

RAFAEL BONCHRISTIANO REIS

**PROSPECÇÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE PLANTAS MEDICINAIS NATIVAS
DE UM FRAGMENTO DE FLORESTA: SAZONALIDADE, COMPOSIÇÃO
QUÍMICA E ATIVIDADE ANTIMICROBIANA**

Botucatu

2024

RAFAEL BONCHRISTIANO REIS

**PROSPECÇÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE PLANTAS MEDICINAIS NATIVAS
DE UM FRAGMENTO DE FLORESTA: SAZONALIDADE, COMPOSIÇÃO
QUÍMICA E ATIVIDADE ANTIMICROBIANA**

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus
de Botucatu, para obtenção do título de
Mestre em Agronomia - Horticultura

Orientadora: Marcia Ortiz Mayo Marques

Coorientador: Lin Chau Ming

Botucatu

2024

R375p

Reis, Rafael Bonchristiano

Prospecção de óleos essenciais de plantas medicinais nativas de um fragmento de floresta : sazonalidade, composição química e atividade antimicrobiana / Rafael Bonchristiano Reis. -- Botucatu, 2024

115 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu

Orientadora: Marcia Ortiz Mayo Marques

Coorientadora: Lin Chau Ming

1. bioprospecção. 2. óleos essenciais. 3. RENISUS. 4. sazonalidade. 5.
atividade antimicrobiana. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título:

PROSPECÇÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE PLANTAS MEDICINAIS NATIVAS DE UM FRAGMENTO DE FLORESTA: SAZONALIDADE, COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ATIVIDADE ANTIMICROBIANA

AUTOR: RAFAEL BONCHRISTIANO REIS

ORIENTADORA: MÁRCIA ORTIZ MAYO MARQUES

COORDENADOR: LIN CHAU MING

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Agronomia (Horticultura), pela Comissão Examinadora:

Dr.ª MÁRCIA ORTIZ MAYO MARQUES (Participação Virtual)

Centro de Pesquisa de Recursos Genéticos Vegetais / Instituto Agrônomo de Campinas IAC

Documento assinado digitalmente
MÁRCIA ORTIZ MAYO MARQUES
Data: 28/02/2024 20:57:48-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. FILIPE PEREIRA GIARDINI BONFIM (Participação Virtual)
Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu

Documento assinado digitalmente
FILIPE PEREIRA GIARDINI BONFIM
Data: 01/03/2024 11:04:51-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. MARCELO TELASCRÊA (Participação Virtual)
Engenharia Química / Centro Universitário Sagrado Coração

Documento assinado digitalmente
MARCELO TELASCRÊA
Data: 01/03/2024 09:42:41-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Botucatu, 28 de fevereiro de 2024.

AGRADECIMENTOS

Profundos agradecimentos às vidas que dividiram o espaço e tempo aos quais me inseri. Até mesmo àquelas que não dividiram, mas que ainda ecoam no mundo através das artes. Grato por todos que “abriram a roda” para eu participar, colegas da FCA de Botucatu e da “Horti”: Bárbara, Walney, Moacir, Harlesson, Sinara, Jorgiani, Hélio, Júlia, Beatriz, José, Débora, Jolinda, Manu, Paulo, Hebert e Caio. Aos Professores Ismael, Tecchio, Isaac, Cristiano Funari, Silvio Nagy, Leonardo. Aos colegas da Fazenda Experimental de São Manuel. Às amigas Fran, Cristina, Ana Flávia e Elaine. Aos colegas da Rep. Vila Velha, Andres, Gabi, Gabriel e Júlio. Aos velhos amigos, Marcus “Tutty”, Thúlião, Alberto “Goves”, Victor, Ricardinho, Felipão, Álvaro. À minha família. A todos e todas do Laboratório de Fitoquímica do IAC, Mari, Paulo, Marina, Júlio, Jorge, Muriel, Murilo, Pedro, Dani, Jú, Sandra, Rose, Cássia e Ruth. À Patrícia e Débora da FEPAF. Àqueles que me orientaram e foram os responsáveis pela excelência do trabalho, Dicão, Prof. Marcelo Telascrea, Dra. Sandra M. P. Silva, Prof. Filipe Bonfim, Dra. Roselaine Facanali, Prof. Lin C. Ming e Profa. Marcia Ortiz M. Marques.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Processo FAPESP nº: 2018/25812-1; 2017/50338-9).

RESUMO

Com a aprovação do Programa Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos, instituído em dezembro de 2008 pela Portaria nº 2.960, diversas iniciativas foram tomadas para que as plantas medicinais pudessem ser empregadas no sistema único de saúde brasileiro. Conjuntamente foi elaborada a Relação Nacional de Plantas Medicinais de interesse ao SUS (RENISUS), que inclui espécies nativas com eficácia terapêutica comprovada e utilizadas tradicionalmente pela população. O emprego criterioso destas plantas como medicamento requer estudos que forneçam parâmetros de identificação e controle de qualidade. Os princípios ativos encontrados nestas plantas podem ter ocorrência comum entre gêneros pertencentes à mesma família botânica, ou predominarem em uma única espécie. Sendo assim, a realização de análises da droga vegetal possibilita a caracterização do material e descoberta de substâncias com potencial uso terapêutico. A análise da composição química de uma droga vegetal deve sempre estar agregada às informações sobre os fatores bióticos e abióticos a qual a espécie foi cultivada ou coletada. Este projeto teve como objetivo a caracterização da composição química dos óleos essenciais e avaliação *in vitro* da atividade antimicrobiana dos seus óleos essenciais (OE) a partir da bioprospecção de espécies coletadas em duas épocas do ano (estação seca e chuvosa) na fitofisionomia de Floresta Estacional Semidecidual, Botucatu –SP, a partir da busca de espécies aparentadas citadas na lista RENISUS. Foram feitas coletas nas estações seca e chuvosa das folhas das seguintes espécies: *Schinus terebinthifolia* Raddi (Anacardiaceae); *Baccharis dracunculifolia* DC., *Baccharis* spp., *Mikania glomerata* Spreng., *Vernonanthura polyanthes* (Sprengel) Vega & Dematteis (Asteraceae); *Cordia americana* (L.) Gottschling & J.S. Mill., *Cordia ecalyculata* Vell., *Cordia sellowiana* Cham., *Cordia superba* Cham. (Cordiaceae); *Croton floribundus* Spreng, *Croton urucurana* Baill. (Euphorbiaceae); *Bauhinia forficata* Link, *Copaifera langsdorffii* Desf., *Erythrina falcata* Benth, *Machaerium scleroxylon* Tul. (Fabaceae); *Eugenia uniflora* L., *Psidium guajava* L. (Myrtaceae); *Casearia sylvestris* Sw. (Salicaceae). A extração dos óleos essenciais foi realizada por hidrodestilação em aparato Clevenger, em triplicata. A análise da composição química dos óleos essenciais foi realizada por cromatografia em fase gasosa acoplada a espectrometria de massas (GC-EM). Após a verificação da normalidade dos dados de rendimento e dos compostos majoritários, procedeu-se com a análise estatística, aplicando o teste t-pareado com um nível de

significância de 5%. Realizou-se a Análise de Componentes Principais para avaliar o conjunto de compostos observados nas diferentes espécies. Os óleos essenciais apresentaram rendimentos variáveis conforme as espécies, com rendimentos maiores para *Casearia sylvestris* (0,81% e 0,75%), *Baccharis dracunculifolia* (0,34% e 0,39%), *Copaifera langsdorffii* (0,49% e 0,29%) e *Eugenia uniflora* (0,25% e 0,36%). As espécies *Eugenia uniflora*, *Baccharis dracunculifolia*, *Casearia sylvestris*, *Croton floribundus*, *Croton urucurana* e *Machaerium scleroxylon* se destacaram pela atividade inibitória contra *Bacillus cereus* e *Escherichia coli*.

Palavras-chave: bioprospecção; óleos essenciais; RENISUS; sazonalidade; atividade antimicrobiana.

ABSTRACT

With the approval of the National Program of Medicinal Plants and Herbal Medicines, established in December 2008 by Ordinance No. 2,960, several initiatives were taken so that medicinal plants could be used in the Brazilian unified health system. At the same time, the National List of Medicinal Plants of Interest to the SUS (RENISUS) was prepared, which includes native species with proven therapeutic efficacy and traditionally used by the population. The judicious use of these plants as a medicine requires studies that provide identification and quality control parameters. The active ingredients found in these plants may have common occurrence between genera belonging to the same botanical family or predominate in a single species. Thus, the analysis of the herbal drug enables the characterization of the material and the discovery of substances with potential therapeutic use. The analysis of the chemical composition of herbal drugs should always be aggregated with information on the biotic and abiotic factors in which the species was cultivated or collected. The objective of this project was to characterize the chemical composition of essential oils and to evaluate, *in vitro*, the antimicrobial activity of their essential oils (EO) from the bioprospection of species collected in two seasons of the year (dry and rainy season) in the phytophysiology of Seasonal Semideciduous Forest, Botucatu – SP, from the search for related species mentioned in the RENISUS list. The leaves of the following species were collected in the dry and rainy seasons: *Schinus terebinthifolia* Raddi (Anacardiaceae); *Baccharis dracunculifolia* DC., *Baccharis* spp., *Mikania glomerata* Spreng., *Vernonanthura polyanthes* (Sprengel) Vega & Dematteis (Asteraceae); *Cordia americana* (L.) Gottschling & J.S. Mill., *Cordia ecalyculata* Vell., *Cordia sellowiana* Cham., *Cordia superba* Cham. (Cordiaceae); *Croton floribundus* Spreng, *Croton urucurana* Baill. (Euphorbiaceae); *Bauhinia forficata* Link, *Copaifera langsdorffii* Desf., *Erythrina falcata* Benth, *Machaerium scleroxylon* Tul. (Fabaceae); *Eugenia uniflora* L., *Psidium guajava* L. (Myrtaceae); *Casearia sylvestris* Sw. (Salicaceae). The extraction of the essential oils was carried out by hydrodistillation in a Clevenger apparatus, in triplicate. The analysis of the chemical composition of the essential oils was performed by gas chromatography coupled to mass spectrometry (GC-MS). After verifying the normality of the yield data and of the major compounds, the statistical analysis was carried out, applying the paired t-test with a significance level of 5%. Principal Component Analysis was performed to evaluate the set of compounds

observed in the different species. The essential oils showed variable yields, with higher yields observed in *Casearia sylvestris* (0.81% and 0.75%), *Baccharis dracunculifolia* (0.34% and 0.39%), *Copaifera langsdorffii* (0.49% and 0.29%) and *Eugenia uniflora* (0.25% and 0.36%). The species *Eugenia uniflora*, *Baccharis dracunculifolia*, *Casearia sylvestris*, *Croton floribundus*, *Croton urucurana* and *Machaerium scleroxylon* stood up for their inhibitory activity against *Bacillus cereus* and *Escherichia coli*.

Keywords: bioprospecting; essential oils; RENISUS; seasonality; antimicrobial activity.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1	<i>Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao SUS.....</i>	20
2.2	<i>Informações quimiotaxonômicas sobre as famílias botânicas alvo.....</i>	22
2.1.1	Família Anacardiaceae.....	23
2.2.2	Família Asteraceae (Compositae).....	25
2.2.3	Família Cordiaceae (Boraginaceae).....	28
2.2.4	Família Euphorbiaceae.....	31
2.2.5	Família Fabaceae (Leguminosae).....	32
2.2.6	Família Myrtaceae.....	35
2.2.7	Família Salicaceae.....	37
2.3	<i>Sazonalidade na produção de metabólitos especializados.....</i>	38
2.4	<i>Dados da Fazenda Experimental de Edgárdia.....</i>	40
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	43
3.1	<i>Caracterização da área da Fazenda Edgárdia, Botucatu, São Paulo.....</i>	43
3.2	<i>Seleção dos gêneros investigados.....</i>	43
3.3	<i>Coleta, beneficiamento e secagem do material vegetal.....</i>	44
3.4	<i>Dados climáticos.....</i>	44
3.5	<i>Preparo das exsiccatas e identificação botânica.....</i>	46
3.6	<i>Extração e rendimento do óleo essencial das folhas.....</i>	46
3.7	<i>Caracterização da composição química dos óleos essenciais.....</i>	47
3.8	<i>Avaliação da atividade antimicrobiana dos óleos essenciais.....</i>	47
3.9	<i>Análises estatísticas.....</i>	49
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	50
4.1	<i>Famílias botânicas, gêneros e espécies coletadas no município de Botucatu – SP.....</i>	50
4.2	<i>Rendimento dos óleos essenciais.....</i>	52
4.3	<i>Resultado da composição química dos óleos essenciais das espécies coletadas.....</i>	55
4.3.1	Família Anacardiaceae.....	55
4.3.2	Família Asteraceae.....	58

4.3.3	Família Cordiaceae.....	68
4.3.4	Família Euphorbiaceae.....	77
4.3.5	Família Fabaceae.....	83
4.3.6	Família Myrtaceae.....	93
4.3.7	Família Salicaceae.....	98
4.4	<i>Resultado da atividade antimicrobiana dos óleos essenciais.....</i>	<i>101</i>
5	CONCLUSÕES.....	106
	REFERÊNCIAS.....	107

1 INTRODUÇÃO

Foi a partir do conhecimento tradicional que Richard Spruce, Ernst Von Bibra, Schultes, Humboldt e outros estudiosos oriundos de países desenvolvidos descobriram muitas das atuais drogas que foram isoladas ou desenvolvidas na indústria farmacêutica. Atualmente, por volta de 40% dos produtos farmacêuticos têm origem na natureza e no conhecimento tradicional, incluindo medicamentos de destaque como a aspirina, vincristina, morfina, entre outros (Organização Mundial da Saúde, 2023).

A prática da medicina tradicional e tratamentos complementares com o emprego de fitoterápicos têm se difundido entre os países membros da Organização Mundial da Saúde nos últimos anos. Segundo a Organização, 50% da população adulta na Alemanha faz uso de produtos fitoterápicos. Cerca de 88% dos Estados Membros reconheceram o uso da Medicina Tradicional e Complementar, o que corresponde a 170 Estados Membros (Organização Mundial da Saúde, 2019). Nestes países desenvolveram-se formalmente políticas, leis, regulamentos e programas voltados para o tema. Dentre eles, inclui-se o Brasil, ao incorporar no SUS o fornecimento de drogas vegetais, com a implementação do Programa Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos em dezembro de 2008. O estabelecimento deste Programa é relativamente recente e ainda requer o desenvolvimento de muita pesquisa em um tema que é multidisciplinar.

O Programa publicou uma lista (Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao SUS – RENISUS) que inclui 71 espécies empregadas na fitoterapia, tanto exóticas quanto nativas, as quais objetiva-se uma padronização para seu fornecimento no SUS. A grande maioria dos estudos utilizados nas monografias disponibilizadas pelo Ministério da Saúde avaliam a composição de princípios ativos obtidos dos extratos aquosos das plantas, demonstrando espaço para investigações na avaliação do uso medicinal de produtos do metabolismo vegetal que se obtêm através de outros métodos. Por exemplo explorar o potencial uso de óleos essenciais da flora regional para diferentes propósitos. Resultados de pesquisas relacionadas ao Programa Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos possibilitaram a criação de um produto larvicida patenteado, contra o mosquito transmissor da dengue obtido a partir do óleo essencial da espécie vegetal *Lippia sidoides* Cham. (Brasil, 2018).

O óleo essencial é considerado um derivado vegetal que apresenta potencial farmacêutico, além de aplicações nas indústrias de alimentos e cosméticos. No âmbito farmacêutico e alimentício, tem-se explorado bastante o efeito antimicrobiano e anti-inflamatório de óleos essenciais, tendo como um exemplo, a fabricação do fitomedicamento Acheflan com ação anti-inflamatória para uso tópico à base de óleo essencial de *Varronia curassavica*, espécie nativa brasileira, conhecida como erva-baleeira, de interesse para o SUS (Brasil, 2009), totalmente desenvolvido com tecnologia brasileira (Facanali *et al.*, 2020).

O óleo essencial é um produto complexo do metabolismo vegetal constituído por diversas classes de substâncias, dentre elas, os terpenos. Assim como qualquer outro produto originado de matéria-prima vegetal, seu padrão químico é influenciado por fatores genéticos, ambientais, ontogênicos e de tratamentos pós-colheita (Montanari, 2023). Por este motivo, todo estudo prospectivo deve agregar informações sobre a origem do material vegetal, conjuntamente com a avaliação de sua composição química e realização de testes *in vitro*.

A análise da composição química dos óleos essenciais fornece suporte para o entendimento dos efeitos terapêuticos apresentados pelo uso da droga vegetal na forma de fitoterápico, uma vez, que pesquisas recentes sugerem que os terpenos presentes nos óleos essenciais podem apresentar sinergismo com outros princípios ativos em uma planta medicinal reduzindo efeitos colaterais (Russo, 2010).

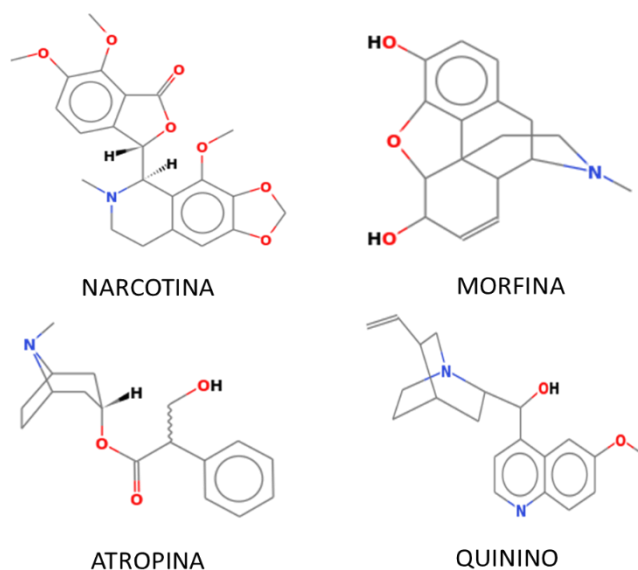
Inserido no contexto do Programa Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos, o presente trabalho teve como objetivo a caracterização da composição química dos óleos essenciais de espécies aparentadas dos gêneros (Anacardiaceae, Asteraceae, Cordiaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Myrtaceae e Salicaceae) das plantas constantes no RENISUS coletadas nas estações seca e chuvosa em fragmento de Floresta Estacional Semidecidual no município de Botucatu, Estado de São Paulo. Assim como verificar atividade antimicrobiana dentre as espécies que se destacaram em termos de rendimento de óleo essencial.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Estima-se que as plantas medicinais têm sido empregadas desde os primórdios da existência humana. Este conhecimento foi adquirido possivelmente através da observação de animais e empiricamente pela busca de alimentos no reino vegetal (Hofmann, 2013). Através do tempo alguns grupos étnicos foram adquirindo o conhecimento sobre a utilização das plantas medicinais e transmitindo para as novas gerações de forma oral, como ainda ocorre em grande parte do continente africano, americano e australiano, enquanto em determinadas sociedades o conhecimento sobre plantas medicinais passou a ser registrado através da escrita. Colaborações expressivas para a utilização de plantas medicinais foram geradas por nomes como, Teofrasto, Dioscorides e Avicena (Rätsch, 2005). Há evidências arqueológicas que demonstram o profundo conhecimento que os egípcios, sumérios, assírios e gregos possuíam sobre o uso de plantas medicinais. Em algumas culturas, o conhecimento antigo sobre as plantas medicinais ainda é utilizado, como na Medicina Tradicional Chinesa.

Na Europa, até o início de 1800, ainda se exigia o conhecimento botânico dos médicos e farmacêuticos, baseado em grande parte nas plantas medicinais descritas na Grécia antiga, por sábios, tais como Hipócrates e Galeno. As técnicas que eram necessárias para a elaboração de um remédio desde a sua origem, eram ensinadas através da disciplina '*materia medica*' (Upton *et al.*, 2016). Com o avanço nas técnicas de extração, isolamento e elucidação das estruturas moleculares, é que, gradativamente, as práticas medicinais passaram a empregar princípios ativos isolados (puros), ainda que extraídos de materiais vegetais. O primeiro princípio ativo a ser isolado foi o alcaloide narcotina, em 1803 (Figura 1), posteriormente outros alcaloides, como a morfina, foram isolados, sendo considerado um evento de mudança de paradigmas para o desenvolvimento da farmacologia moderna (Evans, 2009).

Figura 1 - Estrutura química de alguns dos primeiros princípios ativos isolados e elucidados



Fonte: National Institute of Standards and Technology (NIST), 2023.

O domínio da técnica de isolamento e síntese de moléculas a partir de esqueletos de carbono possibilitou a obtenção de princípios ativos com maior pureza, resultando em dosagens mais precisas. Com a expansão da pesquisa nessa direção, Megendie elaborou um formulário médico em 1821, incluindo apenas substâncias puras, originando a abordagem atual da medicina ocidental ortodoxa (Gilani; Rahman, 2005).

No Brasil, semelhantemente à Europa, os médicos prescreviam tratamentos baseados no emprego de extratos de plantas medicinais oriundos das boticas, que apresentaram importância na produção de medicamentos até meados do século XIX (Fernandes, 2004). Com o maior acesso a drogas isoladas ou sintéticas e perda do conhecimento sobre as plantas medicinais, o tratamento fitoterápico passou a ser visto como uma prática ineficiente e supersticiosa. No entanto, nas últimas décadas do século XX, houve uma reconsideração sobre as práticas de medicina tradicional com o uso de fitoterápicos, tendo sido reavaliado o assunto através de experimentos que comprovam a eficácia de produtos fitoterápicos (Lorenzi; Matos, 2002).

No âmbito internacional da década de 1970, houve um reconhecimento da importância dos tratamentos com fitoterápicos de forma complementar aos tratamentos modernos, que culminou no estabelecimento de políticas defendidas por órgãos internacionais da saúde, tais como a Organização Mundial da Saúde (OMS). Esta força política gerou um incentivo à aplicação terapêutica de plantas medicinais como uma alternativa a medicamentos de difícil acesso às populações de baixa renda.

O estabelecimento destas políticas nos países desenvolvidos da Europa exerceu influência nas políticas de saúde pública brasileiras, que ao longo de décadas de articulação em diferentes governos, conseguiu instituir, em dezembro de 2008 pela portaria no 2.960, o Programa Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos.

De acordo com o Ministério da Saúde (2009), o Programa Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos tem como um de seus objetivos a integração de fitoterápicos ao Sistema Único de Saúde (SUS), assim como valorizar e promover as práticas tradicionais relacionadas a remédios caseiros e plantas medicinais nativas. Nos preceitos orientadores deste programa, além da busca pela validação do uso de plantas medicinais e valorização da biodiversidade e conhecimentos tradicionais, há ainda um enfoque no desenvolvimento tecnológico industrial, na inclusão social e na redução das desigualdades sociais.

Em 2009, com a expansão do programa em todo o território nacional, o Ministério da Saúde (MS) publicou a Relação Nacional de Plantas Medicinais de interesse ao SUS (RENISUS). Trata-se de uma lista que inclui 71 espécies de plantas medicinais, muitas delas nativas e de uso popular difundido. Com esta lista pretende-se promover e incentivar pesquisas sobre estas espécies vegetais, a fim de comprovar não apenas a eficácia e a segurança para o tratamento de determinadas doenças, mas também possibilitar o acesso a elas pela população (Ministério da Saúde, 2009). Esta iniciativa possui potencial de gerar impactos sociais positivos, envolvendo toda a cadeia produtiva das plantas e produtos, desde o cultivo até a produção do fitoterápico, mobilizando agricultores familiares e contribuindo para a geração de emprego e renda no desenvolvimento local.

Para que o emprego de uma planta seja considerado eficaz e seguro, deve-se haver bem definido informações sobre a correta identificação da espécie, boas práticas de cultivo, colheita (ou coleta), secagem, armazenamento, desenvolvimento de padrões dos extratos botânicos, estudos de dosagem e toxicidade, entre outros. Até o momento, estão sendo fornecidas pelo SUS 12 espécies vegetais padronizadas: *Aloe vera* (L.) Burm.f, *Cynara scolymus* L., *Glycine max* (L.) Merr., *Harpagophytum procumbens*, *Maytenus officinalis* Mabb., *Mentha x piperita* L., *Mikania glomerata* Spreng., *Plantago ovata* Forssk., *Salix alba* L., *Rhamnus purshiana* D.C., *Schinus terebinthifolius* Raddi, *Uncaria tomentosa* (Willd. ex Roem. & Schult.). Além disso, foram escritas 21 monografias abordando as espécies incluídas na lista do RENISUS,

com a necessidade de estender essas pesquisas para abranger outras espécies relacionadas taxonomicamente.

A busca por novos princípios ativos que possam servir de base para a formulação de produtos farmacêuticos, também conhecida como bioprospecção, geralmente é realizada de acordo com três estratégias principais, conforme descritas por Farnsworth *et al.* (1985): randômica, quimiotaxonômica e etnobotânica.

Na primeira, todas as plantas de um determinado local são coletadas e feitas as análises posteriores, como a fitoquímica e farmacológica. Na segunda estratégia, são coletadas e analisadas as plantas aparentadas, ou seja, pertencentes ao mesmo grupo taxonômico. Já na estratégia etnobotânica, as informações provenientes das populações residentes nesses locais são levadas em conta na seleção das espécies. Pelas características do projeto, será selecionada a estratégia quimiotaxonômica, que busca similaridade química a partir de similaridade botânica (Tripathi; Anju, 2015).

A quimiotaxonomia se refere à aplicação da química à sistemática e envolve-se com a classificação e identificação de várias formas de vida em relação às diferenças demonstráveis e similaridades em suas composições bioquímicas (Singh; Geetanjali, 2018). Segundo os mesmos autores, no reino Plantae, tem sido observado que um grande número de espécies da mesma família geralmente sintetiza compostos de classes similares, devido à presença de classes similares de enzimas e então com rotas biossintéticas semelhantes. É, pois, a classificação de plantas baseada em seus constituintes químicos, como os alcaloides, flavonoides, terpenóides, carotenoides, compostos aromáticos etc., que pertencem à categoria de metabólitos especializados, também conhecidos como secundários. O conceito de quimiotaxonomia existe há vários séculos e já havia sido proposto por De Candolle, quando dos estudos taxonômicos utilizando aspectos morfológicos das plantas (Singh, 2016).

Nos últimos anos, com o desenvolvimento de técnicas analíticas que se baseiam em dados macromoleculares do DNA, a quimiotaxonomia isoladamente, não é mais aceita como uma metodologia para estabelecer relações filogenéticas na sistemática vegetal. Para este escopo tem sido aplicada uma abordagem integrativa entre os aspectos fenotípicos, metabolômicos e genéticos conjuntamente (Zidorn, 2019). No entanto, Ramawat (2019) indica que os metabólitos especializados, como marcadores químicos (por ex: alcaloides, flavonoides, terpenos e outros) são ferramentas adicionais no processo de identificação das plantas e auxilia na prevenção de

adulterações, coleta e planejamento do cultivo de desejado material vegetal para uso industrial.

Conforme discutido por Misra & Srivastava (2016), a quimiotaxonomia pode ser utilizada para a pesquisa de produtos naturais produzidos por todos os organismos, especialmente nas plantas, podendo ser estendida para futuros benefícios aos seres humanos na exploração de produtos comercialmente viáveis e terapeuticamente importantes oriundos de plantas medicinais. Em outras palavras, a quimiotaxonomia ainda se apresenta como uma estratégia metodológica adequada na bioprospecção.

Apesar da estratégia etnobotânica/etnofarmacológica empregada na escolha de plantas para a triagem de princípios ativos apresentar maior taxa de acerto (*hit rate*) na descoberta de novas drogas (Evans, 2009), a estratégia quimiotaxonômica pode acelerar a descoberta de drogas análogas a outras já conhecidas, partindo para triagens de atividade biológica com moléculas que apresentam estruturas semelhantes, pois, se sabe que há uma correlação entre a estrutura química de uma molécula e sua atividade bio e fisiológica (relação estrutura-atividade). Além disso, a estratégia quimiotaxonômica pode ser utilizada de forma complementar à etnobotânica.

Uma vez determinado o objetivo da prospecção, a equipe pode através das informações quimiotaxonômicas iniciar sua busca diretamente entre gêneros pertencentes a uma mesma família que apresentem a classe de compostos de interesse farmacêutico. As etapas posteriores podem ser o isolamento do composto ativo, sintetização de novos compostos, testes *in vitro*, testes *in vivo* e finalmente ensaios clínicos, para haver a aprovação dos órgãos de saúde para a comercialização (Koehn; Carter, 2005).

O levantamento realizado através deste trabalho partiu da escolha de plantas com atividade farmacológica comprovada e existentes na listagem do RENISUS, e em especial as que possuem óleos essenciais em sua constituição química, contribuindo para a descoberta de novos compostos ativos a partir de seus aparentados botânicos e semelhanças estruturais das moléculas identificadas.

O perfil químico de uma espécie, especialmente a composição química de seus óleos essenciais são frequentemente influenciados pelos fatores geoclimáticos, entre outros. Portanto, a documentação sobre a origem do material é imprescindível para a elaboração e produção da droga de maneira consistente. A Fazenda Experimental Edgárdia, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP de Botucatu, SP, desempenha um papel crucial nesse contexto. Com sua área de cerca de 1.200

hectares, a fazenda abriga diferentes fisionomias vegetais, incluindo áreas representativas da floresta estacional semidecídua original da região, onde se pode explorar fragmentos de remanescentes da Mata Atlântica e Cerrado. A grande diversidade da flora torna a Fazenda Edgárdia um repositório importante para a pesquisa em bioprospecção de óleos essenciais.

2.1 Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao SUS

A lista do RENISUS inclui 71 espécies, exóticas e nativas, que possuem eficácia reconhecida no seu emprego medicinal. Entre as famílias botânicas, apresentam óleos essenciais como componentes em suas partes vegetais, espécies da família Anacardiaceae, Asteraceae, Cordiaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Myrtaceae e Salicaceae (Cronquist, 1981, 1988; Jones; Luchsinger, 1986; Stace, 1989). Para uma melhor visualização, destacaram-se em negrito algumas das espécies presentes na lista RENISUS que pertencem à estas famílias (Quadro 1).

Quadro 1 - Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao SUS (RENISUS)

Nome científico	Família botânica
1. <i>Achillea millefolium</i>	Asteraceae
2 <i>Allium sativum</i> (Amaryllidaceae)	Amaryllidaceae
3 <i>Aloe</i> spp (<i>A. vera</i> ou <i>A. barbadensis</i>)	Asphodelaceae
4 <i>Alpinia</i> spp (<i>A. zerumbet</i> ou <i>A. speciosa</i>)	Ziginberaceae
5 <i>Anacardium occidentale</i>	Anacardiaceae
6 <i>Ananas comosus</i>	Bromeliaceae
7 <i>Apuleia ferrea</i> = <i>Caesalpinia ferrea</i>	Fabaceae
8 <i>Arrabidaea chica</i>	Bignoniaceae
9 <i>Artemisia absinthium</i>	Asteraceae
10 <i>Baccharis trimera</i>	Asteraceae
11 <i>Bauhinia</i> spp (<i>B. affinis</i>, <i>B. forficata</i> ou <i>B. variegata</i>)	Fabaceae
12 <i>Bidens pilosa</i>	Asteraceae
13 <i>Calendula officinalis</i>	Asteraceae
14 <i>Carapa guianensis</i>	Meliaceae
15 <i>Casearia sylvestris</i>	Salicaceae
16 <i>Chamomilla recutita</i> = <i>Matricaria chamomilla</i> = <i>Matricaria recutita</i>	Asteraceae

17 <i>Chenopodium ambrosioides</i>	Amaranthaceae
18 <i>Copaifera</i> spp	Fabaceae
19 <i>Cordia</i> spp (<i>C. curassavica</i> ou <i>C. verbenacea</i>)	Boraginaceae (Cordiaceae)
20 <i>Costus</i> spp (<i>C. scaber</i> ou <i>C. spicatus</i>)	Costaceae
21 <i>Croton</i> spp (<i>C. cajucara</i> ou <i>C. zehntneri</i>)	Euphorbiaceae
22 <i>Curcuma longa</i>	Zingiberaceae
23 <i>Cynara scolymus</i>	Asteraceae
24 <i>Dalbergia subcymosa</i>	Fabaceae
25 <i>Eleutherine plicata</i>	Iridaceae
26 <i>Equisetum arvense</i>	Equisetaceae
27 <i>Erythrina mulungu</i>	Fabaceae
28 <i>Eucalyptus globulus</i>	Myrtaceae
29 <i>Eugenia uniflora</i> ou <i>Myrtus brasiliensis</i>	Myrtaceae
30 <i>Foeniculum vulgare</i>	Apiaceae
31 <i>Glycine max</i>	Fabaceae
32 <i>Harpagophytum procumbens</i>	Pedaliaceae
33 <i>Jatropha gossypifolia</i>	Euphorbiaceae
34 <i>Justicia pectoralis</i>	Acanthaceae
35 <i>Kalanchoe pinnata</i> = <i>Bryophyllum calycinum</i>	Crassulaceae
36 <i>Lamium album</i>	Lamiaceae
37 <i>Lippia sidoides</i>	Verbenaceae
38 <i>Malva sylvestris</i>	Malvaceae
39 <i>Maytenus</i> spp (<i>M. aquifolium</i> ou <i>M. ilicifolia</i>)	Celastraceae
40 <i>Mentha pulegium</i>	Lamiaceae
41 <i>Mentha</i> spp (<i>M. crispa</i> , <i>M. piperita</i> ou <i>M. villosa</i>)	Lamiaceae
42 <i>Mikania</i> spp (<i>M. glomerata</i> ou <i>M. laevigata</i>)	Asteraceae
43 <i>Momordica charantia</i>	Cucurbitaceae
44 <i>Morus</i> spp	Moraceae
45 <i>Ocimum gratissimum</i>	Lamiaceae
46 <i>Orbignya speciosa</i>	Arecaceae
47 <i>Passiflora</i> spp (<i>P. alata</i> , <i>P. edulis</i> ou <i>P. incarnata</i>)	Passifloraceae
48 <i>Persea</i> spp (<i>P. gratissima</i> ou <i>P. americana</i>)	Lauraceae
49 <i>Petroselinum sativum</i>	Apiaceae
50 <i>Phyllanthus</i> spp (<i>P. amarus</i> , <i>P. niruri</i> , <i>P. tenellus</i> e <i>P. urinaria</i>)	Euphorbiaceae
51 <i>Plantago major</i>	Plantaginaceae
52 <i>Plectranthus barbatus</i> = <i>Coleus barbatus</i>	Lamiaceae
53 <i>Polygonum</i> spp (<i>P. acre</i> ou <i>P. hydropiperoides</i>)	Polygonaceae
54 <i>Portulaca pilosa</i>	Portulacaceae
55 <i>Psidium guajava</i>	Myrtaceae

56 <i>Punica granatum</i>	Lythraceae
57 <i>Rhamnus purshiana</i>	Rhamnaceae
58 <i>Ruta graveolens</i>	Rutaceae
59 <i>Salix alba</i>	Salicaceae
60 <i>Schinus terebinthifolius</i> = <i>Schinus aroeira</i>	Anacardiaceae
61 <i>Solanum paniculatum</i>	Solanaceae
62 <i>Solidago microglossa</i>	Asteraceae
63 <i>Stryphnodendron adstringens</i> = <i>Stryphnodendron barbatimam</i>	Fabaceae
64 <i>Syzygium</i> spp (<i>S. jambolanum</i> ou <i>S. cumini</i>)	Myrtaceae
65 <i>Tabebuia avellanedae</i>	Bignoniaceae
66 <i>Tagetes minuta</i>	Asteraceae
67 <i>Trifolium pratense</i>	Fabaceae
68 <i>Uncaria tomentosa</i>	Rubiaceae
69 <i>Vernonia condensata</i>	Asteraceae
70 <i>Vernonia</i> spp (<i>V. ruficoma</i> ou <i>V. polyanthes</i>)	Asteraceae
71 <i>Zingiber officinale</i>	Zingiberaceae

Em negrito espécies nativas que possuem óleos essenciais em sua constituição.

2.2 Informações quimiotaxonômicas sobre as famílias botânicas alvo

A descoberta de novas drogas se baseia na investigação do metabolismo de diversos seres vivos. Já foram desenvolvidas drogas importantes a partir da identificação de substâncias presentes em anfíbios (*Epipedobates tricolor*), animais marinhos (*Haplochlaena lunulata*), bactérias, fungos e plantas (Philippe; Angenot, 2005; Katikou *et al.*, 2022). A grande diversidade de metabólitos especializados nas plantas resulta em uma ampla variedade de compostos, inclusive em populações da mesma espécie, possibilitando sua utilização como marcadores. A integração de dados morfológicos e químicos na sistemática vegetal, conhecida como quimiotaxonomia, é útil para determinar um ponto de partida na busca por princípios ativos nas espécies vegetais.

A bioprospecção de estratégia quimiotaxonômica segue pistas de correlações existentes nos grupos taxonômicos e substâncias comumente verificadas, assim como na relação estrutura-atividade das moléculas presentes nos organismos. A relação estrutura-atividade é entendida como a atividade biológica que se correlaciona com determinada estrutura molecular (Koehn; Carter, 2005).

Portanto, a busca por informações na literatura sobre as famílias botânicas selecionadas para a atividade de bioprospecção, permite obter uma visão preliminar dos compostos que serão verificados com maior probabilidade. A seguir, serão apresentados os principais aspectos quimiotaxonômicos das famílias selecionadas para a presente bioprospecção, baseadas nas espécies citadas na lista RENISUS: Anacardiaceae, Asteraceae, Cordiaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Myrtaceae e Salicaceae.

2.2.1 Família Anacardiaceae

No Brasil, a família Anacardiaceae compreende 15 gêneros e 64 espécies, dentre elas, 18 são endêmicas (Silva-Luz *et al.*, 2023). Verifica-se nesta família plantas que produzem resinas com substâncias empregadas no tingimento e curtimento de couro e compostos fenólicos nos quais alguns provocam dermatite (Evans, 2009). A resina frequentemente causa alergia ao toque. Outras substâncias frequentemente verificadas na família são: 5-desoxiflavonóides; biflavonóis; compostos taníferos, presentes em células taníferas ou sacos alongados nos tecidos parenquimatosos, geralmente produzindo proantocianinas e ácido gálico; e cristais de oxalato de cálcio comumente presentes em algumas das células dos tecidos parenquimatosos (Cronquist, 1981).

Espécies desta família tem ocorrência confirmada em todos os biomas brasileiros, na forma de vida de árvores, arbustos e subarbustos que se desenvolvem em substratos terrícolas. As principais características morfológicas para o reconhecimento de espécies desta família são o aspecto lenhoso, produção de resina, folhas simples ou compostas, quando jovens com aroma característico de maior intensidade; as flores são dialipétalas, isostêmones ou obdiplostêmones, ovário súpero geralmente uni ou tricarpelar, mas unilocular e uniovulado, produção de frutos carnosos ou secos unisseminados (REFLORA, 2022 *apud* Bachelier; Endress, 2009; Pell *et al.*, 2011).

***Schinus terebinthifolia* Raddi**

Nome popular: aroeira (DATAPLAMT, 2023).

Esta espécie se distribui por todo o continente americano, sendo verificada na Argentina, Bolívia, Brasil, Colômbia, Equador, El Salvador, Honduras, Panama, Paraguay, Venezuela e Estados Unidos da América (EUA) (TROPICOS, 2023). Muito utilizada em paisagismo urbano.

A espécie apresenta caule predominantemente aéreo, desprovido de espinhos, exibindo um indumento que pode ser glabro ou piloso. As folhas, por sua vez, são do tipo composta, dispostas em filotaxia alternada. A raque foliar pode desenvolver-se na forma cilíndrica ou alada, enquanto apresenta margens revolutas, que podem se mostrar inteiras, serradas ou crenadas. Em relação a venação observa-se um padrão de semicraspedódromo ou cladódromo, as nervuras da face adaxial, por sua vez, são planas. A inflorescência é do tipo panícula e apresenta pedúnculos. Seus frutos são de cor vermelho ou rosa (Silva-luz; Pirani; Pell; Mitchell, 2023).

Esta espécie apresenta propriedades antitérmica, depurativa, adstringente, analgésica, anti-inflamatória, diurética, cicatrizante, antiblenorrágica, balsâmica, tônica. Seu óleo essencial extraído dos frutos possui propriedade inseticida contra *Musca domestica* (Carvalho, 2003). Popularmente são empregadas as cascas e as folhas da espécie para tratar feridas, gripes, dor de dente, dor de garganta, asma, febre e doenças femininas (Brasil, 2021).

Seus extratos apresentam propriedades antimicrobiana, anti-inflamatória e antipirética (Carneiro *et al.*, 2017). Marangoni (2023), relatou atividades anti-inflamatórias e anti-hiperalgésica nos óleos essenciais desta espécie.

Foram identificados nos óleos essenciais obtido das folhas, α -pineno, α -felandreno, limoneno, α -copaeno, germacreno *D*, elemol e spatulenol (Marangoni *et al.*, 2023). Em outro estudo se avaliou a composição química das folhas de *Schinus terebinthifolia*, se fez menção ao α -pineno, sabineno e biciclogermacreno como compostos majoritários (Santos *et al.*, 2010). Compostos majoritários nos frutos maduros foram δ -3-careno (46.67%) e α -pineno (14.98%), enquanto na extração do óleo essencial do fruto verde foram identificados limoneno (37.49%) e δ -3-careno (19.98%) (Schimitberger, 2018).

Na Farmacopeia Brasileira (ANVISA, 2019), são fornecidos parâmetros de qualidade para o preparo de tinturas a partir da casca, que devem conter a porcentagem mínima de taninos totais (1,0%), ácido gálico (0,01%) e catequina (0,05%).

2.2.2 Família Asteraceae (Compositae)

A família Asteraceae é dividida em 16 subfamílias (Angiosperm Phylogenic Group, 2023). No Brasil registram-se 328 gêneros (71 deles são endêmicos), 2215 espécies e 21 subespécies, com maior diversidade verificada na fitofisionomia de Cerrado (Flora e Funga do Brasil, 2023).

Esta família muito diversificada, tanto morfológica, quanto quimicamente, apresenta uma vasta variedade de compostos químicos de interesse medicinal, tais como, compostos acetilênicos encontrados em óleos voláteis, sesquiterpenos (extraídos da *Matricaria recutita* L.), lactonas sesquiterpênicas, germacranolides, guaianolides, entre outros. Entre as atividades que estas substâncias apresentam citam-se atividade citotóxica e inseticida (Evans, 2009).

Cronquist (1981), acreditava que o sucesso de perpetuação das espécies pertencentes a família se deve aos compostos poliacetilênicos e lactonas sesquiterpênicas que conferem ações repelentes. Segundo o autor, um dos gêneros mais amplos e diversificados é o *Senecio*. Este gênero possui um arranjo especial de alcaloides que é encontrado em apenas outras poucas famílias (mais notavelmente a Boraginaceae).

As plantas da família Asteraceae são encontradas em muitos tipos de habitat podendo ser aquática, epífita, hemiepífita, rupícola ou terrícola. Quanto ao desenvolvimento, podem encontrar-se na forma de arbusto, árvore, erva, liana/volúvel/trepadeira, subarbusto, de ciclo anual, bianual ou perene (Flora e Funga do Brasil, 2022). Muitas espécies desta família produzem látex. Várias classes de compostos têm sido utilizadas como marcadores quimiotaxonômicos na família Asteraceae, principalmente flavonoides e lactonas sesquiterpênicas, como demonstrado em uma análise metabolômica aplicada à quimiosistemática realizada por Gallon *et al.* (2018). Os resultados das análises permitiram determinar grupos de gêneros semelhantes apontando lactonas sesquiterpênicas e flavonas como discriminantes.

Diversos gêneros pertencentes a esta família apresentam óleos essenciais em sua composição química, tais como *Solidago* spp. As espécies deste gênero podem ser diferenciadas baseando-se em variações na proporção relativa das substâncias presentes em seus óleos essenciais, sendo β -cubebeno, germacreno *D*, sabeneno e π -calacoreno, aquelas encontradas em maiores proporções (Zhang *et al.*, 2019). Na

lista RENISUS consta a espécie *Solidago chilensis* Meyen, referida pela sinonímia *Solidago microglossa* var. *linearifolia* (DC.) Baker, conhecida popularmente pelo nome de arnica-brasileira.

A variação qualitativa das substâncias presentes em óleo essencial do gênero *Tagetes* foi explorada por Tankeu *et al.* (2013), identificando-se dois quimiotipos de *Tagetes minuta*. Um quimiotipo caracterizado pela predominância de dihidrotagetona, (*E*)-tagetona e (*Z*)-tagetona; e o segundo quimiotipo por (*Z*)- β -ocimeno, (*Z*)-ocimenona e (*E*)-ocimenona.

***Baccharis dracunculifolia* DC.**

Nome popular: alecrim-do-campo (DATAPLAMT, 2023).

Se distribui pelos territórios do Brasil, Argentina, Bolívia, Paraguay, Uruguay, Peru e Equador (GBIF, 2023). No Brasil, ocorrem nos domínios fitogeográficos de Cerrado, Mata Atlântica e Pampa (REFLORA, 2022), com maior incidência na região Sudeste e Sul.

O caule não apresenta xilopódio, e os ramos não possuem alas, podendo ter, ou não ter, estrias. As folhas são desenvolvidas, com nervação uninérvea e pecíolos subsésseis. O limbo das folhas pode ser lanceolado ou oblongo, e a margem pode ser inteira, crenada, dentada ou serrada. Quanto à inflorescência, ela se apresenta como uma capitulescência racemosa de capítulos, espiga de capítulos ou capítulos solitários axilares. A sexualidade dos capítulos é homógama, contendo somente flores tubulosas estaminadas ou flores filiformes pistiladas (Heiden, 2023). Foram constatadas atividades anti-inflamatórias, antiproliferativas, antimicrobianas e antiulcerativas (Gazim *et al.*, 2022).

De acordo com Rigotti (2011), as seguintes substâncias encontradas nos óleos essenciais podem ser utilizadas como marcadores: *trans*-nerolidol (grupo químico 1), espatulenol conjuntamente com *trans*-nerolidol (grupo químico 2) e monoterpenos, β -pineno, limoneno e α -pineno (grupo químico 3). Em óleos essenciais extraídos de *B. dracunculifolia* coletadas no sudoeste do Paraná se destacaram os seguintes compostos: β -pineno, (*E*)-nerolidol, limoneno e espatulenol (Fabiane *et al.*, 2008).

Em outra análise realizada sobre o óleo essencial desta espécie, coletada em uma área de remanescente da Mata Atlântica no Estado do Paraná, foram identificados germacreno *D*, biciclogermacreno, (*E*)-nerolidol, mustacona, espatulenol,

ciperotundona, óxido de cariofileno, β -pineno e limoneno, como compostos majoritários (Salazar *et al.*, 2018).

***Baccharis* spp.**

Possui ocorrências no Brasil, Argentina, Uruguay, Paraguay, Bolívia, Equador e Colômbia (GBIF, 2023). Espécie presente nos cultivos de pequenos agricultores na região Sul.

No Brasil, esta espécie nativa ocorre em áreas antrópicas e em tipos de vegetação variados, dentre eles, Cerrado (*latu sensu*), Floresta Ombrófila, Floresta Ombrófila Mista e vegetação sobre afloramentos rochosos (Flora e Funga do Brasil, 2022).

Os principais compostos identificados no óleo essencial de *B. trimera* em cultivo de diferentes teores de nitrogênio formaram 30 picos: (*E*)-cariofileno, biciclogermacreno, and germacreno *D*, enquanto foram comuns em todos os tratamentos, α -pineno, limoneno, cariofileno, espatulenol, ledol e globulol (Moreno-Pizani *et al.*, 2020).

***Mikania glomerata* Spreng.**

Apresentam registros de ocorrência no Brasil e Paraguay. São encontradas nos domínios fitogeográficos do Cerrado, Pampa e Mata Atlântica, neste último são mais abundantes. Conhecimentos agronômicos já estão bem estabelecidos sobre esta espécie.

Se desenvolvem em forma de liana e não apresentam gavinhas, as folhas são aromáticas, opostas, com lâminas lanceoladas e triangulares de margem inteira. Suas bases são hastadas e cordadas. Apresentam ápices agudos, curtamente acuminados, suas faces são glabras de textura cartácea. As inflorescências são paniculadas com ramos glomeriformes, capítulos sésseis a subsésseis, apresentam brácteas sub involucreais nos ápices dos pedicelos. As flores possuem limbo com lacínias triangulares e os frutos são do tipo cipsela glabra (Ritter *et al.*, 2023).

É muito utilizada no tratamento de doenças respiratórias e apresenta propriedades analgésicas, antipiréticas, anti-inflamatórias e broncodilatadoras (Ministério da Saúde, 2018). No documento “Informações Sistematizadas da Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao SUS” voltado para esta espécie, se faz menção às

cumarinas como marcadores e presença de outras substâncias como triterpenos, heterosídeos flavônicos e compostos voláteis (Brasil, 2018).

***Vernonanthura polyanthes* (Sprengel) Vega & Dematteis**

Sin.: *Vernonia polyanthes* (Spreng.) Less. – assa-peixe

Há registros de ocorrência da espécie no Brasil, Bolívia, Equador, Paraguay, Hawaii, Moçambique e Zimbabwe (GBIF, 2023).

Os caules são eretos com indumento estrigoso e ausência de pontuações glandulares. Suas folhas têm consistência subcoriácea, formato lanceolado, ápice apiculado e base atenuada, com pecíolos presentes. A face abaxial das folhas é vilosa, enquanto a face adaxial é estrigosa, não apresentando glândulas. A nervação é eucamptódroma. Sua inflorescência exibe bráctea-involucral com ápice apiculado. As flores possuem uma corola glabra e não possuem glândulas corolares, sendo que cada flor possui número de 26 a 45. Seus frutos, as cipselas, são glabros, com presença de glândulas e pápus externo com cerdas planas (Castro *et al.*, 2023).

De acordo com um estudo feito por Souza *et al.* (2017), o assa-peixe possui propriedades diurética, anti-hipertensiva, anti-hemorragica, sedativa, abortiva, anti-helmíntica, antiulcerogênica, antirreumática e cicatrizante. No estudo mencionado relata-se β -pineno, ciclosativeno, copaeno, β -cariofileno, α -humuleno, germacreno *B*, elemeno, biciclogermacreno, germacreno *D*, como compostos majoritários identificados no óleo essencial.

2.2.3 Família Cordiaceae

No Brasil a família Cordiaceae inclui apenas dois gêneros (*Cordia* e *Varronia*) e mais de 96 espécies, destas, 53 são endêmicas (Flora e Funga do Brasil, 2023). Se distribui pelos domínios fitogeográficos da Mata Atlântica, Amazônia, Cerrado, Caatinga, Pampa e Pantanal, onde se desenvolvem na forma de árvores, arbustos e subarbustos (Flora e Funga do Brasil, 2023). Segundo Lorenzi e Souza (2012), muitas espécies desta família que possuem porte arbustivo antes eram reconhecidas no gênero *Cordia*, mas atualmente são consideradas em *Varronia*, com as espécies arbóreas sendo inclusas no gênero *Cordia*.

De acordo com Evans (2009), as substâncias comumente encontradas nesta família são alcaloides pirrolizidínicos, ácidos fenólicos, taninos e ureido alantoína. Essa ocorrência de alcaloides pirrolizidínicos não é exclusiva da família Cordiaceae, podendo ser encontrada em outras famílias tais como, Asteraceae e Fabaceae (Leguminosea) (Liu *et al.*, 2018). A presença destes alcaloides em algumas plantas medicinais, tais como o confrei (*Symphytum officinale* L.), é motivo de contraindicação para usos internos (Lorenzi; Matos, 2002).

***Cordia americana* (L.) Gottschling & J.S. Mill.**

Nome popular: guajuvira (DATAPLAMT, 2023).

Se concentra na região sudeste do continente americano. Ocorrendo no Brasil, Bolívia, Argentina, Paraguay e Uruguai (GBIF, 2023).

Apresenta caules com indumento glabro. Suas folhas possuem conformação oblanceolada ou obovada, com base atenuada e ápices agudos ou arredondados. A superfície adaxial das folhas é glabra, assim como a superfície abaxial. As flores são bissexuais, de cor branca. Os cálices são tubulares e campanulados, com tamanho menor que 1 cm e superfície lisa. As corolas são campanuladas, também com tamanho menor que 1 cm. As anteras não possuem glândulas, enquanto os estigmas são filiformes e os ovários glabros. Os frutos têm cor castanha e formato obovoide, com indumento glabro (Stapf, 2023).

***Cordia ecalyculata* Vell.**

Nome popular: café-do-mato (DATAPLAMT, 2023).

Se concentra na região sudeste entre Brasil, Argentina e Paraguay (GBIF, 2023). Nativa do Brasil, ocorre principalmente na floresta semidecídua.

Árvore de copa alongada, medindo de 8 a 12 m de altura, com tronco de 30 a 40 cm de diâmetro (Lorenzi, 1992). Seus caules apresentam indumento glabro. Suas folhas apresentam conformação elíptica ou elíptico lanceolada, com base cuneada e ápices agudos. A superfície adaxial das folhas é glabra, assim como a superfície abaxial. As flores são bissexuais, de cor branca. Os cálices são tubulares, com tamanho menor que 1 cm e superfície lisa. As corolas são tubulares e campanuladas, também com tamanho menor que 1 cm. As anteras não possuem glândulas, enquanto

os estigmas são clavados e os ovários glabros. Os frutos têm cor vermelha e formato ovoide, com indumento glabro (Stapf, 2023).

A espécie possui propriedades tônica cardíaca, diurética e anorexígeno (Carvalho, 2008).

***Cordia sellowiana* Cham.**

Nome popular: juretê (DATAPLAMT, 2023).

Se distribui por todo o território brasileiro, com menor incidência na região sul. Há registro de ocorrência também na Bolívia, Colômbia e Paraguay (GBIF, 2023).

Apresenta caule revestido por um indumento tomentoso. As folhas possuem formato elíptico ou lanceolado, com a base arredondada ou obtusa e o ápice agudo ou acuminado. A superfície adaxial é estrigosa, enquanto a superfície abaxial é tomentosa. As flores são bissexuais, de cor branca, com cálices campanulados e corolas tubulares, ambos medindo menos de 1 cm de comprimento. As anteras não possuem glândulas, e os estigmas são capitados, com ovários glabros. Os frutos são ovóides, de cor branca ou amarela, com indumento glabro (Stapf, 2023).

***Cordia superba* Cham.**

Nome popular: babosa-branca (DATAPLAMT, 2023).

Na América do Sul se concentra por todo o leste do território brasileiro. Há ocorrência desta espécie no Estado da Flórida (EUA) e na África do Sul (GBIF, 2023).

O caule possui um indumento glabrescente. As folhas possuem conformação elíptica ou obovada, com base cuneada ou obtusa e ápice agudo ou acuminado. A superfície adaxial é glabra ou glabrescente, enquanto a superfícies abaxial é estrigosa ou estrigilosa. As flores são bissexuais, de cor branca, com cálices tubulares campanulados e tamanho igual ou superior a 1 cm de comprimento. A corola é infundibuliforme e possui tamanho superior a 2 cm de comprimento. As anteras não possuem glândulas, e os estigmas são filiformes, com ovários glabros. Os frutos são de cor branca, com forma globosa e indumento glabro (Stapf, 2023).

A *C. superba* apresenta atividade imunomoduladora (Carvalho, 2010).

2.2.4 Família Euphorbiaceae

As plantas desta família podem se desenvolver na forma de árvores, arbustos, ervas, lianas ou suculentas. Trata-se de uma família muito diversificada morfológica e quimicamente. Podem ser identificados algum tipo de alcaloide (benzilisoquinolina são comuns no gênero *Croton*); taninos; proantocianinas; ácido elágico; cristais de oxalato de cálcio comumente presentes em algumas das células dos tecidos parenquimatosos; caule e folhas muitas vezes com células ou tubos especializados (articulados ou não articulados, às vezes ramificados); e diversos tipos de látex leitoso ou colorido (Cronquist, 1981).

Alguns gêneros desta família produzem látex e borracha, espécies do gênero *Croton* (*tiglium*, *cascarilla* e *eleiteria*) são empregadas na medicina tradicional, através do uso do óleo e súber, algumas espécies produzem glicosídeos cianogênicos, i.e. a *Manihot esculentus* (Evans, 2009).

No RENISUS foi incluída a espécie *Croton cajucara* Benth, pertencente a esta família. A droga vegetal é obtida da casca do caule e o derivado vegetal de suas folhas. Do extrato obtido da casca pode-se verificar flavonoides, taninos, antraquinonas, alcaloides, saponinas, cumarinas e glicosídeos cardiotônicos. No óleo essencial também se verifica uma ampla variedade de terpenos, tais como, cipereno, α -guaieno e epi- β -santeleno (Brasil, 2023).

***Croton floribundus* Spreng.**

Nome popular: capixingui (DATAPLAMT, 2023).

Se distribui entre as regiões nordeste, sudeste do Brasil e leste do Paraguay (GBIF, 2023).

O caule apresenta tricomas estrelados, lepidotos e porretos ou dendríticos em seus ramos jovens. As folhas possuem pecíolos longos e lâminas ovais-lanceoladas ou elípticas. A face adaxial das folhas contém tricomas estrelados ou porretos, enquanto a face abaxial apresenta tricomas estrelados e lepidotos. A nervação é camptódroma, e as margens das folhas são inteiras, sem glândulas nectaríferas. As estípulas são foliáceas e encontram-se na porção apical dos ramos jovens. A inflorescência é constituída por tirso com címulas proximais unissexuais e posicionamento terminal. As flores estaminadas são pediceladas e de forma rotácea,

enquanto as flores pistiladas também são pediceladas, com cálices dialissépalo e estiletes multifidos. Os lobos do cálice das flores pistiladas são iguais, e as pétalas são filiformes. A pré-floração das flores pistiladas é reduplicado-valvar. Os frutos possuem columelas com lobos apicais pouco diferenciados (Caruzo *et al.*, 2023).

Esta espécie possui propriedades antissifilítica, cicatrizante e adstringente (Carvalho, 2003).

***Croton urucurana* Baill.**

Nome popular: tapexingui (Lorenzi, 1992).

Amplamente distribuída pela América do Sul, entre Brasil, Uruguai, Argentina, Paraguay, Bolívia e Peru, ocorrendo também em Honduras (GBIF, 2023).

O aspecto morfológico da espécie apresenta estrutura do caule com tricomas adpressos, estrelados ou porretos nos ramos jovens, enquanto as folhas possuem pecíolos longos e lâminas oval-lanceoladas ou cordiformes. Os tricomas adpressos, estrelados ou porretos estão presentes na face adaxial e abaxial das folhas, e a nervação é actinódroma, com margens inteiras. Há presença de glândulas nectaríferas, podendo ser acropeciolas, sésseis ou subsésseis; e estípulas foliáceas na porção apical dos ramos jovens. A inflorescência é composta por tirsos com címulas proximais bissexuais e posicionamento terminal, e as flores apresentam características específicas, como cálice dialissépalo e estilete bífido. Os frutos possuem columelas com lobos apicais pouco diferenciados (Caruzo, 2023).

Esta espécie produz uma seiva que ao entrar em contato com o ar adquire coloração vermelha e consistência resinosa. É empregada medicinalmente devido as suas propriedades hemostáticas, cicatrizantes e antissépticas (Carvalho, 2014).

2.2.5 Família Fabaceae (Leguminosae)

A família Fabaceae Lindl. é dividida 6 subfamílias: Cercidoideae, Detarioideae, Duparquetioideae, Dialioideae, Caesalpinioideae, Faboideae (APG, 2023). No território brasileiro se distribuem 257 gêneros (20 endêmicos) e 3051 espécies. A composição química de plantas da família Leguminosae se assemelha muito com aquela de plantas da família Rosaceae. Ambas produzem glicosídeos cianogênicos,

saponinas, taninos, antocianinas e mucilagem. No entanto, a biossíntese de alcaloides é comum na família Leguminosae enquanto na Rosaceae é rara (Evans, 2009).

***Bauhinia forficata* Link**

Nome popular: pata-de-vaca (Lorenzi, 1992).

Maior incidência na América do Sul, no entanto há registros de ocorrência também na América do Norte, Europa e África (GBIF, 2023). Espécie muito empregada no paisagismo urbano na região Sudeste do Brasil.

A espécie em questão é uma árvore decídua, com altura variando entre 5 e 9 metros e diâmetro à altura do peito (DAP) de 10 a 20 centímetros. No entanto, ela pode atingir até 20 metros de altura e 30 centímetros de DAP. O tronco geralmente é tortuoso, com casca de cor cinza a castanho amarronzado, apresentando sulcos e uma leve aparência estriada no sentido longitudinal. Os ramos jovens possuem dois acúleos semelhantes a espinhos na base do pecíolo, e as flores são exclusivamente brancas. As folhas são bilobadas, alternadas, simples, coriáceas e podem ser glabras ou levemente pubescentes na face dorsal. Os ápices dos lobos das folhas podem ser obtusos, arredondados ou agudos, e a margem foliar é lisa e brilhante na face superior. A nervação das folhas é do tipo palmada, com nove a onze nervuras que se curvam em direção ao ápice. As flores são solitárias, hermafroditas, pentâmeras, com pétalas brancas que podem alcançar até 10 centímetros de comprimento, e florescem de outubro a maio. Os frutos são do tipo legume (vagem), aplanados, com até 25 centímetros de comprimento e 2,5 centímetros de largura. Quando maduros, eles adquirem uma coloração marrom escuro e são compostos por valvas lignificadas, que se abrem em duas partes, contendo de cinco a dez sementes (Brasil, 2011).

Apresenta propriedades diurética, hipoglicemiante, antidiarréica e hipoglicemiante (Carvalho, 2003).

***Copaifera langsdorffii* Desf. (subfamília Detarioideae)**

Nome popular: copaíba (DATAPLANT, 2023).

Se concentra nas regiões Centro-Oeste, nordeste, Norte e sudeste no Brasil. Ocorrem no Paraguai, Bolívia e Peru (GBIF, 2023).

Trata-se de uma árvore com tronco ereto, raque foliar glabro/piloso com 3 a 5 pares de folíolos de forma elíptica/oval. Os ápices das lâminas são agudos, as margens são planas e apresentam pontuações. O indumento é glabro e as faces das folhas têm consistência coriácea. A inflorescência é do tipo panícula laxa e seu tamanho é menor que as folhas adjacentes ou igual até 1 vez maior. As flores possuem sépalas glabras, sendo pilosas somente externamente. O fruto é do tipo legume, medindo de 2 a 3,5 cm de comprimento, com formato levemente falcado, e as sementes são do tipo arilo amarelo/laranja (Flora e Funga do Brasil, 2023).

As seguintes propriedades são encontradas no óleo essencial de copaíba: anti-inflamatória, anti-séptico, cicatrizante, carminativo, expectorante, diurético, laxativo, estimulante, emoliente e tônico (Carvalho, 2003).

***Erythrina falcata* Benth.** (subfamília Faboideae)

Nome popular: bico-de-papagaio (DATAPLAMT, 2023).

Na América do Sul se distribuem pelo Brasil, Argentina, Chile, Paraguay, Bolívia e Peru. Ocorrem pontualmente em Honduras, EUA, África do Sul, Austrália e Nova Zelândia (GBIF, 2023).

O caule desta espécie apresenta um ritidoma castanho escuro e uma superfície suberosa, sendo que acúleos também estão presentes. As folhas possuem pecíolos inermes e estípulas circulares em pares. As lâminas são concoloras e inermes, com folíolos elípticos e margens inteiras. A inflorescência é pseudo-racemosa, ocorrendo de forma axilar, terminal ou pendular. As flores têm cálices campanulados, truncados, carnudos ou gibosos. O estandarte é ressupinado ou de cor laranja-avermelhada, sendo menos frequentemente branco. As alas podem ter aurículas ou serem unguiculadas, e as quilhas são falcadas ou conatas. O androceu é diadelfo, e as anteras são basifixas. Os frutos são do tipo legume, com forma oblonga e levemente constrictos entre as sementes, e são glabros. As sementes têm forma elíptica ou reniforme, com cor castanha listrada (Martins, 2023).

Possui propriedades calmante, antitússica, hepatoprotetora, analgésica, hipotensiva, sedativa, cicatrizante e anti-inflamatória (Carvalho, 2003).

***Machaerium scleroxylon* Tul.**

Nome popular: caviúna (DATAPLAMT, 2023).

Incidem no Brasil, Paraguay, Bolívia e Peru (GBIF, 2023).

Seu caule pode ser inerme ou armado, e sua seção transversal é cilíndrica. As folhas possuem estípulas espinescentes, e o padrão de venação dos folíolos é broquidódromo composto. Os folíolos têm forma oblonga, com ápices obtusos ou retusos e bases arredondadas, cuneadas, oblíquas ou obtusas. A face adaxial dos folíolos pode ser glabrescente ou com indumento, e a face abaxial apresenta indumento. A inflorescência pode ser do tipo racemo ou panícula, ocorrendo de forma axilar ou terminal, e possui brácteas foliáceas. As flores têm cálices campanulados e podem ter pétalas brancas, creme, amareladas ou rosas. Os vexilos possuem indumento presente, e o androceu é monadelfo. Os frutos são do tipo sâmara, e o núcleo seminífero é estriado (Filardi *et al.*, 2023).

2.2.6 Família Myrtaceae Juss.

A família Myrtaceae geralmente apresenta arvores e arbustos. Esta família se divide em duas subfamílias: Myrtoideae e Heteropyxidoideae (APG, 2023). Os gêneros *Psidium* e *Eugenia* pertencem à subfamília Myrtoideae. Atualmente, existem 29 gêneros (4 endêmicos) e 1202 espécies verificados no Brasil (Flora e Funga do Brasil, 2023).

A família Myrtaceae raramente apresenta alcaloides e glicosídeos cianogênicos. Muitos gêneros fornecem importantes óleos voláteis, além de leucoantocianina, taninos, ácidos fenólicos e esteres (Evans, 2009). Atualmente existem plantações em larga escala para a produção de óleos essenciais de *Eucalyptus globulus*, *Melaleuca alternifolia*, *Melaleuca quinquenervia*, *Syzygium anisatum*, *Agonis fragrans*, *Backhousia citriodora*, *Leptospermum petersonii*, *Melaleuca armillaris* e *Melaleuca ericifolia* (Sadgrove e Jones, 2015). Todas estas espécies citadas pertencem à família Myrtaceae.

***Eugenia uniflora* L.**

Nome popular: pitangueira (DATAPLAMT, 2023).

Espécie amplamente distribuída por todo o globo terrestre, com maior concentração na região sudeste brasileira (GBIF, 2023). Frequente em áreas urbanas e pomares.

As folhas têm forma elíptica, base aguda, ápice agudo, textura cartácea, margem revoluta, nervura-central adaxial sulcada e nervura marginal. A inflorescência é do tipo fascículo, com brácteas persistentes. A flor possui bractéolas persistentes, não vistosas, hipanto costado glabro e cálice aberto no botão floral, composto por 4 sépalas e 4 pétalas. O fruto tem formato globoso, com superfície lisa, contendo uma semente por fruto e cotilédones fundidos (Flora e Funga do Brasil, 2023).

Propriedades excitante, febrífuga, antirreumática, antidiarreica, antiverminosa, expectorante e hipotensora (Carvalho, 2006). No Formulário de Fitoterápicos da Farmacopéia Brasileira, é indicada para auxiliar no alívio sintomático da diarreia leve não infecciosa (ANVISA, 2021). A droga vegetal de *Eugenia uniflora* L., deve conter taninos ($\geq 5,0\%$), flavonoides totais ($\geq 1,0\%$) óleos voláteis ($\geq 0,8\%$). O óleo essencial deve possuir curzerenos (*cis* e *trans*) como composto majoritário em proporções acima de 27% (ANVISA, 2019).

***Psidium guajava* L.**

Nome popular: goiabeira (DATAPLAMT, 2023).

Amplamente distribuída e cultivada pelo mundo.

O caule possui uma altura média entre 3 e 6 metros. Possuem tricomas nas inovações, mas são quase ausentes em folhas adultas, persistindo apenas em gemas. A casca do tronco é esfoliante, com lâminas papiráceas. As folhas têm filotaxia oposta e tamanho entre 7,5 e 12 cm, sendo mais da metade do comprimento total da folha. O limbo foliar é elíptico, com ápices atenuados, acuminados ou rostrados, e base atenuada ou aguda. As nervuras secundárias formam arcos convergentes, caracterizando uma nervação do tipo braquidódroma, e os pecíolos são bem desenvolvidos. A inflorescência ocorre de forma axilar e pode ser do tipo uniflora ou dicásio triflora. As flores têm botão floral totalmente fechado e apiculado, com bractéolas ou perfis lineares persistentes até a fase de floração ou frutificação. O hipanto não é prolongado, e o ovário possui 5 ou mais de 5 lóculos, com numerosos óvulos por lóculo, mais de 6. Os pedicelos são curtos, com comprimento até o dobro do comprimento do botão floral, em milímetros. As pétalas são sempre 4, e as sépalas

persistem no fruto. O fruto tem cor verde quando imaturo e amarelo quando maduro. As sementes são numerosas por fruto (Proença; Costa; Tuler, 2023).

As folhas de goiabeira possuem propriedades antioxidantes e auxiliam em problemas gastrointestinais. Também é indicada para auxiliar no alívio sintomático da diarreia leve não infecciosa (ANVISA, 2021).

2.2.7 Família Salicaceae Mirb.

No Brasil ocorrem 20 gêneros (1 endêmico) e 109 espécies da família Salicaceae (Flora e Funga do Brasil, 2023). Os principais compostos encontrados na família Salicaceae são flavonas e flavonoides e glicosídeos fenólicos (Evans, 2009).

***Casearia sylvestris* Sw.**

Nome popular: erva-de-lagarto (DATAPLAMT, 2023).

Se distribui por toda a América do Sul à América Central. Há uma ocorrência também em uma ilha do oceano Pacífico, La Foa (GBIF, 2023).

A espécie apresenta troncos cilíndricos, sem espinhos, com casca lisa a levemente fissurada, e camadas finas de cortiça. Os ramos são lenticelados, delgados e pantentes, sendo puberulentos a glabrescentes na base e puberulentos no ápice.

As folhas formam estípula e indumento subovados e puberulentos. Os pecíolos são delgados, subcilíndricos e levemente puberulentos. As lâminas foliares apresentam a face adaxial com as nervuras primárias esparsas e curtamente pubescentes, secundárias raramente esparsas, curtas, pubescentes; e terciárias e glabras, enquanto a face abaxial possui as nervuras primárias pubescentes, terciárias e superfícies geralmente glabras, mas mais frequentemente glabras.

As formas das folhas são lanceoladas, ovadas ou oblongas, com consistência membranácea e ápices acuminados ou falcados. As margens são mucronadas, serradas, e a base é frequentemente assimétrica ou cuneada, com pontos translúcidos presentes.

A inflorescência é do tipo fasciculada. As flores possuem cálices com sépalas unidas na base, largamente ovadas, e tomentosas, com cílios nas margens. O androceu é composto por 10 estames com anteras globosas, que possuem glândulas apicais crassas e glabras, e os lobos do disco são clavados e pilosos. O gineceu não

possui glândulas em sua superfície, e o ovário é ovóide e glabro. O estilete é delgado, inteiro e/ou levemente tripartido a trilobado, e subglabro, enquanto o estigma é globoso e hirsuto. Os frutos são do tipo cápsula e possuem forma globosa e são glabros. As sementes têm arilos carnudos, franjados, de cor vermelha ou laranja, e forma oblonga, com testa foveada (Marquete; Medeiros, 2023).

Atribui-se a esta espécie propriedades cicatrizante, tônica, depurativa, antirreumática, anti-inflamatória e antisséptica (Carvalho, 2006). A espécie é chamada popularmente pelo nome de erva-de-teiú, por constatarem que o lagarto (teiú) após ser atacado por cobras busca imediatamente esta planta para neutralizar os efeitos do veneno (Wanderley *et al.*, 2007).

2.3 Sazonalidade na produção de metabólitos especializados

Diversos fatores ambientais podem interferir na produção de metabólitos em vegetais. Segundo Taiz e Zeiger (2015), estes compostos desempenham papel importante na fisiologia das plantas, representando papel na defesa contra o ataque de insetos e microrganismos, além de desempenhar função de atração para insetos polinizadores. Assim, as diferentes interferências ambientais na planta podem determinar substanciais alterações no seu metabolismo nos processos bioquímicos, fisiológicos, ecológicos e evolutivos (Bonner; Galston, 1992; Taiz; Zeiger, 2015), e que esses metabólitos representam uma interface química entre as plantas e o ambiente circundante (Gobbo-neto; Lopes, 2007; Montanari, 2023). Dentro deste contexto, além da produção dos metabólitos especializados das plantas serem controlados geneticamente, os componentes ambientais, tais como a luz, solo, latitude, temperatura, disponibilidade de água etc., influenciam na quantidade, qualidade e concentração destes, ou mesmo combinações entre alguns destes subfatores, como é o caso da sazonalidade.

Dentre os metabólitos especializados, estão os óleos essenciais, que são compostos por uma mistura complexa de diferentes classes de substâncias, por exemplo os fenilpropanóides, monoterpenos e sesquiterpenos, e podem ser influenciados por variações ambientais, dentre eles a sazonalidade, um fator observável em muitos trabalhos, como o realizado por Ferreira *et al.* (2020), com óleo essencial de folhas de *Piper divaricatum* coletadas em Belém, Pará, em duas épocas do ano (verão e inverno amazônico) tendo sido observadas alterações no rendimento

do óleo essencial, com aumento na época do verão amazônico. Ainda com Piperaceae, Pereira (2019) verificou que nas épocas úmidas houve predomínio de monoterpenos em *Piper aduncum* e nas épocas mais secas de sesquiterpenos.

Segundo Sussa (2017), houve alteração qualitativa dos óleos essenciais de erva-cidreira (*Melissa officinalis*) colhidas nas quatro estações do ano, com diferenças quantitativas e havendo melhor qualidade na primavera e verão, por possuírem menores teores de citronelol, nerol e geraniol. Diferenças quanti e qualitativas do óleo essencial também foram obtidas por Ribeiro *et al.* (2015) em folhas de três espécies de *Croton* (*C. blanchetianus*, *C. nepetifolius* e *C. zehntneri*) da caatinga, tendo sido verificado que o rendimento e a composição química dos óleos essenciais dessas espécies foram modificados nas diferentes estações do ano.

Prochnow (2015), em trabalho com óleo essencial de folhas de *Aloysia triphylla* cultivada nas quatro estações do ano, verificou que maiores teores foram observados no verão e menores no inverno, e que o seu componente majoritário, o citral, diminui no inverno e aumenta no outono e no verão. Já Paulus *et al.* (2013) verificaram também com *A. triphylla*, que o mês de fevereiro (mais quente em Dois Vizinhos – PR) resultou em maior teor de óleo essencial, com ligeira alteração dos componentes majoritários do óleo essencial (geranial, neral, nerolidol e limoneno).

Thiesen (2019) também observou diferenças quantitativas no óleo essencial de folhas da mesma espécie, tendo havido maior rendimento de óleo essencial na primavera, seguido por verão e uma maior quantidade de componentes do óleo essencial foi verificada no verão, no entanto, o inverno foi a estação com maior concentração dos componentes majoritários.

Em *Copaifera langsdorffii*, Almeida *et al.* (2014) verificaram diferenças no perfil químico do óleo essencial coletado nas estações seca e chuvosa encontradas em diferentes fitofisionomias (Floresta Estacional Semidecidual e Cerrado *strictu sensu*). Os resultados deste estudo demonstraram diferenças sazonais nos óleos essenciais que foram extraídos de plantas presentes na Floresta Estacional Semidecidual, enquanto aqueles obtidos de plantas localizadas no Cerrado não apresentaram diferenças significativas.

Variações quantitativas nos compostos especializados são mais comumente verificadas do que variações qualitativas. Estudo realizado por Silva *et al.* (2015) em coletas sazonais de folhas de *Nectandra grandiflora* verificou maior produção de óleo essencial na primavera e menor no inverno, o mesmo sendo observado por Amaral

(2008) com o estudo dos ramos de *Eremanthus glomerulatus* (Asteraceae) coletados por período aproximado de dois anos.

Com os diferentes resultados relacionados com sazonalidade na coleta e análise química dos óleos essenciais das espécies nesses trabalhos agora citados, com variações tanto de ordem quantitativa quanto qualitativa, verifica-se que investigar o comportamento sazonal de qualquer espécie que se pretende aproveitar como um recurso medicinal, é um aspecto fundamental.

2.4 Dados da Fazenda Experimental de Edgárdia

O perímetro ao qual a Fazenda Experimental Edgárdia ocupa, situam-se duas províncias geomorfológicas: as *cuestas* basálticas, resultantes de rochas eruptivas de basalto e seus produtos de alteração; e as depressões periféricas, constituída por arenitos e sedimentos aluviais (Carvalho *et al.*, 1991). O solo predominante da área é do tipo Neossolo Litólico próximo ao Neossolo Flúvico (solos aluviais) (EMBRAPA, 1999).

Com relação à fisionomia vegetal predominante na Fazenda Experimental Edgária, alguns trabalhos a definem como Floresta Estacional Semidecídua ou Semidecidual (Cassola, 2008; Sato; Engel, 2017), com suas características que variam conforme localização (encosta/não encosta), variações na abundância e riqueza de espécies conforme diferentes graus de regeneração da floresta e ainda em função de características edáficas dos locais (Fonseca; Rodrigues, 2000; Moreira, 2007; Sivicasa, 2020).

As alterações antrópicas, havidas ao longo da história de ocupação dessa área, com diferentes ecounidades, nos fragmentos florestais existentes, como extração seletiva de madeira, entrada de gado, alterações por efeito do fogo e implementação de culturas agrícolas (Sivicasa, 2020), resultaram em diferenças sucessionais, conforme descrito por Cassola (2008), que estudou três áreas na Fazenda Experimental Edgárdia, com diferentes níveis de perturbação e verificou que as que se apresentavam mais maduras, tinham maior altura de dossel e maiores diâmetros, seguidas por uma área onde a mata secundária é dominada por espécies comuns a fases sucessionais precoces com mosaico silvático em alto dinamismo e a terceira área com mata altamente alterada quanto à sua estrutura e função, com grandes clareiras com alta colonização de trepadeiras e lianas, com tendência à degradação.

Jorge *et al.* (2015), também encontraram na mesma área, alterações na composição florística e estrutura horizontal da vegetação de um fragmento da floresta estacional semidescidual, com padrões de distribuição diamétrica de sete espécies arbóreas, mostrando uma atenuação da perturbação antropogênica.

As alterações por atividade antrópica também foram estudadas por Yanagizawa e Maimoni-Rodella (1999), na floresta da região de Botucatu, na Fazenda Experimental Lageado, vizinha à Fazenda Experimental Lageado, e pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas - UNESP – Botucatu, analisando a composição florística e estrutural de comunidade de plantas do estrato herbáceo, mostrando variações havidas na riqueza de espécies nas amostras realizadas.

Mesmo com a predominância da fisionomia de Floresta Estacional Semidecidual, a Fazenda Experimental Edgárdia pode ser considerada como inserida dentro de um ecótono. Segundo Milan e Moro (2016), o termo ecótono se refere a uma zona de tensão entre dois ecossistemas, ou seja, uma área limítrofe onde se identificam elementos constituintes de ambos os ecossistemas, de forma a caracterizar um ecossistema ‘híbrido’. Segundo os mesmos autores, esta zona de ‘fusão’ entre os diferentes ecossistemas apresenta uma constante competição entre os elementos característicos de cada um, sofrendo interferência de um sobre o outro, resultando em parâmetros ecossistêmicos específicos destes ambientes. Assim sendo, pode-se considerar que ecótono é uma mistura florística entre tipos de vegetação.

A Fazenda Experimental de Edgárdia apresenta uma grande diversidade de espécies animais e vegetais, como foi demonstrado através de um levantamento realizado na área, ao qual se identificaram mais de 130 espécies vegetais. Dentre estas, constam aquelas pertencentes a gêneros citados na lista RENISUS. Tais como: *Schinus terebinthifolia*, *Vernonia* sp. (assa-peixe), *Cordia trichotoma*, *Croton floribundus*, *Croton urucurana*, *Bauhinia fortificata*, *Copaifera langsdorffii*, *Erythrina falcata*, *Machaerium scleroxylon*, *Eugenia uniflora*, *Psidium guajava*, *Casearia gossypiosperma* (pau-espeto), *Casearia sylvestris* (Alves, 2009).

Relativamente ao ecótono Cerrado/Floresta Estacional Semidecidual, há trabalhos mostrando as diferentes características fisionômicas em áreas próximas à região a ser estudada, como o de Pinheiro & Monteiro (2008), com a florística de uma área em Bauru – SP e outra em Mogi-Guaçu, SP (Souza, 2014), além de ter um terceiro trabalho mostrando aspectos florísticos e estruturais em três áreas no município de Pratânia, vizinho a Botucatu (Ishara, 2010), com diferenças entre esses

dois tipos de vegetação nas áreas envolvidas, confirmando o preceito enunciado anteriormente.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização geoclimática da área da Fazenda Edgárdia, Botucatu, São Paulo

A área estabelecida para a prospecção pertence à Fazenda Experimental Edgárdia. Esta é uma das três fazendas experimentais pertencentes à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP, Câmpus de Botucatu, Estado de São Paulo e apresenta uma área de aproximadamente 1200 hectares (ha).

Segundo Carvalho *et al.* (1991), a microbacia hidrográfica da Fazenda Experimental Edgárdia está inserida entre as seguintes coordenadas geográficas: 22° 47' 30" a 22° 50' latitude (S) e 48° 26' 15" a 48° 22' 30" de longitude (W). A altitude varia de 475 m a 725 m. A principal fisionomia vegetal é a Floresta Estacional Semidecidual (IBGE, 1992) ocorrendo na área de transição da depressão periférica para cuesta basáltica. A Fazenda Experimental possui áreas de ocupação antrópica e outros componentes de paisagem.

Ainda de acordo com o mesmo trabalho referido acima, a região do município de Botucatu corresponde ao clima Temperado (Mesotérmico – Cfa), segundo a classificação de Köppen. Esta região apresenta uma precipitação média anual de 1.516 mm, com temperatura máxima média de 23°C e temperatura mínima média de 17°C, resultando em uma temperatura média de 20°C.

3.2 Seleção dos gêneros investigados

Foi realizado um levantamento bibliográfico a partir de Cronquist (1981, 1988), Jones e Luchsinger (1986) e Stace (1989), buscando menções à produção de óleos essenciais em gêneros botânicos aos quais as plantas citadas na lista RENISUS pertencem. Após a confirmação dos gêneros com potencial produção de óleos essenciais pela revisão bibliográfica, realizaram-se buscas pelas espécies aparentadas botanicamente na área de interesse para a prospecção.

3.3 Coleta, beneficiamento e secagem do material vegetal

Foram coletadas as folhas das espécies de interesse, em áreas caracterizadas pela fitofisionomia de Floresta Estacional Semidecidual nos arredores da Fazenda Experimental de Edgárdia no município de Botucatu, SP. No total, foram coletadas 18 espécies, estas tiveram suas folhas coletadas de um mesmo indivíduo em dois estações climáticas distintas, estação seca (11 de abril a 30 de agosto de 2022) e chuvosa (19 de janeiro a 22 de fevereiro de 2023).

Foram anotadas a data e localização geográfica de cada espécie coletada com a utilização de GPS e inseridas no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado (SisGen) do Ministério do Meio Ambiente e Mudança de Clima (cadastro de acesso: AE41837). As coordenadas também foram utilizadas para elaborar um mapa no software QGIS.

Na primeira coleta as plantas foram marcadas para obter material da mesma planta na segunda coleta. O material foi armazenado em sacos plásticos e transportado ao laboratório do Setor de Horticultura do Departamento de Produção Vegetal da FCA – UNESP para limpeza, fracionamento e secagem em estufas com circulação forçada de ar a 40° C. até atingir peso constante (Correa Jr. *et al.*, 2006). Posteriormente, foram acondicionados em sacos de papel kraft e identificados.

As estações seca e chuvosa foram estabelecidas a partir de mapas climáticos obtidos no Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP – Botucatu, identificando os picos referentes à precipitação pluviométrica e temperatura média (seca – Julho/Agosto, e chuvosa – Janeiro/Fevereiro), apresentados por Sivilis (2020).

3.4 Dados climáticos

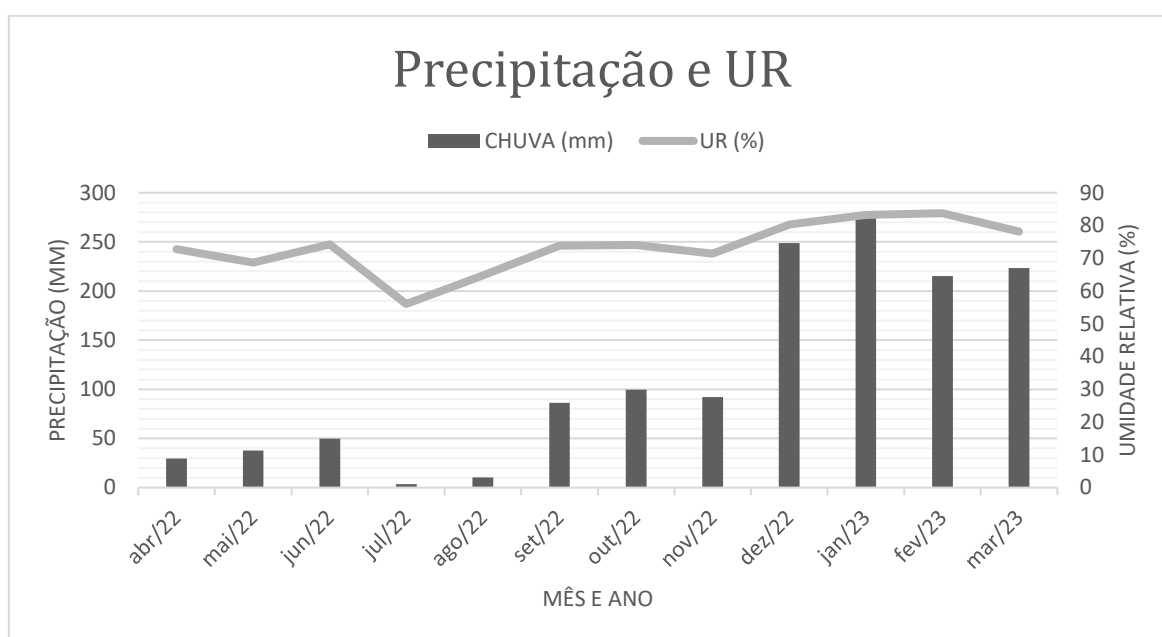
Os dados climáticos registrados no período que compreendeu as coletas foram tabulados e estão demonstrados nos gráficos abaixo.

De acordo com o gráfico de representação da precipitação média e umidade relativa (Gráfico 1), é possível observar que, no ano de 2022, na região de coleta das espécies de interesse, a estação caracterizada pelo menor índice de precipitação e umidade relativa do ar compreendeu os meses de abril a agosto. Em contrapartida, a

estação com maior precipitação e umidade relativa abrangeu os meses de dezembro a fevereiro de 2023.

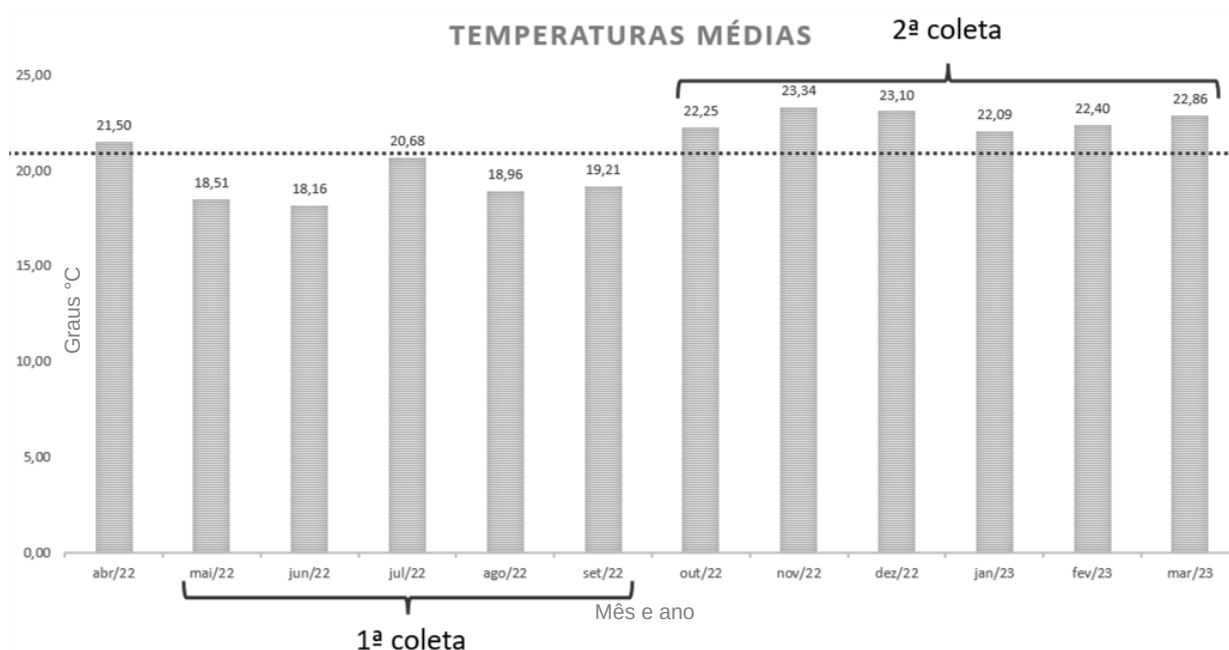
O mês mais seco foi julho, que registrou uma umidade relativa média de 56,04% e uma precipitação mínima de 3,56 mm de chuva. Por outro lado, o mês de janeiro, apresentou uma umidade relativa média de 83,2% e uma precipitação de 275,58 mm de chuva, tornando-o o mês de maior precipitação dentre as estações de coleta.

Gráfico 1 - Representação da precipitação e média de umidade relativa nas estações de coleta, no município de Botucatu – SP



No gráfico de temperaturas médias mensais (Gráfico 2), é possível observar que, durante o intervalo compreendido entre maio e setembro de 2022, as temperaturas médias permaneceram abaixo de 21°C. Por outro lado, no período abrangido entre outubro e março de 2023, as temperaturas médias se apresentaram consistentemente acima de 22°C. Nota-se que a temperatura média mínima registrada no mês de junho foi de 18,16°C, enquanto a temperatura média máxima, por sua vez, ocorreu no mês de novembro, atingindo 23,34°C. Houve diferença significativa entre as temperaturas médias observadas nas diferentes estações de coleta segundo o teste t-pareado.

Gráfico 2 - Temperaturas médias mensais observadas nas estações de coleta, no município de Botucatu – SP



3.5 Preparo das exsicatas e identificação botânica

As espécies vegetais que apresentaram ramos com inflorescências ou frutos no momento da coleta tiveram parte do material fértil separado para a identificação realizada pelo Prof. Dr. Lin Chau Ming da Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Botucatu -SP. Em seguida as exsicatas foram preparadas e depositadas no Herbário “Irina Delanova de Gemtchújnicov - BOTU” do Instituto de Biociências da UNESP, Botucatu- SP e cadastradas sob os seguintes números de voucher: 36623 (*Baccharis* spp.); 36624 (*Cordia superba*); 36625 (*Croton floribundus*); 36627 (*Croton urucurana*); 36626 (*Bauhinia fortificata*); e 36628 (*Copaifera langsdorffii*).

3.6 Extração e rendimento do óleo essencial das folhas (ROE)

Os óleos essenciais foram extraídos por hidrodestilação, em aparato tipo Clevenger, em triplicata, por 90 minutos. Foram utilizadas entre 150 e 200 g de biomassa seca (folhas trituradas em moinho), que foram adicionadas em balão de fundo redondo com capacidade de 2000 mL juntamente com adição de 1000 mL de água destilada. Após a extração, os óleos essenciais foram armazenados em frascos de vidro âmbar, com tampa de rosca e batoque, identificados e mantidos em freezer

a 4°C. O rendimento das amostras de óleos essenciais foi calculado em função da massa (g) de óleo extraído e a massa (g) de planta seca.

3.7 Caracterização da composição química dos óleos essenciais

Os óleos essenciais foram analisados no Laboratório de Produtos Naturais, do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Recursos Genéticos Vegetais do Instituto Agronômico, em Campinas, SP.

As análises dos óleos essenciais foram realizadas em cromatógrafo a gás Thermo Scientific (modelo TRACE 1300 Series GC) equipado com detector de ionização em chamas (DIC), espectrômetro de massas (modelo ISQ 7000) e injetor automático Triplus RSH, com coluna capilar Rtx-5 MS (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm), com vazão de gás de arraste (hélio, 99,9999% de pureza) de 1,0 mL.min⁻¹ no seguinte programa de temperatura: 60°C - 240°C, 3°C.min⁻¹. O espectrômetro de massas (EM) operou no modo *full scan*, por impacto de elétrons (70 eV) e faixa de aquisição de 40 a 450 m/z. A temperatura da interface foi mantida em 230°C e do detector a 250°C.

A identificação das substâncias foi efetuada por meio da análise comparativa dos espectros de massas com as bibliotecas National Institute of Standards and Technology (NIST 14); Flavour & Fragrance Natural & Synthetic Compounds (FFNSC3) e os índices de retenção linear das substâncias (IRL) com a literatura (Adams, 2017). Os índices de retenção linear foram obtidos a partir da injeção de uma série de *n*-alcanos (C₉-C₂₄, Sigma-Aldrich, 99%) nas mesmas condições cromatográficas das amostras, aplicando-se a equação de Van den Dool e Kratz (1963).

3.8 Avaliação da atividade antimicrobiana dos óleos essenciais

Os testes de atividade antimicrobiana foram conduzidos em colaboração com a Profa. Dra. Marta Cristina Teixeira Duarte no Centro Pluridisciplinar de Pesquisas Químicas, Biológicas e Agrícolas (CPQBA) – Divisão de Microbiologia na Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas - SP.

Foi realizada a triagem *in vitro* da atividade antimicrobiana de óleos essenciais pelo Método da Microdiluição (CLSI, 2002; CLSI, 2012), para os seguintes micro-organismos: *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 13388), *Candida albicans* (ATCC

10231), *Bacillus cereus* (ATCC 14579), *Escherichia coli* (ATCC 11775), *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538) e *Staphylococcus epidermides* (ATCC 12228).

A triagem foi feita para os óleos essenciais das espécies que apresentaram maior rendimento de óleo essencial: *Baccharis dracunculifolia*, *Mikania* spp., *Bauhinia fortificata*, *Copaifera langsdorffii*, *Machaerium scleroxylon*, *Croton floribundus*, *Croton urucurana*, *Eugenia uniflora*, *Psidium guajava* e *Casearia sylvestris*. Os óleos essenciais foram solubilizados em solução aquosa de Tween 80 (0,1 %), e a solução agitada em vortex até a formação de uma emulsão. As concentrações máximas testadas foram de 2 mg/mL.

Os inóculos padronizados de bactérias foram preparados seguindo o protocolo M7-A6 (CLSI, 2012). Após ajustar a concentração das soluções bacterianas, foram transferidos 6 mL da solução para 3 mL do meio de cultura (Caldo Mueller Hinton ou BHI), resultando em microplacas inoculadas com concentrações de 5×10^5 UFC/mL ao final do procedimento.

Em relação ao inóculo de levedura (*Candida albicans*), este foi preparado após 48h de cultivo a 35°C no meio ágar Sabouraud. Após a homogeneização em solução salina, a densidade óptica foi ajustada para $5,0 \times 10^6$ UFC/mL. A partir da solução padronizada, diluições seriadas resultaram em $5,0 \times 10^4$ UFC/mL. Por fim, uma alíquota foi transferida para o caldo RPMI-1640, atingindo $2,5 \times 10^3$ UFC/mL ($2,5 \times 10^2$ UFC/100µL), conforme NCCLS (2002).

O teste da microdiluição para determinação da concentração mínima inibitória (MIC) foi feito utilizando uma microplaca de 96 poços. Nos poços foram depositados 100 µL de caldo RPMI-1640, seguido pela deposição do óleo essencial em concentrações que variaram de 2 a 0,031 mg/mL. Na sequência, foi adicionado o inóculo padronizado, seguindo para a incubação das placas. Para as bactérias, as placas foram incubadas em estufa a 25°C por 24 h ou 48 h. Decorrido o período de incubação, foram depositados em todos os poços 50 µL de solução 0,1% de cloreto de trifênil tetrazólio (TTC) e as placas re-incubadas por um período de 2 h. A MIC foi definida como a menor concentração que foi capaz de impedir o aparecimento de coloração vermelha, conferida ao meio quando as células apresentam atividade respiratória (NCCLS, 2012).

A determinação da concentração mínima bactericida (MBC) foi feita por meio de plaqueamento de 10 µL do material contido no poço correspondente ao de concentração mínima inibitória (MIC) e de todos os poços subsequentes de maior

concentração, no meio de cultura específico para cada micro-organismo. Posteriormente, as placas foram incubadas a 36°C por 24 a 48 h para as bactérias. A MIC é definida como as concentrações mínimas capazes de inibir crescimento o bacteriano em meios de cultura sólidos específicos (CLSI, 2005). A MBC é definida como a menor concentração capaz de causar a morte (99,9%) do micro-organismo.

Foram incluídos nos testes um bactericida (Cloranfenicol) e um fungicida (Nistatina) como controles, além de controles para a confirmação da esterilidade do meio de cultura e da viabilidade do inóculo.

3.9 Análises estatísticas

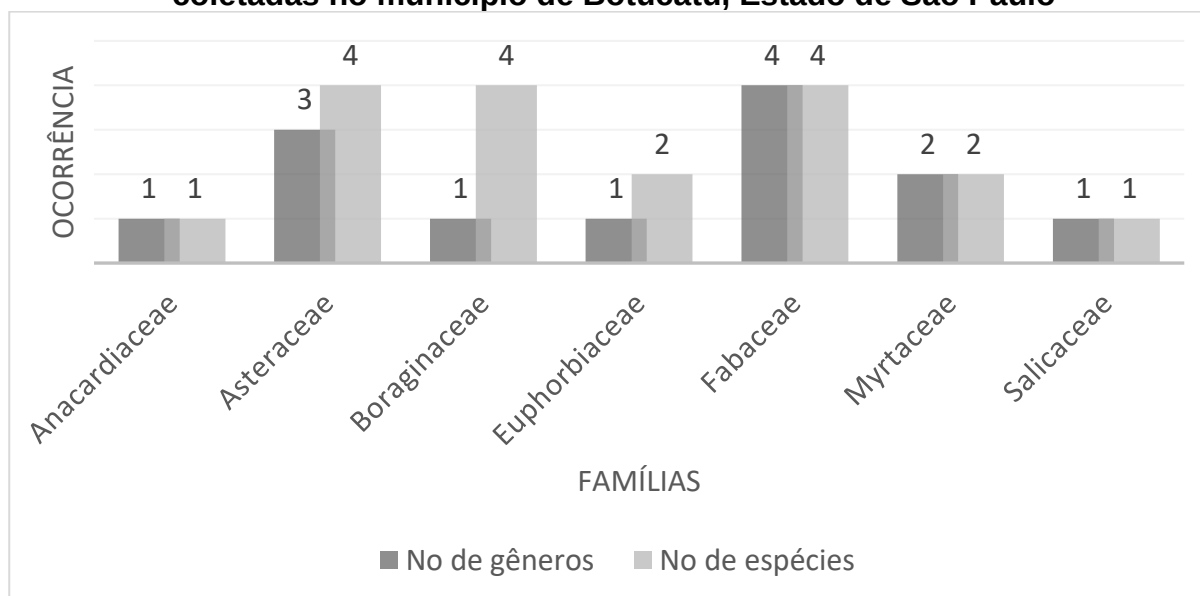
Os dados foram analisados estatisticamente através do software Minitab 19, utilizando o teste t pareado a 5% de significância para verificar diferenças sazonais no rendimento e porcentagem relativa das substâncias majoritárias identificadas em cada espécie. A normalidade dos dados foi verificada antes de realizar o teste. Ainda com a utilização do software MetaboanalystR (Xia *et al.*, 2015), foi realizada a análise multivariada dos dados através da Análise de Componentes Principais (ACP) e mapas de calor com base na distância Euclidiana, indicando dissimilaridade dos indivíduos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Famílias botânicas, gêneros e espécies coletadas no município de Botucatu – SP

A bioprospecção na área de interesse resultou em amostras com maior diversidade de gênero e espécies nas famílias Asteraceae (três gêneros e quatro espécies), Fabaceae (quatro gêneros e quatro espécies) e Myrtaceae (dois gêneros e duas espécies), enquanto se obteve menor diversidade de gêneros nas famílias Cordiaceae (Boraginaceae), com quatro espécies pertencentes ao gênero *Cordia*; e Euphorbiaceae (duas espécies do gênero *Croton*), de acordo com os resultados de identificação botânica (Gráfico 3) como demonstrado no Gráfico 3.

Gráfico 3 - Perfil taxonômico de gêneros e espécies das 7 famílias botânicas coletadas no município de Botucatu, Estado de São Paulo



A lista das espécies coletadas, localização geográfica e data de coleta estão demonstradas na Tabela 1.

Quadro 2 - Relação de espécies coletadas nas estações seca e chuvosa no município de Botucatu – SP, de acordo com suas famílias botânicas

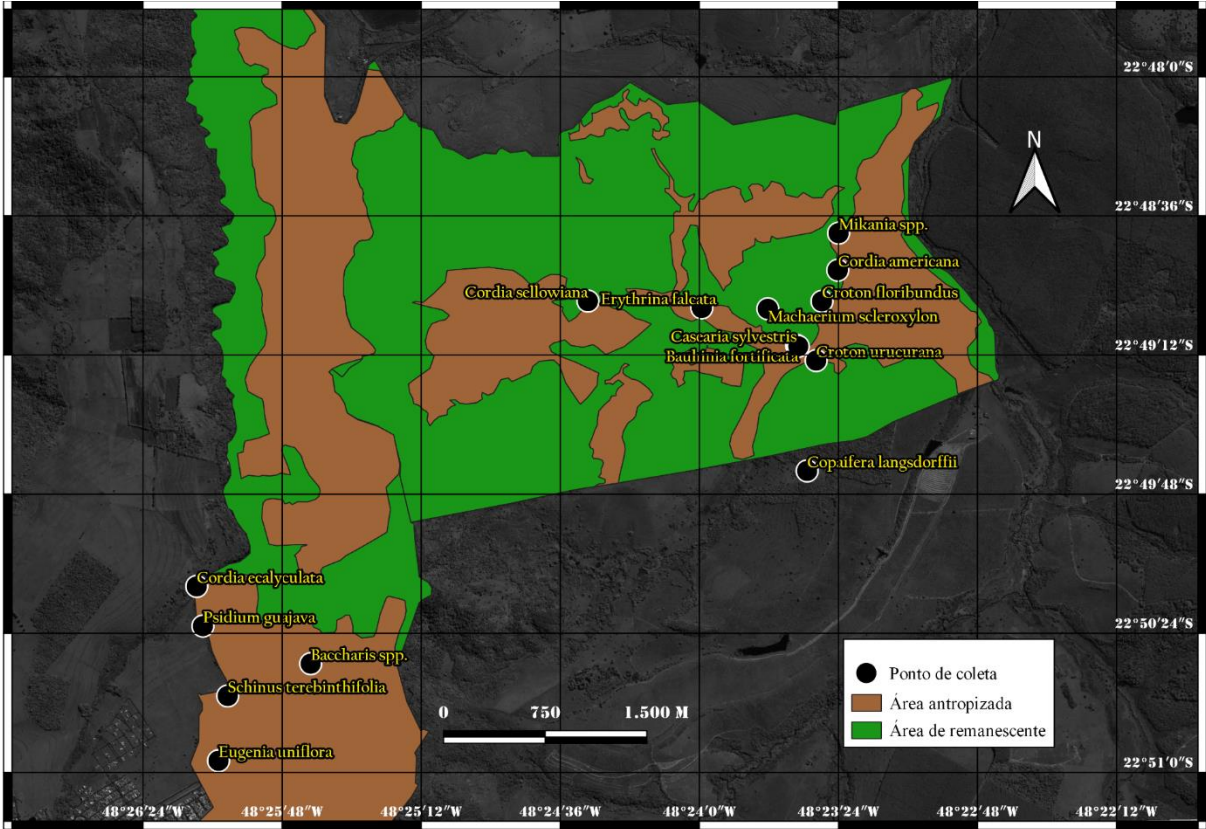
Família	Espécie	Localização	Data coleta 1	Data coleta 2
Anacardiaceae	<i>Schinus</i>	S 22° 50,67'; W	04/07/2022	16/02/2023
	<i>terebinthifolia</i>	48° 26,03'		
Asteraceae	<i>Baccharis</i>	S 22° 51,31'; W	30/05/2022	16/02/2023
	<i>dracunculifolia</i>	48° 26,22'		
	<i>Baccharis</i> spp. (carqueja)	S 22° 50,53'; W 48° 25,68'	13/06/2022	13/02/2023
	<i>Mikania</i> <i>glomerata</i>	S 22° 48,67'; W 48° 23,40'	16/05/2022	19/01/2023
	<i>Vernonanthura</i> <i>polyanthes</i>	S 22° 59,5'; W 48° 26,8'	30/08/2022	22/02/2023
Cordiaceae	<i>Cordia</i> <i>americana</i>	S 22° 48,83'; W 48° 23,40'	07/06/2022	19/01/2023
	<i>Cordia</i> <i>ecalyculata</i>	S 22° 50,20'; W 48° 26,17'	13/06/2022	13/02/2023
	<i>Cordia</i> <i>sellowiana</i>	S 22° 48,97'; W 48° 24,48'	13/06/2022	06/02/2023
	<i>Cordia</i> <i>superba</i>	S 22° 51,4'; W 48° 28,00'	13/06/2022	13/02/2023
Euphorbiaceae	<i>Croton</i> <i>floribundus</i>	S 22° 48,97'; W 48° 23,47'	11/04/2022	19/01/2023
	<i>Croton</i> <i>urucurana</i>	S 22° 49,22'; W 48° 23,50'	23/05/2022	06/02/2023
Fabaceae	<i>Bauhinia</i> <i>forficata</i>	S 22° 49,16'; W 48° 23,56'	04/07/2022	13/02/2023
	<i>Copaifera</i> <i>langsdoeffii</i>	S 22° 49,70'; W 48° 23,54'	23/05/2022	13/02/2023
	<i>Erythrina</i> <i>falcata</i>	S 22° 49,00'; W 48° 23,99'	13/06/2022	13/02/2023
	<i>Machaerium</i> <i>scleroxylon</i>	S 22° 49,00'; W 48° 23,70'	07/06/2022	16/02/2023
Myrtaceae	<i>Eugenia</i> <i>uniflora</i>	S 22° 50,95'; W 48° 26,07'	04/07/2022	16/02/2023

	<i>Psidium guajava</i>	S 22° 50,37'; W 48° 26,14'	04/07/2022	13/02/2023
Salicaceae	<i>Casearia sylvestris</i>	S 22° 49,15'; W 48° 23,58'	11/04/2022	19/01/2023

(1): estação seca, (2): estação chuvosa

A partir das coordenadas geográficas foi elaborado um mapa utilizando uma imagem pancromática das áreas das Fazendas Experimentais de Edgárdia e Lageado no município de Botucatu – SP, obtida do satélite CBERS-4. Cada ponto preto no mapa representa a localização da espécie coletada (Figura 2).

Figura 2 - Mapa de coordenadas geográficas elaborado com imagens de satélite



4.2 Rendimento dos óleos essenciais

Ao analisar os resultados de rendimento, nota-se que, entre as sete famílias botânicas examinadas, apenas a família Cordiaceae apresentou baixos rendimentos de óleos essenciais entre todas as espécies do gênero *Cordia* (< 0,05%) nas estações seca e chuvosa. Destacaram-se, em termos de rendimento, as seguintes espécies:

Casearia sylvestris (0,81%;0,75%) da família Salicaceae, *Copaifera langsdorffii* (0,49%;0,29%) da família Fabaceae, *Baccharis dracunculifolia* (0,34%;0,39%) e *Mikania* spp. (0,31% na estação chuvosa) da família Asteraceae; e *Eugenia uniflora* (0,25%;0,36%) da família Myrtaceae (Tabela 1).

Foram observadas diferenças significativas no rendimento de óleos essenciais entre as coletas realizadas nas estações seca e chuvosa para as espécies a seguir: *Mikania* spp., *Vernonanthura polyanthes*, *Cordia americana*, *Cordia superba*, *Croton floribundus*, *Croton urucurana*, *Bauhinia forficata* e *Erythrina falcata*.

Tabela 1 - Rendimento médio (%) de óleos essenciais das espécies coletadas na Floresta Estacional Semidecidual, Botucatu, Estado de São Paulo, em estação seca e chuvosa

Família	Espécie	Rendimento estação seca	Massa de OE obtida na estação seca (g)	Rendimento estação chuvosa	Massa de OE obtida na estação chuvosa(g)
Anacardiaceae	<i>Schinus terebinthifolia</i>	0,0267 ± 0,0153	0,2440	0,0273 ± 0,0151	0,1652
Asteraceae	<i>Baccharis dracunculifolia</i>	0,3467 ± 0,1185	2,5489	0,3968 ± 0,0101	2,3837
	<i>Baccharis</i> spp.	0,0100 ± 0	1,5949	0,0398 ± 0,023	0,1737
	<i>Mikania</i> spp *	0,0320 ± 0,0079	0,4951	0,3137 ± 0,0468	1,1528
	<i>Vernonanthura polyanthes</i> *	0,0018 ± 0,0023	0,0540	0,0263 ± 0,0030	0,1542
Cordiaceae	<i>Cordia americana</i> *	0,0005 ± 0	0,0428	0,0378 ± 0,0087	0,2343
	<i>Cordia ecalyculata</i>	0,0214 ± 0,0081	1,1515	0,0122 ± 0,0091	0,0734
	<i>Cordia sellowiana</i>	0,0014 ± 0	0,7630	0,0140 ± 0,0072	0,0842
	<i>Cordia superba</i> *	0,0005 ± 0	0,9564	0,0309 ± 0,0062	0,1840
Euphorbiaceae	<i>Croton floribundus</i> *	0,0253 ± 0,0160	0,8148	0,1153 ± 0,0338	0,7032
	<i>Croton urucurana</i> *	0,0222 ± 0,0051	0,2684	0,0823 ± 0,0158	0,4965
Fabaceae	<i>Bauhinia forficata</i> *	0,0051 ± 0,0011	0,7711	0,0233 ± 0,0077	0,1419
	<i>Copaifera langsdorffii</i>	0,4956 ± 0,0987	2,9720	0,2966 ± 0,0575	1,7910
	<i>Erythrina falcata</i> *	0,0005 ± 0	0,0375	0,0440 ± 0,0067	0,2624
	<i>Machaerium scleroxylon</i>	0,0031 ± 0,0019	0,5244	0,0284 ± 0,0180	0,1713
Myrtaceae	<i>Eugenia uniflora</i>	0,2592 ± 0,0777	1,5448	0,3673 ± 0,0660	2,2146

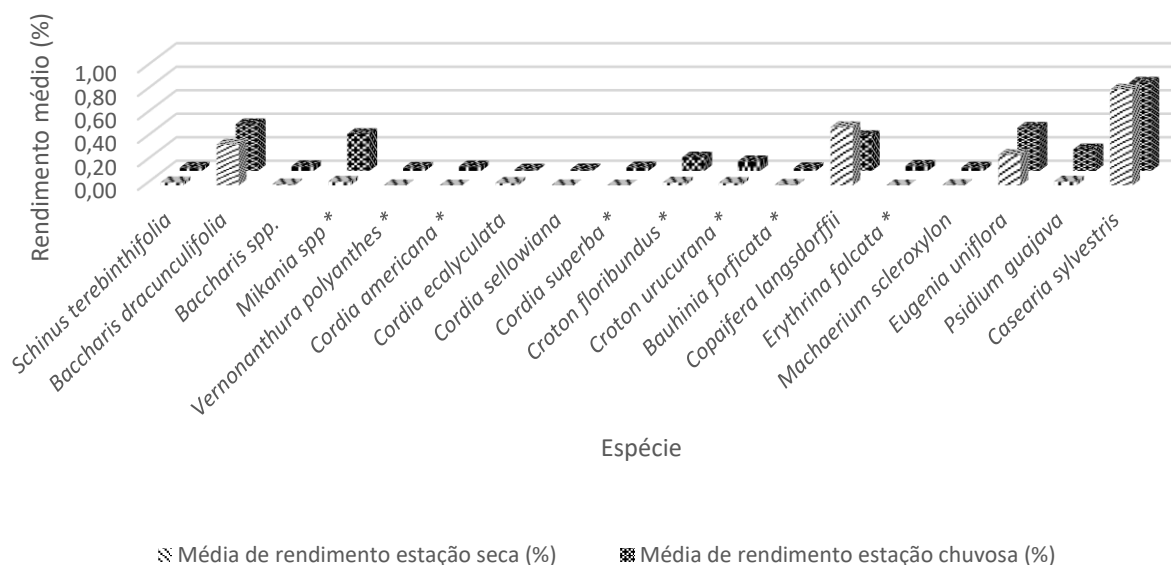
	<i>Psidium guajava</i>	0,0336 ± 0,0731	1,2865	0,1833 ± 0,0336	1,1075
Salicaceae	<i>Casearia sylvestris</i>	0,8156 ± 0,071	4,3484	0,7511 ± 0,243	4,5461

*= indica que houve diferença significativa no rendimento médio de óleo essencial à 5% de significância no teste t pareado

Dentre as espécies avaliadas na família Fabaceae, destacou-se em termos de rendimento o OE extraído das folhas de *C. langsdorffii* (0,49%;0,29%), planta vastamente explorada por produzir um óleo-resina com propriedades medicinais, dentre elas, a ação anti-inflamatória, atribuída ao elevado teor de (*E*)-cariofileno. Por outro lado, as outras três espécies desta família apresentaram rendimentos de óleo essencial relativamente baixos nas duas estações de coleta (abaixo de 0,05%).

Observa-se que entre as espécies que apresentaram diferenças significativas em seus rendimentos, todas obtiveram maiores valores nas coletas realizadas na estação chuvosa (Gráfico 4).

Gráfico 4 - Rendimento médio (%) dos óleos essenciais das espécies coletadas na Floresta Estacional Semidecidual, Botucatu, Estado de São Paulo, obtidos em estação seca e chuvosa



* = indica que houve diferença significativa no rendimento médio de óleo essencial à 5% de significância no teste t pareado

O rendimento de óleos essenciais é um aspecto que afeta a tomada de decisão em pesquisas de bioprospecção e influencia as estratégias que terão de ser tomadas caso se identifiquem compostos de potencial aplicação. Por exemplo o óleo essencial

de *Eugenia uniflora*, em que se exige rendimentos médios acima de 0,8% do derivado vegetal (ANVISA, 2019).

Portanto, as espécies que se destacaram em termos de rendimentos tiveram seus óleos essenciais separados para a realização dos testes *in vitro* para atividade antimicrobiana.

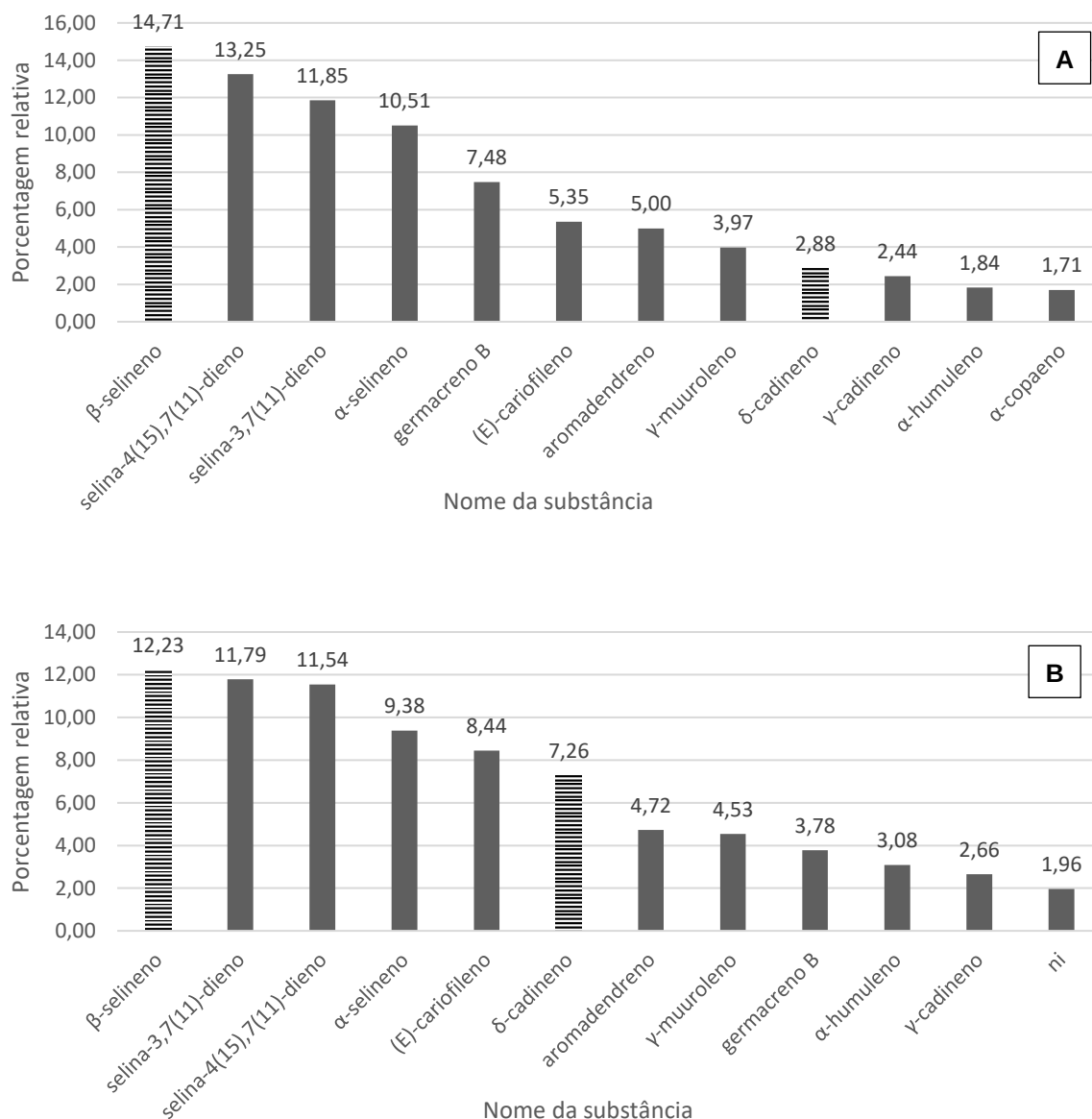
4.3 Resultado da composição química dos óleos essenciais das espécies coletadas

4.3.1 Família Anacardiaceae

***Schinus terebinthifolia* Raddi.**

A análise por CG-EM possibilitou a identificação de 39 substâncias nos óleos essenciais obtidos nas duas épocas de coleta. Dos compostos identificados, os majoritários são β -selineno (14,71%;12,23%), selina-4(15),7(11)-dieno (13,25%;11,54%), selina-3,7(11)-dieno (13,25%;11,79%), α -selineno (10,51%;9,38%), (*E*)-cariofileno (5,35%;8,44%), δ -cadineno (2,88%;7,26%) e dentre os quais, somente β -selineno (14,71%;12,23%) e δ -cadineno (2,88%;7,26%) apresentaram diferenças significativas entre as coletas das estações seca e chuvosa, conforme evidenciado no teste t pareado. Nota-se que a porcentagem de β -selineno diminuiu durante a estação chuvosa, enquanto houve um aumento na porcentagem de δ -cadineno (Gráfico 5).

Gráfico 5 - Proporções relativas médias (%) das substâncias identificadas no óleo essencial de *Schinus terebinthifolia* na estação seca (A) e chuvosa (B).



Os resultados observados divergiram em relação a estudos anteriores de caracterização química realizados com a mesma espécie. Por exemplo, Barbosa, Demuner e Clemente (2007) identificaram *p*-cimeno, (*Z*)- β -ocimeno, (*E*)-cariofileno e germacreno *D* como compostos majoritários, com proporções relativas variáveis ao longo do ano. Já em um estudo de Santana *et al.* (2012) sobre atividade citotóxica, os principais compostos identificados no óleo essencial de *Schinus terebinthifolius* foram β -longipineno, germacreno *D*, biciclogermacreno, α -pineno e β -pineno, sendo que a atividade citotóxica foi atribuída à presença de α -pineno no óleo essencial.

No entanto, este composto não foi identificado na análise cromatográfica dos óleos em ambas as coletas realizadas. Por outro lado, o óleo essencial obtido de espécimes da cidade de Belém, Estado do Pará, apresentou os compostos limoneno, δ -3-careno e (*E*)-cariofileno em comum com os observados no presente estudo (Guimarães *et al.*, 2023). Como foi visto na revisão bibliográfica, os fatores ambientais podem provocar variações quantitativas e qualitativas no perfil de metabólitos especializados de espécies vegetais. Assim, as diferentes localidades de origem dos indivíduos de *Schinus terebinthifolia* nos estudos citados, podem estar associadas com esta variação observada e com a diferença de composição dos óleos essenciais em relação aos resultados do presente estudo.

Segundo as Informações Sistematizadas da Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao SUS elaborada para esta espécie, foram verificadas nas folhas frescas as seguintes substâncias predominantes: β -pineno, α -terpineol, β -elemeno, (*E*)-cariofileno, germacreno-*D*, biciclogermacreno, epi- α -murolol, δ -cadineno e α -cadinol, sendo a maioria sesquiterpenos (Brasil, 2021).

Tabela 2 - Proporções relativas médias (%) das substâncias identificadas nos óleos essenciais da espécie *Schinus terebinthifolia* Raddi. na estação seca (1ª coleta) e chuvosa (2ª coleta), Botucatu – SP

Nº	Substância	IRL exp	IRL lit	1ª coleta (%)	2ª coleta (%)
1	δ -3-careno	1013	1008	0,42	0,16
2	limoneno	1033	1024	0,70	0,31
3	linalol	1106	1095	0,21	0,11
4	n-nonanal	1112	1100	0,14	-
5	α -ylangeno	1374	1373	-	0,75
6	α -copaeno	1380	1374	1,71	1,67
7	β -elemeno	1394	1389	0,65	0,33
8	α -gurjuneno	1411	1409	-	0,4
9	(<i>E</i>)-cariofileno	1425	1417	5,35	8,44
10	ni	1433		0,61	0,41
11	β -copaeno	1436	1430	0,38	0,53
12	ni	1440		0,45	0,41
13	aromadendreno	1444	1439	5,00	4,72
14	selina-5,11-dieno	1452	1447	0,74	0,75
15	α -himachaleno	1456	1449	1,23	1,37
16	α -humuleno	1462	1452	0,55	3,08
17	9-epi-(<i>E</i>)-cariofileno	1466	1464	0,59	0,78
18	selina-4,11-dieno	1479	1476	1,67	1,82
19	γ -muuroleno	1481	1478	3,97	4,53
20	α -amorfenos	1485	1479	0,59	0,82
21	germacreno <i>D</i>	1487	1480	1,53	0,96

22	ni	1490		0,66	0,46
23	cis-eudesma-6, 11-dieno	1493	1489	0,33	-
24	β -selineno	1496	1489	14,71	12,23
25	γ -amorfenol	1499	1495	0,85	-
26	α -selineno	1503	1498	10,51	9,38
27	α -muuroleno	1504	1500	1,84	1,93
28	δ -amorphenol	1509	1511	-	0,56
29	γ -cadineno	1520	1513	2,44	2,66
30	δ -cadineno	1524	1522	2,88	7,26
31	ni	1526		0,74	-
32	cis-calameneno	1530	1528	1,00	0,50
33	ni	1532		-	0,16
34	ni	1539		0,36	1,96
35	selina-4(15),7(11)-dieno	1545	1545	13,25	11,54
36	selina-3,7(11)-dieno	1549	1545	11,85	11,79
37	germacreno B	1567	1559	7,48	3,78
38	ni	1583		0,12	-
39	espatulenol	1587	1577	1,17	0,63
40	óxido de cariofileno	1593	1582	0,65	-
41	viriflorol	1596	1592	0,40	0,29
42	epóxido de allo-aromadendreno	1644	1639	0,60	-
43	ni	1668		0,61	0,47
44	intermedeol	1672	1665	0,41	0,20
45	eudesm-7(11)-en-4-ol	1712	1700	-	0,14
Hidrocarbonetos monoterpênicos				1,12	0,47
Monoterpenos oxigenados				0,35	0,11
Hidrocarbonetos sesquiterpênicos				91,1	92,58
Sesquiterpenos oxigenados				3,23	1,26
Não identificados				3,55	3,87

ni = substância não identificada; (-) substância não detectada no óleo essencial; IRL exp = índice de retenção experimental; IRL lit = índice de retenção literatura (Adams, 2017)

4.3.2 Família Asteraceae

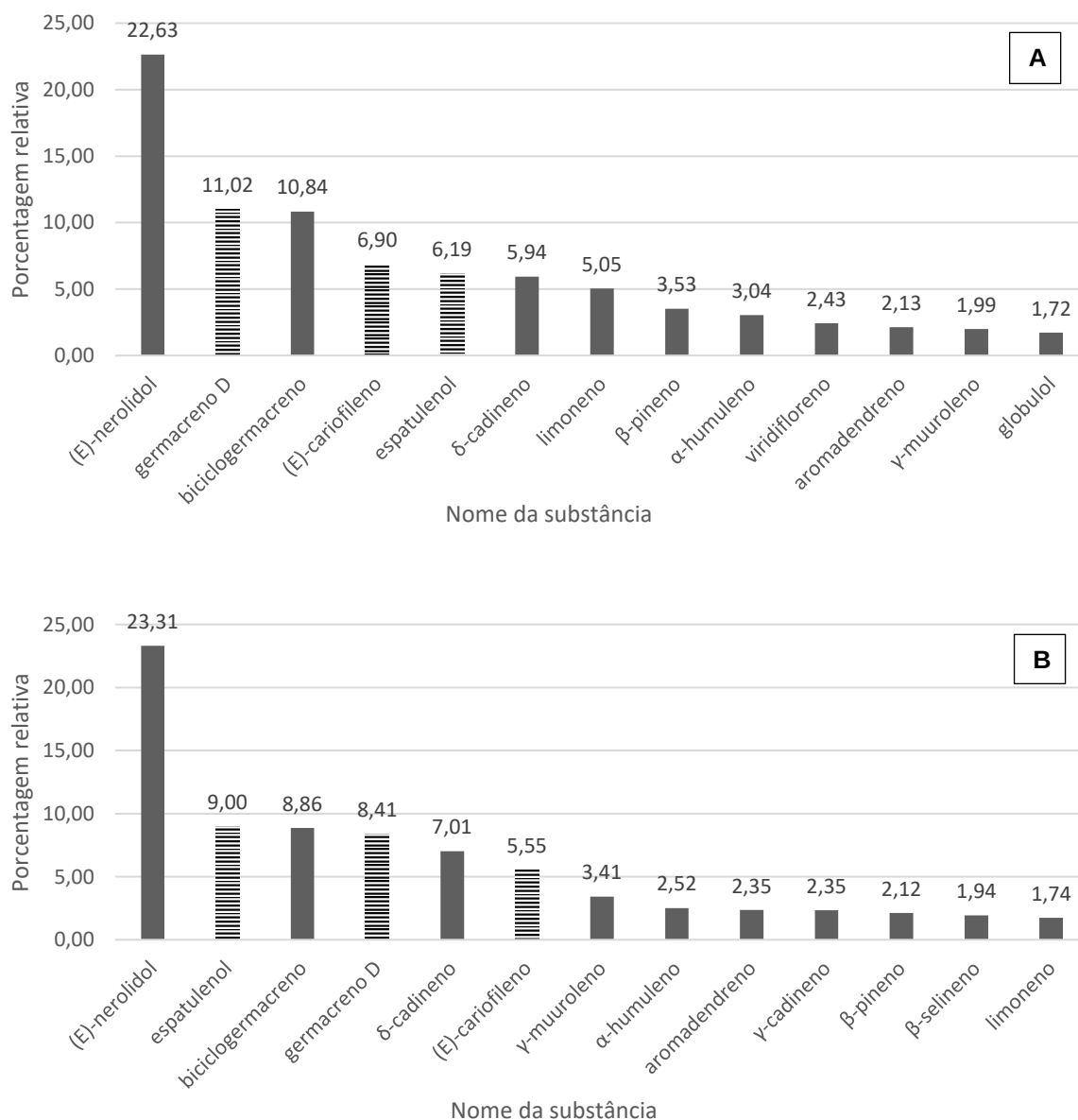
Ao analisar estatisticamente os compostos majoritários identificados na espécie *Baccharis dracunculifolia*, verificaram-se diferenças significativas pelo teste t pareado a 5% de significância para os seguintes compostos: (*E*)-cariofileno (6,90%;5,55%), espatulenol (6,19%;9,00%) e germacreno D (11,02%;8,41%). É importante destacar que tanto o (*E*)-cariofileno quanto o germacreno D apresentaram porcentagens mais baixas no verão em comparação com as observadas no inverno. Por outro lado, no caso do composto espatulenol, observou-se um comportamento inverso, com uma maior porcentagem durante o verão em comparação ao inverno.

Esta espécie apresentou os compostos (*E*)-cariofileno, biciclogermacreno, espatulenol e (*E*)-nerolidol em maiores proporções relativas. Em relação às proporções relativas da última substância citada, não foi observada uma variação significativa entre as duas coletas, registrando 22,63% durante a estação seca e 23,31% e na estação chuvosa (Gráfico 6). Foram obtidos altos rendimentos de óleo essencial em ambas as coletas sem apresentar uma variação significativa (0,34%;0,39%).

Vale ressaltar que o composto (*E*)-nerolidol é considerado um marcador em *B. dracunculifolia*, sendo o principal componente presente no óleo essencial desta espécie (Minteguiaga *et al.*, 2015). Ao avaliar a atividade biológica do óleo essencial de *B. dracunculifolia*, Parreira *et al.* (2010), atribuíram a presença de (*E*)-nerolidol com a atividade antileishmania. Além disso, o óleo essencial desta espécie também demonstrou atividade esquistossomicida.

Em um estudo conduzido por Cazella *et al.* (2019) sobre o óleo essencial de *B. dracunculifolia* obtido durante o período de floração, foram identificados compostos como heptacosano, β -pineno, biciclogermacreno, (*E*)-cariofileno e germacreno *D*. Os compostos majoritários foram o espatulenol (27%) e o *trans*-nerolidol (23%). Complementarmente, foram constatadas atividades antimicrobianas e antifúngicas por meio de testes *in vitro* aplicados sobre as bactérias *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* e *Pseudomonas aeruginosa*. Através de um levantamento bibliográfico realizado por Gazim *et al.* (2022), foram identificados diversos estudos que destacam atividades anti-inflamatórias, antiproliferativas, antimicrobianas e antiulcerativas nos óleos essenciais de *B. dracunculifolia*.

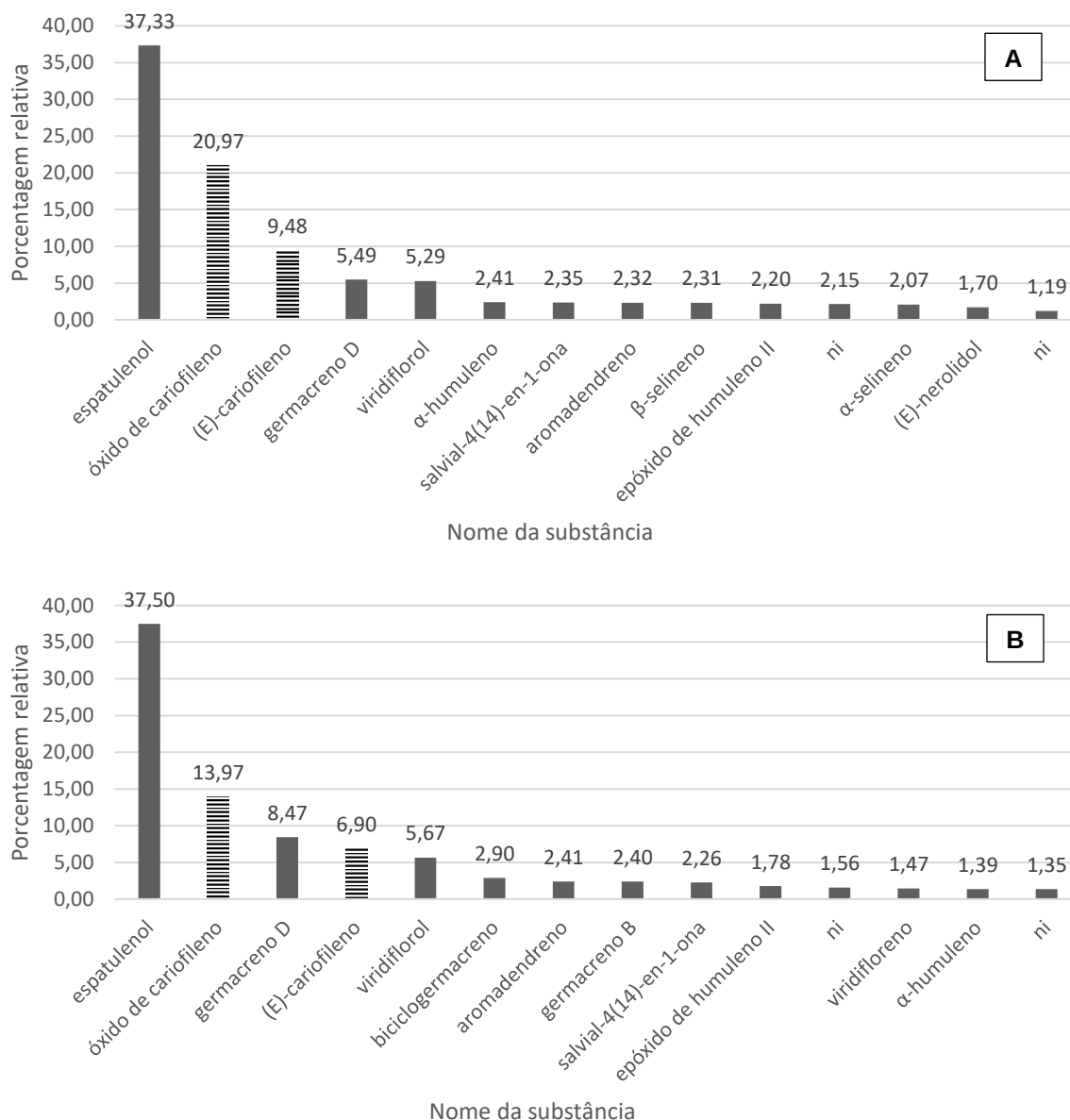
Gráfico 6 - Proporções relativas médias (%) das substâncias identificadas no óleo essencial de *Baccharis dracunculifolia* na estação seca (A) e chuvosa (B)



Em relação às substâncias majoritárias verificadas no óleo essencial de *Baccharis* spp. (Gráfico 7), foram identificados em maior proporção as substâncias (E)-cariofileno (9,48%;6,90%), germacreno D (5,49%;8,47%), espatulenol (37,33%;37,50%), óxido de cariofileno (20,97%;13,97%) e viridiflorol (5,28%;5,67%). A diferença estatisticamente significativa ocorreu apenas para os compostos (E)-cariofileno (9,48% e 6,90%) e óxido de cariofileno (20,97% e 13,97%). Em menor quantidade, verifica-se a presença de β -pineno, limoneno, linalol e β -eudesmol (Tabela 3). Destes citados, também foram detectados em uma análise do óleo essencial de *B. trimera* conduzida por Minteguiaga *et al.* (2018). Além dos compostos mencionados, nessa

análise, foram identificadas quantidades de carquejol, palustrol e ledol, geralmente presentes nesta espécie. Não houve diferença significativa no rendimento entre as coletas de inverno e verão.

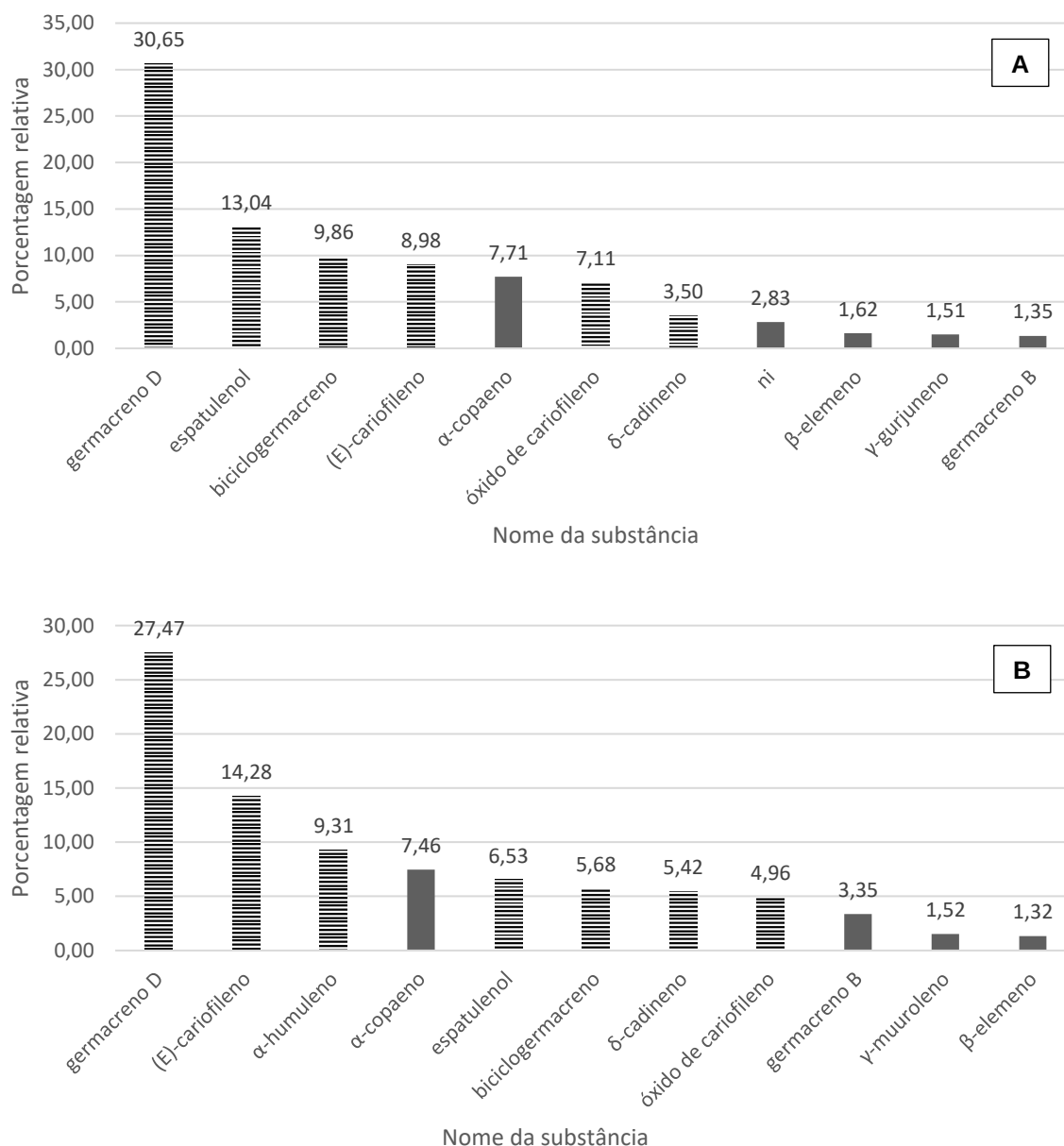
Gráfico 7 - Proporções relativas médias (%) das substâncias identificadas no óleo essencial de *Baccharis* spp. na estação seca (A) e chuvosa (B)



A respeito do óleo essencial do guaco (*Mikania* spp.), foram observadas diferenças estatisticamente significativas para o (E)-cariofileno (8,98%;14,28%), germacreno D (30,65%;27,47%), biciclogermacreno (9,86%-5,68%), espatulenol (13,04%;6,53%), óxido de cariofileno (7,11%;4,96%), α-humuleno (1,04%;9,31%) e δ-cadineno (3,50%;5,42%) entre as coletas das estações seca e chuvosa, conforme indicado pelo teste t-pareado. De acordo com o exposto, nota-se um aumento nas

porcentagens de (*E*)-cariofileno, α -humuleno e δ -cadineno, enquanto os demais compostos apresentaram uma redução em suas porcentagens (Gráfico 8).

Gráfico 8 - Proporções relativas médias (%) das substâncias identificadas no óleo essencial de *Mikania* spp. na estação seca (A) e chuvosa (B)

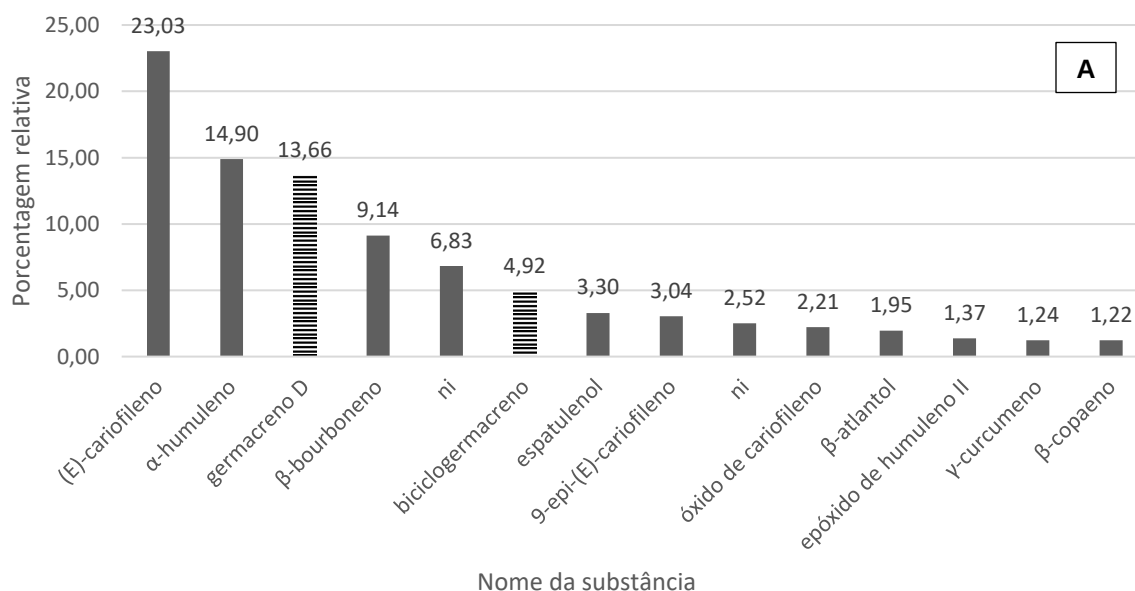


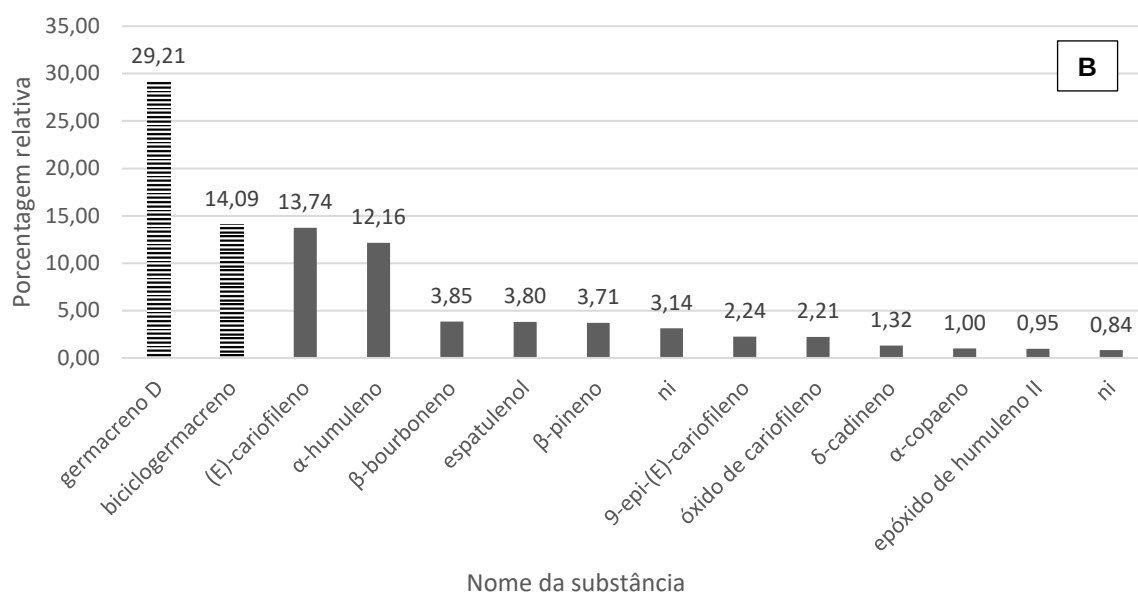
As plantas do gênero *Mikania* spp., conhecidas popularmente como guaco, têm uma presença difundida na cultura popular e são frequentemente utilizadas para tratar gripes acompanhadas de tosse.

O Programa Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos oferece uma monografia abrangente com descrições detalhadas sobre aspectos botânicos e farmacológicos dessas plantas. Embora haja bastante informação sobre os extratos

obtidos das folhas, estudos referentes à atividade biológica dos óleos essenciais ainda são limitados. Na mencionada monografia (Brasil, 2018), há um estudo específico sobre a atividade contra *Candida albicans* verificada no óleo essencial de *Mikania glomerata*, sem informação sobre o período específico de coleta do material. A composição química desse óleo essencial apresentou altas concentrações de *trans*-cariofileno, germacreno *D*, biciclogermacreno, germacreno *B*, espatulenol e óxido de cariofileno. No âmbito do presente estudo, em relação a *Mikania*, foi possível identificar muitos dos compostos mencionados acima. Em relação ao rendimento de óleo essencial, houve um aumento significativo na coleta feita na estação chuvosa.

Gráfico 9 - Proporções relativas médias (%) das substâncias identificadas no óleo essencial de *Vernonanthura polyanthes* na estação seca (A) e chuvosa (B)





Por fim, verifica-se as substâncias majoritárias identificadas no óleo essencial de *Vernonanthura polyanthes* (Gráfico 9). Dentre elas, destacam-se (E)-cariofileno (23,03%;13,74%), α-humuleno (14,90%;12,16%), germacreno D (13,66%;29,21%), β-bourboneno (9,14%;3,85%), biciclogermacreno (4,92%;14,09%) e espatulenol (3,30%;3,80%). Somente germacreno D e biciclogermacreno apresentaram diferenças significativas entre as coletas da estação seca e chuvosa de acordo com o resultado do teste t-pareado, indicando um incremento destas substâncias na coleta feita na estação chuvosa.

Tabela 3 - Proporções relativas médias (%) das substâncias identificadas nos óleos essenciais dos gêneros da família Asteraceae na estação seca (1) e chuvosa (2), Botucatu – SP

Nº	Substância	IRL exp	IRL lit	B. d 1	B. d 2	B. s 1	B. s 2	M 1	M 2	V 1	V 2
1	α-tujeno	927	924	0,05	0,05	-	-	-	-	-	-
2	α-pineno	935	932	0,99	0,82	-	-	-	-	-	0,39
3	sabineno	976	969	0,09	0,06	-	-	-	-	-	-
4	β-pineno	984	974	3,53	2,12	-	0,45	-	-	-	3,71
5	6-metil-5-hepten-2-ona	991	981	-	-	-	-	-	-	-	0,05
6	mirceno	991	988	0,54	0,25	-	-	-	-	-	-
7	p-cimeno	1030	1020	0,12	-	-	-	-	-	-	-
8	limoneno	1034	1024	5,05	1,74	-	0,20	-	-	-	-
9	(E)-β-ocimeno	1049	1044	-	-	-	0,16	-	-	-	-
10	γ-terpineno	1063	1054	-	0,04	-	-	-	-	-	-
11	linalol	1106	1095	0,41	0,16	-	0,31	-	-	-	-
12	n-nonanal	1112	1100	-	-	-	-	-	-	-	0,17

13	(E)-4,8-dimetil- 1,3,7-nonatrieno	1116	1113	0,23	0,10	-	-	-	-	-	-
14	terpinen-4-ol	1191	1174	-	0,06	-	-	-	-	-	-
15	1-trideceno	1293	1290	-	-	-	-	-	-	0,46	0,67
16	δ-elemeneno	1338	1335	-	-	-	-	0,15	0,19	-	-
17	α-cubebeno	1350	1348	0,40	0,82	-	-	-	0,22	-	-
18	etil-hidrocinaurato	1360	1351	-	0,13	-	-	-	-	-	-
19	n-undecanol	1356	1367	-	-	-	-	-	-	0,31	-
20	ciclosativeno	1374	1369	-	-	-	-	0,42	0,36	-	-
21	α-ilangeno	1374	1373	0,38	0,40	-	-	-	-	-	-
22	α-copaeno	1380	1374	0,62	0,98	-	-	7,71	7,46	0,71	1,00
23	β-bourboneno	1388	1387	-	0,17	-	-	-	-	9,14	3,85
24	β-cubebeno	1392	1387	-	-	-	-	-	0,51	-	-
25	β-elemeneno	1394	1389	0,80	0,20	-	-	1,62	1,32	-	0,74
26	cipereno	1409	1398	-	-	-	-	0,92	-	-	-
27	α-gurjuneno	1411	1409	0,66	0,55	-	0,30	-	-	-	-
28	(E)-cariofileno	1425	1417	6,90	5,55	9,48	6,90	8,98	14,28	23,03	13,74
29	β-copaeno	1436	1430	-	0,90	-	-	0,20	0,40	1,22	0,82
30	aromadendreno	1444	1439	2,13	2,35	2,32	2,41	-	-	0,56	-
31	guaia-6,9-dieno	1452	1442	-	0,37	-	-	-	-	-	-
32	cis-muurolo-3,5- dieno	1456	1448	-	0,66	-	-	-	-	-	-
33	(E)-β-farneseno	1456	1450	0,77	-	-	-	-	-	-	-
34	α-humuleno	1462	1452	3,04	2,52	2,41	1,39	1,04	9,31	14,9	12,16
35	9-epi-(E)- cariofileno	1466	1464	0,70	0,35	0,54	0,42	0,64	0,76	3,04	2,24
36	cis-muurolo- 4(14),5-dieno	1468	1465	0,21	-	-	-	-	-	-	-
37	trans-cadina- 1(6),4-dieno	1478	1475	-	0,35	-	-	-	-	-	-
38	β-chamigreno	1479	1476	-	-	-	-	-	-	-	0,23
39	γ-muurolo	1481	1478	1,99	3,41	0,46	0,55	1,51	1,51	-	0,65
40	germacreno D	1488	1480	11,02	8,41	5,49	8,47	30,65	27,47	13,66	29,21
41	γ-himachaleno	1490	1481	0,97	1,06	-	-	-	-	1,24	-
42	β-selineno	1497	1489	-	1,94	2,31	-	0,97	1,18	-	-
43	viridifloreno	1497	1496	2,43	-	-	1,47	-	-	-	-
44	α-selineno	1502	1498	-	-	2,07	-	-	-	-	-
45	biciclogermacreno	1502	1500	10,84	8,86	-	2,9	9,86	5,68	4,92	14,09
46	α-muurolo	1505	1500	1,27	1,11	0,57	0,40	0,48	0,70	-	0,31
47	(E,E)-α-farneseno	1508	1505	-	-	-	-	-	-	-	0,45
48	germacreno A	1515	1508	0,29	-	-	-	1,00	0,76	-	0,73
49	γ-cadineno	1520	1513	1,34	2,35	-	-	-	0,79	0,60	0,53
50	δ-cadineno	1525	1522	5,94	7,01	-	0,77	3,50	5,42	0,98	1,32
51	trans-cadina-1,4- dieno	1541	1533	-	0,34	-	-	-	-	-	-
52	α-cadineno	1545	1537	-	0,37	-	-	-	-	-	-
53	α-calacoreno	1551	1544	-	-	-	-	-	0,32	-	-
54	germacreno B	1567	1559	-	-	-	2,40	1,35	3,35	-	-
55	(E)-nerolidol	1567	1561	22,63	23,31	1,70	-	-	-	0,73	-
56	epi-longipinanol	1573	1562	-	-	-	0,45	-	-	-	-

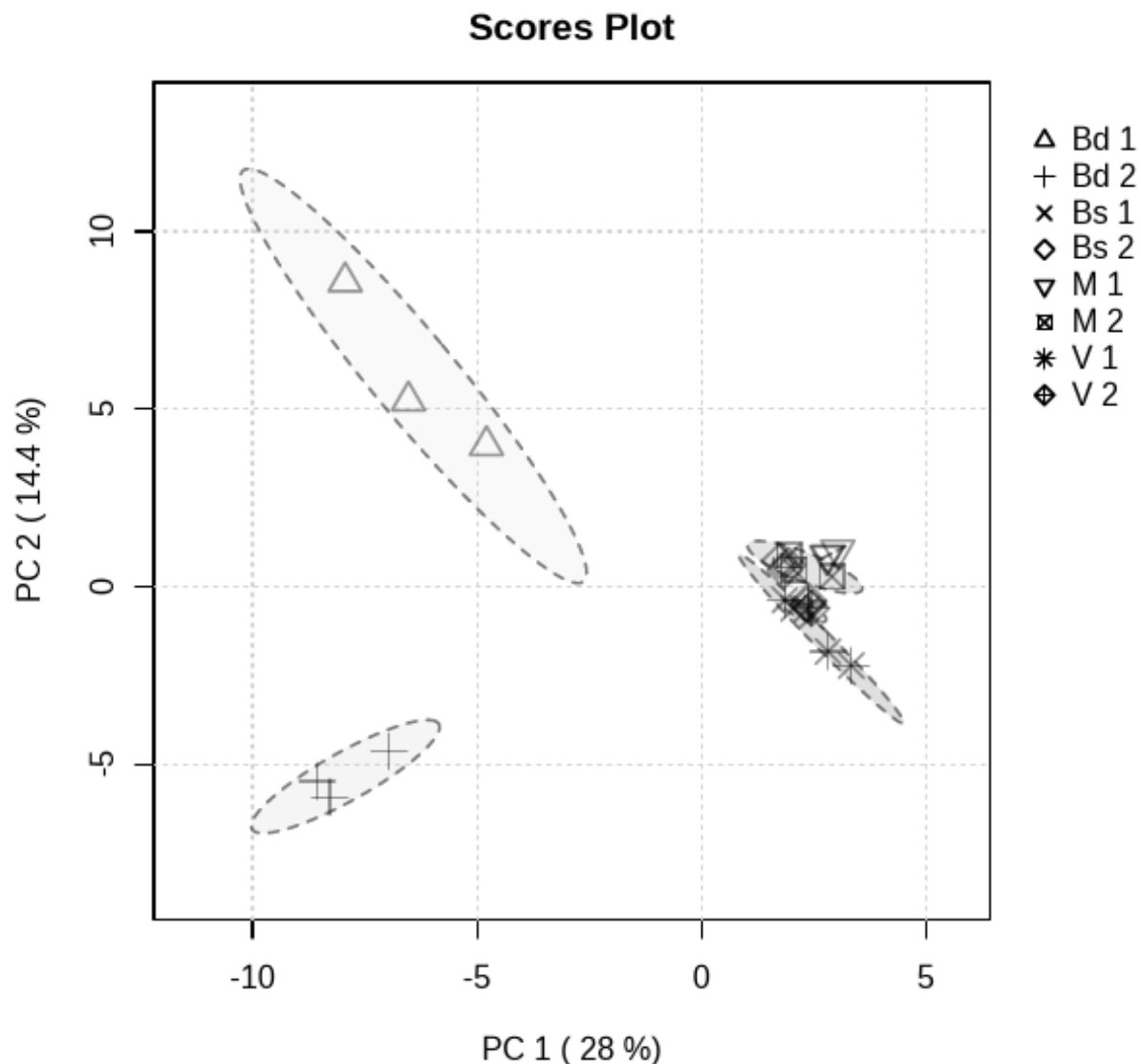
57	palustrol	1580	1567	0,50	-	-	-	-	-	-	-
58	espatulenol	1587	1577	6,19	9,00	37,33	37,50	13,04	6,53	3,30	3,80
59	óxido de cariofileno	1593	1582	0,49	-	20,97	13,97	7,11	4,96	2,21	2,21
60	globulol	1596	1590	1,72	1,36	-	-	-	-	-	-
61	viridiflorol	1605	1592	0,91	0,62	5,29	5,67	-	-	-	-
62	salvial-4(14)-en-1- ona	1606	1594	-	-	2,35	2,26	0,34	0,51	-	-
63	β -atlantol	1595	1608	-	-	1,19	-	0,65	-	1,95	-
64	epóxido de humuleno II	1622	1608	-	-	2,20	1,78	0,51	1,12	1,37	0,95
65	1-epi-cubenol	1639	1627	-	0,51	-	-	-	-	-	-
66	allo- aromadendreno epoxido	1644	1639	-	-	-	-	0,18	-	-	-
67	α -muurolol	1654	1644	-	0,33	-	-	-	-	-	-
68	himachalol	1668	1652	-	-	-	-	0,72	-	-	-
69	α -cadinol	1668	1652	0,69	0,56	-	-	-	-	-	-
70	amorfa-4,9-dien-2- ol	1706	1700	-	-	-	1,27	-	0,34	-	-
Hidrocarbonetos monoterpênicos				10,60	5,18	-	0,81	-	-	-	4,15
Monoterpenos oxigenados				0,41	0,22	-	0,31	-	-	0,31	0,17
Hidrocarbonetos sesquiterpênicos				52,70	51,03	25,65	28,38	71,00	81,99	74,46	82,74
Sesquiterpenos oxigenados				33,13	35,69	71,03	62,90	22,55	13,46	9,56	6,96
Outras classes				-	0,31	-	-	-	-	0,46	0,89

B.d = *Baccharis dracunculifolia*; B.s = *Baccharis* spp.; M = *Mikania* spp.; V = *Vernonanthura polyanthes*; ni = substância não identificada; (-) substância não detectada no óleo essencial; IRL exp= índice de retenção experimental; IRLlit= índice de retenção literatura (Adams, 2017)

Verifica-se na tabela 3 que dentre as espécies foi identificada uma maior quantidade de substâncias pertencentes às classes químicas de hidrocarbonetos sesquiterpênicos e sesquiterpenos oxigenados. A espécie *B. dracunculifolia* foi a espécie que apresentou maiores porcentagens relativas de hidrocarbonetos monoterpênicos (10,37%;5,08%)

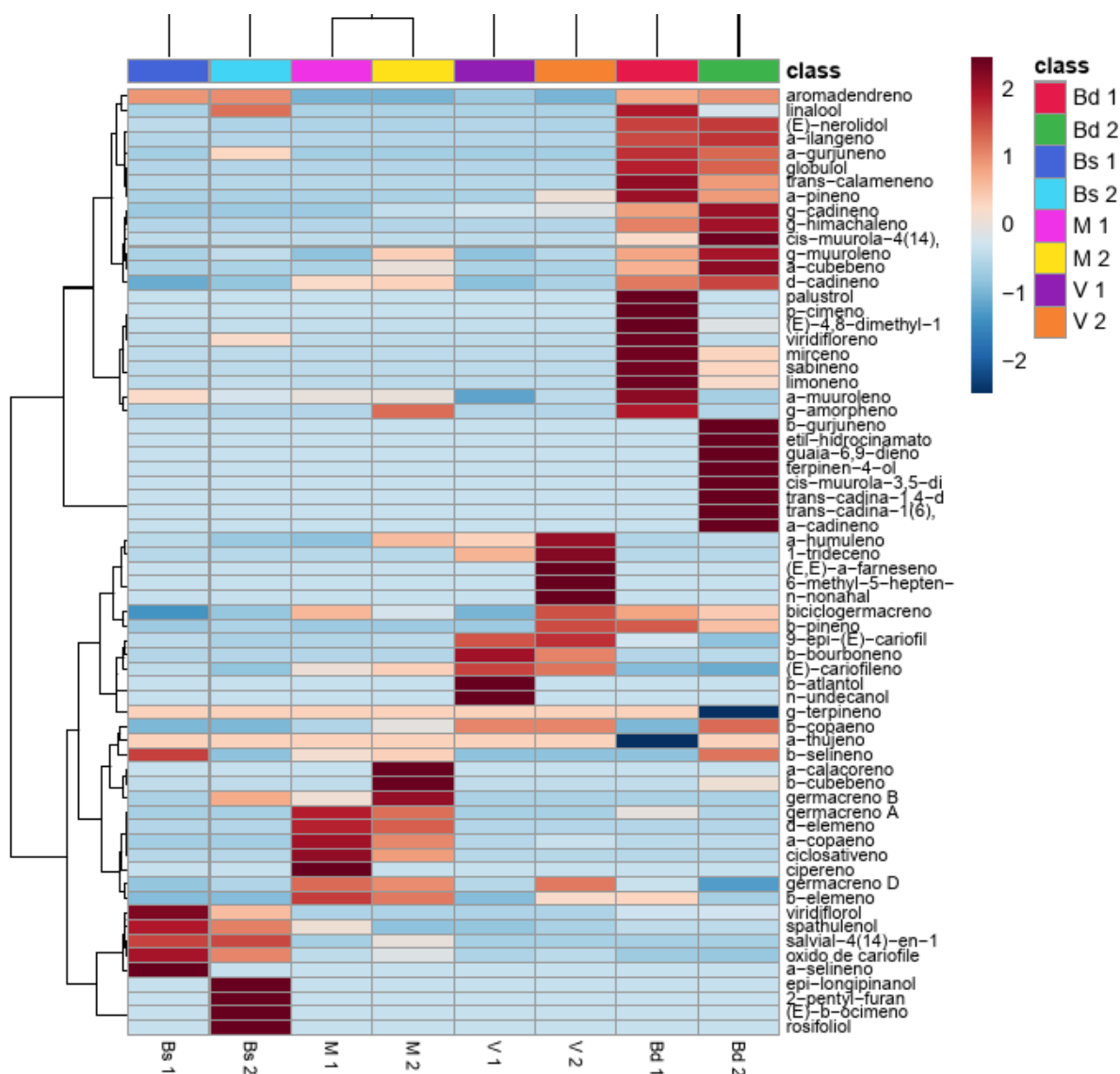
A análise de componentes principais (ACP) teve 42,4% da sua variação total expressa pelos componentes PC1 e PC2 (Gráfico 10). O padrão de divergência química entre as espécies da família Astereaceae nas duas estações de coleta, demonstra que houve pouca variação na composição química dos óleos essenciais de acordo com a sazonalidade, com exceção para a espécie *B. dracunculifolia*, que apresentou maior variabilidade segundo a estação de coleta, em relação às outras espécies.

Gráfico 10 - Análise de Componentes Principais (ACP) para os diferentes períodos de coleta dos óleos essenciais da família Asteraceae



Ainda analisando *B. dracunculifolia*, a partir do mapa de calor (Figura 3) verifica-se que houve correlação positiva dos compostos palustrol, ρ -cimeno, (E)-4,8-dimetil-1, viridifloreno, mirceno, sabineno, limoneno, α -muuroleno e γ -amorfenos na estação seca (Bd1). Enquanto houve correlação positiva para β -gurjuneno, guaia-6,9-dieno, terpinen-4-ol, *cis*-muurola-3,5-dieno, *trans*-cadina-1,4-d, *trans*-cadina-1(6), α -cadineno na estação chuvosa (Bd2).

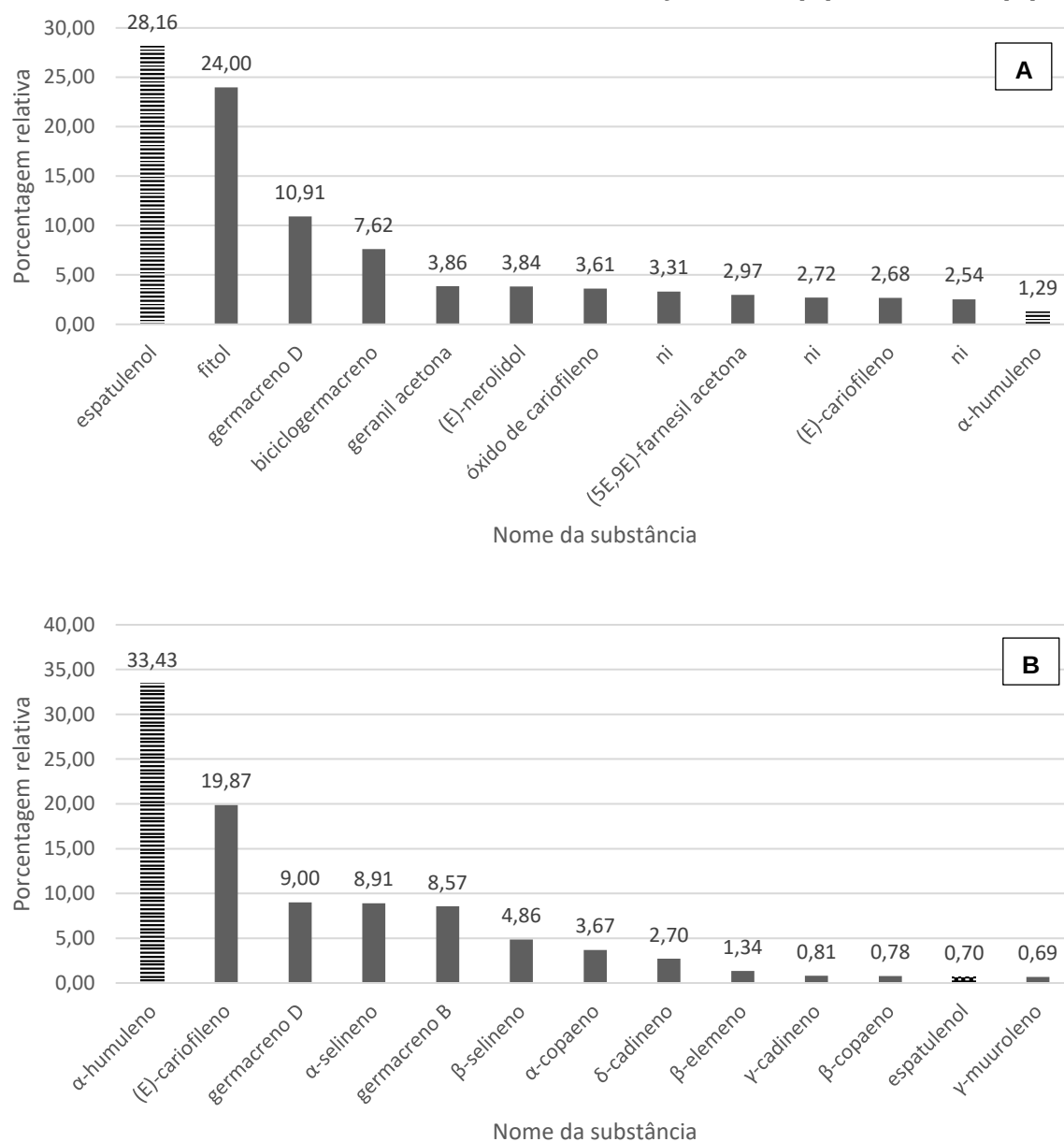
Figura 3 - Mapa de calor (*Heatmap*) com base na composição química dos óleos essenciais das espécies da família Asteraceae coletadas nas estações seca e chuvosa



4.3.3 Família Cordiaceae

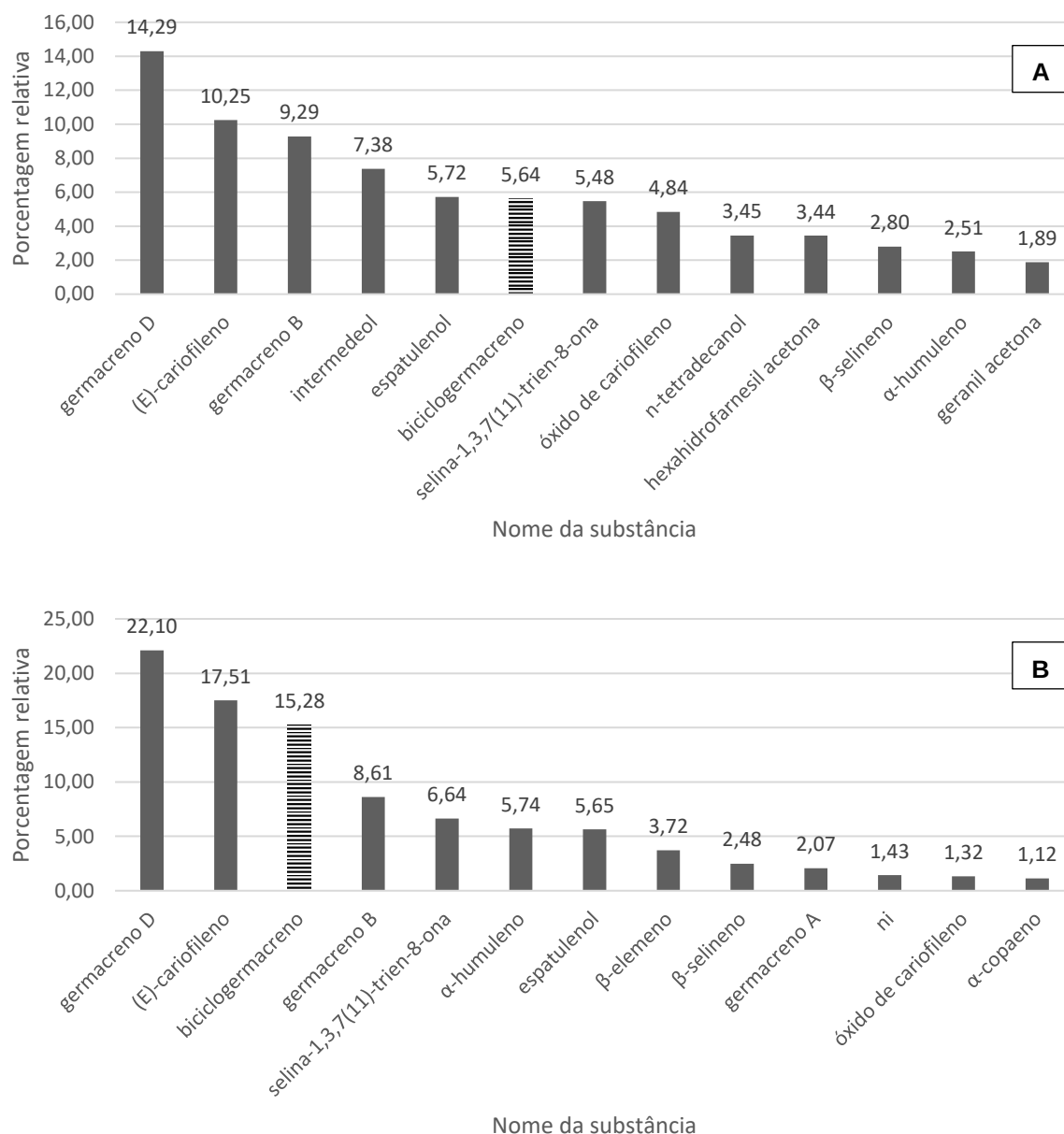
Na espécie *Cordia americana*, foram observadas diferenças estatisticamente significativas nos compostos espatulenol (28,16%;0,70%) e α -humuleno (1,29%;33,43%) (Gráfico 11).

Gráfico 11 - Proporções relativas médias (%) das substâncias identificadas no óleo essencial de *Cordia americana* na estação seca (A) e chuvosa (B)



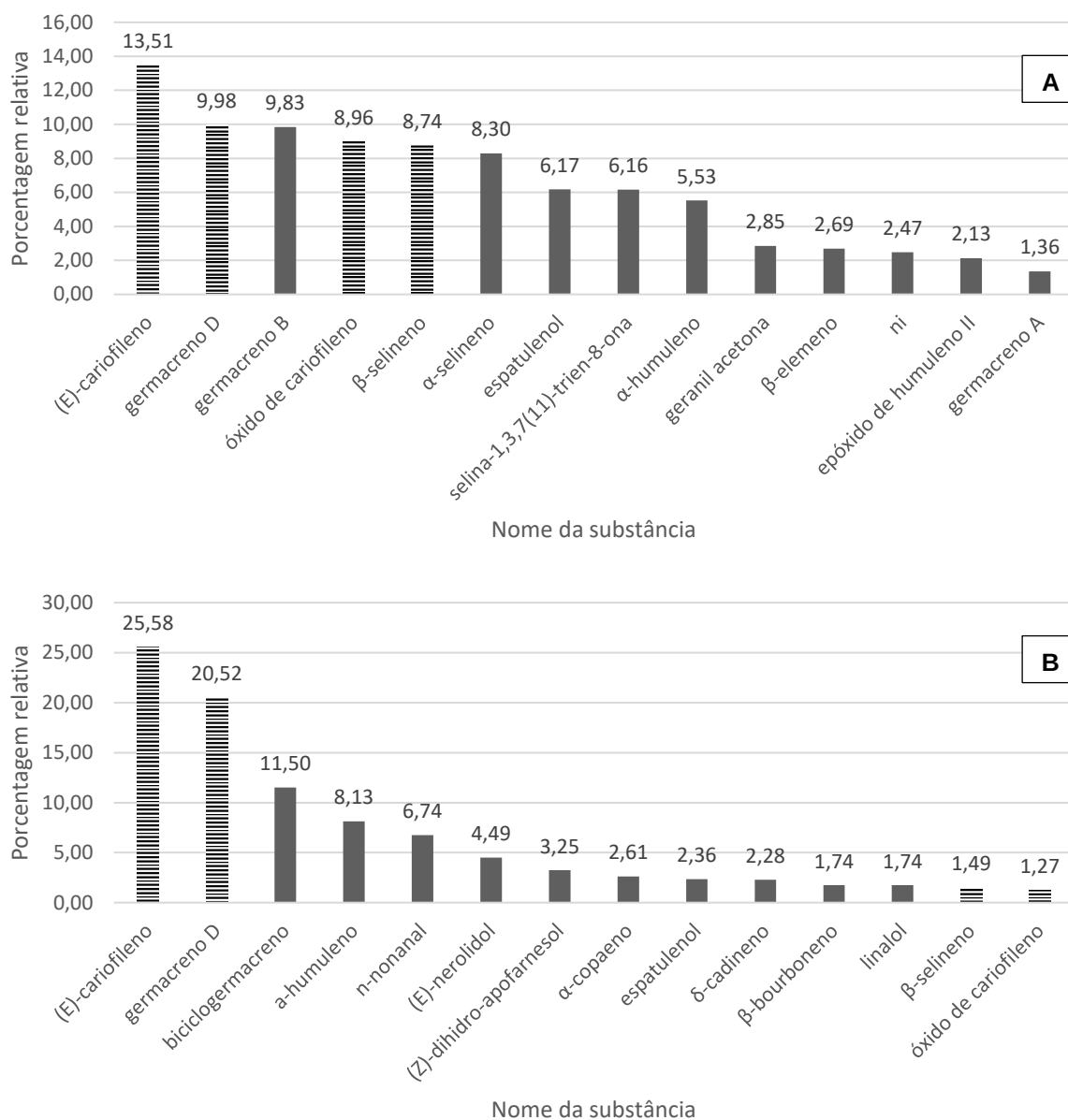
Já em *Cordia ecalyculata*, dos compostos majoritários identificados, apenas o biciclogermacreno (5,64%;15,28%) demonstrou diferença estatística significativa no teste t-pareado entre as coletas de inverno e verão (Gráfico 12).

Gráfico 12 - Proporções relativas médias (%) das substâncias identificadas no óleo essencial de *Cordia ecalyculata* na estação seca (A) e chuvosa (B)



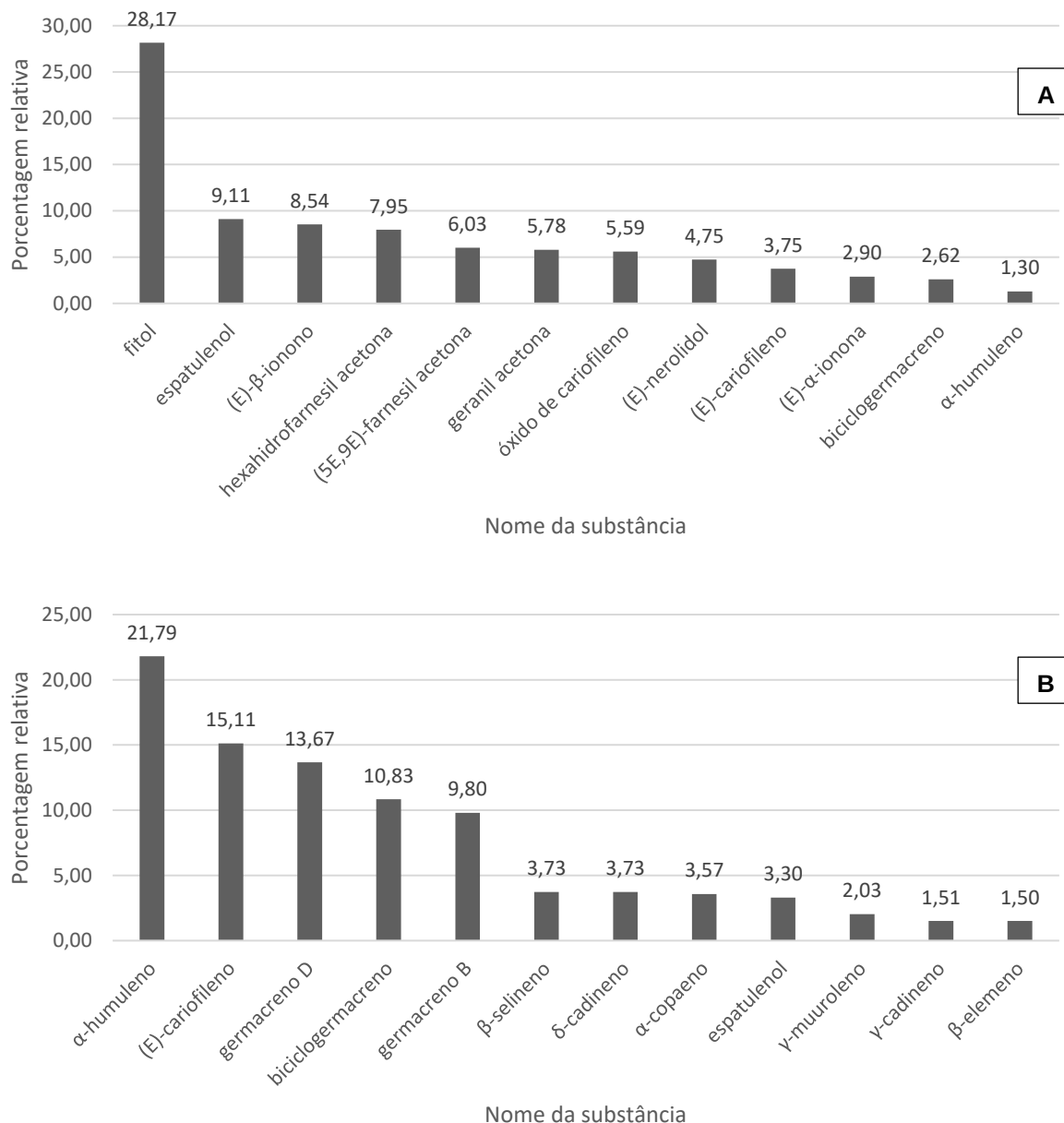
Em *Cordia sellowiana*, houve diferença significativa entre as coletas de inverno e verão para o (E)-cariofileno (13,51%;25,58%), germacreno D (9,98%;20,52%), óxido de cariofileno (8,96%;1,27%) e β -selineno (8,74%;1,49%). Portanto, observa-se um aumento nos níveis dos compostos (E)-cariofileno e germacreno D, juntamente com uma diminuição nos teores de óxido de cariofileno e β -selineno, ao comparar as análises dos óleos essenciais obtidos nas estações seca e chuvosa (Gráfico 13).

Gráfico 13 - Proporções relativas médias (%) das substâncias identificadas no óleo essencial de *Cordia sellowiana* na estação seca (A) e chuvosa (B)



Na identificação de substâncias presentes no óleo essencial de *Cordia superba* (Gráfico 14) nota-se uma mudança qualitativa entre os diferentes períodos de coleta. Na estação seca houve maiores porcentagens relativas de fitol (28,17%), espatulenol (9,11%), (E)- β -ionona (8,54%) e hexahidrofarnesil acetona (7,95%), enquanto na estação chuvosa constata-se outras substâncias, tais como: α -humuleno (21,79%), (E)-cariofileno (15,11%), germacreno D (13,67%) e biciclogermacreno (10,83%).

Gráfico 14 - Proporções relativas médias (%) das substâncias identificadas no óleo essencial de *Cordia superba* na estação seca (A) e chuvosa (B)



Em um levantamento realizado por Oza e Kulkarni (2017) foram citados os compostos β-pineno, β-eudesmol, β-phellandreno, δ-cadineno, aromadendreno, biciclogermacreno, cadineno, canfeno, elemol germacreno *D*, epi-α-muurolol, guaia-3,10(4)-dien-11-ol, 4-metil,4-etenil-3-(1-metiletenil)-1-(1-metilmetanol)ciclohexano, *butirato de linalila*, L-endo-bourbonanol, cadina-4,10(14)dieno e (-)-espatulenol, entre as diversas espécies do gênero *Cordia*.

Os resultados das análises de identificação corroboram com algumas das substâncias citadas por Oza e Kulkarni (2017). Dentre as classes químicas verifica-se

uma predominância daquelas pertencentes à classe de hidrocarbonetos sesquiterpênicos (Tabela 4).

Tabela 4 - Proporções relativas médias (%) das substâncias identificadas nos óleos essenciais dos gêneros da família Cordiaceae na estação seca (1) e chuvosa (2) Botucatu – SP

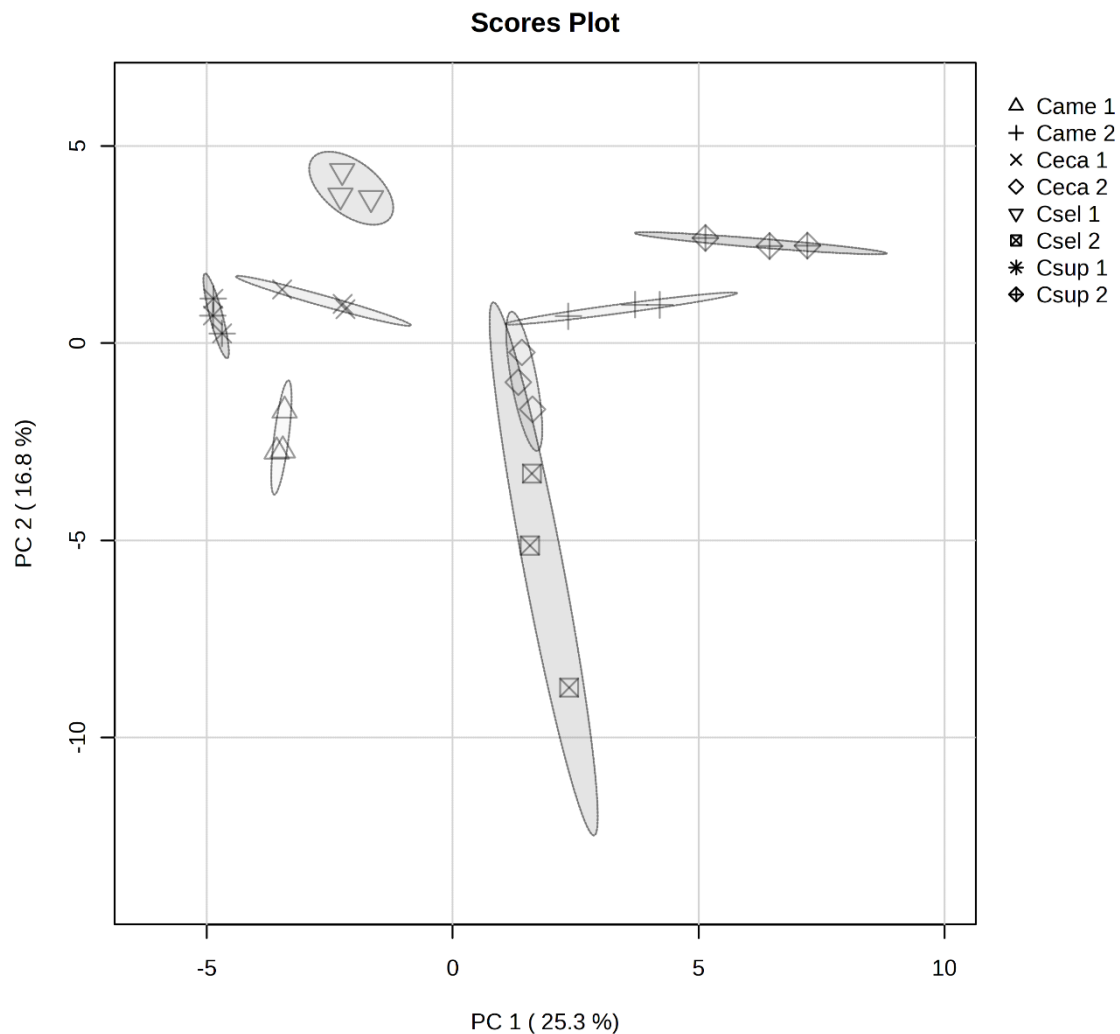
Nº	Substância	IRL exp	IRL lit	Came 1	Came 2	Ceca 1	Ceca 2	Csel 1	Csel 2	Csup 1	Csup 2
1	linalol	1106	1095	-	-	0,37	-	-	1,74	-	-
2	n-nonanal	1113	1100	-	0,15	0,44	0,46	0,52	6,74	-	-
3	δ-elemenol	1339	1335	-	0,52	-	-	-	-	-	0,23
4	α-cubebeno	1351	1348	-	0,13	-	-	-	-	-	0,48
5	eugenol	1364	1356	-	-	-	-	0,25	-	-	-
6	ciclosativeno	1374	1369	-	0,27	-	-	-	-	-	-
7	α-ylangeno	1373	1373	-	-	-	-	-	-	-	0,46
8	α-copaeno	1381	1374	-	3,67	0,28	1,12	0,48	2,61	-	3,57
9	β-bourboneno	1389	1387	-	-	0,13	0,92	-	1,74	-	0,23
10	β-cubebeno	1392	1387	-	-	-	-	-	0,55	-	-
11	β-elemenol	1394	1389	-	1,34	1,00	3,72	2,69	0,82	0,41	1,50
12	cipereno	1410	1398	-	-	0,36	-	0,47	-	-	-
13	α-gurjuneno	1411	1409	-	-	-	-	-	-	-	0,45
14	(E)-cariofileno	1425	1417	2,68	19,87	10,25	17,51	13,51	25,58	3,75	15,11
15	(E)-α-ionona	1431	1428	1,17	-	1,62	0,57	1,18	-	2,9	0,15
16	γ-elemenol	1435	1430	-	0,24	0,12	-	-	-	-	-
17	β-copaeno	1437	1430	-	0,78	0,29	0,92	-	1,27	-	0,90
18	aromadendreno	1444	1439	-	-	-	-	-	-	-	0,76
19	guaia-6,9-dieno	1447	1442	-	0,45	-	-	-	-	-	-
20	geranil acetona	1455	1452	3,86	-	1,89	0,69	2,85	tr	5,78	-
21	α-humuleno	1462	1452	1,29	33,43	2,51	5,74	5,53	8,13	1,30	21,79
22	9-epi-(E)-cariofileno	1467	1464	-	0,57	0,17	0,78	-	0,73	-	0,56
23	γ-muroleno	1482	1478	-	0,69	0,69	0,60	1,31	0,92	0,59	2,03
24	germacreno D	1488	1480	10,91	9,00	14,29	22,10	9,98	20,52	-	13,67
25	(E)-β-ionona	1488	1487	-	-	-	-	-	-	8,54	-
26	β-selineno	1497	1489	-	4,86	2,80	2,48	8,74	1,49	1,25	3,73
27	γ-amorfenol	1499	1495	-	-	-	-	-	-	-	0,39
28	α-selineno	1503	1498	-	8,91	-	-	8,30	-	-	-
29	biciclogermacreno	1503	1500	7,62	-	5,64	15,28	-	11,50	2,62	10,83
30	β-bisaboleno	1512	1505	1,16	-	0,21	-	-	0,54	-	-
31	germacreno A	1516	1508	-	0,51	0,43	2,07	1,36	-	-	0,51
32	γ-cadineno	1521	1513	-	0,81	0,31	-	-	-	-	1,51
33	δ-cadineno	1525	1522	-	2,70	1,16	1,04	1,07	2,28	1,16	3,73
34	germacreno B	1567	1559	-	8,57	9,29	8,61	9,83	-	-	9,80
35	(E)-nerolidol	1567	1561	3,84	-	-	-	-	4,49	4,75	-
36	(Z)-dihidro-apofarnesol	1577	1571	-	-	1,37	0,35	-	3,25	-	-
37	espatulenol	1587	1577	28,16	0,70	5,72	5,65	6,17	2,36	9,11	3,30
38	óxido de cariofileno	1592	1582	3,61	0,57	4,84	1,32	8,96	1,38	5,59	1,11

39	salvia-4(14)-en-1-ona	1604	1594	-	-	0,72	-	0,79	-	0,94	-
40	epóxido de humuleno II	1623	1608	-	0,65	0,91	-	2,13	-	1,00	1,04
41	selina-1,3,7(11)-trien-8-ona	1640	1632	-	-	5,48	6,64	6,16	-	1,15	-
42	allo-aromadendreno epoxido	1644	1639	-	-	-	-	0,63	-	0,61	0,32
43	epi- α -muurolol	1656	1640	-	-	0,08	-	-	-	-	-
44	α -cadinol	1668	1652	-	-	0,34	-	-	-	-	-
45	intermedeol	1672	1665	-	-	7,38	-	0,70	-	0,51	0,29
46	n-tetradecanol	1680	1671	-	-	3,45	-	-	-	-	-
47	germacrona	1707	1693	-	-	1,23	-	-	-	-	-
48	hexahidrofarnesil acetona	1847	1844	-	-	3,44	-	1,32	-	7,95	-
49	(5E,9E)-farnesil acetona	1917	1913	2,97	-	1,48	-	0,75	-	6,03	-
50	isofitol	1949	1946	-	-	0,70	-	-	-	-	-
51	(E,E)-geranil linalol	2029	2026	-	-	0,76	-	-	-	-	-
52	fitol	2114	2106	24,00	-	-	-	-	-	28,17	-
Hidrocarbonetos monoterpênicos				-	-	-	-	-	-	-	-
Monoterpenos oxigenados				-	0,15	0,81	0,46	0,77	8,48	-	-
Hidrocarbonetos sesquiterpênicos				24,83	97,32	51,55	83,46	64,45	78,68	22,52	92,39
Sesquiterpenos oxigenados				35,61	1,92	31,52	13,96	25,54	11,48	23,66	6,06
Outras classes				30,83	-	8,27	0,69	4,92	-	47,93	-

Came = *Cordia americana*; Ceca = *Cordia ecalyculata*; Csel = *Cordia sellowiana*; Csup = *Cordia superba*; (-) = substância não detectada; IRL exp = índice de retenção experimental; IRL lit = índice de retenção literatura (Adams, 2017)

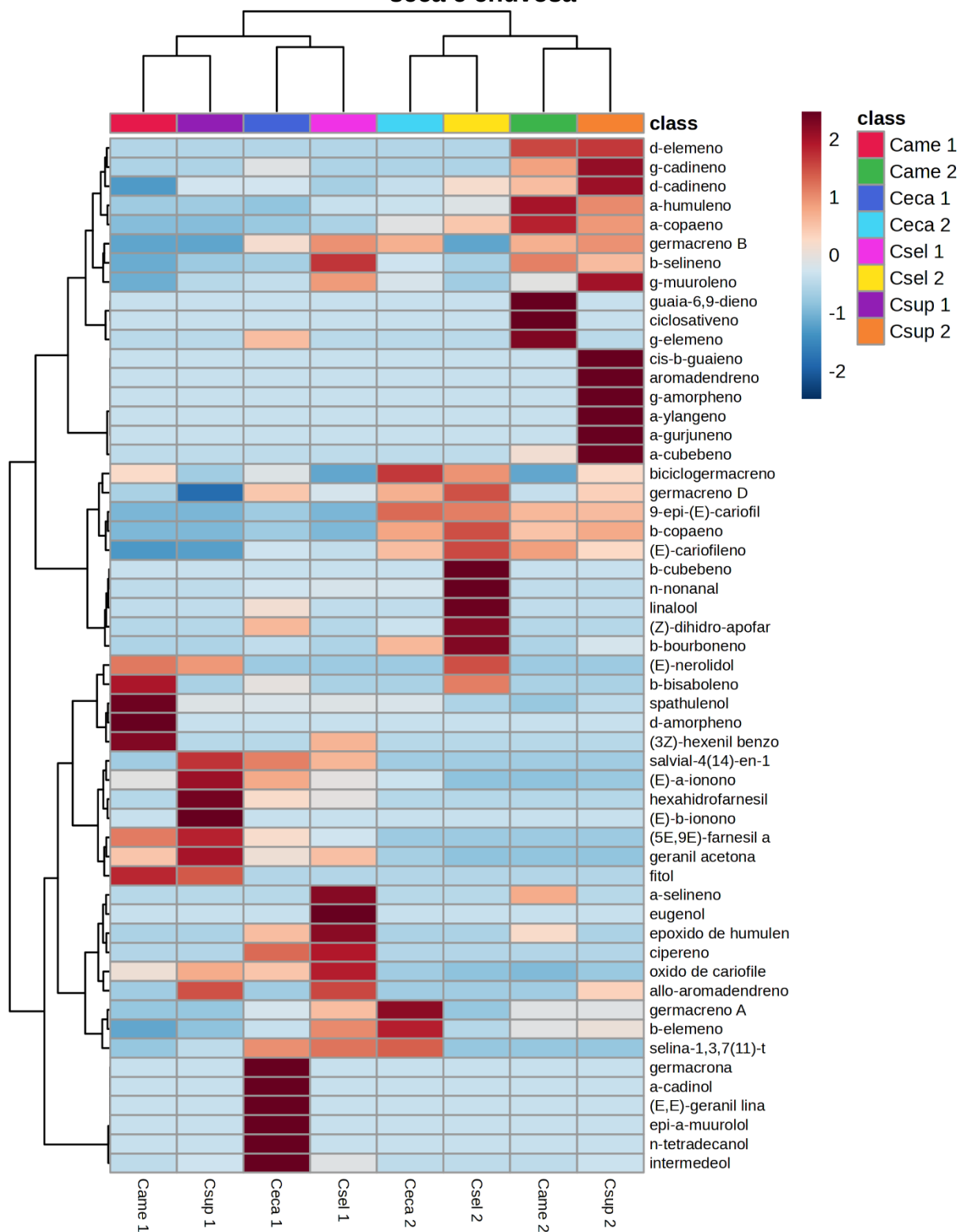
A análise de componentes principais (ACP) teve 42,1% da sua variação total expressa pelos componentes PC1 e PC2 (Gráfico 15). O padrão de divergência química entre as espécies da família Cordiaceae nos dois períodos de coleta, sugere através da formação de diversos agrupamentos que a composição dos óleos essenciais que todas as espécies desta família foram influenciadas pela sazonalidade, com maior intensidade verificada em *C. sellowiana* (Csel) e *C. superba* (Csup).

Gráfico 15 - Análise de Componentes Principais (ACP) para os diferentes períodos de coleta dos óleos essenciais de espécies da família Cordiaceae



As altas porcentagens de fitol verificadas e *C. americana* (24,0%) e *C. superba* (28,17%) na primeira coleta apresentam uma correlação positiva entre estas espécies, contribuindo para uma aproximação no agrupamento de componentes principais. As duas espécies foram agrupadas no mesmo cluster na segunda coleta, apresentando correlação positiva com as substâncias α -copaeno, (*E*)-cariofileno, α -humuleno, germacreno *D* e germacreno *B* na estação chuvosa (Figura 4).

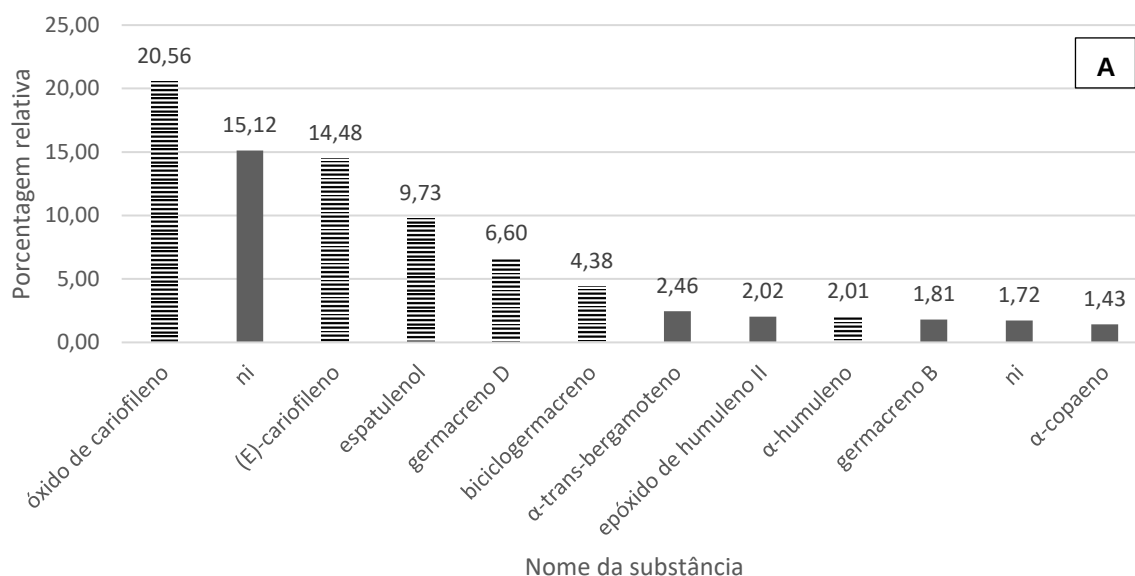
Figura 4 - Mapa de calor (*Heatmap*) com base na composição química dos óleos essenciais das espécies da família *Cordiaceae* coletadas nas estações seca e chuvosa

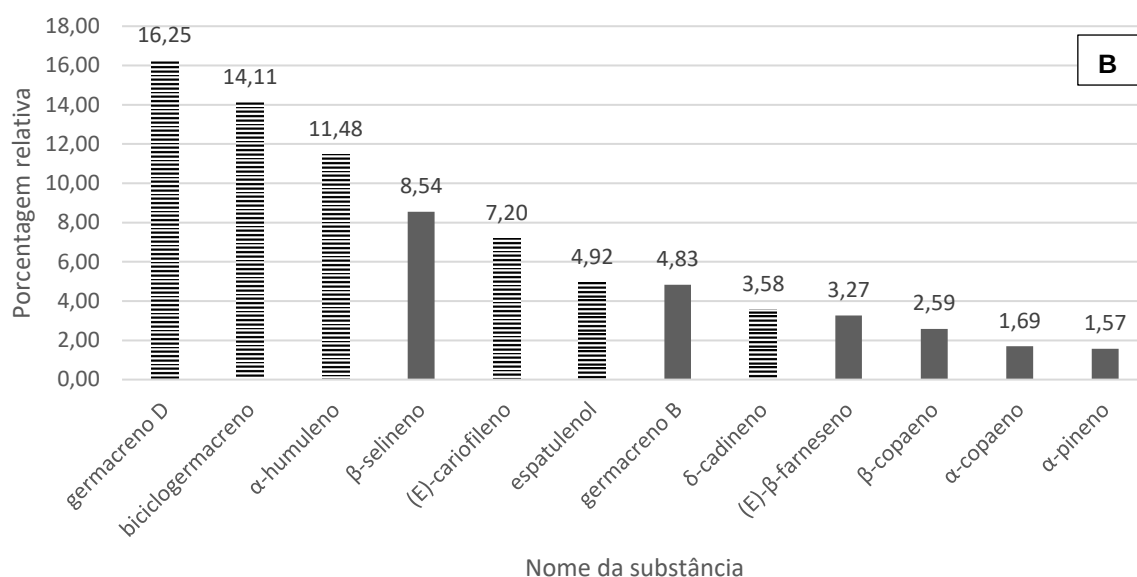


4.3.4 Família Euphorbiaceae

A espécie *C. floribundus* apresentou diferença estatisticamente significativa entre os compostos majoritários e no rendimento médio entre as coletas de inverno e verão. Foi observado um rendimento maior na coleta de verão (0,11% em comparação com 0,02% no inverno). As porcentagens das substâncias (*E*)-cariofileno (14,48% e 7,2%), germacreno *D* (6,6% e 16,25%), α -humuleno (2,01% e 11,48%), biciclogermacreno (4,38% e 14,11%), espatulenol (9,73% e 4,92%), óxido de cariofileno (20,56% e 0,87%) e δ -cadineno (1,2% e 3,6%) apresentaram diferenças significativas (Gráfico 16). O óleo essencial coletado na estação seca apresentou elevada porcentagem relativa (15,12%) de uma substância não identificada.

Gráfico 16 - Proporções relativas médias (%) das substâncias identificadas no óleo essencial de *Croton floribundus* na estação seca (A) e chuvosa (B)





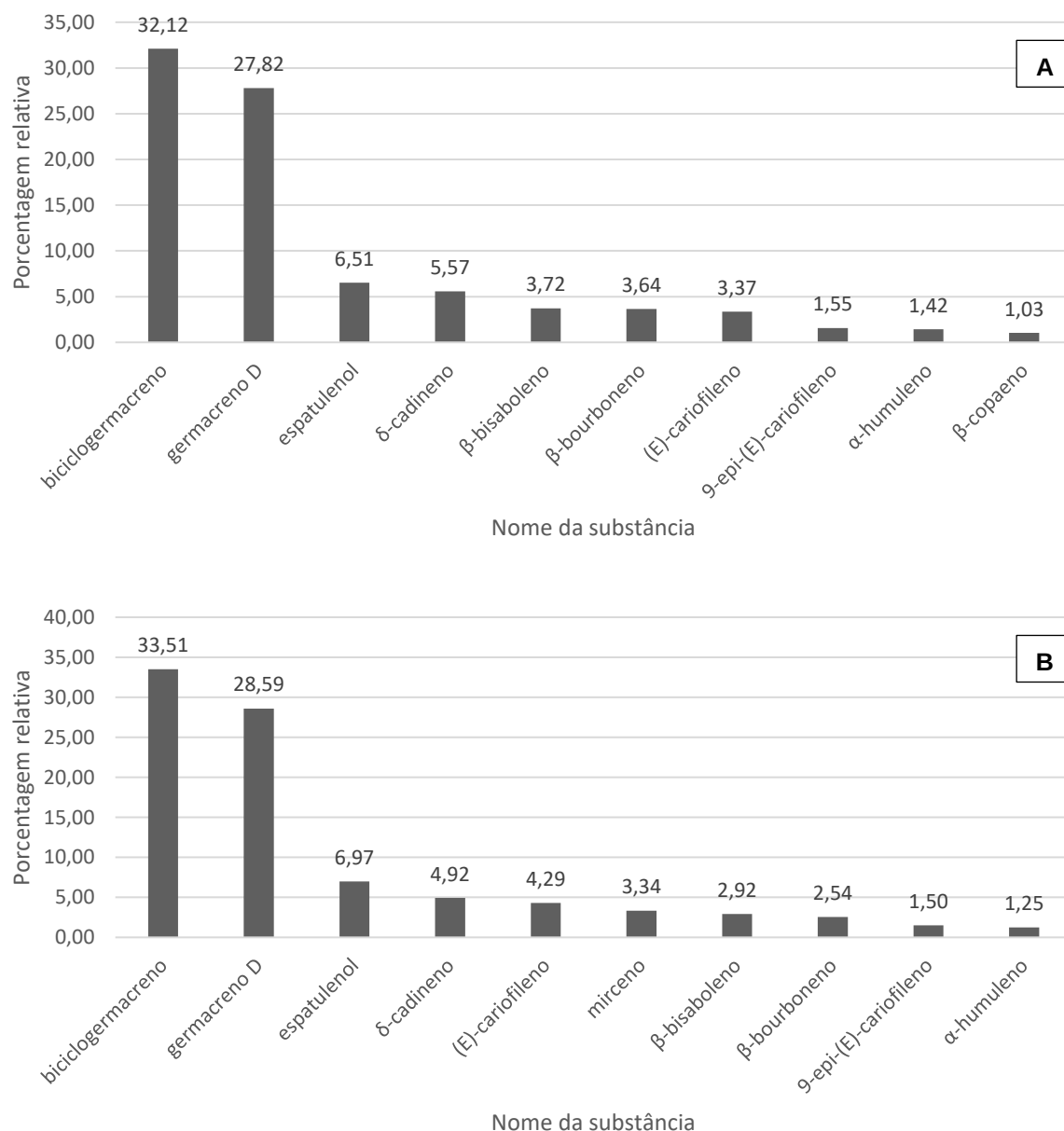
As substâncias identificadas como majoritárias na espécie *Croton floribundus*, como o (E)-cariofileno, germacreno D, α-humuleno e óxido de cariofileno, também foram encontradas em maior quantidade no óleo essencial de *Croton hirtus*, de acordo com um estudo realizado por Luu-dam *et al.* (2023). Esse estudo sugere o potencial antiparasitário dos óleos essenciais dessas espécies.

No mesmo estudo, os autores mencionam os compostos predominantes nos óleos essenciais de várias espécies de *Croton*, incluindo (E)-anetol, linalol, guaiol, estragol e metil eugenol. Vale ressaltar que essas substâncias não foram detectadas nos óleos essenciais de *C. floribundus* e *C. urucurana* no presente estudo.

Ao avaliar o efeito antitumoral de *Croton matourensis*, Lima *et al.* (2018) verificaram maiores proporções relativas de β-cariofileno ($12,41 \pm 1,02\%$), thunbergol ($11,74 \pm 1,11\%$), cembreno ($7,12 \pm 0,55\%$), p-cimeno ($5,05 \pm 0,49\%$) e β-elemenol ($4,94 \pm 0,35\%$). Dentre os compostos citados, thunbergol, cembreno e p-cimeno não foram identificados no presente estudo.

No caso da espécie *C. urucurana*, não foram observadas diferenças significativas nas porcentagens relativas dos compostos majoritários entre as coletas de inverno e verão (Gráfico 17). Vale destacar que o composto mirceno foi identificado apenas na coleta de verão (3,34%). Este composto é conhecido por possuir atividade bactericida reconhecida. Portanto, a espécie pode possuir propriedades interessantes que merecem ser melhor investigadas.

Gráfico 17 - Proporções relativas médias (%) das substâncias identificadas no óleo essencial de *Croton urucurana* na estação seca (A) e chuvosa (B)



No total, foram identificadas 70 substâncias nos óleos essenciais destas espécies. Dentre elas, se destacaram aquelas pertencentes à classe de hidrocarbonetos sesquiterpênicos e sesquiterpenos oxigenados (Tabela 5).

Tabela 5 - Proporções relativas médias (%) das substâncias identificadas nos óleos essenciais dos gêneros da família Euphorbiaceae na estação seca (1) e chuvosa (2), Botucatu – SP

Nº	Substância	IRL exp	IRL lit	C. floribundus 1	C. floribundus 2	C. urucurana 1	C. urucurana 2
1	α -tujeno	927	924	-	0,12	-	-
2	α -pineno	936	932	-	1,57	-	-

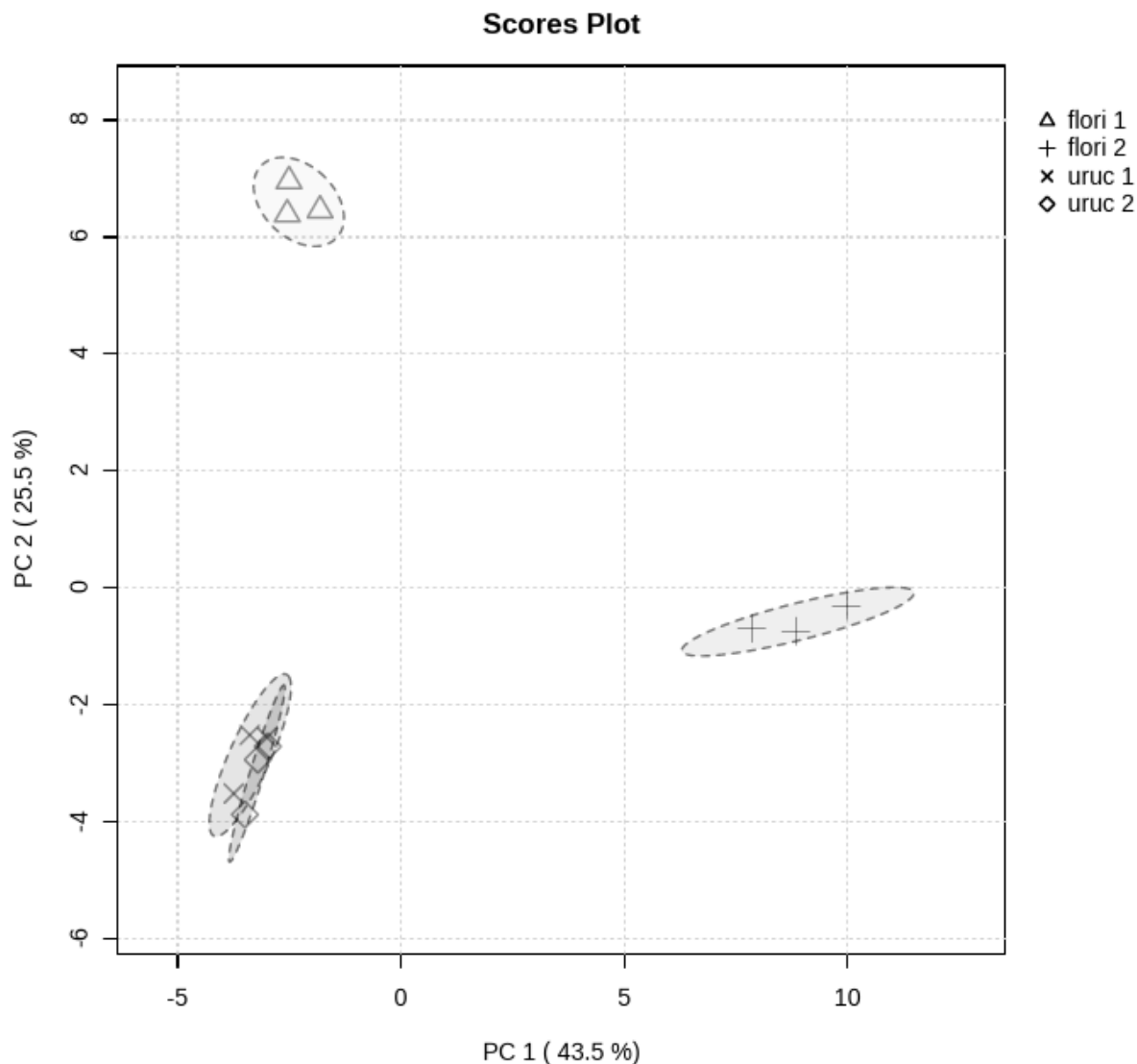
3	α -fencheno	952	945	-	0,24	-	-
4	camfeno	955	946	-	0,13	-	-
5	sabineno	977	969	-	0,15	-	-
6	1-octen-3-ol	985	974	0,14	-	-	-
7	mirreno	992	988	-	-	-	3,34
8	limoneno	1034	1024	-	0,31	-	-
9	1,8-cineol	1039	1026	-	0,42	-	-
10	(E)- β -ocimeno	1049	1044	-	0,20	-	-
11	γ -terpineno	1063	1054	-	0,17	-	-
12	linalol	1106	1095	0,06	-	-	-
13	n-nonanal	1113	1100	0,31	0,40	-	-
14	mirtenal	1209	1195	-	0,30	-	-
15	δ -elemeno	1338	1335	0,25	0,81	0,20	0,26
16	α -cubebeno	1350	1338	0,13	-	-	-
17	ciclosativeno	1374	1369	0,51	0,68	-	-
18	α -copaeno	1380	1374	1,43	1,69	0,90	0,88
19	β -bourboneno	1388	1387	0,97	0,61	3,64	2,54
20	β -cubebeno	1388	1387	0,97	0,61	3,64	2,54
21	β -elemeno	1394	1389	0,28	1,24	0,59	0,52
22	(Z)-cariofileno	1409	1408	0,25	-	-	-
23	α -gurjuneno	1411	1409	0,47	1,30	-	-
24	(E)-cariofileno	1425	1417	14,48	7,20	3,37	4,29
25	β -copaeno	1436	1430	-	2,59	1,03	0,88
26	α -trans-bergamoteno	1436	1432	2,46	-	-	-
27	guaia-6,9-dieno	1447	1442	-	0,18	0,88	0,48
28	α -humuleno	1462	1452	2,01	11,48	1,42	1,25
29	9- <i>epi</i> -(E)-cariofileno	1466	1464	0,72	1,41	1,55	1,5
30	selina-4,11-dieno	1479	1476	-	0,22	-	-
31	γ -muuroleno	1481	1478	-	0,72	0,38	0,37
32	germacreno D	1488	1480	6,60	16,25	27,82	28,59
33	β -selineno	1497	1489	0,24	8,54	0,75	-
34	viridifloreno	1497	1497	-	-	0,75	0,44
35	biciclogermacreno	1502	1500	4,38	14,11	32,12	33,51
36	α -muuroleno	1502	1500	0,31	0,49	-	-
37	β -bisaboleno	1513	1505	-	-	3,72	2,92
38	germacreno A	1515	1508	-	0,77	0,45	0,37
39	δ -amorpheno	1509	1511	-	0,35	-	-
40	γ -cadineno	1521	1513	-	0,47	0,61	0,57
41	δ -cadineno	1524	1522	1,20	3,58	5,57	4,92
42	β -sesquifelandreno	1530	1525	-	-	0,70	0,43
43	α -calacoreno	1551	1544	0,27	-	-	-
44	germacreno B	1567	1559	1,81	4,83	0,98	0,80
45	palustrol	1580	1567	0,41	0,67	-	-
46	espatulenol	1588	1577	9,73	4,92	6,51	6,97
47	óxido de cariofileno	1593	1582	20,56	0,87	0,62	-
48	viridiflorol	1596	1592	-	-	0,42	0,41
49	guaiol	1606	1600	0,83	-	-	-
50	ledol	1615	1602	1,20	1,26	-	-
51	humuleno epóxido II	1622	1608	2,02	0,44	-	-
52	1- <i>epi</i> -cubenol	1638	1627	-	-	0,26	-

53	eremoligenol	1644	1629	-	0,35	-	-
54	α -acorenol	1644	1632	1,26	-	-	-
55	<i>epi</i> - α -cadinol	1635	1638	0,07	0,27	-	-
56	cariofila-4(12),8(13)-dien-5- β -ol	1650	1639	0,24	-	-	-
57	α -muurolol	1659	1644	0,36	0,37	0,80	0,72
58	α -eudesmol	1668	1652	0,67	0,71	-	-
59	α -cadinol	1668	1652	-	-	0,75	0,86
60	14-hidroxi-(Z)-cariofileno	1683	1666	0,85	-	-	-
61	amorfa-4,9-dien-2-ol	1704	1700	0,16	-	-	-
Hidrocarbonetos monoterpênicos				-	2,89	-	3,34
Monoterpenos oxigenados				0,51	1,12	-	-
Hidrocarbonetos sesquiterpênicos				39,74	80,13	91,07	88,06
Sesquiterpenos oxigenados				38,36	9,86	9,36	8,96
Outras classes				-	-	-	-

(-) substância não detectada no óleo essencial; IRL exp= índice de retenção experimental; IRL lit= índice de retenção literatura (Adams, 2017)

A análise de componentes principais demonstra 69% da variação total nos componentes principais PC1 e PC2 (Gráfico 18). O padrão de divergência química apresentou grande dispersão entre os pontos das amostras dos óleos essenciais de *C. floribundus*, sugerindo variações mais significativas na composição química entre os diferentes períodos de coleta. Por outro lado, as observações relativas a *C. urucurana* apresentam um agrupamento mais coeso em uma única região do gráfico, indicando pouca alteração em sua composição química ao longo dos períodos analisados.

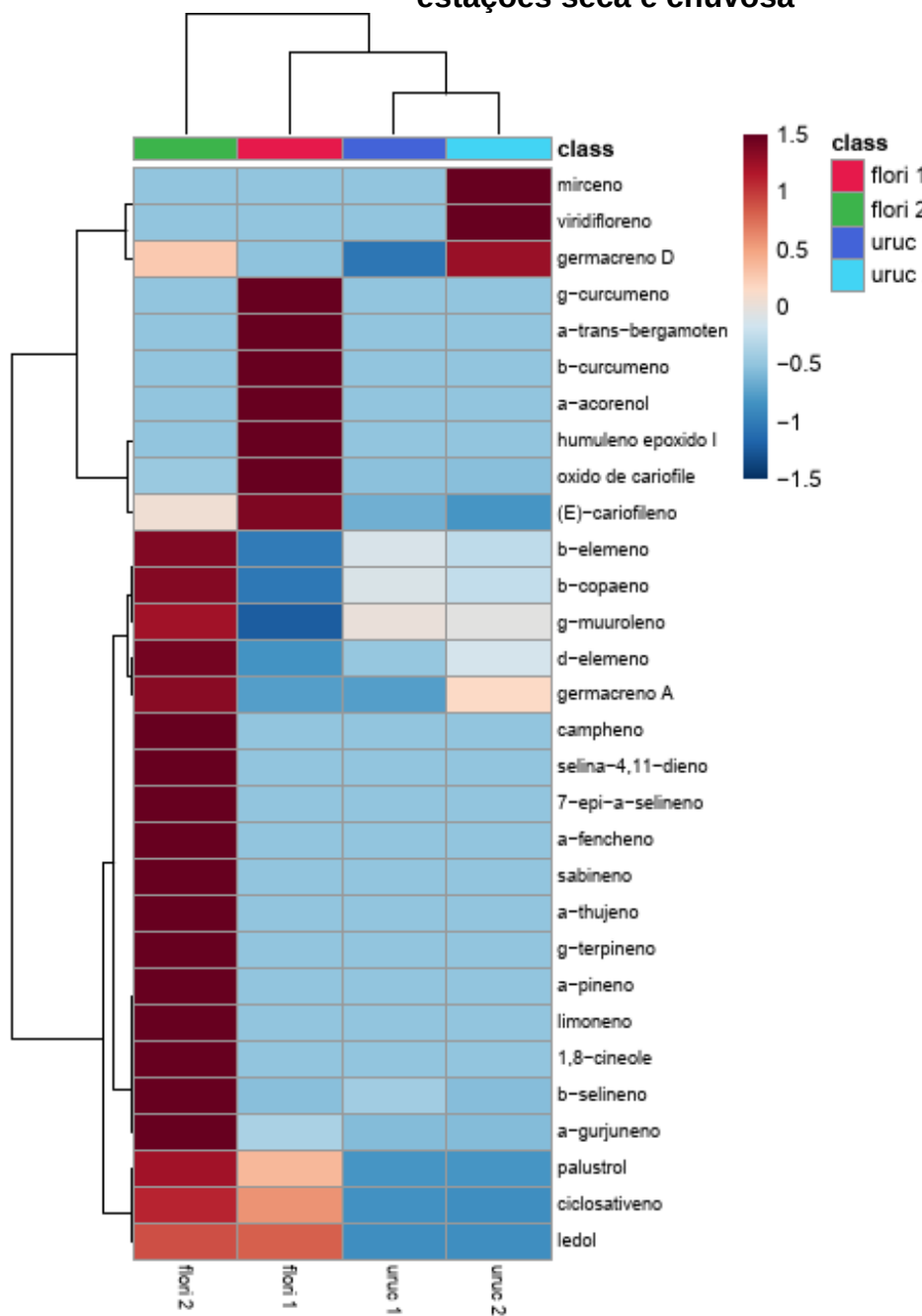
Gráfico 18 - Análise de Componentes Principais (ACP) para os diferentes períodos de coleta dos óleos essenciais da família Euphorbiaceae



A coleta da estação seca de *C. floribundus* (flori1) está correlacionada positivamente pelas substâncias α -*trans*-bergamoteno, epóxido de humuleno e óxido de cariofileno, enquanto a coleta da estação chuvosa (flori2) está correlacionada positivamente pelas substâncias α -pineno e β -selineno (Figura 5).

A espécie *C. urucurana* permaneceu relativamente constante em sua composição química de óleos essenciais nos diferentes períodos de coleta. O óleo essencial da coleta da estação chuvosa (uruc2) apresentou correlação positiva para as substâncias mirceno, viridifloreno e germacreno *D*, indicando pouco variabilidade entre a coleta da estação seca (uruc1).

Figura 5 - Mapa de calor (Heatmap) com base na composição química dos óleos essenciais das espécies da família Euphorbiaceae coletadas nas estações seca e chuvosa

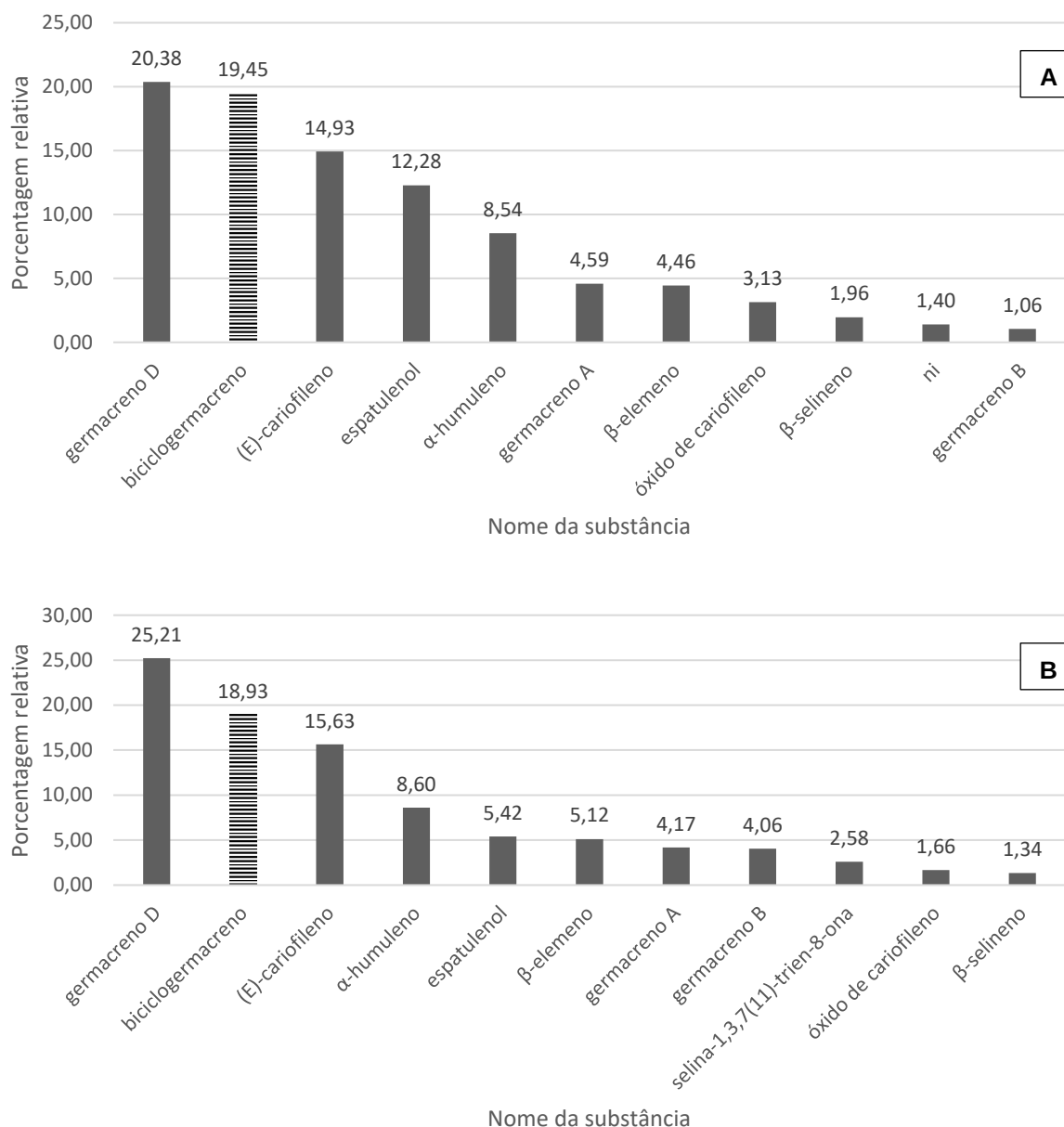


4.3.5 Família Fabaceae

Entre os compostos majoritários *Bauhinia fortificata* (Gráfico 19), apenas o composto biclogermacreno apresentou diferença significativa no teste t-pareado

comparando a coleta de inverno com a de verão. Suas porcentagens relativas foram de 19,45% e 18,93, respectivamente.

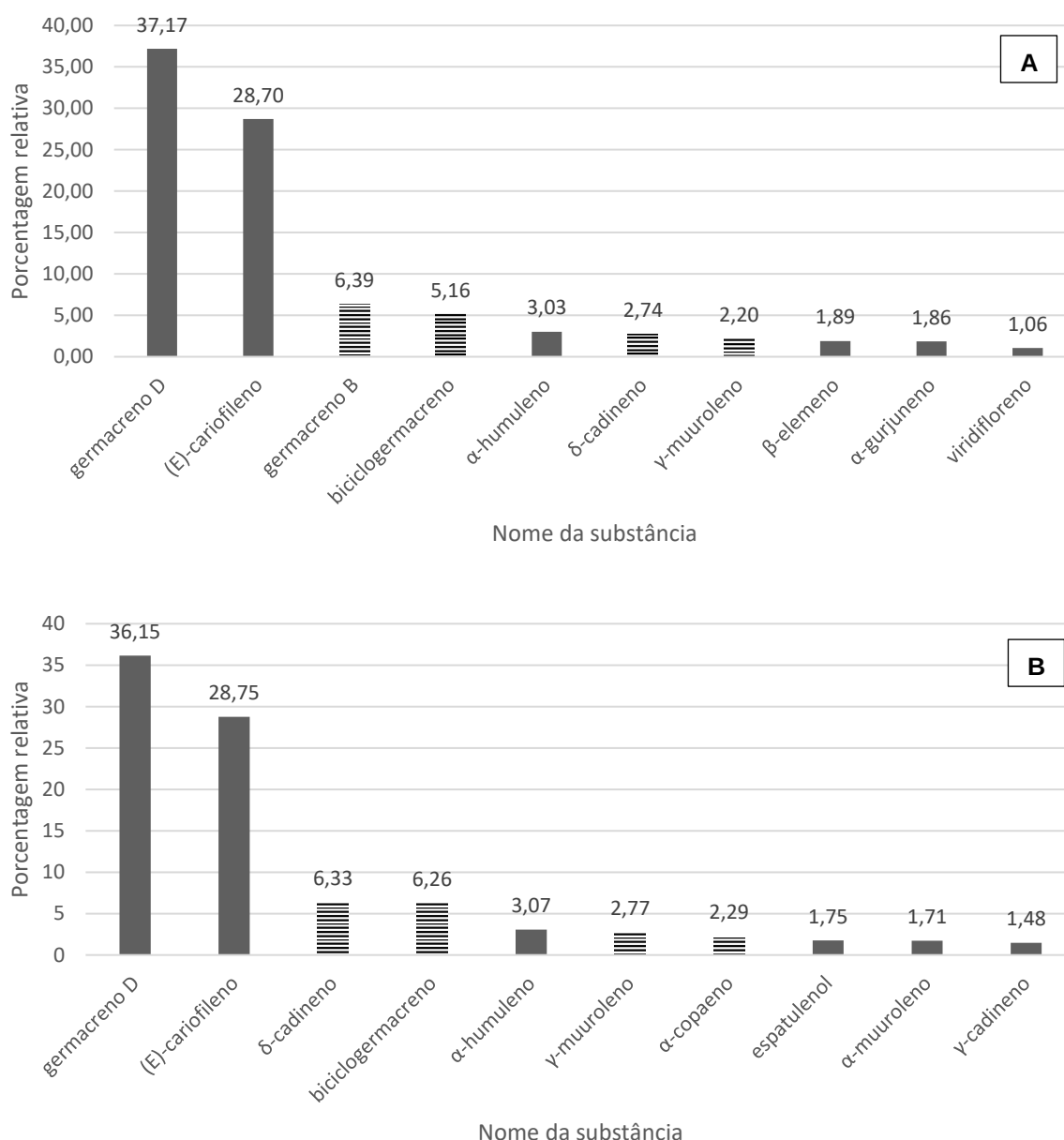
Gráfico 19 - Proporções relativas médias (%) das substâncias identificadas no óleo essencial de *Bauhinia fortificata* na estação seca (A) e chuvosa (B)



Dentre os compostos mais abundantes identificados no óleo essencial da espécie *Copaifera langsdorffii* (Gráfico 20), destacaram-se o germacreno D (37,2%;36,2%), (E)-cariofileno (28,7%;28,8%), biciclogermacreno (5,2%;6,3%), δ -cadineno (2,7%;6,3%), germacreno B (0,3%;6,4%), α -humuleno (3,0%;3,1%), γ -muuroleno (2,2%;2,7%) e α -copaeno (0,9%;2,3%). A substância α -bulneseno (0,72%) foi

detectada exclusivamente no óleo essencial da coleta de inverno, enquanto o viridifloreno (1,25%) na coleta do verão. Vale ressaltar que de acordo com a análise estatística, apenas os compostos α -copaeno, γ -muuroleno, biciclogermacreno, δ -cadineno, germacreno B, apresentaram diferença significativa na proporção relativa de acordo com a época de coleta.

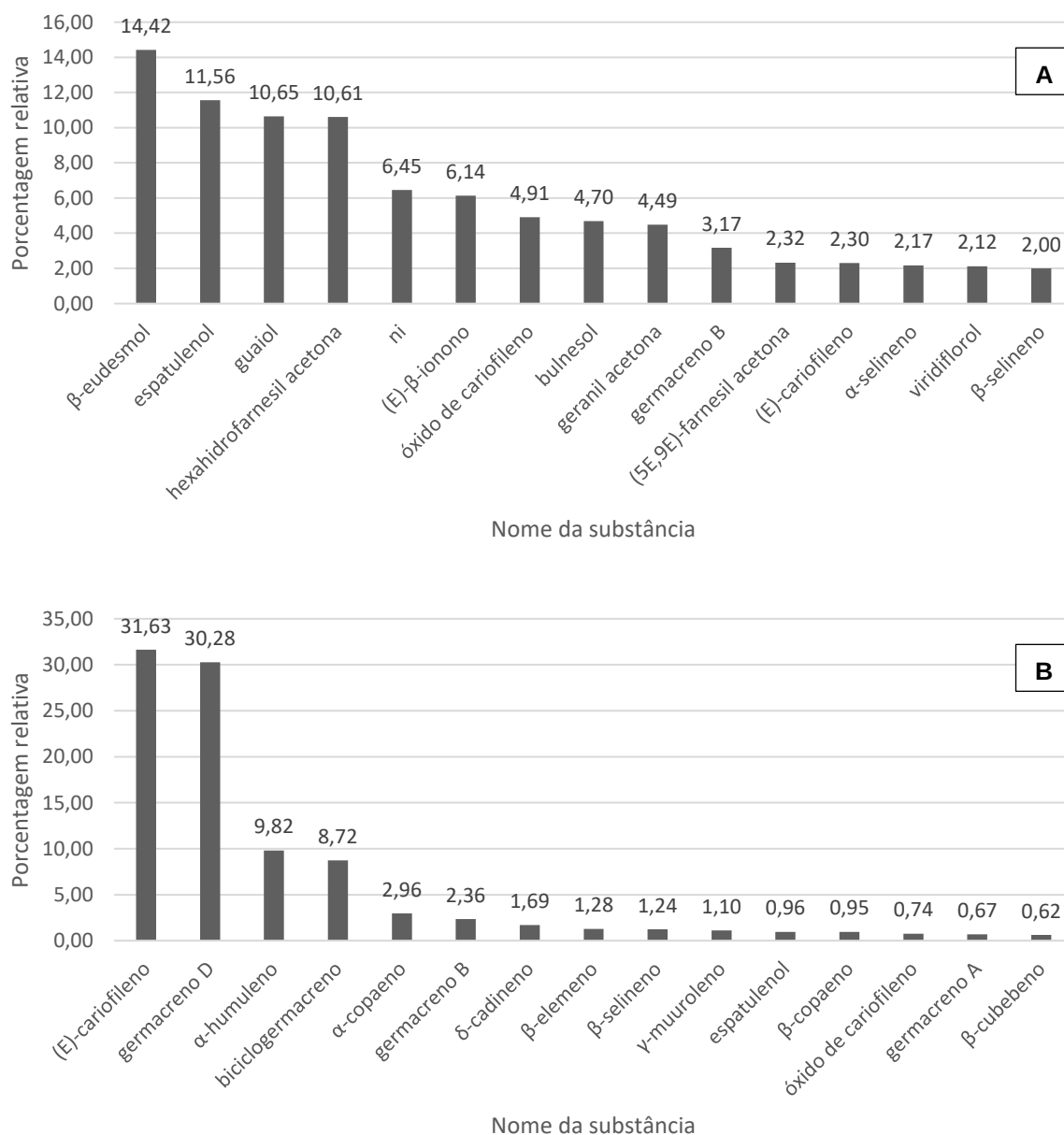
Gráfico 20 - Proporções relativas médias (%) das substâncias identificadas no óleo essencial de *Copaifera langsdorffii* na estação seca (A) e chuvosa (B)



A espécie *Erythrina falcata* (Gráfico 21) apresentou alta variação qualitativa entre os compostos identificados nas estações seca e chuvosa. Predominaram na estação seca β -eudesmol (14,42%), espatulenol (11,56%), guaiol (10,65%) e hexahidrofarnesil

acetona (10,61%) e na estação chuvosa houve maiores proporções relativas de (*E*)-cariofileno (31,63%), germacreno *D* (30,28%), α -humuleno (9,82%) e biciclogermacreno (8,72%).

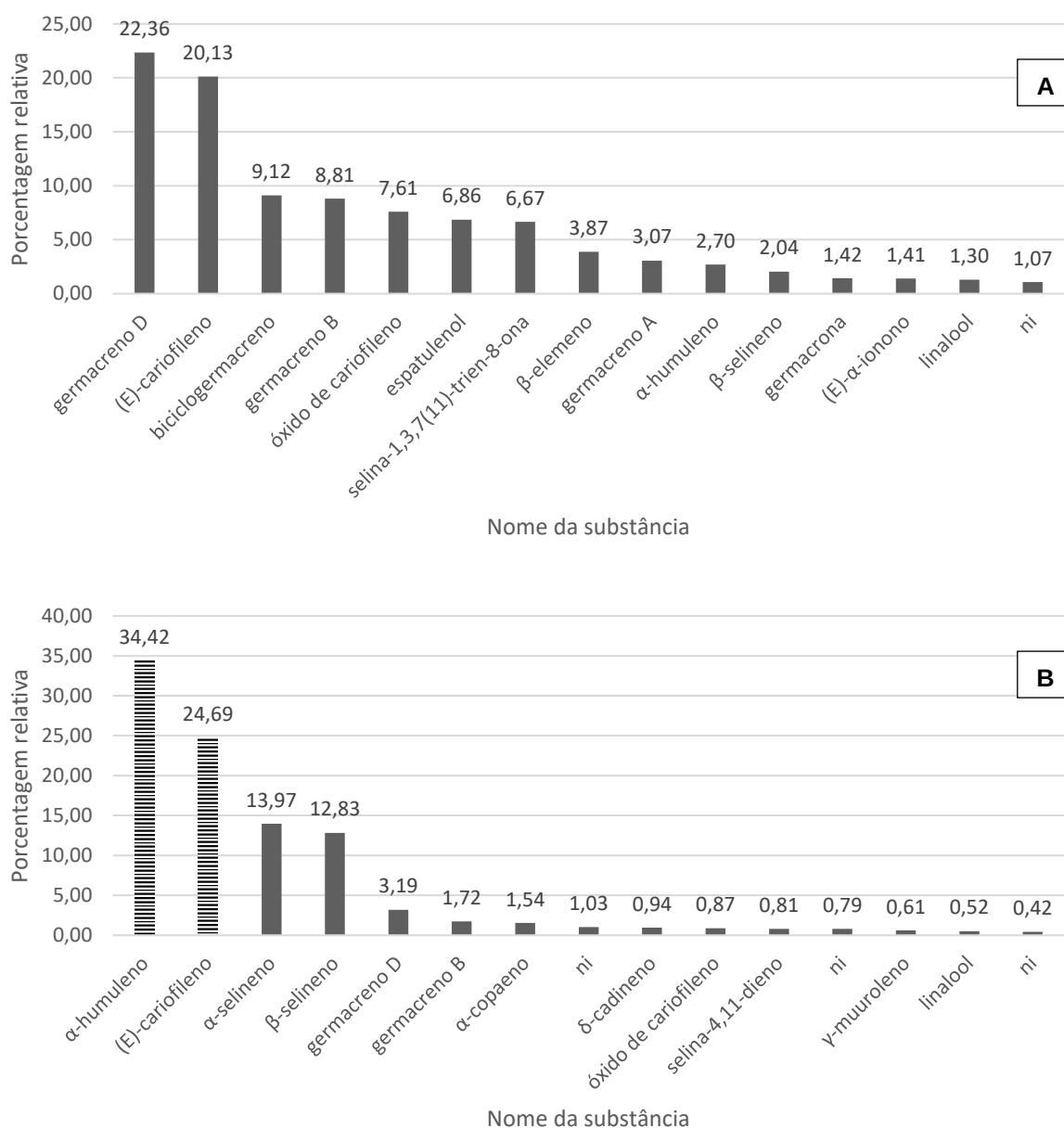
Gráfico 21 - Proporções relativas médias (%) das substâncias identificadas no óleo essencial de *Erythrina falcata* na estação seca (A) e chuvosa (B)



Situação semelhante foi observada em *Machaerium scleroxylon*, que também exibiu compostos majoritários exclusivos em cada coleta (Gráfico 22). O óleo essencial de *M. scleroxylon* coletado na estação chuvosa merece uma atenção especial para futuras investigações em relação a atividade antiproliferativa, devido as

proporções elevadas e equilibradas dos compostos α -humuleno (34,42%) e (*E*)-cariofileno (24,69%) que apresentam interação sinérgica quanto à atividade anticancerígena, como demonstrado por Legault e Pichette (2007), o β -cariofileno em concentração não citotóxica, aumentou significativamente a atividade anticancerígena do composto α -humuleno contra linhagens de células tumorais humanas. A aplicação de 32 $\mu\text{g/mL}$ α -humuleno nas células tumorais isoladamente, inibiu o crescimento celular em cerca de 50%. No entanto, quando combinado com o 10 $\mu\text{g/mL}$ de β -cariofileno, a inibição do crescimento celular aumentou para 75%.

Gráfico 22 - Proporções relativas médias (%) das substâncias identificadas no óleo essencial de *Machaerium scleroxylon* na estação seca (A) e chuvosa (B)



Os resultados de identificação para a família Fabaceae indicam predominância de substâncias pertencentes à classe química de hidrocarbonetos sesquiterpênicos (Tabela 6).

Tabela 6 - Proporções relativas médias das substâncias identificadas nos óleos essenciais dos gêneros da família Fabaceae na estação seca (1) e chuvosa (2) Botucatu – SP

Nº	Substância	IRL exp	IRL lit	Bau 1	Bau 2	Copa 1	Copa 2	Ery 1	Ery 2	Mach 1	Mach 2
1	1-octen-3-ol	985	974	-	-	-	-	-	-	-	0,21
2	2-pentil furan	994	984	-	-	-	-	-	0,12	-	-
3	linalol	1106	1095	-	0,13	0,10	0,20	-	0,47	1,30	0,52
4	n-nonanal	1113	1100	-	0,07	-	-	-	-	-	-
5	metil salicilato	1205	1190	-	-	-	-	-	-	-	0,21
6	(3Z)-hexenil tiglato	1330	1319	-	-	-	-	-	-	-	0,16
7	δ-elemeno	1338	1335	-	0,24	0,12	-	-	-	-	-
8	α-cubebeno	1350	1348	-	-	0,16	0,34	-	0,28	-	-
9	ciclosativeno	1373	1369	-	-	-	-	-	0,37	-	-
10	α-ylangeno	1374	1373	-	-	0,18	0,34	-	-	-	-
11	α-copaeno	1380	1374	0,31	0,62	0,94	2,29	-	2,96	0,89	1,54
12	(3Z)-hexenil hexanoato	1386	1378	-	-	-	-	-	0,11	-	-
13	β-bourboneno	1387	1387	0,12	0,26	-	-	-	0,46	-	-
14	β-elemeno	1394	1389	4,46	0,13	1,89	0,33	-	1,28	3,87	-
15	cipereno	1409	1398	-	0,19	-	-	-	0,40	-	-
16	α-gurjuneno	1409	1409	0,34	-	1,86	0,33	-	-	-	-
17	(E)-cariofileno	1425	1417	14,93	15,63	28,7	28,75	2,30	31,63	20,13	24,69
18	(E)-α-ionona	1431	1428	0,22	0,15	-	-	1,14	-	1,41	0,27
19	β-copaeno	1436	1430	0,35	-	0,42	0,80	-	0,95	-	-
20	β-cubebeno	1436	1430	-	0,35	-	0,21	-	0,62	-	-
21	β-gurjuneno	1440	1431	-	-	0,07	-	-	-	-	-
22	aromadendreno	1444	1439	-	-	0,31	0,41	-	-	-	-
23	trans-muurola- 3,5-dieno	1452	1451	-	-	0,09	0,14	-	-	-	-
24	geranil acetona	1455	1452	0,54	0,21	-	-	4,49	0,46	-	0,24
25	α-humuleno	1462	1452	8,54	8,60	3,03	3,07	1,25	9,82	2,70	34,42
26	9- <i>epi</i> -(E)- cariofileno	1466	1464	0,82	0,65	0,22	0,38	-	0,42	-	-
27	cis-muurola- 4(14),5-dieno	1469	1465	-	-	0,19	0,35	-	-	-	-
28	4,5-di- <i>epi</i> - aristolocheno	1477	1471	-	-	-	-	-	-	-	0,15
29	trans-cadina- 1(6),4-dieno	1478	1475	-	-	-	0,41	-	-	-	-
30	selina-4,11-dieno	1479	1476	-	-	-	-	-	-	-	0,81
31	γ-muuroleno	1481	1478	-	0,43	2,20	2,77	-	1,10	-	0,61

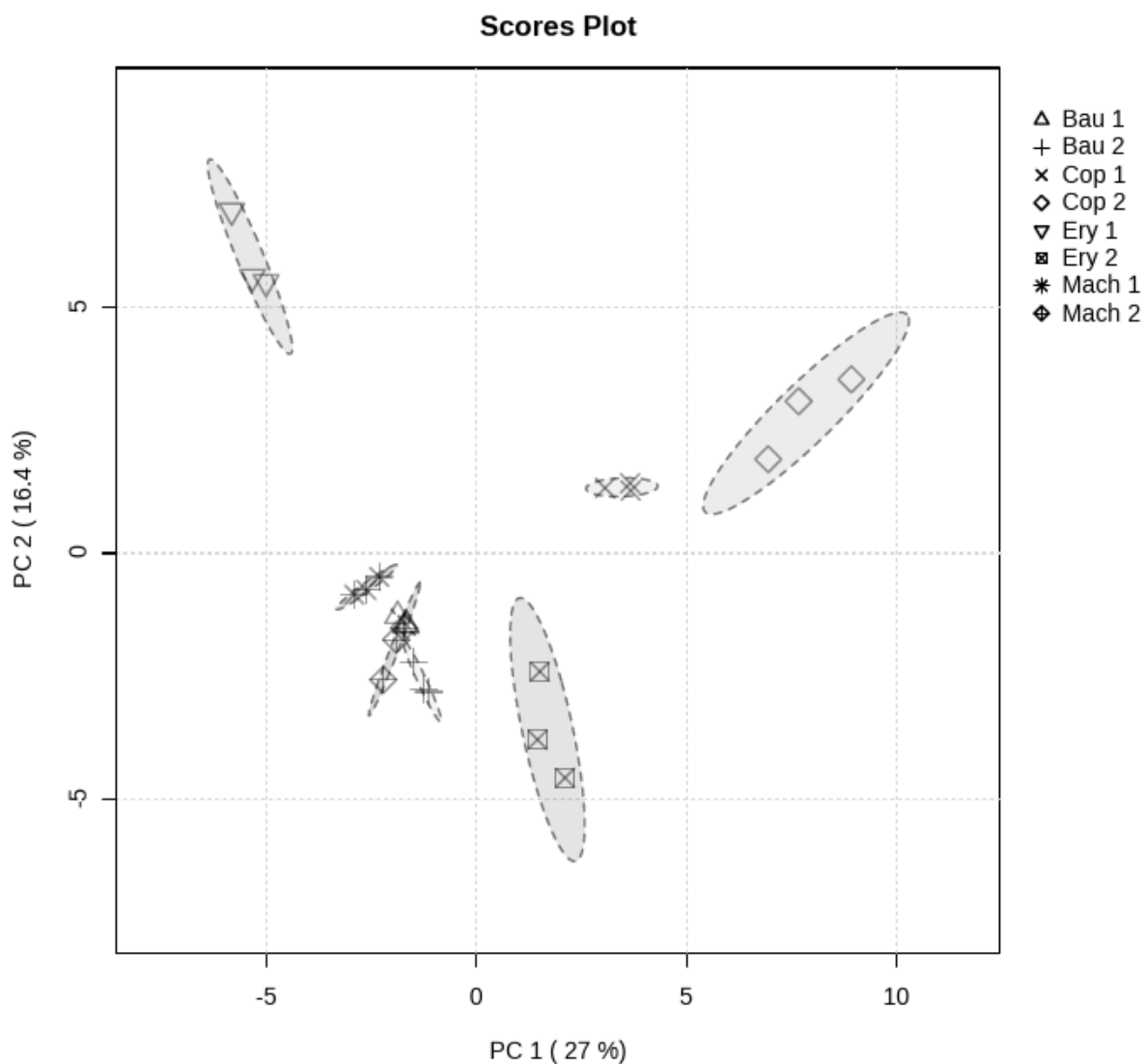
32	germacreno <i>D</i>	1488	1480	20,38	25,21	37,17	36,15	-	30,28	22,36	3,19
33	(<i>E</i>)- β -ionona	1488	1487	-	-	-	-	6,14	-	-	-
34	β -selineno	1497	1489	1,96	1,34	-	-	2,00	1,24	2,04	12,83
35	viridifloreno	1497	1496	-	-	1,06	1,25	-	-	-	-
36	α -selineno	1503	1498	-	-	-	-	2,17	-	-	13,97
37	biciclogermacreno	1503	1500	19,45	18,93	5,16	6,26	-	8,72	9,12	-
38	α -muuroleno	1505	1500	-	-	0,95	1,71	-	0,39	-	-
39	germacreno <i>A</i>	1515	1508	4,59	4,17	-	-	-	0,67	3,07	-
40	α -bulneseno	1515	1509	-	-	0,72	-	-	-	-	-
41	γ -cadineno	1521	1513	-	0,15	0,76	1,48	-	0,61	-	-
42	δ -cadineno	1524	1522	0,76	1,06	2,74	6,33	1,14	1,69	-	0,94
43	zonareno	1530	1528	-	-	-	0,34	-	-	-	-
44	α -cadineno	1545	1537	-	-	0,22	0,28	-	-	-	-
45	selina-3,7(11)- dieno	1549	1545	-	-	-	-	-	-	-	0,40
46	germacreno <i>B</i>	1567	1559	1,06	4,06	6,39	0,34	3,17	2,36	8,81	1,72
47	(<i>Z</i>)-dihidro- apofarnesol	1577	1571	0,48	0,64	-	-	-	-	-	-
48	espatulenol	1588	1577	12,28	5,42	0,94	1,75	11,56	0,96	6,86	-
49	óxido de cariofileno	1593	1582	3,13	1,66	1,04	0,72	4,91	0,74	7,61	0,87
50	viridiflorol	1596	1592	-	-	-	-	2,12	-	-	-
51	salvia-4(14)-en-1- ona	1604	1594	-	-	0,18	-	-	-	-	-
52	guaiol	1606	1600	-	-	-	-	10,65	-	-	-
53	epoxido de humuleno II	1622	1608	0,82	0,44	-	-	1,95	-	-	-
54	selina-1,3,7(11)- trien-8-ona	1639	1632	0,62	2,58	-	-	1,30	-	6,67	-
55	<i>epi</i> - α -muurolol	1656	1640	-	-	0,11	-	-	-	-	-
56	β -eudesmol	1668	1644	-	-	-	-	14,42	-	-	-
57	intermedeol	1672	1665	0,16	-	-	-	1,97	-	-	-
58	bulnesol	1676	1670	-	-	-	-	4,70	-	-	-
59	germacrona	1706	1693	-	-	-	-	-	-	1,42	-
60	hexahidrofarnesil acetona	1846	1844	-	-	-	-	10,61	-	-	-
61	(5 <i>E</i> ,9 <i>E</i>)-farnesil acetona	1917	1913	-	-	-	-	2,32	-	-	-
62	fitol	2114	2106	-	-	-	-	1,66	-	-	-
Hidrocarbonetos monoterpênicos				-	-	-	-	-	-	-	-
Monoterpenos oxigenados				-	0,20	0,10	0,20	-	0,59	1,30	0,94
Hidrocarbonetos sesquiterpênicos				78,29	82,17	95,55	95,06	19,31	96,36	74,40	95,54
Sesquiterpenos oxigenados				17,49	10,74	2,27	2,47	53,58	1,70	22,56	0,87
Outras classes				0,54	0,21	-	-	19,08	0,46	-	0,40

Bau = *Bauhinia fortificata*; Copa = *Copaifera langsdorffii*; Ery = *Erythrina falcata*; Mach = *Machaerium scleroxylon*; (-) substância não detectada no óleo essencial; IRL exp= índice de retenção experimental; IRLit= índice de retenção literatura (Adams, 2017)

A análise de componentes principais demonstra 43,4% da variação total nos componentes principais PC1 e PC2 (Gráfico 23). O padrão de divergência química sugere que os óleos essenciais de *B. fortificata* e *M. scleroxylon* diferem pouco entre si. Ambos apresentaram baixa variabilidade em suas composições químicas entre os diferentes períodos de coleta.

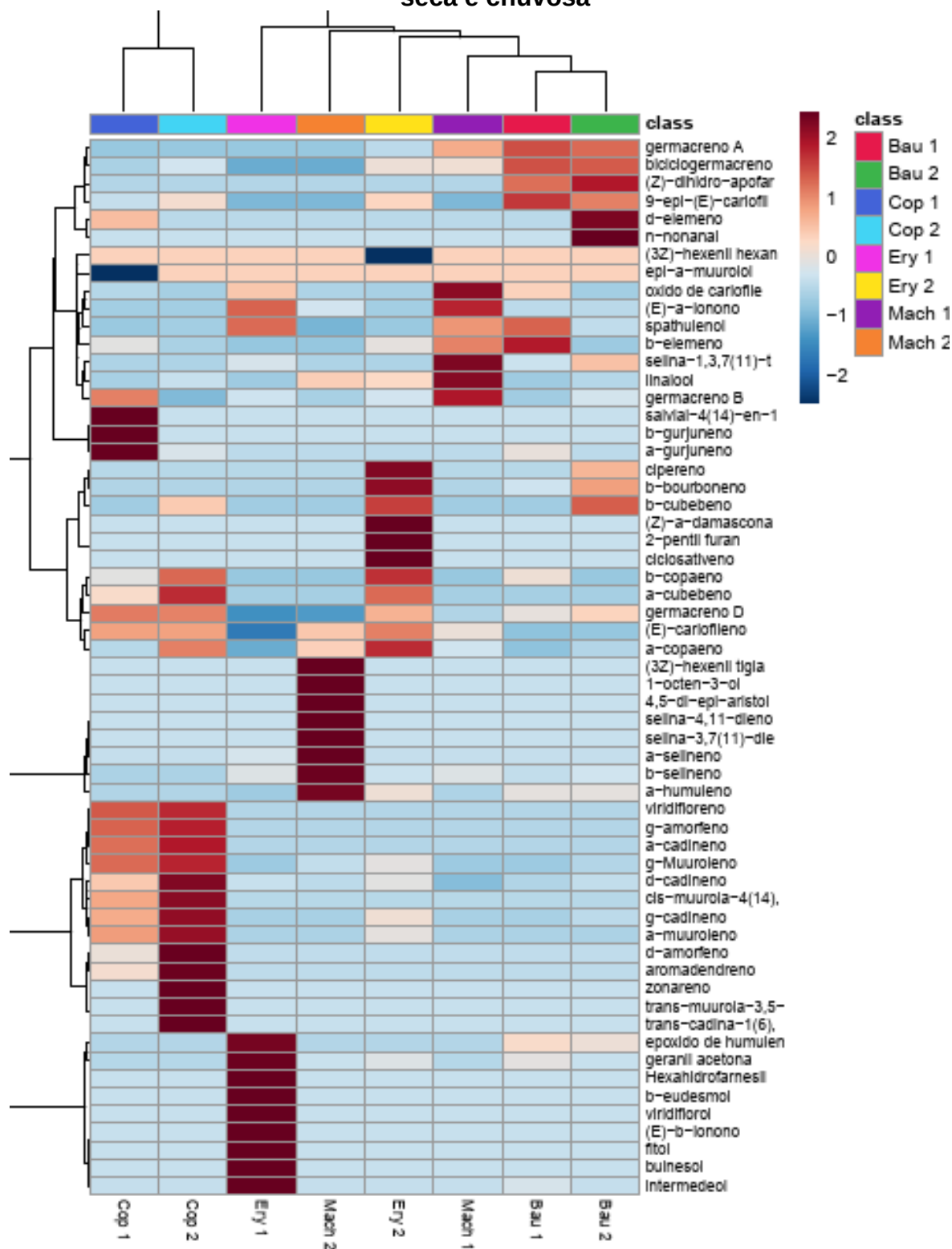
Por outro lado, *E. falcata* e *Copaifera langsdorffii* apresentaram perfis químicos mais distintos de seus óleos essenciais. Outro aspecto interessante que o resultado dos componentes principais evidenciou foi uma maior variação na composição química dos óleos essenciais de *E. falcata* nos diferentes períodos de coleta.

Gráfico 23 - Análise de Componentes Principais (ACP) para os diferentes períodos de coleta dos óleos essenciais da família Fabaceae



A espécie *E. falcata* apresentou correlação positiva para as substâncias 2-pentil furan e ciclosativeno na estação chuvosa (Ery2), enquanto hexahidrofarnesil e fitol foram correlacionados positivamente para a formação do cluster na estação seca (Ery1) (Figura 6).

Figura 6 - Mapa de calor (Heatmap) com base na composição química dos óleos essenciais das espécies da família Fabaceae coletadas nas estações seca e chuvosa



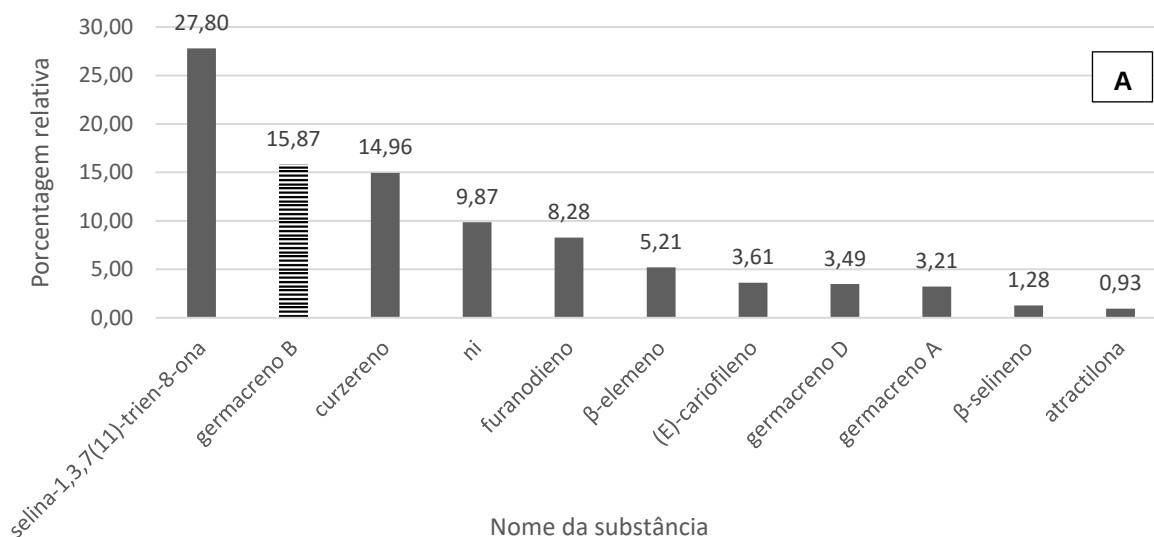
Ainda na Figura 6, pode-se verificar a correlação positiva das substâncias α e β -gurjuneno para o óleo essencial de *C. langsdorffii* na estação seca (Cop1), enquanto

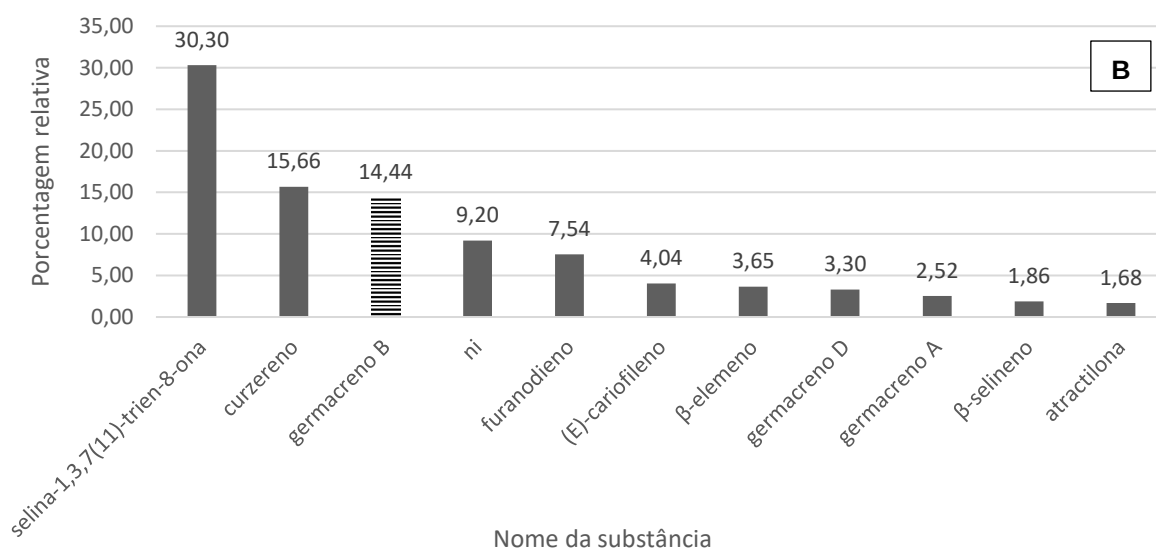
na estação chuvosa (Cop2) verifica-se correlação positiva para as substâncias aromadendreno e zonareno.

4.3.6 Família Myrtaceae

A análise da espécie *Eugenia uniflora* (Gráfico 24) evidenciou que apenas o composto germacreno B (15,87% no inverno e 14,44% no verão) apresentou diferença estatisticamente significativa entre as coletas realizadas na estação seca e chuvosa, conforme indicado pelo teste t-pareado.

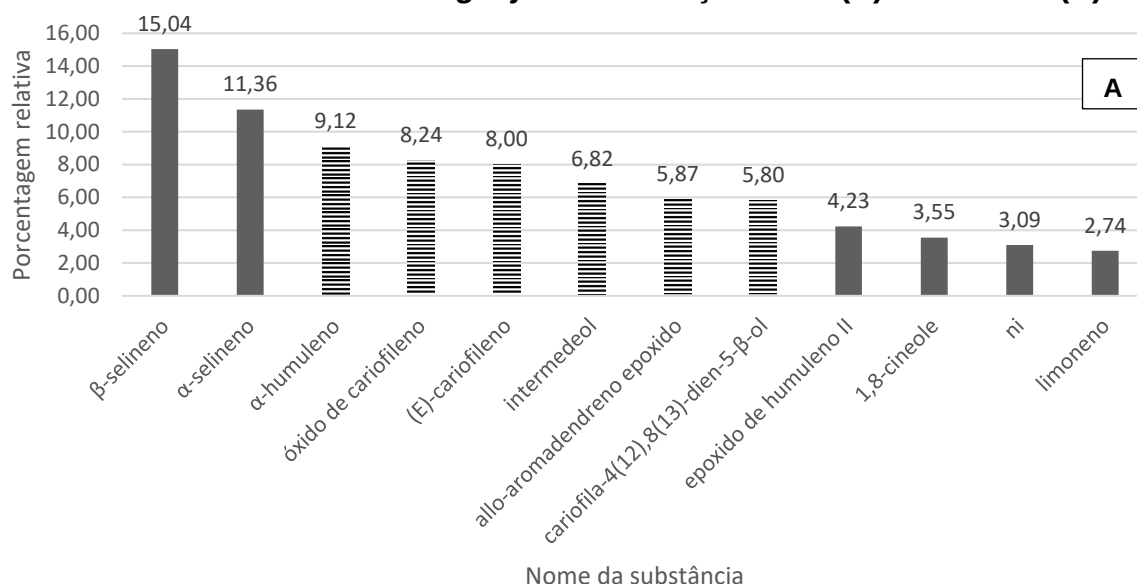
Gráfico 24 - Proporções relativas médias (%) das substâncias identificadas no óleo essencial de *Eugenia uniflora* na estação seca (A) e chuvosa (B)





No caso de *Psidium guajava* (Gráfico 25), identificaram-se diferenças significativas nos seguintes compostos entre as coletas da estação seca e chuvosa: (E)-cariofileno (8,00%;16,35%), α -humueno (9,18%;30,68%), óxido de cariofileno (8,24%;2,09%), allo-aromadendreno epóxido (5,87%;2,31%), cariofila-4(12),8(13)-dien-5- β -ol (5,80%-0,70%) e intermedol (6,32%;3,84%).

Gráfico 25 - Proporções relativas médias (%) das substâncias identificadas no óleo essencial de *Psidium guajava* na estação seca (A) e chuvosa (B)



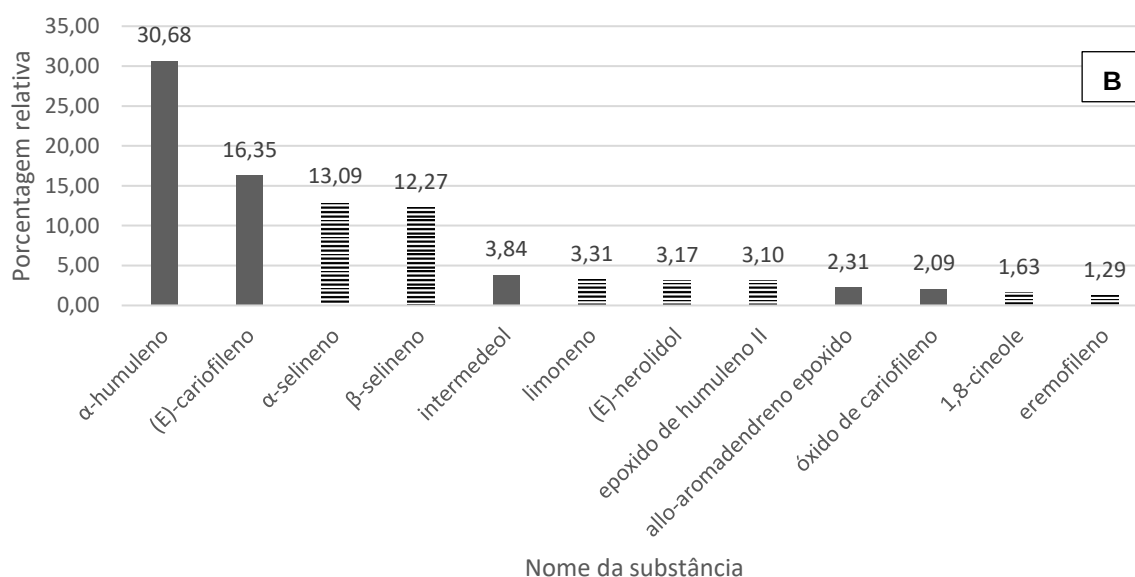


Tabela 7 - Proporções relativas médias (%) das substâncias identificadas nos óleos essenciais dos gêneros da família Myrtaceae na estação seca (1) e chuvosa (2), Botucatu – SP

Nº	Substância	IRL Calc	IRL Lit	<i>E. uniflora</i> 1	<i>E. uniflora</i> 2	<i>P. guajava</i> 1	<i>P. guajava</i> 2
1	α-pineno	937	932	-	-	-	0,08
2	benzaldeído	976	952	-	-	0,46	0,91
3	mirreno	991	988	0,18	0,10	-	-
4	(3E)-hexenil acetato	1009	1001	0,13	-	-	-
5	p-cimeno	1030	1020	0,11	-	-	-
6	limoneno	1033	1024	0,12	-	2,74	3,31
7	1,8-cineol	1038	1026	-	-	3,55	1,63
8	(E)-β-ocimeno	1048	1044	0,20	0,18	-	-
9	linalol	1106	1095	0,15	0,11	-	-
10	(3Z)-hexenil butanoato	1190	1184	0,26	-	-	-
11	trans-p-menta-1(7),8-dien-2-ol	1198	1187	-	-	1,29	-
12	α-terpineol	1206	1188	-	-	0,57	0,25
13	cis-p-mentha-1(7),8-dien-2-ol	1241	1227	-	-	1,03	-
14	trans-linalol óxido acetato	1286	1287	0,47	0,14	-	-
15	δ-elemeno	1338	1335	0,35	0,37	-	-
16	α-copaeno	1380	1374	-	-	0,33	0,50
17	β-elemeno	1394	1389	5,21	3,65	-	-
18	β-isocomeno	1400	1407	0,20	0,17	-	-
19	(E)-cariofileno	1425	1417	3,61	4,04	8,00	16,35
20	γ-elemeno	1434	1430	0,42	0,38	-	-
21	β-copaeno	1436	1430*	0,09	0,11	-	-
22	α-humuleno	1462	1452	0,29	0,29	9,12	30,68
23	9-epi-(E)-cariofileno	1466	1464	0,21	0,29	-	-

24	4,5-di- <i>epi</i> -aristolocheno	1476	1471	-	-	0,33	0,24
25	selina-4,11-dieno	1479	1476*	0,18	0,50	0,35	0,93
26	γ -muuroleno	1481	1478	-	-	0,59	0,54
27	germacreno <i>D</i>	1488	1480	3,49	3,30	-	-
28	eremofileno	1495	1489	-	-	1,70	1,29
29	β -selineno	1496	1489	1,28	1,86	15,04	12,27
30	α -selineno	1502	1498	-	-	11,36	13,09
31	curzereno	1502	1499	14,96	15,66	-	-
32	germacreno <i>A</i>	1515	1512	3,21	2,52	-	-
33	δ -cadineno	1524	1522	0,23	0,47	-	0,40
34	selina-3,7(11)-dieno	1549	1545	-	0,25	-	-
35	germacreno <i>B</i>	1568	1559	15,87	14,44	-	-
36	(<i>E</i>)-nerolidol	1568	1561	-	-	-	3,17
37	cariolan-8-ol	1587	1571	-	-	0,45	-
38	óxido de cariofileno	1592	1582	0,42	-	8,24	2,09
39	epóxido de humuleno II	1621	1608	-	-	4,23	3,10
40	1- <i>epi</i> -cubenol	1638	1627	-	-	1,12	-
41	selina-1,3,7(11)-trien-8-ona	1640	1632	27,80	30,30	-	-
42	<i>allo</i> -aromadendreno epóxido	1645	1639	-	-	5,87	2,31
43	cariofila-4(12),8(13)-dien-5- β -ol	1649	1639	-	-	5,80	0,70
44	α -muurolol	1658	1644	-	-	1,12	0,42
45	intermedeol	1671	1665	-	-	6,82	3,84
46	14-hidroxi-9- <i>epi</i> -(<i>E</i>)-cariofileno	1683	1668	-	-	1,15	-
47	furanodieno	1706	1699	8,28	7,54	-	-
48	selina-1,3,7(11)-trien-8-one epóxido	1755	1746	0,55	0,69	-	-
Hidrocarbonetos monoterpênicos				0,61	0,28	2,74	3,39
Monoterpenos oxigenados				0,62	0,25	6,44	1,88
Hidrocarbonetos sesquiterpênicos				49,60	48,30	46,82	76,29
Sesquiterpenos oxigenados				37,05	38,53	34,80	15,63
Outras classes				0,39	-	0,46	0,91

(-) = substância não detectada no óleo essencial; (*) = identificada por NIST Webbook; IRL exp= índice de retenção experimental; IRLit= índice de retenção literatura (Adams, 2017)

Esta família é reconhecida por apresentar uma grande diversidade de compostos nos óleos essenciais, algo que é característico de muitos gêneros pertencentes a ela. Foram coletadas duas espécies: *Eugenia uniflora* e *Psidium guajava*. Ambas produziram rendimento de óleo essencial satisfatório para a realização de testes de atividade biológica, especialmente durante a estação chuvosa, com destaque para a *E. uniflora*.

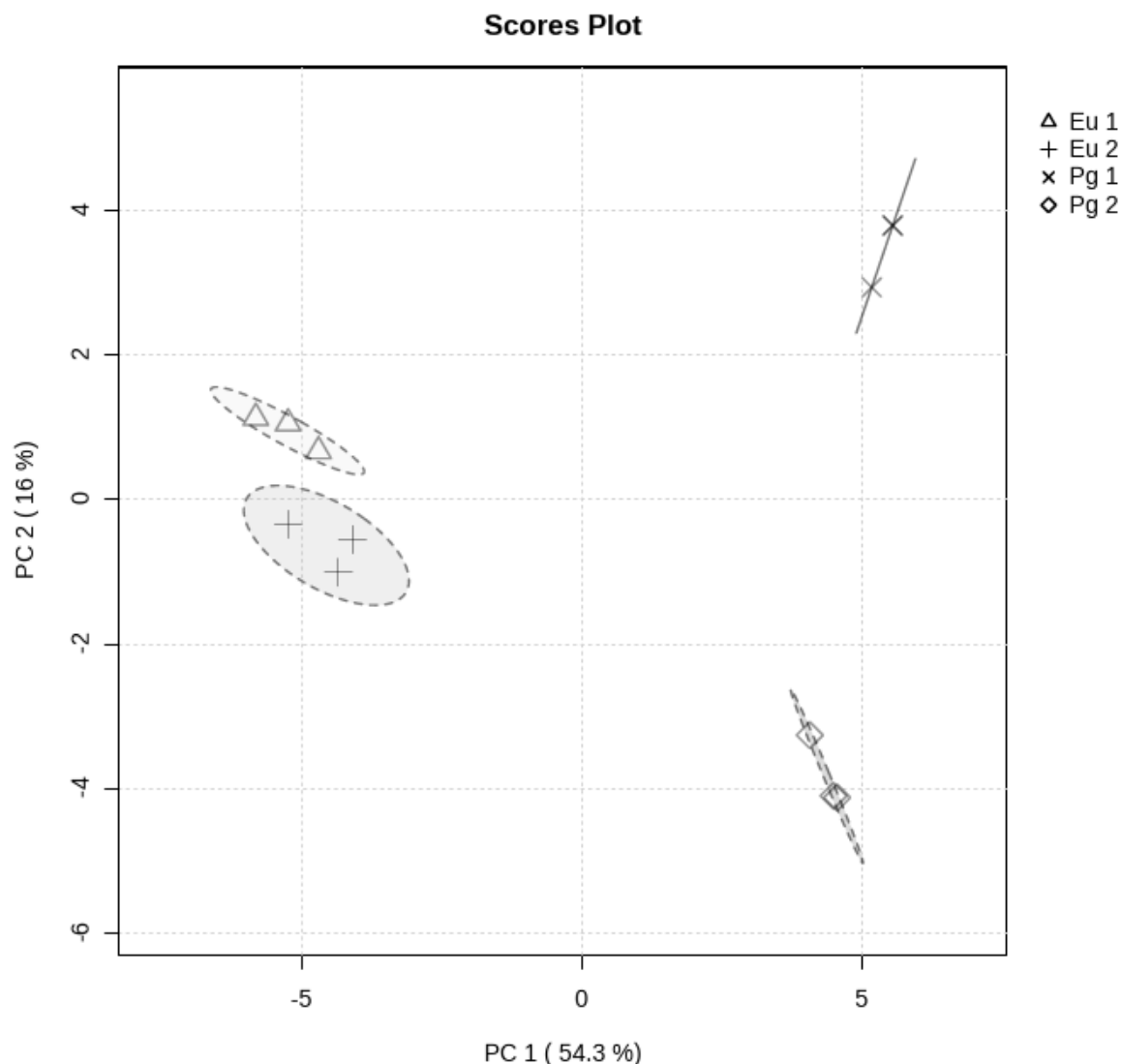
Dentre os compostos identificados no óleo essencial de *E. uniflora*, o curzureno (14,96%;15,66%) se destacou, com proporções relativas altas observadas nos dois

períodos de coleta, no entanto, abaixo do exigido pelo Formulário de Fitoterápicos da Farmacopéia Brasileira. Esse composto também foi identificado como majoritário em um estudo realizado por Victoria *et al.* (2012), que abordou a atividade antimicrobiana e antioxidante do óleo essencial extraído das folhas dessa espécie. A presença frequente de curzereno no óleo essencial de *E. uniflora*, conforme observado em diversos estudos sugerem que esse composto poderia ser utilizado como marcador para essa espécie.

No caso de *P. guajava*, as altas quantidades de α -selineno e a presença de limoneno são semelhantes ao que foi relatado por Joseph e Priya (2011) em um estudo onde foram avaliadas as propriedades antimicrobianas, repelentes, anticâncer e anti-inflamatórias associadas ao óleo essencial dessa espécie.

A análise de componentes principais entre *E. uniflora* e *P. guajava* apresentou 70,3% da variação total nos componentes principais PC1 e PC2 (Gráfico 26). O padrão de divergência química sugere que os óleos essenciais de *Eugenia uniflora* e *Psidium guajava* possuem dissimilaridade. As distâncias relativas entre as amostras do óleo essencial de *P. guajava* nos diferentes períodos de coleta indicam a possível influência da sazonalidade na sua composição química.

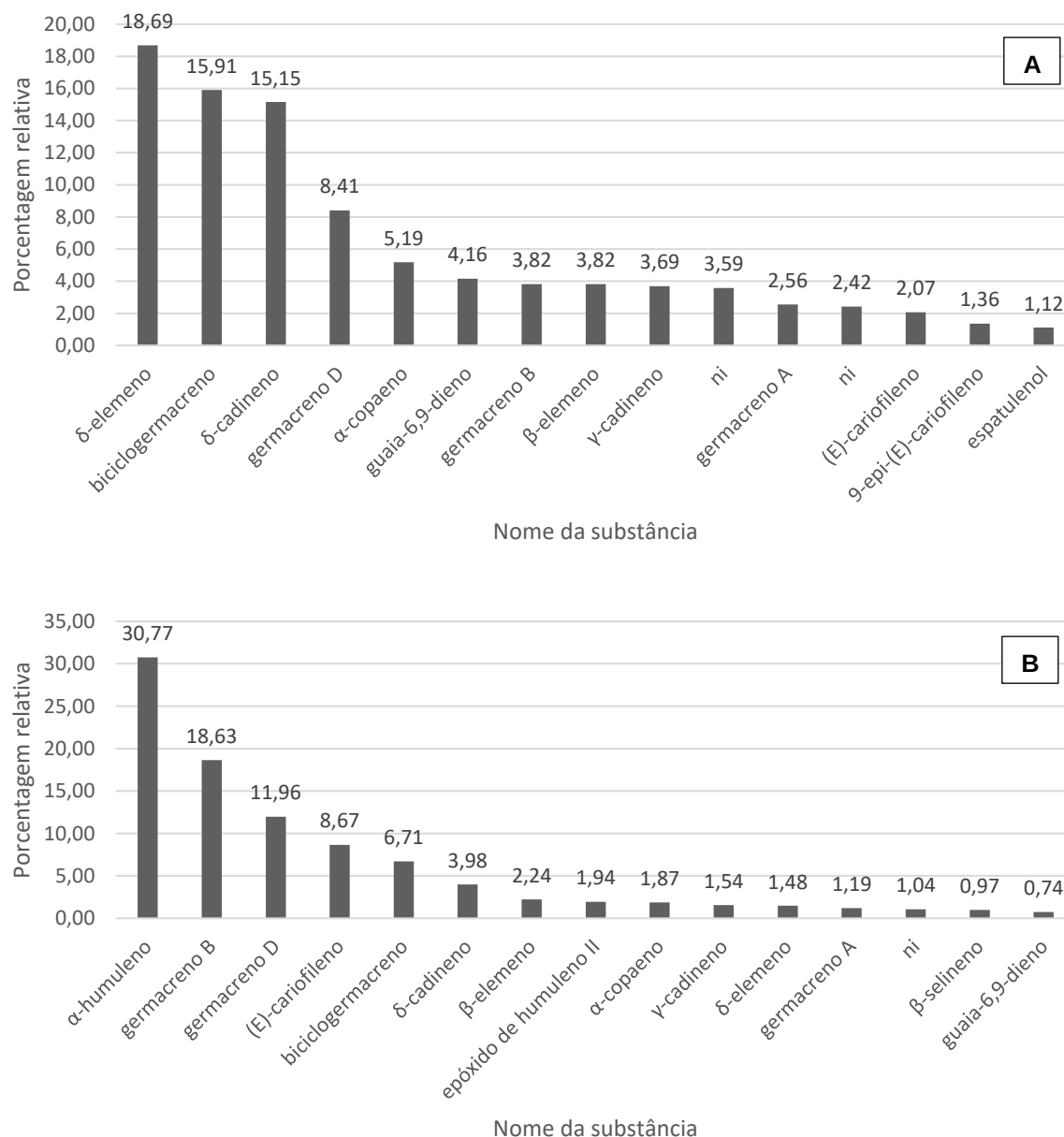
Gráfico 26 - Análise de Componentes Principais (ACP) para os diferentes períodos de coleta dos óleos essenciais da família Myrtaceae



4.3.7 Família Salicaceae

Em relação às substâncias majoritárias identificadas na espécie *Casearia sylvestris*, todas apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre o período de coleta na estação seca e chuvosa, com as porcentagens correspondentes exibindo as seguintes variações: redução de δ -elemeno (18,69% para 1,48%), α -copaeno (5,19% para 1,87%), β -elemeno (3,82% para 2,23%), guaia-6,9-dieno (4,16% para 0,74%), γ -cadineno (3,69% para 1,54%), δ -cadineno (15,15% para 3,98%). Por outro lado, houve um aumento substancial em germacreno *B* (3,82% para 18,63%) e germacreno *D* (8,41-11,96%) durante a estação chuvosa (Gráfico 27).

Gráfico 27 - Proporções relativas médias (%) das substâncias identificadas no óleo essencial de *Casearia sylvestris* na estação seca (A) e chuvosa (B)



Da família Salicaceae, coletou-se apenas a espécie *Casearia sylvestris*, uma planta nativa de grande relevância farmacêutica e medicinal. Entre todas as espécies analisadas neste estudo, esta foi a que demonstrou o maior rendimento nos dois períodos de coleta (0,81%;0,75%). Em um estudo conduzido por Esteves *et al.* (2005), muitos desses compostos citados também foram identificados como majoritários no óleo essencial, o qual exibiu atividade anti-inflamatória.

Estudos clínicos mostraram taxas de resposta favoráveis em câncer de pulmão, carcinoma hepático, câncer cerebral metastático e leucemia do β-elemeno quando

combinados com quimioterapia (Russo; Marcu, 2017). O composto γ -cadineno já demonstrou atividade larvica contra 3 espécies de mosquitos vetores de doenças: *Anopholes stephensi*, que é um vetor da malária; *Aedes aegypti*, que é um vetor da dengue; e *Culex quinquefasciatus*, que é um vetor da filariose (Russo; Marcu, 2017).

Esta espécie apresentou predominância de substâncias pertencentes à classe química de hidrocarbonetos sesquiterpênicos (Tabela 8).

Tabela 8 - Proporções relativas médias (%) das substâncias identificadas nos óleos essenciais dos gêneros da espécie *Casearia sylvestris* pertencente à família Salicaceae na estação seca e chuvosa, Botucatu – SP

Nº	Substância	IRL exp	IRL lit	seca (%)	chuvosa (%)
1	(Z)- β -ocimeno	1037	1032	0,02	-
2	(E)- β -ocimeno	1048	1044	0,10	-
3	linalol	1106	1095	0,03	-
4	δ -elemeno	1338	1335	18,69	1,48
5	α -cubebeno	1350	1348	0,10	-
6	ciclosativeno	1374	1369	-	0,22
7	α -ilangeno	1374	1373	0,55	-
8	α -copaeno	1380	1374	5,19	1,87
9	β -elemeno	1386	1389	0,09	2,24
10	β -bourboneno	1388	1387	0,03	-
11	β -elemeno	1394	1389	3,82	2,23
12	ni	1411		0,06	-
13	(E)-cariofileno	1425	1417	2,07	8,67
14	γ -elemeno	1434	1430	0,26	0,71
15	β -copaeno	1436	1430	0,49	0,43
16	guaia-6,9-dieno	1446	1442	4,16	0,74
17	ni	1455		0,56	-
18	α -humuleno	1462	1452	0,53	30,77
19	9-epi-(E)-cariofileno	1466	1464	1,36	0,62
20	ni	1481		0,28	0,31
21	ni	1483		0,63	-
22	germacreno D	1488	1480	8,41	11,96
23	ni	1490		0,32	0,31
24	ni	1493		0,74	-
25	β -selineno	1497	1489	-	0,97
26	ni	1497		0,62	-
27	biciclogermacreno	1502	1500	15,91	6,71
28	ni	1509		0,76	-
29	ni	1510		0,35	-
30	germacreno A	1515	1508	2,56	1,19
31	γ -cadineno	1520	1513	3,69	1,54
32	δ -cadineno	1525	1522	15,15	3,98
33	α -calacoreno	1551	1544	-	0,31
34	germacreno B	1567	1559	3,82	18,63

35	espatulenol	1587	1577	1,12	-
36	óxido de cariofileno	1593	1582	0,09	
37	viridiflorol	1606	1592		0,19
38	epóxido de humuleno II	1623	1608	-	1,94
39	1,10-di-epi-cubenol	1638	1618	0,17	-
40	ni	1641		-	0,65
Hidrocarbonetos monoterpênicos				0,12	-
Monoterpenos oxigenados				0,03	-
Hidrocarbonetos sesquiterpênicos				86,88	95,27
Sesquiterpenos oxigenados				1,38	2,13
Não identificados				4,32	1,27

ni = substância não identificada; (-) substância não detectada no óleo essencial; IRL exp = índice de retenção experimental; IRL lit= índice de retenção literatura (Adams, 2017)

4.4 Resultado da atividade antimicrobiana dos óleos essenciais

Os testes de atividade antimicrobiana demonstraram que os óleos essenciais de todas as espécies apresentaram algum nível de inibição em relação aos microrganismos *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* e *Staphylococcus epidermidis*. Não foi observada atividade dos óleos essenciais frente aos microrganismos *Pseudomonas aeruginosa* e *Candida albicans* (Quadro 3).

Quadro 3 – Concentração Mínima Inibitória (MIC) em mg/mL dos óleos essenciais para diferentes microrganismos

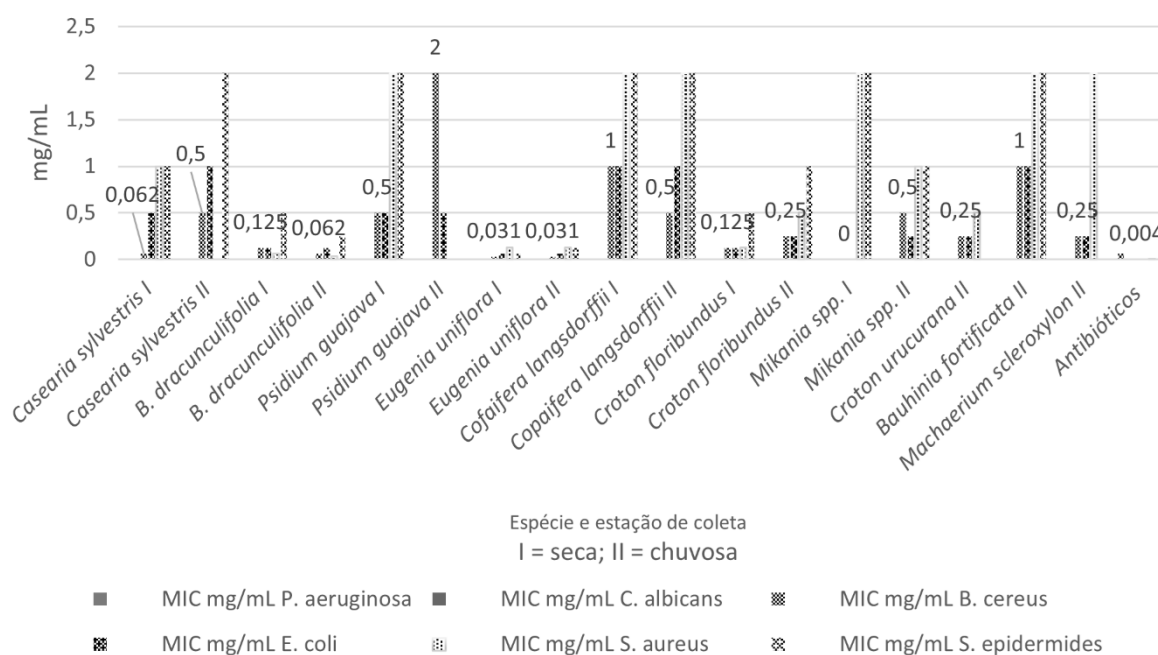
Amostras	Estação	MIC mg/mL					
		<i>P. aeruginosa</i>	<i>C. albicans</i>	<i>B. cereus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>S. epidermidis</i>
<i>Casearia sylvestris</i>	Seca	-	-	0,062	0,5	1,0	1,0
<i>Casearia sylvestris</i>	Chuvosa	-	-	0,5	1,0	-	2,0
<i>B. dracunculifolia</i>	Seca	-	-	0,125	0,125	0,062	0,5
<i>B. dracunculifolia</i>	Chuvosa	-	-	0,062	0,125	0,031	0,25
<i>Psidium guajava</i>	Seca	-	-	0,5	0,5	2,0	2,0
<i>Psidium guajava</i>	Chuvosa	-	-	2,0	0,5	-	-
<i>Eugenia uniflora</i>	Seca	-	-	0,031	0,062	0,125	0,062
<i>Eugenia uniflora</i>	Chuvosa	-	-	0,031	0,062	0,125	0,125
<i>Copaifera langsdorffii</i>	Seca	-	-	1,0	1,0	2,0	2,0
<i>Copaifera langsdorffii</i>	Chuvosa	-	-	0,5	1,0	2,0	2,0
<i>Croton floribundus</i>	Seca	-	-	0,125	0,125	0,125	0,5
<i>Croton floribundus</i>	Chuvosa	-	-	0,25	0,25	0,5	1,0

<i>Mikania</i> spp.	Seca	-	-	-	-	2,0	2,0
<i>Mikania</i> spp.	Chuvosa	-	-	0,5	0,25	1,0	1,0
<i>Croton urucurana</i>	Chuvosa	-	-	0,25	0,25	0,5	-
<i>Bauhinia fortificata</i>	Chuvosa	-	-	1,0	1,0	2,0	2,0
<i>Machaerium scleroxylon</i>	Chuvosa	-	-	0,25	0,25	2,0	-
Antibióticos		0,062	0,002	0,004	0,004	0,008	0,008

(-) = Concentração acima de 2,0 mg/mL de óleo essencial necessária para inibição do microrganismo.

Destaca-se o resultado do óleo essencial de *Eugenia uniflora*, em que as concentrações mínimas inibitórias foram de 0,125 a 0,031 mg/mL (Quadro 3). A maior concentração foi necessária para inibir o desenvolvimento de *S. aureus*, enquanto a menor se atribui à inibição de *B. cereus*. Como foi visto na seção de resultados das análises químicas dos óleos essenciais, o óleo essencial utilizado neste teste apresentou altas porcentagens de curzereno (14,96% na estação seca e 15,66% na estação chuvosa), composto em que se atribuiu a atividade antimicrobiana e antioxidante do óleo essencial de *E. uniflora* em testes realizados por Victoria *et al.* (2012). Através da representação gráfica dos resultados de MIC (gráfico 30), nota-se que os óleos obtidos nas diferentes épocas apresentaram resultados semelhantes quanto as concentrações necessárias para inibir determinado organismo.

Gráfico 30 - Representação da Concentração Mínima Inibitória (MIC)



Em seguida, o óleo essencial que apresentou menores MIC, foi aquele obtido da espécie *Baccharis dracunculifolia*. As menores concentrações foram de 0,031 mg/mL verificada no óleo essencial da estação chuvosa aplicado em *S. aureus*, com o óleo essencial da estação seca, foi necessária uma MIC de 0,062 para a inibição do mesmo microrganismo. Concentrações de 0,125 mg/mL dos óleos de ambos os períodos de coleta foram necessárias para a inibição de *E. coli*. Nota-se que o óleo essencial de *B. dracunculifolia* coletado na estação chuvosa apresentou menores MIC em relação aos da estação seca. Dentre os compostos majoritários identificados neste óleo empregado no teste, verificou-se elevadas porcentagens relativas de (*E*)-nerolidol, composto, ao qual, obteve atividade antileishmania e antiesquistossomose reportada (Parreira *et al.*, 2010). Outro composto majoritário verificado foi (*E*)-cariofileno, que dentre as atividades relatadas, consta-se a antimicrobiana (Russo; Marcu, 2017).

Resultados interessantes também foram obtidos a partir dos óleos essenciais das espécies do gênero *Croton*. Observa-se que, com concentrações de 0,25 mg/mL do óleo essencial de *C. urucurana* coletado na estação chuvosa, obteve-se a inibição do desenvolvimento dos microrganismos *B. cereus* e *E. coli*. A análise do óleo em questão, possibilitou a identificação do composto biciclogermacreno (33,51%) e germacreno D (28,59%) como majoritários. Além destes mencionados, verifica-se a presença de mirceno (3,34%), composto este que, dentre as atividades reportadas, inclui-se a antibacteriana verificada para *S. aureus* (Inoue *et al.*, 2004).

A espécie *C. floribundus* por sua vez, forneceu quantidade de óleo suficiente para realizar os testes nos dois períodos de coleta. Verificou-se que o óleo essencial obtido na estação seca permite a utilização de menores concentrações para inibir o crescimento dos microrganismos de uma forma satisfatória. Um MIC de 0,12 mg/mL foi suficiente para inibir o crescimento de *B. cereus*, *E. coli* e *S. aureus*. Neste óleo essencial foram identificados o óxido de cariofileno (20,56%) e (*E*)-cariofileno (14,48%) em maior proporção relativa.

O óleo essencial da espécie *Casearia sylvestris* na estação seca também apresentou atividade inibitória e bactericida relativamente boas (Quadro 4), com destaque para sua aplicação em *B. cereus*, em que apenas 0,062 mg/mL foram suficientes para inibir e eliminar este microrganismo. Os resultados indicaram que concentrações maiores foram necessárias para obter o mesmo efeito com a utilização do óleo desta espécie obtido na estação chuvosa. No óleo essencial desta espécie

coletado na estação seca foram identificados maiores teores de δ -elemeno (18,69%), biciclogermacreno (15,91%) e δ -cadineno (15,15%).

Por fim, o óleo coletado da espécie *Machaerium scleroxylon* na estação chuvosa também apresentou inibição para o crescimento de *B. cereus*, *E. coli* e *S. aureus*, com concentração mínima inibitória de 0,25, 0,25 e 2,0 mg/mL, respectivamente. Por outro lado, a ação bactericida foi verificada apenas para *B. cereus*, com MBC de 0,25 mg/mL (Quadro 4).

Quadro 4 - Concentração Mínima Bactericida (MBC) em mg/mL dos óleos essenciais para diferentes microrganismos

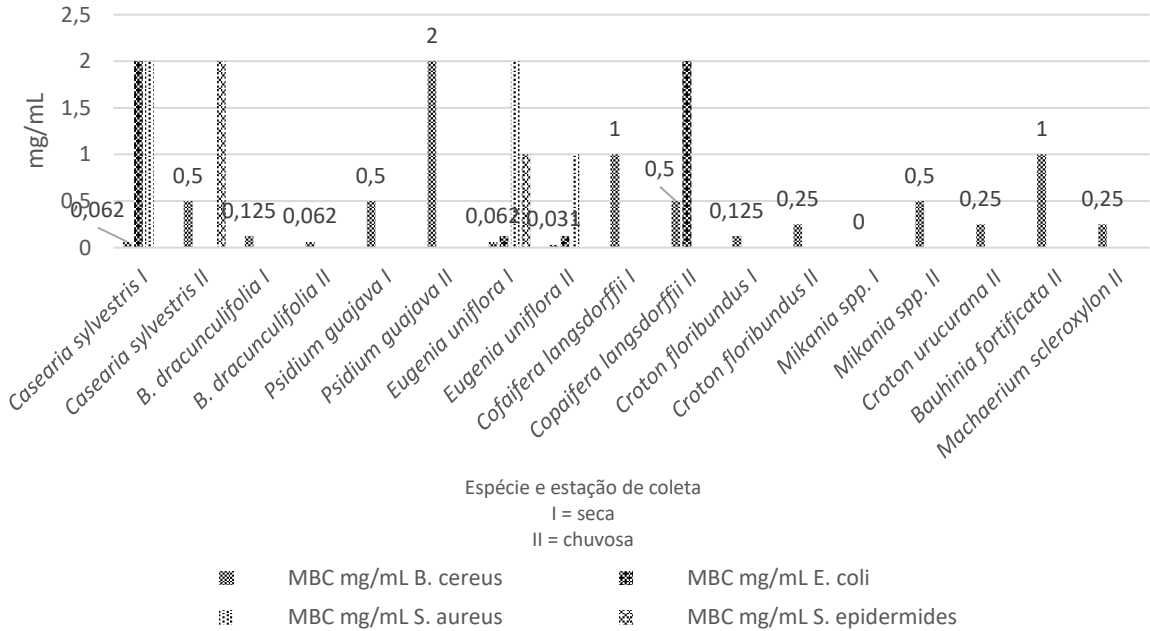
Amostras	Estação	MBC mg/mL			
		<i>B. cereus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>S. epidermides</i>
<i>Casearia sylvestris</i>	Seca	0,062	2,0	2,0	-
<i>Casearia sylvestris</i>	Chuvosa	0,5	-	-	2,0
<i>B. dracunculifolia</i>	Seca	0,125	-	-	-
<i>B. dracunculifolia</i>	Chuvosa	0,062	-	-	-
<i>Psidium guajava</i>	Seca	0,5	-	-	-
<i>Psidium guajava</i>	Chuvosa	2,0	-	-	-
<i>Eugenia uniflora</i>	Seca	0,062	0,125	2,0	1,0
<i>Eugenia uniflora</i>	Chuvosa	0,031	0,125	1,0	-
<i>Copaifera langsdorffii</i>	Seca	1,0	-	-	-
<i>Copaifera langsdorffii</i>	Chuvosa	0,5	2,0	-	-
<i>Croton floribundus</i>	Seca	0,125	-	-	-
<i>Croton floribundus</i>	Chuvosa	0,25	-	-	-
<i>Mikania spp.</i>	Seca	-	-	-	-
<i>Mikania spp.</i>	Chuvosa	0,5	-	-	-
<i>Croton urucurana</i>	Chuvosa	0,25	-	-	-
<i>Bauhinia fortificata</i>	Chuvosa	1,0	-	-	-
<i>Machaerium scleroxylon</i>	Chuvosa	0,25	-	-	-

(-) = Concentração acima de 2,0 mg/mL de óleo essencial necessária para eliminação do microrganismo.

No geral, com exceção do óleo essencial de *Mikania spp.* obtido na estação seca, todos os óleos essenciais testados apresentaram atividade bactericida para o microrganismo *B. cereus* (Gráfico 31). Destaca-se novamente o óleo essencial de *E. uniflora* em ambos os períodos de coleta, apresentando atividade bactericida para os outros microrganismos (*E. coli*, *S. aureus*, *S. epidermides*). No entanto, se verificou maior eficiência bactericida para *B. cereus* na estação chuvosa (0,031 mg/mL). Outra espécie que apresentou alta eficiência bactericida para *B. cereus* foi *B. dracunculifolia*, verificando-se um MBC de 0,125 mg/mL na estação seca e 0,062 mg/mL na estação chuvosa. De forma semelhante, *C. floribundus* apresentou um bom efeito bactericida

para *B.cereus*, requerindo apenas 0,125 mg/mL de óleo essencial da estação seca e 0,25 mg/mL de óleo essencial da estação chuvosa para eliminar este microrganismo.

Gráfico 31 - Representação da Concentração Mínima Bactericida (MBC)



5 CONCLUSÕES

Os óleos essenciais apresentaram rendimentos variáveis, com rendimentos maiores durante o período chuvoso, destacando-se: *Casearia sylvestris*, *Baccharis dracunculifolia*, *Copaifera langsdorffii*, *Mikania* spp. e *Eugenia uniflora*.

A composição química dos óleos essenciais das espécies foi influenciada pela sazonalidade. De forma geral, verificou-se que os hidrocarbonetos sesquiterpênicos foram as substâncias predominantes nos óleos essenciais.

A espécie que apresentou maior potencial em relação à atividade antimicrobiana do óleo essencial foi *Eugenia uniflora*, com melhor resultado contra o microrganismo *Bacillus cereus* com concentração mínima bactericida de 0,062 mg/mL e 0,031 mg/mL para as coletas nas estações seca e chuvosa, respectivamente. O óleo essencial desta espécie também foi capaz de suprimir o crescimento de colônias de *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermides*.

REFERÊNCIAS

ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP (APG). **Asteraceae Family**. Disponível em: <https://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>. Acesso em: 17 dez. 2023.

ADAMS, R. P. **Identification of essential oil components by gas-chromatography/mass spectrometry**. 4 ed. Allured, 2017.

ALMEIDA, L. F. R. *et al.* Dry and wet seasons set the phytochemical profile of the *Copaifera langsdorffii* Desf. essential oils. **Journal of Essential Oil Research**, v.26, p.292-300, 2014.

ALVES, T. R. **Diversidade de mamíferos de médio e grande porte e sua relação com o mosaico vegetacional na Fazenda Experimental Edgárdia, Unesp, Botucatu/SP**. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP, 111p., 2009.

AMARAL, J. G. **Estudo das variações sazonais e intrapopulacional dos metabolitos secundários majoritários das folhas de *Eremanthus glomerulatus* Less. (Asteraceae)**. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto, 156p, 2008.

Asteraceae *in* **Flora e Funga do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB55>. Acesso em: 17 dez. 2023

BARBOSA, L. C. A.; DEMUNER, A. J.; CLEMENTE, A. D. Seasonal variation in the composition of volatile oils from *Schinus terebinthifolius* Raddi. **Quim. Nova**, v.30, n.8, p.1959-1965, 2007.

BELL, E. A.; CHARLWOOD. **Secondary plant products**. Springer-Verlag, New York, 1980, 674p.

BONNER, J.; GALSTON, A. W. **Principles of plant physiology**. W. H. Freeman & Co. San Francisco, 1992, 499p.

BRANT, R. S. *et al.* Teor do óleo essencial de cidrão [*Aloysia triphylla* (L'Her.) Britton] em função da variação sazonal. **Rev. Bras. Pl. Med.** v.10, n.2, p.83-88, 2008.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Plantas Medicinais e Fitoterápicos no Sistema Único de Saúde**. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/sectics/daf/pnpmf/plantas-medicinais-e-fitoterapicos-no-sus>. Acesso em: 21 dez. 2023

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro – Região Sul** / Lidio Coradin; Alexandre Siminski; Ademir Reis – Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Informações sistematizadas da Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao SUS: *Croton cajucara* Benth, Euphorbiaceae (sacaca)** Brasília: Ministério da Saúde, 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Informações sistematizadas da Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao SUS: *Mikania glomerata* Spreng., Asteraceae (guaco)** Brasília: Ministério da Saúde, 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Informações sistematizadas da Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao SUS: *Lippia sidoides* Cham., Verbenaceae (alecrim-pimenta).** Brasília: Ministério da Saúde, 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Informações sistematizadas da Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao SUS: *Schinus terebinthifolius* Raddi, Anacardiaceae (aroeira-da-praia)** Brasília: Ministério da Saúde, 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Programa Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos.** Brasília, DF. 2009, 135p.

CARUZO, M. B. R. *et al.* *Croton*. In: **Flora e Funga do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB17512>. Acesso em: 02 ago. 2023

CARVALHO, W.; PANOSO, L. A., MORAES, M. H. Levantamento semidetalhado dos solos da Fazenda Experimental Edgardia, município de Botucatu - SP. **Boletim Científico Faculdade Ciências Agrônômicas**. UNESP (Botucatu), n. 2, 1991. 242 p.

CASSOLA, H. **Aspectos da estrutura fitossociológica e silvigenética em fragmentos de floresta estacional semidecídua com diferentes histórias de perturbação em Botucatu, SP**. Dissertação (Mestrado) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 86p., 2008.

CASTRO, M. S. *et al.* *Vernonanthura*. In: **Flora e Funga do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/fb602891>. Acesso em: 15 dez. 2023

CAZELLA, L. N. *et al.* Antimicrobial activity of essential oil of *Baccharis dracunculifolia* DC (Asteraceae) aerial parts at flowering period. **Frontiers in plant science**, v.10, p.27, 2019.

Cordiaceae. In: **Flora e Funga do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB624866>. Acesso em: 15 dez. 2023

CORREA-JUNIOR, C. C.; SCHEFFER, M. C.; MING, L. C. **Cultivo agroecológico de plantas medicinais, aromáticas e condimentares**. Ministério de desenvolvimento agrícola. Curitiba. 2006, 147p.

CRONQUIST, A. **An integrated system of classification of flowering plants**. Columbia University Press, New York, 1981, 1262p.

CRONQUIST, A. **The evolution and classification of flowering plants**. The New York Botanical Garden, New York, 1988, 534p.

DUARTE, M. C. T. *et al.* Anti-*Candida* activity of Brazilian medicinal plants. **Journal of ethnopharmacology**, v.97, p.305-311, 2005.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 1999. 412 p.

ESTEVES, I. *et al.* Gastric antiulcer and anti-inflammatory activities of the essential oil from *Casearia sylvestris* Sw. **Journal of Ethnopharmacology**, v.101, p.191-196. 2005.

Eugenia. In: **Flora e Funga do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB10560>. Acesso em: 02 ago. 2023

Fabaceae. In: **Flora e Funga do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB115224>. Acesso em: 02 ago. 2023

FABIANE, K. C. *et al.* Physicochemical characteristics of the essential oils of *Baccharis dracunculifolia* and *Baccharis uncinella* DC (Asteraceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.18, p.197-203, 2008.

FACANALI, R.; MARQUES, M. O. M.; HANTAO, L. W. Metabolic profiling of *Varronia curassavica* Jacq. terpenoids by flow modulated two-dimensional gas chromatography coupled to mass spectrometry. **Separations**, v.7, n8, p.1-17, 2020.

FARNSWORTH, N. R. *et al.* Medicinal plants in therapy, **Bulletin of the World Health Organization**, v.63, n.6, p.965-981, 1985.

FERNANDES, T. M. **Plantas medicinais: memória da ciência no Brasil**. Editora Fiocruz, 2004.

FERREIRA, G. K. *et al.* Avaliação sazonal circadiana do óleo essencial das folhas de *Piper divaricatum* G.Mey. (Piperaceae). **Braz. J. of Develop.** v.6, n.6, p.41356-41369, 2020.

FIGUEIREDO, A. S. G. **Efeito da sazonalidade no perfil químico e na atividade antioxidante de *Baccharis dracunculifolia* (Asteraceae) e ação modulatória desta planta sobre o metabolismo oxidativo de neutrófilos**. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto, 30p, 2010.

FILARDI, F. L. R.; CARDOSO, D. B. O. S.; LIMA, H.C. *Machaerium*. In: **Flora e Funga do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB29780>. Acesso em: 02 ago. 2023

FONSECA, R. C. B.; RODRIGUES, R. R. Análise estrutural e aspectos do mosaico sucessional de uma floresta semidecídua em Botucatu, SP. **Scientia Florestalis**, v.57, p.27-43, 2000.

GALLON, M. E. *et al.* Metabolomic analysis applied to chemosystematics and evolution of megadiverse Brazilian Vernoniae (Asteraceae). **Phytochemistry**, v.150, p.93-105, 2018.

GAZIM, Z. C. *et al.* Ethnomedicinal, phytochemical and pharmacological investigations of *Baccharis dracunculifolia* DC.(ASTERACEAE). **Frontiers in Pharmacology**, 13, 1048688, 2022.

GILANI, A. H.; RAHMAN, A. Trends in ethnopharmacology. **Journal of ethnopharmacology**, v.100, p.43-49, 2005.

GOBBO-NETO; LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Quím. Nova**, v.30, n.2, p.374-381, 2007.

GUIMARÃES, B. D. A. *et al.* Seasonality, composition, and antioxidant capacity of limonene/ δ -3-carene/ (E)-caryophyllene *Schinus terebinthifolia* essential oil chemotype from the brazilian amazon: a chemometric approach. **Plants**, v.12, 2497, 2023.

HEIDEN, G. *Baccharis*. In: **Flora e Funga do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB5177>. Acesso em: 01 ago. 2023

HOFMANN, A. **LSD and the divine scientist: the final thoughts and reflections of Albert Hofmann**. Vermont: Park Street Press, 2013.

IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro, 1992. 123 p.

INOUE, Y. *et al.* The antibacterial effects of myrcene on *Staphylococcus aureus* and its role in the essential oil of the tea tree (*Melaleuca alternifolia*). **Natural medicines**, v.58, p.10-14, 2004.

ISHARA, K. L. **Aspectos florísticos e estruturais de três fisionomias de cerrado no município de Pratânia, São Paulo**. Tese (Doutorado) Instituto de Biociências de Botucatu, UNESP, 156p., 2010.

JONES, S. B.; LUCHSINGER, A. E. **Plant systematics**. McGraw-Hill, New York, 2nd ed. 1986, 512p.

JORGE, L. A. B. *et al.* Estrutura diamétrica e arranjo especial das espécies mais abundantes de um fragmento de floresta estacional semidecidual em Botucatu, SP. **Floresta e Ambiente**, v.22, n3. p.355-367, 2015.

JOSEPH, B.; PRIYA, R. M. Phytochemical and biopharmaceutical aspects of *Psidium guajava* (L.) essential oil: a review. **Research Journal of Medicinal Plants**, v.5, p.432-442, 2011.

KATIKOU, P. *et al.* An updated review of tetrodotoxin and its peculiarities. **Marine Drugs**, v.20, 47, 2022. <https://doi.org/10.3390/md20010047>

KOEHN, F. E.; CARTER, G. T. The evolving role of natural products in drug discovery. **Nature reviews drug discovery**, v.4, p.206-220, 2005.

LEGAULT, J.; PICHETTE, A. Potentiating effect of β -caryophyllene on anticancer activity of α -humulene, isocaryophyllene and paclitaxel. **Journal of Pharmacy and Pharmacology**, v.59, p.1643-1647, 2007. <https://doi.org/10.1211/jpp.59.12.0005>

LIMA, E. J. S. P. D. *et al.* Antitumor effect of the essential oil from the leaves of *Croton matourensis* Aubl. (Euphorbiaceae). **Molecules**, v.23, 2974. 2018. <https://doi.org/10.3390/molecules23112974>

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Instituto Plantarum, 2002.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil**: Nativas e exóticas. Instituto Plantarum, 2002.

LUU-DAM, N. A. *et al.* Chemistry and bioactivity of *Croton* essential oils: literature survey and *Croton hirtus* from vietnam. **Molecules**, v.28, 2361, 2023. <https://doi.org/10.3390/molecules28052361>

MARANGONI, J. A. *et al.* Geographical variation in the chemical composition, anti-inflammatory activity of the essential oil, micromorphology and histochemistry of *Schinus terebinthifolia* Raddi. **Journal of Ethnopharmacology**, v.301, 115786, 2023.

MARQUETE, R.; MEDEIROS, E. V. S. S. Salicaceae. In: **Flora e Funga do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB14384>. Acesso em: 02 ago. 2023

MARTINS, D. **Classificação climática de Botucatu-SP**. Botucatu: Departamento de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, 1999.

MARTINS, M. V. *Erythrina*. In: **Flora e Funga do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB29676>. Acesso em: 02 ago. 2023

MILAN, E.; MORO, R. S. O conceito biogeográfico de ecótono. **Terra Plural**, v.10, n.1, p.75-88, 2016.

MINTEGUIAGA, M. *et al.* Recent findings in the chemistry of odorants from four *Baccharis* species and their impact as chemical markers **Chemistry & Biodiversity**, v.12, p.1339-1348, 2015.

MINTEGUIAGA, M. *et al.* Morphoanatomy and essential oil analysis of *Baccharis trimera* (Less.) DC.(Asteraceae) from Uruguay. **Industrial Crops and Products**, v.112, p.488-498, 2018.

MISRA, A.; SRIVASTAVA, S. Chemotaxonomy: an approach for conservation & exploration of industrially potential medicinal plants. **J. Pharmacognosy & Nat. Products**, v.2, n.4, p.1-2, 2016.

MONTANARI, I. Melhoramento de espécies nativas aromáticas: produtividade, rastreabilidade e qualidade. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ÓLEOS ESSENCIAIS, 11., 2023, Campinas. **Palestras [...]** Campinas, SP: Instituto Agrônomo (IAC), 2023. ISBN 978-65-88904-09-1

MOREIRA, L. **Análise morfométrica e biodiversidade da vegetação na microbacia hidrográfica da Fazenda Experimental Edgárdia**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 75p. 2007.

MORENO-PIZANI, M. A. *et al.* Essential oil content of *Baccharis crispa* Spreng. regulated by water stress and seasonal variation. **AgriEngineering**, v.2, p.458-470, 2020.

Myrtaceae. *In*: **Flora e Funga do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB171>. Acesso em: 17 dez. 2023

PARREIRA, N. A. *et al.* Antiprotozoal, schistosomicidal, and antimicrobial activities of the essential oil from the leaves of *Baccharis dracunculifolia*. **Chemistry & biodiversity**, v.7, p.993-1001, 2010.

PAULUS, D. *et al.* Teor e composição química de óleo essencial de cidrô em função da sazonalidade e horário de colheita. **Hort. Bras.** v.31, n.2, p.203-209, 2013.

PEREIRA, C. H. A. **Efeito da sazonalidade na produção de substâncias em *Piper aduncum* L.** Monografia (Graduação), Universidade de Taubaté, 45p. 2019.

PHILIPPE, G.; ANGENOT, L. Recent developments in the field of arrow and dart poisons. **Journal of ethnopharmacology**, v.100, p.85-91, 2005.

PINHEIRO, M. H. O.; MONTEIRO, R. Florística de uma floresta estacional semidecidual localizada em ecótono savânico-florestal, no município de Bauru, SP. **Brasil. Acta. Bot. Bras.** v.22, n.4, p.1085-1094. 2008.

PROCHNOW, D. **Crescimento, produção e qualidade do óleo essencial de *Aloysia triphylla* em função da disponibilidade hídrica e sazonalidade**. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Agricultura e Ambiente, Universidade Federal de Santa Maria, 2015, 57 p.

PROENÇA, C. E. B.; COSTA, I. R.; TULER, A. C. *Psidium*. *In*: **Flora e Funga do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB24034>. Acesso em: 02 ago. 2023

RAMAWAT, K. G. An introduction to biodiversity and chemotaxonomy. *In*: Ramawat, K.G. **Biodiversity and Chemotaxonomy, Sustainable Development and Biodiversity**, Springer Nature, Switzerland, p.1-20, 2019.

RÄTSCH, C. **The encyclopedia of psychoactive plants: Ethnopharmacology and its applications**. Switzerland: Park Street Press Rochester, 1997.

RIBEIRO, S. M.; BONILLA, O. H.; LUCENA, E. M. P. Influência da sazonalidade e do ciclo circadiano no rendimento e composição química dos óleos essenciais de *Croton* spp. da Caatinga. **Iheringia, série Botânica**, v.73, n.1, p.31-39, 2018.

RITTER, M. R. *et al.* *Mikania*. *In*: **Flora e Funga do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB5378>. Acesso em: 01 ago. 2023

RIZZINI, C. T. **Tratamento de fitogeografia do Brasil: aspectos florísticos e estruturais**. São Paulo: HUCITEC, EDUSP, 1979. v.2, 374 p.

RUSSO, E. B. Taming THC: potential cannabis synergy and phytocannabinoid-terpenoid entourage effects. **British journal of pharmacology**, v.163, p.1344-1364, 2011.

RUSSO, E. B.; MARCU, J. *Cannabis* pharmacology: the usual suspects and a few promising leads. **Advances in Pharmacology**, v.80, p.67-134, 2017.

SALAZAR, G. J. T. *et al.* Phytochemical characterization of the *Baccharis dracunculifolia* DC. (Asteraceae) essential oil and antibacterial activity evaluation. **Industrial Crops & Products**, v.122, p.591–595, 2018.

Salicaceae. *In*: **Flora e Funga do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/fb214>. Acesso em: 17 dez. 2023

SANTANA, J. S. *et al.* Essential oils from *Schinus terebinthifolius* leaves – chemical composition and *in vitro* cytotoxicity evaluation. **Pharmaceutical Biology**, v.50, p.1248-1253, 2012.

SANTOS, A. C. *et al.* Antifungal effect of *Schinus molle* L., Anacardiaceae, and *Schinus terebinthifolius* Raddi, Anacardiaceae, essential oils of Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.20, p.154-159, 2010.

SATO, L. M.; ENGEL, V. L. **Regeneração natural em ecounidades maduras e em reorganização de fragmentos de Floresta Estacional Semidecídua**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação), Instituto de Biociências – UNESP, 2010, 28p.

SCHIMITBERGER, V. M. B. *et al.* Volatile compounds profile changes from unripe to ripe fruits of Brazilian pepper (*Schinus terebinthifolia* Raddi). **Industrial Crops and Products**, v.119, p.125-131, 2018.

SILVA, D. T. *et al.* Análise do efeito da sazonalidade sobre o rendimento do óleo essencial das folhas de *Nectandra grandiflora* Nees. **Revista Árvore**, v.39, n.6, p.1065-1072, 2015.

SILVA-LUZ, C. L. *et al.* *Anacardiaceae*. In: **Flora e Funga do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB15471>. Acesso em: 17 dez. 2023

SINGH, R. Chemotaxonomy: a tool for plant classification. **Journ. Medic. Pl. Studies**, v.4, n.2, p.90-93, 2016.

SINGH, R.; GEETANJALI, J. Chemotaxonomy of medicinal plants: possibilities and limitations. In: Singh, R. **Natural Products and Drug Discovery**, Elsevier, Switzerland, p.119-126, 2018.

SIVICASA, D. C. L. **Caracterização estrutural e de biodiversidade de árvores e aves em florestas de cuesta de Botucatu**: existe relação entre estoque de carbono e biodiversidade? Tese (Doutorado), Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP, 233p., 2020.

SOUZA, M. M. **Análise paleoambiental quaternária do ecótono Cerrado/Mata Atlântica no município de Mogi-Guaçu, SP**. Tese (Doutorado) Universidade Estadual de Campinas, 98p., 2014.

SOUZA, P. V. R. D. *et al.* *Vernonia polyanthes* (Spreng.) Less.: uma visão geral da sua utilização como planta medicinal, composição química e atividades farmacológicas. **Revista Fitos**, v.126, p.105-115, 2017.

STACE, C. A. **Plant taxonomy and biosystematics**. Edward Arnold, London, 2nd ed. 1989.

STAPF, M. N. S. *Cordia*. In: **Flora e Funga do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB116137>. Acesso em: 01 ago. 2023

SUSSA, F. V. **Efeito do manejo agrícola, da sazonalidade e dos elementos traço na produção dos óleos voláteis de erva-cidreira (*Melissa officinalis* L.)**. Tese (Doutorado), Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, 128p. 2017.

TAIZ, L. *et al.* **Plant physiology and development**. Ed. 6. Sinauer associates incorporated, 2015.

TANKEU, S. Y. *et al.* Essential oil variation of *Tagetes minuta* in South Africa – a chemometric approach. **Biochemical Systematics and Ecology**, v.51, p.320-327, 2013.

THIESEN, L. A. **Disponibilidade hídrica e sazonalidade sobre a fitomassa, anatomia foliar e produção de óleo essencial de cidró**. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Agricultura e Ambiente, 98p, 2019.

TRIPATHI, Y. C.; ANJUM, N. Chemotaxonomy evaluation of medicinal and aromatic plants used in Ayurveda. *In*: DHIMAN *et al.* **Recent trends in good agricultural and collection practices for medicinal plants**. Central Council for Research in Ayurvedic Sciences, New Delhi, 2015. p.345-376.

UPTON, R. *et al.* **American herbal pharmacopoeia**: botanical pharmacognosy-microscopic characterization of botanical medicines. CRC Press, 2016.

VAN DEN DOOL, H.; KRATZ, P. D. Generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography. **Journal of chromatography**. v,11, p.463-471.1963.

VICTORIA, F. N. *et al.* Essential oil of the leaves of *Eugenia uniflora* L.: antioxidant and antimicrobial properties. **Food and chemical toxicology**, v.50, p.2668-2674, 2012.

WANDERLEY, M. G. L. *et al.* **Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo**. Volume 5. Instituto de Botânica, 2007.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global report on traditional and complementary medicine 2019**. World Health Organization. <https://iris.who.int/handle/10665/312342>. 2019.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/feature-stories/detail/traditional-medicine-has-a-long-history-of-contributing-to-conventional-medicine-and-continues-to-hold-promise>. Acesso em: 23 de dez. 2023

XIA, J. *et al.* MetaboAnalyst 3.0 - making metabolomics more meaningful. **Nucleic Acids Research**. v.43, p.251-257, 2015.

YANAGIZAWA, Y. A. N. P.; MAIMONI-RODELLA, R. C. S. Composição florística e estrutura da comunidade de plantas do estrato herbáceo em áreas de cultivo de árvores frutíferas. **Planta Daninha**, v.17, n.3, p.459-467, 1999.

ZHANG, Y. *et al.* Chemical variability in volatile composition among five species of genus *Solidago* (Asteraceae). **Biochemical Systematics and Ecology**, v.84, p.42-46, 2019.

ZIDORN, C. Plant chemophenetics – A new term for plant chemosystematics/plant chemotaxonomy in the macro-molecular era. **Phytochemistry**, v.163, p.147–148, 2019.