



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PARA RECURSOS AMAZÔNICOS (PPGCTRA)**

**PERFIL QUÍMICO, POTENCIAL ALELOPÁTICO E ACARICIDA DOS
ÓLEOS ESSENCIAIS DE *Piper hispidum* SW (PIPERACEAE),
COLETADA EM ITACOATIARA-AM**

LAENIR ANJOS DA SILVA

ITACOATIARA-AM

2022

LAENIR ANJOS DA SILVA

Perfil químico, potencial alelopático e acaricida dos óleos essenciais de *Piper hispidum* SW (PIPERACEAE), coletada em Itacoatiara-Am

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em **Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos**, da Universidade Federal do Amazonas, ICET-Itacoatiara, como requisito para obtenção do título de Mestre.

Área: Desenvolvimento Científico para Recursos Amazônicos.

Orientadora Prof.^a Dr.^a. Renata Takeara Hattori

ITACOATIARA-AM

2022

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

S586p Silva, Laenir Anjos da
Perfil químico, potencial alelopático e acaricida dos óleos essenciais de *Piper hispidum* SW (PIPERACEAE), coletada em Itacoatiara-AM / Laenir Anjos da Silva . 2022
85 f.: il. color; 31 cm.

Orientadora: Renata Takeara Hattori
Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Óleos voláteis. 2. Piperaceae. 3. Pragas agrícolas. 4. Bioherbicida. 5. Bioacaricida. I. Hattori, Renata Takeara. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título



Ministério da Educação
Universidade Federal do Amazonas
Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos

TERMO DE APROVAÇÃO

Laenir Anjos da Silva

Perfil químico, potencial alelopático e acaricida dos óleos essenciais de *Piper hispidum* SW(PIPERACEAE), coletada em Itacoatiara-Am

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos da Universidade Federal do Amazonas, como parte do requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos, área de concentração Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Recursos Amazônicos.

Aprovada em 15.07.22.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Renata Takeara Hattori (presidente)

Prof. Dr. Anderson Cavalcante Guimarães (membro)

Prof. Geone Maia Correa (membro)



Documento assinado eletronicamente por **Renata Takeara Hattori, Professor do Magistério Superior**, em 15/07/2022, às 10:25, conforme horário oficial de Manaus, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Geone Maia Corrêa, Professor do Magistério Superior**, em 15/07/2022, às 16:05, conforme horário oficial de Manaus, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Anderson Cavalcante Guimarães, Professor do Magistério Superior**, em 18/07/2022, às 23:47, conforme horário oficial de Manaus, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufam.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1079220** eo código CRC **F2A70FFA**.

Rua Nossa Senhora do Rosário - Bairro Tiradentes nº 3863 - Telefone: (92) 992718661 CEP 69103-128, Itacoatiara/AM, ppgctra@ufam.edu.br

Referência: Processo nº 23105.022979/2022-18

SEI nº 1079220

AGRADECIMENTOS

À CIÊNCIA. Externo aqui toda a minha solidariedade às pessoas que perderam familiares e amigos. Expresso meu profundo respeito ao seu luto e aproveito o momento para agradecer e exaltar a Ciência, pois sem ela milhares de pessoas ainda estariam morrendo diariamente, seja por Covid-19 seja por muitas outras enfermidades. Obrigada CIÊNCIA BRASILEIRA, por nunca ter se rendido às tantas tentativas de desmonte e ao descaso dos governantes. Obrigada CIÊNCIA BRASILEIRA, por nunca ter se intimidado com o mal do negacionismo. Obrigada pelas vidas salvas. Sem ciência uma sociedade não é nada.

Agradeço à minha família: meu pais, Lucília e Lázaro, por sempre abraçarem meus sonhos e me incentivarem a perseguir meus objetivos, tanto com apoio emocional como financeiro. Minhas irmãs, Loiane, Lanay, Loialva, Leomara e Leize e meu irmão Laerte. Minha sobrinha Gaby e sobrinhos João, Gael e Marcus. Vocês são a minha fonte de força e persistência. À minha amada tia, Raimunda de Jesus, que em vida sempre me incentivou a persistir no caminho que me trouxe até aqui.

À professora Dra. Renata Takeara, por ter me acolhido no seu grupo de pesquisa e ter auxiliado de todas as formas possíveis no desenvolvimento do meu trabalho, além de ser um grande exemplo de mulher e pesquisadora.

Ao meu esposo Lucas, pelo apoio emocional, por caminhar ao meu lado e me motivar diariamente.

À minha amiga e colega de mestrado Eberlanny e sua família. Aos também colegas de mestrado Wladson e Dieny. Vocês são pessoas incríveis que nunca largaram a minha mão e tornaram essa caminhada mais leve.

Agradeço aos amigos que conquistei no laboratório. Anyele e Mateus, vocês foram os melhores companheiros de trabalho, mas além disso, tornaram-se pessoas que levarei para a vida toda. Obrigada por toda ajuda e, principalmente, obrigada pela amizade e companheirismo durante e após essa etapa. Vocês têm muito potencial, não tenho dúvidas que chegarão muito longe. Contem comigo!

Aos demais membros do grupo de pesquisa do Laboratório de Produtos Naturais-ICET/UFAM. Poucas vezes tive a honra em compartilhar um ambiente de trabalho com pessoas tão comprometidas e acolhedoras, especialmente minhas amigas Midiã e Vanessa, que foram verdadeiros anjos nessa pesquisa. Vocês fazem a diferença!

Ao profº Dr. Norberto Peporine Lopes e à técnica Izabel Cristina Casanova Turatti da FCFRP-USP, pelas análises no CG-EM.

Ao prof^o Dr. Geraldo José Nascimento Vasconcelos, pela colaboração nos ensaios de atividade acaricida.

À prof^a Dra. Maiara de Souza Nunes Ávila, pela colaboração nos ensaios de atividade alelopática.

À FAPPEAM, pela bolsa de pós-graduação que possibilitou o desenvolvimento dessa pesquisa.

Resumo

O gênero *Piper* abriga espécies com notável potencial para a produção de óleos essenciais, que por sua vez apresentam uma ampla variedade de propriedades biológicas, destacando-se o efeito tóxico contra inúmeras pragas agrícolas. Nesse sentido, os óleos essenciais vêm despertando cada vez mais o interesse do setor agrícola, uma vez que têm se mostrado eficazes e mais seguros à saúde humana e ao meio ambiente quando comparados aos praguicidas químicos convencionais. O objetivo do trabalho foi avaliar o perfil químico do óleo essencial das folhas e ramos de *Piper hispidum* SW bem como investigar o seu efeito inibitório sobre a germinação e crescimento de radículas de sementes de alface e tomate e o seu potencial acaricida fumigante frente ao ácaro de produtos armazenados *Suidasia pontífica* Oudemans, a fim de proporcionar uma alternativa sustentável para o controle de pragas. O material vegetal foi coletado em maio de 2021, pela manhã. As folhas e ramos foram separados e seus respectivos óleos essenciais foram obtidos a partir da técnica de hidrodestilação da biomassa fresca em aparelho tipo Clevenger, por 4 horas. Ao final da extração os rendimentos dos óleos foram calculados (v/m). Para a análise da composição química, os óleos essenciais foram submetidos à análise por Cromatografia Gasosa Acoplada à Espectrometria de Massas (CG/EM) e a identificação dos constituintes foi baseada na interpretação de seus respectivos espectros de massa, cálculo do índice de retenção e comparação com dados da literatura. Os ensaios alelopáticos consistiram em avaliações diárias do desenvolvimento de sementes de alface e tomate submetidas às concentrações de 0,1 e 1% dos óleos essenciais das folhas (OEPHF) e ramos de *P. hispidum* (OEPHR), sendo considerados como parâmetros a porcentagem de germinação, tempo médio de germinação, velocidade de germinação, vigor das sementes pelo índice de velocidade de sementes e o comprimento da raiz primária. O efeito acaricida dos óleos essenciais foi testado em ensaios de fumigação nos quais ácaros adultos foram submetidos à diferentes concentrações dos óleos essenciais, com avaliações após 24, 48 e 72 h. Nos óleos essenciais de folhas e ramos foram identificados 91,1 e 92,3% da sua composição química total, respectivamente. A principal classe química identificada foi de sesquiterpenos e os constituintes majoritários foram germacrona, curzereno, safrol, *E*-cariofileno, germacreno B, em ambos os óleos, e 1,8-cineol apenas em OEPHR. Os dois óleos essenciais testados, em todas as concentrações, exerceram efeito inibitório sobre o processo de germinação dos bioindicadores alface e tomate. Tanto OEPHF quanto OEPHR exibiram ação tóxica contra *S. pontífica*, sendo observada maior mortalidade na maior concentração testada, caracterizando um efeito dosagem-dependente. Os achados no presente estudo são um indicativo de que os óleos essenciais de *P. hispidum* provenientes da região de Itacoatiara-Am possuem ação praguicida promissora. A partir de estudos mais aprofundados que garantam a segurança de seu uso para humano e demais organismo não-alvo, poderão ser importantes candidatos à herbicidas e acaricidas naturais.

Palavras-chave: Óleos voláteis, Piperaceae, pragas agrícolas, bioherbicida, bioacaricida.

Abstract

The genus *Piper* harbors species with remarkable potential for the production of essential oils, which in turn have a wide variety of biological properties, highlighting the toxic effect against numerous agricultural pests. In this sense, essential oils have been increasingly attracting the interest of the agricultural sector, since they have been shown to be effective and safer for human health and the environment when compared to conventional chemical pesticides. The objective of this work was to evaluate the chemical profile of the essential oil of the leaves and branches of *Piper hispidum* SW as well as to investigate its inhibitory effect on the germination and growth of lettuce and tomato seed radicles and its fumigant acaricide potential against the mite of *Suidasia pontifica* Oudemans stored products in order to provide a sustainable alternative for pest control. Plant material was collected in May 2021, in the morning. The leaves and branches were separated and their respective essential oils were obtained using the hydrodistillation technique of fresh biomass in a Clevenger-type apparatus for 4 hours. At the end of the extraction, the oil yields were calculated (v/m). For the analysis of chemical composition, the essential oils were subjected to analysis by Gas Chromatography Coupled with Mass Spectrometry (GC/MS) and the identification of the constituents was based on the interpretation of their respective mass spectra, calculation of the retention index and comparison with data from the literature. The allelopathic assays consisted of daily evaluations of the development of lettuce and tomato seeds submitted to concentrations of 0.1 and 1% of essential oils from leaves (OEPHF) and branches of *P. hispidum* (OEPHR), being considered as parameters the percentage of germination, mean germination time, germination speed, seed vigor by the seed speed index and the length of the primary root. The acaricidal effect of essential oils was tested in fumigation tests in which adult mites were subjected to different concentrations of essential oils, with evaluations after 24, 48 and 72 h. In the essential oils of leaves and branches, 91.1 and 92.3% of their total chemical composition were identified, respectively. The main chemical class identified was sesquiterpenes and the major constituents were germacrene, curzerene, safrole, *E*-caryophyllene, germacrene B, in both oils, and 1,8-cineole only in OEPHR. The two essential oils tested, at all concentrations, had an inhibitory effect on the germination process of lettuce and tomato bioindicators. Both OEPHF and OEPHR exhibited toxic action against *S. pontifica*, with higher mortality being observed at the highest concentration tested, characterizing a dose-dependent effect. The findings in the present study are an indication that the essential oils of *P. hispidum* from the region of Itacoatiara-Am have promising pesticide action. From more in-depth studies that guarantee the safety of their use for humans and other non-target organisms, they may be important candidates for natural herbicides and acaricides.

Keywords: Volatile oils, Piperaceae, agricultural pests, bioherbicide, bioacaricide.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

	Pag.
Figura 1: Ocorrência geográfica da família Piperaceae	17
Figura 2: Ocorrência geográfica de <i>P. hispidum</i> SW	20
Figura 3: <i>P. hispidum</i> SW em campo de coleta	21
Figura 4: Ácaro <i>S. pontífica</i> macho (× 200)	27
Figura 5: Cromatograma obtido por CG/EM do óleo essencial das folhas de <i>P. hispidum</i> (OEPHF) (22/05/2021)	35
Figura 6: Cromatograma obtido por CG/EM do óleo essencial dos ramos de <i>P. hispidum</i> (OEPHR) (22/05/2021)	36
Figura 7: Estruturas químicas dos constituintes majoritários dos óleos essenciais de <i>P. hispidum</i>	38
Figura 8: Estruturas químicas de alguns constituintes minoritários dos óleos essenciais de <i>P. hispidum</i>	39
Figura 9: Porcentagem de germinação (A), índice de velocidade de germinação (B) e comprimento médio da raiz primária (C) de sementes de alface e tomate submetidas à diferentes concentrações de óleos essenciais de <i>P. hispidum</i>	49
Figura 10: Tempo médio de germinação (A) e velocidade de germinação (B) de sementes de alface e tomate submetidas à diferentes concentrações de óleos essenciais de <i>P. hispidum</i>	49

LISTA DE TABELAS

	Pag.
Tabela 1: Rendimentos dos óleo essenciais de <i>P. hispidum</i>	34
Tabela 2: Substâncias identificadas nos óleos essenciais das folhas e ramos de <i>P. hispidum</i>	36
Tabela 3: Efeito alelopático de diferentes concentrações de óleos essenciais de <i>P. hispidum</i> sobre sementes de alface	44
Tabela 4: Efeito alelopático de diferentes concentrações de óleos essenciais de <i>P. hispidum</i> sobre sementes de tomate	44
Tabela 5: Mortalidade corrigida (média \pm desvio padrão) de <i>S. pontifica</i> pela fumigação em diferentes tempos de exposição e diferentes concentrações de óleos essenciais de <i>P. hispidum</i>	52
Tabela 6: Inclinações das linhas de respostas (média \pm desvio padrão), concentração letal média (CL), Intervalo de confiança inferior (Mín.) e superior (Máx.) para testes com 24, 48 e 72 h de exposição de <i>S. pontifica</i> aos óleos essenciais de <i>P. hispidum</i> , em ensaio de fumigação	58

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

CG/EM- Cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas

CL- Concentração letal média

DP- Desvio padrão

IC- Intervalo de confiança

IR- Índice de retenção

OE- Óleo essencial

OEPHF- Óleo essencial das folhas

OEPHR- Óleo essencial dos ramos

RPM – Rotações por minuto

USP – Universidade de São Paulo

v/m – Volume dividido pela massa

TMG - Tempo médio de Germinação

VG - Velocidade de Germinação

IVG - Vigor pelo Índice de Velocidade de Germinação

CMRP – Comprimento Médio da Raiz Primária

HUAM/UFAM: Herbário da Universidade Federal do Amazonas

ANOVA: Análise de variância

ICET/UFAM: Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Amazonas

CPRM: Serviço Geológico do Brasil

ANA: Agência Nacional das Águas

AChE: Enzima acetilcolinesterase

GABA: Ácido gama-amminobutírico

OA: Octopamina

B.O.D - demanda biológica / bioquímica de oxigênio

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REVISÃO DA LITERATURA	16
2.1	Família Piperaceae	16
2.2	Gênero <i>Piper</i>	18
2.3	Espécie <i>Piper hispidum</i> SW	19
2.4	Metabólitos Secundários	22
2.4.1	Terpenos	23
2.5	Óleo Essencial	24
2.6	Alelopatia	25
2.7	Ácaro de Produtos Armazenados: <i>Suidasia pontifica</i> Oudemans	27
3	JUSTIFICATIVA	28
4	OBJETIVOS	29
4.1	Objetivo Geral	29
4.2	Objetivos Específicos	29
5	METODOLOGIA	30
5.1	Material e equipamentos utilizados	30
5.2	Coleta do material vegetal e extração do óleo essencial	30
5.3	Identificação dos constituintes químicos dos óleos essenciais	30
5.4	Avaliação do efeito alelopático dos óleos essenciais sobre a germinação de alface e tomate	31
5.5	Análise estatística da ação alelopática dos óleos essenciais	31
5.6	Avaliação do efeito fumigante dos óleos essenciais sobre <i>Suidasia pontifica</i>	32
5.7	Análise estatística da ação fumigante dos óleos essenciais	33
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
6.1	Rendimento dos óleos essenciais de <i>P. hispidum</i>	34

6.2	Análise da composição química dos óleos essenciais de <i>P. hispidum</i> por Cromatografia Gasosa Acoplada a Espectrometria de Massas – CG/EM	35
6.3	Efeito alelopático dos óleos essenciais de <i>P. hispidum</i> sobre a germinação de alface e tomate	43
6.4	Efeito fumigante dos óleos essenciais de <i>P. hispidum</i> sobre <i>S. pontifica</i>	51
6.4.1	Concentração Letal do óleo essencial de <i>P. hispidum</i> frente <i>S. pontifica</i>	53
7	CONCLUSÃO	59
8	REFERÊNCIAS	59

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o país que abriga a maior e mais diversa flora do planeta. Atualmente, o catálogo da flora brasileira é composto por 49.980 espécies, entre endêmicas, cultivadas e naturalizadas, sendo a Amazônia o lar de mais de 1/4 dessa biomassa (IBGE, 2017; FLORA DO BRASIL, 2020). Tal riqueza biológica configura-se como uma importante fonte de substâncias com diversas propriedades de interesse. No entanto, uma grande parcela dessas espécies ainda não foi cientificamente investigada (ASTOLFI-FILHO et al., 2014).

A utilização de produtos naturais não é uma novidade, visto que ocorre desde tempos remotos, confundindo-se com a própria história da humanidade. As mais diversas populações tradicionais sempre recorreram às plantas para obter a cura de doenças, um costume que se mantém até hoje (MOURA et al., 2020; MIRANDA, 2021). Nesse sentido, as plantas medicinais e aromáticas são usadas no dia a dia como remédio, alimento e repelente (HABER; CLEMENTE, 2013; VÁSQUEZ et al., 2014), propriedades diretamente influenciadas por sua composição química.

A produção de metabólitos secundários pelas plantas é consequência da combinação entre fatores genéticos e ambientais. Essas moléculas de natureza química complexa têm funções fisiológicas, ecológicas e adaptativas, como a proteção do organismo contra estresses bióticos, atração de polinizadores, formação de relações de simbiose, além de integrar a parede celular de alguns tecidos (NCUBE; VAN STADEN, 2015). Devido a essas peculiaridades, os estudos voltados à bioprospecção de produtos naturais de origem vegetal têm crescido demasiadamente, visando à síntese de compostos úteis à sociedade.

Uma das mais ricas fontes de metabólitos secundários são os óleos essenciais, que apresentam uma predominância de compostos terpênicos (MACHADO; FERNANDES JR, 2011). Essas misturas podem ser obtidas de quase todas as partes das plantas (TRANCOSO, 2013; FELIPE; BICAS, 2017; SILVA et al., 2019a) e têm se destacado por exibir uma ampla variedade de atividades biológicas, recebendo assim, cada vez mais atenção em pesquisas na área de produtos naturais (SILVA et al., 2011; TRANCOSO, 2013).

Entre os grupos botânicos que se destacam na produção de óleos essenciais está a família Piperaceae, com inestimável valor cultural e científico, abriga um grande número de espécies que exibem riqueza em sua composição química (OLIVEIRA et al., 2021). O gênero *Piper* é o mais representativo da família (NAGARAJI et al., 2020) e tem sido alvo de diversos estudos científicos que apontaram, entre outras propriedades, o seu potencial inseticida (SILVA et al., 2019a; AYRES et al., 2021; OLIVEIRA et al., 2021), especialmente devido à

presença de fenilpropanoides e hidrocarbonetos sesquiterpênicos (SILVA et al., 2017), indicando que suas espécies podem ser aproveitadas na agricultura para o controle de pragas.

Vale lembrar que grande parte dos problemas agrícolas é causada por plantas daninhas e ataques de artrópodes-praga, que resultam em perdas nas plantações e no setor de produtos armazenados (LANDIS; GAGE, 2015; WANG et al., 2018). Nesse cenário, o controle de pragas na agricultura tem sido um desafio histórico, pois, embora haja defensivos eficazes, a composição química desses produtos pode acarretar uma série de problemas, que incluem a poluição ambiental e o comprometimento da segurança alimentar de seres humanos e outros organismos não-alvo (LIU et al., 2012; PRETEL et al., 2019; CHAMOUN et al., 2021).

Visto isso, é urgente a necessidade de encontrar alternativas sustentáveis ao controle de pragas agrícolas. Nesse trabalho, os óleos essenciais extraídos de folhas e ramos de *Piper hispidum* SW foram quimicamente caracterizados e seu potencial alelopático e acaricida *in vitro* foi investigado.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Família Piperaceae

Piperaceae é uma família de angiospermas que pertence à ordem Piperales (BÁNKI et al., 2021), em sua maioria dicotiledôneas (SARJANI et al., 2017) e atualmente as suas espécies estão distribuídas em quatro subfamílias (Peperomioideae Miq., Piperioideae Arn., Verhuellioideae Trel. ex Samain & Wanke e Zippelioideae Samain & Wanke) e dez gêneros, sendo eles: *Cubeba*, *Piperites* Göppert, 1854, *Symbryon*, *Zippelia* Blume, cada uma com 1 registro, *Verhuellia* Miq. (3 registros), *Moiradiomus* Vandenberg & Hanson, 2019 (4 registros), *Manekia* Trel. (5 registros), *Macropiper* Miq. (21 registros), *Peperomia* Ruiz & Pav. (1.680 registros) e *Piper* L. (2.739 registros) (BÁNKI et al., 2021). No Brasil, até o momento só foram encontradas espécies de *Manekia*, *Piper* e *Peperomia*, sendo comuns na Amazônia apenas os dois últimos (FLORA DO BRASIL, 2020; BÁNKI et al., 2021).

Morfologicamente, essas plantas são divididas em raízes, caules e folhas (SARJANI et al., 2017). São herbáceas, ervas, arbustos, subarbustos, lianas, epífitas, rupícolas ou trepadeiras suculentas, em geral aromáticas, distribuídas em regiões tropicais e subtropicais, especialmente das Américas (GOGOSZ et al., 2012; XU; DENG, 2017; GUIMARÃES et al., 2020; BÁNKI et al., 2021) (Figura 1).

As espécies da família Piperaceae apresentam um sistema de raiz axial, caule provido de nós e gavinhas, havendo também troncos herbáceos que crescem verticalmente com hastes

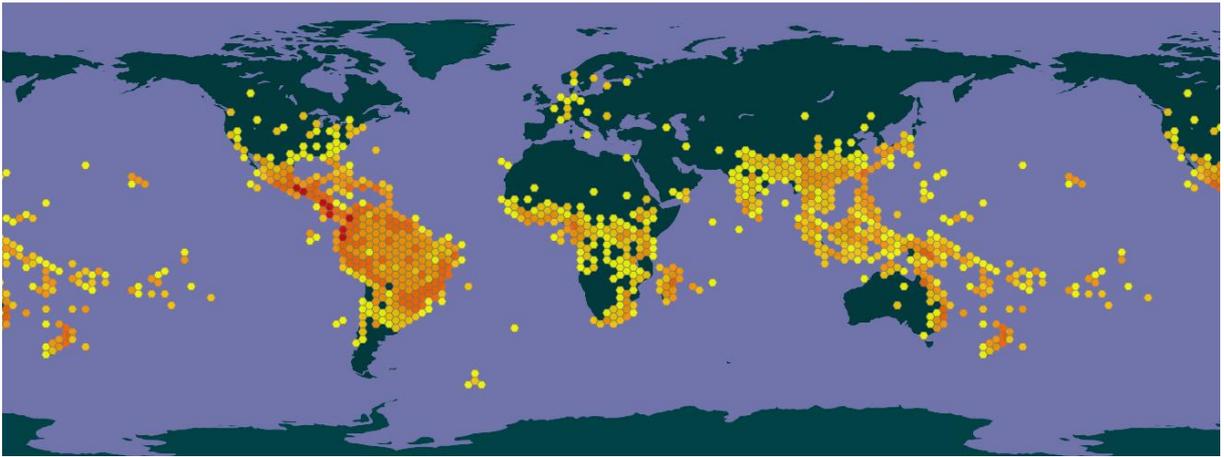


Figura 1: Ocorrência geográfica da família Piperaceae
Fonte: GBIF, 2021.

monopodiais ramificadas (SARJANI et al., 2017), fechadas dentro de uma bainha apical (XU; DENG, 2017). As folhas são simples, inteiras, alternadas, opostas ou verticiladas e com formato, consistência e tamanho diversificados, comumente com glândulas translúcidas produtoras de óleo aromático, veios palmatos ou pinados e diferentes tipos de estômatos (SARJANI et al., 2017; XU; DENG, 2017; GUIMARÃES et al., 2020). Suas flores são pequenas, bissexuais ou unissexuais, aclamídeas, envolvidas por uma bráctea floral de formato variado. As inflorescências são opostas às folhas, terminais ou axilares, brácteas pequenas, geralmente peltadas, racemosas, espigadas, umbeladas, eretas, curvas ou pêndulas. O fruto apresenta-se drupe ou nutlet com sementes com perisperma amiláceo abundante (XU; DENG, 2017). Os espinhos das folhas são curvos com as bordas das folhas geralmente onduladas e planas (SARJANI et al., 2017).

Essas espécies, especialmente as do gênero *Piper* e *Peperomia*, são muito utilizadas na medicina popular para tratar dores em geral, infecções, nevralgia, afecções do estômago, fígado e rins, febre, convulsões, ansiedade, pânico, depressão, problemas de circulação, reumatismo, pressão alta, tosse, resfriado, gripe, cólica menstrual, pressão nos ouvidos, picada de cobra, hemorragias, doenças cutâneas, diarreia, diabetes, afecções das vias urinárias, inflamações, além de seu uso como ansiolítico, carminativo, estimulante digestivo e em cuidados com a pele (MARTINEZ-BAUTISTA et al., 2019; OLIVEIRA et al., 2020a; SILVA et al., 2021). A família é ainda uma das mais reconhecidas pela produção de óleos essenciais (OLIVEIRA et al., 2021).

Nesse sentido, a família Piperaceae é um importante alvo de estudos científicos que têm demonstrado a riqueza de compostos produzidos em seu metabolismo secundário. O

perfil fitoquímico da família já revelou amidas, cromenos, alquilfenóis, fenilpropanoides, feniletilaminas, compostos alifáticos, compostos aromáticos, lignanas, neolignanas, pironas, alcaloides, derivados do ácido benzoico e benzopirenos (KATO; FURLAN, 2007; SILVA et al., 2019a; OLIVEIRA et al., 2021). Além disso, diversas pesquisas já relataram as suas propriedades biológicas, como antimicrobiana, inseticida, antioxidante, (SILVA et al., 2019a), repelente (JARAMILLO-COLORADO et al., 2015), mostrando-se eficaz também como agente de controle biológico na agricultura (TURCHEN et al., 2016; COSSOLIN et al., 2019).

2.2 Gênero *Piper*

O gênero *Piper* é o maior da família Piperaceae, abrigando 2.739 espécies (BÁNKI et al., 2021). No Brasil, ocorre em todas as regiões, sendo conhecidas de 289 (GUIMARÃES et al., 2020) a 347 exemplares (GBIF, 2021), dos quais 183 são endêmicas e cerca 121 ocorrem no bioma Amazônico (GUIMARÃES et al., 2020). Essas espécies são muito apreciadas por seu uso medicinal e alimentício tradicionais (OLIVEIRA et al., 2020a).

As espécies de *Piper* têm hábito arbóreo-arbustivo e altura de 1-10 m (SOUZA; LORENZI, 2012; CARVALHO-SILVA; GUIMARÃES; MEDEIROS, 2013); caule intumescido e lignificado; ramos eretos e nodosos; perfis caducos ou persistentes; folhas alternas, inteiras, sésseis, simples, pecioladas e às vezes peltadas; pecíolo com bainha curta ou estendendo-se até a lâmina, provida ou não de ala e de glândulas translúcidas ou opacas, apresentando ainda formas, tamanhos, padrão de nervação e consistências diversas. As inflorescências aparecem em espigas ou racemos opostos às folhas ou em umbelas axilares, curvas ou eretas; as flores são sésseis e bissexuais protegidas por bráctea, 2-6 estames, ovário elíptico, ovoide, obovoide, tri ou tetragonal e 3-4 estigmas; frutos em drupa, liso ou papiloso, com pericarpo delgado e estigma persistente (CARVALHO-SILVA; GUIMARÃES; MEDEIROS, 2013; GUIMARÃES et al., 2015; BFG, 2015).

Uma vez que o gênero *Piper* é o mais representativo da família Piperaceae, a sua exploração científica também é mais expressiva. Entre as espécies investigadas, pode-se destacar *Piper betle* (RAHMAN; YUSUF; ISLAM, 2019), *Piper marginatum* (RIBEIRO; CAMARA; RAMOS, 2016), *Piper nigrum*, *Piper longum* (GODARA et al., 2018), *Piper arboreum*, *Piper dilatatum*, *Piper divaricatum* (SILVA et al., 2014a), *Piper callosum*, *Piper medium*, *Piper aduncum* (PINHEIRO et al., 2016), *Piper tuberculatum* (BRAGA et al., 2018), *Piper hispidinervum* (SAUTER et al., 2012), *P. hispidum* (COSTA et al., 2016), entre outras.

O potencial inseticida do gênero tem sido amplamente relatado na literatura (SOUTO et al., 2012; DURANT-ARCHIBOLD; SANTANA; GUPTA, 2018; COSSOLIN et al., 2019; AYRES et al., 2021). Outras propriedades biológicas dessas espécies incluem a ação antiprotozoária (LEAL et al., 2013), fungicida (ARAÚJO et al., 2014), antiviral (RADICE et al., 2018) larvicida (OLIVEIRA et al., 2013), repelente (JARAMILLO-COLORADO et al., 2015), antinociceptiva, anti-inflamatória, gastroprotetora (LIMA et al., 2012), antioxidante (SILVA et al., 2014a), antibacteriana (ROCHA et al., 2016), citotóxica (MESSIANO et al., 2013), e acaricida (GODARA et al., 2018). Quanto aos estudos fitoquímicos de *Piper*, foi observada a presença de neolignananas (SHI et al., 2015), fenilpropanoides (SILVA et al., 2016; PAZ; GUIMARÃES; RAMOS, 2017; SALLEH; HASHIM; KHAMIS, 2019), lignanas (SHI et al., 2015; REZENDE et al., 2016; LIU et al., 2018), alcaloides (LIU et al., 2018; SALLEH et al., 2019; BATISTA et al., 2020; FERNÁNDEZ et al., 2021) terpenos (SALLEH; HASHIM; KHAMIS, 2019; BATISTA et al., 2020), esteroides (SALLEH; HASHIM; KHAMIS, 2019), fenóis (BATISTA et al., 2020; FERNÁNDEZ et al., 2021), hidrocarbonetos (BATISTA et al., 2020), flavonoides (SANTOS et al., 2015; FERNÁNDEZ et al., 2021), chalconas (PICOLO et al., 2014; CASTRO et al., 2015), benzopiranos (BATISTA et al., 2018) e amidas (MALECK et al., 2014; JEON et al., 2019).

O gênero tem ainda notável valor econômico, principalmente pela produção de óleos em seus diferentes órgãos (GOGOSZ et al., 2012) e pela comercialização de pimenta do reino (ANDRADE; SILVA; SALLES, 2017). Além disso, de acordo com Santos et al. (2013), a atividade inseticida das espécies de *Piper* têm chamado a atenção devido à possibilidade emprego no controle de microrganismos e insetos que atacam culturas agrícolas.

2.3 Espécie *Piper hispidum* SW

Piper hispidum SW, vulgarmente conhecida como matico, apertajoão, matico-falso (GUIMARÃES; GIORDANO, 2004), jaborandi ou falso-jaborandi (DORNELAS-JÚNIOR; BISI; SANTOS, 2020) e bexa nixpu pela etnia indígena Kaxinawá no estado do Acre (GUIMARÃES et al., 2020), está distribuída nas Antilhas, América do Sul e Central, presente em todas as regiões do Brasil e comumente encontrada na Amazônia (figura 2) (CARVALHO-SILVA; GUIMARÃES; MEDEIROS, 2013; GUIMARÃES et al., 2020; BÁNKI et al., 2021). São conhecidas pelo menos cinco variedades da espécie (BÁNKI et al., 2021).

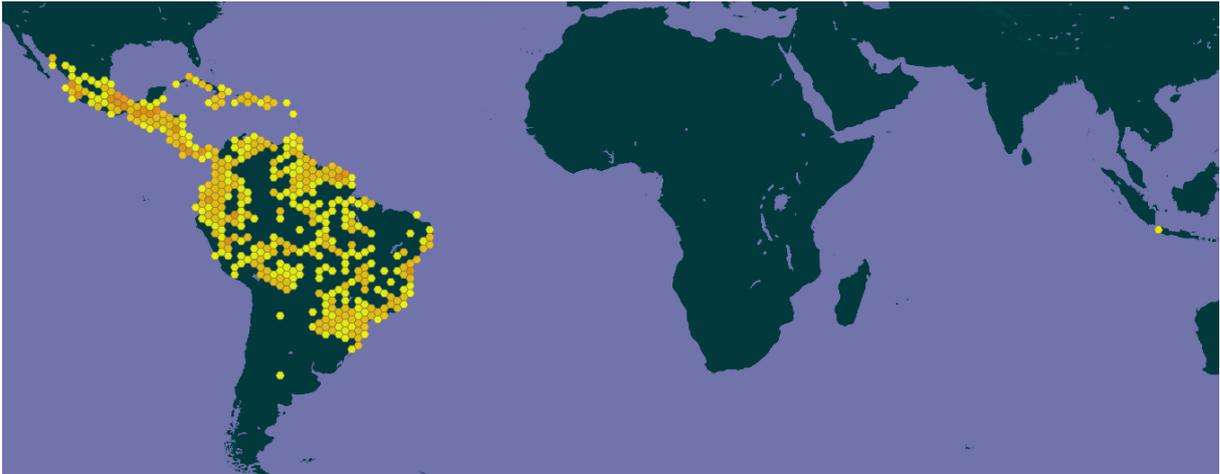


Figura 2: Ocorrência geográfica de *P. hispidum* SW
Fonte: GBIF, 2021.

Quanto às características botânicas de *P. hispidum* (figura 3), seu hábito é arbustivo, com 1,2-2 m de altura; caule ereto; tricoma presente adaxial e abaxialmente; ramos cilíndrico-sulcados com 2-6 mm de diâmetro, hirsutos quando novos e hispídos quando maduros. Profilos caducos e com ápice inteiro. Folha provida de pecíolo (3-5mm) com bainha curta; limbo de 10-18 cm de comprimento por 3-6,5 cm de largura, superfície membranácea, glândulas oleíferas presentes, face adaxial lepdoto-escabra, lanceolada, elíptica ou oblonga, ápice acuminado ou agudo, base assimétrica, aguda ou arredondada, por vezes cordada, margem lisa, sistema de nervuras eucamptódromo, disposição das veias secundárias para a parte mediana da veia principal; inflorescência em formato de espiga, de 7,2-10 cm de comprimento e 0,2-0,3 cm largura; as flores possuem ovário com estilete inconspícuo ou ausente, bráctea triangular ou subpeltada e com margens fimbriadas, filiformes, pedúnculos 1-2 cm comprimento; fruto drupa (1,9-2 mm) de forma e superfície oblonga ou achatada nos lados, glabras a papiloso-pubescentes (CARVALHO-SILVA; GUIMARÃES; MEDEIROS, 2013; GUIMARÃES et al., 2020).

P. hispidum é ainda uma espécie largamente empregada na farmacopeia tradicional em diferentes regiões do mundo e para as mais diversas finalidades. Na Amazônia peruana, as folhas são utilizadas pela etnia Chayahuita para curar feridas e sintomas de leishmaniose cutânea (DUKE; VASQUEZ, 1994). No Equador, as folhas são usadas para combater piolhos. No Panamá, é empregada na cura de conjuntivite e diarreia (OTERO et al., 2000a). No México, *P. hispidum* é utilizada pela etnia Totonacs para prevenir problemas odontológicos e tratar amigdalite e caxumba (OTERO et al., 2000b). Na Nicarágua e Jamaica é um recurso terapêutico para curar resfriado, dor de estômago e febre (LANS et al., 2001). Na Guatemala,



Figura 3: *P. hispidum* SW em campo de coleta
Fonte: SILVA, 2021.

é usada pela tribo Q'eqchi Maya para controlar distúrbios reprodutivos femininos, como menopausa, amenorreia e dismenorreia (MICHEL et al., 2007). Na América do Sul e Central, é empregada na limpeza de pele, picada de cobra e de insetos, tratamento de amigdalite e feridas na boca, clareamento dentário e no combate a piolhos (DURANT-ARCHIBOLD; SANTANA; GUPTA, 2018). Na Colômbia, o preparo do chá das folhas de *P. hispidum* auxilia no tratamento da malária. Na Amazônia brasileira é usada como diurético e anti-hemorrágico (DORNELAS JÚNIOR; BISI; SANTOS, 2020; SALLEH; KASSIM; TAWANG, 2021). Além disso, seu uso já foi reportado como adstringente, inseticida, estimulante e hepático (ESTEVEZ et al., 2007).

Os relatos fitoquímicos sobre *P. hispidum* apontaram os monoterpenos, sesquiterpenos hidrocarbonetos (MORALES et al., 2013; SILVA et al., 2014b; MAJOLO et al., 2019), amidas, fenilpropanoides, fenóis, butenolides, benzenos, ácidos benzoicos, derivados do ácido cinâmico e flavonoides (PARMAR et al., 1997; MICHEL et al., 2010; COSTA et al., 2016; LIMA et al., 2020) como os principais grupos químicos identificados na espécie. Esses compostos são responsáveis pelas diversas propriedades biológicas já descritas para essa planta, como sua ação antifúngica (TANGARIFE-CASTAÑO et al., 2014; ALMEIDA et al., 2018), antibacteriana (COSTA et al., 2016; MAJOLO et al., 2019), citotóxica (MORALES et al., 2013), anti-colinesterase (SILVA et al., 2014b), anti-helmíntica (SANTOS et al., 2018) inseticida (SANTOS et al., 2010), antialimentante (JARAMILLO-COLORADO et al., 2019), antioxidante, esquistossomicida, leishmanicida, larvicida,

antiplasmódica, estrogênica e serotoninérgica (SALLEH; KASSIM; TAWANG, 2021). Desse modo, os compostos provenientes do metabolismo secundário de *P. hispidum* têm grande potencial de aplicação no setor agrícola e na medicina (DORNELAS JÚNIOR; BISI; SANTOS, 2020).

Sobre a produção de óleos essenciais por *P. hispidum* há registros de sua obtenção a partir das folhas, ramos, inflorescências (SILVA et al., 2014b; ALMEIDA et al., 2018; ALVES et al., 2021), frutos (SIMEONE et al., 2011) e raízes (FACUNDO et al., 2008) em diversos países, incluindo o Brasil, Cuba, Panamá, Guatemala, França, Colômbia e Venezuela (SALLEH; KASSIM; TAWANG, 2021).

2.4 Metabólitos Secundários

No metabolismo secundário de plantas, fungos, bactérias, algas e animais, é sintetizado um amplo espectro de moléculas orgânicas, geralmente classificadas a partir de sua origem biossintética. Muitos desses compostos estão amiúde associados a um grupo específico de espécies filogeneticamente relacionadas, possuindo propriedades bioativas, como observado em plantas medicinais, condimentares e aromáticas (AGOSTINI-COSTA et al., 2012). São conhecidas pelo menos 30.000 substâncias diferentes produzidas excepcionalmente por plantas (ANULIKA et al., 2016) cuja síntese se mostra mais intensa geralmente no período de transição do crescimento ativo para a fase estacionária (AGOSTINI-COSTA et al., 2012).

Esses fitoquímicos não são essenciais para o crescimento e desenvolvimento de seus produtores, ao contrário dos metabólitos primários, que desempenham importantes funções em processos vitais aos vegetais, como respiração e fotossíntese (AGOSTINI-COSTA et al., 2012). Nesse sentido, a falta de metabólitos secundários não é capaz de provocar uma morte imediata. Não obstante, a longo prazo pode implicar na redução da capacidade de sobrevivência do organismo, uma vez que estão envolvidos em uma dinâmica sofisticada de defesa química das plantas contra os agentes de estresse ambiental (AGOSTINI-COSTA et al., 2012; NCUBE; VAN STADEN, 2015; BORGES; AMORIM, 2020; HOFFMANN, 2020).

Apesar da complexidade do metabolismo secundário, cada vez mais o seu funcionamento nas plantas tem sido compreendido, em consequência do caráter interdisciplinar das pesquisas sobre o tema e da identificação bem sucedida dos genes e enzimas que participam desses processos (NCUBE; VAN STADEN, 2015; BRUCE; ONYEBULE, 2021). A partir disso, compreende-se que o metabolismo secundário refere-se

a um sistema demasiado organizado de conversões enzimáticas conectadas, dependente de moléculas produzidas no metabolismo primário (carboidratos, proteínas e óleos) como substratos (ROZE et al, 2011; NCUBE; VAN STADEN, 2015; BORGES; AMORIM, 2020). Assim, consegue fixar-se aos padrões regulatórios do desenvolvimento morfológico e bioquímico da teia metabólica da planta (NCUBE; VAN STADEN, 2015).

2.4.1 Terpenos

Os terpenos constituem a maior e mais estruturalmente diversa classe de produtos naturais, sendo sintetizados a partir de metabólitos primários. São geralmente insolúveis em água e têm como precursores os hemiterpenos pirofosfato de isopentenila (IPP) e o pirofosfato de dimetilalila (DMAPP) (NCUBE; VAN STADEN, 2015; ANULIKA et al., 2016; BORGES; AMORIM, 2020), cuja formação se origina em duas vias metabólicas: a rota do ácido mevalônico (MVA) e a rota do metileritritol fosfato (MEP), respectivamente (BORGES; AMORIM, 2020).

As moléculas de IPP e o DMAPP se ligam e formam moléculas maiores. Quando um IPP se une a um DMAPP, nasce uma molécula de GPP (geranil difosfato) (com 10 átomos de carbono), da qual se originam os monoterpenos. Da ligação entre o GPP e um IPP resulta uma substância chamada farnesil difosfato (FPP) (com 15 átomos de carbono), da qual se formam os sesquiterpenos. Com a junção de mais um IPP forma-se o geranilgeranil difosfato (GGPP) (20 átomos de carbono), precursor dos diterpenos. Já os triterpenos e tetraterpenos resultam da dimerização entre FPP e GGPP, com 30 e 40 átomos de carbono, respectivamente (BROCK e DICKSCHAT, 2013; BRUCE; ONYEBULE, 2021).

São muitas as funções desempenhadas por essas moléculas nas plantas, servindo como base para importantes estruturas que atuam no metabolismo secundário e primário, como cadeias de transporte de elétrons, integrando as membranas (esteróis), hormônios giberelinas, (brassinosteroides, ácido abscísico, citocininas), pigmentos fotossintéticos (carotenoides e cadeia lateral da clorofila). Agem ainda na defesa de plantas, sendo tóxicos a insetos e mamíferos herbívoros, e são importantes no processo reprodutivo, pois atraem polinizadores (NCUBE; VAN STADEN, 2015; PAGARE et al., 2015; ANULIKA et al., 2016; KORTBEEK et al., 2019). Além disso, os terpenoides apresentam propriedades farmacológicas, como atividade analgésica (OLIVEIRA et al., 2014), antitumoral, anti-inflamatória, antibacteriana, antiviral, antimalárica, hipoglicêmica, neuroprotetora, age na prevenção e tratamento de doenças cardiovasculares, absorção transdérmica, imunorregulação e antioxidação (YANG et al., 2020).

Visto isso, os terpenos apresentam ampla aplicação na indústria, a exemplo o limoneno, usado na formulação de produtos de limpeza, inseticidas e medicações para tratar colesterol, azia e prevenir o câncer (PIRES; RIBEIRO; MACHADO, 2018); o diterpeno taxol, princípio ativo do medicamento paclitaxel, utilizado no tratamento de câncer de mama, ovário, pulmão, pâncreas, colo do útero e sangue (COX-GEORGIAN et al., 2019); o isopreno, utilizado na fabricação de borracha; o prenol, com uso na produção de perfumes (FELIPE; BICAS, 2017); e piretroides, empregados em inseticidas comerciais (KHAN et al., 2018). Vale ressaltar que a classe dos terpenos é a principal encontrada em óleos essenciais (SHARIFI-RAD et al., 2017; SILVA et al., 2019a).

2.5 Óleo Essencial

Óleos essenciais são compostos naturais voláteis e complexos, com forte odor e ricos em metabólitos secundários, sendo a classe dos terpenos presente de maneira majoritária, enquanto compostos aromáticos e alifáticos oxigenados, como fenóis, cetonas, álcoois, lactonas, aldeídos, ésteres, cumarinas, éteres e óxidos estão geralmente em concentrações mais baixas. Essas misturas podem ser acumuladas nas raízes, caules, folhas, sementes, flores e demais partes de plantas medicinais e aromáticas, atuando na proteção contra pragas e doenças, em processos alelopáticos e na atração de polinizadores (FELIPE; BICAS, 2017; SHARIFI-RAD et al., 2017; SILVA et al., 2019a; SRIVASTAVA et al., 2019; HOFFMANN, 2020). Os óleos essenciais geralmente apresentam natureza líquida em temperatura ambiente, variam de não polares a moderadamente polares, com pouca afinidade com a água e maior solubilidade em solventes orgânicos (PRAGADHEESH; BISHT; CHANOTIYA, 2020) e a sua composição química pode variar em função da parte da planta utilizada, (PLANT et al., 2019) da localização geográfica, condições de cultivo, horário de coleta, clima, época do ano, métodos de extração adotados e duração desses processos (SRIVASTAVA et al., 2019).

Devido às suas características aromáticas e bioativas, a utilização de óleos essenciais pela humanidade é histórica, com registros de seu uso fitoterápico datando de 4.500 aC. como componentes básicos da aromaterapia (PLANT et al., 2019; AL-SHALAH; HINDI; MOHSEN, 2020). Segundo Hoffmann (2020), os egípcios utilizavam óleos essenciais em suas manifestações religiosas, em cosméticos e na medicina. Os chineses e indianos usavam plantas aromáticas como recurso terapêutico e na Europa, o uso de óleos essenciais ocorreu na Renascença, com aplicação na “aromaterapia” e na medicina popular.

À vista disso, nas últimas cinco décadas o interesse na chamada “medicina natural” atrelado à preocupação com o meio ambiente, principalmente em relação ao uso de drogas e

pesticidas sintéticos, intensificou a demanda por óleos essenciais (HOFFMANN, 2020), tornando-se compostos comercialmente importantes com potencial aplicação na indústria farmacêutica, cosmética, sanitária, alimentícia, agroquímica e de perfumaria (TRANCOSO, 2013; SALLEH; KASSIM; TAWANG, 2021), além de serem tradicionalmente empregados na proteção de produtos armazenados (SINGH e PANDEY, 2018). As propriedades biológicas atribuídas aos óleos essenciais incluem ação analgésica (SARMENTO-NETO et al., 2016), anti-inflamatória (KUSHWAH; GUPTA, 2019), antioxidante (ISHTIAQ et al., 2020), antibacteriana, antiparasitária, antitumoral (CABRAL et al., 2020), antinoceptiva (VALVERDE et al., 2020), alelopática (MIRANDA et al., 2015a), inseticida, acaricida (SILVA et al., 2020) entre muitas outras.

Os óleos essenciais podem ser extraídos dos tecidos vegetais por destilação, esmagamento ou utilizando solventes, e sua escolha depende da parte da planta usada, da estabilidade e sensibilidade dos constituintes do óleo em relação ao calor e às reações químicas (AL-SHALAH; HINDI; MOHSEN, 2020; HOFFMANN, 2020). As principais técnicas utilizadas são hidrodestilação, hidrodifusão, eflouragem, prensagem a frio, destilação a vapor, extração por solvente, processo assistido por micro-ondas e extração com dióxido de carbono (AL-SHALAH; HINDI; MOHSEN, 2020).

2.6 Alelopatia

A palavra “alelopatia” vem do grego *allelon*, que significa 'mútuo' ou 'entre si', e *pathos*, que significa 'sofrimento' ou 'sentindo-me'. Foi utilizada pela primeira vez em 1937 pelo fisiologista austríaco Hans Molisch para referir-se ao efeito inibitório ou estimulatório de uma planta sobre outra (WILLIS, 2007). Mais tarde a alelopatia foi definida por Rice (1984) como a ação de uma planta sobre outra, em consequência da liberação de substâncias químicas no meio ambiente. Recentemente, em um conceito mais completo, a alelopatia foi descrita como a interação direta ou indireta pela qual aleloquímicos liberados por um organismo têm influência sobre os processos fisiológicos dos organismos vizinhos (GRAEBER; NAKABAYASHI; LEUBNER-METZGER, 2017).

O interesse na alelopatia nasceu da necessidade de compreender fenômenos agronômicos como a quebra de safra e a infertilidade do solo a ela associada. Já em ecossistemas naturais, as interações químicas entre as plantas começaram a receber atenção no século XX. Atualmente, a alelopatia tem se tornado o foco de diversos estudos científicos na área da fisiologia vegetal, visto que os compostos aleloquímicos exibem grande potencial para aplicação como herbicidas, inseticidas e nematicidas naturais, além de sua importância

ecológica, auxiliando na compreensão do processo de colonização das plantas aos diferentes ambientes (WILLIS, 2007).

Os compostos aleloquímicos são os metabólitos secundários envolvidos no processo alelopático, geralmente classificados nos grupos químicos dos fenólicos, terpenoides, glicosteroides e alcaloides que, quando excretados no ecossistema podem implicar em alterações morfológicas e metabólicas, afetar o desenvolvimento, o crescimento, a germinação das sementes de espécies vizinhas e sua capacidade de sobrevivência (AHUJA; KISSEN; BONES, 2012; CHENG; CHENG, 2015; ALMEIDA et al., 2019). Essas biomoléculas são produzidas em várias partes da planta, incluindo raízes, folhas, flores e frutos, e a sua liberação no ambiente pode ocorrer por lixiviação, volatilização, exsudação radicular e decomposição vegetal (LATIF; CHIAPUSIO; WESTON, 2017; OLIVEIRA et al., 2020b).

Embora haja muitas dúvidas acerca do funcionamento da alelopátia e dos mecanismos de ação dos aleloquímicos, uma vez que existe uma grande complexidade biológica envolvida no processo, diversos estudos têm fornecido respostas sobre alguns dos aspectos que influenciam nessa dinâmica (LATIF; CHIAPUSIO; WESTON, 2017; ALMEIDA-BEZERRA et al., 2020). A síntese e liberação dos aleloquímicos no ambiente ocorrem em tecidos vegetais especializados, incluindo estômatos, tricomas, pêlos radiculares, células da borda, epiderme e periderme das raízes. Esses compostos, após biossintetizados e armazenados no organismo são geralmente expelidos da planta para evitar a autotoxicidade ou são mantidos em estruturas como os vacúolos, periderme, pequenas vesículas membranosas, glândulas foliares, ceras e espaços extracelulares nos tecidos vegetais. Eles podem ainda ser transportados para outros tecidos vegetais por difusão ou por proteínas de transporte da membrana plasmática. No organismo alvo, os efeitos dos aleloquímicos dependem de fatores como a permeabilidade da membrana, absorção de água e nutrientes, respiração, fotossíntese, síntese de proteínas e ácidos nucleicos e regulação do crescimento em plantas suscetíveis (LATIF; CHIAPUSIO; WESTON, 2017).

Em vista disso, os óleos essenciais de plantas medicinais e aromáticas têm sido amplamente investigados quanto ao seu potencial alelopático, com o objetivo de controlar o problema de plantas invasoras em plantações. Em geral, antes da aplicação de misturas extraídas de plantas sobre espécies daninhas, são realizados bioensaios em laboratório com a finalidade de testar esses compostos sobre espécies já conhecidas por sua sensibilidade aos aleloquímicos (ALVES et al., 2004), como alface, tomate e rabanete (PIRES; OLIVEIRA, 2011). Dessa forma, há o indicativo de atividade alelopática na amostra testada. Esse efeito

foi observado nos óleos essenciais de *Syzygium aromaticum*, *Cinnamomum zeylanicum* e *Ocimum gratissimum*, que inibiram o desenvolvimento da radícula e da parte aérea de picão-preto e pimentão (MOURA et al., 2013). Os óleos essenciais de *Cymbopogon citratus*, *Ocimum basilicum* L. e *O. gratissimum* também foram capazes de inibir o desenvolvimento de aquênios de alface (MIRANDA et al, 2015a).

2.7 Ácaro de Produtos Armazenados: *Suidasia pontifica* Oudemans.

O ácaro *S. pontifica* Oudemans 1905 (Acari: Astigmata) foi citado pela primeira vez em 1905 por Oudemans, porém, anos mais tarde foi redescrito como *Suidasia medanensis* Oudemans, 1923 (OUDEMANS, 1924). A espécie pertence ao gênero *Suidasia*, à família Acaridae e apresenta distribuição cosmopolita, sendo comum em países de clima tropical da África, América, Austrália e Ásia (MORAES; FLECHTMANN 2008; CHMIELEWSKI, 2009; CHAI et al., 2018).

Os ácaros de *S. pontifica* têm formato ovoide, com rugas finas ou padrões escamosos na epiderme (figura 4). Os pêlos externos dos ombros têm aproximadamente o mesmo tamanho que os da parte interna dos ombros. As cerdas na face lateral da parte posterior do corpo são completas, curtas e lisas e os machos exibem uma ventosa anal grande e plana. A espécie se reproduz sexualmente e seu ciclo de vida se completa em cerca de 2 a 3 semanas em um ambiente com umidade variando de 15% a 17%, umidade relativa de 85% a 95% e temperatura de 24 a 29 °C, passando pelos estágios de desenvolvimento de ovos, ácaros juvenis, ninfas e indivíduos adultos (CHAI et al., 2018).



Figura 4: Ácaro *S. pontifica* macho (× 200)
Fonte: CHAI et al., 2018.

Em geral, a espécie pode ser encontrada na poeira doméstica e em produtos agrícolas armazenados, principalmente os que têm alto teor lipídico e proteico (CHMIELEWSKI, 2009;

MARIANA et al., 2009). Na China há ainda relatos de sua infestação em fitoterápicos, fungos comestíveis e na apicultura (CHAI et al., 2018). No Brasil, esses ácaros são frequentemente associados a rações e grãos (MORAES; FLECHTNANN 2008; ASSIS et al. 2011), preferindo produtos já contaminados por fungos. A sua alta taxa de reprodução e crescimento requerem o consumo constante de nutrientes, causando prejuízos econômicos uma vez que reduzem a capacidade nutricional dos alimentos e disseminam microrganismos infecciosos, acelerando a sua deterioração (ASSIS et al. 2011; CHAI et al., 2018).

S. pontifica tem ainda importância clínica, tanto veterinária quanto humana, pois oferece riscos à saúde dos animais que consomem rações contaminadas e aos trabalhadores e demais pessoas que estabeleçam contato direto com produtos infestados, ocasionando reações alérgicas como dermatites, rinite e asma (YAP et al., 2014; CHAI et al., 2018; MANGOBA; ALVINDIA, 2019b). Em casos mais graves, os alérgenos de *S. pontifica* podem desencadear anafilaxia oral de ácaros, principalmente quando o contato é por ingestão (MARIANA et al., 2010; SANCHEZ-BORGES et al., 2013).

Em termos gerais, apesar de a contaminação por *S. pontifica* configurar um problema econômico do setor agrícola e também de saúde pública, são poucos os estudos em busca de soluções para essa problemática, o que influencia na escassez de formas eficazes de controle da espécie.

3 JUSTIFICATIVA

Para o controle de pragas agrícolas como espécies daninhas e artrópodes, geralmente são utilizados pesticidas químicos sintéticos que, embora eficazes, geram sérios problemas, como a eliminação de predadores naturais, indução de resistência em pragas, problemas de saúde em aplicadores, trabalhadores e consumidores, bioacumulação na cadeia alimentar, desequilíbrios em ciclos naturais e contaminação ambiental (LANDIS; GAGE, 2015; LIU et al., 2012; RANI et al, 2021).

Visto isso, muitos estudos têm alertado quanto ao uso excessivo e prolongado desses produtos, aumentando assim a quantidade de pesquisas em busca de pesticidas naturais, que não promovam mudanças nas características organolépticas dos produtos nem sejam tóxicos aos seres humanos, demais organismo não-alvo e ao meio ambiente. Nesse cenário, óleos essenciais, compostos por diferentes substâncias orgânicas, entre as quais monoterpenos, sesquiterpenos e compostos fenólicos, podem agir como toxinas sobre um amplo espectro de pragas agrícolas. O óleo essencial de *Cullen plicata* mostrou efeito alelopático sobre a germinação e crescimento de plântulas das ervas daninhas *Bidens pilosa* e *Urospermum*

picroides (EL-GAWAD, 2016). O óleo essencial de *Bassia muricata*, exibiu toxicidade sobre a erva daninha *Chenopodium murale* (EL-GAWAD et al., 2020). Os óleos voláteis de *Cymbopogon citratus* e *Cinnamomum camphora* tiveram sua ação evidenciada contra o inseto de produtos armazenados *Trogoderma granarium* (FEROZ, 2020). Por fim, os óleos essenciais de *Cinnamomum zeylanicum*, *Schinus terebinthifolius*, *Eugenia uvalha*, *P. marginatum* demonstraram efeito tóxico frente aos ácaros de produtos armazenados *Tyrophagus putrescentiae* e *S. pontifica* (ASSIS et al., 2011).

É importante pontuar ainda que o gênero *Piper* é atualmente muito conhecido pela produção de óleos essenciais e por apresentar um amplo leque de propriedades biológicas, com destaque para o seu potencial inseticida. Todavia, a literatura é escassa de estudos com espécies do gênero que evidenciem seu efeito alelopático e sua toxicidade sobre artrópodes que atacam produtos armazenados. Com isso, considerando a necessidade de tratamentos mais seguros para o controle de pragas agrícolas, o foco desse estudo foi caracterizar quimicamente os óleos essenciais de *P. hispidum* bem como investigar a sua ação inibitória sobre a germinação de sementes de alface e tomate e seu efeito acaricida frente a populações adultas do ácaro de produtos armazenados *S. pontifica*.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo Geral

Avaliar o perfil químico dos óleos essenciais das folhas e ramos de *P. hispidum* SW coletados em Itacoatiara-Am, bem como investigar o seu efeito inibitório sobre a germinação e crescimento de radículas de alface e tomate e o seu potencial acaricida fumigante frente ao ácaro de produtos armazenados *Suidasia pontifica* Oudemans, a fim de proporcionar uma alternativa sustentável para o controle de pragas.

4.2 Objetivos Específicos

4.2.1 Calcular o rendimento dos óleos essenciais das folhas e ramos frescos de *P. hispidum*.

4.2.2 Realizar a análise química dos óleos essenciais de *P. hispidum* por CG-EM.

4.2.3 Avaliar a atividade alelopática dos óleos essenciais de *P. hispidum* sobre a germinação de alface e tomate.

4.2.4 Avaliar a atividade acaricida fumigante do óleo essencial de *P. hispidum* frente a *S. pontifica*.

4.2.5 Proporcionar uma alternativa eficiente e sustentável aos praguicidas sintéticos convencionais.

5 METODOLOGIA

5.1 Material e equipamentos utilizados

Balança semi analítica (Marte), balança manta aquecedora 12000ml (Fisaton), Cromatografo gasoso GC-2010 Plus (Shimadzu), espectrômetro de massas QP 2010 (Shimadzu), coluna DB-5MS (Agilent), Clevenger, termo-hidrômetro digital (Incoterm), centrífuga, autoclave vertical, câmara B. O. D LT 320 TFP-I, paquímetro digital.

5.2 Coleta do material vegetal e extração do óleo essencial

P. hispidum SW. (Piperaceae) foi coletada pela manhã, no Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia de Itacoatiara-AM, Campus II (S3°5'43,06632" W58°27'27,69912"), Amazonas, Brasil. A espécie foi identificada pelo Professor Dr. Ari de Freitas Hidalgo e sua exsicata encontra-se depositada no Herbário da Universidade Federal do Amazonas (HUAM/UFAM), com número de tombo 12099. O código da planta no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado é A11DEE2.

Os óleos essenciais foram extraídos separadamente dos ramos (700g) e das folhas frescas (1.000g) de *P. hispidum*, por hidrodestilação em aparelho de Clevenger, com duração de 4 horas. O material vegetal foi depositado em um balão de destilação contendo 6L de água destilada. Ao final da extração, os óleos obtidos foram centrifugados por 10 minutos a 3500 rotações por minuto (rpm) para separação e retirada da água. Os rendimentos foram quantificados com base no peso do material vegetal (v/m). Os óleos essenciais foram mantidos sob refrigeração em frascos âmbar e posteriormente enviados à Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto - USP para a realização das análises químicas.

5.3 Identificação dos constituintes químicos dos óleos essenciais

As análises químicas foram realizadas em cromatógrafo gasoso acoplado a um espectrômetro de massas (CG/EM), SHIMADZU QP 2010. Para a cromatografia dos componentes foi empregada coluna DB-5MS, com 30m x 0,25mm, espessura do filme interno de 0,25µm, modo de ionização de impacto de elétrons, injetor a 250°C (3°C/min), detector a 250°C, variação de temperatura de 60° a 240°C (3°C/min) sendo hélio o gás de arraste (1,3 ml/min). A identificação dos constituintes foi realizada com base na interpretação dos seus espectros de massa e índices de retenção linear, conforme descrito por Adams (2017), a partir da fórmula a seguir:

Índice de Retenção Linear

$$IA_x = 100n + 100 \times \frac{(t_x - t_n)}{(t_{n+1} - t_n)}$$

Onde,

IA_x = índice aritmético (IA)

tx = tempo de retenção da Substância analisada

t_n = tempo de retenção do hidrocarboneto padrão de menor cadeia que elui antes da substância analisada

t_{n+1} = tempo de retenção do hidrocarboneto padrão de maior cadeia que elui depois da substância analisada

n = número de átomos de carbono do padrão de menor cadeia que elui antes da substância analisada

Todas essas informações foram comparadas com dados da literatura (ADAMS, 2017).

5.4 Avaliação do efeito alelopático dos óleos essenciais sobre a germinação de alface e tomate

Os óleos essenciais de *P. hispidum* foram emulsionados com tensoativo (Tween 80), na proporção 1:1 e a partir dessas emulsões foram obtidas soluções nas concentrações 0,1 e 1 % (v/v). Foram estabelecidos dois tratamentos controle, um apenas com água destilada e outro contendo uma solução do tensoativo a 1% (v/v), e quatro tratamentos em delineamento inteiramente casualizado, aplicados em duas espécies-teste (alface e tomate), cada uma com quatro repetições. As sementes de alface (*Lactuca sativa*), variedade Hanson 029 e de tomate (*Solanum lycopersicum*), variedade San Marzano 270, foram adquiridas em comércio local.

Os bioensaios foram conduzidos em câmara B.O.D a 25 °C e 12 h de fotoperíodo para acondicionamento das placas de petri, cada uma contendo 2 folhas de papel filtro, que receberam água destilada para a semeadura das espécies (FERREIRA e AQUILA 2000). Adicionalmente, foram colocadas na tampa, duas folhas de papel filtro para a aplicação dos tratamentos. As avaliações foram realizadas diariamente até o momento em que as germinações cessaram. Foram consideradas sementes germinadas aquelas que apresentaram a protrusão da radícula de, no mínimo, 2 mm de comprimento (MIRANDA et al., 2015a).

5.5 Análise estatística da ação alelopática dos óleos essenciais

Os resultados do ensaio alelopático foram expressos conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). As variáveis mensuradas foram: porcentagem de germinação (%G), tempo médio de germinação (TMG), velocidade média de germinação (VG), o vigor pelo índice de velocidade de germinação (IVG) e comprimento médio da raiz primária (CMR), por meio de suas respectivas fórmulas matemáticas (MAGUIRE, 1962; LABOURIAU; VALADARES, 1976).

Fórmula da porcentagem de germinação: $\%G = (N/100) \times 100$

Onde,
N = número de sementes germinadas ao final do teste;
Unidade: %.

Fórmula do tempo médio de germinação: $TMG = (\sum ni ti) / \sum ni$

Onde,
ni = número de sementes germinadas por dia;
ti = tempo de incubação;
i = 1 → 12 dias.
Unidade: dias.

Fórmula da velocidade média de germinação: $VG = 1/t$

Onde,
t = tempo médio de germinação;
Unidade: dias⁻¹.

Fórmula do índice de velocidade de germinação: $IVG = \sum (ni / ti)$

Onde,
ni = número de sementes que germinaram no tempo 'i';
ti = tempo após instalação do teste;
i = 1 → 12 dias.
Unidade: adimensional.

Fórmula do comprimento médio da raiz primária: $CMRP = (\sum c) / n$

Onde,
c = comprimento de sementes germinadas;
n = número de sementes germinadas.
Unidade: cm.

Os dados foram submetidos à normalidade e testes de erros de homogeneidade e, em seguida à análise de variância (ANOVA) e as médias resultantes foram comparadas entre si aplicando-se o teste de Tukey ao nível de 5% de significância, utilizando o programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2011).

5.6 Avaliação do efeito fumigante dos óleos essenciais sobre *Suidasia pontifica*

A priori foi necessário iniciar uma criação de *S. pontifica*. Para isso, foram utilizados ácaros coletados em farinha de trigo contaminada, adquirida em comércio local no município de Itacoatiara-AM. A manutenção da criação e os bioensaios posteriores que utilizaram esse material biológico foram realizados no Laboratório de Botânica do Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia – ICET/UFAM. Uma porção de farinha de trigo infestada foi depositada em unidade similar à sugerida por Freire et al. (2007), que compreende um recipiente plástico cilíndrico de 500 mL, com 5 perfurações cilíndricas para entrada e saída de ar, vedadas com uma malha de 0,2 mm. Em seguida, foram adicionados 150 g de farinha de trigo para a alimentação dos ácaros, renovada a cada quinze dias.

Para avaliar o efeito fumigante dos óleos essenciais de *P. hispidum* sobre *S. pontifica*, foi utilizada a metodologia proposta por Aslan et al. (2004), com adaptações. Para

tanto, recipientes de vidro de 2,5 L com tampa hermética foram usados como câmaras de fumigação. Em cada câmara foram inseridas três unidades experimentais, que consistiu em potes de vidro de 30 g. Dentro de cada pote foi adicionado 5 mg de farinha de trigo e 30 ácaros adultos de *S. pontifica*. Posteriormente, cada unidade experimental foi fechada com uma malha de 0,2 mm, para permitir as trocas gasosas com a câmara de fumigação sem que houvesse fuga dos ácaros. Dentro da câmara de fumigação foi colocado um chumaço de algodão de mais ou menos 1,0 cm, umedecido com água destilada para manter a umidade no ambiente experimental, evitando assim a dissecação dos ácaros.

Os óleos essenciais foram aplicados com pipeta automática em tiras de papéis de filtro fixadas à superfície inferior da tampa das câmaras. As dosagens aplicadas foram de 1, 2, 3, 4 e 5 µl de cada óleo essencial, equivalentes a 0,4, 0,8, 1,2 1,6, e 2 µL/L de ar, respectivamente. No tratamento controle nada foi aplicado. O período de exposição a cada óleo foi de 24, 48 e 72 horas. Após a primeira abertura, de acordo com o tempo de avaliação, as câmaras foram descartadas. Dessa forma, para cada concentração de óleo essencial e tempo de exposição testados foram utilizadas três câmaras de fumigação. Foram considerados mortos os ácaros que não apresentaram nenhum movimento após um leve toque com pincel de cerdas finas.

5.7 Análise estatística da ação fumigante dos óleos essenciais

Os ensaios foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado. Para cada tratamento com óleos essenciais de *P. hispidum* foi determinada a mortalidade corrigida em função da mortalidade natural da população, com base no tratamento controle. Para cálculo da mortalidade corrigida foi utilizada a fórmula sugerida por Abbott (1925): $Mortalidade\ corrigida = [(percentual\ de\ mortalidade\ no\ tratamento - percentual\ de\ mortalidade\ no\ controle) / (100 - percentual\ de\ mortalidade\ no\ controle)] * 100$. Desta forma, o efeito foi estimado através da determinação das médias da mortalidade corrigida, posteriormente submetidas à ANOVA. Quando o valor F_{ANOVA} foi significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey.

Para as concentrações de óleo essencial que causaram mortalidade corrigida maior ou igual a 50%, foi determinada a Concentração Letal (CL). As $CL_{25\%}$ e $CL_{50\%}$ foram determinadas pelo método de análise de Probit (FINNEY, 1971). Os intervalos de confiança a 95% ($IC_{95\%}$) de probabilidade, associados a cada $CL_{25\%}$ e $CL_{50\%}$, foram calculados e utilizados para comparação entre estas (WELCH, 1938). Todas as análises foram realizadas com auxílio do Software R versão 4.2.0, com nível de significância de 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Rendimento dos óleos essenciais de *P. hispidum*

A coleta e extração dos óleos essenciais das folhas e ramos frescos de *P. hispidum* foram realizadas no município de Itacoatiara-Am, em maio de 2021, normalmente período de seca. No entanto, em 2021 maio registrou precipitação acima do normal, tendo como consequência a maior cheia em 100 anos no estado do Amazonas (CPRM; ANA, 2021). Ambos os óleos apresentaram coloração amarelada, com densidade inferior à da água. O rendimento foi de 0,69% para o óleos das folhas e de 1,65% para o óleo dos ramos (Tabela 1).

Tabela 1: Rendimentos dos óleo essenciais de *P. hispidum*

Data da coleta	Massa (g) da amostra	Código das amostras	Rendimentos (%)
22.05.21	1.000	OEPHF	0,69
22.05.21	700	OEPHR	1,65

OEPHF: Óleo essencial das folhas; OEPHR: Óleo essencial dos ramos.

O rendimento do OEPHR foi superior ao do OEPHF. Barbosa et al. (2012) também constataram variação no teor dos óleos essenciais de *Piper divaricatum* extraídos de diferentes partes da planta. No entanto, contrário ao observado em OEPHF e OEPHR, os óleos essenciais das folhas de *P. divaricatum* (2,0 %) apresentaram rendimento superior ao do caule (1,7%). Já em *Eucalyptus oleosa* o rendimento do óleo essencial do caule (0,52%) também foi maior do que nas folhas (0,45%), resultado atribuído aos aspectos ecológicos e climáticos do local de coleta, idade da planta e condições do solo (MARZOUG et al, 2011).

Entre outros fatores, a época de coleta do material vegetal pode ter ligação com o rendimento dos óleos. No óleo essencial das folhas de *Piper glabratum* coletadas no Mato Grosso do Sul (Brasil), o rendimento no inverno (0,05%) foi inferior aos obtidos na primavera (0,89%), verão (0,81%) e outono (0,70%), uma vez que no inverno o clima é mais ameno, com poucas chuvas, impactando negativamente no teor de óleo essencial (SANTOS et al., 2019). Os óleos essenciais das folhas secas de *Piper cernuum* cultivadas em Santa Catarina (Brasil), também renderam menos no inverno (1,49%) em relação à primavera (1,66%) verão (2,07%) e outono (2,16%.) (GASPARETTO et al., 2016). No entanto, mesmo que as amostras OEPHF e OEPHR tenham apresentado rendimentos distintos entre si em época chuvosa, só seria possível afirmar que há ou não variação no teor de óleo essencial das folhas e/ou ramos de *P. hispidum* em outras estações do ano a partir de uma análise sazonal da planta.

Os rendimentos das amostras OEPHF e OEPHR diferiram ainda da maioria dos trabalhos anteriores que investigaram óleos essenciais de *P. hispidum*. A exemplo, o óleo

essencial das folhas de *P. hispidum* coletadas na província de Guantánamo (Cuba) exibiu rendimento de 0,17% (PÉREZ et al., 2014). Já o óleo essencial das folhas e caule de *P. aff. hispidum* cultivados em Choco (Colômbia), apresentou rendimento de 0,58% (JARAMILLO-COLORADO et al., 2019). Esses teores foram inferiores aos de OEPHF e OEPHR. O contrário foi observado nos óleos voláteis das folhas *P. hispidum* coletadas no Panamá (SANTANA et al., 2016) e das partes aéreas coletadas em Parauapebas- Pará (Brasil) (SILVA et al., 2014b), com rendimento de 1.0 % em ambos, superior ao de OEPHF.

Os rendimentos dos constituintes voláteis obtidos no presente estudo mostraram-se ainda superiores aos de outras espécies do mesmo gênero provenientes de locais próximos à região de Itacoatiara-Am. Isso foi evidenciado em óleos essenciais das folhas de *Piper acutilimum* (0,18%), *Piper durilignum* (0,12%), *Piper bellidifolium* (0,01%), coletadas na região metropolitana de Manaus-Am, e *Piper consanguíneo* (0,30%), coletada em Manaus (ARAÚJO et al., 2018). Já os óleos essenciais das partes aéreas de *P. aduncum*, *P. callosum* e *P. marginatum* com origem no estado do Pará (Brasil) exibiram rendimentos de 3,0%, 2,3% e 0,7%, respectivamente (SILVA et al., 2016), superiores aos de OEPHF e OEPHR.

6.2 Análise da composição química dos óleos essenciais de *P. hispidum* por Cromatografia Gasosa Acoplada a Espectrometria de Massas – CG/EM

As figuras 4 e 5 mostram os cromatogramas dos óleos essenciais das folhas e ramos de *P. hispidum* coletados e submetidos à hidrodestilação em 22/05/2021.

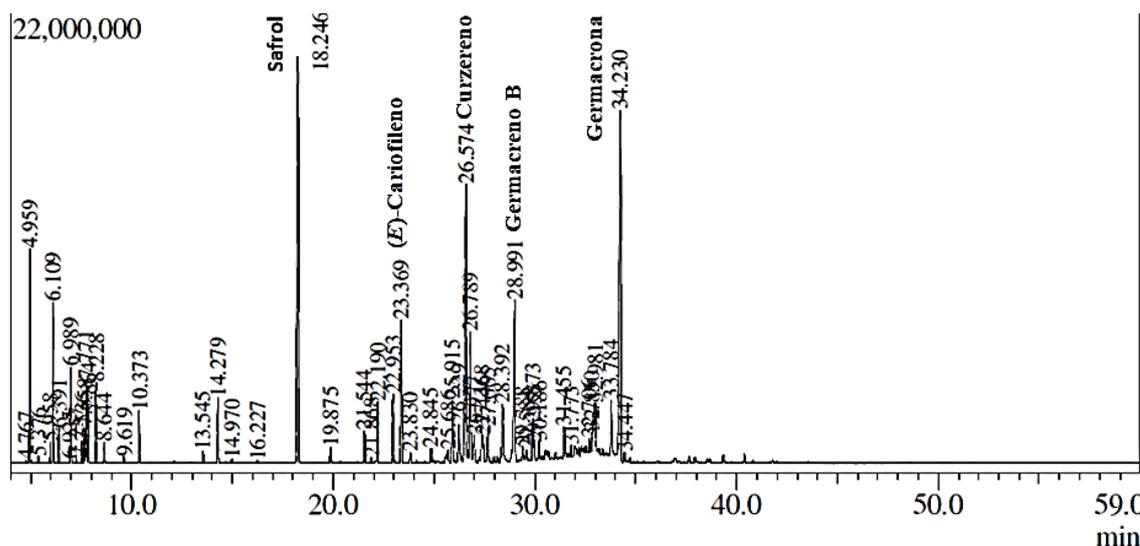


Figura 5: Cromatograma obtido por CG/EM do óleo essencial das folhas de *P. hispidum* (OEPHF) (22/05/2021)

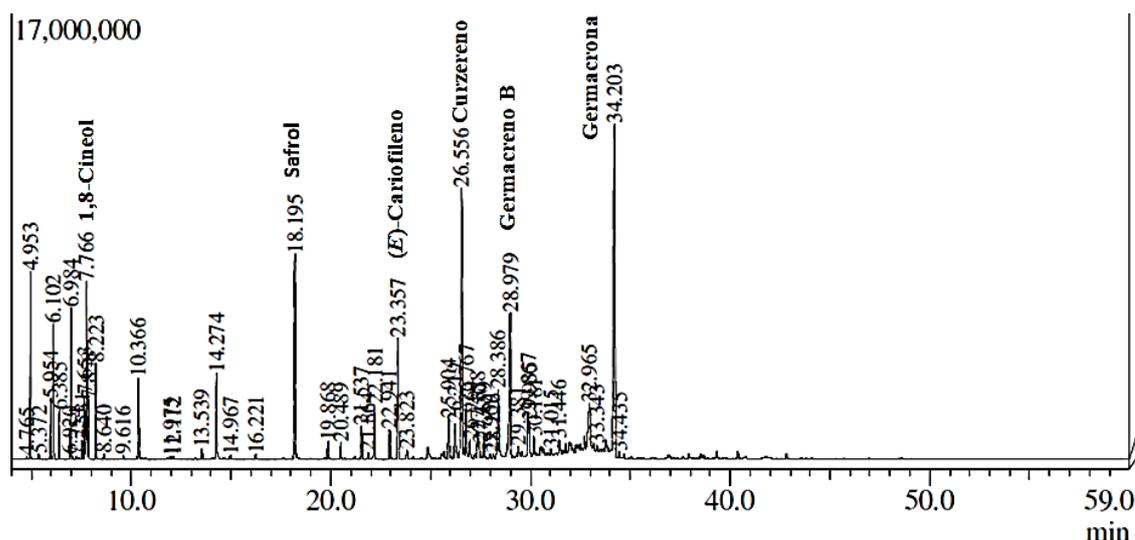


Figura 6: Cromatograma obtido por CG/EM do óleo essencial dos ramos de *P. hispidum* (OEPHR) (22/05/2021)

A composição química dos óleos essenciais das folhas e ramos de *P. hispidum* pode ser observada na tabela 2. No óleo das folhas foi identificado 91,1% dos constituintes e no dos ramos 92,3%, equivalentes a 48 e 46 compostos, respectivamente. Essas substâncias pertencem às classes químicas dos monoterpenos hidrocarbonetos, monoterpenos oxigenados, sesquiterpenos hidrocarbonetos, sesquiterpenos oxigenados e fenilpropanoides. Os constituintes majoritários foram: germacrona (OEPHF=17,0%; OEPHR=17,8%), safrol (OEPHF=14,3%; OEPHR= 7,4%), curzereno (OEPHF=10,4%; OEPHR=11,5%), germacreno B (OEPHF=6,2%; OEPHR= 6,0%), 1,8-cineol (OEPHR= 4,6%) e *E*-cariofileno (OEPHF= 4,5%; OEPHR= 4,5%) (figura 7).

Os compostos safrol, *E*-cariofileno, curzereno, germacreno B e germacrona foram majoritários tanto na amostra OEPHF quanto em OEPHR, e o 1,8-cineol foi majoritário apenas em OEPHR. Em geral, os óleos essenciais das folhas e ramos de *P. hispidum* mostraram-se quimicamente similares, mas algumas diferenças foram observadas quanto à presença e concentração de alguns constituintes, como os minoritários *E*-asarona, detectada somente em OEPHF, e acetato de α -terpinila, presente apenas em OEPHR. Além do majoritário safrol, que em OEPHF apresentou quase o dobro da concentração observada em OEPHR, e 1,8-cineol, presente em concentração expressiva somente em OEPHR.

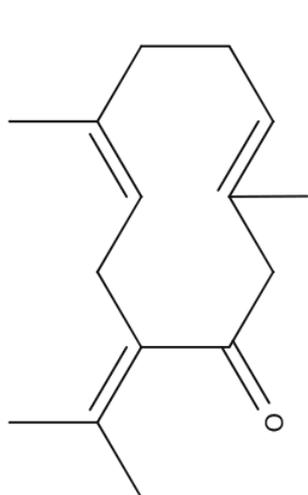
Tabela 2: Substâncias identificadas nos óleos essenciais das folhas e ramos de *P. hispidum*

Nº	Substâncias	IR (lit) (2017)	IR OEPHF	IR OEPHR	%		Fórmula Molecular
					OEPHF	OEPHR	
1	α -tujeno	924	924	924	-	0,1	C ₁₀ H ₁₆
2	α -pineno	932	932	932	3,2	3,5	C ₁₀ H ₁₆

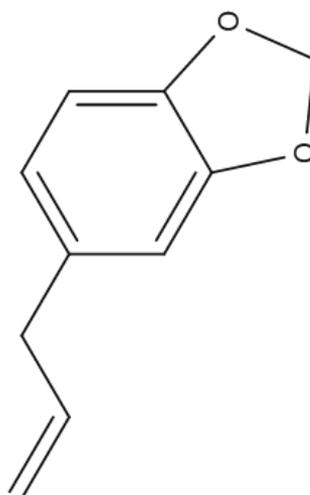
3	Canfeno	946	949	949	0,1	0,1	C10 H16
4	Sabineno	969	972	972	0,4	1,3	C10 H16
5	β -Pineno	974	978	978	2,8	2,9	C10 H16
6	Mirceno	988	990	989	0,6	1,0	C10 H16
7	α -Felandreno	1.002	1.008	1.008	0,1	0,1	C10 H16
8	δ - β -careno	1.008	1.010	1.010	1,8	3,5	C10 H16
9	α -Terpineno	1.014	1.018	1.018	0,1	0,1	C10 H16
10	o-Cimeno	1.022	1.026	1.026	0,5	0,5	C10 H14
11	Limoneno	1.024	1.029	1.029	0,8	1,6	C10 H16
12	1,8-Cineol	1.026	1.033	1.032	1,8	4,6	C10 H18 O
13	(Z) β -Ocimeno	1.032	1.035	1.035	1,0	1,5	C10 H16
14	(E) β -ocimeno	1.044	1.046	1.046	1,7	2,4	C10 H16
15	γ -Terpineno	1.054	1.058	1.058	0,4	0,1	C10 H16
16	Terpinoleno	1.086	1.086	1.086	0,2	0,1	C10 H16
17	Linalool	1.095	1.107	1.106	1,2	2,3	C10 H18 O
18	trans-Pinocarveol	1.135	-	1.146	-	0,1	C10 H16 O
19	Cânfora	1.141	-	1.149	-	0,1	C10 H16 O
20	Terpinen-4-ol	1.174	1.185	1.185	0,3	0,3	C10 H18 O
21	Metil chavicol	1.195	1.203	1.203	2,0	3,1	C10 H12 O
22	Carvona	1.239	1.248	1.248	0,1	0,2	C10 H14 O
23	Safrol	1.285	1.295	1.294	14,3	7,4	C10 H10 O2
24	δ -Elemeno	1.335	1.334	1.333	0,5	0,6	C15 H24
25	Acetato de α -terpenila	1.346	-	1.348	-	0,5	C12 H20 O2
26	α -Copaeno	1.374	1.373	1.373	0,9	1,1	C15 H24
27	β -Borboneno	1.387	1.381	1.380	0,2	0,2	C15 H24
28	β -Elemeno	1.389	1.388	1.388	1,7	1,8	C15 H24
29	Metil eugenol	1.403	1.406	1.406	2,1	1,0	C11 H14 O2
30	(E)-Cariofileno	1.417	1.416	1.416	4,5	4,5	C15 H24
31	γ -Elemeno	1.434	1.428	1.427	0,4	0,4	C15 H24
32	α -umuleno	1.452	1.452	-	0,4	-	C15 H24
33	γ -Muuroleno	1.478	1.473	-	0,3	-	C15 H24
34	Germacreno D	1.480	1.478	1.478	1,8	1,4	C15 H24
35	β -Selineno	1.489	1.486	1.486	0,9	1,0	C15 H24
36	Curzereno	1.499	1.494	1.494	10,4	11,5	C15 H20 O
37	Germacreno A	1.508	1.504	1.504	0,8	0,5	C15 H24
38	Miristicina	1.517	1.514	1.514	1,1	1,0	C11 H12 O3
39	δ -Cadineno	1.522	1.516	1.516	0,7	0,6	C15 H24
40	Miristicina	1.517	1.522	1.522	1,0	0,6	C11 H12 O3
41	Germacreno B	1.559	1.555	1.555	6,2	6,0	C15 H24
42	(E)-Nerolidol	1.561	1.565	1.565	0,4	0,2	C15 H26 O
43	γ -Asarona	1.572	1.570	-	0,3	-	C12 H16 O3
44	Espatuleno	1.577	1.578	1.578	1,3	1,8	C15 H24 O
45	Óxido de Cariofileno	1.582	1.580	1.579	0,5	1,2	C15 H24 O
46	Globulol	1.590	1.586	1.586	0,5	0,6	C15 H26 O
47	(Z)-Asarona	1.616	1.619	1.619	1,0	0,8	C12 H16 O3
48	1-epi-Cubenol	1.627	1.627	-	0,3	-	C15 H26 O
49	β -Eudesmol	1.649	1.656	-	0,6	-	C15 H26 O
50	(E)-Asarona	1.675	1.681	-	1,6	-	C12 H16 O3
51	Germacrona	1.693	1.693	1.692	17,0	17,8	C15 H22 O
52	Eudesm-7(11)-en-4-ol	1.700	1.699	1.698	0,3	0,3	C15 H26 O

Classes de Compostos		
monoterpeno hidrocarboneto	13,7	18,8
Monoterpeno Oxigenados	5,4	11,2
Total	19,1	30,0
Sesquiterpeno hidrocarboneto	19,3	18,1
Sesquiterpeno Oxigenados	31,3	33,4
Total	50,6	51,5
Sesquiterpenos Fenilpropanoides	21,4	10,8
Total identificado	91,1	92,3

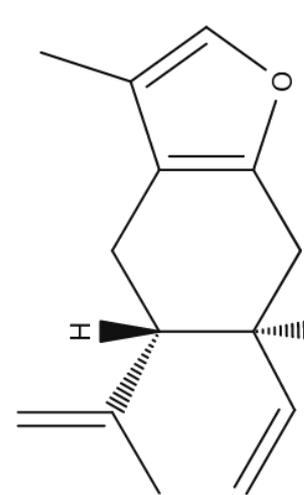
IR (lit): índice de retenção da literatura (ADAMS, 2017); IR OEPHF: índice de retenção dos compostos do óleo essencial das folhas; IR OEPHR: índice de retenção dos compostos do óleo essencial dos ramos.



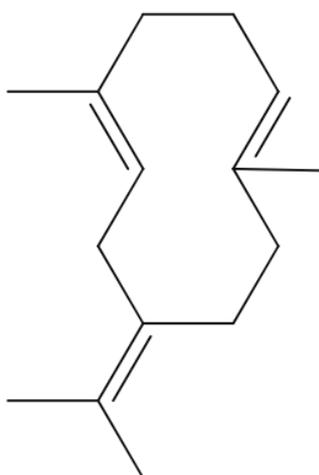
Germacrona



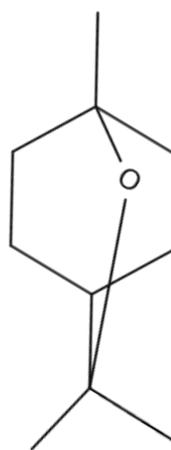
Safrol



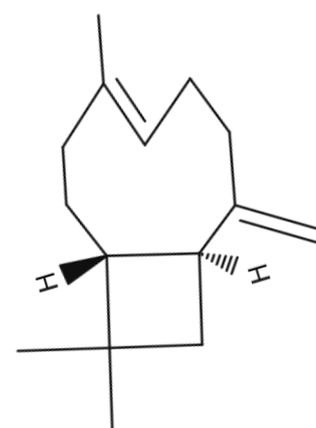
Curzereno



Germacrene B



1,8-cineol



E-cariofileno

Figura 7: Estruturas químicas dos constituintes majoritários dos óleos essenciais de *P. hipidum*
Fonte: SILVA, 2022.

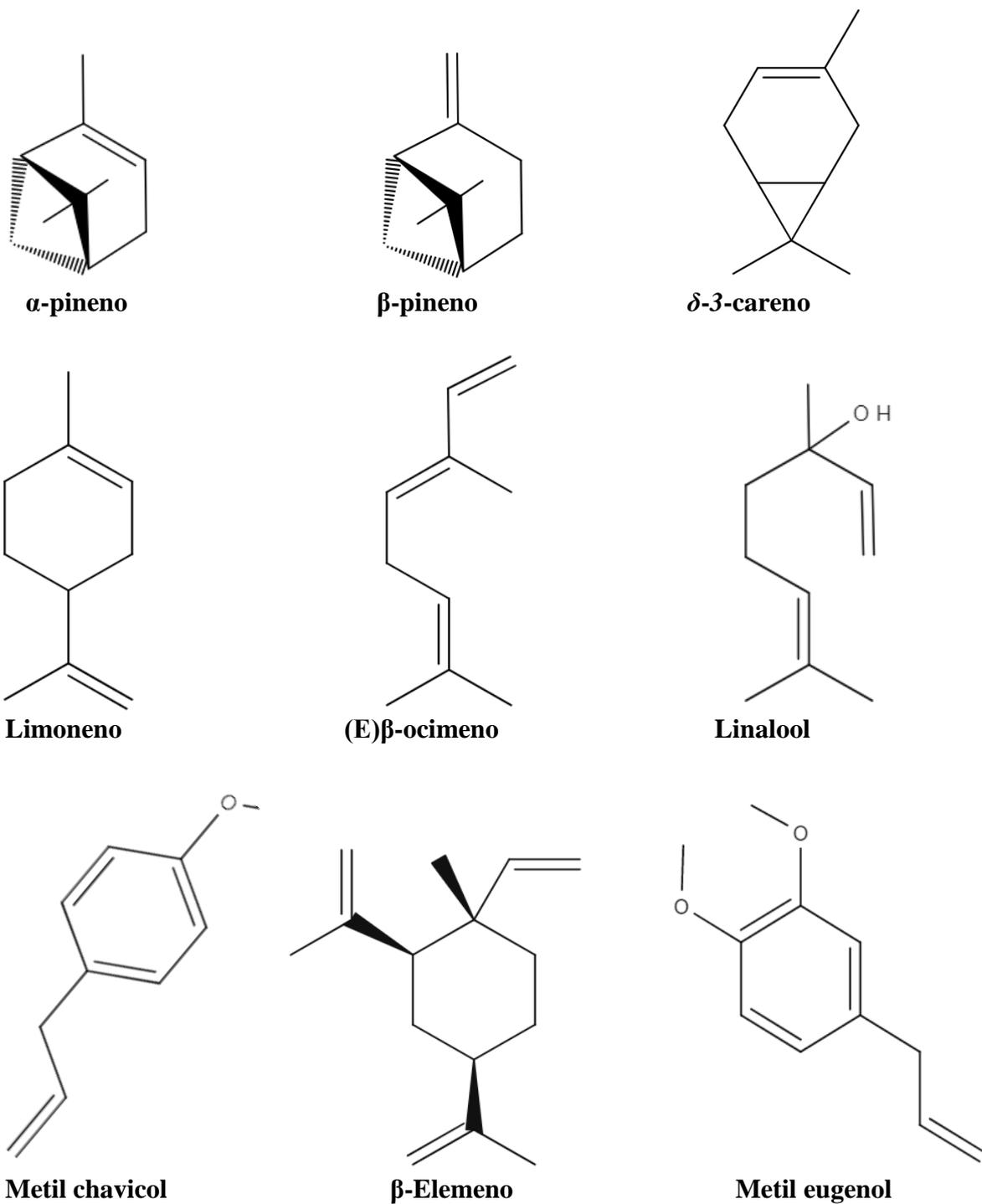


Figura 8: Estruturas químicas de alguns constituintes minoritários dos óleos essenciais de *P. hispidum*
Fonte: SILVA, 2022.

Tanto em OEPHF quanto em OEPHR a classe dos sesquiterpenos foi predominante, enquanto o percentual de monoterpenos foi maior em OEPHR e os fenilpropanoides estiveram presentes em maior quantidade em OEPHF (tabela 2). Da mesma forma, na análise fitoquímica de *P. hispidum* coletada no Pará (Brasil), a quantidade de sesquiterpenos se

sobressaiu em relação aos demais compostos (SILVA et al., 2014b). Nas espécies de *P. acutilimbium*, *P. durilignum*, *P. bellidifolium* e *P. consanguíneo*, os sesquiterpenos também foram o grupo químico dominante (ARAÚJO et al., 2018). O mesmo foi observado em *Piper aleyreanum*, *Piper anonifolium* (SILVA et al., 2014b). Já em *P. callosum*, *P. aduncum* e *P. marginatum* os fenilpropanoides estiveram presentes em maiores concentrações, representando 76,1%, 80,1% e 42,0% da composição total dos óleos, respectivamente (SILVA et al., 2016).

Em comparação aos relatos anteriores sobre óleos essenciais de *P. hispidum*, os perfis químicos de OEPHF e OEPHR foram diferentes. Vale pontuar que tanto o teor quanto a diversidade de metabólitos secundários produzidos pelas plantas dependem de vários fatores, como polimorfismo, parte da planta utilizada, condições do solo, idade da planta, época e condições de cultivo, diferenças geográficas, horário de coleta, condições ecológicas e climáticas, existência de diferentes quimiotipos e métodos de extração adotados (MARZOUG et al, 2011; PLANT et al., 2019; SALEHI et al., 2019; SRIVASTAVA et al., 2019). Desse modo, possivelmente a localização geográfica e suas condições ambientais exerceram forte influência sobre o teor e variação dos constituintes voláteis de *P. hispidum*.

Sobre isso, no óleo essencial das folhas de *P. hispidum* cultivadas em Chiguará (Venezuela), os compostos α -pineno (15,3%), β -pineno (14,8%), β -elemeno (8,1%), óxido de cariofileno (7,8%) e δ -3-careno (6,9%) foram identificados em maiores concentrações (MORALES et al., 2013). O óleo essencial das folhas de *P. hispidum* coletadas na província de Guantánamo (Cuba) apresentou o trans- α -Bisaboleno (11,28%), β -pineno (8,20%), α -pineno (4,76%) e alo-aromadendreno (4,92%) como os principais constituintes (PÉREZ et al., 2014). No óleo volátil das folhas de *P. hispidum* provenientes do Panamá, o dilapiol (57,7%) foi predominante (SANTANA et al., 2016). Já o óleo essencial das folhas e caule de *P. hispidum* cultivados em Choco (Colômbia), apresentou os majoritários δ -3-careno (9,6%), p-cimeno (10,9%), limoneno (17,2%), elemol (14,1), γ -elemeno (7,3%) e β -eudesmol (5,7%) (JARAMILLO-COLORADO et al., 2019).

Na Amazônia brasileira, a variação da composição química de *P. hispidum* também é evidente. A identificação dos constituintes químicos do óleo essencial das raízes de *P. hispidum* coletadas no estado de Rondônia, apontou o dilapiol (57,5%), a elemicina (24,5%) e o apiol (10,2%) como componentes principais (FACUNDO et al., 2008). O óleo essencial das partes aéreas de *P. hispidum* coletadas no estado do Pará apresentaram β -cariofileno (10,5%), α -umuleno (9,5%), δ -3-careno (9,1%), α -copaeno (7,3%), limoneno (6,9%), óxido de

cariofileno (5,9 %), e β -selineno (5,1%) como compostos majoritários (SILVA et al., 2014b). Nos constituintes voláteis provenientes de diferentes partes da planta no estado do Amazonas, γ -terpineno, p-cimeno, α -terpineno, α -selineno, β -selineno e terpinoleno estiveram entre os principais componentes químicos (ALMEIDA et al., 2018; MAJOLO et al., 2019; ALVES et al., 2021).

A maioria dos compostos majoritários apontados nesses estudos também foi detectada nas amostras OEPHF e OEPHR, mas de maneira minoritária. Em contrapartida, os constituintes dilapiol, trans- α -bisaboleno, alo-aromadendreno, elemol, elemicina, p-cimeno e apiol não foram identificados em OEPHF e OEPHR nem mesmo em baixas concentrações, reforçando a existência de diferentes quimiotipos de *P. hispidum*, como apontado por Salehi et al. (2019). Essa hipótese está de acordo com diversos autores que relataram grande variação no conteúdo químico de outras espécies de *Piper* em função da localidade, incluindo *P. aduncum*, *Piper amalago*, *Piper Cernuum*, *P. divaricatum*, *P. marginatum*, *Piper umbellatum* (SILVA et al., 2017).

Em relação aos compostos majoritários de *P. hispidum*, como já mencionado, OEPHF e OEPHR apresentaram perfis químicos semelhantes, mas com diferença notável nas concentrações do safrol e 1,8-cineol. Em *P. divaricatum* a produção de safrol também foi maior nas folhas (98%) do que nos caules (83%) (BARBOSA et al., 2012). Em *E. oleosa* o conteúdo de 1,8-cineol foi significativamente maior nos ramos (31,5%) do que nas folhas (8,7%) (MARZOUG et al., 2011).

É importante ainda mencionar o potencial bioativo já reportado na literatura para os principais constituintes dos óleos essenciais de *P. hispidum*. A germacrona é muito utilizada na medicina tradicional chinesa como antitumoral e na melhora da circulação sanguínea (LIAO et al. 2013). Vários estudo já mostraram o amplo espectro de propriedades biológicas desse composto, como o efeito hepatoprotetor (MATSUDA et al., 1998), anti-inflamatório (CLAESON et al., 1996; MAKABE et al., 2006; AN et al., 2014) e neuroprotetor em camundongos, por meio de mecanismos antioxidantes e antiapoptóticos (WU et al., 2019). Além disso, a germacrona foi capaz de inibir a ação dos vírus influenza A H1N1 e H3N2 e influenza B, *in vitro* (LIAO et al., 2013), e exibiu atividade antiproliferativa e indução da apoptose em linhagens de células cancerígenas de mama (ZHONG et al., 2011; LIM; CHOUNG; JEONG, 2016) e hepatoma humanas (LIU et al., 2013).

O safrol possui forte atividade antifúngica (YANG et al., 2017) antioxidante, antidiabética a partir da inibição da enzima α -amilase, antimicrobiana e citotóxica sobre

células de carcinoma hepatocelular, com esses dois últimos efeitos sendo intensificados a partir do emprego de nanoemulsões de safrol (AHMAD; MOHAMMED, 2021). Alguns estudos mostraram que esse composto tem ainda a capacidade de diminuir a viabilidade de células de osteossarcoma humano (LIN et al., 2006), induzir a apoptose e reduzir a viabilidade de células cancerígenas bucais humanas, além de promover a redução do tamanho de tumores de câncer oral em testes *in vivo* com camundongos (YU et al., 2011). Ademais, o safrol já foi amplamente empregado como agente aromatizante em vários produtos alimentícios (KEMPRAI et al., 2019). No entanto, algumas pesquisas têm apontado o safrol como um importante carcinógeno em roedores (YU et al., 2011; TSOU et al., 2019) e um potencializador da genotoxicidade do câncer oral induzido pela mastigação de betel quid, em modelos animais e humanos (TSOU et al., 2019). Tais descobertas têm restringido o uso desse fitoquímico, que passou a ser empregado especialmente na fabricação de produtos farmacêuticos e agroquímicos finos (KEMPRAI et al., 2019).

O curzereno já foi associado à atividades anti-inflamatórias (SUN et al., 2006), antiproliferativas e indutoras de apoptose em células de adenocarcinoma de pulmão SPC-A1 (WANG et al., 2016) e de glioblastoma humanos (CHENG et al., 2022), e a efeitos antitumorais em camundongos (WANG et al., 2016; CHENG et al., 2022). O curzereno se apresentou ainda como um composto antileishmania promissor, sendo eficaz na inibição do crescimento de promastigotas e amastigotas axênicos de *Leishmania amazonensis*, a partir da indução da apoptose (NUNES et al., 2021).

Quanto ao germacreno B, há registros do seu poder bactericida contra *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* e *Streptococcus pyogenes* (MOURA et al., 2020). Essa substância também foi identificada no extrato alcoólico de resina de *Commiphora myrrha* e exibiu efeito hipolipidêmico e antioxidante (ORABI et al., 2020). Além disso, o germacreno B foi apontado como o responsável pelas poderosas atividades antidiabética, antiobesidade e antioxidante de *Juniperus phoenicea* (ZHONG et al., 2015).

O composto 1,8-cineol também apresenta uma vasta gama de propriedades biológicas. Seu efeito inseticida foi registrado contra larvas de *Bemisia argentifolii*, vetor da praga da mosca branca (ARAÚJO et al., 2003). Há evidências da sua atividade inibitória contra o carrapato do boi (*Boophilus microplus*) (PRATES et al., 1993), *Tribolium castaneum* (PRATES et al., 1998; MAGA et al., 2000) e *Rhyzopertha dominica* (PRATES et al., 1998). O 1,8-cineol também desempenha importante papel na resistência de plantas a insetos e tem baixa toxicidade para mamíferos, o que sugere o seu uso ecologicamente seguro (ARAÚJO et

al., 2003). Caldas et al. (2015) demonstraram que o 1,8-cineol é o responsável pela ação gastroprotetora do óleo essencial de *Hyptis martiusii*, observada na cicatrização de úlceras. Em outros estudos foi observado que esse metabólito pode ser um promissor agente anti-inflamatório em doenças neurodegenerativas (KHAN et al., 2014) e anticancerígeno, por indução da apoptose (SAMPATH et al., 2017). Além disso, quando incluído na dieta de trutas arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), 1,8-cineol aumentou a capacidade de sobrevivência dos peixes em situação de estresse de aglomeração (MIRGHAED; HOSEINI; GHELICHPOUR, 2018) e apresentou efeitos anestésicos sobre a espécie (MIRGHAED et al., 2018).

Por fim, o *E*-cariofileno tem sido usado na formulação de cosméticos, itens de higiene e limpeza e em produtos do setor alimentício (MONTANARI et al., 2011). Ademais, está bem documentada na literatura a influência da herbivoria na expressão de *E*-cariofileno em algumas plantas a fim de repelir os herbívoros e, por outro lado, atrair polinizadores (RIFFEL et al., 2021). Também foi reportado o poder inibitório de *E*-cariofileno sobre a oviposição de *Aedes aegypti* (SILVA et al., 2015).

6.3 Efeito alelopático dos óleos essenciais de *P. hispidum* sobre a germinação de alface e tomate

A reação de resistência ou tolerância aos aleloquímico pode variar de uma planta para outra e pode sofrer influência de diferentes fatores. A escolha das espécies *L. sativa* (alface) e *L. esculentum* (tomate) se deve principalmente ao fato de serem hortaliças em geral sensíveis a esses compostos e por isso frequentemente empregadas em bioensaios em laboratório, antes dos aleloquímicos serem testados em plantas espontâneas. Dessa forma, alface e tomate servem como espécies indicadoras do potencial alelopático das amostras testadas (ALVES et al., 2004).

Os óleos essenciais influenciaram na porcentagem de germinação, no tempo médio de germinação, na velocidade média de germinação, no vigor pelo índice de velocidade de germinação e no comprimento médio da raiz primária de alface e tomate. A intensidade desses efeitos variou em função da concentração testada, da parte da planta doadora da qual foi extraído o óleo essencial, da planta receptora e da variável analisada (tabelas 3 e 4). As variáveis %G, IVG e CMR exibiram um perfil de resposta dose-dependente, enquanto os resultados das variáveis TMG e VG não se mostraram dependentes do aumento da concentração.

Tabela 3: Efeito alelopático de diferentes concentrações de óleos essenciais de *P. hispidum* sobre sementes de alface

Amostras	Concentração	%G	TMG	VG	IVG	CMR
OEPHF	0,1%	65,0bc	4,597333c	0,271133a	3,790433ab	13,602367ab
	1%	45,0ab	4,22825c	0,25a	2,8575ab	11,4775a
OEPHR	0,1%	88,0c	3,687bc	0,2637a	5,73062b	24,59408bc
	1%	12,5a	2,5625ab	0,219425a	0,749825a	5,925a
H ₂ O	-	92,5c	2,10175a	0,49225b	11,583c	17,34295abc
Tween	1%	97,5c	1,865a	0,540125b	13,145825c	26,683125c

OEPHF: óleo essencial das folhas, OEPHR: óleo essencial dos ramos, H₂O: controle com água destilada, Tween 1%: controle com tween, %G: porcentagem de germinação, TMG: tempo médio de germinação, VG: velocidade média de germinação, IVG: vigor pelo índice de velocidade de germinação, CMR: comprimento médio da raiz primária. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 4: Efeito alelopático de diferentes concentrações de óleos essenciais de *P. hispidum* sobre sementes de tomate

Amostras	Concentração	%G	TMG	VG	IVG	CMR
OEPHF	0,1%	86,25b	6,13675ab	0,161925b	2,974575b	44,90375b
	1%	28,75a	7,97565b	0,110725ab	0,61515a	5,72475a
OEPHR	0,1%	66,25b	8,06395b	0,145625b	2,09275b	45,84465b
	1%	21,25a	4,81ab	0,051875a	0,45925a	2,23175a
H ₂ O	-	81,25b	4,01ab	0,24975c	4,34975c	68,6852b
Tween	1%	82,5b	3,831575a	0,265525c	4,012c	39,11755b

OEPHF: óleo essencial das folhas, OEPHR: óleo essencial dos ramos, H₂O: controle com água destilada, Tween 1%: controle com tween, %G: porcentagem de germinação, TMG: tempo médio de germinação, VG: velocidade média de germinação, IVG: vigor pelo índice de velocidade de germinação, CMR: comprimento médio da raiz primária. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em comparação aos tratamentos controles (H₂O e Tween 1%), a taxa de germinação das sementes de alface e tomate não sofreu alteração significativa quando estas foram submetidas à concentração de 0,1% de OEPHF e OEPHR (tabelas 3 e 4). As sementes de alface e tomate, no entanto, mostraram-se sensíveis à concentração de 1% dos óleos essenciais. Em alface, a solução de OEPHF 1% promoveu uma redução de aproximadamente 50% da germinação, enquanto OEPHR 1% mostrou-se mais eficiente, reduzindo a germinação em mais de 80%. Em tomate, a amostra OEPHR 1% também foi mais ativa, alcançando uma redução de aproximadamente 60% da taxa de germinação, mas sem diferença estatística em relação ao tratamento OEPHF 1%, que reduziu a germinação em torno 50%.

O tempo médio de germinação (TMG) representa o tempo que as sementes levaram para germinar em função da concentração dos óleos essenciais aos quais foram expostas. Esse

tempo, em alface e tomate, teve seus valores acrescidos significativamente na presença dos dois óleos testados. Entre os tratamentos que tornaram o processo germinativo mais longo em alface, OEPHF 0,1 e 1% foram os mais ativos, responsáveis por elevar o número médio de dias na germinação de alface para mais do que o dobro do observado nas testemunhas (tabelas 3 e 4). Quanto às sementes de tomate, observou-se acréscimo do tempo de germinação em todos os tratamentos, mas esse aumento foi significativo apenas nos testes com OEPHF 1% e OEPHR 0,1% quando comparados ao controle Tween 1% (tabelas 3 e 4).

A velocidade média de germinação das sementes também foi avaliada. Trata-se de um parâmetro inversamente proporcional ao tempo médio de germinação. Em alface, os dois óleos essenciais, OEPHF e OEPHR, em todas as concentrações testadas reduziram drasticamente a velocidade média de germinação para aproximadamente metade dos valores observados nos tratamentos controles (tabelas 3 e 4). Esse comportamento foi semelhante nas sementes de tomate, nos tratamentos OEPHF 0,1% e 1% e OEPHR 0,1%, que também reduziram pela metade a velocidade de germinação. O melhor resultado foi obtido no tratamento OEPHR 1%, responsável por um ritmo de germinação cinco vezes mais lento do observado nas testemunhas (tabelas 3 e 4).

O vigor das sementes foi determinado a partir do índice de velocidade de germinação (IVG), assim, a redução no valor dessa variável em relação às testemunhas indica menor vigor das sementes. Dessa forma, os tratamentos com óleos essenciais em todas as concentrações testadas reduziram significativamente o vigor das sementes de alface, sendo OEPHR 1% o tratamento mais eficaz, seguido por OEPHF 1%, OEPHF 0,1% e OEPHR 0,1% (tabelas 3 e 4). Esse perfil de resposta foi semelhante ao observado nos testes com o tomate, uma vez que todos os tratamentos avaliados reduziram consideravelmente o IVG quando comparados aos controles. Os tratamentos com OEPHR e OEPHF a 1% foram iguais entre si e mostraram-se mais eficientes e estatisticamente diferentes dos tratamentos OEPHR e OEPHF na concentração de 0,1% (tabelas 3 e 4). Esses resultados indicam que o vigor das sementes foi comprometido conforme o aumento da concentração dos óleos essenciais.

Ao final do experimento, após doze dias de avaliação das sementes, foram medidas as raízes primárias (tabelas 3 e 4). O comprimento radicular também foi negativamente afetado pelos tratamentos com óleos essenciais nos dois bioindicadores. Em alface, o comprimento da raiz primária foi menor em todos os tratamentos com óleos essenciais, mas as diferenças foram significativas apenas em relação ao controle Tween 1%, sendo a amostra OEPHR 1% responsável pela maior ação inibitória, com valor médio de 5,925cm, quase 5

vezes menor que o controle, e estatisticamente semelhante ao segundo tratamento mais ativo (OEPHF 1%). As radículas das sementes submetidas ao OEPHF 0,1% também apresentaram-se menores, com comprimento médio equivalente à metade do observado no controle com Tween 1%. Em comparação às duas testemunhas, o retardo no crescimento radicular foi muito maior sobre o tomate, no entanto, isso só foi observado nas sementes expostas aos tratamentos OEPHR e OEPHF na concentração de 1%

Óleos essenciais produzidos por plantas aromáticas podem desempenhar diversas funções relacionadas às interações vegetais, além de serem importantes fontes de aleloquímicos (SAHARKHIZ et al., 2010), capazes de afetar a germinação de outras espécies (THIESEN et al., 2019). Vale pontuar que os aleloquímicos, a depender da concentração e da espécie testada, podem agir tanto como estimuladores quanto como inibidores do desenvolvimento das sementes, causando alterações em diferentes processos metabólicos relacionados à germinação (AN; JOHNSON; LOVETTE, 1993; REZENDE et al., 2003).

Os resultados obtidos no presente estudo demonstram que a espécie *P. hispidum* da região de Itacoatiara-Am, possui interessante potencial alelopático. O óleo essencial das folhas e caule de outro quimiotipo de *P. hispidum*, proveniente da Colômbia, reduziu o crescimento radicular de alface. A análise fitoquímica do óleo desse espécime revelou os monoterpenos como o grupo predominante, sendo relacionado à toxicidade exibida (JARAMILLO-COLORADO et al., 2019).

Outras espécies de *Piper* que são reconhecidas por seus efeitos alelopáticos incluem *Piper aduncum*, *Piper tectoniifolium*, cujos extratos aquosos causaram redução da porcentagem de germinação de alface (LUSTOSA et al., 2007). O óleo essencial de *P. divaricatum* apresentou forte potencial herbicida sobre *L. perenne* (JARAMILLO-COLORADO et al., 2019). O óleo essencial de *P. hispidinervium* inibiu a germinação das plantas daninhas *Mimosa pudica* e *Senna obtusifolia* (SOUZA FILHO et al., 2009). O extrato alcoólico *P. hispidinervium* reduziu a taxa de germinação e o desenvolvimento inicial das plântulas de alface (SILVA et al., 2012). Diferentes extratos de *P. divaricatum*, inibiram em até 100% a germinação, além de afetar o crescimento inicial de alface (MARTINS et al., 2021).

O perfil dose-dependente de inibição da germinação, vigor das sementes e comprimento radicular, evidenciado no presente estudo (figura 8), não foi inesperado. A literatura está repleta de relatos que demonstraram o mesmo comportamento de alface e tomate quando submetidos a aleloquímicos de outras espécies. O óleo essencial do rizoma de

Curcuma zedoaria promoveu queda nas taxas de germinação em alface e tomate de acordo com o aumento das concentrações de óleo essencial, prejudicando também o desenvolvimento das raízes (MELO et al., 2017). Dos 112 óleos essenciais de diferentes espécies testados por Mirmostafae, Azizi e Fujii (2020), na concentração de 1 µL, 76 foram capazes de diminuir a germinação de alface, enquanto na concentração de 3 µL 89 óleos reduziram o índice de germinação. Em tomate, foi observada a redução da porcentagem de germinação gradativamente à medida que se aumentou a concentração do óleo essencial de *Alpinia zerumbet*, com a menor taxa de germinação (2%) sendo alcançada na concentração de 1% (ALMEIDA et al., 2019). Da mesma forma, o aumento das doses dos óleos essenciais de *Hydrocotyle bonarensis* (SILVA et al., 2009) e *Thymus vulgaris* (MIRANDA et al., 2015b) sobre alface implicaram na redução da porcentagem de sementes germinadas.

O aumento da concentração dos óleos essenciais também aumentou o efeito inibitório sobre o crescimento radicular. Essa variável sofreu influência direta da taxa de germinação das sementes (figura 8). De maneira geral, nota-se que quanto maior a porcentagem da inibição da germinação, menor o tamanho médio da raiz primária nas duas espécies-teste. O mesmo foi observado em sementes de *M. pudica* e *S. obtusifolia*, quando submetidas a diferentes concentrações do óleo essencial de *P. hispidunervium* (SOUZA FILHO et al., 2009). A inibição no desenvolvimento radicular também foi registrada em testes com sementes de alface submetidas ao óleo essencial de *H. bonarensis*, que teve o efeito inibitório ampliado com o aumento da concentração (SILVA et al., 2009). Sobre sementes de tomate, o óleo essencial de *A. zerumbet* na concentração de 0,75% e 1% inibiu totalmente o crescimento radicular, provocando escurecimento e morte da radícula devido à oxidação e degradação dos tecidos (ALMEIDA et al., 2019).

Outro fator analisado cuja resposta foi dependente da dose aplicada refere-se ao vigor das sementes de alface e tomate, que diminuiu à medida que se aumentou a concentração dos óleos (figura 8B). No estudo de Miranda et al. (2015b), as sementes de alface apresentaram uma resposta semelhante quando expostas à doses crescentes do óleo essencial *T. vulgaris*, que implicou no comprometimento do vigor das sementes. Os óleos essenciais de *C. citratus*, *O. basilicum* L. e *O. gratissimum* também foram capazes de reduzir o vigor de aquênios de alface em função da dosagem aplicada (MIRANDA et al., 2015a). Esse perfil de resposta foi manifestado por sementes de tomate expostas a concentrações crescentes de óleo essencial de *A. zerumbet* nas concentrações de 0,75% e 1%, que reduziu o vigor das sementes em mais de 95% na concentração mais alta (1%) (ALMEIDA et al., 2019).

Quanto ao tempo médio da germinação, todos os tratamentos com óleos essenciais promoveram uma germinação mais lenta em relação aos controles, mas com valores significativos nas sementes tratadas com OEPHF 0,1%, OEPHF 1% e OEPHR 0,1%, em alface, e com OEPHR 0,1% e OEPHF 1%, em tomate. Embora não tenha sido observado um padrão nessas respostas, elas mostram que os óleos essenciais de *P. hispidum*, mesmo em uma concentração incapaz de impedir a germinação, podem interferir na cinética do processo germinativo. Essa hipótese está de acordo com os dados da variável velocidade de germinação, que foi reduzida em todos os tratamentos, tanto em tomate quanto em alface, reforçando o potencial alelopático das amostras OEPHF e OEPHR, mesmo em concentrações mais baixas. Acredita-se, dessa forma, que os componentes químicos dos óleos essenciais podem interferir em processos embrionários (LORBER; MULLER, 1976) de alface e tomate.

Vale ressaltar que não há um modelo de resposta pré-estabelecido, então as variações observadas nas variáveis podem ter resultado da interação complexa entre o limite da resposta da espécie afetada e da composição e concentração dos óleos essenciais (RICE, 1984; AN; JOHNSON; LOVETTE, 1993; REZENDE et al., 2003; SOUZA FILHO et al., 2009; RIZZI et al. 2016). Cada planta tem sua própria constituição genética e a natureza dos compostos dos óleos pode interagir com essas plantas por diferentes vias, resultando em diversas respostas (MELO et al., 2017). De acordo com Seigler (1996), os aleloquímicos podem agir de maneira seletiva e essa seletividade também pode estar presente na resposta da planta receptora, tornando difícil a síntese do modo de ação desses compostos.

Os efeitos dos herbicidas sintéticos sobre as ervas daninhas podem ocorrer por interrupção da formação de microtúbulos, divisão celular ou a produção de aminoácidos, inibindo assim a germinação e desenvolvimento de mudas (HATZIOS, 2012). Alguns autores têm associado o potencial alelopático dos óleos essenciais, entre outros fatores, ao seu conteúdo de terpenoides, uma vez que esses compostos podem alterar a permeabilidade da membrana celular, reduzir a atividade enzimática e interferir nos processos de transcrição de DNA e tradução de RNA, prejudicando a germinação de sementes e o crescimento de plântulas (EL-SHORA; ABD EL-GAWAD et al., 2014; MARCO et al., 2012). Essa hipótese corrobora com o perfil químico de *P. hispidum* aqui apresentado, no qual a classe dos terpenoides foi predominante (OEPHF=69,7%; OEPHR=81,5%), incluindo a maioria dos constituintes majoritários (1,8-cineol, *E*-cariofileno, curzereno, germacreno B e germacrona), que possivelmente exerceram forte influência sobre o poder inibitório dos óleos.

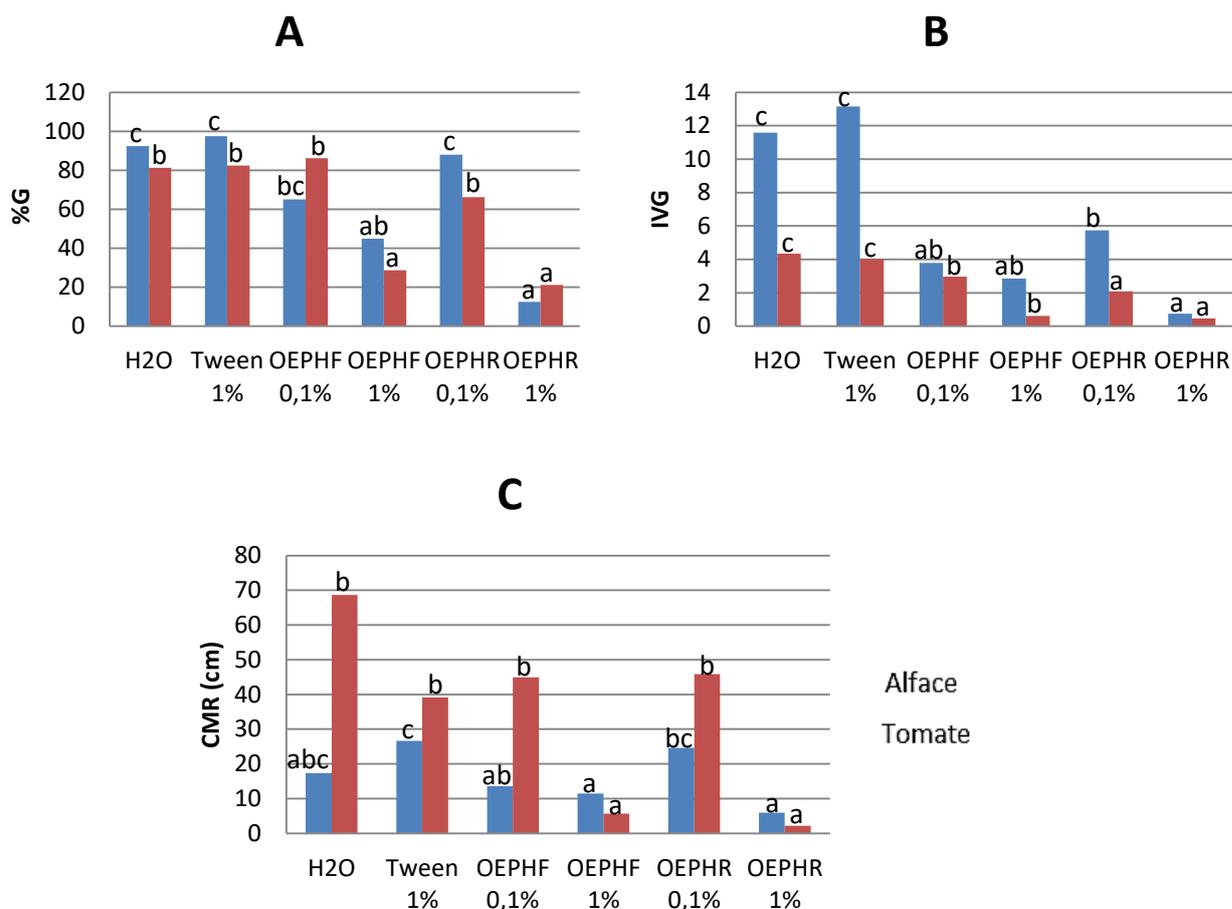


Figura 9: Porcentagem de germinação (A), índice de velocidade de germinação (B) e comprimento médio da raiz primária (C) de sementes de alface e tomate submetidas à diferentes concentrações de óleos essenciais de *P. hispidum*

Nota: %G: porcentagem de germinação; IVG: índice de velocidade de germinação; CMR: comprimento médio da raiz primária; OEPHF: óleo essencial das folhas; OEPHR: óleo essencial dos ramos; H₂O: controle negativo (água destilada); Tween 1%: controle negativo com tween. Picos seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Fonte: SILVA, 2022.

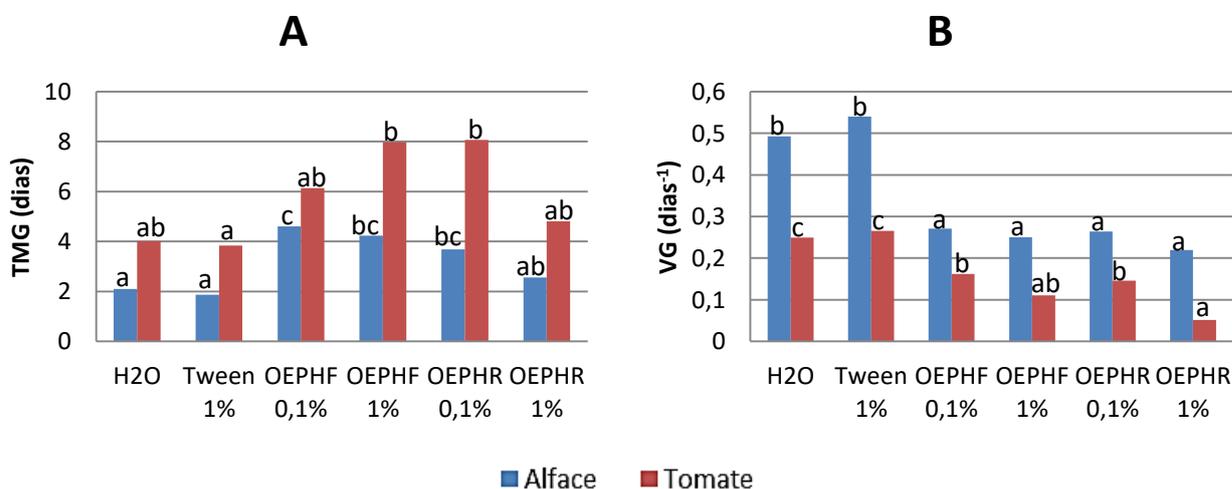


Figura 10: Tempo médio de germinação (A) e velocidade de germinação (B) de sementes de alface e tomate submetidas à diferentes concentrações de óleos essenciais de *P. hispidum*.

Nota: TMG: Tempo Médio de germinação; VG: velocidade de germinação; OEPHF: óleo essencial das folhas; OEPHR: óleo essencial dos ramos; H₂O: controle negativo (água destilada); Tween 1%: controle negativo com tween. Picos seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Fonte: SILVA, 2022.

O óleo essencial da raiz de *Tipuana tipu*, rico em hidrocarbonetos sesquiterpênicos, exibiu efeito inibitório potente sobre a germinação de sementes de alface na concentração de 1 mg.mL⁻¹ (EL AYEB-ZAKHAMA et al., 2016). Esses dados estão de acordo com os achados de Pinto et al. (2018), que demonstraram a toxicidade do óleo essencial de *Eremanthus erythropappus*, com 75,9% de sesquiterpenos na composição total, sobre a germinação e o crescimento de plântulas de alface, tomate, mostarda do campo (*Brassica rapa* L.) e mendigos peludos (*Bidens pilosa* L.).

Os monoterpenos são frequentemente nocivos ao processo germinativo das plantas a partir da promoção de modificações morfológicas e fisiológicas, como a inibição da cadeia respiratória nas mitocôndrias, inibição da mitose, peroxidação lipídica, danos aos microtúbulos, alterações na integridade das membranas das células, deterioração das ceras cuticulares e aumento da transpiração (YOSHIMURA et al., 2011; MIRANDA et al., 2014). A interferência na respiração celular causada por esses compostos reduz a atividade fotossintética, inibindo o crescimento radicular e a germinação (BATISH et al., 2004). Entre os monoterpenos presentes nos óleos essenciais de *P. hispidum*, merece destaque o 1,8-cineol, que já foi mencionado por inibir o desenvolvimento de adultos de *Curcuma zedoaria* (QIU et al. 2010), por seus efeitos nocivos no desenvolvimento de *Brassica campestris* (NISHIDA et al., 2005; MELO et al., 2017) e por reduzir a germinação de aquênios de alface em mais de 80% (MELO et al., 2017). Ademais, Singh et al. (2002) demonstraram que o 1,8-cineol reduz a porcentagem de germinação, velocidade de germinação, crescimento de plântulas, teor de clorofila e atividade respiratória de *Ageratum conyzoides*.

Outros monoterpenos como limoneno, α -pineno, β -pineno (ISMAIL et al., 2013), α -terpineno, γ -terpineno (MONTEIRO et al., 2013), cânfora (MELO et al., 2017), terpinen-4-ol (MONTEIRO et al., 2013; MELO et al., 2017), terpinoleno, (*E*) β -ocimeno, δ -3-careno (SOUZA FILHO et al., 2009), compostos minoritários em *P. hispidum*, também já foram reportados na literatura por seu efeito alelopático. Vale ressaltar que esses compostos podem atuar nas sementes mesmo em concentrações muito baixas (DUDAI et al., 2004).

Em relação ao safrol, é o composto que corresponde a 64,3% do óleo essencial de *P. hispidinervium*, que inibiu fortemente a germinação de espécies daninhas (SOUZA FILHO et al., 2009), o que pode ser um indicativo de que esse componente contribuiu para a atividade alelopática dos óleos essenciais aqui avaliados. Além disso, os derivados de fenilpropanoides, ácidos hidroxicinâmicos e metoxicinâmicos, foram inibidores da germinação e do crescimento das raízes de rabanete, *Raphanus sativus* L. (ALIOTTA et al., 1993).

Segundo Saharkhiz et al. (2010), a inibição alelopática frequentemente é uma consequência do efeito conjunto de um grupo de aleloquímicos e os efeitos de toxicidade podem ser aumentados devido a uma interação sinérgica, em vez de ser causada por um único composto. Visto isso, acredita-se que a bioatividade dos óleos essenciais de *P. hispidum* sobre as sementes de alface e tomate seja o resultado do sinergismo entre os seus constituintes, incluindo todas as classes químicas identificadas, em especial a dos terpenoides.

6.4 Efeito fumigante dos óleos essenciais de *P. hispidum* sobre *S. pontifica*

O percentual de mortalidade de *S. pontifica* exposta ao OEPHF e OEPHR aumentou de acordo com o aumento da dosagem (tabela 5). A mortalidade dos ácaros expostos a OEPHF variou de 28,57 a 70,24% e em OEPHR ficou entre 34,88 e 71,59%. O tempo de exposição não influenciou no aumento da mortalidade dos ácaros quando submetidos aos testes com OEPHF, variando de 39,08 a 39,48%. Nos testes com OEPHR, a mortalidade aumentou com o aumento do tempo de exposição, variando de 37,98 a 44,44% (tabela 3). A partir de 1,6 µL/L de ar, em todos os tempos de exposição, o OEPHF alcançou mortalidade superior a 50%, com a maior taxa de mortalidade sendo obtida na dosagem de 2 µL/L de ar, em 24 horas de exposição. Para a amostra OEPHR, foi observada mortalidade superior à metade da população a partir da dosagem de 1,2 µL/L de ar no tempo de 72h, com o maior índice de mortalidade sendo alcançado na concentração de 2 µL/L de ar, após 48h de exposição.

Várias espécies de artrópodes têm promovido grandes perdas econômicas no setor de produtos armazenados e o seu controle têm sido realizado com agroquímicos sintéticos, como fosfina, coumaphos e CH₃Br que, em sua maioria, provocam resistência em pragas, além de serem agressivos ao meio ambiente e organismos não-alvo, incluindo seres humanos (ASSIS et al., 2011; LIU et al., 2012; MANGOBA; ALVÍNDIA, 2019b; PRETEL et al., 2019). Na tentativa de reduzir tais danos, os componentes voláteis de muitas espécies têm sido testados como biopesticidas. Os efeitos dos óleos essenciais de *Cinnamomum zeylanicum*, *Schinus terebinthifolius*, *Eugenia uvalha*, *P. marginatum* foram avaliados sobre os ácaros de produtos

armazenados *Tyrophagus putrescentiae* e *S. pontifica*. Na concentração de 50 µL/L de ar, os quatro óleos causaram mortalidade de 98%, 87%, 80% e 56% respectivamente, em populações de *T. putrescentiae*. Nos ensaios com *S. pontifica*, apenas os óleos essenciais das folhas de *S. terebinthifolius*, *C. zeylanicum* e *E. uvalha* provocaram a morte de mais de 50% dos indivíduos, com 100%, 93% e 60% de mortalidade, respectivamente, na concentração de 50 µL/L de ar (ASSIS et al., 2011). Yang, Isman e Tak (2020) demonstraram a toxicidade fumigante dos óleos essenciais de canela, tea tree, ylang ylang, *E. radiata*, alecrim e *E. globulus*, que causaram mortalidade superior a 50% sobre adultos de *Sitophilus zeamais*, uma praga de produtos armazenados conhecida como gorgulho do milho. A toxicidade de contato e fumigação do óleo essencial dos rizomas de *Curcuma wenyujin* foi relatada contra o booklouse *Liposcelis bostrychophila* Badonnel, que comumente infesta alimentos secos processados e não processados (LIU et al., 2012).

Tabela 5: Mortalidade corrigida (média ± desvio padrão) de *S. pontifica* pela fumigação em diferentes tempos de exposição e diferentes concentrações de óleos essenciais de *P. hispidum*

Amostras	Concentração µL/L	Tempo			Média Geral ± DP ¹
		24 h	48 h	72 h	
OEPHF	0,0	0,00±1,03	0,00±1,00	0,00±0,58	0,00±0,45f
	0,4	28,57±1,03	34,48±1,00	33,72±1,01	32,26±1,06e
	0,8	39,29±1,03	37,93±1,00	34,88±1,54	37,37±0,89d
	1,2	41,67±0,60	43,68±0,57	43,02±1,54	42,79±0,58c
	1,6	57,14±1,03	54,02±0,57	56,98±0,58	56,05±0,63b
	2	70,24±1,57	64,37±0,57	67,44±1,54	67,35±1,07a
	Média Geral ± DP	39,48±5,38 A	39,08±4,89A	39,34±5,17A	39,30±2,92
OEPHR	0,0	0,00±1,16	0,00±1,14	0,00±1,00	0,00±0,55f
	0,4	34,88±1,16	37,50±1,14	36,78±1,15	36,39±0,69e
	0,8	37,21±1,01	38,64±0,98	47,13±1,52	40,99±1,66d
	1,2	45,35±0,58	47,73±1,14	56,32±0,57	49,80±1,71c
	1,6	51,16±1,01	55,68±0,98	58,62±1,00	55,16±1,19b
	2	59,30±0,58	71,59±2,05	67,82±0,57	66,24±1,93a
	Média Geral ± DP	37,98±4,59C	41,86±5,34B	44,44±5,37A	41,43±2,92

¹Média seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de sobreposição no intervalo de confiança a 95%. OEPHF: óleo essencial das folhas. OEPHR: óleo essencial dos ramos.

Além disso, a ação tóxica de óleos essenciais de algumas espécies de *Piper* já foi relatada contra outros ácaros de importância econômica, como *P. aduncum* (ARAÚJO et al., 2012), *P. marginatum* (RIBEIRO; CAMARA; RAMOS, 2016), *Piper caldense*, *P. tuberculatum* e *P. arboreum* (ARAÚJO et al., 2020), cujos óleos essenciais foram ativos sobre *Tetranychus urticae*, que afeta uma grande diversidade de culturas agrônomicas. Os

óleos essenciais de *Piper mikanianum*, *Piper xylosteoides* (FERRAZ et al., 2010) e *P. nigrum* (VINTURELLE et al., 2017) exibiram ação tóxica contra *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*, que está associado prejuízos na pecuária.

6.4.1 Concentração Letal do óleo essencial de *P. hispidum* frente *S. pontifica*

As concentrações respostas ($CL_{25\%}$ e $CL_{50\%}$) das amostras OEPHF e OEPHR testadas sobre *S. pontifica* podem ser observadas na Tabela 6. Nos modelos Probit para cada óleo essencial, em cada tempo de exposição, todas as inclinações das linhas respostas foram significativas ($p \leq 7,8^{-5}$), permitindo aceitar as estimativas para as CLs. Considerando os intervalos de confiança, tanto na $CL_{25\%}$ quanto na $CL_{50\%}$, não houve diferença entre os óleos essenciais ou entre os tempos de exposição, com as CLs variando, respectivamente, de 0,87 a 1,54 $\mu\text{L/L}$ de ar e 3,95 a 6,03 $\mu\text{L/L}$ de ar.

Mesmo sendo reconhecida a importância econômica e clínica de *S. pontifica*, dados sobre a ação acaricida de óleos essenciais contra a espécie ainda são escassos na literatura atual. No trabalho de Assis et al (2011), os ensaios de fumigação foram realizados com os óleos essenciais de *C. zeylanicum*, *S. terebinthifolius* e *E. uvalha*, que exibiram CL_{50} de 1,75, 4,87 e 11,09 $\mu\text{L/L}$ de ar sobre *S. pontifica*, respectivamente, sendo *C. zeylanicum* o óleo mais tóxico. É possível observar que o óleo essencial de *C. zeylanicum* mostrou maior toxicidade fumigante do que OEPHF (CL_{50} entre 5,04 e 5,67 $\mu\text{L/L}$ de ar) e OEPHR (CL_{50} entre 3,95 e 6,03 $\mu\text{L/L}$ de ar) contra *S. pontifica*. O óleo essencial de *S. terebinthifolius* também foi mais ativo que o OEPHF, em todos os intervalos de tempo, e que OEPHR, apenas no menor tempo de exposição. A hipótese de que a bioatividade dos óleos essenciais pode estar associada aos seus compostos químicos majoritários, foi reforçada por Assis et al. (2011), que apontaram o eugenol como o principal responsável pela atividade acaricida do óleo de *C. zeylanicum*. Em relação aos outros dois óleos essenciais testados, a atividade acaricida também foi atribuída aos seus componentes principais, p-Cimen-7-ol e óxido de cariofileno (ASSIS et al., 2011). As amostras OEPHF e OEPHR não apresentaram nenhum desses componentes como majoritários, apenas o óxido de cariofileno foi detectado, mas em baixas concentrações.

O efeito acaricida de extratos vegetais sobre *S. pontifica* também já foi mencionado. O extrato bruto de açafrao apresentou uma concentração efetiva mínima estimada para atingir 100% de mortalidade de *S. pontifica* de 2,25-2,50 g/L. O estudo sugeriu que o efeito acaricida foi uma consequência da ação sinérgica entre os compostos químicos majoritários e minoritários do extrato, estando entre estes últimos o óxido de cariofileno (MANGOBA;

ALVÍNDIA, 2020), já apontado anteriormente como quimioativo sobre *S. pontífica* (ASSIS et al., 2011). Mangoba e Alvíndia (2019) demonstraram que o extrato bruto de *Allium sativum* L. provocou mortalidade total em *S. pontífica* na concentração efetiva mínima estimada de 0,75-1,0 g/L, com notável relação dose-dependente, como observado nas respostas de *S. pontífica* para OEPHF e OEPHR. Nenhum dos componentes químicos do extrato bruto de *A. sativum* foi identificado nos óleos essenciais de *P. hispidum*.

Em relação ao biocontrole de outras pragas agrícolas, a ação fumigante dos óleos essenciais extraídos separadamente das raízes e folhas de *Asarum heterotropoides* foi observada contra *Lasioderma serricorne* (CL₅₀= 3,78 e 10,47 mg/L de ar, respectivamente) e *Liposcelis bostrychophila* (CL₅₀= 1,42 e 1,73 mg/L de ar, na mesma ordem), insetos que atacam um amplo espectro de produtos armazenados em todo o mundo. Os principais compostos que conferiram a atividade inseticida aos óleos contra *L. serricorne* foram 3,5-dimetoxitolueno (CL₅₀ = 4,99 mg/L de ar), metileugenol (CL₅₀ = 10,82 mg/L de ar) e safrol (18,93 mg/L de ar), e sobre *L. bostrychophila* os ativos foram safrol (CL₅₀ = 0,83 mg/L de ar) e 3,5-dimetoxitolueno (CL₅₀ = 0,91 mg/L de ar) (WANG et al., 2018). O óleo essencial dos rizomas de *C. wenyujin* frente a *L. bostrychophila* apresentou CL₅₀ = 2,76 mg/L de ar. Essa ação foi conferida aos seus dois constituintes principais, cânfora e 1,8-cineol, que apresentaram CL₅₀ = 1,03 mg/L de ar e 1,13 mg/L de ar, respectivamente (LIU et al., 2012). Germacrona e curzereno, como nas amostras OEPHF e OEPHR, também foram identificados como majoritários em *C. wenyujin*, mas não foram associados ao potencial biocida da espécie (LIU et al., 2012). No entanto, ao contrário do curzereno, o germacreno e seus derivados já foram amplamente reportados como praguicidas naturais sobre *T. urticae* (BENELLI et al., 2017a), *Spodoptera littoralis* Boisid, *Myzus persicae* Sulz, *Rhopalosiphum padi*, *Hyalomma lusitanicum* (NAVARRO-ROCHA et al., 2018; PRETEL et al., 2019) e *Culex quinquefasciatus* (BENELLI et al., 2017b). Esses resultados certamente têm uma relação direta com a composição dos óleos essenciais e com diferenças morfológicas e fisiológicas entre as espécies testadas, que interferem na especificidade das respostas aos tratamentos.

A toxicidade fumigante dos óleos essenciais de canela, tea tree, ylang ylang foi evidenciada contra o gorgulho do milho a partir dos valores de CL₅₀ (10,6; 25,1; 52,0 mg/L de ar, respectivamente), mostrando que o óleo de canela foi o mais ativo. Segundo os autores, os compostos que justificaram a bioatividade dos óleos foram *trans*-cinamaldeído (canela) e terpinen-4-ol (tea tree e ylang ylang) (YANG; ISMAN; TAK, 2020). A atividade de fumigação do óleo essencial de *Indigofera suffruticosa* também foi descrita contra *T. urticae*,

com $CL_{50} = 0,90 \mu\text{l.L}^{-1}$ de ar, sendo o eugenol ($CL_{50} = 0,004 \mu\text{l.L}^{-1}$ de ar) e o timol ($CL_{50} = 0,002 \mu\text{l.L}^{-1}$ de ar) os principais responsáveis por esse efeito. O safrol ($CL_{50} = 0,360 \mu\text{l.L}^{-1}$ de ar) também se mostrou mais ativo que o próprio óleo. Além desses, *E*-asarona ($CL_{50} = 6,64 \mu\text{l.L}^{-1}$ de ar) e *Z*-asarona ($8,51 \mu\text{l.L}^{-1}$ de ar), exibiram toxicidade, mas em menores proporções (SILVA et al., 2019b).

O fenilpropanoide safrol também já foi considerado o composto ativo de óleos essenciais de outras espécies vegetais contra ácaros. Ferraz et al. (2010) demonstraram a atividade acaricida do óleo essencial de *Piper xylosteoides* contra *R. microplus*, sendo o safrol o principal composto químico identificado e considerado pelos autores como o responsável pela toxicidade observada. No óleo essencial da raiz de *A. heterotropoides*, o safrol ($CL_{50} = 8,54 \mu\text{g/cm}^2$ em 24h) foi um dos constituintes majoritários, sendo $1,1\times$ e $0,73\times$ mais tóxico para *Dermanyssus gallinae* do que os acaricidas convencionais benzoato de benzila e *N,N*-dietil-3-metilbenzamida (DEET), respectivamente (KIM et al., 2016). Vale pontuar que o safrol é considerado um hepatocarcinógeno fraco, o que restringe seu uso (KEMPRAI et al., 2019), sendo necessários estudos minuciosos que garantam a segurança da sua aplicação, especialmente no setor alimentício.

Entre os fitoquímicos destacados nos estudos citados e presentes majoritariamente em OEPHF e OEPHR, está o 1,8-cineol (LIU et al., 2012; HU et al., 2015), germacrona e seus derivados (PRETEL et al., 2019) e o safrol (KIM et al., 2016). Há ainda registros da ação tóxica de contato e repelente de *E*-cariofileno contra insetos de produtos armazenados (RIFFEL et al., 2021), *A. aegypti* (SILVA et al., 2015) e *Diaphorina citri* Kuwayama (ALQUÉZAR et al., 2017). Desse modo, a atividade acaricida de *P. hispidum* aqui evidenciada pode ser atribuída aos seus principais constituintes, no entanto, sem descartar a possibilidade de uma ação sinérgica entre estes e os componentes minoritários, como metileugenol (WANG et al., 2018), limoneno, α -pineno (ABDELGALEIL et al., 2019), cânfora (LIU et al., 2012), terpinen-4-ol (YANG; ISMAN; TAK, 2020), *Z*-asarona e *E*-asarona (RIBEIRO; CAMARA; RAMOS, 2016; SILVA et al., 2019b), α -humuleno (SILVA et al., 2015), (*E*)-nerolidol (SILVA et al., 2020b), entre outros, que também já têm sua ação inseticida e/ou acaricida cientificamente comprovada. Dessa forma, faz-se necessário um estudo mais aprofundado para elucidar o modo de ação dos metabólitos secundários de *P. hispidum* sobre *S. pontifica* e seus possíveis efeitos colaterais para mamíferos.

É importante pontuar que, em ácaros, os mecanismos de ação dos metabólitos secundários de plantas não são totalmente compreendidos, todavia, sabe-se que os óleos

essenciais são nocivos ao sistema respiratório desses organismos, pois penetram no corpo via cutícula, que é a sua única superfície respiratória (MORAES; FLECHTMANN, 2008). Além disso, as características físico-químicas relacionadas à lipofilicidade e alta pressão de vapor, ajustadas a características estruturais como a presença de oxigênio na molécula e a capacidade de formar ligações de hidrogênio, podem contribuir para a atividade biocida dos óleos (AMARAL et al., 2017). Outro aspecto a se considerar é que o controle de ácaros de importância agrônômica tem sido realizado com agroquímicos cujos alvos principais são o sistema nervoso central (VAN NIEUWENHUYSE et al., 2012; CHARLI et al., 2016) e/ou as mitocôndrias (VAN NIEUWENHUYSE et al., 2012; MANGOBA; ALVINDIA, 2019b).

Vários autores têm demonstrado que entre os principais mecanismos de ação dos óleos essenciais sobre artrópodes, destacam-se os seus efeitos neurotóxicos, principalmente o potencial inibitório da enzima acetilcolinesterase (AChE), a modulação alostérica positiva do ácido gama-aminobutírico (GABA) e o efeito octopaminérgico (JANKOWSKA et al., 2018; CHAUBEY, 2019). É o caso dos organofosforados, cuja ação é baseada na inibição da atividade da AChE (COSTA-JÚNIOR et al. 2016, AMARAL et al. 2017).

A AChE é uma enzima imprescindível nas junções neuroneuronais e neuromusculares em insetos, sendo responsável pela hidrólise rápida e efetiva do neurotransmissor acetilcolina (ACh) (SANT'ANNA, 2009; JANKOWSKA et al., 2018). Muitas pesquisas demonstraram que óleos essenciais têm a capacidade de inibir/modificar essa atividade, explicando assim parte de seu efeito tóxico. Nesse sentido, alguns constituintes de óleos essenciais agem como inibidores competitivos, ligando-se aos locais ativos na AchE, evitando a ligação da Ach e causando a diminuição da ligação do neurotransmissor, mas a atividade máxima da enzima permanece inalterada. Há ainda os fitoquímicos que agem como inibidores não competitivos, que se conectam mais ao complexo enzima-substrato do que à AchE, alterando alostericamente sua ação e evitando a formação do produto. Dessa forma, a atividade máxima da enzima diminui. Entre os constituintes de óleos essenciais com conhecido potencial de inibição da AchE e presentes em OEPHF e OEPHR, destaca-se β -pineno, cânfora, linalool, metileugenol, α -terpineno, γ -terpineno (JANKOWSKA et al., 2018) α -pineno, limoneno, 1,8-cineol (JANKOWSKA et al., 2018; ABDELGALEIL et al., 2019). Savelev et al. (2003) sugeriram que o sinergismo entre 1,8-cineol e α -pineno e entre 1,8-cineol e óxido de cariofileno pode interferir na atividade de AchE, uma interação que também pode ter ocorrido nas misturas voláteis de *P. hispidum*, especialmente em OEPHR, onde 1,8-cineol mostrou-se com maior concentração.

O GABA é o principal neurotransmissor inibitório no sistema nervoso central de insetos e junções neuromusculares. Ele se liga a receptores específicos (GABAr) em membranas sinápticas ou extra-sinápticas, promovendo o correto fluxo de impulsos elétricos de uma célula nervosa para outra (SANT'ANNA, 2009; JANKOWSKA et al., 2018). Os GABAr medeiam principalmente o efeito inibitório sobre a neurotransmissão e são alvos de diversos inseticidas químicos que atuam como antagonistas dos GABAr e induzem a inibição ou superexcitação do sistema nervoso de insetos (JANKOWSKA et al., 2018). Dados detalhados sobre os efeitos dos óleos essenciais em GABAr de artrópodes ainda são escassos, mas alguns estudos já mostraram a ação potencializadora de monoterpenos, via receptores RDL, sobre a corrente Cl^- evocada pelo GABA, sua capacidade em aumentar a ligação de $[^3H]$ -TBOB às membranas das células neuronais e a captação de Cl^- induzida por GABA nas preparações de membrana em insetos (JANKOWSKA et al., 2018). Os monoterpenos limoneno, α -pineno e 1,8-cineol, também presentes nos óleos essenciais aqui caracterizados mostraram notável efeito de inibição de GABA-T de ácaros *T. urticae* (ABDELGALEIL et al., 2019).

A octopamina (OA) é uma molécula responsável por múltiplas funções em invertebrados, agindo como neurotransmissor, neurohormônio e neuromodulador (ENAN, 2005; TRIPATHI et al., 2009; JANKOWSKA et al., 2018). A OA influencia no comportamento social e agressivo de insetos bem como na regulação dos níveis de excitação e respostas ao estresse desses organismos (JANKOWSKA et al., 2018). De maneira geral, o bloqueio do funcionamento normal da OA tem como consequência a destruição total do sistema nervoso dos insetos (TRIPATHI et al., 2009). Nesse sentido, óleos essenciais têm demonstrado potencial octopaminérgico devido à interação de seus compostos com receptores de OA (OAr) específicos para invertebrados, atuando em sua maioria como agonistas desses receptores. Há registros do efeito nocivo de alguns monoterpenos e fenilpropanoides de óleos essenciais sobre o sistema octopaminérgico de artrópodes (ENAN, 2005; TRIPATHI et al., 2009; KHANIKOR et al., 2013; JANKOWSKA et al., 2018).

Dessa forma, sugere-se que a atividade acaricida fumigante manifestada pelos óleos essenciais das folhas e ramos de *P. hispidum* aqui demonstrada seja um indicativo da capacidade neurotóxica dessas misturas, podendo causar paralisia seguida de morte (VIEIRA; ANDRADE; NASCIMENTO, 2012; JANKOWSKA et al., 2018; WANG et al., 2018; CHAUBEY, 2019).

Tabela 6: Inclinações das linhas de respostas (média \pm desvio padrão), concentração letal média (CL), Intervalo de confiança inferior (Mín.) e superior (Máx.) para testes com 24, 48 e 72 h de exposição de *S. pontifica* aos óleos essenciais de *P. hispidum*, em ensaio de fumigação.

Tem.	Amostras	G.L.	n ¹	Inclinação	Z	P	CL _{25%}	Mín.	Máx.	CL _{50%}	Mín.	Máx.
24 h		5	18	0,9272 \pm 0,1772	5,232	1,7.10 ⁻⁷	1,54 ^a	0,93	2,56	5,04 ^a	4,10	6,20
48 h	OEPHF 22.05.21	5	18	0,6966 \pm 0,1731	4,024	5,7.10 ⁻⁵	1,17 ^a	0,53	2,56	5,67 ^a	4,32	7,44
72 h		5	18	0,8085 \pm 0,1750	4,619	3,9.10 ⁻⁶	1,38 ^a	0,74	2,56	5,36 ^a	4,24	6,78
24 h		5	18	0,5754 \pm 0,1712	3,362	7,8.10 ⁻⁵	0,89 ^a	0,30	2,65	6,03 ^a	4,31	8,42
48 h	OEPHR 22.05.21	5	18	0,7771 \pm 0,1736	4,477	7,6.10 ⁻⁶	1,19 ^a	0,59	2,38	4,87 ^a	3,81	6,23
72 h		5	18	0,7279 \pm 0,1719	4,234	2,3.10 ⁻⁵	0,87 ^a	0,37	2,07	3,95 ^a	2,96	5,27

¹n = número de repetições; G.L.: graus de liberdade (n-1). Valores para um mesmo óleo seguidos da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de sobreposição do intervalo de confiança a 95%. OEPHF: óleo essencial das folhas. OEPHR: óleo essencial dos ramos.

7 CONCLUSÃO

Os óleos das folhas e ramos de *P. hispidum*, coletados em Itacoatiara-Am foram quimicamente similares, com poucas variações quanto à presença e concentração dos seus componentes. O maior rendimento foi obtido a partir da hidrodestilação dos ramos. Os componentes majoritários encontrados nos dois óleos essenciais já foram reportados em diversos estudos por apresentarem um amplo espectro de atividades biológicas. Os óleos essenciais inibiram a germinação das espécies-teste alface e tomate e causaram retardo no tempo de germinação, além de comprometerem o vigor das sementes e o crescimento radicular, indicando a presença de substâncias com potencial alelopático. Os dois óleos exibiram potencial fumigante contra o ácaro *S. pontífica*. Acredita-se que esses resultados se deram devido à ação sinérgica entre os constituintes majoritários e minoritários dos óleos. Os resultados demonstrados no presente estudo são um indicativo de que os óleos essenciais de *P. hispidum* representam uma fonte interessante de moléculas com potencial de aplicação no controle sustentável de *S. pontífica* e de espécies daninhas, sendo uma alternativa aos praguicidas sintéticos. Todavia, há ainda uma grande necessidade de investigações mais detalhadas sobre a toxicidade desses óleos e seus mecanismos de ação, a fim de garantir a segurança do seu uso para espécies vegetais e animais não-alvo.

8 REFERÊNCIAS

- ABBOTT, W.S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, v. 18, p. 265-267, 1925.
- ABDELGALEIL, S. A. M.; BADAWY, M. E. I.; MAHMOUD, N. F.; MAREI, A.; EL-SALAM, M. Acaricidal activity, biochemical effects and molecular docking of some monoterpenes against two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch). *Pesticide biochemistry and physiology*, v. 156, p. 105-115, 2019. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31027569/>>. Acesso em: 15 dez 2021.
- ADAMS, R. P. *Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Mass Spectroscopy*, 4.1ª ed. Allured Publ Corp Carol Stream IL, 802 p., 2017.
- AGOSTINI-COSTA, T. S.; VIEIRA, R. F.; BIZZO, H. R.; SILVEIRA, D.; GIMENES, M. A. Secondary Metabolites, cap. 8, p. 131-164 In: DHANARASU, S. *Chromatography and Its Applications*, 1ª ed., IntechOpen, 224 p., 2012.
- AHMAD, M., E.; MOHAMMED, H. Biological evaluation of Safrole oil and Safrole oil Nanoemulgel as antioxidant, antidiabetic, antibacterial, antifungal and anticancer. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, v. 21, n. 1, p. 159-170, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1186/s12906-021-03324-z/>>. Acesso em: 26 jul 2022.

AHUJA, I.; KISSEN, R.; BONES, A. M. Phytoalexins in defense against pathogens. Trends in Plant Science, v. 17, n. 2, p. 73-90, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.tplants.2011.11.002>>. Acesso em: 26 nov 2021.

ALIOTTA, G.; CAFIERO, G.; FIORENTINO, A.; STRUMIA, S. Inhibition of radish germination and root growth by coumarin and phenylpropanoids, v. 19, n. 2, p. 175–183, 1993). Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/bf00993687>>. Acesso em: 30 maio 2022.

ALMEIDA, C. A.; AZEVEDO, M. M. B.; CHAVES, F. C. M.; OLIVEIRA, M. R.; RODRIGUES, I. A.; BIZZO, H. R.; GAMA, P. E.; ALVIANO, D. S.; ALVIANO, C. S. *Piper* Essential Oils Inhibit *Rhizopus oryzae* Growth, Biofilm Formation, and Rhizopuspepsin Activity. Canadian Journal of Infectious Diseases and Medical Microbiology, v. 2018, p. 1-7, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1155/2018/5295619>>. Acesso em: 01 dez 2021.

ALMEIDA, L.; TEIXEIRA, M. C. S. A.; LEMOS, J. R.; LACERDA, M. N.; SILVA, T. C.. Bioatividade de óleos essenciais na germinação e no vigor em sementes de tomate. Biotemas, v. 32, n. 2, p. 13-21, 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5007/2175-7925.2019v32n2p13>>. Acesso em: 26 nov 2021.

ALMEIDA-BEZERRA, J. W.; VIANA, J. W. M.; SILVA, V. B.; COSTA, A. R.; COSTA, M. H. N.; SANTOS, M. A. F.; MACEDO, G. F.; LIMA, E. E.; TORQUATO, I. H. S.; RODRIGUES, J. L. G. Alelopatia? Não sei! Nunca Vi! Eu só ouço falar! Research, Society and Development, v. 9, n. 12, 2020. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i12.10873>> Acesso em: 28 nov 2021.

ALQUÉZAR, B; VOLPE, H. X. L.; MAGNANI, R. F.; MIRANDA, M. P.; SANTOS, M. A.; WULFF, N. A.; BENTO, J. M. S.; PARRA, J. R. P.; BOUWMEESTER, H; PENA, L. beta-caryophyllene emitted from a transgenic Arabidopsis or chemical dispenser repels *Diaphorina citri*, vector of *Candidatus Liberibacters*. Scientific Reports, v. 7, n. 5639, 2017. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5514130/>>. Acesso em: 17 dez 2021.

AL-SHALAH, L. A. M.; HINDI, N. K. K.; MOHSEN, I. H. 2020. Essential Oils, cap. 2. In: OLIVEIRA, M. S.; COSTA, W. A.; SILVA, S. G. Essential Oils - Bioactive Compounds, New Perspectives and Applications, 1ª ed, IntechOpen, ISBN: 978-1-83962-698-2, 2020. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.92216>>. Acesso em: 12 nov 2021.

ALVES, C. M. G.; NOGUEIRA, J. N.; LUZ, J. G. R.; CHAVES, F. C. M.; DIAS, M. T. Essential oil of *Piper callosum*, *Piper hispidum* and *Piper marginatum* (Piperaceae) possesses in vitro efficacy against monogeneans of *Colossoma macropomum* (tambaqui). Aquaculture Research, p. 1–10, 2021. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/are.15473>>. Acesso em: 04 nov 2021.

ALVES, M. C. S.; MEDEIROS FILHO, S.; INNECCO, R.; TORRES, S. B. Alelopatia de extratos voláteis na germinação de sementes e no comprimento da raiz de alface. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 39, n. 11, p. 1083-1086, 2004.

AMARAL A. C. F., RAMOS A. S., PENA M. R., FERREIRA J. L. P., MENEZES, J. M. S., VASCONCELOS, G. J.N.; SILVA N. M., SILVA J. R. A. Acaricidal activity of *Derris floribunda* essential oil and its main constituent. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, v. 7, n. 9, p. 791-796, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.apjtb.2017.08.006>>. Acesso em: 13 fev 2022.

AN, J. F.; SUN, Y.; ZHANG, Q. L.; ZHANG, F. L.; ZHANG, J. L. The effects of germacrone on lipopolysaccharide-induced acute lung injury in neonatal rats. Cellular and molecular

biology (Noisy-le-Grand), v. 60, n. 4, p. 8-12, 2014. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25399081/>>. Acesso em: 23 jul 2022.

AN, M.; JOHNSON, I.R.; LOVETTE, J.V. Mathematical modeling of allelopathy: biological response to allelochemical and its interpretation. *Journal of Chemical Ecology*, v. 19, n. 10, p. 2379-2389, 1993. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/BF00979671>>. Acesso em: 18 maio 2022.

ANDRADE, C. G. C.; THIAGO, M. L. S.; SALLES, T. Fatores Impactantes no Valor Bruto da Produção de Pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.) no Pará. *Floresta e Ambiente*, v. 24, n. e00145615, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.145615>>. Acesso em: 19 out 2021.

ANULIKA, P.; IGNATIUS, E. O.; RAYMOND, E. S.; OSASERE, O. I.; ABIOLA, A. H.. The Chemistry of Natural Product: Plant Secondary Metabolites. *International Journal of Technology Enhancements and Emerging Engineering Research*, v. 4, n. 8, 2016. Disponível em:

<https://www.academia.edu/35031785/The_Chemistry_Of_Natural_Product_Plant_Secondary_Metabolites>. Acesso em: 22 out 2021.

ARAÚJO, C. A.; CAMARA, C. A. G.; MORAES, M. M.; VASCONCELOS, G. J. N.; PEREIRA, M. R. S.; ZARTMAN, C. E. First record of the chemical composition of essential oil of *Piper bellidifolium*, *Piper durilignum*, *Piper acutilimum* and *Piper consanguineum* from the Brazilian Amazon forest. *Acta Amazônica*, v. 48, n. 4, p. 330–337, 2018. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/aa/a/5MzNPLSywZMzQKj5MN66RQS/?lang=en>>. Acesso em: 04 dez 2021.

ARAÚJO, E. C. C.; SILVEIRA, E. R.; LIMA, M. A. S.; NETO, M. A.; ANDRADE, I. L.; LIMA, M. A. A.; SANTIAGO, G. M. P.; MESQUITA, A. L. M. Insecticidal Activity and Chemical Composition of Volatile Oils from *Hyptis martiusii* Benth. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 51, n. 13, p. 3760–3762, 2003. Disponível em: <<https://doi.org/10.1021/jf021074s/>>. Acesso em: 6 ago 2022.

ARAÚJO, E. R.; WOLFGANG, H.; IWANNE, C. L.; DIAS, F. C. R.; SANTANA, A. A. D.; CARVALHO, R. R. C.; LARANJEIRA, D. Extratos de *Piper marginatum* e *Azadirachta indica* no controle de *Colletotrichum scovillei* em pimentão. *Pesquisa agropecuária brasileira*, v. 49, p. 88-94, 2014. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/pab/a/t8hwRt4DhdM6dbtSzz7VCwK/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 03 nov 2021.

ARAÚJO, M. J. C.; CAMARA, C. A. G.; BORN, F. S.; MORAES, M. M.; BADJI, C. A. Acaricidal activity and repellency of essential oil from *Piper aduncum* and its components against *Tetranychus urticae*. *Experimental and Applied Acarology*, v. 57, p. 139–155, 2012. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22415244/>>. Acesso em: 06 dez 2021.

ARAÚJO, M. J. C.; MORAES, M. M.; BORN, F. S.; CAMARA, C. A. G. Acaricidal Property and Repellent Action Against *Tetranychus Urticae* Koch of Essential Oils from Three Species of *Piper* That Occur in Fragments of the Atlantic Forest in the State of Pernambuco, Brazil *Revista Virtual Química*, v. 12, n. 3, p. 629-638, 2020. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22415244/>>. Acesso em: 06 dez 2021.

ASLAN, I., H. ÖZBEK, Ö. ÇALMASUR & F. ŞAHİN. Toxicity of essential oil vapours to two greenhouse pests, *Tetranychus urticae* Koch and *Bemisia tabaci* Genn. *Industrial Crops*

and Products, v. 19, p. 167-173, 2004. Disponível em: <<https://www.cabi.org/ISC/abstract/20043037516>>. Acesso em: 12 out 2021

ASSIS, C. P. O.; GONDIM JR, M. G. C.; SIQUEIRA, H. A. A.; CAMARA, C. A. G. Toxicity of essential oils from plants towards *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank) and *Suidasia pontifica* Oudemans (Acari: Astigmata). *Journal of Stored Products Research*, v. 47, p. 311-315, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jspr.2011.04.005>>. Acesso em: 16 nov 2021.

ASTOLFI-FILHO, S.; SILVA, C. G. N.; BIGI, M. F. M. A. Bioprospecção e biotecnologia. *Parcerias Estratégicas*, v. 19, n. 38, p. 45-80, 2014. Disponível em: <http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/view/732>. Acesso em: 09 out 2021

AYRES, V. F. S.; OLIVEIRA, M. R.; BALDIN, E. L. L.; CORRÊA, G. M.; GUIMARÃES, A. C.; TAKEARA, R. Chemical composition and insecticidal activity of the essential oils of *Piper marginatum*, *Piper callosum* and *Vitex agnus-castus*. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 93, n. 3, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0001-3765202120200616>>. Acesso em: 19 out 2021.

BÁNKI, O.; ROSKOV, Y.; VANDEPITTE, L.; DeWALT, R. E.; REMSEN, D.; SCHALK, P.; ORRELL, T.; KEPING, M.; MILLER, J.; AALBU, R. et al. Catalogue of Life Checklist (Version 2021-08-25). *Catalogue of Life*, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.48580/d4sg>>. Acesso: 09 out 2021.

BARBOSA, Q. P. S.; CÂMARA, C. A. G.; RAMOS, C. S.; NASCIMENTO, D. C. O.; LIMA-FILHO, J. V.; GUIMARÃES, E. F. Chemical composition, circadian rhythm and antibacterial activity of essential oils of *Piper divaricatum*: a new source of safrole. *Química Nova*, v. 35, n. 9, p. 1806-1808, 2012. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/qn/a/whKRwzwsqkyTDHf7HWJVwRb/?lang=en>>. Acesso em: 01 dez 2021

BATISH, D. R.; SETIA, N.; SINGH, H. P.; KOHLI, R. K. Phytotoxicity of *Lemonscented eucalypt* oil and its potential use as a bioherbicide. *Crop Protection*, v. 23, p. 1209–1214, 2004. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2004.05.009>>. Acesso em: 02 jun 2022.

BATISTA, A. N. L.; BATISTA-JR, J. M.; SOUZA-MOREIRA, T. M.; VALENTINI, S. R.; KATO, M. J.; ZANELLI, C. F.; FURLAN, M. Biosynthetic Insights into p-Hydroxybenzoic Acid-Derived Benzopyrans in *Piper gaudichaudianum*. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 29, n. 5, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.21577/0103-5053.20170238>>. Acesso em: 10 nov 2021.

BATISTA, D.; CAMPOS, P.; SILVA, V. R.; SANTOS, L. S.; BEZERRA, D. P.; SOARES, M. B. P.; COLEPICOLA, P.; ZAMBOTTI-VILLELA, L.; FLORICEA, E. P.; ARAÚJO, M. et al. *Piper anisum* as a promising new source of bioactive metabolites. *Chemical Papers*, v. 74, p. 1505–1515, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11696-019-01004-4>>. Acesso em: 08 nov 2021.

BENELLI, G.; PAVELA, R.; CANALE, A.; NICOLETTI, M.; PETRELLI, R.; CAPPELLACCI, L.; GALASSI, R.; MAGGI, F. Isofuranodiene and germacrone from *Smyrniololus* essential oil as acaricides and oviposition inhibitors against *Tetranychus urticae*: Impact of chemical stabilization of isofuranodiene by interaction with silver triflate.

Journal of Pest Science, v. 90, n. 693–699, 2017a. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10340-016-0829-5>>. Acesso em: 10 dez 2021.

BENELLI, G.; PAVELA, R.; IANNARELLI, R.; PETRELLI, R.; CAPPELLACCI, L.; CIANFAGLIONE, K.; AFSHAR, F.H.; NICOLETTI, M.; CANALE, A.; MAGGI, F. Synergized mixtures of Apiaceae essential oils and related plant-borne compounds: Larvicidal effectiveness on the filariasis vector *Culex quinquefasciatus* Say. Industrial crops and products, v. 96, p. 186–195, 2017b Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.11.059>>. Acesso em: 10 dez 2021.

BFG (Brazil Flora Group). Growing knowledge: an overview of Seed Plant diversity in Brazil. Rodriguésia, v. 66, n.4, p.1085-1113. 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/2175-7860201566411>>. Acesso em: 03 nov 2021.

BORGES, L. P.; AMORIM, V. A. Metabólitos Secundários de Plantas Secondary Plant Metabolites. Revista Agrotecnologia, v. 11, n. 1, p. 54-67, 2020. Disponível em: <<https://www.revista.ueg.br/index.php/agrotecnologia/article/view/9705>>. Acesso em: 28 out 2021.

BRAGA, A. G. S.; SOUZA, K. F. A.; BARBIERI, F. S.; FERNANDES, C. F.; ROCHA, R. B.; VIEIRA JR, J. R.; LACERDA, C. L.; CELESTINO, C. O.; FACUNDO, V. A.; BRITO, L. G. Acaricidal activity of extracts from different structures of *Piper tuberculatum* against larvae and adults of *Rhipicephalus microplus*. Acta Amazonica, v. 48, n. 1, p. 57-62, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1809-4392201700053>>. Acesso em: 03 nov 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. 1ª ed., Brasília: Mapa/ACS, 399 p., ISBN: 978-85-99851-70-8, 2009.

BROCK, N. L.; DICKSCHAT, J. S. Biosynthesis of Terpenoids. Natural Products, p. 2693–2732, 2013. Disponível em: <https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F978-3-642-22144-6_121>. Acesso em: 29 out 2021.

BRUCE, S. O.; ONYEBULE, F. A. Biosynthesis of Natural Products, cap. 4, p.181-200 In: ZEPKA, L. Q.; NASCIMENTO, T. C.; JACOB-LOPES, E. Bioactive Compounds- Biosynthesis, Characterization, and Applications. 1ª ed. IntechOpen, ISBN: 978-1-83969-271-0, 2021. Disponível em: <<https://www.intechopen.com/books/10290>>. Acesso: 25 out 2021.

CABRAL, F.D.; FERNANDES, C. C.; RIBEIRO, A. B.; SQUARISI, I. S.; TAVARES, D. C.; CANDIDO, A. C. B. B.; MAGALHÃES, L. G.; SOUZA, J. M.; MARTINS, C. H. G.; MIRANDA, M. L. D. Bioactivities of essential oils from different parts of *Spiranthera odoratissima* (Rutaceae). Rodriguésia, v. 71, p. 1-8, 2020. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/2175-7860202071050>>. Acesso em: 11 nov 2021.

CALDAS, R. G. F.; OLIVEIRA, A. R.; ARAÚJO, A. V.; LAFAYETTE, S. S.; ALBUQUERQUE, G. S.; SILVA-NETO, J. C.; COSTA-SILVA, J. H.; FERREIRA, F.; COSTA, J. G.; WANDERLEY, A. G. Mecanismos Gastroprotetores do Monoterpeno 1,8-Cineol (Eucaliptol). PLOS ONE, v. 10, n. 8, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0134558>>. Acesso em: 5 ago 2022.

CARVALHO-SILVA, M.; GUIMARÃES, E. F.; MEDEIROS, E. V. S. Flora da Serra do Cipó, Minas Gerais: Piperaceae. Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo, v. 31, n. 1, p. 27-40, 2013. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/bolbot/article/view/64642>>. Acesso: 27 out 2021.

CASTRO, C. C B.; COSTA, P. S.; LAKTIN, G. T.; CARVALHO, P. H. D.; GERALDO, R. B.; MORAES, J.; PINTO, P. L. S.; COURI, M. R. C.; PINTO, P. F.; SILVA-FILHO, A. A. Cardamonin, a schistosomicidal chalcone from *Piper aduncum* L. (Piperaceae) that inhibits *Schistosoma mansoni* ATP diphosphohydrolase. *Phytomedicine*, v. 22, n. 10, p. 921-928, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.phymed.2015.06.009>>. Acesso em: 19 out 2021.

CHAI, Q.; HONG, Y.; WANG, S. S.; LI, C. P. Investigation and morphological observation of *Suidasia* breeding in flourmills in Huaibei. *Chinese Journal of Schistosomiasis Control*, v. 30, n. 1, p. 76-80, 2018. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29536714/>>. Acesso em: 09 nov 2021.

CHAMOUN, L. B. S.; FILHO, J. R.; CORTE, V. B.; PERIN, I. T. A. L.; FERNANDES, C. P.; CRUZ, R. A; S.; FRANÇA, H. S. A nanoemulsion of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil with allelopathic effect against *Lactuca sativa* L. seeds. *Brazilian Journal of Development*, v.7, n. 9, p. 86752-86771, 2021. Disponível em: <<https://brazilianjournals.com/ojs/index.php/BRJD/article/view/35415>>. Acesso em: 02 dez 2021.

CHARLI, A.; JIN, H.; ANANTHARAM, V.; KANTHASAMY, A.; KANTHASAMY, AG. Alterations in mitochondrial dynamics induced by tebufenpyrad and pyridaben in a dopaminergic neuronal cell culture model. *Neurotoxicology*, v. 53, p. 302-313, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.neuro.2015.06.007>>. Acesso em: 13 fev 2022.

CHAUBEY, M. K. Essential oils as green pesticides of stored grain insects. *European Journal of Biological Research*, v. 9, n. 4, p. 202-244, 2019. Disponível em: <<http://www.journals.tmkarpinski.com/index.php/ejbr/article/view/167>>. Acesso em: 15 dez 2021.

CHENG, B. O.; HONG, X. ; WANG, L. ; CAO, Y. ; QIN, D. ; ZHOU, H. ; GAO, D. Curzerene suppresses progression of human glioblastoma through inhibition of glutathione S-transferase A4. *CNS neuroscience & therapeutics*, v. 28, n. 5, p. 690-702, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/cns.13800>>. Acesso em: 30 jul 2022.

CHENG, F.; CHENG, Z. Research progress on the use of plant allelopathy in agriculture and the physiological and ecological mechanisms of allelopathy. *Frontiers in Plant Science*, v. 6, n. 1020, 2015. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4647110/>>. Acesso em: 26 nov 2021.

CHMIELEWSKI, W. Pollen pellets as a medium for culture of mites *Suidasia pontifica* (Oud.) (Acarina, Suidasiidae). *Journal of Apicultural Science*, v. 53, n.1, p. 37-42, 2009. Disponível em: <<http://agro.icm.edu.pl/agro/element/bwmeta1.element.dl-catalog-66f32ceb-4cf3-400a-a7f8-b432858f7942>>. Acesso em: 16 nov 2021.

CLAESON, P.; PONGPRAYOON, U.; SEMATONG, T.; TUCHINADA, P.; REUTRAKUL, V.; SOONTORN SARATUNE, P.; TAYLOR, W.C. Non-phenolic linear diarylheptanoids from *Curcuma xanthorrhiza*: a novel type of topical anti-inflammatory agents: structure-activity relationship. *Planta Medica*, v. 62, n. 3, p. 236-240, 1996. Disponível em: <<https://doi.org/10.1055/s-2006-957867/>>. Acesso em: 23 jul 2022.

COSSOLIN, J. F. S.; PEREIRA, M. J. B.; MARTINEZ, L. C.; TURCHEN, L. M.; FIAZ, M.; BOZDOĞAN, H.; SERRÃO, J. E. Cytotoxicity of *Piper aduncum* (Piperaceae) essential oil in brown stink bug *Euschistus heros* (Heteroptera: Pentatomidae). *Ecotoxicology*, v. 28, p.

763-770, 2019. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31254186/>>. Acesso: 27 out 2021.

COSTA, G. M.; ENDO, E. H.; CORTEZ, D. A. G.; NAKAMURA, T. U.; NAKAMURA, C. V.; DIAS-FILHO, B. P. Antimicrobial effects of *Piper hispidum* extract, fractions and chalcones against *Candida albicans* and *Staphylococcus aureus*. *Journal of Medical Mycology*, v. 26, n. 3, p. 217-226, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.mycmed.2016.03.002>>. Acesso em: 03 nov 2021.

COSTA-JÚNIOR L. M., MILLER R. J., ALVES P. B., BLANK A. F., LI A. Y., PÉREZ DE LEON A. A. Acaricidal efficacies of *Lippia gracilis* essential oil and its phytochemicals against organophosphate-resistant and susceptible strains of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. *Veterinary Parasitology*, v. 228, p. 60-64, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.vetpar.2016.05.028>>. Acesso em: 13 fev 2022.

COX-GEORGIAN, D.; RAMADOSS, N.; DONA, C.; BASU, C. Therapeutic and Medicinal Uses of Terpenes, cap. 15, p. 333-359 In: JOSHEE, N.; DHEKNEY, S.; PARAJULI, P. *Medicinal Plants*. 1ª ed, Springer, Cham, ISBN 978-3-030-31268-8, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-31269-5_15>. Acesso em: 09 nov 2021.

CRESSEY, P.; REEVE, J. Metabolism of cyanogenic glycosides: A review. *Food and Chemical Toxicology*, v. 125, p. 225-232, 2019. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30615957/>>. Acesso em: 06 nov 2021.

DE LA ROSA, L. A.; MORENOESCAMILLA, J. O.; RODRIGOGARCÍA, J.; ALVAREZ-PARRILLA, E. Phenolic Compounds, cap. 12, p. 253-271 In: YAHIA, E.; CARRILLO-LOPEZ, A. *Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables*, 1ª ed., Elsevier, 510 p., ISBN: 9780128132784, 2019.

DORNELAS-JÚNIOR, L. F.; BISI, E. J. R.; SANTOS, M. R. A. Propagação vegetativa de jaborandi (*Piper hispidum*) por meio de estacas foliares. *Embrapa: Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, n. 81, 2020. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1120704/1/BPD81Final1.pdf>>. Acesso em: 09 nov 2021.

DUDAI, N.; BEN-AMI, R.; CHAIMOVITSH, R.; CHAIMOVITSH, D. Essential oils as allelopathic agents: bioconversion of monoterpenes by germination wheat seeds. *Acta Horticulturae*, v. 505, p. 508 – 529, 2004. Disponível em: <<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.629.65>>. Acesso em: 28 maio 2022.

DUKE, J.A.; VASQUEZ, R. *Amazonian Ethnobotanical Dictionary*. 1ª ed., CRC Press, 1994.

DURANT-ARCHIBOLD, A. A.; SANTANA, A. I.; GUPTA, M. P. Ethnomedical uses and pharmacological activities of most prevalent species of genus *Piper* in Panama: A review. *Journal of Ethnopharmacology*, v. 217, p. 63-82, 2018. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29428241/>>. Acesso em: Acesso em: 03 nov 2021.

EL AYEB-ZAKHAMA, A. E.; SAKKA-ROUIS, L.; BERGAOUI, A.; FLAMINI, G.; JANNET, H. B.; HARZALLAH-SKHIRI, F. Chemical composition and allelopathic potential of essential oils from *Tipuana tipu* (Benth.) Kuntze cultivated in Tunisia. *Chemistry & Biodiversity*, v. 13, p. 309-318, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/cbdv.201500083>>. Acesso em: 29 maio dez 2022.

EL-GAWAD, A. A.; EL-GENDY, A. E.; YASSER EL-AMIER; AHMED GAARA; ELSAYED OMER; SAUD AL-ROWAILY; ABDULAZIZ ASSAEED; SARAH AL-RASHED; ABDELSAMED ELSHAMY. Essential oil of *Bassia muricata*: Chemical characterization, antioxidant activity, and allelopathic effect on the weed *Chenopodium murale*. Saudi Journal of Biological Sciences, v. 27, n. 7, p. 1900-1906, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.04.018>>. Acesso em: 02 dez 2021.

EL-GAWAD, A. M. A. Chemical constituents, antioxidant and potential allelopathic effect of the essential oil from the aerial parts of *Cullen plicata*. Industrial Crops and Products, v. 80, p. 36-41, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.10.054>>. Acesso em: 02 dez 2021.

EL-SHORA, H. M.; ABD EL-GAWAD, A. M. Evaluation of Allelopathic Potential of *Rumex dentatus* Root Extract and Allelochemicals on *Cicer arietinum*. Journal of Stress Physiology & Biochemistry, v. 10, p. 167-180, 2014. Disponível em: <<https://doaj.org/article/4a10e71db55a447abbb31314fe5b478d>>. Acesso em: 30 maio dez 2022.

ENAN, E. E. Molecular and pharmacological analysis of an octopamine receptor from American cockroach and fruit fly in response to plant essential oils. Archives of Insect Biochemistry and Physiology, v. 59, p. 161-171, 2005. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15986384/>>. Acesso em: 17 dez 2021.

ESTEVEZ, Y.; CASTILLO, D.; PISANGO, T.; AREVALO, J.; ROJAS, R.; ALBAN, J.; DEHARO, E.; BOURDY, G.; SAUVAIN, M. Evaluation of the leishmanicidal activity of plants used by Peruvian Chayahuita ethnic group. Journal of Ethnopharmacology, v. 114, p. 254–259, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jep.2007.08.007>>. Acesso em: 05 nov 2021.

FACUNDO, V. A.; POLLLI, A. R.; RODRIGUES, R. V.; MILITÃO, J. S. L. T.; STABELLI, R. G.; CARDOSO, C. T. Constituintes químicos fixos e voláteis dos talos e frutos de *Piper tuberculatum* Jacq. e das raízes de *P. hispidum* H. B. K. Acta Amazonica, v. 38, n. 4, 2008.

FELIPE, L.O.; BICAS, J. L. Terpenos, aromas e a química dos compostos naturais. Química Nova na Escola, v. 39, n. 2, p. 120-130, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160068>>. Acesso: 22 out 2021.

FERNANDES, I.; PÉREZ-GREGORIO, R.; SOARES, S.; MATEUS, N.; DE FREITAS, V. Wine flavonoids in health and disease prevention. Molecules, v. 22 (2), n. 292, 2017. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6155685/>>. Acesso em: 08 nov 2021.

FERNÁNDEZ, M. D. S.; HERNÁNDEZ-OCHOA, F.; CARMONA-HERNÁNDEZ, O.; LUNA-RODRÍGUEZ; BARRIENTOS-SALCEDO, M. C.; LOZADA-GARCÍA, H. A. J. A. Chitosan-induced production of secondary metabolites in plant extracts of *Piper auritum*, and the in vitro fungicidal activity against *Fusarium oxysporum* f. sp. vanillae. Mexican Journal of Phytopathology, v. 39, n. 1, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2006-6>>. Acesso em: 17 nov 2021.

FEROZ, A. Efficacy and cytotoxic potential of deltamethrin, essential oils of *Cymbopogon citratus* and *Cinnamomum camphora* and their synergistic combinations against stored product pest, *Trogoderma granarium* (Everts). Journal of Stored Products Research, v. 87, n. 101614, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jspr.2020.101614>>. Acesso: 03 dez 2021.

FERRAZ, A. B. F.; BALBINO, J. M.; ZINI, C. A.; RIBEIRO, V. L. S.; BORDIGNON, S. A. L.; POSER, G. V. Acaricidal activity and chemical composition of the essential oil from three piper species. *Parasitology Research*, v. 107, n. 1, 2010. Disponível em: <<http://dx-doi.ez2.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s00436-010-1878-y>>. Acesso em: 06 dez 2021.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cagro/a/yjKLJXN9KysfmX6rvL93TSh/?lang=en>>. Acesso: 03 dez 2021.

FERREIRA, G. A.; AQUILA, M. E. A. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, v. 12, p. 175-204, 2000. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/285696548_Alelopatia_Uma_area_emergente_da_ecofisiologia>. Acesso em: 03 dez 2021.

FINNEY, D. J. *Probit Analysis*. Cambridge: Cambridge University Press, 31 p., 1971.

FLORA DO BRASIL (em construção). Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 09 out 2021.

FREIRE R.A.P., MORAES G.J., SILVA E.S., VAZ A.C., CASTILHO R.C. Biological control of *Bradysia matogrossensis* (Diptera: Sciaridae) in mushroom cultivation with predatory mites. *Experimental and Applied Acarology*, v. 42, p. 87-93, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10493-007-9075-0>>. Acesso em: 18 out 2021.

GASPARETTO, A.; CRUZ, A. B.; WAGNER, T. M.; BONOMINI, T. J.; CORREA, R.; MALHEIROS, A. Seasonal variation in the chemical composition, antimicrobial and mutagenic potential of essential oils from *Piper cernuum*. *Industrial Crops and Products*, v. 95, p. 256–263, 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/309700373_Seasonal_variation_in_the_chemical_composition_antimicrobial_and_mutagenic_potential_of_essential_oils_from_Piper_cernuum>. Acesso em: 06 dez 2021.

GBIF (Global Biodiversity Information Facility), 2021. Disponível em: <<https://www.gbif.org/>>. Acesso: 09 de out de 2021.

GODARA, R.; VERMA, M. K.; KATOCH, R.; YADAV, A.; DUTT, P.; SATTI, N. K.; KATOCH, M. In vitro acaricidal activity of *Piper nigrum* and *Piper longum* fruit extracts and their active components against *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus* ticks. *Experimental and Applied Acarology*, v. 75, n. 3, p. 333-343, 2018. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30027323/>>. Acesso em: 03 nov 2021.

GOGOSZ, A. M.; BOEGER, M. R. T.; NEGRELLE, R. R. B.; BERGO, C. Comparative leaf anatomy of nine species of the genus *Piper* (Piperaceae). *Rodriguésia*, v. 63, n 2, p. 405-417, 2012. Disponível em: <<http://rodriguesia.jbrj.gov.br>>. Acesso: 27 out 2021.

GRAEBER, K.; NAKABAYASHI, K.; LEUBNER-METZGER, G. Development of Dormancy. p. 483–489. In: THOMAS, B.; MURRAY, B. G.; MURPHY, D. J. *Encyclopedia of Applied Plant Sciences*, 2ª ed., v. 1, ISBN: 978-0-12-394808-3, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394807-6.00209-4>>. Acesso em: 26 nov 2021.

GUIMARÃES, E. F., GIORDANO, L. C. S. Piperaceae Brazilian Northeast I: State of Ceará. *Rodriguésia*, v. 21, p. 55-46, 2004.

GUIMARÃES, E. F.; CARVALHO-SILVA, M.; MONTEIRO, D.; MEDEIROS, E.S.; QUEIROZ, G.A. Piperaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB12735>>. Acesso em: 28 out 2021.

GUIMARÃES, E. F.; CARVALHO-SILVA, M.; MEDEIROS, E. V. S. S.; MONTEIRO, D.; QUEIROZ, G. A. *Piperaceae na Flora do Brasil 2020*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <<http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB190>>. Acesso em: 27 out. 2021.

HABER, L. L.; CLEMENTE, F. M. V. T. Plantas aromáticas e Condimentares: uso aplicado na horticultura. 1ª ed., Brasília-DF: Embrapa, 150 p., ISBN: 978-85-7035-273-6, 2013.

HATZIOS, K. Crop safeners for herbicides: development, uses, and mechanisms of action, 1ª ed. Elsevier: New York, 2012. Disponível em: <<https://www.elsevier.com/books/crop-safeners-for-herbicides/hatzios/978-0-12-332910-3>>. Acesso em: 01 jun 2022.

HOFFMANN, K. H. Essential oils. Zeitschrift Für Naturforschung C, v. 75, n. 7-8, 177–177, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1515/znc-2020-0124>>. Acesso em: 12 nov 2021.

HU, Z.; CHEN, Z.; YIN, Z.; JIA, R.; SONG, X.; LI, L.; ZOU, Y.; LIANG, X.; LI, L.; HE, C.; YIN, L.; LV, C.; ZHAO, L.; SU, G.; YE, G.; SHI, F. In vitro acaricidal activity of 1,8-cineole against *Sarcoptes scabiei* var. cuniculi and regulating effects on enzyme activity. Parasitology Research, v. 114, n. 8, p. 2959-2967. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s00436-015-4498-8>>. Acesso em: 13 fev 2022.

HUANG, T.; JANDER, G.; DE VOS, M. Non-protein amino acids in plant defense against insect herbivores: Representative cases and opportunities for further functional analysis. Phytochemistry, 72, n. 13, p. 1531–1537, 2011. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0031942211001713>>. Acesso em: 03 nov 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE): Censo agro, 2017. Disponível em: <<https://censos.ibge.gov.br/2012-agencia-de-noticias/noticias/19511-biodiversidade-brasileira.html>>. Acesso: 09 out 2021.

ISHTIAQ, S.; HANIF, U.; SHAHEEN, S.; BAHADUR, S.; LIAQAT, I.; AWAN, U. F.; SHAHID, M. G.; SHUAIB, M.; ZAMAN, W.; MEO, M. Antioxidant potential and chemical characterization of bioactive compounds from a medicinal plant *Colebrokea oppositifolia* Sm. Anais da Academia Brasileira de Ciência, v. 92, n. 2, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0001-3765202020190387>>. Acesso em: 11 nov 2021.

ISMAIL, A.; LAMIA, H.; MOHSEN, H.; BASSEM, J. Reviews on Phytotoxic Effects Of Essential Oils And Their Individual Components: News Approach For Weeds Management. International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology, v. 4, n. 1, p. 96-114, 2013. Disponível em: <<https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/sea-163911>>. Acesso em: 11 maio 2022

JANKOWSKA, M.; ROGALSKA, J.; WYSZKOWSKA, J.; STANKIEWICZ, M. Alvos moleculares para componentes de óleos essenciais no sistema nervoso dos insetos - uma revisão. Molecules, v. 23, n. 34, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/molecules23010034>>. Acesso em: 17 dez 2021.

JARAMILLO-COLORADO, B. E.; DUARTE-RESTREPO, E.; PINO-BENÍTEZ, N. Evaluación de la actividad repelente de aceites esenciales de plantas Piperáceas del Departamento de Chocó, Colombia. *Revista de Toxicología*, v. 32, n. 2, p. 112-116, 2015. Disponível em: <<https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/ibc-146471>>. Acesso: 27 out 2021.

JARAMILLO-COLORADO, B. E.; PINO-BENÍTEZ, N.; GONZÁLEZ-COLOMA, A. Volatile Composition and Biocidal (Antifeedant and Phytotoxic) Activity of the Essential Oils of Four Piperaceae Species from Choco-Colombia. *Industrial Crops and Products*, v. 138, p. 1-6, 2019. <<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.06.026>>. Acesso: 31 out 2021.

JEON, H. J.; KIM, K.; KIM, Y. D.; LEE, S. E.. Naturally occurring Piper plant amides potential in agricultural and pharmaceutical industries: perspectives of piperine and piperlongumine. *Applied Biological Chemistry*, v. 62, n. 63, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1186/s13765-019-0471-z>>. Acesso em: 20 out 2021.

KATO, M. J.; FURLAN, M. Chemistry and evolution of the Piperaceae. *Pure and Applied Chemistry*, v. 79, n. 4, p. 529–538, 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1351/pac200779040529>>. Acesso em: 28 out 2021.

KEMPRAI, P.; MAHANTA, B. P.; SUT, D.; BARMAN, R.; BANIK, D.; LAL, M.; HALDAR, S. Review on safrole: identity shift of the “candy shop” aroma to a carcinogen and deforester. *Flavour and Fragrance Journal*, v. 35, n. 1, p. 5-23, 2019. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ffj.3521>>. Acesso em: 17 dez 2021.

KHAN, A.; VAIBHAV, K.; JAVED H.; TABASSUM, R.; AHMED, M. E.; KHAN, M. M.; KHAN, M. B.; SHRIVASTAVA, P.; ISLAM, F.; SIDDIQUI, M. S.; SAFHI, M. M.; ISLAM, F. 1,8-Cineole (Eucalyptol) Mitigates Inflammation in Amyloid Beta Toxicated PC12 Cells: Relevance to Alzheimer’s Disease. *Neurochemical Research*, v. 39, n. 2, p. 344–352, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11064-013-1231-9/>>. Acesso em: 5 ago 2022.

KHAN, S. A.; VERMA P.; PARASHARAMI V. A.; RAHMAN L. U. In Vitro Manipulations for Value Addition Potent Herbal Insecticidal Activities of *Chrysanthemum cinerariaefolium*, P. 395-416 In: KUMAR, N. *Biotechnological Approaches for Medicinal and Aromatic Plants*. Springer, 1ª ed., Springer, Singapore, 665 p., ISBN: 978-981-13-0535-1, 2018.

KHANI KOR, B.; PARIDA, P.; YADAV, R. N. S.; BORA, D. Comparative mode of action of some terpene compounds against octopamine receptor and acetyl cholinesterase of mosquito and human system by the help of homology modeling and Docking studies. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, v. 3, n. 2, p. 6-12, 2013. Disponível em: <<https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/sea-151528>>. Acesso em: 17 dez 2021.

KIM, J. R.; PERUMALSAMY, H.; LEE, J. H.; AHN, Y. J.; LEE, Y. S.; LEE, S. G. Acaricidal activity of Asarum heterotropoides root-derived compounds and hydrodistillate constitutes toward *Dermanyssus gallinae* (Mesostigmata: Dermanyssidae). *Experimental and Applied Acarology*, v. 68, p. 485–495, 2016. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26708137/>>. Acesso em: 17 dez 2021.

KORTBEEK, R. W. J.; GRAGT, M. V. D.; BLEEKER, P. M. Endogenous plant metabolites against insects. *European Journal of Plant Pathology*, v. 154, n. 1, p. 67-90, 2019. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10658-018-1540-6>>. Acesso em: 05 nov 2021.

KUSHWAH, R.; GUPTA, M. K. Essential Oil Used In Topical Preparation: A Review. Asian Journal of Pharmaceutical Research and Development. V. 7, n. 6, p. 68-71, 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.22270/ajprd.v7i6.618>>. Acesso em: 09 nov 2021.

LABOURIAU, L.G.; VALADARES, M.E.B. On the germination of seeds *Calotropis procera* (Ait.) Ait.f. Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 48, n. 2, p.263-284, 1976. Disponível em: <<https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201302968715>>. Acesso em: 03 dez 2021

LANDIS, D. A.; S. H. GAGE. Arthropod diversity and pest suppression in agricultural landscapes, p. 188-212. In: HAMILTON, S. K.; DOLL, J. E.; ROBERTSON, G. P. The Ecology of Agricultural Landscapes: Long-Term Research on the Path to Sustainability. 1ª ed. New York: Oxford University Press, ISBN: 978-0199773350, 448 p., 2015.

LANS, C.; HARPER, T.; GEORGES, K.; BRIDGEWATER, E. Medicinal and ethnoveterinary remedies of hunters in Trinidad. BMC complementary and alternative medicine, v. 1, n. 10, 2001. Disponível em: <<https://doi.org/10.1186/1472-6882-1-10>>. Acesso em: 07 nov 2021.

LATIF, S.; CHIAPUSIO, G.; WESTON, L. A. Allelopathy and the Role of Allelochemicals in Plant Defence. Advances in Botanical Research, v. 82, p. 19-54, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/bs.abr.2016.12.001>>. Acesso em: 26 nov 2021.

LEAL, S. M.; PINO, N.; STASHENKO, E. E.; MARTÍNEZ, J. R.; ESCOBAR, P. Antiprotozoal Activity of Essential Oils Derived from *Piper* spp. grown in Colombia. Journal of Essential Oil Research, v. 25, p. 512-519, 2013. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29428241/>>. Acesso em: 04 nov 2021.

LIAO, Q.; QIAN, Z.; LIU, R.; AN, L.; CHEN, X. Germacrone inhibits early stages of influenza virus infection. Antiviral Research, v. 100, n. 3, p. 578–588, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.antiviral.2013.09.021>>. Acesso em: 23 jul 2022.

LIM, M.S.; CHOUNG, S. Y.; JEONG, K. W. Germacrone Inhibits Estrogen Receptor α -Mediated Transcription in MCF-7 Breast Cancer Cells. Phytotherapy Research, v. 30, n. 12, p. 2036-2043, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/ptr.5711>>. Acesso em: 23 jul 2022.

LIMA, D. K. S.; BALLICO, L. J.; LAPA, F. R.; GONÇALVES, H. P.; SOUZA, L. M.; LACOMINI, M.; WERNER, M. F. P.; BAGGIO, C. H.; PEREIRA, I. T.; SILVA, L. M. et al. Evaluation of the antinociceptive, anti-inflammatory and gastric antiulcer activities of the essential oils from *Piper aleyreanum* C.DC in rodents. Journal Ethnopharmacology, v. 42, p. 274-282, 2012. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22588049/>>. Acesso em: 03 nov 2021.

LIMA, R. N.; SANTOS, A. D. C.; RIBEIRO, A. S.; CARDOZO-FILHO, L.; FREITAS, L. S.; BARISON, A.; COSTA, E. V.; ALVES, P. B. Selective amides extraction and biological activity from *Piper hispidum* leaves using the supercritical extraction. Journal of Supercritical Fluids, v. 157, n. 104712, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.supflu.2019.104712>>. Acesso em: 27 nov 2021.

LIN, D.; XIAO, M.; ZHAO, J.; LI, Z.; XING, B.; LI, X.; KONG, M.; LI, L.; ZHANG, Q.; LIU, Y. et al. An Overview of Plant Phenolic Compounds and Their Importance in Human Nutrition and Management of Type 2 Diabetes. Molecules, v. 21, n. 10, p. 1-19, 2016. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27754463/>>. Acesso em: 07 nov 2021.

- LIN, H. C.; CHENG, H. H.; HUANG, C. J.; CHEN, W. C.; CHEN, I. S.; LIU, S. I.; HSU, S. S.; CHANG, H. T.; HUANG, J. K.; CHEN, J. S.; LU, Y. C.; JAN, C. R. Safrole-induced cellular Ca²⁺ increases and death in human osteosarcoma cells. *Pharmacological Research*, v. 54, n. 2, p. 103-110, 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.phrs.2006.03.002/>>. Acesso em: 26 jul 2022.
- LIU, T.; LIANG, Q.; ZHANG, X.; HUANG, S.; XU, W. A new furofuran lignan from *Piper terminaliflorum* Tseng. *Natural Product Research*, v. 32, n. 3, p. 335-340, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/14786419.2017.1350671>>. Acesso em: 08 nov 2021.
- LIU, Y.; WANG, W.; FANG, B.; MA, F.; ZHENG, Q.; DENG, P.; ZHAO, S.; CHEN, M.; YANG, G.; HE, G. Anti-tumor effect of germacrone on human hepatoma cell lines through inducing G2/M cell cycle arrest and promoting apoptosis. *European Journal of Pharmacology*, v. 698, p. 95–102, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2012.10.013/>>. Acesso em: 23 jul 2022.
- LIU, Z. L.; ZHAO, N. N. ; LIU, C. M.; ZHOU, L.; DU, S. S. Identification of insecticidal constituents of the essential oil of *Curcuma wenyujin* rhizomes active against *Liposcelis bostrychophila* Badonnel. *Molecules*, v. 17, n. 10, p. 12049-12060, 2012. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23085655/>>. Acesso em: 10 dez 2021.
- LORBER, P.; MULLER, W.H. Volatile growth inhibitors produced by *Salvia leucophylla*: effects on seedling root tip ultrastructure. *American Journal of Botany*, v.63, p. 196–200, 1976. Disponível em: <<https://doi.org/10.2307/2441700>>. Acesso em: 25 maio 2022.
- LUSTOSA, F.L.F.; OLIVEIRA, S.C.C.; ROMEIRO, L.A. Efeito alelopático de extrato aquoso de *Piper aduncum* L. e *Piper tectoniifolium* Kunth na germinação e crescimento de *Lactuca sativa* L. *Revista Brasileira de Biociências*, v.5, supl.2, p.849-51, 2007. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/704>>. Acesso em: 26 maio 2022.
- MACHADO, B. F. M. T.; FERNANDES JR, A. Óleos Essenciais: Aspectos Gerais e Usos em Terapias Naturais. *Cadernos Acadêmicos*, v. 3, n. 2, p. 105-127, 2011. Disponível em: <https://portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/Cadernos_Academicos/article/view/718/671>. Acesso: 22 out 2021.
- MAGA, R.; BROUSSALIS, A.; CLEMENTE, S.; MAREGGIANI, G.; FERRARO, G. 1,8-Cineol: Responsible for the insecticide activity of *Lavandula spica* Mill (Lavender). *Revista latinoamericana de química*, v. 28, p. 146-149, 2000.
- MAGUIRE, J. D. Speed of Germination—Aid In Selection and Evaluation for Seedling Emergence And Vigor 1. *Crop Science*, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962. Disponível em: <<https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>>. Acesso em: 03 dez 2021.
- MAJOLO, C.; MONTEIRO, P. C.; NASCIMENTO, A. V. P. D.; CHAVES, F. C. M.; GAMA, P. E.; BIZZO, H. R.; CHAGAS, E. C. Essential oils from five Brazilian Piper species as antimicrobials against strains of *Aeromonas hydrophila*. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, v. 22, p. 746-761, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/0972060X.2019.1645047>>. Acesso em: 01 dez 2021.
- MAKABE, H.; MARU, N.; KUWABARA, A.; KAMO, T.; HIROTA, M. Anti-inflammatory sesquiterpenes from *Curcuma zedoaria*. *Natural Product Research*, v. 20, n. 7, p. 680-685, 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/14786410500462900>>. Acesso em: 23 jul 2022.

- MALECK, M.; FERREIRA, B.; MALLET, J.; GUIMARÃES, A.; KATO, M. Cytotoxicity of Piperamides Towards *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Journal of Medical Entomology*, v. 51, n. 2, p. 458-463, 2014. Disponível em: <<http://www.bioone.org/doi/full/10.1603/ME13069>>. Acesso em: 06 nov 2021.
- MANGOBA, M. A. A.; ALVINDIA, D. G. Acaricidal and Chemical Composition of *Allium sativum* L. Crude Extracts Against Stored Product Mites *Suidasia pontifica* Oudemans, *Journal of Biologically Active Products from Nature*, v. 9, n. 6, p. 484-491, 2019a. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/22311866.2019.1702898>>. Acesso em: 10 dez 2021.
- MANGOBA, M. A. A.; ALVINDIA, D. G. Mitotoxic properties of *Cucurmalonga* against a major contributor of oral mite anaphylaxis, the grain mite *Suidasia pontifica*. *International Journal of Acarology*, v. 46, n. 5, p. 313-317, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/01647954.2020.1802509>>. Acesso em: 10 dez 2021.
- MANGOBA, M. A.; ALVINDIA, D. G. Response of *Suidasia pontifica* (Acaridida: suidasiidae) to phosphine fumigation. *Experimental & Applied Acarology*, v. 79, p. 377-386, 2019b. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10493-019-00433-w>>. Acesso em: 17 nov 2021.
- MARCO, C. A.; TEIXEIRA, E.; SIMPLÍCIO, A.; OLIVERIRA, C.; COSTA, J.; FEITOSA, J. Composição química e atividade alelopática do óleo essencial de *Lippia sidoides* cham. *Chilean Journal of Agricultural Research*, v. 72, p. 157-160, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392012000100025>>. Acesso em: 23 maio 2022.
- MARIANA, A.; HEAH, S.K.; WONG, A. L.; HO, T. M. The occurrence of arthropods in processed rice products in Malaysia. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, v. 3, n. 7, p. 552-554, 2010. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1995764510601332>>. Acesso em: 23 nov 2021.
- MARIANA, A.; HO, T. M.; LAU, T. Y.; HEAH, S. K.; WONG, A. L. Distribution of arthropods in rice grains in Malaysia. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, v. 2, n. 5, p. 1-7, 2009. Disponível em: <<https://www.cabi.org/isc/abstract/20093185333>>. Acesso em: 17 nov 2021.
- MARTÍNEZ-BAUTISTA, B. G.; RAMIREZ, L. A. B.; BRAVO-AVILEZ, D.; SAMAIN, M. S.; AMEZCUA, J. M. R.; RENDÓN-AGUILAR, B. Traditional Uses of the Family Piperaceae in Oaxaca, Mexico. *Tropical Conservation Science*, v. 12, p. 1-22, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1177/1940082919879315>>. Acesso em: 11 out 2021.
- MARTINS, S. A.; SANTOS, R. C.; RAMOS, A. R.; FIGUEIREDO, P. L. B.; SILVA, C. R. C.; SILVA, J. K. R. Allelopathic potential and phytochemical screening of *Piper divaricatum* extracts on germination and growth of indicator plant (*Lactuca sativa*). *South African Journal of Botany*, v. 138, p. 495-499, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.01.014>>. Acesso em: 23 maio 2022.
- MARZOUG, H. N. B.; ROMDHANE, M.; LEBRIHI, A.; MATHIEU, F.; COUDERC, F.; ABDERRABA, M.; KHOUJA, M. L.; BOUJILA, J. Eucalyptus oleosa Essential Oils: Chemical Composition and Antimicrobial and Antioxidant Activities of the Oils from Different Plant Parts (Stems, Leaves, Flowers and Fruits). *Molecules*, v. 16, n. 2, 2011. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21330958/>>. Acesso em: 05 dez 2021.
- MATSUDA, H., NINOMIYA, K., MORIKAWA, T., YOSHIKAWA, M. Inhibitory effect and action mechanism of sesquiterpenes from *Zedoariae Rhizoma* on D-

galactosamine/lipopolysaccharide induced liver injury. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, v. 8, n. 4, p. 339-344, 1998. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/s0960-894x\(98\)00021-3](https://doi.org/10.1016/s0960-894x(98)00021-3)>. Acesso em: 23 jul 2022.

MELO, S. C.; SÁ, L. E. C.; OLIVEIRA, H. L. M.; TRETTEL, J. R.; SILVA, P. S.; GONÇALVES, J. E.; GAZIM, Z. C.; MAGALHÃES, H. M. Chemical constitution and allelopathic effects of *Curcuma zedoaria* essential oil on lettuce achenes and tomato seeds *Australian Journal of Crop Science*, v. 11, n. 7, p. 906-916, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.21475/ajcs.17.11.07.pne562>>. Acesso em: 20 maio 2022.

MESSIANO, G. B.; SANTOS, R. A.; FERREIRA, L. D. S.; SIMÕES, R. A.; JABOR, V. A. P.; KATO, M. J.; OLIVEIRA, A. R. M. In vitro metabolism study of the promising anticancer agent the lignan (-)-grandisin. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, v. 72, p. 240–244, 2013. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22995290/>>. Acesso em: 08 nov 2021.

MICHEL, J. L.; CHENB, Y.; ZHANG, H.; HUANG, Y.; KRUNIC, A.; ORJALA, J.; VELIZ, M.; SONI, K. K.; SOEJARTO, D. D.; CACERES, A.; PEREZ, A.; MAHADY, G. B. Estrogenic and serotonergic butenolides from the leaves of *Piper hispidum* Swingle (Piperaceae). *Journal of Ethnopharmacology*, v. 129, n. 2, p. 220–226, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jep.2010.03.008>>. Acesso em: 10 nov 2021.

MICHEL, J. L.; DUARTE, R. E.; CACERES, A.; YAO, P.; BOLTON, J. L.; HUANG, Y.; CACERES, A.; VELIZ M.; SOEJARTO, D. D.; MAHADY, G. B. Medical potential of plants used by the Q'eqchi Maya of Livingston, Guatemala for the treatment of women's health complaints. *Journal of Ethnopharmacology*, v. 114, p. 92-101, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jep.2007.07.033>>. Acesso em: 12 nov 2021.

MIRANDA, C. A. S. F.; CARDOSO, M. G.; CARVALHO, M. L. M.; FIGUEIREDO, A. C. S.; NELSON, D. L. N.; OLIVEIRA, C. M.; GOMES, M. S.; ANDRADE, J.; SOUZA, J. A.; ALBUQUERQUE, L. R. M. Chemical composition and allelopathic activity of *Parthenium hysterophorus* and *Ambrosia polystachya* weeds essential oils. *American Journal of Plant Sciences, Irvine*, v. 5, n. 9, p. 1248-1257, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.4236/ajps.2014.59137>>. Acesso em: 18 maio 2022.

MIRANDA, C. A. S. F.; CARDOSO, M. G.; CARVALHO, M. L. M.; MACHADO, S. M. F.; GOMES, M. S.; ANDRADE, J.; TEIXEIRA, M. L. Allelopathic activity of medicinal plant essential oils on seed germination and vigor of lettuce achenes. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 36, n. 3, p. 1783-1798, 2015a. Disponível em: <<https://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/13230>>. Acesso em: 02 dez 2021.

MIRANDA, C.A.S.F., M.G. CARDOSO, M.L.M. CARVALHO, S.M.F. MACHADO, M.A. ANDRADE, AND C.M. OLIVEIRA. Análise comparativa do potencial alelopático do óleo essencial de *Thymus vulgaris* e seu constituinte majoritário na germinação e vigor de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.). *Revista Exacta*, v. 8 n. 2, p. 45-53, 2015b. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.18674/exacta.v8i2.1516>>. Acesso em: 20 maio 2022.

MIRANDA, J. J. M.. Medicinal plants and their traditional uses in different locations. Cap. 7, p. 207-223. In: BHAT, R. A.; HAKEEM, K. R.; DERVASH, M. A. *Phytomedicine: A Treasure of Pharmacologically Active Products from Plants*, 1ª ed. ©Academic Press, ISBN: 9780128241103, 774 p., 2021. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128241097000145>>. Acesso em: 09 out 2021.

MIRGHAED, A. T.; GHELICHPOUR, M.; ZARGARI, A.; YOUSEFI, M. Anaesthetic efficacy and biochemical effects of 1,8-cineole in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* , Walbaum, 1792). *Aquaculture Research*, p. 1-10, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/are.13671>>. Acesso em: 5 ago 2022.

MIRGHAED, A. T.; HOSEINI, S. M.; GHELICHPOUR, M. Effects of dietary 1,8-cineole supplementation on physiological, immunological and antioxidant responses to crowding stress in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish & Shellfish Immunology*, v. 81, p. 182–188, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.fsi.2018.07.027>>. Acesso em: 5 ago 2022.

MIRMOSTAFAYEE, S.; AZIZI, M.; FUJII, Y. Study of Allelopathic Interaction of Essential Oils from Medicinal and Aromatic Plants on Seed Germination and Seedling Growth of Lettuce. *Agronomy*, v. 10, n. 163 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/agronomy10020163>>. Acesso em: 18 maio 2022.

MONTANARI, R. M.; BARBOSA, L. C. A.; DEMUNER, A. J.; SILVA, C. J.; CARVALHO, L. S.; ANDRADE, N. J. Chemical composition and antibacterial activity of essential oils from verbenaceae species: alternative sources of (E)-caryophyllene and germacrene-D. *Química Nova*, v. 34, n. 9, p. 1550–1555, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-40422011000900013>>. Acesso em: 6 ago 2022.

MONTEIRO, M. H. D. A.; MACEDO, H. W.; SILVA-JUNIOR, A.; PAUMGARTTEN, F. J. R. Óleos essenciais terapêuticos obtidos de espécies de *Melaleuca L.* (Myrtaceae Juss.). *Revista Fitos Eletrônica*, v. 8, n. 1, p. 19-32, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.32712/2446-4775.2013.191>>. Acesso em: 24 maio 2022.

MORAES, G. J.; FLECHTMANN, C. H. W. Manual de acarologia: acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil. Ribeirão Preto: Holos, 308 p., 2008. Disponível em: <<https://repositorio.usp.br/item/001653891>>. Acesso em: 17 dez 2021.

MORAES, L. A. C.; MOREIRA, A.; TSAI, S. M. Estado nutricional e teor de glicosídeos cianogênicos em plantas de seringueira. *Bragantia*, v. 70, n. 2, p. 402-408, 2011. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90819310022>>. Acesso em: 03 nov 2021.

MORALES, A.; ROJAS, J.; MOUJIR, L. M.; ARAUJO, L.; RONDÓN, M. Chemical composition, antimicrobial and cytotoxic activities of *Piper hispidum* Sw. essential oil collected in Venezuela. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, v. 3, n. 16, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.7324/JAPS.2013.3603>>. Acesso em: 30 nov 2021.

MOURA, D. C.; ALVES, M. S. S.; RODRIGUES, E. M.; SILVA, A. J. O.; GOMES, A. S. Usos medicinais de plantas no Cariri paraibano: um estudo de caso. *Revista Ciência & Trópico*, v. 44, n. 1, p. 193-208, 2020. Disponível em: <[https://doi.org/10.33148/cetropicov44n1\(2020\)art10](https://doi.org/10.33148/cetropicov44n1(2020)art10)>. Acesso em: 09 out 2021

MOURA, G. S.; JARDINETTI, V. A.; NOCCHI, P. T. R.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; FRANZENER, G. Potencial alelopático do óleo essencial de plantas medicinais sobre a germinação e desenvolvimento inicial de picão-preto e pimentão. *Revista Ensaios e Ciência*, v. 17, n. 2, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.17921/1415-6938.2013v17n2p%25p>>. Acesso em: 29 nov 2021.

- MOURA, W. S.; SOUZA, S. R.; CAMPOS, F. S.; CANGUSSU, A. S. R.; SANTOS, E. M. S.; ANDRADE, B. S.; GOMES, C. H. B.; VIANA, HADDI, K. F.; K.; OLIVEIRA, E. E.; NASCIMENTO, V. L.; AGUIAR, R. W. S. Antibacterial activity of *Siparuna guianensis* essential oil mediated by impairment of membrane permeability and replication of pathogenic bacteria. *Industrial Crops & Products*, v. 146, Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112142/>>. Acesso em: 2 ago 2022.
- NAGARAJI, S. S.; SUBBARAYAPPA, P. K. K.; GIRENAHALLI, R.; VENKATARAVANAPPA, J. T.; NARAYANASWAMY, N. M. DNA Based Identification of Species of Piperaceae Family Plants Using Bar-HRM Analysis. *International Journal of Innovative Research & Growth*, v. 5, p. 643-648, 2020. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/339017728_DNA_Based_Identification_of_Species_of_Piperaceae_Family_Plants_Using_Bar-HRM_Analysis>. Acesso em: 19 out 2021.
- NAVARRO-ROCHA, J.; BARRERO, A. F.; BURILLO, J.; OLMEDA, A. S.; GONZÁLEZ-COLOMA, A. Valorization of essential oils from two populations (wild and commercial) of *Geranium macrorrhizum* L. *Industrial crops and products*, v. 116, p. 41–45, 2018. Disponível em: <<https://pubag.nal.usda.gov/catalog/5914088>>. Acesso em: 09 dez 2021.
- NCUBE, B.; VAN-STADEN, J. Tilting plant metabolism for improved metabolite biosynthesis and enhanced human benefit. *Molecules*, v. 20, p. 12698–12731, 2015. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26184148/>>. Acesso em: 17 out 2021.
- NISHIDA, N; TAMOTSU, S; NAGATA, N; SAITO, C; SAKAI, A. Allelopathic effects of volatile monoterpenoids produced by *Salvia leucophylla*: inhibition of cell proliferation and DNA synthesis in the root apical meristem of *Brassica campestris* seedlings. *Journal of Chemical Ecology*, v. 31, n. 5, p. 1187-1203, 2005. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10886-005-4256-y>>. Acesso em: 15 maio 2022.
- NUNES, T. A. L.; SANTOS, M.M.; OLIVEIRA, M. S.; SOUSA, J. M. S.; RODRIGUES, R. R. L.; SOUSA, P. S. A.; ARAÚJO, A.R.; PEREIRA, A. C. T. D. C.; FERREIRA, G. P.; ROCHA, J. A.; RODRIGUES-JUNIOR, V.; SILVA, M. V.; RODRIGUES, K. A. D. F. Curzerene antileishmania activity: Effects on *Leishmania amazonensis* and possible action mechanisms. *International Immunopharmacology*, v. 100, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.intimp.2021.108130/>>. Acesso em: 30 jul 2022.
- OLIVEIRA, G. L.; CARDOSO, S. K.; LARA-JÚNIOR, C. R.; VIEIRA, T. M.; GUIMARÃES, E. F.; FIGUEIREDO, L. S.; KAPLAN, M. A. C. Chemical study and larvicidal activity against *Aedes aegypti* of essential oil of *Piper aduncum* L. (Piperaceae). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 85, n. 4, p. 1227–1234, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0001-3765201391011>>. Acesso em: 03 nov 2021.
- OLIVEIRA, M. A.; BARRETO, A. A. O.; QUINTANS-JÚNIOR, L. J.; GUIMARÃES, A. G. Aplicação de Terpenos como Agentes Analgésicos: Uma Prospecção Tecnológica. *Revista GEINTEC*, v. 4, n. 4, p.1292-1298, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.7198/S2237-0722201400040001>>. Acesso em: 13 out 2021.
- OLIVEIRA, M. R.; SILVA, L. A.; SILVA, R. S.; QUEIROZ, C. C. B.; TAKEARA, R. Chemical composition and biological activities of essential oils of *Piper* species from the Amazon. *Journal of Essential Oil Research*, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/10412905.2021.1942250>>. Acesso em: 22 out 2021.
- OLIVEIRA, M.L.B.; FRANÇA, T.A.R.; CAVALCANTE, F.S.; LIMA, R.A. O gênero *Piper* no Brasil: o estado da arte da pesquisa. *Biodiversidade*, v. 19, n. 3, p. 198-210, 2020a.

Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/biodiversidade/article/view/10828>. Acesso: 03 nov 2021.

OLIVEIRA, Y. R.; SILVA, P. H.; ABREU, M. C.; LEAL, C. B.; OLIVEIRA, L. P. Potencial Alelopático de Espécies da Família Fabaceae Lindl. *Ensaios e Ciências*, v. 24, n. 1, p. 65-74, 2020b. Disponível em <https://doi.org/10.17921/1415-6938.2020v24n1p59-64>. Acesso em: 28 nov 2021.

ORABI, S. H.; AL-SABBAGH, E. S.; KHALIFA, H. K.; MOHAMED, M. A. E.; ELHAMOULY, M.; GAD-ALLAH, S. M.; ABDEL-DAIM, M. M.; ELDAIM, M. A. *Commiphora myrrha* resin alcoholic extract ameliorates high fat diet induced obesity via regulation of UCP1 and adiponectin proteins expression in rats. *Nutrients*, v. 12, n. 3, 803–821. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/nu12030803/>. Acesso em: 2 ago 2022.

OTERO, R.; FONNEGRA, R.; JIMÉNEZ, S.L.; NÚÑEZ, V.; EVANS, N.; ALZATE, S.P.; GARCÍA, M.E.; SALDARRIAGA, M.; DEL VALLE, G.; OSORIO, R.G. et al. Snakebites and ethnobotany in the northwest region of Colombia: Part I: Traditional use of plants. *Journal of Ethnopharmacology*, v. 71, p. 493-504, 2000a. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/s0378-8741\(00\)00243-9](https://doi.org/10.1016/s0378-8741(00)00243-9). Acesso em: 23 out 2021.

OTERO, R.; NÚÑEZ, V.; BARONA, J.; FONNEGRA, R.; JIMÉNEZ, S. L.; OSORIO, R. G.; SALDARRIAGA, M.; DÍAZ, A. Snakebites and ethnobotany in the northwest region of Colombia: Part III: Neutralization of the haemorrhagic effect of *Bothrops atrox* venom. *Journal of Ethnopharmacology*, v. 73, p. 233-241, 2000b. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/s0378-8741\(00\)00321-4](https://doi.org/10.1016/s0378-8741(00)00321-4). Acesso em: 23 out 2021.

OUDEMANS, A. C. Acarologische Aanteekeningen LXXVII. *Entomologische Berichten*, v. 6, p. 317-336, 1924.

PAGARE, S.; BHATIA, M.; TRIPATHI, N.; PAGARE, S.; BANSAL, Y.K. Secondary Metabolites of Plants and Their Role: Overview. *Current Trends in Biotechnology and Pharmacy*, v. 9, n. 3, p. 293-304, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/283132113_Secondary_metabolites_of_plants_and_their_role_Overview. Acesso em: 07 nov 2021.

PARMAR, V. S.; JAIN, S. C.; BISHT, K. S.; JAIN, R.; TANEJA, P.; JHA, A.; TYAGI, O. D.; PRASAD, A. K.; WENGEL, J.; OLSEN, C. E.; BOLL, P. M. Phytochemistry of the genus *Piper*. *Phytochemistry*, v. 46, n. 4, p. 597-673, 1997. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(97\)00328-2](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(97)00328-2). Acesso em: 18 out 2021.

PAZ, R. F.; GUIMARÃES, E. F.; RAMOS, C. S. The occurrence of phenylpropanoids in the saps of six *Piper* species (Piperaceae) from Brazil. *Gayana Botanica*, v. 74, n. 1, p. 236-239, 2017. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(97\)00328-2](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(97)00328-2). Acesso em: 18 out 2021.

PÉREZ, Y. S.; VIDAL, T. M. C.; MACHADO, Y. A.; PELIER, L. C.; NAVARRO, G. B.; PÉREZ, O. P. Composición química del aceite esencial de *Piper hispidum* Sw. y actividad antimicrobiana sobre *Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson y *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (Pammel) Dowson. *Revista de Protección Vegetal*, v. 29, n. 3, p. 185-191, 2014. Disponível em: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522014000300004. Acesso em: 02 dez 2021.

PÉREZ-GREGORIO, R. Phenolic Compounds and Functional Beverages. *Beverages*, v. 7, n. 71, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/beverages7040071>>. Acesso em: 07 nov 2021.

PICOLO, C. R. D.; BEZERRA, M. P.; GOMES, K. S.; PASSERO, L. F. D.; LAURENTI, M. D.; MARTINS, E. G. A.; LAGO, J. H. G. Antileishmanial activity evaluation of adunchalcone, a new prenylated dihydrochalcone from *Piper aduncum* L. *Fitoterapia*, v. 97, p. 28–33, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.fitote.2014.05.009>>. Acesso em: 23 out 2021.

PINHEIRO, P. R.; SEVERIANO, R. L.; ABRÃO, C. F.; PEREIRA, M. D. Germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de alface submetidas a extratos de pimentas. *Revista Agrarian*, v. 9, n. 32, p. 143-148, 2016. Disponível em: <<https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/3567>>. Acesso em: 29 out 2021.

PINTO, A. P. R.; SEIBERT, J. B.; SANTOS, O. D. H.; VIEIRA-FILHO, S. A.; NASCIMENTO, A. M. Chemical constituents and allelopathic activity of the essential oil from leaves of *Eremanthus erythropappus*. *Australian Journal of Botany*, v. 66, p. 601–608, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1071/BT18138>>. Acesso em: 30 maio 2022.

PIRES, N. M.; OLIVEIRA, V. R. Alelopatia, cap. 5, p. 95. In OLIVEIRA Jr, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. *Biologia e Manejo de Plantas Daninhas*. 22ª ed, ISBN: 978-85-64619-02-9, eISBN: 978-85-64619-05-0, Curitiba-PR: Omnipax, 348p, 2011.

PIRES, T. C. M.; RIBEIRO, M. G. T. C.; MACHADO, A. A. S. C. Extração do R-(+)-Limoneno a Partir das Cascas de Laranja: Avaliação e Otimização da Verdura dos Processos de Extração Tradicionais. *Quimica Nova*, v. 41, n. 3, p. 355-365, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170139>>. Acesso em: 31 out 2021.

PLANT, R. M.; DINH, L.; ARGO, S.; SHAH, M. The Essentials of Essential Oils. *Advances in Pediatrics*, v. 66, p. 111–122, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.yapd.2019.03.005>>. Acesso em: 10 nov 2021.

PRAGADHEESH, V.; BISHT, D.; CHANOTIYA, C. Terpenoids from Essential Oils. *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, p. 1–22, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/0471238961.koe00056>>. Acesso em: 11 nov 2021.

PRATES, H. T.; OLIVEIRA, A. B.; LEITE, R. C.; CRAVEIRO, A. A. Atividade carrapaticida e composição química do óleo essencial do capim-gordura (*Mentha minutiflora* Beauv.). *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 28, n. 5, p. 621-625, 1993. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/AI-SEDE/20521/1/Pab93_10_mai.pdf>. Acesso em: 6 ago 2022.

PRATES, H. T.; SANTOS, J. P.; WAQUIL, J. M.; FABRIS, J. D.; OLIVEIRA, A. B.; FOSTER, J. E. Insecticidal activity of monoterpenes against *Rhyzopertha dominica* (F.) and *Tribolium castaneum* (Herbst). *Journal of Stored Products Research*, v. 34, n. 4, 243-249, 1998. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(98\)00005-8](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(98)00005-8)>. Acesso em: 6 ago 2022.

PRETEL, A. G.; PULGAR, H. P.; LEÓN, E. G.; LÓPEZ-PÉREZ, J. L.; OLMEDA, A. S.; GONZALEZ-COLOMA, A.; BARRERO, A. F.; MORAL, J. F. Q. Germacrone Derivatives as new Insecticidal and Acaricidal Compounds: A Structure-Activity Relationship. *Molecules*, v. 24, n. 2898, p. 1-15, 2019. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31404973/>>. Acesso em: 09 dez 2021.

- QIU, X.; YU, S.; WANG, Y.; FANG, B.; CAI, C.; LIU S. Identification and allelopathic effects of 1,8-cineole from *Eucalyptus urophylla* on lettuce. *Allelopathy Journal*, v. 26, n. 2, p. 255-264, 2010. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/288605867_Identification_and_allelopathic_effects_of_18-cineole_from_Eucalyptus_urophylla_on_lettuce>. Acesso em: 17 maio 2022.
- RADICE, M.; PIETRANTONI, A.; GUERRINI, A.; TACCHINI, M.; SACCHETTI, G.; CHIURATO, M.; VENTURI, G.; FORTUNA, C. Inhibitory Effect of *Ocotea quixos* (Lam.) Kosterm. and *Piper aduncum* L. essential Oils from Ecuador on West Nile Virus infection. *Plant Biosystems*, v. 153, n. 3, p. 344-351, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/11263504.2018.1478902>>. Acesso em: 03 nov 2021.
- RAHMAN, M. M.; YUSUF, A. T. M.; ISLAM, M. T. Protective and toxicogenetic aspects of *Piper betle*. *Oriental Pharmacy and Experimental Medicine*, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s13596-019-00389-7>>. Acesso em: 17 out 2021.
- RANI, L.; THAPA, K.; KANOJIA, N.; SHARMA, N.; SINGH, S.; GREWAL, A. S.; SRIVASTAV, A. L.; KAUSHAL, J. An extensive review on the consequences of chemical pesticides on human health and environment. *Journal of Cleaner Production*, v. 283, n. 12465, 2021. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620347016>>. Acesso em: 22 nov 2021.
- REZENDE, C. P.; PINTO, J. C.; EVANGELISTA, A. R.; DOS SANTOS, I. P. A. Alelopatia e suas interações na formação e manejo de pastagens. *Boletim Agropecuário, Lavras: Editora UFLA*, v. 54, 55p., 2003. Disponível em: <<http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/48263>>. Acesso em: 22 maio 2022.
- REZENDE, K. C. S.; LUCARINI, R.; SÍMARO, G. V.; PAULETTI, P. M.; JANUÁRIO, A. H.; ESPERANDIM, V. R.; MARTINS, C. H. G.; SILVA, M. A.; CUNHA, W. R.; BASTOS, J. K.; M. et al. (-)-cubebin isolated from *Piper cubeba* and its semisynthetic derivatives against microorganisms that cause endodontic infections. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v. 26, n. 3, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.bjp.2015.12.006>>. Acesso em: 07 nov 2021.
- RIBEIRO, N.; CAMARA, C.; RAMOS, C. Toxicity of essential oils of *Piper marginatum* Jacq. against *Tetranychus urticae* Koch and *Neoseiulus californicus* (McGregor). *African Journal of Agricultural Research*, v. 76, n. 1, p. 71-76, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392016000100010>>. Acesso em: 03 nov 2021.
- RICE, E. L. *Allelopathy*. 2^a ed., Academic Press New York, 422 p., 1984.
- RIFFEL, A.; SILVA-FILHO, B. F.; SANTOS, S. P. A.; SILVA, W. L.; RIBEIRO, T. F. L.; OLIVEIRA, D. J. A.; OLIVEIRA, J. S.; COSTA, J. G.; CAULFIELD, J. C.; GOULART, H. F. et al. Exposure to sugarcane borer-induced plant volatile (E)-caryophyllene enhances parasitoid recruitment. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, v. 169, n. 10, p. 937-946, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/eea.13081>>. Acesso em: 17 dez 2021.
- RIZZI, E. S.; PEREIRA, K. C. L.; ABREU, C. A. A.; LIMA SILVA, B. C. F.; FERNANDES, R. M.; OLIVEIRA, A. K. M.; MATIAS, R. Allelopathic potential and phytochemistry of cambarazinho (*Vochysia haenkeana* (Spreng.) Mart.) leaves in the germination and development of lettuce and tomato. *Bioscience Journal*, v. 32, p. 98-107, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.14393/BJ-v32n1a2016-29614>>. Acesso em: 17 maio 2022.

ROCHA, D. S.; SILVA, J. M.; NAVARRO, D. M. A. F.; CAMARA, C. A. G.; LIRA, C. S.; RAMOS, C. S. Potential Antimicrobial and Chemical Composition of Essential oils from *Piper caldense* Tissues. Journal of the Mexican Chemical Society., v. 60, n. 3, p. 148-151, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-249X2016000300148>. Acesso em: 08 nov 2021.

ROZE, L.V.; CHANDA, A.; LINZ, J. E. Compartmentalization and molecular traffic in secondary metabolism: a new understanding of established cellular processes. Fungal Genetics and Biology, v. 48, p. 35–48, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.fgb.2010.05.006>>. Acesso em: 02 nov 2021.

SAHARKHIZ, M.J., ESMAEILI, S. AND MERIKHI, M. Essential oil analysis and phytotoxic activity of two ecotypes of *Zataria multiflora* Boiss. growing in Iran. Natural Product Research, v. 24, n. 17, p. 1598-1609, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/14786411003754280>>. Acesso em: 28 maio 2022.

SALEHI, B.; ZAKARIA, Z. A.; GYAWALI, R.; IBRAHIM, S. A.; RAJKOVIC, J.; SHINWARI, Z. K.; KHAN, T.; SHARIFI-RAD, J.; OZLEYEN, A.; TURKDONMEZ, et al. *Piper* Species: A Comprehensive Review on Their Phytochemistry, Biological Activities and Applications. Molecules, v. 24, n. 7, p. 1364, 2019. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30959974/>>. Acesso em: 03 dez 2021.

SALLEH, W. M. N. H. W.; ABDULLAH, N.; HASHIM, N. A.; KHONG, H. Y.; KHAMIS, S. Aporphine alkaloids from *Piper erecticaule* and acetylcholinesterase inhibitory activity. Boletín Latinoamericano Y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas, v. 18, n. 5, p.: 527-532, 2019.. Disponível em: <<https://doi.org/10.35588/blacpma.19.18.5.35>>. Acesso em: 15 nov 2021.

SALLEH, W. M. N. H. W.; HASHIM, N. A.; KHAMIS, S. Chemical Constituents and Lipoxigenase Inhibitory Activity of *Piper Stylosum* MIQ. Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia, v. 33, n. 3, p. 587-592, 2019. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.4314/bcse.v33i3.19>>. Acesso em: 05 nov 2021.

SALLEH, W. M. N. H. W.; KASSIM, H.; TAWANG, A. Traditional Uses, Chemical Profile and Biological Activities of *Piper hispidum* Sw.: a Review. Biointerface Research in Applied Chemistry, v. 11, n. 5, p. 13115–13129, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.33263/BRIAC115.1311513129>>. Acesso em: 09 nov 2021.

SAMPATH, S.; VEERAMANI, V.; KRISHNAKUMAR, G. S.; SIVALINGAM, U.; MADURAI, S. L.; CHELLAN, R. Evaluation of in vitro anticancer activity of 1,8-Cineole-containing n -hexane extract of *Callistemon citrinus* (Curtis) Skeels plant and its apoptotic potential. Biomedicine & Pharmacotherapy, v. 93, p. 296–307, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.biopha.2017.06.056/>>. Acesso em: 5 ago 2022.

SANCHEZ-BORGES, M., SUAREZ-CHACON, R.; CAPRILES-HULETT, A.; CABALLERO-FONSECA, F.; FERNANDEZ-CALDEZ, E. Anaphylaxis from ingestion of mites: pancake anaphylaxis. Journal of Allergy and Clinical Immunology, v. 131, p. 31-35, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jaci.2012.09.026>>. Acesso em: 25 nov 2021.

SANT'ANNA, F. B. Principais mecanismos que ocasionam a resistência de insetos a inseticidas. Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 3, n. 2, 2009. Disponível em: <<http://pubvet.com.br/material/Santana33wf.pdf>>. Acesso em 15 dez : 2021.

- SANTANA, A.; VILA, R.; CAÑIGUERAL, S.; GUPTA, M. Chemical Composition and Biological Activity of Essential Oils from Different Species of Piper from Panama. *Planta Medica*, v. 82, p. 986–991, 2016. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27286333/>>. Acesso em: 03 dez 2021.
- SANTOS, A. L.; POLIDORO, A. A. S.; CARDOSO, A. C. A. L.; MOTA, B. J. S.; JACQUES, R. A.; CARAMÃO, E. B. Analysis of the Seasonal Variation in Chemical Profile of *Piper glabratum* Kunth Essential Oils Using GC×GC/qMS and Their Antioxidant and Antifungal Activities. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 30, n. 12, p. 2691-2701, 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.21577/0103-5053.20190196>>. Acesso em: 05 dez 2021.
- SANTOS, F. P.; ALVES, H. S.; LIMA, E. O.; CHAVES, M. C. O. Flavonoides de *Piper glandulosissimum* Yuncker (Piperaceae). *Química Nova*, v. 38, n. 2, 2015. Disponível: <<https://doi.org/10.5935/0100-4042.20140310>>. Acesso em: 16 nov 2021.
- SANTOS, M. R. A.; LIMA, R. A.; SILVA, A. G.; TEIXEIRA, C. A. D.; ALPIREZ, I. P. V.; FACUNDO, V. A. Composição química e atividade inseticida do extrato acetônico de *Piper alatabaccum* Trel & Yuncker (Piperaceae) sobre *Hypothenemus hampei* Ferrari. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, v. 15, n. 3, p. 332-336, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1516-05722013000300004>>. Acesso em: 07 dez 2021.
- SANTOS, M. R. A.; SILVA, A. G.; LIMA, R. A.; LIMA, D. K. S.; SALLET, L. A. P.; TEIXEIRA, C. A. D.; POLLI, A. R.; FACUNDO, V. A. Atividade inseticida do extrato das folhas de *Piper hispidum* (Piperaceae) sobre a broca-do-café (*Hypothenemus hampei*). *Revista Brasileira de Botânica*, v. 33, n. 2, p. 319-324, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-84042010000200012>>. Acesso em: 06 dez 2021.
- SANTOS, W. B.; MAJOLO, C.; SANTOS, D. S.; ROSA, M. C.; MONTEIRO, P. C.; ROCHA, M. J. S.; OLIVEIRA, M. I. B.; CHAVES, F. C. M.; CHAGAS, E. C. In Vitro Efficacy of Essential Oils of Piperaceae Species in the Control of Acanthocephalon *Neoechinorhynchus buttnerae*. *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal*, v. 12, p. 460-469, 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1102376>>. Acesso em: 01 dez 2021.
- SARJANI, T M.; MAWARDI; PANDIA, E. S.; WULANDARI, D.. Identifikasi Morfologi dan Anatomi Tipe Stomata. *Jurnal IPA dan Pembelajaran IPA (JIPI)*, v. 1, n. 2, p. 182-191, 2017. Disponível em: <www.jurnal.unsyiah.ac.id/jipi>. Acesso em: 22 out 2021.
- SARMENTO-NETO, J. F.; NASCIMENTO, L. G.; BEZERRA-FELIPE, C. F.; SOUSA, D. P. Analgesic Potential of Essential Oils. *Molecules*, v. 21, n. 20, 2016. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26703556/>>. Acesso em: 10 nov 2021.
- SAUTER, I. P.; ROSSA, G. E.; LUCAS, A. M.; CIBULSKI, S. P.; ROEHE, P. M.; SILVA, L. A. A.; ROTT, M. B.; VARGAS, R. M. F.; CASSEL, E.; POSER, G. L. V. Chemical composition and amoebicidal activity of *Piper hispidinervum* (Piperaceae) essential oil. *Industrial Crops and Products*, v. 40, p. 292–295, 2012. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669012001756>>. Acesso em: 03 nov 2021.
- SAVELEV, S. U.; OKELLO, E.; PERRY, N. S. L.; WILKINS, R. M.; PERRY, E. K. Synergistic and antagonistic interactions of anticholinesterase terpenoids in *Salvia lavandulaefolia* essential oil. *Pharmacology Biochemistry & Behavior*, v. 75, n. 3, p. 661–

668, 2003. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12895684/>>. Acesso em: 17 dez 2021.

SEIGLER, D. S. Chemistry and mechanisms of allelopathy interactions. *Agronomy Journal*, Madison, v. 88, n. 6, p. 876-885, 1996. Disponível em: <<https://doi.org/10.2134/agronj1996.00021962003600060006x>>. Acesso em: 17 maio 2022.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM); AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA). Boletim de Monitoramento Hidrometeorológico da Amazônia Ocidental, nº 21, junho de 2021.

SHARIFI-RAD, J.; SUREDA, A.; TENORE, G. C.; DAGLIA, M.; SHARIFI-RAD, M.; VALUSSI, M.; TUNDIS, R.; SHARIFI-RAD, M.; LOIZZO, M. R. ADEMILUYI, A. O. et al. Biological activities of essential oils: From plant chemoecology to traditional healing systems. *Molecules*, v. 22, n. 1, p. 02-55, 2017. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6155610/>>. Acesso em: 08 nov 2021.

SHI, Y. N.; SHI, Y. M.; YANG, L.; LI, X. C.; ZHAO, J. H.; QU, Y.; ZHU, H. T.; WANG, D.; CHENG, R. R.; YANG, C. R.; XU, M.; ZHANG, Y. J. Lignans and aromatic glycosides from *Piper wallichii* and their antithrombotic activities. *Journal of Ethnopharmacology*. v. 162, p. 87-96, 2015. Disponível em: <doi.org/10.1016/j.jep.2014.12.038>. Acesso em: 31 out 2021.

SILVA, A. F.; SOUSA, R. L.; SILVA, S. G.; COSTA, J. M.; ALBUQUERQUE, L. C. S.; PEREIRA, M. G. S.; MESQUITA, S. S.; SILVA, E. C.; CORDEIRO, Y. E. M. Etnobotânica de plantas medicinais aromáticas: preparações e usos da flora local em cinco comunidades rurais localizadas na região do Baixo Tocantins, Pará, Brasil. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 1, 2021. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i1.11284>>. Acesso em: 27 out 2021.

SILVA, A. G.; LIMA, R. A.; SILVA, L. P.; SOUZA, A. C. R. Uso, Conservação e Diversidade de Plantas Aromáticas, Condimentares e Medicinais para Fins Medicinais na Comunidade Vila Princesa, Porto Velho-Ro. *Revista Pesquisa & Criação*, v. 10, n. 2, p. 21-35, 2011.

SILVA, C. B.; MORAES, M. M.; CAMARA, C. A. G.; RIBEIRO, N. C.; MELOC, J. P. R.; LIMA, V. L. M.; NAVARRO, D. M. A. F. Chemical composition and acaricidal activities of *Indigofera suffruticosa* essential oil against two-spotted spider mite. *Química Nova*, v. 42, n. 3, p. 313-318, 2019b. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170329>>. Acesso em: 17 dez 2021.

SILVA, C.B., E. SIMIONATTO, S.C. HESS, M.T.L.P. PERES, E.L. SIMIONATTO, A. WISNIEWSKI JÚNIOR, N.R. POPPI, O. FACCENDA, A.C.S. CÂNDIDO, AND S.P.Q. SCALON. Composição química e atividade alelopática do óleo volátil de *Hydrocotyle bonariensis* Lam (Araliaceae). *Química Nova*, v. 32, n. 9, p. 2373-2376, 2009. Disponível em: < <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000900026>>. Acesso em: 19 maio 2022.

SILVA, J. A.; OLIVEIRA, F. F.; GUEDES, E. S.; BITTENCOURT, M. A. L.; OLIVEIRA, R. A. Atividade antioxidante de *Piper arboreum*, *Piper dilatatum* e *Piper divaricatum*. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, v. 16, n. 3, 2014a. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-084x/13_097>. Acesso em: 08 nov 2021.

SILVA, J. E. N.; SILVA, R. G. P. O.; MELHORANÇA FILHO, A. L.; SILVA, C. F. C. Efeito alelopático de pimenta longa (*Piper hispidinervum* C.DC), sobre alface (*Lactuca sativa*

- L.). Enciclopédia Biosfera, v.8, n.14, p. 4223-433, 2012. Disponível em: <<https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/3871>>. Acesso em: 08 maio 2022.
- SILVA, J. K. R.; PINTO, L. C.; BURBANO, R. M. R.; MONTENEGRO, R. C.; GUIMARÃES, E. F.; ANDRADE, E. H. A.; MAIA, J. G. S. Essential oils of Amazon Piper species and their cytotoxic, antifungal, antioxidant and anticholinesterase activities. *Industrial Crops and Products*, v. 58, p. 55-60, 2014b. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.04.006>>. Acesso em: 30 nov 2021.
- SILVA, J. K. R.; SILVA, N. N. S.; SANTANA, J. F. S.; ANDRADE, E. H. A.; MAIA, J. G. S.; SETZER, W. N. Phenylpropanoid-rich Essential Oils of Piper Species from the Amazon and their Antifungal and Anti-cholinesterase Activities. *Natural Product Communications*, v. 11, n. 12, p. 1907-1911, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1177/1934578X1601101233>>. Acesso em: 05 nov 2021.
- SILVA, J. K.; TRINDADE, R.; ALVES, N. S.; FIGUEIREDO, P. L.; MAIA, J. G. S.; SETZER, W. N. Essential Oils from Neotropical Piper Species and Their Biological Activities. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 18, n. 2571, 2017. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29240662/>>. Acesso em: 19 out 2021.
- SILVA, M. A. S.; PASSARINI, G. M.; MARTINEZ, L. N.; FACUNDO, V. A.; TELES, C. G. B.; KUEHN, C. C. Chemical constituents and bioactivities of essential oils from plants of the genus *Piper* L. (Piperaceae): A review. *South American Journal of Basic Education Technical and Technological*, v. 6, n. 2, p. 776-817, 2019a. Disponível em: <<https://periodicos.ufac.br/index.php/SAJEBTT/article/view/2711/2092>>. Acesso: 22 out 2021.
- SILVA, M. M. C.; CAMARA, C. A. G.; MORAES, M. M.; MELO, J. P. R.; SANTOS, R. B.; NEVES, R. C. S. Insecticidal and Acaricidal Activity of Essential Oils Rich in (*E*)-Nerolidol from *Melaleuca leucadendra* Occurring in the State of Pernambuco (Brazil) and Effects on Two Important Agricultural Pests. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 31, n. 4, p. 813-820, 2020. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.21577/0103-5053.20190245>>. Acesso em: 10 nov 2021.
- SILVA, R. C. S.; MILET-PINHEIRO, P.; SILVA, P. C. B.; SILVA, A. G.; SILVA, M. V.; NAVARRO, D. M. A. F.; SILVA, N. H. (E)-Caryophyllene and α -Humulene: *Aedes aegypti* Oviposition Deterrents Elucidated by Gas Chromatography-Electrophysiological Assay of *Commiphora leptophloeos* Leaf Oil. *PLOS ONE*, v. 10, n. 12, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144586>>. Acesso em: 15 dez 2021.
- SIMEONE, M. L. F.; MIKICH, S. B.; COCCO, L. C.; HANSEL, F. A.; BIANCONI, G. V. Chemical Composition of Essential Oils from Ripe and Unripe Fruits of *Piper amalago* L. var. *Médium* (Jacq.) Yunck and *Piper hispidum* Sw. *Journal of Essential Oil Research*, v. 23, p. 54-58, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/10412905.2011.9700483>>. Acesso em: 08 nov 2021.
- SINGH, H. P.; BATISH, D. R.; KAUR, S.; RAMEZANI, H.; KOHLI, R. K. Comparative phytotoxicity of four monoterpenes against *Cassia occidentalis*. *Annals of Applied Biology*, v. 141, p. 111- 116, 2002. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2002.tb00202.x>>. Acesso em: 14 maio 2022.
- SINGH, P.; PANDEY, A. K. Prospective of essential oils of the genus *Mentha* as biopesticides: A review. *Frontiers in plant science*, v. 9, p. 1-14, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01295> />. Acesso em: 14 jan 2022.

- SOUTO, R. N. P.; HARADA, A. Y.; MAIA, J. G. S. Estudos preliminares da atividade inseticida de óleos essenciais de espécies de *Piper linneus* (Piperaceae) em operárias de *Solenopsis saevissima* f Smith (Hymenoptera: formicidae), em laboratório. *Biota Amazônia*, v. 1, p. 42-48, 2012. Disponível em: <<https://periodicos.unifap.br/index.php/biota/article/view/161>>. Acesso em: 03 nov 2021.
- SOUZA, V. C.; LORENZI, H. Botânica Sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG III. ESALQ, 768 p. ISBN: 9788586714399, 2012.
- SOUZA-FILHO, A. P. S.; VASCONCELOS, M. A. M.; ZOGHBI, M. G. B.; CUNHA, R. L. Efeitos potencialmente alelopáticos dos óleos essenciais de *Piper hispidinervium* C. DC. e *Pogostemon heyneanus* Benth sobre plantas daninhas. *Acta Amazônica*, v. 39, n. 2, p. 389-396, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0044-59672009000200018>>. Acesso em: 14 maio 2022.
- SRIVASTAVA, A.; LALL, R.; SINHA, A.; GUPTA, R. C. Essential Oils. *Nutraceuticals in Veterinary Medicine*, p. 157–173. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-04624-8_11>. Acesso em: 12 nov 2021.
- SUN, X. Y.; ZHENG, Y. P.; LIU, Z. F.; XU, L. L.; LI, S. Studies on the chemical constituents of sesquiterpenoids from *Curcuma wenyujin*. *Journal of Instrumental Analysis*, v. 25, p. 27–30, 2006. Disponível em: <<https://www.semanticscholar.org/paper/Studies-on-the-Chemical-Constituents-of-from-Suhua/c62ceeb7242991bdf0b5176986c7d982749fb0c7>>. Acesso em: 30 jul 2022.
- TANGARIFE-CASTAÑO, V.; CORREA-ROYERO, J. B.; ROA-LINARES, V. C.; PINO-BENITEZ, N.; BETANCUR-GALVIS, L. A.; DURÁN, D. C.; STANSHENKO, E. E.; MESA-ARANGO, A. C. Anti-drematophyte, anti-Fusarium and Cytotoxic activity of essential oils and plant extracts of *Piper* Genus. *Journal of Essential Oil Research*, v. 26, p. 221-227, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/10412905.2014.882279>>. Acesso em: 30 out 2021
- THIESEN, L. A.; SCHMIDT, D.; PINHEIRO, M. V. M.; HOLZ, E.; ALTISSIMO, B. S.; HOLZ, E. Essential oil of *Lippia alba* (Mill.) N.E.Br. influences the germination, vigor and emergence of lettuce seeds. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, v. 13, n. 3, p. 416-425, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.17584/rcch.2019v13i3.8033>>. Acesso em: 17 maio 2022.
- TRANCOSO, M. D. Projeto Óleos Essenciais: extração, importância e aplicações no cotidiano. *Revista Praxis*, ano V, n. 9, p. 89-96, 2013. Disponível em: <<https://revistas.unifoa.edu.br/praxis/article/view/609>>. Acesso: 22 out 2021.
- TRIPATHI, A. K.; UPADHYAY, S.; BHUIYAN, M.; BHATTACHARYA, P. R. A review on prospects of essential oils as biopesticide in insect-pest management. *Journal of Pharmacognosy and Phytotherapy*, v. 1, n. 5, 2009, p. 52-63. Disponível em: <http://www.academicjournals.org/app/webroot/article/article1379417589_Tripathi%20et%20al.pdf>. Acesso em: 17 dez 2021.
- TSOU, H. H.; KO, H. T.; CHEN, C. T.; WANG, T. W.; LEE, C. H.; LIU, T. Y.; WANG, H. T. Betel quid containing safrole enhances metabolic activation of tobacco specific 4-(methylnitrosamino)-1-(3-pyridyl)-1-butanone (NNK). *Environmental Pollution*, v. 251, p. 13–21, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.04.080/>>. Acesso em: 26 jul 2022.

TURCHEN, L. M.; PITON, L. P.; DALL'OGUO, E. L.; BUTNARIU, A. R.; PEREIRA, M. J. B. Toxicity of *Piper aduncum* (Piperaceae) essential oil against *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae) and non-effect on egg parasitoids. *Neotropical Entomology*, v. 45, p. 604-611, 2016. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27255767/>>. Acesso: 27 out 2021.

VALVERDE, S. S.; SOUZA, S. P.; OLIVEIRA, T. B.; KELLY, A. M.; COSTA, N. F.; CALHEIROS, A. S.; LIMA, K. S. C.; FRUTUOSO, V. S.; LIMA, A. L. S. Chemical composition and antinociceptive activity of volatile fractions of the aerial parts of *Solidago chilensis* (Compositae). *Rodriguésia*, v. 21, p. 1-9, 2020. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/2175-7860202071053>>. Acesso em: 08 nov 2021.

VAN NIEUWENHUYSE, P.; DEMAEGHT, P.; DERMAUW, W.; KHALIGHI, M.; STEVENS, C.V.; VANHOLME, B.; TIRRY, L.; LÜMMEN, P.; VAN LEEUWEN, T. On the mode of action of bifenazate: New evidence for a mitochondrial target site. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, v. 104, n. 2, p. 88-95, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.pestbp.2012.05.013>>. Acesso em: 13 fev 2022.

VÁSQUEZ, S. P. F. MENDONÇA, M. S.; NODA, S. N. Etnobotânica de plantas medicinais em comunidades ribeirinhas do Município de Manacapuru, Amazonas, Brasil. *Acta Amazônica*, v. 44, n. 4, p. 457-472, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1809-4392201400423>>. Acesso em: 17 out 2021.

VIEIRA, G. H. C.; ANDRADE, W. P.; NASCIMENTO, D. M. Uso de óleos essenciais no controle do ácaro *Varroa destructor* em *Apis mellifera*. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 42, n. 3, p. 317-322, jul./set. 2012. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/pat/a/SGVDXtDbQz6vbNjkt5Xmtyr/?lang=pt>>. Acesso em: 15 dez 2021.

VINTURELLE, R.; MATTOS, C.; MELONI, J.; NOGUEIRA, J.; NUNES, M. J.; VAZ, I. S.; ROCHA, L.; LIONE, V.; CASTRO, H. C.; CHAGAS, E. F. M.; JAN, A. In Vitro Evaluation of Essential Oils Derived from *Piper nigrum* (Piperaceae) and *Citrus limonum* (Rutaceae) against the Tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae). *Biochemistry research international*, v. 2017, n. 5342947, 1-9, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1155/2017/5342947>>. Acesso em: 09 dez 2021.

WANG, Y.; GUO, S.; CAO, J.; PANG, X.; ZHANG, Z.; CHEN, Z.; ZHOU, Y.; GENG, Z.; SANG, Y.; DU, S. Toxic and Repellent Effects of Volatile Phenylpropenes from *Asarum heterotropoides* on *Lasioderma serricorne* and *Liposcelis bostrychophila*. *Molecules*, v. 23, n. 9, p. 1-11, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/molecules23092131>>. Acesso em: 15 dez 2021.

WANG, Y.; LI, J.; GUO, J.; WANG, Q.; ZHU, S.; GAO, S.; YANG, C.; WEI, M.; PAN, X.; ZHU, W.; DING, D.; GAO, R.; ZHANG, W.; WANG, J.; ZANG, L. Cytotoxic and Antitumor Effects of Curzerene from *Curcuma longa*. *Planta Medica*, v. 83, p. 23-29, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1055/s-0042-107083/>>. Acesso em: 30 jul 2022.

WELCH, B. L. The Significance of The Difference Between Two Means when the Population Variances are Unequal. *Biometrika*, v. 29, n. 3-4, p. 350-362, 1938. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/2332010>>. Acesso em: 15 out 2021.

WILLIS, R. J. What is Allelopathy. Cap 1, p. 1-13. In: WILLIS, R. J. *The History of Allelopathy*, 1ª ed., Springer, Dordrecht, ISBN: 978-1-4020-4092-4, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4093-1_1>. Acesso em: 25 nov 2021.

- WU, T.; YIN, F.; KONG, H.; PENG, J. Germacrone attenuates cerebral ischemia/reperfusion injury in rats via antioxidative and antiapoptotic mechanisms. *Journal of Cellular Biochemistry*, v. 120, n. 11, p. 18901-18909, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/jcb.29210/>>. Acesso em: 23 jul 2022.
- XU, Z.; DENG, M. Piperaceae, cap. 19., p. 115-118. In: XU, Z.; DENG, M. Identification and Control of Common Weeds. 1ª ed., Springer, Dordrecht, v. 2, 848 p., SBN: 978-94-024-1157-7, 2017. Disponível em: <<https://link.springer.com/book/10.1007/978-981-10-5403-7>>. Acesso em: 27 out. 2021
- YANG, A. H.; ZHANG, L.; ZHI, D. X.; LIU, W. L.; GAO, X.; HE, X. Identification and analysis of the reactive metabolites related to the hepatotoxicity of safrole. *Xenobiotica*, v. 48, n. 11, p. 1164-1172, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/00498254.2017.1399227/>>. Acesso em: 26 jul 2022.
- YANG, W.; CHEN, X.; LI, Y.; GUO, S.; WANG, Z.; YU, X. Advances in Pharmacological Activities of Terpenoids. *Natural Product Communications*, v. 15, n. 3, p. 1-13, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1177/1934578X20903555>>. Acesso em: 01 nov 2021.
- YANG, Y.; ISMAN, M. B.; TAK, J. H. Insecticidal Activity of 28 Essential Oils and a Commercial Product Containing *Cinnamomum cassia* Bark Essential Oil against *Sitophilus zeamais* Motschulsky. *Insects*, v. 11, n. 474, p. 1-15, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/insects11080474>>. Acesso em: 10 dez 2021.
- YAP, J. M. G.; CHING, M.W.; CRUZ, R. S.; RAMOS, J. D. Specific IgE against the house dust mite *Suidasia pontifica* as a risk factor for asthma and allergies in the tropics. *Acta Manilana*, v. 62, p. 1-8, 2014. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/276271204_Specific_IgE_against_the_house_dust_mite_Suidasia_pontifica_as_a_risk_factor_for_asthma_and_allergies_in_the_tropics>. Acesso em: 25 nov 2021.
- YOSHIMURA, H.; SAWAI, Y.; TAMOTSU, S.; SAKAI, A. 1,8-Cineole inhibits both proliferation and elongation of BY-2 cultured tobacco cells. *Journal of Chemical Ecology*, v. 37, p. 320-328, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10886-011-9919-2>>. Acesso em: 28 maio dez 2022.
- YU, F. S.; YANG, J. S.; YU, C. S.; LU, C. C.; CHIANG, J. H.; LIN, C. W.; CHUNG, J. G. Safrole induz apoptose em células humanas de câncer oral HSC-3. *Journal of Dental Research*, v. 90, n. 2, p. 168-174, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1177/0022034510384619/>>. Acesso em: 26 jul 2022.
- ZHONG, Y.; LIU, J.; HUO, W.M.; DUAN, W.L.; WANG, X.; SHANG, J. β -Elemene reduces the progression of atherosclerosis in rabbits. *Chinese Journal of Natural Medicines*, v. 13, p. 415-420, 2015. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S1875-5364\(15\)30034-0/](https://doi.org/10.1016/S1875-5364(15)30034-0/)>. Acesso em: 2 ago 2022.
- ZHONG, Z.; CHEN, X.; TAN, W.; XU, Z.; ZHOU, K.; WU, T.; CUI, L.; WANG, Y. Germacrone inhibits the proliferation of breast cancer cell lines by inducing cell cycle arrest and promoting apoptosis. *European Journal of Pharmacology*, v. 667, p. 50-5, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2011.03.041/>>. Acesso em: 23 jul 2022.