., Bayón N.D., Novoa M.C., Monti C., Stenglein S.A.,	Sixty two species of shrubs and trees belonging to 28 families inhabiting gallery forests of the Paranaense biogeographic province (Argentina) have been cited with medicinal properties
Arena J.S., Merlo C., Defagó M.T., Zygadlo J.A.,	Insecticidal and antibacterial effects of some essential oils against the poultry pest <i>Alphitobius diaperinus</i> and its associated microorganisms
Argyropoulou C., Akoumianaki-Ioannidou A., Christodoulakis N.S., Fasseas C.,	Leaf anatomy and histochemistry of <i>Lippia citriodora</i> (Verbenaceae)
Argyropoulou C., Daferera D., Tarantilis P.A., Fasseas C., Polissiou M.,	Chemical composition of the essential oil from leaves of <i>Lippia citriodora</i> H.B.K. (Verbenaceae) at two developmental stages
Arze J.B.L., Collin G., Garneau F.-X., Jean F.-I., Gagnon H.,	Essential Oils from Bolivia. XI. Verbenaceae: <i>Aloysia gratissima</i> (Gillies & Hook.) Tronc. and Boraginaceae: <i>Cordia chacoensis</i> Chodat
Asghari M., Masoumi Zavarian A.,	Effects of organic fertilizers of compost and vermicompost on qualitative and quantitative traits of Lemon Verbena
Aumeeruddy M.Z., Mahomoodally M.F.,	Traditional herbal medicines used in obesity management: A systematic review of ethnomedicinal surveys
Ávila-Reyes J.A., Almaraz-Abarca N., Alvarado E.A.D., Torres-Ricario R., Naranjo-Jiménez N., Gutierrez-Velazquez M.V., González-Valdez L.S., Uribe-Soto J.N., Vasavilbazo-Saucedo A.,	α -Glucosidase and α -amylase inhibition potentials of ten wild Mexican species of Verbenaceae
Baelmans R., Deharo E., Bourdy G., Muñoz V., Quenevo C., Sauvain M., Ginsburg H.,	A search for natural bioactive compounds in Bolivia through a multidisciplinary approach. Part IV. Is a new haem polymerisation inhibition test pertinent for the detection of antimalarial natural products?
Barhoum H.Sh., Adib Al-Roz H., Mouhanna A.M.,	Plant extracts and their role in stimulating the production of antimicrobial peptides in honey bee workers
Bassols G.B., Gurni A.A.,	Possible adulterants of 'Poleo' (<i>Lippia Turbinata</i> Griseb., Verbenaceae)
Bataineh S.M.B., Tarazi Y.H., Ahmad W.A.,	Antibacterial efficacy of some medicinal plants on multidrug resistance bacteria and their toxicity on eukaryotic cells
Battikh H., Bakhrouf A., Ammar E.,	Antimicrobial effect of Kombucha analogues
Becker A.G., Luz R.K., Mattioli C.C., Nakayama C.L., de Souza e Silva W., de Oliveira Paes Leme F., de	Can the essential oil of <i>Aloysia triphylla</i> have anesthetic effect and improve the physiological parameters of the carnivorous freshwater catfish <i>Lophiosilurus alexandri</i> after transport?

Mendonça Mendes H.C.P., Heinzmann B.M., Baldisserotto B.,	
Belhaj S., Chaachouay N., Zidane L.,	Ethnobotanical and toxicology study of medicinal plants used for the treatment of diabetes in the High Atlas Central of Morocco
Bellakhdar J., Idrissi A.I., Canigueral S., Iglesias J., Vila R.,	Composition of lemon verbena (<i>Aloysia triphylla</i> (L'Herit.) Britton) oil of Moroccan origin
Benelli G., Pavela R., Canale A., Cianfaglione K., Ciaschetti G., Conti F., Nicoletti M., Senthil-Nathan S., Mehlhorn H., Maggi F.,	Acute larvicidal toxicity of five essential oils (<i>Pinus nigra</i> , <i>Hyssopus officinalis</i> , <i>Satureja montana</i> , <i>Aloysia citrodora</i> and <i>Pelargonium graveolens</i>) against the filariasis vector <i>Culex quinquefasciatus</i> : Synergistic and antagonistic effects
Benoua F.Z., Brada M., Boutoumi H., Bezzina M., Boucherit A., Driouche A., Fauconnier M.-L., Lognay G.,	Antimicrobial Activity of the Thio-Cyclized <i>Lippia citrodora</i> Leaf Essential Oil Cultivated in Algeria
Benovit S.C., Gressler L.T., de Lima Silva L., de Oliveira Garcia L., Okamoto M.H., dos Santos Pedron J., Sampaio L.A., Rodrigues R.V., Heinzmann B.M., Baldisserotto B.,	Anesthesia and Transport of Brazilian Flounder, <i>Paralichthys orbignyanus</i> , with Essential Oils of <i>Aloysia gratissima</i> and <i>Ocimum gratissimum</i>
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 <i>Aloysia gratissima</i> (Gillies & Hook.) Tronc. in silver catfish <i>Rhamdia quelen</i>
Benzi V., Chopa C.S., Ferrero A.A.,	Comparison of the insecticidal effect of two species of <i>Aloysia</i> (Verbenaceae) against <i>Rhizopertha dominica</i> (Insecta, Coleoptera, Bostrichidae)
Benzi V.S., Murray A.P., Ferrero A.A.,	Insecticidal and insect-repellent activities of essential oils from Verbenaceae and Anacardiaceae against <i>Rhizopertha dominica</i>
Bersan S.M.F., Galvão L.C.C., Goes V.F.F., Sartoratto A., Figueira G.M., Rehder V.L.G., Alencar S.M., Duarte R.M.T., Rosalen P.L., Duarte M.C.T.,	Action of essential oils from Brazilian native and exotic medicinal species on oral biofilms
Bianchini A.E., Descovi S.N., Heinzmann B.M., Baldisserotto B.,	Linalool induces relaxation of the mantle of golden apple snail (<i>Pomacea canaliculata</i>)
Bilto Y.Y., Alabdallat N.G., Atoom A.M., Khalaf N.A.,	Effects of commonly used medicinal herbs in Jordan on serum total antioxidant status and clinical laboratory testing
Bilto Y.Y., Alabdallat N.G., Atoom A.M., Khalaf N.A.,	Effects of commonly used medicinal herbs in Jordan on erythrocyte oxidative stress oxidative
Bozzo J.A., Beasom S.L., Fulbright T.E.,	White-tailed deer use of rangeland following browse rejuvenation
Bozzo J.A., Beasom S.L., Fulbright T.E.,	Vegetation responses to 2 brush management practices in South Texas
Braga de Oliveira M.I., Rodrigues Brandão F., Rocha da Silva M.J., Carvalho Rosa M., Santana Farias C.F., Silva dos Santos D., Majolo C., Oliveira M.R.D., Chaves F.C.M., Bizzo H.R., Tavares-Dias M., Chagas E.C.,	In vitro anthelmintic efficacy of essential oils in the control of <i>Neoechinorhynchus buttnerae</i> , an endoparasite of <i>Colossoma macropomum</i>
Brahmi N., Scognamiglio M., Pacifico S., Mekhoukhe A., Madani K., Fiorentino A., Monaco P.,	¹ H NMR based metabolic profiling of eleven Algerian aromatic plants and evaluation of their antioxidant and cytotoxic properties
Brandão A.D., Viccini L.F., Recco-Pimentel S.M.,	Cytogenetic characterization of <i>Aloysia virgata</i> Ruiz and Pavan (Verbenaceae)
Brandão F.R., Farias C.F.S., de Melo Souza D.C., de Oliveira M.I.B., de Matos L.V., Majolo C., de Oliveira M.R., Chaves F.C.M., de Almeida O'Sullivan F.L., Chagas E.C.,	Anesthetic potential of the essential oils of <i>Aloysia triphylla</i> , <i>Lippia sidoides</i> and <i>Mentha piperita</i> for <i>Colossoma macropomum</i>
Brant R.S., Pinto J.E.B.P., Bertolucci S.K.V., Albuquerque C.J.B.,	Essential oil content of <i>Aloysia triphylla</i> (L'Hér.) Britton in function of seasonal variation
Brant R.S., Pinto J.E.B.P., Bertolucci S.K.V., da Silva A., Albuquerque C.J.B.,	Lemon verbena's [<i>Aloysia triphylla</i> (L'Hérit) Britton (Verbenaceae)] essential oil content in different harvest periods and post-harvesting process
Buchwald-Werner S., Naka I., Dressler D., Reule C., Schön C.,	<i>Aloysia citrodora</i> extract targeting sports nutrition: In vitro study on anti-inflammatory effects by cyclooxygenases inhibition

Buchwald-Werner S., Naka I., Wilhelm M., Schütz E., Schoen C., Reule C.,	Effects of lemon verbena extract (Recoverben®) supplementation on muscle strength and recovery after exhaustive exercise: A randomized, placebo-controlled trial
Burdyn L., Luna C., Tarragó J., Sansberro P., Dudit N., González A., Mroginski L.,	Direct shoot regeneration from leaf and internode explants of <i>Aloysia polystachya</i> [Gris.] mold. (Verbenaceae)
Cabanillas C.M., Lopez M.L., Daniele G., Zygadlo J.A.,	Essential oil composition of <i>Aloysia polystachya</i> (Griseb.) Moldenke under rust disease
Cáceres M.I., Ricciardi G.A., Torres A.M., Ricciardi B.V., Ferrero S., Dellacassa E.,	In vitro Anti-snake Venom Activities of <i>Aloysia citriodora</i> Palau: New Possibilities for a Known Aromatic Plant
Calzada F., Arista R., Pérez H.,	Effect of plants used in Mexico to treat gastrointestinal disorders on charcoal-gum acacia-induced hyperperistalsis in rats
Calzada F., Yépez-Mulia L., Aguilar A.,	In vitro susceptibility of Entamoeba histolytica and Giardia lamblia to plants used in Mexican traditional medicine for the treatment of gastrointestinal disorders
Calzada-Sánchez E.V., Aguilar-Rodríguez S., López-Villafranco Ma.E., Aguilar-Contreras A.,	Anatomy of leaf and stem of medicinal Verbenaceae used in Mexico
Camejo-Rodrigues J., Ascensão L., Bonet M.À., Vallès J.,	An ethnobotanical study of medicinal and aromatic plants in the Natural Park of "Serra de São Mamede"(Portugal)
Cardoso, PH; Valerio, VID; Neto, LM; Salimena, FRG	Verbenaceae in Espirito Santo, Brazil: richness, patterns of geographic distribution and conservation
Carmona F., Coneglian F.S., Batista P.A., Aragon D.C., Angelucci M.A., Martinez E.Z., Pereira A.M.S.,	<i>Aloysia polystachya</i> (Griseb.) Moldenke (Verbenaceae) powdered leaves are effective in treating anxiety symptoms: A phase-2, randomized, placebo-controlled clinical trial
Carmona M.D., Llorach R., Obon C., Rivera D.,	
Carnat A., Carnat A.-P., Chavignon O., Heitz A., Wylde R., Lamaison J.-L.,	Luteolin 7-diglucuronide, the major flavonoid compound from <i>Aloysia triphylla</i> and <i>Verbena officinalis</i>
Carnat A., Carnat A.P., Fraisse D., Lamaison J.L.,	The aromatic and polyphenolic composition of lemon verbena tea
Carrera-Quintanar L., Funes L., Vicente-Salar N., Blasco-Lafarga C., Pons A., Micol V., Roche E.,	Effect of polyphenol supplements on redox status of blood cells: a randomized controlled exercise training trial
Casadoro G., Rascio N.,	Glands of <i>Lippia triphylla</i> (L'Her.) O. Kuntze
Casamassima D., Palazzo M., D'Alessandro A.G., Colella G.E., Vizzari F., Corino C.,	The effects of lemon verbena (<i>Lippia citriodora</i>) verbascoside on the productive performance, plasma oxidative status, and some blood metabolites in suckling lambs
Casamassima D., Palazzo M., Vizzari F., Ondruska L., Massanyi P., Corino C.,	Effect of dietary <i>Lippia citriodora</i> extract on reproductive and productive performance and plasma biochemical parameters in rabbit does
Caturla N., Funes L., Pérez-Fons L., Micol V.,	A randomized, double-blinded, placebo-controlled study of the effect of a combination of lemon verbena extract and fish oil omega-3 fatty acid on joint management
Cervantes-Ceballos L., Caballero-Gallardo K., Olivero-Verbel J.,	Repellent and anti-quorum sensing activity of six aromatic plants occurring in Colombia
Chacaliza-Rodríguez L., Espinoza-Begazo G., Ramos-Escudero F., Servan K.,	Proximate chemical composition and content of biologically active components in leaves of two quinoa cultivars (Salcedo and Altiplano) produced in Peru
Chebli B., Hmamouchi M., Achouri M., Hassani L.M.I.,	Composition and in vitro fungitoxic activity of 19 essential oils against two post-harvest pathogens
Cheimonidi C., Samara P., Polychronopoulos P., Tsakiri E.N., Nikou T., Myrianthopoulos V., Sakellaropoulos T., Zoumpourlis V., Mikros E., Papassideri I., Argyropoulou A., Halabalaki M., Alexopoulos L.G., Skaltsounis A.-L., Tsitsilonis O.E., Aligiannis N.N., Trougakos I.P.,	Selective cytotoxicity of the herbal substance acteoside against tumor cells and its mechanistic insights
Cherif M., Rodrigues N., Veloso A.C.A., Zaghdoudi K., Pereira J.A., Peres A.M.,	Kinetic-thermodynamic study of the oxidative stability of Arbequina olive oils flavored with lemon verbena essential oil
Cheurfa M., Allem R.,	Effect of some plant extracts on pathogenic bacteria responsible for gastroenteritis

Cheurfa M., Allem R.,	Evaluation of antioxidant activity of different extracts of <i>Aloysia triphylla</i> leaves (L'Herit.) from Algeria in vitro [Évaluation de l'activité anti-oxydante de différents extraits des feuilles d' <i>Aloysia triphylla</i> (L'Hérit.) d'Algérie in vitro]
Cheurfa M., Allem R., Sadeer N.B., Mahomoodally M.F.,	In vivo hypocholesterolemic and anti-inflammatory effect of <i>Aloysia triphylla</i> (L'Hér.) Britton and <i>Trigonella foenum-græcum</i> L. seeds
Cianchino V., Acosta G., Ortega C., Martínez L.D., Gomez M.R.,	Analysis of potential adulteration in herbal medicines and dietary supplements for the weight control by capillary electrophoresis
Combrinck S., Regnier T., Kamatou G.P.P.,	In vitro activity of eighteen essential oils and some major components against common postharvest fungal pathogens of fruit
Consolini A.E., Berardi A., Rosella M.A., Volonté M.G.,	Antispasmodic effects of <i>Aloysia polystachya</i> and <i>A. gratissima</i> tinctures and extracts are due to non-competitive inhibition of intestinal contractility induced by acetylcholine and calcium
Conti G., Enrico L., Casanoves F., Díaz S.,	Shrub biomass estimation in the semiarid Chaco forest: A contribution to the quantification of an underrated carbon stock
Corbi G., Conti V., Komici K., Manzo V., Filippelli A., Palazzo M., Vizzari F., Davinelli S., Di Costanzo A., Scapagnini G., Ferrara N., Casamassima D.,	Phenolic plant extracts induce sirt1 activity and increase antioxidant levels in the rabbit's heart and liver
Cordo H.A., Deloach C.J.,	Natural enemies of the rangeland weed whitebrush (<i>Aloysia gratissima</i> : Verbenaceae) in South-America: Potential for biological control in the United States
Coronado-Aceves E.W., Sánchez-Escalante J.J., López-Cervantes J., Robles-Zepeda R.E., Velázquez C., Sánchez-Machado D.I., Garibay-Escobar A.,	Antimycobacterial activity of medicinal plants used by the Mayo people of Sonora, Mexico
Costa M.C., Loyola M.J., Osés D., Vergara Roig V.A., Kivatinitz S.C.,	Palynological markers of honeys from the northwest of Córdoba Province, Argentina [Marcadores polínicos en mieles del noroeste de la Provincia de Córdoba, Argentina]
Crabas N., Marongiu B., Piras A., Pivetta T., Porcedda S.,	Extraction, separation and isolation of volatiles and dyes from <i>calendula officinalis</i> L. and <i>Aloysia triphylla</i> (L'her.) britton by supercritical co2
Crabas N., Marongiu B., Piras A., Pivetta T., Porcedda S.,	Extraction, Separation and Isolation of Volatiles and Dyes from <i>Calendula officinalis</i> L. and <i>Aloysia triphylla</i> (L'Her.) Britton by Supercritical CO2
Cruz D., Falé P.L., Mourato A., Vaz P.D., Luisa Serralheiro M., Lino A.R.L.,	Preparation and physicochemical characterization of Ag nanoparticles biosynthesized by <i>Lippia citriodora</i> (Lemon Verbena)
Cuassolo F., Ladio A., Ezcurra C.,	Aspects of marketing and quality control of medicinal plants most sold in an urban community of NW Patagonia, Argentina
da Brant R.S., Pinto J.E.B.P., Bertolucci S.K.V., Albuquerque C.J.B.,	Biomass production and essential oil content of lemon verbena in response to organic manure application
da Nóbrega A.M.F., Valeri S.V., de Paula R.C., Pavani M.C.M.D., da Silva S.A.,	Seed bank of natural forest remainders and reforestation areas in a Mogi-Guaçu river floodplain, Luiz Antônio county, São Paulo state, Brazil
da Rosa S.G.T., Ferreira A.G.,	Seed germination of medicinal woody plants
da Silva A.C., de Souza P.E., Amaral D.C., Zeviani W.M., Pinto J.E.B.P.,	Essential oils from <i>Hyptis marruboides</i> , <i>Aloysia gratissima</i> and <i>Cordia verbenacea</i> reduce the progress of Asian soybean rust
da Silva A.C., de Souza P.E., de Resende M.L.V., da Silva Jr. M.B., Vitorino L.R.R., Baroni G.R.,	Decoctions isolated and mixing with fungicide on the control of powdery mildew in eucalyptus ministumps
Da Silva A.C., de Souza P.E., de Resende M.L.V., da Silva M.B., Ribeiro P.M., Zeviani W.M.,	Local and systemic control of powdery mildew in eucalyptus using essential oils and decoctions from traditional Brazilian medicinal plants
da Silva A.C., de Souza P.E., Machado J.C., da Silva B.M., Pinto J.E.B.P.,	Effectiveness of essential oils in the treatment of <i>Colletotrichum truncatum</i> -infected soybean seeds
da Silva A.C., de Souza P.E., Pinto J.E.B.P., da Silva B.M., Amaral D.C., de Arruda Carvalho E.,	Essential oils for preventative treatment and control of Asian soybean rust
da Silva A.C., Sales N.L.P., de Araújo A.V., Caldeira Júnior C.F.,	In vitro effect of plant compounds on the fungus <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> Penz. Isolated from passion fruit
da Silva C.C., Vandresen F., de Oliveira C.M.A., Kato L., Tanaka Clara.M.A., Ferreira H.D.,	Chemical composition of <i>Aloysia gratissima</i> (Gill. et Hook) Tronc. (Verbenaceae)

Dadé M.M., Fioravanti D.E., Schinella G.R., Tournier H.A.,	Total antioxidant capacity and polyphenol content of 21 aqueous extracts obtained from native plants of Traslasierra valley (Argentina)
Daniel A.P., Ferreira L.F., Klein B., Ruviano A.R., Quatrin A., Parodi T.V., Zeppenfeld C.C., Heinzmann B.M., Baldisserotto B., Emanuelli T.,	Oxidative stability during frozen storage of fillets from silver catfish (<i>Rhamdia quelen</i>) sedated with the essential oil of <i>Aloysia triphylla</i> during transport
Daniel A.P., Veeck A.P.L., Klein B., Ferreira L.F., da Cunha M.A., Parodi T.V., Zeppenfeld C.C., Schmidt D., Caron B.O., Heinzmann B.M., Baldisserotto B., Emanuelli T.,	Using the Essential Oil of <i>Aloysia triphylla</i> (L'Her.) Britton to Sedate Silver Catfish (<i>Rhamdia quelen</i>) during Transport Improved the Chemical and Sensory Qualities of the Fish during Storage in Ice
de las M Oliva M., Carezzano E., Gallucci N., Freytes S., Zygadlo J.A., Demo M.-S.,	Growth inhibition and morphological alterations of <i>Staphylococcus aureus</i> caused by the essential oil of <i>Aloysia triphylla</i>
de Luarda L.R.-L.M.,	The American plants in Charles de l'Écluse's works: First records in Juan de Castañeda's letters [LAS PLANTAS AMERICANAS EN LA OBRA DE CHARLES DE L'ÉCLUSE: PRIMERAS CITAS EN LAS CARTAS DE JUAN DE CASTAÑEDA]
de Melo N.C., Sánchez-Ortiz B.L., Sampaio T.I.S., Pereira A.C.M., Neto F.L.P.D.S., da Silva H.R., Cruz R.A.S., Keita H., Pereira A.M.S., Carvalho J.C.T.,	Anxiolytic and antidepressant effects of the hydroethanolic extract from the leaves of <i>Aloysia polystachya</i> (Griseb.) Moldenke: A study on zebrafish (<i>Danio rerio</i>)
De Oliveira C.M.A., Da Silva C.C., Ferreira H.D., De Fátima Lemes G., Schmitt E.,	Kauranes, phenylethanoids and flavone from <i>Aloysia virgata</i>
De Oliveira Fragoso R., Temponi L.G., Guimarães A.T.B., Bonini A.K.,	Development of tree native species in a reforested area at the biodiversity Corridor Santa Maria-pr
de Oliveira, MIB; Brandao, FR; da Silva, MJR; Rosa, MC; Farias, CFS; dos Santos, DS; Majolo, C; Oliveira, MRD; Chaves, FCM; Bizzo, HR; Tavares-Dias, M; Chagas, EC	In vitro anthelmintic efficacy of essential oils in the control of <i>Neoechinorhynchus buttnerae</i> , an endoparasite of <i>Colossoma macropomum</i>
de Souza R.C., Baldisserotto B., Melo J.F.B., da Costa M.M., de Souza E.M., Copatti C.E.,	Dietary <i>Aloysia triphylla</i> essential oil on growth performance and biochemical and haematological variables in Nile tilapia
de Souza R.C., da Costa M.M., Baldisserotto B., Heinzmann B.M., Schmidt D., Caron B.O., Copatti C.E.,	Antimicrobial and synergistic activity of essential oils of <i>Aloysia triphylla</i> and <i>Lippia alba</i> against <i>Aeromonas</i> spp.
Dellacasa A.D., Bailac P.N., Ponzi M.I., Ruffinengo S.R., Eguaras M.J.,	In vitro activity of essential oils from San Luis-Argentina against <i>Ascosphaera apis</i>
Dellacassa E., Soler E., Menéndez P., Moyna P.,	Essential oils from <i>Lippia alba</i> (Mill.) N. E. Brown and <i>Aloysia chamaedrifolia</i> Cham. (Verbenaceae) from Uruguay
Demo M., Oliva M.D.L.M., López M.L., Zunino M.P., Zygadlo J.A.,	Antimicrobial activity of essential oils obtained from aromatic plants of Argentina
Deyá C., Bellotti N.,	Biosynthesized silver nanoparticles to control fungal infections in indoor environments
Di Leo Lira P., Van Baren C.M., López S., Molina A., Heit C., Viturro C., De Lampasona M.P., Catalán C.A., Bandoni A.,	Northwestern Argentina: A center of genetic diversity of lemon verbena (<i>Aloysia citriodora</i> Paláu, Verbenaceae)
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
Donnelly C.S., Fisher P.R.,	High-pressure sodium lighting affects greenhouse production of vegetative cuttings for specialty annuals
dos Santos A.C., Junior G.B., Zago D.C., Zeppenfeld C.C., da Silva D.T., Heinzmann B.M., Baldisserotto B., da Cunha M.A.,	Anesthesia and anesthetic action mechanism of essential oils of <i>Aloysia triphylla</i> and <i>Cymbopogon flexuosus</i> in silver catfish (<i>Rhamdia quelen</i>)
dos Santos A.C., Sutili F.J., Heinzmann B.M., Cunha M.A., Brusque I.C.M., Baldisserotto B., Zeppenfeld C.C.,	<i>Aloysia triphylla</i> essential oil as additive in silver catfish diet: Blood response and resistance against <i>Aeromonas hydrophila</i> infection
Duarte M.C.T., Figueira G.M., Sartoratto A., Rehder V.L.G., Delarmelina C.,	Anti-Candida activity of Brazilian medicinal plants
Duarte M.C.T., Leme E.E., Delarmelina C., Soares A.A., Figueira G.M., Sartoratto A.,	Activity of essential oils from Brazilian medicinal plants on <i>Escherichia coli</i>

Duschatzky C.B., Martinez A.N., Almeida N.V., Bonivardo S.L.,	Nematicidal activity of the essential oils of several argentina plants against the root-knot nematode
Ebadi M.T., Azizi M., Sefidkon F., Ahmadi N.,	Influence of different drying methods on drying period, essential oil content and composition of <i>Lippia citriodora</i> Kunth
Ebani V.V., Bertelloni F., Najar B., Nardoni S., Pistelli L., Mancianti F.,	Antimicrobial activity of essential oils against staphylococcus and malassezia strains isolated from canine dermatitis
Ebani V.V., Najar B., Bertelloni F., Pistelli L., Mancianti F., Nardoni S.,	Chemical composition and in vitro antimicrobial efficacy of sixteen essential oils against <i>Escherichia coli</i> and <i>Aspergillus fumigatus</i> isolated from poultry
Ebani V.V., Nardoni S., Bertelloni F., Pollera C., Pistelli L., Mancianti F.,	In vitro antimicrobial activity of selected essential oils against bacteria and yeasts isolated from the genital tract of mares
Ebani V.V., Nardoni S., Bertelloni F., Tosi G., Massi P., Pistelli L., Mancianti F.,	In vitro antimicrobial activity of essential oils against salmonella enterica serotypes enteritidis and typhimurium strains isolated from poultry
Eddouks M., Ajebli M., Hebi M.,	Ethnopharmacological survey of medicinal plants used in Daraa-Tafilalet region (Province of Errachidia), Morocco
Elechosa M.A., Di Leo Lira P., Juárez M.A., Vitorro C.I., Heit C.I., Molina A.C., Martínez A.J., López S., Molina A.M., van Baren C.M., Bandoni A.L.,	Essential oil chemotypes of <i>Aloysia citrodora</i> (Verbenaceae) in Northwestern Argentina
El-Ghazouani F., El-Ouahmani N., Teixidor-Toneu I., Yacoubi B., Zekhnini A.,	A survey of medicinal plants used in traditional medicine by women and herbalists from the city of Agadir, southwest of Morocco
Elgueta E., Mena J., Orihuela P.A.,	Hydroethanolic Extracts of <i>Haplopappus baylahuen</i> Remy and <i>Aloysia citriodora</i> Palau Have Bactericide Activity and Inhibit the Ability of Salmonella Enteritidis to Form Biofilm and Adhere to Human Intestinal Cells
Encina-Domínguez J.A., Valdés-Reyna J., Villarreal-Quintanilla J.A.,	Structure of a toboso grassland (<i>Hilaria mutica</i> : Poaceae) associated with igneous substrate in northeastern Coahuila, Mexico
Emamad L., Zafari R., Moallem S.A., Vahdati-Mashhadian N., Shirvan Z.S., Hosseinzadeh H.,	Teratogenic effect of verbascoside, main constituent of <i>Lippia citriodora</i> leaves, in mice
Farina P., Venturi F., Ascrizzi R., Flamini G., Ortega R.D.C., Echeverría M.C., Ortega S., Zinnai A., Bedini S., Conti B.,	Andean plants essential oils: A scented alternative to synthetic insecticides for the control of blowflies
Fathi F., Sadnia M., Arjomandzadegan M., Mohajerani H.R.,	In vitro and in vivo evaluation of antibacterial and anti-biofilm properties of five ethnomedicinal plants against oral bacteria by TEM
Felgines C., Fraisse D., Besson C., Vasson M.-P., Texier O.,	Bioavailability of lemon verbena (<i>Aloysia triphylla</i>) polyphenols in rats: Impact of colonic inflammation
Fernández-Cusimamani E., Espinel-Jara V., Gordillo-Alarcón S., Castillo-Andrade R., Žiarovská J., Zepeda-Del Valle J.M., Lara-Reimers E.A.,	Ethnobotanical study of medicinal plants used in three Districts of Imbabura province, Ecuador
Ferreira L.F., Daniel A.P., Piccolo J., Klein B., Ruviaro A.R., Emanuelli T.,	<i>Aloysia triphylla</i> infusion: Opposing effects on an in vitro antioxidant assay and on the oxidative stability of refrigerated fish pates
Firmino A.L., Pinho D.B., Pereira O.L.,	Rust disease on sweet aromatic shrub <i>Aloysia virgata</i> in Brazil, caused by <i>Prospodium paraguayense</i>
Flinn R.C., Scifres C.J., Archer S.R.,	Variation in basal sprouting in co-occurring shrubs: implications for stand dynamics
Fogliarini C.O., Garlet Q.I., Parodi T.V., Becker A.G., Garcia L.O., Heinzmann B.M., Pereira A.M.S., Baldisserotto B.,	Anesthesia of <i>Epinephelus marginatus</i> with essential oil of <i>Aloysia polystachya</i> : An approach on blood parameters
Fontana D.C., Neto D.D., Pretto M.M., Mariotto A.B., Caron B.O., Kulczynski S.M., Schmidt D.,	Using essential oils to control diseases in strawberries and peaches
Francesco M.F., Pieroni A.,	Renegotiating situativity: Transformations of local herbal knowledge in a Western Alpine valley during the past 40 years
Fraisse D., Degerine-Roussel A., Bred A., Ndoye S.F., Vivier M., Felgines C., Senejoux F.O.,	A novel HPLC Method for direct detection of nitric oxide scavengers from complex plant matrices and its application to <i>Aloysia triphylla</i> leaves

Freddo Á.R., Mazaro S.M., Borin M.S.R., Busso C., Cechin F.E., Zorzi I.C., Dalacosta N.L., Lewandowski A.,	Essential oil potential herb-luisa (<i>Aloysia citriodora</i> palau) in the control of <i>Fusarium</i> sp. in vitro
Freires I.A., Bueno-Silva B., Galvão L.C.D.C., Duarte M.C.T., Sartoratto A., Figueira G.M., Alencar S.M.D., Rosalen P.L.,	The effect of essential oils and bioactive fractions on streptococcus mutans and <i>Candida albicans</i> biofilms: A confocal analysis
Frost L.A., Tyson S.M., Lu-Irving P., O'Leary N., Olmstead R.G.,	Origins of North American arid-land verbenaceae: More than one way to skin a cat
Fuselli S.R., de la Rosa S.B.G., Eguaras M.J., Fritz R.,	Susceptibility of the honeybee bacterial pathogen <i>paenibacillus</i> larvae to essential oils distilled from exotic and indigenous argentinean Plants
Galíndez G., Seal C.E., Daws M.I., Lindow L., Ortega-Baes P., Pritchard H.W.,	Alternating temperature combined with darkness resets base temperature for germination (T _b) in photoblastic seeds of <i>Lippia</i> and <i>Aloysia</i> (Verbenaceae)
Galvez C.E., Jimenez C.M., Gomez A.D.L.A., Lizarraga E.F., Sampietro D.A.,	Chemical composition and antifungal activity of essential oils from <i>Senecio nutans</i> , <i>Senecio viridis</i> , <i>Tagetes terniflora</i> and <i>Aloysia gratissima</i> against toxigenic <i>Aspergillus</i> and <i>Fusarium</i> species
Gámbaro A., Miraballes M., Purtscher I., Deandréis I., Martínez M.,	Acceptability of <i>Aloysia citriodora</i> -supplemented peach jams
García C.C., Talarico L., Almeida N., Colombres S., Duschatzky C., Damonte E.B.,	Virucidal Activity of Essential Oils from Aromatic Plants of San Luis, Argentina
Garcia F., Brunetti M.A., Lucini E.I., Scorcione Turcato M.C., Moreno M.V., Frossasco G.P., Colombatto D., Martínez M.J., Martínez Ferrer J.,	Essential oils from Argentinean native species reduce in vitro methane production
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 <i>Aloysia gratissima</i> and guaiol, its major sesquiterpene against <i>Leishmania amazonensis</i>
Gattuso S., van Baren C.M., Gil A., Bandoni A., Ferraro G., Gattuso M.,	Morpho-histological and quantitative parameters in the characterization of lemon verbena (<i>Aloysia citriodora</i> Palau) from Argentina
Gibitz-Eisath N., Eichberger M., Gruber R., Sturm S., Stuppner H.,	Development and validation of a rapid ultra-high performance liquid chromatography diode array detector method for <i>Verbena officinalis</i> L.
Gillij Y.G., Gleiser R.M., Zygadlo J.A.,	Mosquito repellent activity of essential oils of aromatic plants growing in Argentina
Giner M.J., Vegara S., Funes L., Martí N., Saura D., Micol V., Valero M.,	Antimicrobial activity of food-compatible plant extracts and chitosan against naturally occurring micro-organisms in tomato juice
Gleiser R.M., Bonino M.A., Zygadlo J.A.,	Repellence of essential oils of aromatic plants growing in Argentina against <i>Aedes aegypti</i> (Diptera: Culicidae)
Golmakani M.-T., Farahmand M., Ghassemi A., Eskandari M.H., Niakousari M.,	Enrichment of citral isomers in different microwave-assisted extraction of essential oil from fresh and dried lemon verbena (<i>Aloysia citriodora</i>) leaves
Golomazou E., Malandrakis E.E., Kavouras M., Karatzinos T., Miliou H., Exadactylos A., Panagiotaki P.,	Anaesthetic and genotoxic effect of medicinal plant extracts in gilthead seabream (<i>Sparus aurata</i> L.)
Golparyan F., Azizi A., Soltani J.,	Endophytes of <i>Lippia citriodora</i> (Syn. <i>Aloysia triphylla</i>) enhance its growth and antioxidant activity
González M.L., Joray M.B., Laiolo J., Crespo M.I., Palacios S.M., Ruiz G.M., Carpinella M.C.,	Cytotoxic Activity of Extracts from Plants of Central Argentina on Sensitive and Multidrug-Resistant Leukemia Cells: Isolation of an Active Principle from <i>Gaillardia megapotamica</i>
Gonzalez-Audino P., Picollo M.I., Gallardo A., Toloza A., Vassena C., Mougabure-Cueto G.,	Comparative toxicity of oxygenated monoterpenoids in experimental hydroalcoholic lotions to permethrin-resistant adult head lice
Gressler L.T., Riffel A.P.K., Parodi T.V., Saccol E.M.H., Koakoski G., Da Costa S.T., Pavanato M.A., Heinzmann B.M., Caron B., Schmidt D., Llesuy S.F., Barcellos L.J.G., Baldisserotto B.,	Silver catfish <i>Rhamdia quelen</i> immersion anaesthesia with essential oil of <i>Aloysia triphylla</i> (L'Hérit) Britton or tricaine methanesulfonate: Effect on stress response and antioxidant status

Guevara M., Tejera E., Iturralde G.A., Jaramillo-Vivanco T., Granda-Albuja M.G., Granja-Albuja S., Santos-Buelga C., González-Paramás A.M., Álvarez-Suarez J.M.,	Anti-inflammatory effect of the medicinal herbal mixture infusion, Horchata, from southern Ecuador against LPS-induced cytotoxic damage in RAW 264.7 macrophages
Guimarães R., Barreira J.C.M., Barros L., Carvalho A.M., Ferreira I.C.F.R.,	Effects of oral dosage form and storage period on the antioxidant properties of four species used in traditional herbal medicine
Guimarães R., Barros L., Carvalho A.M., Ferreira I.C.F.R.,	Infusions and decoctions of mixed herbs used in folk medicine: Synergism in antioxidant potential
Gutiérrez M.M., Werdin-González J.O., Stefanazzi N., Bras C., Ferrero A.A.,	The potential application of plant essential oils to <i>control Pediculus humanus capitis</i> (Anoplura: Pediculidae)
Hashemi S.M.B., Mousavi Khaneghah A., Koubaa M., Barba F.J., Abedi E., Niakousari M., Tavakoli J.,	Extraction of essential oil from <i>Aloysia citriodora</i> Palau leaves using continuous and pulsed ultrasound: Kinetics, antioxidant activity and antimicrobial properties
Hellión-Ibarrola M.C., Ibarrola D.A., Montalbetti Y., Kennedy M.L., Heinichen O., Campuzano M., Ferro E.A., Alvarenga N., Tortoriello J., De Lima T.C.M., Mora S.,	The antidepressant-like effects of <i>Aloysia polystachya</i> (Griseb.) Moldenke (Verbenaceae) in mice
Hellión-Ibarrola M.C., Ibarrola D.A., Montalbetti Y., Kennedy M.L., Heinichen O., Campuzano M., Tortoriello J., Fernández S., Wasowski C., Marder M., De Lima T.C.M., Mora S.,	The anxiolytic-like effects of <i>Aloysia polystachya</i> (Griseb.) Moldenke (Verbenaceae) in mice
Herranz-López M., Barrajón-Catalán E., Segura-Carretero A., Menéndez J.A., Joven J., Micol V.,	Lemon verbena (<i>Lippia citriodora</i>) polyphenols alleviate obesity-related disturbances in hypertrophic adipocytes through AMPK-dependent mechanisms
Herrera J.M., Zunino M.P., Massuh Y., Pizzollito R.P., Dambolena J.S., Gañan N.A., Zygadlo J.A.,	Fumigant toxicity of five essential oils rich in ketones against <i>Sitophilus zeamais</i> (Motschulsky) [Toxicidad fumigante de cinco aceites esenciales rico en cetonas contra <i>Sitophilus zeamais</i> (Motschulsky)]
Heystek F., Baars J.-R.,	Biology and host range of <i>Aconophora compressa</i> , a candidate considered as a biocontrol agent of <i>Lantana camara</i> in Africa
Hilgert N.I.,	Plants used in home medicine in the Zenta River basin, Northwest Argentina
Hirai, M; Ota, Y; Ito, M	Diversity in principal constituents of plants with a lemony scent and the predominance of citral
Hister C.A.L., Laughinghouse H.D., da Silva C.B., do Canto Dorow T.S., Tedesco S.B.,	Evaluation of the antiproliferative effect of infusions and essential oil of <i>Aloysia gratissima</i>
Hoseinifar S.H., Shakouri M., Doan H.V., Shafiei S., Yousefi M., Raeisi M., Yousefi S., Harikrishnan R., Reverter M.,	Dietary supplementation of lemon verbena (<i>Aloysia citriodora</i>) improved immunity, immune-related genes expression and antioxidant enzymes in rainbow trout (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)
Hosseini M., Jamshidi A., Raeisi M., Azizzadeh M.,	Effect of sodium alginate coating containing clove (<i>Syzygium aromaticum</i>) and lemon verbena (<i>Aloysia citriodora</i>) essential oils and different packaging treatments on shelf life extension of refrigerated chicken breast
Hudaib M., Tawaha K., Bustanji Y.,	Chemical Profile of the Volatile Oil of Lemon verbena (<i>Aloysia citriodora</i> Paláu) Growing in Jordan
Ibrahim M.E.,	Essential oils isolated from leaves of Egyptian <i>Verbena triphylla</i> L herb using different extraction methods
Infante R., Rubio P., Contador L., Moreno V.,	Effect of drying process on lemon verbena (<i>Lippia citriodora</i> Kunth) aroma and infusion sensory quality
Jamila F., Mostafa E.,	Ethnobotanical survey of medicinal plants used by people in Oriental Morocco to manage various ailments
Jaradat N., Hawash M., Abualhasan M.N., Qadi M., Ghanim M., Massarwy E., Ammar S.A., Zmero N., Arar M., Hussein F., Issa L., Mousa A., Zarour A.,	Spectral characterization, antioxidant, antimicrobial, cytotoxic, and cyclooxygenase inhibitory activities of <i>Aloysia citriodora</i> essential oils collected from two Palestinian regions
Jaramillo-Colorado B.E., Stashenko E.E., Winterhalter P.,	Fractionation of four Colombian essential oils by countercurrent chromatography and evaluation of their antioxidant activity

Jeddi M., Ouaritini Z.B., Fikri-Benbrahim K.,	Ethnobotanical study of medicinal plants in northern Morocco (Taounate): Case of Mernissa [Étude ethnobotanique des plantes médicinales au nord du Maroc (Taounate): Cas de Mernissa]
Jiménez-Ferrer E., Santillán-Urquiza M.A., Alegría-Herrera E., Zamilpa A., Noguerón-Merino C., Tortoriello J., Navarro-García V., Avilés-Flores M., Fuentes-Mata M., Herrera-Ruiz M.,	Anxiolytic effect of fatty acids and terpenes fraction from <i>Aloysia triphylla</i> : Serotonergic, GABAergic and glutamatergic implications
Juárez-Pérez A., Melgoza-Castillo A., Pinedo-Álvarez C., Estrada-Castillón E.,	Classification of plant communities in Sierra Rica, Manuel Benavides, Chihuahua, Mexico
Junior G.B., de Abreu M.S., Rosa J.G.D.S.D., Pinheiro C.G., Heinzmann B.M., Caron B.O., Baldisserotto B., Barcellos L.J.G.,	<i>Lippia alba</i> and <i>Aloysia triphylla</i> essential oils are anxiolytic without inducing aversiveness in fish
Karimi-Dehkordi M., Ghaffarnezhad M., Mohammadi F., Ghirati M., Rezaeifar M., Rajabi N., Alizadeh O., Kim N.-S., Lee D.-S.,	Whey protein coating incorporated with essential oil, bioactive peptides and nanoparticle extends shelf-life of chicken breast slices
	Headspace solid-phase microextraction for characterization of fragrances of lemon verbena (<i>Aloysia triphylla</i>) by gas chromatography-mass spectrometry
Köse Y.B., Uzun M., Saltan N.,	Heavy metal contents of melissa which is sold in herbalists
Kuhn P.R., Bellé C., Reinehr M., Kulczynski S.M.,	Aqueous extracts of weed, aromatic and oilseed plants in the <i>Meloidogyne incognita</i> control
Kujawska M., Pardo-De-Santayana M.,	Management of medicinally useful plants by European migrants in South America
Kujawska M., Zamudio F., Hilgert N.I.,	Honey-based mixtures used in home medicine by nonindigenous population of Misiones, Argentina
Kumar N.K., Kumar K.S., Raman B.V., Reddy I.B., Ramarao M., Rajagopal S.V.,	Antibacterial activity of <i>Lippia citriodora</i> a folklore plant
Kuštrak D.,	Verbena oil and oil from other <i>Lippia</i> species
Kuštrak D., Pitarević I.,	Citronka - <i>Lippia citriodora</i> Kunth. (= <i>Verbena triphylla</i> L'Hérit., <i>Aloysia citriodora</i> Ort.)
Laiolo J., Barbieri C.L., Joray M.B., Lanza P.A., Palacios S.M., Vera D.M.A., Carpinella M.C.,	Plant extracts and betulin from <i>Ligaria cuneifolia</i> inhibit P-glycoprotein function in leukemia cells
Lamaison J.L., Petitjean-Freytet C., Carnat A.,	Verbascoside, major phenolic compound of ash leaves (<i>Fraxinus excelsior</i>) and Vervain (<i>Aloysia triphylla</i>)
Lasagni Vitar R.M., Reides C.G., Ferreira S.M., Llesuy S.F.,	The protective effect of <i>Aloysia triphylla</i> aqueous extracts against brain lipid-peroxidation
Lee M.-C., Hsu Y.-J., Ho C.-S., Chang C.-H., Liu C.-W., Huang C.-C., Chiang W.-D.,	Evaluation of the efficacy of supplementation with planox® lemon verbena extract in improving oxidative stress and muscle damage: A double-blind controlled trial
Lee Y.-S., Yang W.-K., Kim H.Y., Min B., Caturla N., Jones J., Park Y.-C., Lee Y.-C., Kim S.-H.,	Metabolaid® combination of lemon verbena and hibiscus flower extract prevents high-fat diet-induced obesity through AMP-activated protein kinase activation
Leitão F., Da Fonseca-Kruel V.S., Silva I.M., Reinert F.,	Urban ethnobotany in Petrópolis and Nova Friburgo (Rio de Janeiro, Brazil)
Lenoir L., Joubert-Zakeyh J., Texier O., Lamaison J.-L., Vasson M.-P., Felgines C.,	<i>Aloysia triphylla</i> infusion protects rats against dextran sulfate sodium-induced colonic damage
Lenoir L., Rossary A., Joubert-Zakeyh J., Vergnaud-Gauduchon J., Farges M.-C., Fraise D., Texier O., Lamaison J.-L., Vasson M.-P., Felgines C.,	Lemon verbena infusion consumption attenuates oxidative stress in dextran sulfate sodium-induced colitis in the rat
Leyva-Jiménez F.J., Lozano-Sánchez J., Borrás-Linares I., Arráez-Román D., Segura-Carretero A.,	Manufacturing design to improve the attainment of functional ingredients from <i>Aloysia citriodora</i> leaves by advanced microwave technology
Li R., Chen Z., Ren N., Wang Y., Wang Y., Yu F.,	Biosynthesis of silver oxide nanoparticles and their photocatalytic and antimicrobial activity evaluation for wound healing applications in nursing care
Lin P.-C., Lee J.J., Chang I.-J.,	Essential oils from Taiwan: Chemical composition and antibacterial activity against <i>Escherichia coli</i>

Lira P.D.L., Van Baren C.M., Retta D., Bandoni A.L., Gil A., Gattuso M., Gattuso S.,	Characterization of lemon verbena (<i>Aloysia citriodora</i> palau) from argentina by the essential oil
López A.G., Theumer M.G., Zygadlo J.A., Rubinstein H.R.,	Aromatic plants essential oils activity on <i>Fusarium verticillioides</i> Fumonisin B(1) production in corn grain.
López Nigro M.M., Portmann E., Angeleri G., Gurni A., Carballo M.A.,	Biomarkers for evaluation of potencial genotoxicity
López-Miranda J.L., Esparza R., Rosas G., Pérez R., Estévez-González M.,	Catalytic and antibacterial properties of gold nanoparticles synthesized by a green approach for bioremediation applications
Lu-Irving P., Bedoya A.M., Salimena F.R.G., dos Santos Silva T.R., Viccini L.F., Bitencourt C., Thode V.A., Cardoso P.H., O'Leary N., Olmstead R.G.,	Phylogeny of <i>Lantana</i> , <i>Lippia</i> , and related genera (Lantaneae: Verbenaceae)
Lu-Irving P., O'Leary N., O'Brien A., Olmstead R.G.,	Resolving the genera <i>Aloysia</i> and <i>Acantholippia</i> within tribe lantaneae (Verbenaceae), using chloroplast and nuclear sequences
Lu-Irving P., Olmstead R.G.,	Investigating the evolution of Lantaneae (Verbenaceae) using multiple loci
Luis López-Miranda J., Borjas-Garcia S.E., Esparza R., Rosas G.,	Synthesis and Catalytic Evaluation of Silver Nanoparticles Synthesized with <i>Aloysia triphylla</i> Leaf Extract
Mahomoodally M.F., Mootoosamy A., Wambugu S.,	Traditional Therapies Used to Manage Diabetes and Related Complications in Mauritius: A Comparative Ethnoreligious Study
Maliki I., Es-safi I., El Moussaoui A., Mechchate H., El Majdoub Y.O., Bouymajane A., Cacciola F., Mondello L., Elbadaoui K.,	<i>Salvia officinalis</i> and <i>Lippia triphylla</i> : Chemical characterization and evaluation of antidepressant-like activity
Mancheno Moncayo M.J., Acosta León K.L., Vinueza Tapia D.R.,	Photoprotective properties of <i>Lippia triphylla</i> hydroalcoholic extract and in vitro safety evaluation
Marchetti L., Pellati F., Graziosi R., Brighenti V., Pinetti D., Bertelli D.,	Identification and determination of bioactive phenylpropanoid glycosides of <i>Aloysia polystachya</i> (Griseb. et Moldenke) by HPLC-MS
Marodin S.M., Baptista L.R.D.M.,	The use of plants for medicinal purposes in the city of Dom Pedro de Alcântara, Rio Grande do Sul, Brazil [O uso de plantas com fins medicinais no município de Dom Pedro de Alcântara, Rio Grande do Sul, Brasil]
Marques A.A.M., Lorençone B.R., Romão P.V.M., Guarnier L.P., Palozi R.A.C., Moreno K.G.T., Tirloni C.A.S., dos Santos A.C., Souza R.I.C., Klider L.M., Lourenço E.L.B., Tolouei S.E.L., Budel J.M., Khan S.I., Silva D.B., Gasparotto Junior A.,	Ethnopharmacological investigation of the cardiovascular effects of the ethanol-soluble fraction of <i>Aloysia polystachya</i> (Griseb.) Moldenke leaves in spontaneously hypertensive rats
Martinez-Rodriguez A., Moya M., Vicente-Salar N., Brouzet T., Carrera-Quintanar L., Cervello E., Micol V., Roche E.,	Biochemical and psychological changes in university students performing aerobic exercise and consuming lemon verbena extracts
Marucci R.C., Giustolin T.A., de Miranda M.P., Miquelote H., de Almeida R.P.P., Lopes J.R.S.,	Identification of a non-host plant of xylella fastidiosa to rear healthy sharpshooter vectors [Identificação de uma planta não-hospedeira de xylella fastidiosa para criação de insetos vetores sadios]
Masadeh M.M., Alkofahi A.S., Alzoubi K.H., Tumah H.N., Bani-Hani K.,	Anti-Helicobacter pylori activity of some Jordanian medicinal plants
Mashayekhi-Sardoo H., Razavi B.M., Ekhtiari M., Kheradmand N., Imenshahidi M.,	Gastroprotective effects of both aqueous and ethanolic extracts of Lemon verbena leaves against indomethacin-induced gastric ulcer in rats
Mendesil E., Tadesse M., Negash M.,	Efficacy of plant essential oils against two major insect pests of coffee (Coffee berry borer, <i>Hypothenemus hampei</i> , and antestia bug, <i>Antestiopsis intricata</i>) and maize weevil, <i>Sitophilus zeamais</i>
Meneses M., Antonio A.L., Cabo Verde S.,	Target specific post-harvest treatment by gamma radiation for the microbial safety of dried <i>Melissa officinalis</i> and <i>Aloysia citrodora</i>
Meshkatsadat M.H., Papzan A.H., Abdollahi A.,	Determination of bioactive volatile organic components of <i>Lippia citriodora</i> using ultrasonic assisted with headspace solid phase microextraction coupled with GC-MS
Miraballes M., Gámbaro A., Ares G.,	Sensory characteristics of antioxidant extracts from Uruguayan native plants: Influence of deodorization by steam distillation

Mirzaie A., Shandiz S.A.S., Noorbazargan H., Asgary E.A.,	Evaluation of chemical composition, antioxidant, antibacterial, cytotoxic and apoptotic effects of <i>Aloysia citrodora</i> extract on colon cancer cell line
Mofidabadi A.H.J., Dehghani A., Ramezanzadeh B.,	Steel-alloy surface protection against saline attacks via the development of Zn(II)-metal-organic networks using Lemon verbena leaves extract (LVLE)
Moller A.C., Parra C., Said B., Werner E., Flores S., Villena J., Russo A., Caro N., Montenegro I., Madrid A.,	Antioxidant and anti-proliferative activity of essential oil and main components from leaves of <i>Aloysia polystachya</i> harvested in central Chile
Montanari R.M., Barbosa L.C.A., Demuner A.J., Silva C.J., Carvalho L.S., Andrade N.J.,	Chemical composition and antibacterial activity of essential oils from verbenaceae species: Alternative sources of (E)-Caryophyllene and germacrene-D
Montanha J.A., Moellerke P., Bordignon S.A.L., Schenkel E.P., Roehe P.M.,	Antiviral activity of Brazilian plant extracts
Montes M., Valenzuela L., Wilkomirsky T., Arrivé M.,	Composition of the volatile oil from <i>Aloysia triphylla</i>
Mootosamy A., Fawzi Mahomoodally M.,	Ethnomedicinal application of native remedies used against diabetes and related complications in Mauritius
Mora S., Díaz-Véliz G., Millán R., Lungenstrass H., Quirós S., Coto-Morales T., Hellión-Ibarrola M.C.,	Anxiolytic and antidepressant-like effects of the hydroalcoholic extract from <i>Aloysia polystachya</i> in rats
Moradi M., Mehrafarin A., Qaderi A., Naghdi Badi H.,	Comparison in chemical compositions of the essential oil from Leaves of <i>Lippia citrodora</i> H.B.K. plantlets produced from micro - Propagation and stem cutting
Moroni P., O'Leary N., Filloy J.,	Species delimitation in the <i>Aloysia gratissima</i> complex (Verbenaceae) following the phylogenetic species concept
Mota J.H., De Araújo C.,	Rooting of Brazilian-lavender cuttings [Enraizamento de estacas de alfazema]
Mouhajir F., Pedersen J.A., Rejdali M., Towers G.H.N.,	Phenolics in Moroccan medicinal plant species as studied by electron spin resonance spectroscopy
Múlgura de Romero M.E., Martínez S., Atkins S., Rotman A.D.,	Morphology of the inflorescence in Verbenaceae-Verbenoideae III. * Tribe Lantaneae p.p [Morfología de las inflorescencias en verbenaceae, verbenoideae III:* Tribu Lantaneae p.p]
Najar B., Shortrede J.E., Pistelli L., Buhagiar J.,	Chemical Composition and in Vitro Cytotoxic Screening of Sixteen Commercial Essential Oils on Five Cancer Cell Lines
Nannoni G., Volterrani G., Mattarocci A., Ali A., Bertona M., Emanuele E.,	A proprietary herbal extract titred in verbascoside and aucubin suppresses lipopolysaccharide-stimulated expressions of cyclooxygenase-2 in human neutrophils
Naouaoui S., Fadili W., Chettati M., Laouad I.,	Medicinal plants and renal failure: A case-control study
Nemati Kharajuo M., Piryaei M., Babashpour Asl M., Abolghasemi M.M.,	Fast analysis of volatile compounds from <i>Lippia citrodora</i> with nanoporous aluminum wire as solid-phase microextraction fibres
Nhu-Trang T.-T., Casabianca H., Grenier-Loustalot M.-F.,	Authenticity control of essential oils containing citronellal and citral by chiral and stable-isotope gas-chromatographic analysis
Nobile V., Schiano I., Peral A., Giardina S., Spartà E., Caturla N.,	Antioxidant and reduced skin-ageing effects of a polyphenol-enriched dietary supplement in response to air pollution: A randomized, double-blind, placebo-controlled study
Obón C., Rivera D., Alcaraz F., Attieh L.,	Beverage and culture.
Ocazonez R.E., Meneses R., Torres F.Á., Stashenko E.,	Virucidal activity of Colombian Lippia essential oils on dengue virus replication in vitro
Ohiomokhare S., Olaolorun F., Ladagu A., Olopade F., Howes M.-J.R., Okello E., Olopade J., Chazot P.L.,	The pathopharmacological interplay between vanadium and iron in parkinson's disease models
Ohno T., Kita M., Yamaoka Y., Imamura S., Yamamoto T., Mitsufuji S., Kodama T., Kashima K., Imanishi J.,	Antimicrobial activity of essential oils against <i>Helicobacter pylori</i>
Oladzad A., Qaderi A., Naghdi Badi H., Zare A.R.,	Rapid micropropagation of lemon verbena (<i>Lippia citrodora</i> L.) using in vitro culture
Oliva M.D.L.M., Beltramino E., Gallucci N., Casero C., Zygadlo J., Demo M.,	Antimicrobial activity of essential oils of <i>Aloysia triphylla</i> (L'Her.) Britton from different regions of Argentina

Oliva M.D.L.M., Carezzano M.E., Gallucci M.N., Demo M.S.,	Antimycotic effect of the essential oil of <i>Aloysia triphylla</i> against <i>Candida</i> species obtained from human pathologies
Oliva M.D.L.M., Gallucci N., Zygadlo J.A., Demo M.S.,	Cytotoxic activity of Argentinean essential oils on <i>Artemia salina</i>
Olivares-Vicente M., Sánchez-Marzo N., Encinar J.A., de La Luz Cádiz-Gurrea M., Lozano-Sánchez J., Segura-Carretero A., Arraez-Roman D., Riva C., Barrajón-Catalán E., Herranz-López M., Micol V.,	The potential synergistic modulation of AMPK by <i>Lippia citriodora</i> compounds as a target in metabolic disorders
Olivero-Verbel J., Güette-Fernandez J., Stashenko E.,	Acute toxicity against <i>Artemia franciscana</i> of essential oils isolated from plants of the genus <i>Lippia</i> and <i>Piper</i> collected in Colombia
Omar H.S., Elsayed T.R., Reyad N.E.-H.A., Shamkh I.M., Sedeek M.S.,	Gene-targeted molecular phylogeny, phytochemical analysis, antibacterial and antifungal activities of some medicinal plant species cultivated in Egypt
Ortiz S., Lecsö-Bornet M., Bonnal C., Houze S., Michel S., Grougnet R., Boutefnouchet S.,	Bioguided identification of triterpenoids and neolignans as bioactive compounds from anti-infectious medicinal plants of the Taira Atacama's community (Calama, Chile)
Ortiz S., Lecsö-Bornet M., Michel S., Grougnet R., Boutefnouchet S.,	Chemical composition and biological activity of essential oils from <i>Artemisia copa</i> Phil. var. <i>copa</i> (Asteraceae) and <i>Aloysia deserticola</i> (Phil.) Lu-Irving & O'Leary (Verbenaceae), used in the Chilean Atacama's Taira Community (Antofagasta, Chile)
Oukerrou M.A., Tilaoui M., Mouse H.A., Bouchmaa N., Ziad A.,	Differential Cytotoxic Activity of Essential Oil of <i>Lippia citriodora</i> from Different Regions in Morocco
Oukerrou M.A., Tilaoui M., Mouse H.A., Leouifoudi I., Jaafari A., Ziad A.,	Chemical Composition and Cytotoxic and Antibacterial Activities of the Essential Oil of <i>Aloysia citriodora</i> Palau Grown in Morocco
Özek T., Kirimer N., Baser K.H.C., Tümen G.,	Composition of the essential oil of <i>Aloysia triphylla</i> (L'herit.) britton grown in Turkey
Palacios S.M., Bertoni A., Rossi Y., Santander R., Urzúa A.,	Insecticidal activity of essential oils from native medicinal plants of Central Argentina against the house fly, <i>Musca domestica</i> (L.)
Pansera M.R., Silvestre W.P., Gonzatti F., Pauletti G.F., Sartori V.C.,	Chemical composition and antifungal activity of the essential oils from native species of the 'Campos de Cima da Serra' region, South Brazil
Parodi T.V., Cunha M.A., Becker A.G., Zeppenfeld C.C., Martins D.I., Koakoski G., Barcellos L.G., Heinzmann B.M., Baldisserotto B.,	Anesthetic activity of the essential oil of <i>Aloysia triphylla</i> and effectiveness in reducing stress during transport of albino and gray strains of silver catfish, <i>Rhamdia quelen</i>
Parodi T.V., Cunha M.A., Heldwein C.G., De Souza D.M., Martins A.C., Garcia L.D.O., Junior W.W., Monserrat J.M., Schmidt D., Caron B.O., Heinzmann B., Baldisserotto B.,	The anesthetic efficacy of eugenol and the essential oils of <i>Lippia alba</i> and <i>Aloysia triphylla</i> in post-larvae and sub-adults of <i>Litopenaeus vannamei</i> (Crustacea, Penaeidae)
Parodi T.V., de Castagna Vargas A.P., Krewer C., de Moraes Flores E.M., Baldisserotto B., Heinzmann B.M., de Oliveira J.V., Popiolski A.S., Minozzo M.,	Chemical Composition and Antibacterial Activity of <i>Aloysia triphylla</i> (L'Hérit) Britton Extracts Obtained by Pressurized CO ₂ Extraction
Parodi T.V., Dos Santos C.A., Veronez A., Gomes L.C., Heinzmann B.M., Baldisserotto B.,	Anesthetic induction and recovery time of <i>Centropomus parallelus</i> exposed to the essential oil of <i>Aloysia triphylla</i>
Parodi T.V., Gressler L.T., Silva L.D.L., Becker A.G., Schmidt D., Caron B.O., Heinzmann B.M., Baldisserotto B.,	Chemical composition of the essential oil of <i>Aloysia triphylla</i> under seasonal influence and its anaesthetic activity in fish
Pastorelli G., Rossi R., Corino C.,	Influence of <i>Lippia citriodora</i> verbascoside on growth performance, antioxidant status, and serum immunoglobulins content in piglets
Paulus D., Valmorbida R., Toffoli E., Nava G.A.,	Content and chemical composition of essential oil of cidró depending on seasonality and harvest time
Paulus D., Valmorbida R., Toffoli E., Nava G.A., Paulus E.,	Content and constituents of essential oil of <i>Aloysia triphylla</i> in different row spaces and harvest times
Paulus D., Valmorbida R., Toffoli E., Paulus E.,	Vegetative propagation of <i>Aloysia triphylla</i> (L'Hér.) Britton according to IBA and length of cuttings
Pellegrini M.C., Alonso-Salces R.M., Umpierrez M.L., Rossini C., Fuselli S.R.,	Chemical Composition, Antimicrobial Activity, and Mode of Action of Essential Oils against <i>Paenibacillus</i> larvae, Etiological Agent of American Foulbrood on <i>Apis mellifera</i>

Pereira C.G., Meireles M.A.A.,	Evaluation of global yield, composition, antioxidant activity and cost of manufacturing of extracts from lemon verbena (<i>Aloysia triphylla</i> [L'hérit.] Britton) and mango (<i>Mangifera indica</i> L.) leaves
Pereira E., Antonio A.L., Barreira J.C.M., Barros L., Bento A., Ferreira I.C.F.R.,	Gamma irradiation as a practical alternative to preserve the chemical and bioactive wholesomeness of widely used aromatic plants
Pereira E., Antonio A.L., Barreira J.C.M., Verde S.C., Barros L., Oliveira M.B.P.P., Ferreira I.C.F.R.,	Evaluation of gamma-irradiated aromatic herbs: Chemometric study of samples submitted to extended storage periods
Pereira E., Antonio A.L., Rafalski A., Barreira J.C.M., Barros L., Ferreira I.C.F.R.,	Extending the use of irradiation to preserve chemical and bioactive properties of medicinal and aromatic plants: A case study with four species submitted to electron beam
Pereira E., Barros L., Antonio A.L., Verde S.C., Santos-Buelga C., Ferreira I.C.F.R., Rodrigues P.,	Is gamma radiation suitable to preserve phenolic compounds and to decontaminate mycotoxins in aromatic plants? A case-study with <i>Aloysia citrodora</i> Paláu
Pereira E., Pimenta A.I., Barros L., Calhelha R.C., Antonio A.L., Cabo Verde S., Ferreira I.C.F.R.,	Effects of gamma radiation on the bioactivity of medicinal and aromatic plants: <i>Mentha × piperita</i> L., <i>Thymus vulgaris</i> L. and <i>Aloysia citrodora</i> Paláu as case studies
Pereira E., Pimenta A.I., Calhelha R.C., Antonio A.L., Barros L., Santos-Buelga C., Verde S.C., Ferreira I.C.F.R.,	Infusions of gamma irradiated <i>Aloysia citrodora</i> L. and <i>Mentha × piperita</i> L.: Effects on phenolic composition, cytotoxicity, antibacterial and virucidal activities
Pérez-Zamora C.M., Torres C.A., Aguado M.I., Bela A.J., Nuñez M.B., Bregni C.,	Antibacterial activity of essential oils of <i>Aloysia polystachya</i> and <i>Lippia turbinata</i> (Verbenaceae)
Petrakou K., Iatrou G., Lamari F.N.,	Ethnopharmacological survey of medicinal plants traded in herbal markets in the Peloponnisos, Greece
Pinheiro M.V.M., Fontana D.C., Dos Santos J., Pretto M.M., De Azevedo G.C.V., Schmidt D.,	In vitro propagation of lemon verbena: A plant native of South America
Pino J.A., Marbot R., Fuentes V.,	Essential Oil of <i>Aloysia virgata</i> Juss. From Cuba
Pinto J.E.B.P., Cardoso J.C.W., De Castro E.M., Bertolucci S.K.V., De Melo L.A., Dousseau S.,	Morphophysiological aspects and essential oil content in Brazilian-lavender as affected by shadowing
Pío-León J.F., Nieto-Garibay A., León-de la Luz J.L., Delgado-Vargas F., Vega-Aviña R., Rubio A.O.,	Wild plants consumed as recreational teas by ranchers in Baja California Sur, Mexico
Poblete A., López-Alarcón C., Lissi E., Campos A.M.,	Oxygen radical antioxidant capacity ((ORAC) values of herbal teas obtained employing different methodologies can provide complementary data
Ponce-Monter H., Fernández-Martínez E., Ortiz M.I., Ramírez-Montiel M.L., Cruz-Elizalde D., Pérez-Hernández N., Cariño-Cortés R.,	Spasmolytic and anti-inflammatory effects of <i>Aloysia triphylla</i> and citral, in vitro and in vivo studies
Portmann E., Nigro M.M.L., Reides C.G., Llesuy S., Ricco R.A., Wagner M.L., Gurni A.A., Carballo M.A.,	Aqueous extracts of <i>Lippia turbinata</i> and <i>Aloysia citrodora</i> (Verbenaceae): Assessment of antioxidant capacity and DNA damage
Póvoa O., Vitorino A., Mendes J.P., Farinha N.,	Aromatic and medicinal plants vegetative propagation using reduced-cost nursery facilities
Prado J.M., Veggi P.C., Meireles M.A.A.,	Supercritical Fluid Extraction of Lemon Verbena (sf <i>Aloysia triphylla</i>): Process Kinetics and Scale-Up, Extract Chemical Composition and Antioxidant Activity, and Economic Evaluation
Prochnow D., Altissimo B.S., da Silva J.C., Meira D., Caron B.O., Heinzmann B.M., Schmidt D.,	Chemical composition of the essential oil of <i>Aloysia triphylla</i> (L'Hér) Britton due to water deficit and seasonality
Prochnow D., Caron B.O., Heinzmann B.M., Garlet Q.I., Fontana D.C., Schmidt D.,	Effect of meteorological elements on the content and composition of <i>Aloysia triphylla</i> (L'Hér) Britton essential oil
Proestos C., Sereli D., Komaitis M.,	Determination of phenolic compounds in aromatic plants by RP-HPLC and GC-MS
Quirantes-Piné R., Arráez-Román D., Segura-Carretero A., Fernández-Gutiérrez A.,	Characterization of phenolic and other polar compounds in a lemon verbena extract by capillary electrophoresis-electrospray ionization-mass spectrometry
Quirantes-Piné R., Herranz-López M., Funes L., Borrás-Linares I., Micol V., Segura-Carretero A., Fernández-Gutiérrez A.,	Phenylpropanoids and their metabolites are the major compounds responsible for blood-cell protection against oxidative stress after administration of <i>Lippia citrodora</i> in rats

Quirantes-Piné R., Verardo V., Arráez-Román D., Fernández-Arroyo S., Micol V., Caboni M.F., Segura-Carretero A., Fernández-Gutiérrez A.,	Evaluation of different extraction approaches for the determination of phenolic compounds and their metabolites in plasma by nanoLC-ESI-TOF-MS
Ragone M.I., Sella M., Conforti P., Volonté M.G., Consolini A.E.,	The spasmolytic effect of <i>Aloysia citriodora</i> , Palau (South American cedrón) is partially due to its vitexin but not isovitexin on rat duodenum
Ragone M.I., Sella M., Pastore A., Consolini A.E.,	Sedative and cardiovascular effects of <i>Aloysia citriodora</i> Palau, on mice and rats
Rahmanzadeh Ishkeh S., Asghari M., Shirzad H., Alirezalu A., Ghasemi G.,	Lemon verbena (<i>Lippia citrodora</i>) essential oil effects on antioxidant capacity and phytochemical content of raspberry (<i>Rubus ulmifolius</i> subsp. <i>sanctus</i>)
Ramdan B., Ramdan R., El Karbane M., El Maadoudi M., Ben Mrid R., Nhiri M.,	Anti-glycation study of hydro-alcohol and aqueous extracts of Moroccan plant species
Ramos C.F., Soares A.A., Santos I.C.D., Ramos F.A.P., Alberton O., Otutumi L.K., Barbosa L.N., Germano R.D.M., Goncalves D.D., Merlini L.S.,	Heat treatment reduces bacterial contamination of medicinal plants grown in a community garden
Ranilla L.G., Kwon Y.-I., Apostolidis E., Shetty K.,	Phenolic compounds, antioxidant activity and in vitro inhibitory potential against key enzymes relevant for hyperglycemia and hypertension of commonly used medicinal plants, herbs and spices in Latin America
Rashidian A., Farhang F., Vahedi H., Dehpour A.R., Mehr S.E., Mehrzadi S., Rezayat S.M.,	Anticonvulsant effects of <i>Lippia citriodora</i> (Verbenaceae) leaves ethanolic extract in mice: Role of GABAergic system
Regnier T., Combrinck S.,	In vitro and in vivo screening of essential oils for the control of wet bubble disease of <i>Agaricus bisporus</i>
Reguero M., de Cedrón M.G., Reglero G., Quintela J.C., de Molina A.R.,	Natural extracts to augment energy expenditure as a complementary approach to tackle obesity and associated metabolic alterations.
Rezig L., Saada M., Trabelsi N., Tammar S., Limam H., Bettaieb Rebey I., Smaoui A., Sghaier G., Del Re G., Ksouri R., Msaada K.,	Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of <i>Aloysia triphylla</i> L. Essential oils and methanolic extract
Ricciardi G., Torres A.M., Bandoni A., Dellacassa E., Ricciardi A.,	Geographical and ontological variations in <i>Aloysia virgata</i> var. <i>platyphylla</i> (Briquet) Moldenke essential oil from Corrientes
Ricciardi G., Torres A.M., Bubenik A.L., Ricciardi A., Lorenzo D., Dellacassa E.,	Environmental effect on essential oil composition of <i>Aloysia citriodora</i> from corrientes (Argentina)
Ricciardi G.A.L., Torres A.M., van Baren C., Lira P.D.L., Ricciardi A.I.A., Dellacassa E., Lorenzo D., Bandoni A.L.,	Essential oil of <i>Aloysia virgata</i> var. <i>platyphylla</i> (Briquet) Moldenke from Corrientes (Argentina)
Ricciardi G.A.L., van Baren C.M., Lira P.D.L., Ricciardi A.I.A., Lorenzo D., Dellacassa E., Bandoni A.L.,	Volatile constituents from aerial parts of <i>Aloysia gratissima</i> (Gillies & Hook.) Tronc. var. <i>gratissima</i> growing in Corrientes, Argentina
Ricco R.A., Wagner M.L., Gurni A.A.,	Polyphenol dynamics on "cedrón" (<i>Aloysia citrodora</i> Palau-Verbenaceae-) according to leave development.
Ricco R.A., Wagner M.L., Portmann E., Reides C., Llesuy S., Gurni A.A., Carballo M.A.,	Survey on polyphenols, antioxidant activity and genotoxicity on argentinean species of <i>Lippia</i> and <i>Aloysia</i> (Verbenaceae)
Rimpler H., Sauerbier H.,	Iridoid glucosides as taxonomic markers in the genera <i>Lantana</i> , <i>Lippia</i> , <i>Aloysia</i> and <i>Phyla</i>
Rita I., Pereira C., Barros L., Ferreira I.C.F.R.,	Exploring reserve lots of <i>Cymbopogon citratus</i> , <i>Aloysia citrodora</i> and <i>Thymus × citriodorus</i> as improved sources of phenolic compounds
Rocha C., Coelho M., Lima R.C., Campos F.M., Pintado M., Cunha L.M.,	Increasing phenolic and aromatic compounds extraction and maximizing liking of lemon verbena (<i>Aloysia triphylla</i>) infusions through the optimization of steeping temperature and time
Rojas J., Palacios O., Ronceros S.,	The effect of the essential oil from <i>Aloysia triphylla</i> Britton (lemon verbena) on <i>Trypanosoma cruzi</i> in mice
Rojas L.B., Velasco J., Díaz T., Gil Otaiza R., Carmona J., Usubillaga A.,	Chemical composition and antibacterial effects of the essential oil of <i>Aloysia triphylla</i> against genito-urinary pathogens
Rojas Genito T., Bourdy G., Ruiz E., Cerapio J.-P., Pineau P., Gardon J., Doimi F., Deparis X., Deharo E., Bertani S.,	Herbal Medicine Practices of Patients With Liver Cancer in Peru: A Comprehensive Study Toward Integrative Cancer Management

Romeo F.V., De Luca S., Piscopo A., De Salvo E., Poiana M.,	Effect of some essential oils as natural food preservatives on commercial grated carrots
Romeo F.V., De Luca S., Piscopo A., Poiana M.,	Antimicrobial effect of some essential oils
Roodbaraky M., Mehrafarin A., Khalighi-Sigaroodi F., Naghdi Badi H.,	Investigation of essential oil and citral content, and morphophysiological changes of <i>Lippia citriodora</i> in response to induction of bioactive compounds and plant growth regulators
Rosas-Romero A., Saavedra G.,	Screening Bolivian plants for antioxidant activity
Rossato M., Dos Santos A.C.A., Serafini L.A., Agostini F., Pansera M.R., Wasum R., Barbieri R.L.,	Evaluation of the essential oil of <i>Aloysia sellowii</i> (briquet) moldenke (verbenaceae) from South Brazil
Rossi P.-G., Berti L., Panighi J., Luciani A., Maury J., Muselli A., Serra D.D.R., Gonny M., Bolla J.-M.,	Antibacterial action of essential oils from corsica
Ruthven III D.C., Krakauer K.L.,	Vegetation response of a mesquite-mixed brush community to aeration
Sabry R.M., EL-Gohary A., Elsayed A.A.A.,	Growth and Essential Oil Quality of Lemon Verbena Aerial Parts (<i>Aloysia citriodora</i>) in Response to Foliar Application of Royal Jelly and Algae Extracts
Sabti M., Sasaki K., Gadhi C., Isoda H.,	Elucidation of the molecular mechanism underlying <i>Lippia citriodora</i> (Lim.)-Induced relaxation and Anti-Depression
Sadeh D., Nitzan N., Shachter A., Chaimovitsh D., Dudai N., Ghanim M.,	Whitefly attraction to rosemary (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.) is associated with volatile composition and quantity
Salama Y., Jaradat N., Hattori K., Heissig B.,	<i>Aloysia citrodora</i> essential oil inhibits melanoma cell growth and migration by targeting hb-egf-egfr signaling
Salomón R., Firmino J.P., Reyes-López F.E., Andree K.B., González-Silvera D., Esteban M.A., Tort L., Quintela J.C., Pinilla-Rosas J.M., Vallejos-Vidal E., Gisbert E.,	The growth promoting and immunomodulatory effects of a medicinal plant leaf extract obtained from <i>Salvia officinalis</i> and <i>Lippia citriodora</i> in gilthead seabream (<i>Sparus aurata</i>)
Salomón R., Reyes-López F.E., Tort L., Firmino J.P., Sarasquete C., Ortiz-Delgado J.B., Quintela J.C., Pinilla-Rosas J.M., Vallejos-Vidal E., Gisbert E.,	Medicinal Plant Leaf Extract From Sage and Lemon Verbena Promotes Intestinal Immunity and Barrier Function in Gilthead Seabream (<i>Sparus aurata</i>)
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.D., 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 <i>Aloysia gratissima</i> (Gillies & Hook.) and beta-caryophyllene
Santos F.M., Monfort L.E.F., Castro D.M., Pinto J.E.B.P., Leonardi M., Pistelli L.,	Characterization of essential oil and effects on growth of Verbena gratissima plants treated with homeopathic phosphorus
Santos F.M., Pinto J.E.B.P., Alvarenga A.A., Oliveira J.A., Oliveira A.A., Oliveira L.P.,	<i>Aloysia gratissima</i> (Gillies & Hook.) Tronc. seedling production through sexual and asexual propagation
Santos F.M., Pinto J.E.B.P., Bertolucci S.K.V., 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 <i>Aloysia gratissima</i>
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 <i>Aloysia gratissima</i> (Verbenaceae) leaf essential oil
Santos-Gomes P.C., Fernandes-Ferreira M., Vicente A.M.S.,	Composition of the essential oils from flowers and leaves of vervain
Sartoratto A., Augusto F.,	Application of headspace solid phase microextraction and gas chromatography to the screening of volatile compounds from some brazilian aromatic plants
Sartoratto A., Machado A.L.M., Delarmelina C., Figueira G.M., Duarte M.C.T., Rehder V.L.G.,	Composition and antimicrobial activity of essential oils from aromatic plants used in Brazil
Schmidt D., Caron B.O., Menegat N.R.V., Elli E.F., Stolze J.R., Schwerz F., Eloy E., Sgarbossa J., Prochnow D.,	Biomass and morphological parameters of lemon verbena (<i>Aloysia triphylla</i>) under different shading levels during different seasonal conditions
Schmidt D., Caron B.O., Schwerz L., Manfron P.A., Elli E.F., Schwerz F.,	Physiological response of cidró to different water replacement levels in two seasons of the year [Resposta fisiológica do cidró a diferentes níveis de reposição hídrica em duas estações do ano]

Schwerz L., Caron B.O., Manfron P.A., Schmidt D., Elli E.F.,	Biomass and essential oil content in <i>Aloysia triphylla</i> (L'herit) britton subjected to different levels of water reposition and season alchanges of environmental conditions
Serra M.A., Garnero J.A., Nicolau V.V., Andreatta A.E.,	Assessment of natural vegetal extracts in the inhibition of leuconostoc mesenteroides MS1
Sgarbossa J., Schmidt D., Schwerz F., Schwerz L., Prochnow D., Caron B.O.,	Effect of season and irrigation on the chemical composition of <i>Aloysia triphylla</i> essential oil
Shatarat A.T., Abuhamdah S., Al-Essa M.K., Amarin J.Z., Mohammed F.I., Badran D.H., Hadidi M.T.,	Spasmolytic activity of the ethanolic extract and essential oil of <i>Aloysia citriodora</i> palau
Shirzad H., Alirezalu A., Alirezalu K., Yaghoubi M., Ghorbani B., Pateiro M., Lorenzo J.M.,	Effect of <i>Aloysia citrodora</i> essential oil on biochemicals, antioxidant characteristics, and shelf life of strawberry fruit during storage
Shokati B., Sharifi H., Sardari M., Olounabadi A.R.S.,	The necessity of protecting public health by monitoring the production of medicinal plants with emphasis on the implementation of biological defense
Silva D.C.M.N., Meireles M.A.A., Brat P., Magalhães P.M., Menut C.,	Chemical composition and biological activity of natural extracts obtained from a Brazilian aromatic plant (<i>Aloysia gratissima</i>) by supercritical CO ₂ and hydrodistillation
Silva D.T., Silva L.L., Amaral L.P., Pinheiro C.G., Pires M.M., Schindler B., Garlet Q.I., Benovit S.C., Baldisserotto B., Longhi S.J., Kotzian C.B., Heinzmann B.M.,	Larvicidal activity of Brazilian plant essential oils against coenagrionidae larvae
Silva P.T.M., Silva M.A.F., Silva L., Seca A.M.L.,	Ethnobotanical knowledge in sete cidades, azores archipelago: First ethnomedicinal report
Simionatto E., Porto C., Da Silva U.F., Squizani A.M.C., Dalcol I.I., Morel A.F.,	Composition and antimicrobial activity of the essential oil from <i>Aloysia sellowii</i>
Soares Machado M., Palma A., Panelo L.C., Paz L.A., Rosa F., Lira M.C., Azurmendi P., Rubio M.F., Lenz G., Urtreger A.J., Costas M.A.,	Extract from <i>Aloysia polystachya</i> Induces the Cell Death of Colorectal Cancer Stem Cells
Solano-Báez A.R., Venegas-Portilla A., Rodríguez-Mendoza J., Camacho-Tapia M., Leyva-Mir S.G., Márquez-Licona G.,	First Report of <i>Neoverysiphia aloysiae</i> Causing Powdery Mildew on Lemon Verbena (<i>Aloysia citrodora</i>) in Mexico
Soler E., Dellacassa E., Moyna P.,	Composition of <i>Aloysia gratissima</i> leaf essential oil
Soler E., Dellacassa E., Moyna P.,	Composition of <i>Aloysia gratissima</i> flower essential oil
Souza A.A., Wiest J.M.,	Antibacterial activity of <i>Aloysia gratissima</i> (Gill et Hook) Tronc. (garupá, herb-saint), used in the traditional medicine in Rio Grande do Sul State - Brazil
Souza C.F., Lima T., Baldissera M.D., Geihs M.A., Maciel F.E., Nery L.E.M., Santos R.C.V., Raffin R.P., Heinzmann B.M., Caron B.O., Baldisserotto B.,	Nanoencapsulated <i>Melaleuca alternifolia</i> essential oil exerts anesthetic effects in the brachyuran crab using <i>Neohelice granulata</i>
Souza M.A., Guzatti 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., Oliveira J.V., Dal Magro J.,	Supercritical CO ₂ extraction of <i>Aloysia gratissima</i> leaves and evaluation of anti-inflammatory activity
Souza M.F., Souza Jr. I.T., Gomes P.A., Fernandes L.A., Martins E.R., Costa C.A., Sampaio R.A.,	Liming and organic fertilization on <i>Lippia citriodora</i> (Kunth) phytomass and essential oil production
Stashenko E.E., Martínez J.R., Cala M.P., Durán D.C., Caballero D.,	Chromatographic and mass spectrometric characterization of essential oils and extracts from <i>Lippia</i> (Verbenaceae) aromatic plants
Stathas G.J., Kartsonas E.D., Darras A.I.,	Record of <i>Phenacoccus peruvianus granara</i> de willing and <i>Phenacoccus madeirensis</i> (Hemiptera: Pseudococcidae) on new host ornamental plants in Greece
Sun Y., Wang S., Zheng J.,	Biosynthesis of TiO ₂ nanoparticles and their application for treatment of brain injury-An in-vitro toxicity study towards central nervous system
Taïbi K., Ait Abderrahim L., Boussaid M., Taïbi F., Achir M., Souana K., Benaïssa T., Farhi K.H., Naamani F.Z., Nait Said K.,	Unraveling the ethnopharmacological potential of medicinal plants used in Algerian traditional medicine for urinary diseases
Taïbi K., Ait Abderrahim L., Helal F., Hadji K.,	Ethnopharmacological study of herbal remedies used for the management of thyroid disorders in Algeria

Takamatsu S., Havrylenko M., Wolcan S.M., Matsuda S., Niinomi S.,	Molecular phylogeny and evolution of the genus <i>Neoerysiphe</i> (Erysiphaceae, Ascomycota)
Tammar S., Salem N., Wannes W.A., Limam H., Bourgou S., Fares N., Dakhlaoui S., Hammami M., Khammassi S., Re G.D., Hessini K., Msaada K.,	Chemometric profiling and bioactivity of verbena (<i>Aloysia citrodora</i>) methanolic extract from four localities in Tunisia
Tangarife-Castaño V., Roa-Linares V., Betancur-Galvis L.A., Durán García D.C., Stashenko E., Mesa-Arango A.C.,	Antifungal activity of Verbenaceae and Labiatae families essential oils
Tanhaeian A., Nazifi N., Shahriari Ahmadi F., Akhlaghi M.,	Comparative study of antimicrobial activity between some medicine plants and recombinant Lactoferrin peptide against some pathogens of cultivated button mushroom
Teixeira R.R., de Souza R.C., Sena A.C., Baldisserotto B., Heinzmann B.M., Copatti C.E.,	Essential oil of <i>Aloysia triphylla</i> is effective in Nile tilapia transport
Teixeira R.R., de Souza R.C., Sena A.C., Baldisserotto B., Heinzmann B.M., Couto R.D., Copatti C.E.,	Essential oil of <i>Aloysia triphylla</i> in Nile tilapia: anaesthesia, stress parameters and sensory evaluation of fillets
Tolosa A.C., Zygodlo J., Biurrún F., Rotman A., Picollo M.I.,	Bioactivity of Argentinean essential oils against permethrin-resistant head lice, <i>Pediculus humanus capitis</i>
Trovati G., Chierice G.O., Sanches E.A., Galhiane M.S.,	Essential oil composition of <i>Aloysia gratissima</i> from Brazil
Trovati G., Sanches E.A., Chierice G.O.,	TLC separation and identification of the essential oil constituents from <i>Aloysia gratissima</i>
Tyc O., Tomás-Menor L., Garbeva P., Barrajon-Catalán E., Micol V.,	Validation of the AlamarBlue(R) assay as a fast screening method to determine the antimicrobial activity of botanical extracts
Umansky S.I., Schroeder M.A., Dirchwolf P.M.,	Vegetative propagation protocol of <i>Aloysia polystachya</i> (Griseb.) Moldenke (burrito)
Vandresen F., Schmitt E., Kato L., de Oliveira C.M.A., Amado C.A.B., da Silva C.C.,	Chemical composition and evaluation of antibacterial and antiedematogenic Activities of <i>Aloysia gratissima</i> (Gillies & Hook.) Tronc. e <i>Aloysia virgata</i> (Ruiz & Pav.) Pers., Verbenaceae
Vargas Solís R.C.,	Inhibitory effect of <i>Aloysia triphylla</i> hexanic extract on Wistar rat heart
Vegara S., Funes L., Martí N., Saura D., Micol V., Valero M.,	Bactericidal activities against pathogenic bacteria by selected constituents of plant extracts in carrot broth
Veisi M., Shahidi S., Komaki A., Sarihi A.,	Analgesic Effects of the Aqueous Lemon Verbena Extract in Rats
Veisi M., Shahidi S., Komaki A., Sarihi A.,	Assessment of aqueous extract of Lemon verbena on anxiety-like behavior in rats
Velázquez C., Calzada F., Torres J., González F., Ceballos G.,	Antisecretory activity of plants used to treat gastrointestinal disorders in Mexico
Vendruscolo G.S., Mentz L.A.,	Study of use citations agreement and importance of medicinal used species and families to the community of Ponta Grossa neighborhood, Porto Alegre, Rio Grande do Sul State, Brazil
Vieitez I., Maceiras L., Jachmanián I., Alborés S.,	Antioxidant and antibacterial activity of different extracts from herbs obtained by maceration or supercritical technology
Wannmacher L., Fuchs F.D., Paoli C.L., Fillman H.S., Gianlupi A., Lubianca Neto J.F., Hasegawa C.Y., Guimaraes F.S.,	Plants employed in the treatment of anxiety and insomnia: II. Effect of infusions of <i>Aloysia triphylla</i> , on experimental anxiety in normal volunteers
Wasowski C., Marder M.,	Central nervous system activities of two diterpenes isolated from <i>Aloysia virgata</i>
Werdin González J.O., Gutiérrez M.M., Murray A.P., Ferrero A.A.,	Biological activity of essential oils from <i>Aloysia polystachya</i> and <i>Aloysia citrodora</i> (verbenaceae) against the soybean pest <i>Nezara viridula</i> (hemiptera: pentatomidae)
Werdin González J.O., Laumann R.A., da Silveira S., Moraes M.C.B., Borges M., Ferrero A.A.,	Lethal and sublethal effects of four essential oils on the egg parasitoids <i>Trissolcus basalís</i>
Wernert M.F., Wagner M.L., Gurni A.A., Carballo M.A., Ricco R.A.,	Study of polyphenols of infusions and decoctions of
Wood J.R.I.,	<i>Aloysia axillaris</i> (Verbenaceae), a new species, with notes on the genus in Bolivia

Yasunaka K., Abe F., Nagayama A., Okabe H., Lozada-Pérez L., López-Villafrañco E., Muñiz E.E., Aguilar A., Reyes-Chilpa R.,	Antibacterial activity of crude extracts from Mexican medicinal plants and purified coumarins and xanthenes
Yeşil Y., Akalin E.,	Comparative morphological and anatomical characteristics of the species known as lemongrass (limonotu): <i>Melissa officinalis</i> L., <i>Cymbopogon citratus</i> (DC) Stapf, and <i>Aloysia citriodora</i> Palau
Zago D.C., Santos A.C., Lanes C.F.C., Almeida D.V., Koakoski G., de Abreu M.S., Zeppenfeld C.C., Heinzmann B.M., Marins L.F., Baldisserotto B., Barcellos L.J.G., Cunha M.A.,	<i>Aloysia triphylla</i> in the zebrafish food: effects on physiology, behavior, and growth performance
Zamora-Mendoza M.T., López-Miranda J.L., Rosas G.,	A green approach for self-assembly of Ag-Au nanoparticles into 3-D arrays
Zamorano-Ponce E., Fernández J., Vargas G., Rivera P., Carballo M.A.,	Protective activity of cedron (<i>Aloysia triphylla</i>) infusion over genetic damage induced by cisplatin evaluated by the comet assay technique
Zamorano-Ponce E., Morales C., Ramos D., Sepúlveda C., Cares S., Rivera P., Fernández J., Carballo M.A.,	Anti-genotoxic effect of <i>Aloysia triphylla</i> infusion against acrylamide-induced DNA damage as shown by the comet assay technique
Zapata H.B., Palacios G.P., Moreno L.P.P., Llanos C.A.H.,	Ethnobotanical study of the use of medicinal plants in three municipalities of Antioquia, Colombia
Zengin G., Mollica A., Aktumsek A., Marie Nancy Picot C., Fawzi Mahomoodally M.,	In vitro and in silico insights of <i>Cupressus sempervirens</i> , <i>Artemisia absinthium</i> and <i>Lippia triphylla</i> : Bridging traditional knowledge and scientific validation
Zeni A.L.B., De Albuquerque C.A.C., Gonçalves F., Latini A., Tasca C.I., Podestá R., Pagliosa C.M., Duarte F.S., De Lima T.C.M., Maraschin M.,	Phytochemical profile, toxicity and antioxidant activity of <i>Aloysia gratissima</i> (Verbenaceae)
Zeni A.L.B., Vandresen-Filho S., Dal-Cim T., Martins W.C., Bertoldo D.B., Maraschin M., Tasca C.I.,	<i>Aloysia gratissima</i> prevents cellular damage induced by glutamatergic excitotoxicity
Zeni A.L.B., Zomkowski A.D.E., Dal-Cim T., Maraschin M., Rodrigues A.L.S., Tasca C.I.,	Antidepressant-like and neuroprotective effects of <i>Aloysia gratissima</i> : Investigation of involvement of l-arginine-nitric oxide-cyclic guanosine monophosphate pathway
Zeni A.L.B., Zomkowski A.D.E., Maraschin M., Tasca C.I., Rodrigues A.L.S.,	Evidence of the involvement of the monoaminergic systems in the antidepressant-like effect of <i>Aloysia gratissima</i>
Zeppenfeld C.C., Hernández D.R., Santinón J.J., Heinzmann B.M., da Cunha M.A., Schmidt D., Baldisserotto B.,	Essential oil of <i>Aloysia triphylla</i> as feed additive promotes growth of silver catfish (<i>Rhamdia quelen</i>)
Zeppenfeld C.C., Saccol E.M.H., Pês T.S., Salbego J., Koakoski G., dos Santos A.C., Heinzmann B.M., da Cunha M.A., Barcellos L.J.G., Pavanato M.A., Caron B.O., Baldisserotto B.,	<i>Aloysia triphylla</i> essential oil as food additive for <i>Rhamdia quelen</i> – Stress and antioxidant parameters
Zeppenfeld C.C., Toni C., Becker A.G., Miron D.D.S., Parodi T.V., Heinzmann B.M., Barcellos L.J.G., Koakoski G., Rosa J.G.S.D., Loro V.L., Cunha M.A.D., Baldisserotto B.,	Physiological and biochemical responses of silver catfish, <i>Rhamdia quelen</i> , after transport in water with essential oil of <i>Aloysia triphylla</i> (L'Herit) Britton
Zhang Y., Liu M., Chen Q., Wang T., Yu H., Xu J., Wang T.,	Leaves of <i>Lippia triphylla</i> improve hepatic lipid metabolism via activating AMPK to regulate lipid synthesis and degradation
Zihlif M., Affi F., Muhtaseb R., Al-Khatib S., Abaza I., Naffa R.,	Screening the antiangiogenic activity of medicinal plants grown and sold in Jordan
Zorzi Tomazoni E., Schiavo Griggio G., Pessin Broilo E., da Silva Ribeiro R.T., Gonçalves Soares G.L., Schwambach J.,	Screening for inhibitory activity of essential oils on fungal tomato pathogen <i>Stemphylium solani</i> Weber
Zoubiri S., Baaliouamer A.,	Chemical composition and insecticidal properties of some aromatic herbs essential oils from Algeria
Zygadlo J.A., Lamarque A.L., Guzman C.A., Grosso N.R.,	Composition of the flower oils of some <i>Lippia</i> and <i>Aloysia</i> species from Argentina
Zygadlo J.A., Lamarque A.L., Maestri D.M., Guzmán C.A., Lucini E.I., Grosso N.R., Ariza-Espinar L.,	Volatile constituents of <i>Aloysia triphylla</i> (L'Herit.) Britton