



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES – MCTI
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA – UFRA
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI – MPEG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS –
BOTÂNICA TROPICAL (PPGBot)

TAINÁ OLIVEIRA DOS ANJOS

ESTUDO QUÍMICO E BIOLÓGICO DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE ESPÉCIES DE
***PIPER* L. (PIPERACEAE) COM OCORRÊNCIA NO PARQUE ESTADUAL DO**
UTINGA, BELÉM-PARÁ

BELÉM
2022

TAINÁ OLIVEIRA DOS ANJOS

**ESTUDO QUÍMICO E BIOLÓGICO DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE ESPÉCIES DE
PIPER L. (PIPERACEAE) COM OCORRÊNCIA NO PARQUE ESTADUAL DO
UTINGA, BELÉM-PARÁ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas – Botânica Tropical da Universidade Federal Rural da Amazônia e Museu Paraense Emílio Goeldi, como requisito para obtenção do título de mestre em Ciências Biológicas.

Linha de Pesquisa: Ecologia, Manejo e Conservação

Orientadora: Dra. Eloisa Helena de Aguiar Andrade

Coorientador: Dr. Mozaniel Santana de Oliveira

**BELÉM
2022**

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

Anjos, Tainá Oliveira dos
ESTUDO QUÍMICO E BIOLÓGICO DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE ESPÉCIES DE PIPER L.
(PIPERACEAE) COM OCORRÊNCIA NO PARQUE ESTADUAL DO UTINGA, BELÉM-PARÁ / Tainá
Oliveira dos Anjos. - 2022.
70 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado) - Programa de PÓS-GRADUAÇÃO em Ciências Biológicas (CB), Campus
Universitário de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2022.
Orientador: Profa. Dra. Eloisa Helena de Aguiar Andrade
Coorientador: Prof. Dr. Mozaniel Santana de Oliveira.

1. Produtos naturais. 2. Perfil químico. 3. Piper L.. 4. Parque do Utinga . 5. Atividades biológicas . I.
Andrade, Eloisa Helena de Aguiar , *orient.* II. Título

CDD 581

TAINÁ OLIVEIRA DOS ANJOS

**ESTUDO QUÍMICO E BIOLÓGICO DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE ESPÉCIES DE
PIPER L. (PIPERACEAE) COM OCORRÊNCIA NO PARQUE ESTADUAL DO
UTINGA, BELÉM-PARÁ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas – Botânica Tropical da Universidade Federal Rural da Amazônia e Museu Paraense Emílio Goeldi, como requisito para obtenção do título de mestre em Ciências Biológicas.

Aprovado em 31 de agosto de 2022.

Banca Examinadora:



Dra. Eloisa Helena de Aguiar Andrade
Museu Paraense Emilio Goeldi - MPEG
Orientadora



Dra. Márlia Regina Coelho Ferreira
Instituto Nacional da Mata Atlântica – INMA
1ª Examinadora



Dr. Oberdan Oliveira Ferreira
Universidade Federal do Pará – UFPA
2º Examinador



Dr. Leandro Valle Ferreira
Museu Paraense Emilio Goeldi – MPEG
3º Examinador

Dra. Mônica Nazaré Rodrigues Furtado da Costa
Instituto de Desenvolvimento Florestal e da Biodiversidade do Estado do Pará – Ideflor-Bio
Suplente

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, amigos e familiares.

AGRADECIMENTOS

A Deus, não só pela dádiva da vida, mas também por ter sido o sustento (essencial) e o refúgio (indispensável), em vários momentos durante esta caminhada;

A minha mãe, Dilene Oliveira e meu pai, Sivaldo dos Anjos, pois sem eles, **ABSOLUTAMENTE NADA** seria possível;

Aos meus familiares, que sempre foram grandes incentivadores, especialmente a minha adorada tia Dione que tanto me ensinou sobre persistência e a ter calma, pois ela nunca duvidou que minhas vitórias seriam alcançadas;

A minha orientadora, Dra. Eloisa Helena de Aguiar Andrade que desde o meu primeiro PIBIC em 2017 me recebeu no Laboratório Adolpho Ducke e junto com seu grupo de trabalho, me oportunizou vários momentos memoráveis durante esta caminhada acadêmica. Professora serei eternamente grata por todas as oportunidades que me foram concedidas;

Ao meu coorientador, Dr. Mozaniel Santana de Oliveira pelas oportunidades, sugestões e críticas ao longo da elaboração deste trabalho;

As amigas Lidiane Diniz do Nascimento e Marcia Moraes Cascaes que foram de fundamental importância durante toda minha vida de Museu Goeldi. Lidiane e Marcia, obrigada pelos ensinamentos tanto profissionais, quanto para a vida e pelos momentos de desabafos e descontração. Não há palavras no mundo que possam expressar tamanha gratidão, obrigada;

Aos meus estimados amigos, Guilherme Leite e Wendel Gomes que são verdadeiros presentes da vida e irmãos de caminhada acadêmica;

A professora e amiga Dra. Danielly Hashiguti, pela amizade, paciência, ensinamentos sobre a vida de adulto, momentos de descontração e também, por todas as vezes que retirou minhas dúvidas tarde da noite (Gratidão);

Aos meus amigos Juliana Kiwia, Thaize Souza e Rair Lopes pela amizade, companheirismo, reflexões sobre a vida e tantos momentos de descontração;

A Camila Barisão pelo companheirismo, amizade, carinho, acolhimento, incentivo e também por ser exemplo de perseverança e disciplina;

Aos meus amigos do Centro Espírita Fé, Amor e Confiança, que na figura da juventude, foram bálsamo e LAR na alegria e na tristeza;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pela concessão da bolsa durante esse projeto, assim como à UFRA, MPEG, UFPA e EMBRAPA, pela infraestrutura disponibilizada;

E a todos que direta e indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, muito obrigada.

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

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001"

*“Você é quem decide o que vai ser eterno em
você, no seu coração. Deus nos dá o dom de
eternizar em nós o que vale a pena, e esquecer
definitivamente aquilo que não vale”.*

(Pe. Fábio de Melo).

RESUMO

O gênero *Piper* L. é o de maior representatividade entre Piperaceae, uma vez que constitui uma importante fonte de matéria-prima, recursos naturais e de conhecimento, visto que possuem espécies produtoras de óleos essenciais (OE), os quais apresentam diversas propriedades químicas e biológicas. O presente estudo objetivou conhecer as atividades químicas e biológicas dos óleos essenciais de espécies de *Piper* L. ocorrentes no PEUt, Belém – Pará. Buscas bibliográficas das espécies de *Piper* L. encontradas nas trilhas foram realizadas utilizando as bases de dados ISI-Web of Science, *Scopus*, PubMed e Google Scholar para os anos de 2011 a 2021, posteriormente, verificou-se a distribuição geográfica, endemismos e *status* de conservação utilizando as bases de dados Flora e Funga do Brasil e Centro Nacional de Conservação da Flora (CNCFlora); Os OE foram extraídos por hidrodestilação e a composição química foi analisada por cromatografia de fase gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG/EM). Para avaliação do potencial antioxidante, utilizou-se o método de sequestro dos radicais livres DPPH e Capacidade Antioxidante Equivalente ao Trolox (TEAC). O potencial fitotóxico foi avaliado sobre duas espécies bioindicadoras: *Mimosa pudica* e *Senna obtusifolia*. Encontrou-se 16 espécies *Piper* L. nas trilhas do PEUt (*P. aduncum* L., *P. belterraense* Yunck., *P. brevesanum* Yunck., *P. carniconnectivum* C.DC., *P. colubrinum* Link, *P. consanguineum* Kunth, *P. cyrtopodon* (Miq.) C.DC., *P. demeraranum* (Miq.) C.DC., *P. divaricatum* G.Mey., *P. hispidum* Sw., *P. hostmannianum* (Miq.) C.DC., *P. montealegreanum* Yunck., *P. pellitum* C.DC., *P. piresii* Yunck., *P. schwackei* C.DC. e *P. wachenheimii* Trel.) e destas, 5 são endêmicas do Brasil e ocorrem somente nas regiões Norte e Nordeste do país e não possuem avaliação sobre o *status* de conservação realizada pelo Centro Nacional de Conservação da Flora (CNCFlora). Após a extração dos OE foram quantificados rendimentos de 2,67% para *P. aduncum*; 0,68% para *P. divaricatum*; 1,79% para *P. hostmannianum* e 0,90% *P. wachenheimii*. Os constituintes majoritários no OE de *P. aduncum* foram dilapiol (64,03%), (*E*)- β -ocimeno (8,4%) e piperitona (4,65%), *P. divaricatum* foi caracterizado por eugenol (26,93%), metileugenol (19,11%), (*E*)- β -ocimeno (10,81%), acetileugenol (9,25%), (*E*)-cariofileno (7,78%), germacreno D (6,97%) e β -elemeno (9,93%). *P. hostmannianum*, apresentou linalol (21,54%), β -pineno (20,03%), (*E*)-cariofileno (15,05%) e (*E*)- α -bergamoteno (6,96%), o OE *P. wachenheimii* apresentou linalol (32,34%), mircenol (14,89%), limoneno (9,77%), (*E*)-cariofileno (6,67%), β -pineno (4,78%) e α -pineno (4,61%). A capacidade antioxidante realizado com o TEAC demonstrou que somente *P. divaricatum* obteve resultado superior ao padrão (1mM de Trolox) sendo de 1,313

mM, para o método de DPPH, *P. aduncum* (1,03 Mm), *P. divaricatum* (1,06 Mm), *P. hostmannianum* (1,09 mM) e *P. wachenheimii* (1,09 mM) ficaram superiores ao padrão. O resultado da fitotoxidade dos OE de *P. aduncum*, *P. divaricatum*, *P. hostmannianum* e *P. wachenheimii* causou inibição principalmente na germinação e alongamento da radícula de *M. pudica* e *S. obtusifolia*. Para o hipocótilo de *M. pudica*, foi observado que os OE de *P. divaricatum*, *P. hostmannianum* e *P. wachenheimii* causaram estimulação no alongamento e para *S. obtusifolia*, todos os OE causaram inibição no alongamento do hipocótilo.

Palavras-chave: Produtos naturais. Perfil químico. Parque do Utinga. Capacidade Antioxidante. Alelopatia.

ABSTRACT

The genus *Piper* L. is the most representative among Piperaceae, since it constitutes an important source of raw material, natural resources and knowledge, since they have species that produce essential oils (EO), which present several chemical and biological properties. The present study aimed to know the chemical and biological activities of the essential oils from *Piper* L. species occurring in PEUt, Belém - Pará. Literature searches of *Piper* L. species found on the trails were conducted using the ISI-Web of Science, Scopus, PubMed and Google Scholar databases for the years 2011 to 2021. Afterwards, the geographic distribution, endemism and conservation status were verified using the Flora and Funga of Brazil and National Center for Flora Conservation (CNCFlora) databases. The EOs were extracted by hydrodistillation and the chemical composition was analyzed by gas chromatography coupled to mass spectrometry (GC/MS). To evaluate the antioxidant potential, the DPPH free radical scavenging method and Trolox Equivalent Antioxidant Capacity (TEAC) were used. The phytotoxic potential was evaluated on two bioindicator species: *Mimosa pudica* and *Senna obtusifolia*. Sixteen *Piper* L. species were found on the trails of the PEUt (*P. aduncum* L., *P. belterraense* Yunck., *P. brevesanum* Yunck., *P. carniconnectivum* C.DC., *P. colubrinum* Link., *P. consanguineum* Kunth, *P. cyrtopodon* (Miq.) C.DC., *P. demeraranum* (Miq.) C.DC., *P. divaricatum* G.Mey., *P. hispidum* Sw., *P. hostmannianum* (Miq.) C.DC., *P. montealegreanum* Yunck., *P. pellitum* C.DC., *P. piresii* Yunck., *P. schwackei* C.DC. and *P. wachenheimii* Trel.) and of these, 5 are endemic to Brazil and occur only in the North and Northeast regions of the country and have not been evaluated for conservation status by the National Center for Conservation of Flora (CNCFlora). After EOs extraction, yields of 2.67% were quantified for *P. aduncum*; 0.68% for *P. divaricatum*; 1.79% for *P. hostmannianum* and 0.90% for *P. wachenheimii*. The majority constituents in the EO of *P. aduncum* were dilapiol (64.03%), (*E*)- β -ocimene (8.4%) and piperitone (4.65%), *P. divaricatum* was characterized by eugenol (26.93%), methyleugenol (19.11%), (*E*)- β -ocimene (10.81%), acetyleugenol (9.25%), (*E*)-caryophyllene (7.78%), germacrene D (6.97%) and β -elemene (9.93%). *P. hostmannianum*, showed linalool (21.54%), β -pinene (20.03%), (*E*)-caryophyllene (15.05%) and (*E*)- α -bergamotene (6.96%), the EO *P. wachenheimii* showed linalool (32.34%), myrcene (14.89%), limonene (9.77%), (*E*)-caryophyllene (6.67%), β -pinene (4.78%) and α -pinene (4.61%). The antioxidant capacity performed with TEAC showed that only *P. divaricatum* obtained a result higher than the standard (1mM of Trolox) being 1.313 mM, for the DPPH method, *P. aduncum* (1.03 mM), *P. divaricatum* (1.06 mM), *P. hostmannianum* (1.09 mM) and *P. wachenheimii* (1.09 mM) were higher than the standard. The result of phytotoxicity of EOs from *P. aduncum*, *P. divaricatum*, *P. hostmannianum* and *P. wachenheimii* caused inhibition mainly on germination and elongation of the radicle of *M. pudica* and *S. obtusifolia*. For the hypocotyl of *M. pudica*, it was observed that the EOs of *P. divaricatum*, *P. hostmannianum* and *P. wachenheimii* caused stimulation in the elongation and for *S. obtusifolia*, all EOs caused inhibition in the elongation of the hypocotyl.

Keywords: Natural products. Chemical profile. Utinga Park. Antioxidant capacity. Allelopat

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Trilhas no PEUt onde as coletas foram realizadas.....	23
Figura 2 -	Metodo de caminhamento (A) e Herborização(B).....	25
Figura 3 -	Método de hidrodestilação e extratores de vidros do tipo Clevenger modificado, acoplado ao sistema de refrigeração (A) e Balança analisadora de umidade (B).....	27
Figura 4 -	Cromatografo gasoso.....	28
Figura 5 -	Esquema de dosagem da capacidade antioxidante pelo método DPPH.....	29
Figura 6 -	Esquema de dosagem da capacidade antioxidante pelo método TEAC.....	30
Figura 7 -	Esquema do experimento de germinação.....	32
Figura 8 -	Esquema do experimento de alongamento da radícula e hipocótilo.....	32
Figura 9-	Espécies de <i>Piper L.</i> encontradas nas trilhas do PEUt.....	34
Figura 10-	Diagrama do fluxo do estudo mostrando o processo de triagem e seleção dos artigos sobre OE de <i>Piper ssp.</i>	35
Figura 11-	– Número de artigos identificados nas bases de dados referentes às espécies de <i>Piper L.</i> por ano.....	36
Figura 12-	Classes químicas óleos essenciais das folhas <i>P. aduncum</i> (Padu), <i>P. divaricatum</i> (Pdiv), <i>P. hostmannianum</i> (Phos) e <i>P. wachenheimii</i> (Pwac) coletados em junho e agosto no PEUt.....	45
Figura 13-	Controle de <i>M. pudica</i> (A), efeito do OE de <i>P. aduncum</i> sobre <i>M. pudica</i> (B), controle de <i>S. obtusifolia</i> (C), efeito do OE de <i>P. aduncum</i> sobre <i>S. obtusifolia</i> (D).....	49
Figura 14-	Controle de <i>M. pudica</i> (A), efeito do OE de <i>P. divaricatum</i> (B) e <i>P. wachenheimii</i> (C) sobre <i>M. pudica</i> . Controle de <i>S. obtusifolia</i> (D), efeito do OE de <i>P. aduncum</i> (E) e <i>P. divaricatum</i> (F) sobre <i>S. obtusifolia</i>	50
Figura 15-	Controle de <i>M. pudica</i> (A), efeito do OE de <i>P. aduncum</i> (B) <i>P. divaricatum</i> (C) <i>P. hostmannianum</i> (D) e <i>P. wachenheimii</i> (E) sobre <i>M. pudica</i> . Controle de <i>S. obtusifolia</i> (F), efeito do OE de <i>P. aduncum</i> (G) e <i>P. divaricatum</i> (H), <i>P. hostmannianum</i> (I) e <i>P. wachenheimii</i> (J) sobre <i>S. obtusifolia</i>	51

LISTA DE TABELAS

Tabela1-	Potencialidades biológicas para Espécies de <i>Piper</i> de 2011 a 2021.....	37
Tabela 2-	Espécies de <i>Piper</i> e suas respectivas distribuições geográficas, endemismo(N.E = Não é endêmica) (E = Endêmica) e avaliação quanto ao CNCFlora (N.A = Não Avaliado).....	40
Tabela 3-	Rendimento dos óleos essenciais das folhas de <i>P. aduncum</i> (Padu), <i>P. divaricatum</i> (Pdiv), <i>P. hostmannianum</i> (Phos) e <i>P. wachenheimii</i> (Pwac).....	41
Tabela 4-	Composição química dos óleos essenciais das folhas <i>P. aduncum</i> (Padu), <i>P. divaricatum</i> (Pdiv), <i>P. hostmannianum</i> (Phos) e <i>P. wachenheimii</i> (Pwac) coletados em junho e agosto no PEUt.....	42
Tabela 5-	Capacidade antioxidante dos OE das folhas de <i>P. aduncum</i> (Padu), <i>P. divaricatum</i> (Pdiv), <i>P. hostmannianum</i> (Phos) e <i>P. wachenheimii</i> (Pwac) pelos métodos TEAC e DPPH.....	47
Tabela 6-	Inibição do OE das folhas de <i>P. aduncum</i> (Padu), <i>P. divaricatum</i> (Pdiv), <i>P. hostmannianum</i> (Phos) e <i>P. wachenheimii</i> (Pwac) sobre a germinação das sementes de <i>M. pudica</i> e <i>S. obtusifolia</i>	50
Tabela 7-	Inibição do OE das folhas de <i>P. aduncum</i> (Padu), <i>P. divaricatum</i> (Pdiv), <i>P. hostmannianum</i> (Phos) e <i>P. wachenheimii</i> (Pwac) sobre o desenvolvimento da radícula de <i>M. pudica</i> e <i>S. obtusifolia</i>	51
Tabela 8-	Inibição e estimulação do OE das folhas de <i>P. aduncum</i> (Padu), <i>P. divaricatum</i> (Pdiv), <i>P. hostmannianum</i> (Phos) e <i>P. wachenheimii</i> (Pwac) sobre o desenvolvimento do hipocótilo de <i>M. pudica</i> e <i>S. obtusifolia</i>	52

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
2	OBJETIVOS.....	18
2.1	Objetivo Geral.....	18
2.2	Objetivos Específicos.....	18
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	19
3.1	Gênero <i>Piper</i> L.	19
3.2	Óleos essenciais	20
3.3	Antioxidantes naturais	21
3.4	Potencial fitotóxico de óleos essenciais	22
4	MATERIAL E MÉTODOS	23
4.1	Área de estudo	23
4.2	Procedimentos éticos	24
4.2.1	Ferramenta de retorno da pesquisa	24
4.3	Coleta de material botânico para identificação	24
4.4	Levantamento bibliográfico, verificação da distribuição geográfica, grau de endemismo, <i>status</i> de conservação e critério para desenvolvimento de ensaio antioxidante e fitotoxicidade.....	25
4.5	Coleta de material botânico para processamento e extração do óleo.....	26
4.6	Determinação da umidade residual e cálculo do rendimento.....	27
4.7	Identificação da composição química dos óleos essenciais.....	27
4.8	Potencial antioxidante dos óleos essenciais.....	28
4.8.1	Dosagem da capacidade antioxidante pelo método DPPH.....	28
4.8.2	Dosagem da Capacidade Antioxidante Equivalente ao Trolox (TEAC).....	29
4.9	Análise do potencial fitotóxico dos óleos obtidos.....	30
4.9.1	Preparo das sementes de <i>M. pudica</i> e <i>S. obtusifolia</i> para o bioensaio.....	30
4.9.2	Bioensaio de germinação.....	31
4.9.3	Bioensaio de alongamento da radícula e hipocótilo.....	31
4.10	Análise de dados.....	33
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
5.1	Espécies de <i>Piper</i> L encontradas nas trilhas do PEUt.....	33
5.2	Levantamento bibliográfico das espécies de <i>Piper</i> L. encontradas no PEUt.....	35

5.3	Distribuição geográfica, endemismos e <i>status</i> de conservação das espécies de <i>Piper</i> L. encontradas no PEUt	39
5.4	Rendimento dos óleos essenciais de <i>P. aduncum</i> L., <i>P. divaricatum</i> G.Mey., <i>P. hostmannianum</i> (Miq.) C.DC. e <i>P. wachenheimii</i> Trel.....	41
5.5	Composição química dos óleos essenciais de <i>P. aduncum</i> L., <i>P. divaricatum</i> G.Mey., <i>P. hostmannianum</i> (Miq.) C.DC. e <i>P. wachenheimii</i> Trel.....	42
5.6	Ensaio antioxidante dos óleos essenciais de <i>P. aduncum</i> L., <i>P. divaricatum</i> G.Mey, <i>P. hostmannianum</i> (Miq.) C.DC. e <i>P. wachenheimii</i> Trel.....	46
5.7	Fitotoxicidade dos óleos essenciais de <i>P. aduncum</i> L., <i>P. divaricatum</i> G.Mey, <i>P. hostmannianum</i> (Miq.) C.DC. e <i>P. wachenheimii</i> Trel.....	49
6	CONCLUSÃO.....	55
	REFERÊNCIAS.....	56
	ANEXOS.....	68

1 INTRODUÇÃO

Piperaceae pertence à ordem Piperales e possui distribuição pantropical, é bastante conhecida tradicionalmente devido às características aromáticas que são marcantes entre suas espécies. O grupo apresenta cerca de 3.615 espécies distribuídas em 5 gêneros (APG IV / CHASE *et al.*, 2016), os quais são: *Piper* L. (aproximadamente 2.000 espécies); *Peperomia* Ruiz & Pav. (aproximadamente 1.600 espécies), *Manekia* Trel. (6 espécies), *Zippelia* Blume (4 espécies), e *Verhuellia* Miq. (3 espécies) (SAMAIN *et al.*, 2007; SAMAIN *et al.*, 2008; SCHUBERT *et al.*, 2012).

As pesquisas sobre Piperaceae se desenvolveram a partir dos trabalhos realizados por T.G. Yuncker, o qual formulou as diretrizes para a compreensão desse grupo. No Brasil, a família apresenta cerca de 500 espécies (YUNCKER, 1972; 1973; 1974), dessas, 293 pertencem ao gênero *Piper* L. que é o mais expressivo (FLORA DO BRASIL, 2020). Muitas espécies pertencentes a esses gêneros são utilizadas como plantas aromatizantes (*Piper crassinervium* Kunth), medicinais (*Piper umbellatum*, *Piper hispidum* Sw.), condimentares (*P. nigrum* L.), inseticidas (*Piper tuberculatum*), antissépticos (*Piper aduncum*) e dentre outros (GUIMARÃES; MONTEIRO, 2006; SIMÕES *et al.*, 2007; RIOS; PASTORE, 2011; SOUZA; LORENZI, 2012).

Em relação aos registros etnobotânicos para *Piper* L. revelam abundantes potencialidades, pois o chá das folhas e galhos de *Piper callosum* é utilizado em afecções do aparelho digestivo, circulatório e no tratamento de dores reumáticas e musculares (BERG; SILVA, 1993; RODRIGUES *et al.*, 2000); o chá das folhas de *P. aduncum* é utilizado em doenças ginecológicas, intestinais, como tônico para tratamento de infecções hepáticas e é anti-hemorragico; o chá de *P. amalago* é utilizado no tratamento de queimaduras (BERG; SILVA, 1993; RODRIGUES; CARVALHO, 2001; ALVES *et al.*, 2008), observa-se com isso, que o gênero *Piper* L. apresenta elevado potencial na busca de novas moléculas, além de te várias espécies que são produtoras de óleos essenciais tais como *Piper arboreum*, *P. cernuum*, *P. hispidum*, *P. regnellii*, e *P. tuberculatum* (SILVA *et al.*, 1998; CONSTANTIN *et al.*, 2001; SANTOS, 2001; MESQUITA *et al.*, 2005; PESSINI *et al.*, 2005).

Os óleos essenciais são compostos voláteis oriundos do metabolismo secundário das plantas, servindo como mecanismo de defesa para esses vegetais, sua síntese e acumulação estão associadas à presença de estruturas secretoras complexas como tricomas glandulares (Lamiaceae), cavidades secretoras (Myrtaceae, Rutaceae) e células parenquimáticas

diferenciadas (Piperaceae) (RODRIGUEZ *et al.*, 1984; KHAN *et al.*, 2013; SANTOS *et al.*, 2015), e podem ser obtidos através das flores, folhas, cascas, rizomas e frutos (BIZZO *et al.*, 2009). Os óleos essenciais compõem um dos mais importantes grupos de matéria prima para as indústrias de perfumaria, alimentícia e farmacêuticas (CRAVEIRO; QUEIROZ, 1992; SILVA *et al.*, 2006).

Além disso, há o interesse em conhecer cada vez mais a flora mundial e este interesse data o século XVII, quando Linnaeus (1753) estimou aproximadamente 10 mil espécies de plantas no planeta. 250 anos mais tarde, ainda há muitas espécies sendo descobertas (FORZZA *et al.*, 2010). No entanto, a grande expansão dos sítios urbanos sobre os ecossistemas naturais faz com que a conservação da biodiversidade no Brasil seja considerada um desafio. Neste contexto, observa-se o exemplo da cidade de Belém- PA, a mesma é escassa em áreas verdes e a proporção do desmatamento é alta, sendo de 87.5% na região continental e de 32.6% na região insular (FERREIRA *et al.*, 2012).

Diante das potencialidades relacionadas à *Piper* L., evidencia-se o Parque Estadual do Utinga (PEUt), pois, é unidade-símbolo da diversidade biológica presente na Região Metropolitana de Belém. O PEUt, situa-se dentro do chamado Centro de Endemismo de Belém (SILVA *et al.*, 2005), que se destaca por sua biodiversidade e ao mesmo tempo, é uma das regiões mais ameaçadas da Amazônia Legal, em virtude da dinâmica de avanço e de consolidação da 2ª maior zona urbana da Região Norte do País (ALBERNAZ; AVILA-PIRES, 2009; ALMEIDA; VIEIRA, 2010).

Ao observar as potencialidades apresentadas pelo gênero de interesse neste estudo e a relevante biodiversidade do PEUt, o presente trabalho buscou conhecer as atividades químicas e biológicas dos óleos essenciais de espécies de *Piper* L. ocorrentes no PEUt, Belém – Pará, contribuindo assim, para o conhecimento sobre a flora aromática do PEUt.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Conhecer as atividades químicas e biológicas dos óleos essenciais de quatro espécies de *Piper* L. encontradas nas trilhas ecológicas do PEUt, Belém – Pará

2.2 Objetivos Específicos

- Buscar as potencialidades químicas e biológicas em registros bibliográficos das espécies de *Piper* L. encontradas nas trilhas utilizando as bases de dados ISI-Web of Science, *Scopus*, PubMed e Google Scholar para os anos de 2011 a 2021;
- Verificar distribuição geográfica, endemismos e *status* de conservação das espécies de *Piper* L. encontradas nas trilhas utilizando as bases de dados Flora e Funga do Brasil e Centro Nacional de Conservação da Flora (CNCFlora);
- Extrair os óleos essenciais de pelo menos, quatro espécies de *Piper* L. por hidrodestilação;
- Analisar o perfil químico dos óleos essenciais por cromatografia de fase gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-EM);
- Analisar a relação da composição química dos óleos essenciais obtidos, sobre o potencial antioxidante e fitotóxico.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Gênero *Piper* L.

O gênero *Piper* possui cerca de 700 espécies, é o maior entre Piperaceae, com ocorrência em diferentes habitats, na sua maioria úmidos, em áreas desmatadas ou perturbadas em florestas (YUNCKER, 1972). As espécies pertencentes a esse gênero se apresentam como arbustos, subarbustos ou arvoretas, geralmente variando entre 1-10 m de altura, mais ou menos lignificados, ramosos, não raro nodosos. Suas folhas são alternas e possuem forma e tamanho variados. Espigas opostas às folhas, pedunculadas; raque sulcada, lisa, papilosa ou fimbriada; bractéolas variando em forma e tamanho, às vezes côncavas, concheiformes, não raro cuculadas, glabras, pilosas ou fimbriadas. Flores aperiantadas, densamente congestas ou laxas (GUIMARÃES; GIORDANO, 2004).

Esse gênero possui espécies usadas na medicina tradicional e de importância econômica, tais como *P. crassinervium* H.B. & K., conhecida como jaborandi, *P. hispidinervium* C.DC. (pimenta longa), *P. aduncum* L. (pimenta-de-macaco), *P. nigrum* (pimenta-do-reino), entre outras (GOGOSZ *et al.*, 2012).

Muitas espécies tiveram confirmada suas propriedades medicinais, como *Piper marginatum* Jacq, que apresentou atividade larvicida sobre *Aedes aegypti*; *P. hispidum*, *P. aleyreanum*, *P. anonifolium* e *P. aequale* atestaram alta atividade citotóxica e seletividade contra melanoma, além de apresentarem efeitos antioxidantes benéficos (AUTRAN *et al.*, 2009; DA SILVA *et al.*, 2014; SANTANA *et al.*, 2015; DA SILVA *et al.*, 2016); *P. diospyrifolium* demonstrou atividade fungicida sobre *Candida albicans*, *C. parapsilosis* e *C. tropicalis* (VIEIRA *et al.*, 2011); *P. divaricatum* possui atividade antibacteriana sobre *Salmonella typhimurium* e *Pseudomonas aeruginosa* (BARBOSA *et al.*, 2012); *P. angustifolium* Lam e *P. clausenianum* evidenciaram atividade leishmanicida sobre *Leishmania infantum* e formas promastigotas de *L. amazonenses* (MARQUES *et al.*, 2011). Com isso, pode-se observar que as espécies de *Piper* despontam grandes potencialidades em virtude de possuir variadas composições químicas.

Esses exemplos demonstram a riqueza química e biológica do gênero *Piper* L e apontam a necessidade de dar continuidade a esses estudos buscando o desenvolvimentos de novos produtos, em especial produtos farmacêuticos (SAKLANI; KUTTY, 2008).

3.2 Óleos essenciais

Óleos essenciais ou óleos voláteis são misturas complexas de substâncias, lipofílicas, em geral odoríferas e líquidas obtidas a partir dos metabólitos secundários de matérias-primas vegetais. Essa definição é originada a partir de suas características físico-químicas como a de serem geralmente líquidos e de aparência oleosa a temperatura ambiente, por isso sua designação de óleo. Entretanto, sua principal característica é sua volatilidade e aroma intenso, os óleos essenciais podem ser obtidos de raiz, caule, folhas e flores por método de destilação por arraste a vapor, hidrodestilação, por espremedura dos pericarpos de frutos cítricos e extração super crítico por CO₂. (SIMÕES *et al.*, 2017; DE OLIVEIRA *et al.*, 2019).

Esses óleos essenciais podem ser classificados como Produtos florestais não madeireiros e vêm recebendo grande destaque (SANTOS *et al.*, 2003; EMBRAPA, 2012), 31,9 bilhões de dólares para o ano de 2014 são as estimativas para o mercado internacional (GOVINDASAMY; ARUMUGAM; SIMON, 2013). Porém, a participação do Brasil nesse mercado ainda é baixa sendo resultante, especialmente da comercialização de OE de frutos cítricos, que são subprodutos da indústria de sucos de laranja, lima e bergamota (BIASI; DESCHAMPS, 2009; SPEZIALI, 2012).

Os metabólitos secundários já foram compreendidos, no passado, como produtos de excreção vegetal, porém, sabe-se atualmente que variadas substâncias desse metabolismo estão relacionadas à forma de adequação do vegetal ao meio em que ele se situa, servindo assim, como um mecanismo de defesa contra herbivoria, por exemplo, e apresentam atividades biológicas marcantes. Ademais despertam grandes interesses não só pelas atividades biológicas exercidas pelas plantas em respostas aos estímulos do meio ambiente, como também, pelo seu imenso potencial relacionado às atividades químicas e biológicas (GUREVITCH; SCHEINER; FOX, 2009; MONTEIRO; BRANDELLI, 2017).

Esses compostos químicos secundários constituem um grande grupo que servem para defesa e atração de polinizadores, e em geral, são encontrados somente em determinadas espécies vegetais e muitas vezes em órgãos e tecidos específicos (GUREVITCH; SCHEINER; FOX, 2009).

3.3 Antioxidantes naturais

No organismo humano, a atividade metabólica normal produz constantemente radicais livres, pelo processo fisiológico de oxidação responsável pela produção de energia para as células. Aproximadamente 95% do O₂ consumido pelo organismo é reduzido à água pelas mitocôndrias, e os 5% restantes podem ser convertidos em substâncias chamadas “Espécies Reativas do Oxigênio” (EROs), que podem ser reduzidas para formar agentes quimicamente reativos, conhecidas como radicais livres. EROs têm a propriedade de romper ligações covalentes e/ou atacar biomoléculas como o DNA, causando assim, agressões celulares (LIMA; PIMENTA; BOAVENTURA, 2010).

Tendo isso em vista, os sistemas antioxidantes combatem o aumento da concentração de EROs, que pode ser uma causa primária ou uma complicação secundária de várias doenças em que o estresse oxidativo desempenha um papel importante (CSÁNYI; MILLER JR, 2014; GHAVIPOUR *et al.*, 2016).

Os radicais livres são definidos como moléculas ou átomos que possuem elétrons de valência desemparelhados, tornando-os altamente reativos (SILVA; FERRARI, 2011). O estresse oxidativo celular ocorre quando há um desequilíbrio entre o balanço pró-oxidante/antioxidante, em favor da situação pró-oxidante, originando diversos processos fisiopatológicos como aterosclerose, diabetes, inflamação, doenças hepáticas, mal de Alzheimer, mal de Parkinson, vários tipos de câncer, entre outras desordens neurológicas e não-patológicas (ASOLINI; TEDESCO; CARPES, 2006; PÔRTO, 2001; SOUZA *et al.*, 2007).

Os óleos essenciais e extratos de plantas medicinais têm despertado um grande interesse na comunidade científica devido seu potencial como fonte de antioxidantes naturais e compostos biologicamente ativos. No entanto, uma investigação mais profunda para determinar como os componentes interagem para fornecer a atividade antioxidante ainda é necessária (HUSSAIN *et al.*, 2008).

3.4 Potencial fitotóxico de óleos essenciais

Em uma comunidade vegetal, as plantas estabelecem variadas interações, seja entre planta-planta ou planta-animais. Essas interações podem ocorrer de maneiras positiva, negativa ou neutra, porém, é comum que as plantas interajam de maneira negativa com plantas vizinhas, dessa maneira a emergência ou o crescimento de uma ou ambas são inibidas (OLIVEIRA; PIRES 2011).

Quando esta inibição ou interferência é ocasionada por substâncias químicas produzidas por organismos e que, no ambiente, afetam outros componentes da comunidade, denomina-se alelopatia (SZCZEPANSKI, 1977). Pode-se definir também, como todo efeito benéfico ou danoso, direto ou indireto que uma planta exerce sobre a outra através da produção de metabolitos secundários que são liberados no meio (TAIZ; ZEIGER, 2004; GOLDFARB *et al.*, 2009). Ao nos referirmos a ensaios alelopáticos, os metabólitos secundários passam a ser denominados de aleloquímicos e podem ser liberados no meio através de mecanismos como exsudação radicular, lixiviação, decomposição de resíduos e volatilização (BORELLA; PASTORINI, 2009).

Os efeitos alelopáticos podem ser benéficos quando inibem o desenvolvimento de ervas daninhas em campos de cultivos, uma vez que estas interferem diretamente na qualidade da safra, atrasando ou interferindo nos períodos de colheitas; podem causar envenenamento de animais e geram perdas globais de bilhões de dólares anualmente (KRAEHMER; BAUR, 2013). A exemplo disso, temos a *Mimosa pudica* popularmente conhecida como maria-fecha-a-porta ou malícia e *Senna obtusifolia* conhecida como mata-pasto, que infestam, especialmente, áreas de pastagens, solos cultivados e sua dormência podem chegar até a 15 anos (LORENZI, 2008; SILVA *et al.*, 2016).

Tendo isso em vista, a pesquisa desenvolvida por Souza Filho *et al.*, (2009), ao analisar os efeitos fitotóxicos dos óleos essenciais de *Piper hispidinervium*, demonstrou-se eficiente para inibir a germinação e o desenvolvimento de *Mimosa pudica* e *Senna obtusifolia*, notadamente em relação à germinação de sementes.

Essas atividades estão relacionadas à composição química dos óleos essenciais, uma vez que, estes apresentam a predominância de terpenoides lipofílicos, fenilpropanoides ou derivados de hidrocarbonetos alifáticos de cadeia curta, que atuam inibindo a via citrocômica da respiração por meio do bloqueio do ciclo do nitrogênio ou inibindo a germinação e

elongação de sementes de plantas (SILVA *et al.*, 2019). Desta forma, ressalta-se a importância dos óleos essenciais no desenvolvimento de produtos agroquímicos utilizando fontes naturais (MAFFEI *et al.*, 2011).

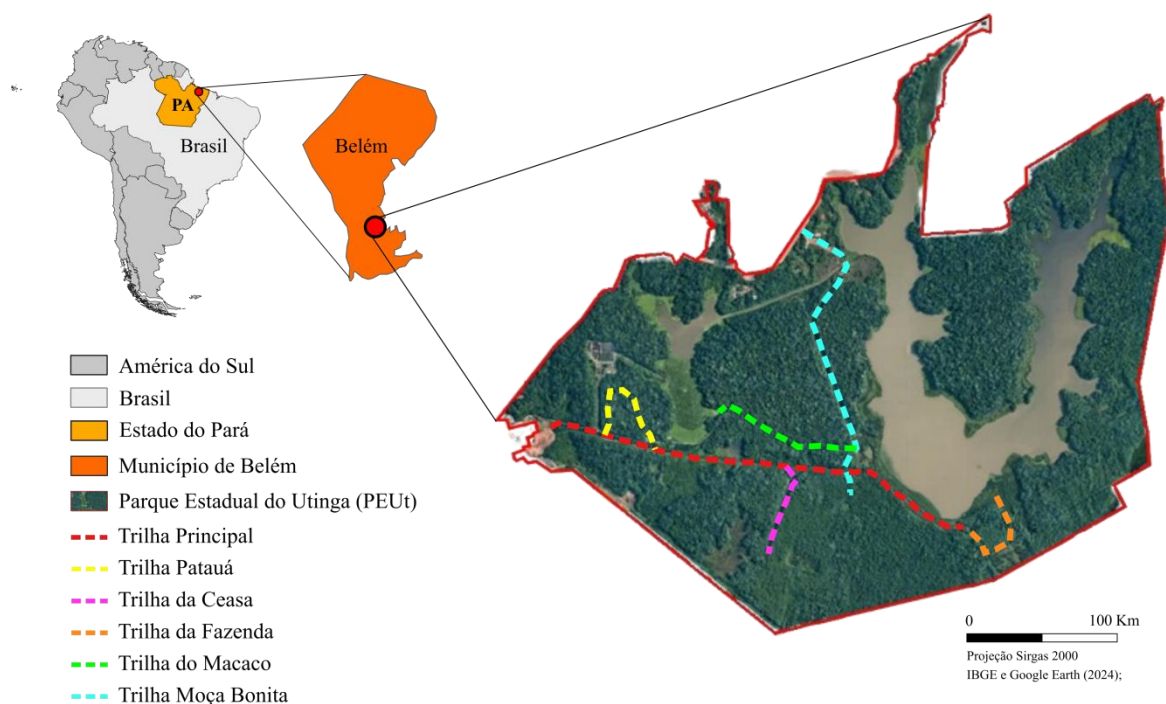
4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

O PEUt possui 1,4 mil hectares e é um dos últimos remanescentes de vegetação nativa da Amazônia. Além disso, apresenta singular riqueza de espécies de plantas e fungos, desta maneira, faz-se necessário esforço para elevar a compreensão sobre a distribuição de espécies na Amazônia, demonstrando a relevância do Parque para a conservação da flora local (FERREIRA *et al.*, 2012; 2022).

Tendo isso em vista, o presente estudo centrou-se no PEUt, especificamente nas trilhas: Principal, Macaco, Patauí, antiga estrada da Ceasa, Estrada Moça Bonita, estrada do acesso à rua da fazenda logo a pós ao recanto da volta (Figura 1), nos meses de junho e agosto de 2021 e abril de 2022.

Figura 1 – Trilhas no PEUt onde as coletas foram realizadas.



Fonte: autor (2022).

4.2 Procedimentos éticos

Neste estudo foram respeitados e tomados, inicialmente, todos os procedimentos legais cabíveis para a obtenção de licença para a realização das coletas e transporte de material botânico. Conforme a Instrução Normativa ICMBio nº 03/2014 que instituiu e regulamenta o Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade – SISBIO, o projeto de pesquisa foi submetido e aprovado, concedendo assim a primeira licença para coleta (ANEXO 1).

Em seguida, o projeto foi submetido junto ao Instituto de Desenvolvimento Florestal e da Biodiversidade - IDEFLOR-BIO que é o órgão responsável pelo gerenciamento da Unidade de Conservação, que aprovou e expediu a segunda licença para realização de pesquisa, coleta no PEUt e transporte de material botânico (ANEXO 2).

Posteriormente, as plantas que foram submetidas a avaliação da capacidade antioxidante e ao teste de fitotoxidade foram registradas no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado – SisGen, conforme Decreto nº 8.772, de 11 de maio de 2016, que regulamenta a Lei nº 13.123, de 20 de maio de 2015.

4.2.1 Ferramenta de retorno da pesquisa

O presente trabalho se compromete a disponibilizar ao Parque Estadual do Utinga, o retorno dos resultados obtidos na pesquisa, uma vez que o conhecimento sobre as espécies encontradas pode vir a garantir melhor manejo pela equipe gestora e para a sociedade, maiores conhecimentos científicos, uma vez que permite que a referida se aproprie desses, diante disso, propõe-se que os resultados sejam apresentados em forma de palestra à equipe gestora e ao público em geral.

4.3 Coleta de material botânico para identificação

As amostras de *Piper* L. foram coletados ao longo das trilhas ecológicas do PEUt de acordo com método de caminhamento (Figura 2 A) proposto por Filgueiras *et al.*, (1994), o material botânico fértil foi coletado para a montagem das exsicatas por método proposto por Fidalgo e Bononi (1989) (Figura 2 B) e a ficha de campo foi preenchida conforme modelo apresentado no anexo 3.

As espécies foram identificadas com base em caracteres morfológicos, principalmente florais, com a utilização de literatura especializada (GONÇALVES; LORENZI, 2007) e por comparação com as exsicatas incorporadas ao Herbário João Murça Pires (MG) do Museu Paraense Emílio Goeldi que foram analisadas pela especialista em Piperaceae Elsie Franklin Guimarães, posteriormente a identificação, os exemplares receberam os respectivos números de registro e foram incorporados a coleção do herbário MG.

Para a atualização da nomenclatura científica das espécies e seus autores foram consultadas as bases de dados da Lista de Espécies da Flora do Brasil (2020) e/ou por meio do site do Royal Botanical Garden of Kew (RBGK) e Missouri Botanical Garden (MOBOT), quando necessário. Este trabalho seguiu a proposta do APG IV (APG IV / CHASE *et al.*, 2016).

Figura 2 – Metodo de caminhamento (A) e Herborização(B).



Fonte: Autor (2022).

4.4 Levantamento bibliográfico, verificação da distribuição geográfica, grau de endemismo, *status* de conservação e critério para desenvolvimento de ensaio antioxidante e fitotoxidade

Para as espécies coletadas e identificadas nas trilhas do PEUt, selecionou-se artigos nos bancos de dados eletrônicos ISI-Web of Science (<http://apps.webofknowledge.com>), Scopus (www.scopus.com), PubMed (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>) e Google Scholar (<https://scholar.google.com/>) a fim de identificar pesquisas relacionadas às potencialidades químicas e biológicas da composição química dos óleos essenciais (OEs). Estas plataformas foram consultadas entre Maio e Junho de 2022. O período de buscas foi de 1º de janeiro de

2011 a 30 de junho de 2022, não sendo restringido nenhum idioma para tal. As palavras-chave utilizadas foram: “Piperaceae”, “essential oil” e “biological activities” em diferentes combinações com a palavra-chave principal que era o nome científico de cada espécie (ex. “*Piper aduncum*”). Os operadores booleanos e de proximidade AND, OR e (“ ”), também foram acrescentados quando necessário para restringir a amplitude da pesquisa na estratégia de busca.

Como estratégia de busca adicional, foram incluídos estudos obtidos através de busca manual das listas de referência dos artigos incluídos. Os estudos que não utilizaram a destilação por arraste a vapor ou hidrodestilação como métodos de obtenção dos OEs, estudos de revisão e que não estavam em conformidade com o tema e objetivos desta pesquisa ou aqueles que não estavam disponíveis na íntegra nas bases, além dos resultados duplicados foram excluídos.

Dos artigos selecionados foram coletadas as seguintes informações e organizadas em um banco de dados no *software Microsoft Excel*[®]: ano de publicação; nome dos autores; título do artigo; país; periódico de publicação; nome científico, partes da planta utilizada, método de extração, rendimento do OE, principais constituintes encontrados nos óleos essenciais e o tipo de aplicação ou atividades biológica.

A partir do levantamento bibliográfico, elencaram-se quatro espécies de *Piper* L (*Piper aduncum* L., *P. divaricatum* G.Mey, *P. hostmannianum* (Miq.) e *P. wachenheimii* Trel) para que fosse realizado o ensaio antioxidante e teste de fitotoxicidade de acordo com as metodologias propostas no presente estudo, uma vez que para estas metodologias, não há relatos na literatura para as espécies analisadas.

A distribuição geográfica e se as espécies são endêmicas ou não, foram verificados no sítio eletrônicos da Flora do Brasil 2020 (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>) e o *status* de conservação das espécies foi verificado na Lista Oficial das Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção (MMA 2022) e no portal do Centro Nacional de Conservação da Flora (<http://cncflora.jbrj.gov.br/portal>) (CNCFlora 2022).

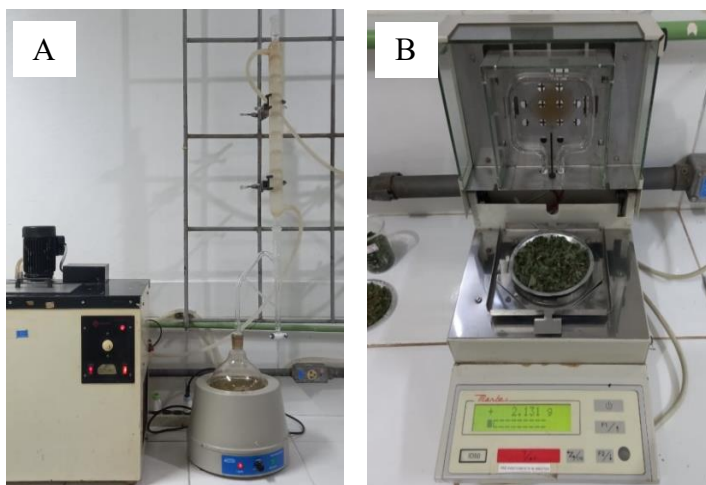
4.5 Coleta de material botânico para processamento e extração do óleo essencial

Foram coletados folhas e galhos de espécies de *Piper* L. encontradas nas trilhas, sem prejuízo para sobrevivência do indivíduo. Após a coleta, o material foi acondicionado em sacos apropriados, com aeração permanente, em seguida foram levados para secar em estufa

com ventilação a temperatura de 35 °C. Após 5 dias, tempo estimado para a secagem apropriada do material vegetal, as folhas foram separadas dos galhos e foram submetidas ao processo de moagem em moinho de facas, ambas as etapas foram executadas no Laboratório de Engenharia Química (LEQ) da UFPA.

A extração do óleo essencial ocorreu no Laboratório Adolpho Ducke (LAD), da coordenação de botânica do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), utilizando-se o método de hidrodestilação e extratores de vidros do tipo Clevenger modificado, acoplado ao sistema de refrigeração (Figura 3 A) para manutenção da água de condensação entre 10-15° C, durante 3h de acordo metodologia proposta por Maia e Andrade (2009). Após a extração, os óleos essenciais foram centrifugados durante 5 min a 3000 rpm, desidratados com Na₂SO₄ anidro e novamente centrifugados nas mesmas condições.

Figura 3 – Método de hidrodestilação e extratores de vidros do tipo Clevenger modificado, acoplado ao sistema de refrigeração (A) e Balança analisadora de umidade (B).



Fonte: Autor (2022).

4.6 Determinação da umidade residual e cálculo do rendimento

A porcentagem de água nas amostras estudadas foi determinada através de balança determinadora de umidade em infravermelho da marca Marte, modelo ID50 (Figura 3 B).

O rendimento (%) do óleo essencial extraído da biomassa vegetal foi obtido do material bruto seco em base livre de umidade (BLU), e foi calculado de acordo com método proposto por Santos *et al.*, (2004).

4.7 Identificação da composição química dos óleos essenciais

A composição química dos constituintes voláteis dos óleos essenciais foi analisada no Laboratório Adolpho Ducke (LAD), do MPEG por cromatografia de fase gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG/EM) (Figura 4), em sistema Shimatzu QP Plus-2010 equipado com coluna capilar de sílica DB-5MS (30 m x 0,25 mm; 0,25 μ m de espessura do filme) nas seguintes condições operacionais: gás de arraste: hélio, em velocidade linear de 36,5 cm/s; tipo de injeção: sem divisão de fluxo (2 μ L de óleo em 0,5mL de hexano); temperatura do injetor: 250°C, programa de temperatura: 60°-250°C, com gradiente de 3°C/min; temperatura da fonte de íons e outras partes 220°C. O filtro de quadrupolo varreu na faixa de 39 a 500 daltons a cada segundo. A ionização será obtida pela técnica de impacto eletrônico a 70 eV.

A identificação dos componentes voláteis foi baseada no índice de retenção linear (IR) calculado em relação aos tempos de retenção de uma série homóloga de *n*-alcanos injetados nas mesmas condições das análises, e no padrão de fragmentação observados nos espectros de massas, por comparação destes com amostras autênticas existentes nas bibliotecas do sistema de dados e da literatura (ADAMS, 2007).

Figura 4 – Cromatografo gasoso.



Fonte: Autor (2022).

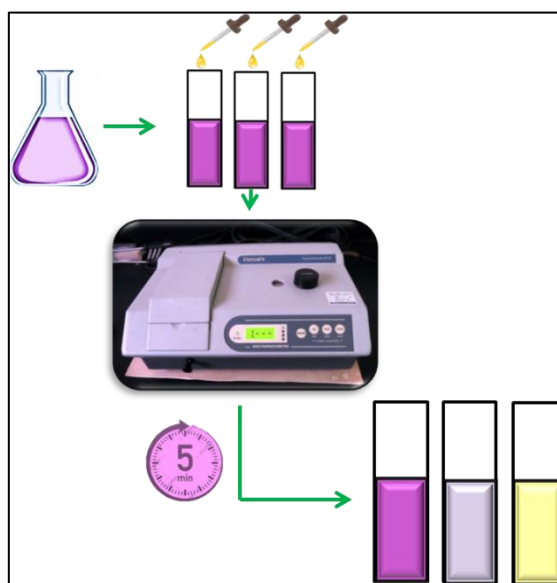
4.8 Potencial antioxidante dos óleos essenciais

4.8.1 Dosagem da capacidade antioxidante pelo método DPPH

O ensaio foi realizado de acordo com o método proposto por Blois (1958). Este método avalia a capacidade de substâncias, sintéticas ou naturais, para eliminar ou neutralizar o radical livre e estável 1,1-difenil-2-picril hidrazila (DPPH; Sigma-Aldrich; D9132; São Paulo/SP). O radical possui à cor púrpura ou violeta com uma absorção em solução de etanol ou metanol a 515-520 nm.

Uma substância antioxidante pode doar um átomo de hidrogênio ou transferir um elétron para a molécula de DPPH, que aceita para se tornar uma molécula estável diamagnético originando a forma reduzida DPPH-H com a perda da cor violeta de acordo com o tempo para amarelo pálido ou violeta claro (Figura 5). A mudança da cor violeta escuro para violeta claro, que resulta na diminuição da absorbância do radical DPPH, foi monitorada por um espectrofotômetro UV/visível (517 nm; Espectrofotômetro; Bioespectro SP22; São Paulo/SP) para a determinação capacidade antioxidante. A curva padrão foi realizada, utilizando o trolox como padrão.

Figura 5 – Esquema de dosagem da capacidade antioxidante pelo método DPPH.



Fonte: Autor (2022).

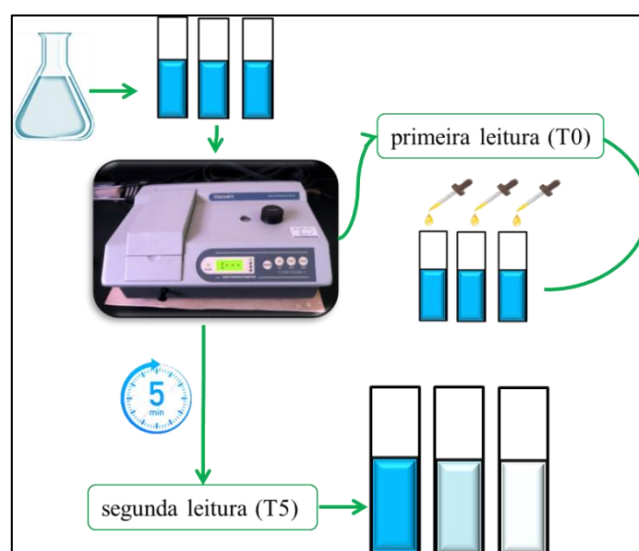
4.8.2 Dosagem da Capacidade Antioxidante Equivalente ao Trolox (TEAC)

O potencial antioxidante das substâncias estudadas foi determinado segundo a sua equivalência a um potente antioxidante conhecido, o trolox (ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromono-2-carboxílico; Sigma-Aldrich; 23881-3; São Paulo/SP), análogo sintético

hidrossolúvel da vitamina E. A capacidade antioxidante equivalente ao trolox (TEAC) será determinada de acordo com a metodologia adaptada de Miller *et al.* (1993) e modificado por Re *et al.* (1999). O TEAC baseia-se na inibição por antioxidantes do cátion radical ABTS⁺. O ABTS⁺ é um cromóforo de cor azul esverdeado, formado a partir da reação entre o 2,2'-azino-bis (ácido 3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico) sal de diamônio (ABTS; Sigma-Aldrich; A1888; São Paulo/SP) com o persulfato de potássio (K₂O₈S₂; Sigma-Aldrich; 216224; São paulo/SP). A adição de antioxidantes a este radical cátion pré-formado o reduz novamente a ABTS, em escala dependente da capacidade antioxidante, concentração de antioxidantes e duração da reação.

Inicialmente, foi adicionado 2970 µL da solução de trabalho de ABTS⁺ para a cubeta, seguido da primeira leitura (T0). Depois, 30 µL da amostra foram transferidos para a cubeta contendo o radical ABTS⁺ e, após 5 minutos, foi realizada a segunda leitura (T5) (Figura 6). A reação foi mensurada por Espectrofotômetro (Biospectro SP22; São Paulo/SP). Pela observação da mudança na absorbância lida a 734 nm durante cinco minutos Assim, foi determinada a atividade antioxidante total da amostra, sendo calculada a sua relação com a reatividade do Trolox como padrão, através da realização de curva padrão, sob as mesmas condições.

Figura 6 – Esquema de dosagem da capacidade antioxidante pelo método TEAC.



Fonte: Autor (2022).

4.9 Análise do potencial fitotóxico dos óleos obtidos

4.9.1 Preparo das sementes de *M. pudica* e *S. obtusifolia* para o bioensaio

Foi utilizado como plantas indicadoras dos efeitos potencialmente fitotóxico, as espécies de plantas daninhas, *Mimosa pudica* (malícia) e *Senna obtusifolia* (mata pasto). As sementes foram coletadas no campo experimental da Embrapa Amazônia Oriental, localizado em Belém, no estado do Pará. Posteriormente, as sementes foram limpas e imersas em ácido sulfúrico concentrado por 10 minutos para interromper a dormência, conforme descrito por Souza-Filho *et al.* (1998), decorrido este tempo, as sementes foram lavadas com água destilada por idêntico tempo de imersão no ácido e postas para secar em temperatura ambiente por três dias.

4.9.2 Bioensaio de germinação

Para realizar o bioensaio de germinação, inicialmente preparou-se as soluções teste que eram constituídas de 5 ml de cada OE e 50 ml de hexano. Posteriormente, cada placa de petri de 9,0 cm de diâmetro foi forrada com uma folha de papel de filtro qualitativo. As placas do grupo controle receberam somente água destilada, enquanto as demais receberam 3,0 mL da solução teste, após a evaporação do solvente, cada placa recebeu 20 sementes, constituindo em uma parcela experimental (Figura 7). As soluções testes foram adicionadas apenas uma vez, no início dos bioensaios, nas demais etapas, foi adicionado apenas água destilada sempre que necessário. O trabalho foi desenvolvido em câmara de germinação, com temperatura constante de 25°C e fotoperíodo de 12 h, o bioensaio de germinação foi realizado em triplicata.

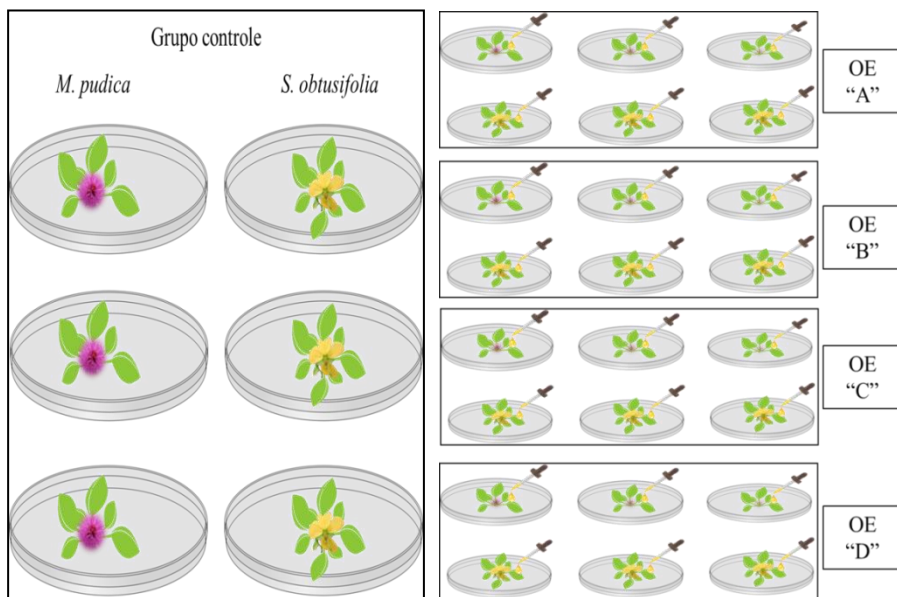
A germinação das sementes foi monitorada em períodos de cinco dias, com contagens diárias. Foi considerada semente germinada aquela que apresentava extensão radicular igual ou superior a 2,00 mm (JUNTILA, 1976; DURAM; TORTOSA, 1985).

4.9.3 Bioensaio de alongamento da radícula e hipocótilo

Para o bioensaio de alongamento da radícula e hipocótilo, inicialmente as sementes foram colocadas em um gerbox acrílico (11 x 11 x 4 cm), com duas folhas esterilizadas de papel mata-borrão esterelizda como substrato. Três gerbox acrílico foram utilizados e em cada um, foi adicionado 40 sementes que foram postas para germinar durante três dias em câmara

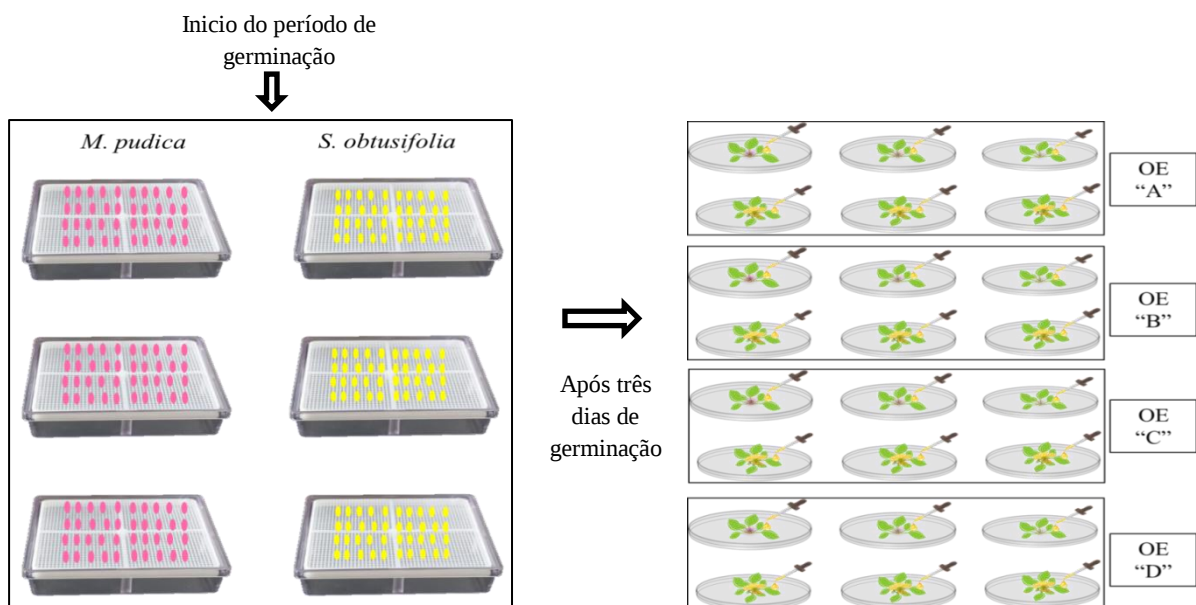
de germinação do tipo B.O.D, com temperatura constante de 25°C e fotoperíodo de 24 h. decorrido esse tempo, as placas do grupo controle receberam somente água destilada, enquanto que as demais placas receberam 3,0 mL da solução teste, após a evaporação do solvente, cada placa de petri de 9,0 cm de diâmetro, recebeu quatro sementes pré-germinadas (Figura 8). As soluções testes foram adicionadas apenas uma vez, no início dos bioensaios, sendo a partir de então, adicionado apenas água destilada sempre que necessário, o bioensaio foi realizado em triplicata. Ao final do período de cinco dias de crescimento, mediu-se o comprimento da radícula e do hipocótilo utilizando um paquímetro.

Figura 7 – Esquema do experimento de germinação.



Fonte: Autor (2022).

Figura 8 – Esquema do experimento de alongamento da radícula e hipocótilo.



Fonte: Autor (2022).

4.10 Análise de dados

O delineamento experimental foi do tipo inteiramente casualizado, com três repetições. Os dados foram submetidos à ANOVA e, posteriormente, à comparação múltipla das médias pelo teste de Tukey. O nível de significância adotado em todos os casos foi o de 5%, e todas as análises estatísticas foram realizadas com o software BioEstat (versão 5.3, Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, Belém, Pará, Brasil).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Espécies de *Piper* L encontradas nas trilhas do PEUt

Foram encontradas 16 espécies *Piper* L. nos locais em que as coletas foram realizadas no PEUt (Figura 9), sendo elas: *Piper aduncum* L. (MG243606), *P. belterraense* Yunck. (MG241924), *P. brevesanum* Yunck. (MG243604), *P. carniconnectivum* C.DC. (MG241923), *P. colubrinum* Link (MG243612), *P. consanguineum* Kunth (MG241928), *P. cyrtopodon* (Miq.) C.DC. (243610MG), *P. demeraranum* (Miq.) C.DC. (MG241925), *P. divaricatum* G.Mey. (MG 243602), *P. hispidum* Sw. (MG241931), *P. hostmannianum* (Miq.) C.DC. (MG241929), *P. montealegreanum* Yunck. (MG243609), *P. pellitum* C.DC. (MG241926), *P. piresii* Yunck. (MG241927), *P. schwackei* C.DC. (MG243605) e *P. wachenheimii* Trel. (MG241930).

Recentemente, Ferreira *et al.*, (2022) registraram a ocorrência de sete espécies de *Piper* L no PEUt sendo: *P. aduncum* L., *P. anonifolium* Kunth, *P. arboreum* Aubl., *P. brachypetiolatum* Yunck., *P. divaricatum* G.Mey, *P. hostmannianum* (Miq.) C. DC., *P. umbellatum* L., enquanto que o presente estudo fez o registro de 13 novas espécies de *Piper* para o Parque

Figura 9 – Espécies de *Piper L.* encontradas nas trilhas do PEUt.



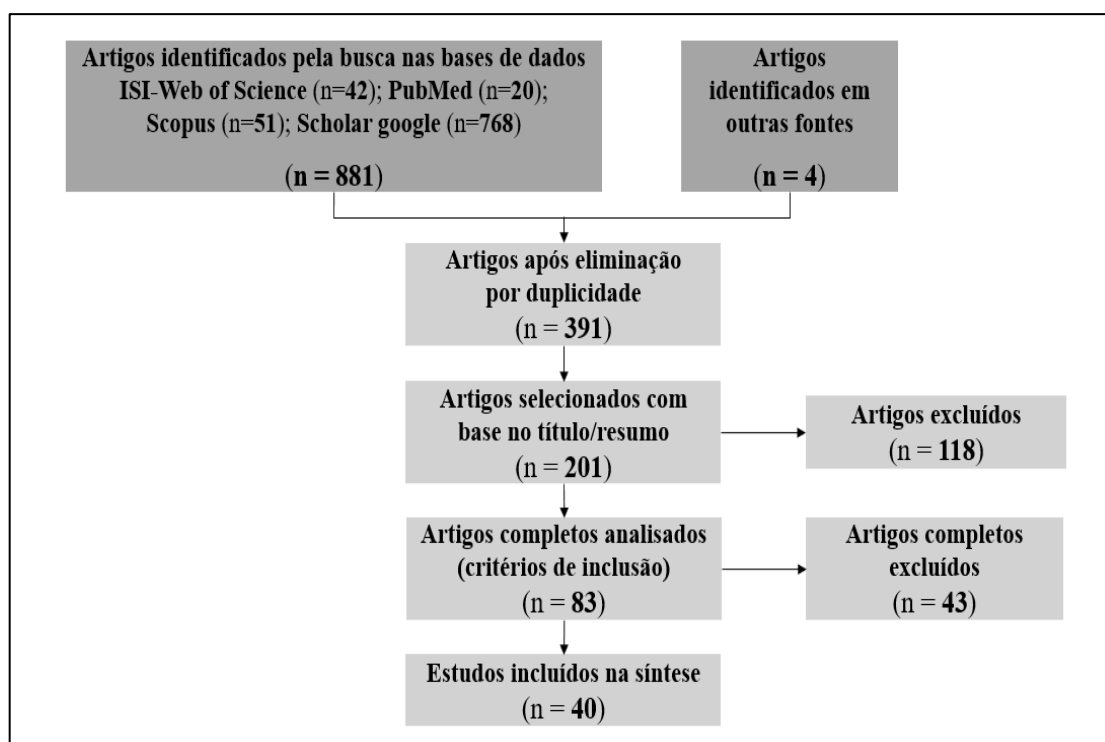
Fonte: Autor (2022).

5.2 Levantamento bibliográfico das espécies de *Piper* L. encontradas no PEUt

A pesquisa recuperou 885 arquivos nas bases de dados, sendo: Scholar Google (768), Scopus (51), ISI-Web of Science (42), PubMed (20) e quatro de outras fontes. Foram selecionados o total de 40 artigos sobre os OEs das espécies de *Piper* (Figura 10).

Os números de publicações variaram de uma a sete publicações por ano e 2016 foi ano mais expressivo em publicações (Figura 11). Os periódicos mais utilizados foram: Anais da Academia Brasileira de Ciências, Molecules e Revista Brasileira de Plantas Medicinais, estes periódicos estão relacionados à química de produtos naturais, o que está de acordo com as principais aplicações relatadas para os OEs de *Piper ssp* (Tabela 1). Além disso, o país mais representativo nos estudos foi o Brasil, provavelmente pela flora diversa e exuberante, uso tradicional de produtos naturais em especial relacionados à *Piper* para o tratamento de diversas enfermidades (SILVA *et al.*, 2019). O maior número de publicações é referente aos OEs de *P. aduncum* (28 artigos) e isso pode estar relacionado com a sua distribuição geográfica, pois no Brasil a espécie é encontrada de Norte a Sul do país (FLORA e FUNGA, 2022) e também, o seu OE possui entre os seus constituintes majoritários o dilapiol que é um fenilpropanoide com forte ação bactericida e antifúngica (BRAZÃO *et al.*, 2014; FERREIRA *et al.*, 2016).

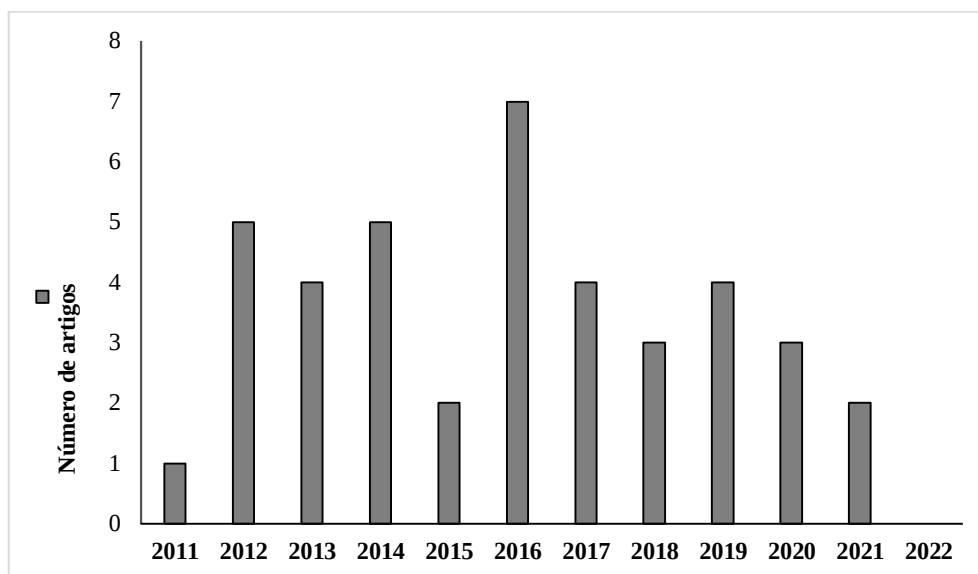
Figura 10 – Diagrama do fluxo do estudo mostrando o processo de triagem e seleção dos artigos sobre OE de *Piper ssp*.



Fonte: dados da pesquisa (2022).

Para a obtenção do óleo essencial, as folhas foram à parte da planta mais utilizada nos experimentos. Em relação aos métodos de extração, a hidrodestilação utilizando aparelho tipo Clevenger modificado foi a tecnica mais utilizada e isto esta relacionado à facilidade, acessibilidade e custo desta metodologia que é amplamente utilizada em escala laboratorial (MARQUES;SOUZA;ESPINHEIRA, 2019).

Figura 11 – Número de artigos identificados nas bases de dados referentes às espécies de *Piper* L. por ano.



Fonte: dados da pesquisa (2022).

Os registros disponíveis na literatura evidenciam que somente *P. aduncum* L, *P. consanguineum* Kunth, *P. demeraranum* (Miq.) C.DC., *P. divaricatum* G. Mey., *P. hispidum* Sw. e *P. hostmannianum* (Miq.) C.DC. apresentaram trabalhos que identificaram a composição química dos óleos essenciais e por conseguinte, realizaram testes: repelente, larvicida, inseticida, antibacteriana, antifúngica e antiparasitária (Tabela 1).

Isso demonstra que para *P. belterraense* Yunck., *P. brevesanum* Yunck., *P. carniconectivum* C.DC., *P. colubrinum* Link, *P. cyrtopodon* (Miq.) C.DC., *P. montealegreanum* Yunck. *P. pellitum* C.DC., *P. piresii* Yunck., *P. schwackei* C.DC. e *P. wachenheimii* Trel. estudos precisam ser ampliados, no intuito de avaliar possíveis novas atividades biológicas e até mesmo analisar a composição química dos óleos essenciais das espécies ainda com dados escassos na literatura antes que estas espécies se tornem raras, ameaçadas ou em perigo de extinção.

Tabela 1- Potencialidades biológicas para Espécies de *Piper* de 2011 a 2021.

Espécie	Parte da planta	Rendimento (%)	Principais constituintes	Atividades Biológicas	Autor	Ano
<i>P. aduncum</i> L.	Folhas	0,3 – 10,2	dilapiol, miristicina, α -humuleno, <i>trans</i> -ocimeno, (<i>E</i>)- β -ocimeno, spathulenol, α -pineno, biciclogermacreno, linalol e piperitona.	Repelente contra <i>Tetranychus urticae</i> .	Araújo <i>et al.</i>	2012
				Larvicida contra <i>Aedes aegypti</i> .	Oliveira <i>et al.</i> e Santana <i>et al.</i>	2013, 2015
				Anti-helmíntico contra <i>Haemonchus contortus</i> .	Oliveira <i>et al.</i> e Gaínza <i>et al.</i>	2014, 2016
				Inseticida contra ninfas de <i>Tribaca limbativentris</i> .	Krinski e Foerster	2016
				Leishmanicida contra formas de amastigotas de <i>Leishmania amazonensis</i> .	Bernuci <i>et al.</i>	2016
				Tóxico contra larvas de <i>Spodoptera frugiperda</i> .	Fazolin1 <i>et al.</i>	2016
				Inseticida contra o <i>Euschistus heros</i> .	Turchen <i>et al.</i> e Krinski <i>et al.</i>	2016, 2018
				Inseticida e Repelente contra <i>Callosobruchus maculatus</i> .	De Oliveira <i>et al.</i>	2017
				Tóxico contra <i>Helicoverpa armígera</i> .	Dos Santos <i>et al.</i>	2017
				Inseticida contra <i>Chrysodeixis includens</i> .	Sanini <i>et al.</i>	2017
				Toxicidade contra tripomastigotas e amastigotas de <i>Trypanosoma cruzi</i> .	Villamizar <i>et al.</i>	2017
				Toxicidade contra <i>Anticarsia gemmatalis</i> .	Krinski <i>et al.</i>	2018
				Antifúngica contra o <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> .	Valadares <i>et al.</i>	2018
				Antifúngica contra o <i>Aspergillus niger</i> e <i>Cladosporium sp.</i>	Wibawa <i>et al.</i>	2019
				Antibacteriana contra o <i>Staphylococcus aureus</i> .	Da Silva <i>et al.</i>	2020
				Inseticida contra <i>Drosophila suzukii</i> e <i>Trichopria anastrephae</i> .	Cossolin <i>et al.</i>	2020
				Toxicidade contra <i>Daphnia magna</i> , <i>Artemia salina</i> e <i>Panagrolaimus sp.</i>	Miura <i>et al.</i>	2021
	Partes aéreas	0,12 – 3,0	dilapiol, piperitona, miristicina.	Inseticida contra a <i>Solenopsis saevissima</i> .	Souto <i>et al.</i>	2012
				Bactericida contra <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>S. epidermidis</i> e <i>S. lentus</i> .	Brazão <i>et al.</i>	2014
				Antifúngica	Ferreira <i>et al.</i>	2016
	Inflorescências	0,42	piperitona, terpinen-4-ol, β -cariofileno, α -humuleno e miristicina.	Larvicida contra a <i>Aedes aegypti</i> .	Scalvenzi <i>et al.</i>	2019
				Antifúngica contra o <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> .	Valadares <i>et al.</i>	2018
	Frutos	0,33	apiol, 3-ciclohexeno-1-one, 2-isopropil-5-metil e miristicina.	Antifúngica contra <i>Aspergillus niger</i> e <i>Cladosporium sp.</i>	Wibawa <i>et al.</i>	2019

<i>P. aduncum</i> L.	Raízes	-	dilapiol, apiol, α -selineno, geranil-2-metil-butarato.	-	Pacheco <i>et al.</i> e De Oliveira <i>et al.</i>	2016, 2019
<i>P. consanguineum</i> Kunth	Folhas	0,30	γ -eudesmol, γ -cadineno, (<i>E</i>)-nerolidol e α -muurolol.	-	Araujo <i>et al.</i>	2018
<i>P. demeraranum</i> (Miq.) C.DC.	Folhas	0,6	β -elemeno, limoneno, biciclogermacreno, β -pineno, <i>trans</i> -cariofileno, germacreno-D	Leshmanicida contra formas promastigotas de <i>L. guyanensis</i> e <i>L. amazonensis</i> .	Do Carmo <i>et al.</i>	2012
<i>P. divaricatum</i> G. Mey.	Folhas	0,07 – 2,0	safrol, germacreno D, dauceno, γ -muuroleno, valenceno, γ -cadineno.	Antibacteriana contra gram-negativas (<i>Escherichia coli</i> , <i>Salmonella enterica</i> Ser. Typhimurium, <i>Pseudomonas aeruginosa</i>);	Barbosa <i>et al.</i>	2012
				Antioxidante, sequestro de radicais livres.	Silva, J.A. <i>et al.</i>	2014
	Partes aéreas	1,5 – 3,0	methyleugenol, eugenol, germacreno D.	Toxicidade contra o <i>Solenopsis saevissima</i> .	Souto <i>et al.</i>	2012
				Antifúngica contra <i>Fusarium solanif. sp. piperis</i> .	Da Silva <i>et al.</i>	2014
				Antioxidante, sequestro de radicais livres.	Silva, J.A. <i>et al.</i>	2014
	Caules	4,8	safrol, cadina-1(6),4-diene <cis>, γ -gurjuneno, δ -amorpheno.	Antibacteriana contra gram-negativas (<i>Escherichia coli</i> , <i>Salmonella enterica</i> Ser. Typhimurium, <i>Pseudomonas aeruginosa</i>);	Barbosa <i>et al.</i>	2012
	Frutas	1,7	safrol, cadina-1(6),4-diene <cis>, γ -gurjuneno, δ -amorpheno.	Antibacteriana contra gram-negativas (<i>Escherichia coli</i> , <i>Salmonella enterica</i> Ser. Typhimurium, <i>Pseudomonas aeruginosa</i>);	Barbosa <i>et al.</i>	2012
<i>P. hispidum</i> Sw.	Folhas	0,25	α -pineno, germacreno B, β -pineno, β -elemeno, óxido de cariofileno, δ -3-careno, β -cariofileno, espatulenol.	Antibacteriana contra <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>S. epidermides</i> , <i>S. saprophyticus</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>B. subtilis</i> e <i>Candida albicans</i> .	Morales <i>et al.</i>	2013
				Antitumoral, Citotoxicidade seletiva contra células cancerígenas.	Morales <i>et al.</i>	2013
				Antileishmaniose contra <i>L. amazonensis</i> .	Houel <i>et al.</i>	2015
				Inseticida contra <i>Anticarsia gemmatilis</i>	Krinski e Foerster	2016
	Frutas maduras	0,04	α -copaeno, α -pinene, β -pinene, (<i>E</i>)-nerolidol, (<i>E</i>)-Cariofileno.	-	Simeone <i>et al.</i>	2011
	Frutas não maduras	0,01	α -copaeno, α -pinene, β -pinene, (<i>E</i>)-nerolidol, (<i>E</i>)-cariofileno.	-	Simeone <i>et al.</i>	2011
<i>P. hostmannianum</i> (Miq.) C.DC.	Folhas	0,9	-	Larvicida contra a <i>Aedes aegypti</i> .	Albuquerque <i>et al.</i>	2020

Fonte: Autor (2022).

5.3 Distribuição geográfica endemismos e *status* de conservação das espécies de *Piper* L. encontradas no PEUt

A distribuição geográfica e registros de ocorrências confirmadas segundo o Flora e Funga do Brasil (2022), indicam que há registros de ocorrência para *P. aduncum* L., *P. divaricatum* G.Mey., *P. hispidum* Sw., *P. hostmannianum* (Miq.) C.DC. nas regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul. No entanto, o mesmo não ocorre para as demais espécies identificadas no Parque, a qual possuem registros confirmados somente para as regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste (Tabela 2).

A escassez de registros para as espécies de *Piper* L para as demais regiões do país, pode estar relacionada à sua forma de vida, uma vez que, uma das formas de vida para *Piper* é a arbustiva (MONTEIRO, 2018), entretanto, levantamentos quantitativos e qualitativos que buscam estipular a riqueza de espécies vegetais e visam plantas com diâmetro igual ou maior que 10 cm negligenciam essa forma de vida (FERREIRA *et al.*, 2022).

Além disso, *P. belterraense* Yunck., *P. brevesanum* Yunck., *P. carniconnectivum* C.DC., *P. montealegreanum* Yunck. e *P. schwackei* C.DC. são espécies endêmicas do Brasil (Tabela 2) com registros de ocorrência somente na região Norte e Nordeste do País e todas as espécies identificadas no presente trabalho não possuem avaliação quanto ao *status* de conservação realizado pelo Centro Nacional de Conservação da Flora (CNCFlora).

Isso demonstra a relevância de trabalhos que busquem uma análise precisa da vegetação de uma determinada região, uma vez que estes tipos de trabalhos geram informações que são essenciais para estudos ambientais, elaboração de plano de manejos e são imprescindíveis para que se possam desenvolver estratégias para melhor manejo da flora (MOTA, *et al.*, 2014), e reforça a importância das Unidades de Conservação como o PEUt, uma vez que de acordo com Fanatura (1989), um dos critérios considerados para a criação de uma Unidade de Conservação e a proteção de espécies raras, endêmicas, vulneráveis ou em perigo de extinção.

Tabela 2 - Espécies de *Piper* e suas respectivas distribuições geográficas, endemismo(N.E = Não é endêmica) (E = Endêmica) e avaliação quanto ao CNCFlora (N.A = Não Avaliado).

Espécie	Distribuição geográfica e registros de ocorrências confirmados	Endemismo (Brasil)	Avaliação CNCFlora
<i>P. aduncum</i> L.	Norte (Acre, Amazonas, Amapá, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins); Nordeste (Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte); Centro-Oeste (Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso); Sudeste (Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo) Sul (Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina).	N.E	N.A
<i>P. belterraense</i> Yunck.	Norte (Acre, Amazonas, Amapá, Pará); Nordeste (Maranhão).	E	N.A
<i>P. brevesanum</i> Yunck.	Norte (Amazonas, Pará).	E	N.A
<i>P. carniconectivum</i> C.DC.	Norte (Amazonas, Amapá, Pará).	E	N.A
<i>P. colubrinum</i> Link	-	-	-
<i>P. consanguineum</i> Kunth	Norte (Acre, Amazonas, Amapá, Pará, Rondônia, Roraima); Centro-Oeste (Mato Grosso).	N.E	N.A
<i>P. cyrtopodon</i> (Miq.) C.DC.	Norte (Amazonas, Amapá, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins) Centro-Oeste (Mato Grosso).	N.E	N.A
<i>P. demeraranum</i> (Miq.) C.DC.	Norte (Acre, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima) Centro-Oeste (Mato Grosso).	N.E	N.A
<i>P. divaricatum</i> G.Mey.	Norte (Acre, Amazonas, Amapá, Pará, Rondônia, Roraima); Nordeste (Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Pernambuco, Sergipe); Centro-Oeste (Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso); Sudeste (Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo).	N.E	N.A
<i>P. hispidum</i> Sw.	Norte (Acre, Amazonas, Amapá, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins); Nordeste (Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Sergipe); Centro-Oeste (Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso); Sudeste (Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo); Sul (Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina).	N.E	N.A
<i>P. hostmannianum</i> (Miq.) C.DC.	Norte (Acre, Amazonas, Amapá, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins); Nordeste (Alagoas, Maranhão, Pernambuco); Centro-Oeste (Mato Grosso do Sul, Mato Grosso) Sudeste (Minas Gerais).	N.E	N.A
<i>P. montealegreanum</i> Yunck.	Norte (Amapá, Pará, Roraima).	E	N.A
<i>P. pellitum</i> C.DC.	Norte (Acre, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins); Centro-Oeste (Mato Grosso).	N.E	N.A
<i>P. piresii</i> Yunck.	Norte (Acre, Amazonas, Amapá, Pará, Rondônia) Centro-Oeste (Mato Grosso).	N.E	N.A
<i>P. schwackei</i> C.DC.	Norte (Acre, Amazonas, Pará); Nordeste (Maranhão).	E	N.A
<i>P. wachenheimii</i> Trel.	Norte (Amapá, Pará).	N.E	N.A

Fonte: Flora e Funga do Brasil (2022), adaptado pelo autor.

5.4 Rendimento dos óleos essenciais de *P. aduncum* L., *P. divaricatum* G.Mey., *P. hostmannianum* (Miq.) C.DC. e *P. wachenheimii* Trel.

A umidade (%) do material botânico e os rendimentos dos óleos essenciais (OEs) (mL/100g) obtidos por hidrodestilação das folhas de *P. aduncum* (Padu), *P. divaricatum* (Pdiv), *P. hostmannianum* (Phos) e *P. wachenheimii* (Pwac) estão listados na tabela 3, pode-se observar que as folhas de *P. wachenheimii* apresentaram maior umidade (64%) e baixo rendimento de óleo essencial (0,90%), enquanto *P. aduncum* apresentou a maior teor de OE (2,67%) dentre os exemplares analisados.

Tabela 3- Rendimento dos óleos essenciais das folhas de *P. aduncum* (Padu), *P. divaricatum* (Pdiv), *P. hostmannianum* (Phos) e *P. wachenheimii* (Pwac).

	Junho		Agosto	
	Phos	Pwac	Padu	Pdiv
Umidade (%)	14,06	63,93	12,5	12,0
Óleo (%)	1,79	0,90	2,67	0,68

Fonte: Autor (2022).

Outros estudos avaliaram espécimes de *P. aduncum* coletados na estrada da Ceasa e no campus do NPI localizados no município de Belém do Pará apresentaram o rendimento de 1,8% e 1,2%, respectivamente. Já o *P. divaricatum*, coletado na área do Mocambo e área da EMBRAPA em Belém, apresentou teor de 0,6%, e 1,8% respectivamente; em Ananindeua no bairro do Aurá, *P. divaricatum* apresentou o teor de 0,6%. *P. hostmannianum* coletado na área da EMBRAPA e no campus de pesquisa do Museu Paraense Emilio Goeldi apresentaram os teores de 0,3% e 0,1%, por fim, *P. wachenheimii*, coletado na alça viária no ramal Pirabas no município de Bujaru apresentou o teor de 1,6% (ANDRADE *et al.*, 2009). Isso demonstra que para o presente estudo, os rendimentos dos OEs analisados apresentaram teores maiores do que os descritos na literatura, exceto para *P. divaricatum* obtido na área da EMBRAPA e para *P. wachenheimii*.

Com isso, pode-se observar que a localidade em que a coleta foi realizada pode ocasionar variações nos teores dos OEs para as referidas espécies. Além disso, ressalta-se que estímulos oriundos dos fatores abióticos como luminosidade, temperatura, pluviosidade, nutrição, época e horário de coleta, bem como técnicas de colheita e pós-colheita podem exercer influência no rendimento e composição química dos OEs (MORAIS, 2009; MONTEIRO; BRANDELII, 2017).

5.5 Composição química dos óleos essenciais de *P. aduncum* L., *P. divaricatum* G.Mey., *P. hostmannianum* (Miq.) C.DC. e *P. wachenheimii* Trel.

A tabela 4 a apresenta os constituintes químicos identificados nos OEs das folhas secas de *P. aduncum*, *P. divaricatum*, *P. hostmannianum* e *P. wachenheimii*, com seus respectivos índices de retenção (IR), em ordem crescente.

Tabela 4- Composição química dos óleos essenciais das folhas *P. aduncum* (Padu), *P. divaricatum* (Pdiv), *P. hostmannianum* (Phos) e *P. wachenheimii* (Pwac) coletados em junho e agosto no PEUt.

IR _C	IR _L	Constituintes	Padu	Pdiv	Phos	Pwac
934	932	α-pineno	1,09		5,42	4,61
978	974	β-pineno	1,83	1,9	20,3	4,78
988	988	mirreno	0,04			14,89
1006	1002	α -felandreno				1,48
1012	1008	δ -3-careno				0,36
1016	1014	α -terpineno	0,48			0,48
1023	1024	O-cimeno	0,36			
1024	1025	P-cimeno				0,89
1029	1024	limoneno			2,61	9,77
1029	1029	silvestreno	2,45			
1035	1032	(Z)- β -ocimeno	2,54			
1046	1044	(E)- β -ocimeno	8,4	10,81		0,61
1058	1054	γ -terpineno	2,8			
1088	1086	terpinoleno	1,03			
1103	1095	Linalol			21,54	32,34
1121	1121	dehidroabinacetona				0,08
1128	1128	allo-ocimeno	0,99			
1117	1174	terpinen-4-ol	2,64			
1190	1186	α -terpineol			0,22	0,24
1254	1249	piperitona	4,65			2,55
1323	1322	geranato de metila				0,18
1338	1335	δ -elemeno	0,3	0,82	0,11	0,32
1378	1348	α -cubebeno		0,23	0,56	
1359	1356	eugenol		26,93		
1377	1374	α -copaeno		0,33		0,15
1383	1376	(E)-cinamato de metila			1,19	
1386	1387	β -bourboneno		0,11		
1393	1389	β-elemeno	0,16	6,93	0,05	4,73
1392	1390	7-epi-sesquitujeno			0,39	

1405	1403	metileugenol		19,11		
1421	1417	(E)- cariofileno	1,12	7,78	15,05	6,67
1432	1430	β -copaeno		0,52	0,26	0,19
1439	1432	(E)-α-Bergamoteno			6,96	
1434	1434	γ -elemeno				0,11
1441	1439	aromadendreno				0,16
1441	1440	(Z)- β -farneseno		0,25		
1445	1442	6,9-guaiadieno				0,16
1450	1450	isogermacreno D				0,12
1456	1452	α -humuleno	0,24	0,57	1,36	0,91
1463	1458	alo-aromadendreno				0,33
1476	1471	dauca-5,8-dieno			0,09	
1475	1475	γ -gurjuneno				0,34
1478	1478	γ - muuroleno		0,84	0,17	0,36
1483	1484	germacreno D	0,8	6,97	1,56	1,85
1488	1489	β -selineno			3,32	0,5
1491	1496	valenceno				0,2
1493	1492	(Z)- β -guaiano				0,86
1495	1495	γ -amorfenol			0,17	
1499	1500	biciclogermacreno	1,38	4,01		1,87
1502	1502	α - muuroleno		0,32	0,26	0,3
1510	1505	β -bisaboleno			0,77	
1508	1509	α -bulneseno				0,71
1516	1513	γ -cadineno		0,42		0,2
1513	1514	β -curcumeno			0,1	
1522	1517	miristicina	0,59			
1521	1520	7-epi- α -Selinene			0,13	
1527	1521	acetileugenol		9,25		
1525	1522	δ -cadineno	0,16		0,84	0,55
1530	1528	(E)- γ -bisaboleno			0,51	
1528	1533	(E)-cadina-1,4-dieno				0,05
1537	1537	selina-4(15),7(11)-dieno				0,12
1545	1544	α -calacoreno				0,12
1551	1551	α -elemol				0,26
1564	1561	(E)- nerolidol		0,2	2,26	1,09
1580	1577	espatulenol	0,62	0,29		
1586	1582	óxido de cariofileno	0,16	0,27	4,2	0,41
1595	1592	viridiflorol	0,92			0,19
1600	1600	guaiol			0,06	
1611	1608	β -atlantol			0,63	
1613	1608	humuleno epóxido II			0,39	
1617	1618	junenol			0,18	
1631	1620	dilapiol	64,03	0,8		

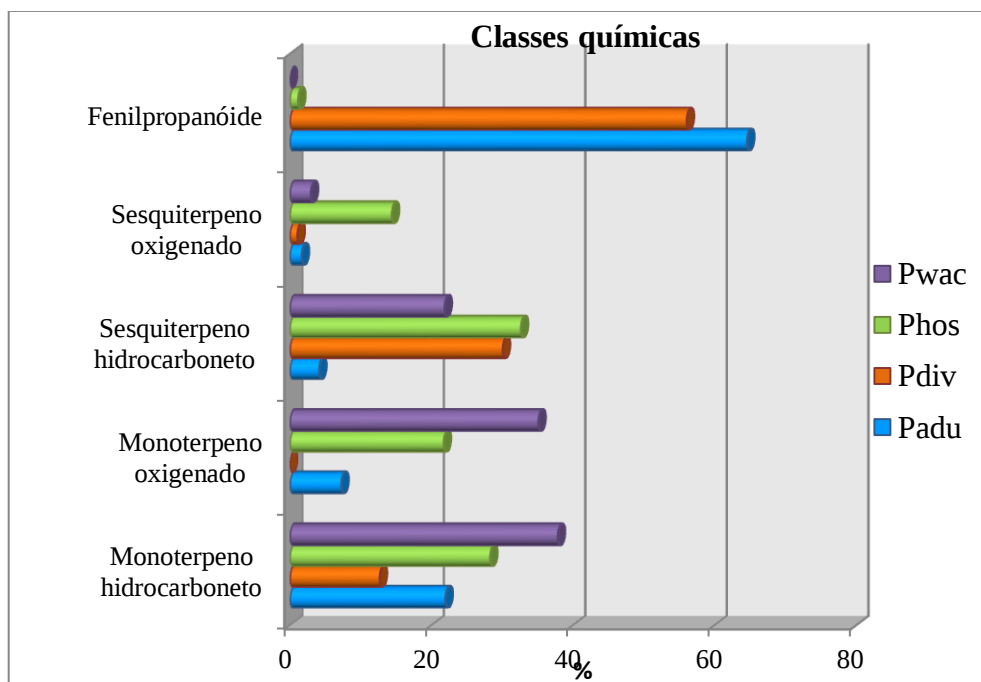
1632	1627	1-epi-cubenol	0,33	
1637	1639	cariofila-4(12),8(13)-dien-5 α -ol	1,5	
1643	1640	epi- α -muurolol		0,2
1649	1644	α -muurolol	1	0,17
1646	1645	cubenol	0,32	
1655	1650	Cedr-8(15)-en-10-ol	0,14	
1659	1652	α -cadinol	0,33	0,34
1657	1651	pogostol		0,66
1661	1666	14 - hidroxí - (Z) - cariofileno	0,35	
1674	1668	14 - hidroxí -9-epi- (E) - cariofileno	0,24	
1678	1676	Z-Nerolidil acetato	0,06	
1684	1685	germacra-4(15),5,10(14)-trien-1- α -ol	0,13	
1688	1685	α -Bisabolol	0,8	
1694	1690	bergamotol- Z- α -trans	0,32	
1714	1713	14-hidroxí- α -humuleno	0,85	
1734	1728	iso-Longifolol	0,33	
Monoterpenos hidrocarbonetos			22,01	12,71
Monoterpenos oxigenados			7,29	21,76
Sesquiterpenos hidrocarbonetos			4,16	30,1
Sesquiterpenos oxigenados			1,7	1,09
Fenilpropanóides			64,62	56,09
Total			99,78	99,99
			98,37	97,86

Nota: IR_C = índice de retenção calculado IR_L = índice de retenção da literatura Adams.

Fonte: Autor (2022).

A classe terpenica dos OEs das folhas secas de *P. aduncum* é caracterizado majoritariamente por fenilpropanóides (64,62%), assim como *P. divaricatum* (56,09%) enquanto que *P. hostmannianum* é caracterizado majoritariamente por sesquiterpenos hidrocarbonetos (32,66%) e *P. wachenheimii* é caracterizado majoritariamente por monoterpenos hidrocarbonetos (37,87%) (Figura 12).

Figura 12 – Classes químicas óleos essenciais das folhas *P. aduncum* (Padu), *P. divaricatum* (Pdiv), *P. hostmannianum* (Phos) e *P. wachenheimii* (Pwac) coletados em junho e agosto no PEUt.



Fonte: Autor (2022).

Os constituintes majoritários no OE de *P. aduncum* foram dilapiol (64,03%), (*E*)- β -ocimeno (8,4%) e piperitona (4,65%). Já para *P. divaricatum*, os constituintes majoritários foram eugenol (26,93%), metileugenol (19,11%), (*E*)- β -ocimeno (10,81%), acetileugenol (9,25%), (*E*)-cariofileno (7,78%), germacreno D (6,97%) e β -elemeno (9,93%). *P. hostmannianum*, apresentou como constituintes majoritários linalol (21,54%), β -pineno (20,03%), (*E*)-cariofileno (15,05%) e (*E*)- α -bergamoteno (6,96%) e *P. wachenheimii* possui como constituintes majoritários linalol (32,34%), mirceno (14,89%), limoneno (9,77%), (*E*)-cariofileno (6,67%), β -pineno (4,78%) e α -pineno (4,61%).

Andrade *et al.* (2009) avaliaram a composição química de *P. aduncum* coletado na estrada da Ceasa no qual apresentou como constituintes majoritários dilapiol (92,8%), espatulenol (1,0%), piperitona (0,7%), já para espécie coletada no *campus* do NPI, os constituintes majoritários foram dilapiol (64,4%), piperitona (3,3%) e (*E*)- β -ocimeno (3,3%). Para *P. divaricatum* coletado na área do Mocambo os constituintes majoritários foram metileugenol (46,5%), eugenol (39,5%) e β -elemeno (5,9%). Para espécie coletada na área da EMBRAPA foi indetificado como constituintes majoritários eugenol (29,9%), metileugenol (19,3%) e safrol (7,7%) e para coleta de material realizada em Ananindeua, obteve-se como constituintes majoritários metileugenol (35,4%), eugenol (21,9%) e α -pineno (11,0%). *P.*

hostmannianum que foi obtido na área da EMBRAPA, exibiu como constituintes majoritários β -cariofileno (19,5%), germacreno D (10,6%), β -pineno (5,6%), mirceno (4,9%) e α -pineno (3,3%) e para coleta realizada no *campus* de pesquisa do MPEG a espécie apresentou β -cariofileno (30,7%), germacreno D (10,8%), mirceno (8,1%) e p -pineno (7,5%).

Os registros de composição química para *P. wachenheimii* são escassos na literatura, no entanto, Andrade *et al.* (2009), realizaram a análise da composição química para a referida espécie coletada no município de Bujaru no Pará e obtiveram como constituintes majoritários linalol (24,2%), mirceno (21,7%), β -cariofileno (9,5%) e limoneno (2,7%).

Pode-se observar com isso, que a composição química dos OEs das espécies obtidas no presente trabalho são semelhantes as encontradas na literatura, porém com alterações quantitativas e qualitativas. Estas variações, podem estar relacionadas aos estímulos ambientais que ocorrem onde a planta se encontra, uma vez que esses estímulos podem redirecionar a rota metabólica, fazendo com que ocorra a biossíntese de diferentes compostos. Além disso, é relevante frisar que vários fatores bióticos e abióticos podem apresentar correlações entre si, não atuando isoladamente, mas exercendo influência conjunta no metabolismo secundário (MORAIS, 2009; MONTEIRO; BRANDELLI, 2017).

5.6 Ensaio antioxidante dos óleos essenciais de *P. aduncum* L., *P. divaricatum* G.Mey, *P. hostmannianum* (Miq.) C.DC. e *P. wachenheimii* Trel.

Para a realização da medição da atividade antioxidante dos OEs de *P. aduncum*, *P. divaricatum*, *P. hostmannianum* e *P. wachenheimii*, utilizou-se os radicais livres pré-formados DPPH[•] e ABTS^{•+}, a tabela 6 demonstra os resultados da capacidade antioxidante dos OEs das referidas espécies. Pelo Método TEAC, o resultado para *P. aduncum* foi de 0,545 mM (milimolar), *P. divaricatum* foi de 1,313 mM, *P. hostmannianum* 0,445 mM e para *P. wachenheimii* 0,229 mM. Já para o ensaio realizado com DPPH o resultado para *P. aduncum* foi de 1,03 mM, *P. divaricatum* apresentou 1,06 mM, *P. hostmannianum* e *P. wachenheimii* 1,09 mM.

Ao comparar os resultados obtidos para os OEs com o padrão Trolox a 1mM, nota-se que para o TEAC, *P. divaricatum* apresentou inibição de 1,313 mM ficando acima do padrão, enquanto *P. aduncum* (0,545 mM), *P. hostmannianum* (0,445 mM) e *P. wachenheimii* (0,291 mM), ficaram abaixo do padrão. Para o DPPH a capacidade de inibição de *P. aduncum* foi de 1,03 mM, *P. divaricatum* 1,06 mM, *P. hostmannianum* e *P. wachenheimii* 1,09 mM, ficando semelhante ao padrão (Trolox 1 mM).

Tabela 5- Capacidade antioxidante dos OE das folhas de *P. aduncum* (Padu), *P. divaricatum* (Pdiv), *P. hostmannianum* (Phos) e *P. wachenheimii* (Pwac) pelos métodos TEAC e DPPH.

Espécime	Capacidade Antioxidante	
	TEAC	DPPH
Padu	0,545 ± 0,05	1,03 ± 0,034
Pdiv	1,313 ± 0,35	1,06 ± 0,018
Phos	0,445 ± 0,04	1,09 ± 0,011
Pwac	0,291 ± 0,06	1,09 ± 0,012

Fonte: Autor (2022).

Observa-se que os resultados obtidos a partir da mensuração da capacidade antioxidante para os testes realizados foram diferentes, *P. divaricatum* ficou acima do padrão (1mM de Trolox) para o teste de TEAC e semelhante ao padrão para DPPH, enquanto *P. aduncum*, *P. hostmannianum* e *P. wachenheimii* ficaram abaixo do padrão para o TEAC e semelhante ao padrão para o DPPH (Tabela 5).

As diferenças entre os resultados que foram obtidas por DPPH e ABTS, pode ocorrer em virtude da diferença nos mecanismos de reação que cada um desses radicais livres apresenta contra as moléculas antioxidantes presentes nas amostras (WOOTTON-BEAR *et al.*, 2011; SANTOS *et al.*, 2015). Segundo Ferreira *et al.* (2021), ao utilizar o ABTS^{•+}, a transferência de elétrons pode ocorrer, os compostos antioxidantes fornecem elétrons para reduzir o cátion radical e esses compostos possuem tempo para reagir completamente, e assim, permitem a medição da capacidade antioxidante total. Para o radical DPPH[•], a inibição se baseia na reação de transferência de átomos de hidrogênio, que pode ocorrer entre antioxidantes e radicais peroxila. Para essa metodologia, são criados radicais de hidrogênio ao invés de peroxila, que são mais estáveis e menos transitórios, dessa forma favorecem a sua reação com os compostos antioxidantes, que podem resultar em níveis mais elevados de capacidade antioxidante.

P. aduncum coletado na Reserva Natural de Topes de Collantes, Cuba, apresentou como constituintes principais de seu OE piperitona (34%), cânfora (17,1%), canfeno (10,9%), 1,8-cineol (8,7%) e viridiflorol (7,4%), e evidenciou atividade antioxidante pelo método de DPPH (RODRÍGUEZ *et al.*, 2013). O OE extraído de *P. aduncum* coletado no distrito de Napo, Peru apresentou como principais constituintes 1,2,4-trimetoxi-5-(1-propenil)-benzeno (39,32%), metileugenol (12,85%), germacreno D (7,52%), biciclogermacreno (5,88%), β -cariofileno (2,82%) e δ -cadineno (2,81%), β -ocimeno (2,34%), 4,7,7-trimetilbiciclo[2.2.1]

heptan-3-1 (2,99%), apresentou boa capacidade antioxidante pelo método de TEAC e DPPH (INGAROCA; CASTRO; RAMOS, 2019).

Pode-se observar que *P. aduncum* obtido no presente trabalho, possui boa capacidade antioxidante pelo método de DPPH, o que corrobora com os dados presentes nas literaturas (RODRÍGUEZ *et al.*, 2013; INGAROCA; CASTRO; RAMOS, 2019) e isso pode esta relacionado aos constituintes majoritários dos OEs das espécies analisadas.

Realizou-se teste de capacidade antioxidante pelo método de DPPH com OE extraído de *P. divaricatum* que apresentou os seguintes constituintes químicos, germacreno D (9,4%), valenceno (11,1%) e γ -cadineno (11,0%), para a avaliação da capacidade antioxidante utilizaram como referência para o índice de atividade antioxidante o ácido ascórbico 226,84 $\mu\text{g.mL}^{-1}$ e para esta metodologia, o OE de *P. divaricatum* não apresentou atividade antioxidante significativa (SILVA *et al.*, 2014). No entanto, CORPES *et al.*, (2019) analisou o perfil volátil de *P. divaricatum* que foram cultivadas *in vivo* e *in vitro*, e obteve como principais constituintes metil eugenol, *E*- β -ocimeno e β -elemeno, ao analisar a atividade antioxidante por DPPH, obteve maiores atividades para plantas cultivadas *in vitro* em comparação com plantas cultivadas *in vivo*.

OE *P. divaricatum* extraído por hidrodestilação e CO₂ supercrítico em diferentes combinações de temperatura e pressão, apresentou como constituintes majoritários metil eugenol (61,9%), eugenol (21,7%), acetato de eugenol (4,35%) e germacreno D (3,21%), a capacidade de sequestro do radical DPPH foi maior 34,69 % a partir da fração de OE obtida a 35 °C/300 bar em extração realizada por CO₂ supercrítico e de 20,48 % a partir da extração realizada por hidrodestilação. A capacidade antioxidante por TEAC demonstrou que as frações obtidas por hidrodestilação e CO₂ supercrítico também foram eficientes no sequestro do radical ABTS^{•+}; porém, essa ação foi diferenciada, com variações entre 116 mg Trolox/mL e 296,86 mg Trolox/mL (DE OLIVEIRA *et al.*, 2019).

As atividades antioxidantes obtidas para *P. divaricatum*, podem não está associadas à ação de um constituinte isolado dos metabolitos secundários que se encontram em maiores concentrações, como eugenol, metil eugenol e acetato de eugenol, e o sesquiterpeno β -elemeno, estas atividades podem esta relacionadas ao efeito sinérgico entre a constituição dos componentes químicos dos OEs, sendo assim, cada constituinte pode atuar de uma forma especifica que possa vir a contribuir com o elevado potencial antioxidante que a espécie apresentou (DE OLIVEIRA *et al.*, 2019).

Para *P. hostmannianum* e *P. wachenheimii* não foram encontradas literaturas disponíveis que pudessem ser utilizadas para comparação sendo este, o primeiro relato de ensaio antioxidante com OE para as referidas espécies.

A atividade antioxidante que os óleos essenciais apresentaram pode estar intimamente relacionada à composição química das referidas espécies, para *P. aduncum* dilapiol, (*E*)- β -ocimeno e piperitona, para *P. divaricatum* eugenol, metileugenol, (*E*)- β -ocimeno, (*E*)-cariofileno, germacreno D e β -elemeno, para *P. hostmannianum* linalol, β -pineno, (*E*)-cariofileno e (*E*)- α -bergamoteno e para *P. wachenheimii* linalol, mirceno, limoneno, (*E*)-cariofileno, β -pineno e α -pineno (Tabela 5), pois a estes constituintes são atribuídas diversas atividades químicas e biológicas (Tabela1), além de serem encontrados nos OEs das espécies de *P. aduncum* e *P. divaricatum* que também apresentaram boa capacidade antioxidante (RODRÍGUEZ *et al.*,2013;CORPES *et al.*,2019; DE OLIVEIRA *et al.*,2019; INGAROCA; CASTRO;RAMOS, 2019).

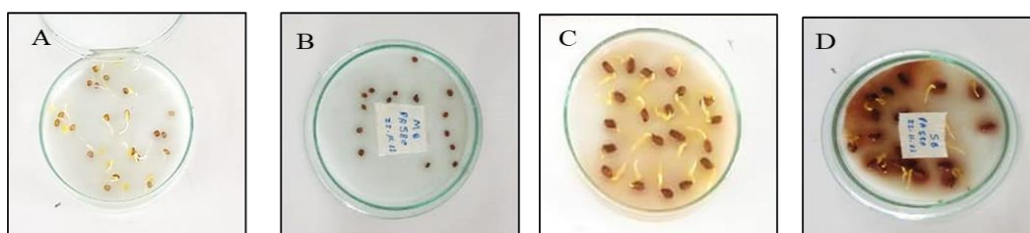
Desta forma as espécies analisadas no presente estudo evidenciam potencial antioxidante, demonstrando-se promissoras para a inibição de radicais livres, uma vez que os resultados obtidos corroboram com dados presentes em outras literaturas.

5.7 Fitotoxicidade dos óleos essenciais de *P. aduncum* L., *P. divaricatum* G.Mey, *P. hostmannianum* (Miq.) C.DC. e *P. wachenheimii* Trel.

A intensidade dos efeitos alelopáticos dos OEs de *P. aduncum*, *P. divaricatum*, *P. hostmannianum* e *P. wachenheimii* pode ser observada sobre a germinação, alongamento da radícula e do hipocótilo das espécies analisadas: *Mimosa pudica* e *Senna obtusifolia*.

O teste de Tukey para a germinação para as sementes de *S. obtusifolia*, não foi significativo para: *P. wachenheimii* e *P. hostmannianum*, porém, foi significativo para *P. aduncum* ($P < 0,01$) e *P. divaricatum* ($P < 0,05$). Já para a germinação de *M. pudica*, o teste mostrou-se significativo somente para *P. aduncum* ($P < 0,01$).

Figura 13 – Controle de *M. pudica* (A), efeito do OE de *P. aduncum* sobre *M. pudica* (B), controle de *S. obtusifolia* (C), efeito do OE de *P. aduncum* sobre *S. obtusifolia* (D).



Fonte: Autor (2022).

Pode-se observar na tabela 6 que o OE de *P. aduncum* foi o que apresentou maior inibição 97,44% sobre a germinação das sementes de *M. pudica* e *S. obtusifolia*, sendo os maiores efeitos sobre a germinação de *M. pudica* (Figura 13 B).

Tabela 6- Inibição do OE das folhas de *P. aduncum* (Padu), *P. divaricatum* (Pdiv), *P. hostmannianum* (Phos) e *P. wachenheimii* (Pwac) sobre a germinação das sementes de *M. pudica* e *S. obtusifolia*.

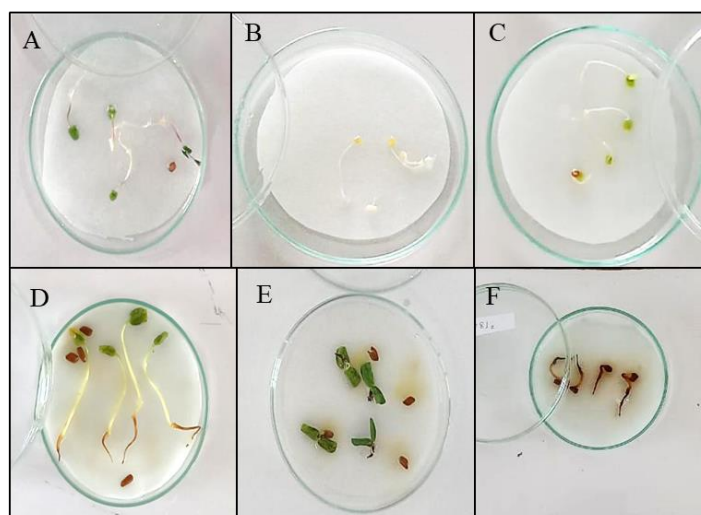
Espécime	Germinação	
	<i>M. pudica</i> (%)	<i>S. obtusifolia</i> (%)
Padu	97,44 ± 4,44	31,67 ± 7,64
Pdiv	38,46 ± 13,32	20,00 ± 8,66
Phos	10,26 ± 8,88	1,67 ± 2,89
Pwac	33,33 ± 4,44	6,67 ± 2,89

Nota: Os valores são expressos como média e desvio padrão.

Fonte: Autor (2022).

O Teste para o alongamento da radícula de *S. obtusifolia*, mostrou-se significativo para todos os óleos analisado sendo o valor $P < 0,01$ para *P. aduncum*, *P. divaricatum* e *P. wachenheimii* e $P < 0,05$ para *P. hostmannianum*. Para *M. pudica* o teste também foi significativo para todos os OEs analisados ($P < 0,01$).

Figura 14 – Controle de *M. pudica* (A), efeito do OE de *P. divaricatum* (B) e *P. wachenheimii* (C) sobre *M. pudica*. Controle de *S. obtusifolia* (D), efeito do OE de *P. aduncum* (E) e *P. divaricatum* (F) sobre *S. obtusifolia*.



Fonte: Autor (2022).

O OE de *P. divaricatum* (0,78%,) e *P. wachenheimii* (0,77%) foram os que apresentaram maior inibição sobre ao alongamento da radícula de *M. pudica* (Tabela 7), enquanto que, para o alongamento da radícula de *S. obtusifolia* os OEs que apresentaram maior inibição foram *P. aduncum* (0,63%) (figura 14 E) e *P. divaricatum* (0,59%) (figura 14 F).

Tabela 7- Inibição do OE das folhas de *P. aduncum* (Padu), *P. divaricatum* (Pdiv), *P. hostmannianum* (Phos) e *P. wachenheimii* (Pwac) sobre o desenvolvimento da radícula de *M. pudica* e *S. obtusifolia*.

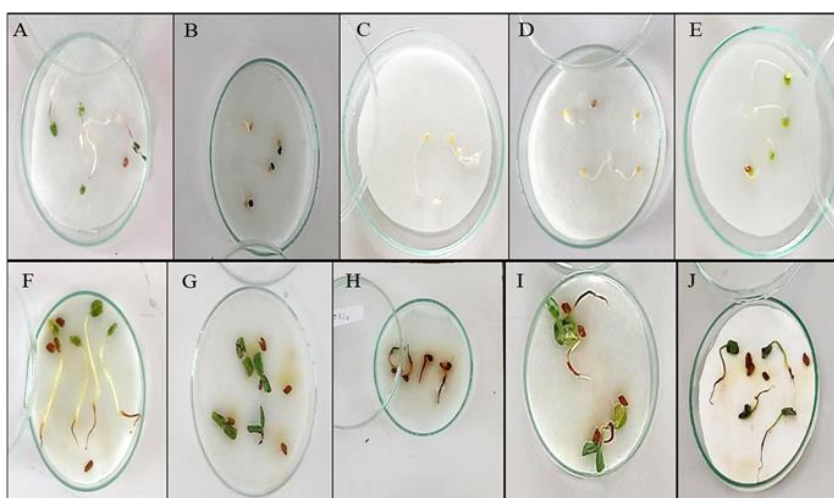
Espécies	Alongamento da radícula	
	<i>M. pudica</i> (%)	<i>S. obtusifolia</i> (%)
Padu	0,36 ± 0,16	0,63 ± 0,00
Pdiv	0,78 ± 0,03	0,59 ± 0,14
Phos	0,46 ± 0,03	0,26 ± 0,00
Pwac	0,77 ± 0,06	0,42 ± 0,29

Nota: Os valores são expressos como média e desvio padrão.

Fonte: Autor (2022).

A análise para o alongamento do hipocótilo de *S. obtusifolia* foi significativa somente para *P. aduncum* ($P < 0,01$) e para o alongamento do hipocótilo de *M. pudica* o teste não mostrou-se significativo somente para *P. aduncum*, sendo significativo para os demais ($P < 0,01$).

Figura 15 – Controle de *M. pudica* (A), efeito do OE de *P. aduncum* (B) *P. divaricatum* (C) *P. hostmannianum* (D) e *P. wachenheimii* (E) sobre *M. pudica*. Controle de *S. obtusifolia* (F), efeito do OE de *P. aduncum* (G) e *P. divaricatum* (H), *P. hostmannianum* (I) e *P. wachenheimii* (J) sobre *S. obtusifolia*.



Fonte: Autor (2022).

No alongamento do hipocótilo de *M. pudica* (Tabela 8), o OE de *P. aduncum* fez com que não houvesse alongamento de hipocótilo (Figura 15 B) e para os OEs de *P. divaricatum*, *P. hostmannianum* e *P. wachenheimii* foi observado efeito estimulatório, sendo o efeito mais intenso para *P. wachenheimii* (2,15%), enquanto no alongamento do hipocótilo de *S. obtusifolia* (Tabela 8), todos os OEs analisados fizeram com que houvesse inibição, e *P. aduncum* (0,55%) foi o que apresentou maior efeito (Figura 15 G).

Tabela 8- Inibição e estimulação do OE das folhas de *P. aduncum* (Padu), *P. divaricatum* (Pdiv), *P. hostmannianum* (Phos) e *P. wachenheimii* (Pwac) sobre o desenvolvimento do hipocótilo de *M. pudica* e *S. obtusifolia*.

Espécies	Alongamento do hipocótilo	
	<i>M. pudica</i> (%)	<i>S. obtusifolia</i> (%)
Padu	0,00 ± 0,40	0,55 ± 0,26
Pdiv	-1,78 ± 0,56	0,36 ± 0,47
Phos	-1,69 ± 0,42	0,13 ± 0,11
Pwac	-2,15 ± 0,16	0,19 ± 0,65

Nota: Os valores são expressos como média e desvio padrão.

Fonte: Autor (2022).

Observa-se que houve diferenças consideráveis na intensidade dos efeitos que os OEs de *P. aduncum*, *P. divaricatum*, *P. hostmannianum* e *P. wachenheimii* causaram na germinação e alongamento da radícula e hipocótilo de *M. pudica* e *S. obtusifolia*. A literatura indica que os OEs de *Piper* possuem diversas potencialidades (Tabela 1), porém, não foram encontradas literaturas disponíveis que pudessem ser utilizadas para comparação dos OE para a maioria das espécies estudadas no presente trabalho, no entanto, há relatos de atividades alelopática para OEs extraídos de outras espécies do gênero *Piper*.

O OE de *P. guineense* ao ser testado no comprimento da raiz de plântulas de alface em várias concentrações apresentou inibição de 38% a 50% no crescimento da raiz. O experimento foi repetido com sementes de alface Simpson de sementes pretas e resultados semelhantes foram obtidos, mas essa inibição foi significativamente maior de 50% a 57% (OGUNTIMEIN; ELAKOVICH, 1991). O OE *P. dilatatum* e *P. divaricatum* foram testados em *Lolium perenne* e *Lactuca sativa*, o OE de *P. divaricatum* apresentou fitotoxicidade seletiva para *L. perenne* com 44% de inibição radicular, e de 48% a 63% de inibição no crescimento foliar. O OE de *P. dilatatum* foi o mais fitotóxico para *L. perene*, pois a inibição foi de 27% a 31% para crescimento radicular e de 55% a 100% de inibição foliar, o OE de *P. dilatatum* afetou também, o crescimento radicular de *L. sativa* na dose máxima (100% de

inibição em 0,2 mg/mL) (JARAMILLO-COLORADO; PINO-BENITEZ; GONZALEZ-COLOMA, 2019). O OE de *P. hispidinervium*, causou a inibição de 77% sobre a germinação das sementes de *M. pudica* e 65% sobre a germinação de *S. obtusifolia*, da mesma maneira, efeito inibitório foi verificado para o desenvolvimento da radícula e do hipocótilo de *M. pudica* e *S. obtusifolia* (SOUZA FILHO *et al.*, 2009).

Tendo isso em vista, as espécies analisadas no presente estudo, evidenciam grande potencial alelopático, demonstrando-se promissoras para formulação de biocidas naturais, uma vez que os resultados obtidos corroboram com as potencialidades alelopáticas que o gênero *Piper* apresenta (JARAMILLO-COLORADO; PINO-BENITEZ; GONZALEZ-COLOMA, 2019).

Diante do exposto, os OEs têm apresentado como fortes inibidores de germinação de sementes e do desenvolvimento vegetal, esse potencial está intimamente ligado à composição química que esses compostos voláteis podem apresentar. *P. aduncum* possui como constituinte majoritário dilapiol, (*E*)- β -ocimeno e piperitona (Tabela 4). A estes constituintes, são atribuídos eficácia em atividades larvicida, inseticida, plasmodicida e bactericida (Tabela 1). Além disso, dilapiol apresenta grande valor agregador por ser um importante sinérgico em formulações agroquímicas (FAZOLIN *et al.*, 2007). O perfil químico do OE de *P. divaricatum* possui como constituintes majoritários eugenol, metileugenol e (*E*)- β -ocimeno (Tabela 4) e a esses compostos são atribuídas fortes atividades inseticidas, larvicida e bactericidas (Tabela 1). A composição química do OE de *P. hostmannianum* e *P. wachenheimii* apresentaram como constituintes majoritários linalol, α -pineno, β -pineno, (*E*)-cariofileno, mirceno, e (*E*)- α -Bergamoteno (Tabela 4) e estes constituintes apresentam eficácia em atividades larvicida contra o *A. aegypti* e ação antiprotozoária contra *Trypanosoma cruzi* em suas formas tripomastigotas e amastigotas, além de atividade bactericida (Tabela 1).

Souza Filho *et al.*, (2009) destaca que os efeitos dos OEs sobre a germinação e desenvolvimento de plantas são comumente explicados devido a ação de um constituinte que se encontra em grandes concentrações, porém, esses óleos são misturas complexas de vários constituintes em concentrações variadas que sinérgicamente promovem efeitos sobre outros organismos.

Quanto ao alongamento do hipocótilo para de *M. pudica*, An e colaboradores (1993), destacam que um dado aleloquímico possui duas características, sendo a primeira inibição e a segunda, estimulação. Tendo isso em vista, os efeitos alelopáticos quando se encontram em baixas concentrações, podem exercer em determinados casos, efeito estimulatório ao invés de

inibitório para uma espécie receptora, uma vez que este processo, pode exercer influência sobre a produção dos fito-hormônios da espécie alvo, fazendo com que ocorra um aumento na sensibilidade dos seus tecidos (RICE *et al.*, 1984). Além disso, atividades biológicas que um determinado aleloquímico pode desempenhar está intimamente ligada à concentração, como também é dependente do limite da resposta da espécie afetada, desta maneira, o limite de inibição para uma determinada substância é variável, no entanto, relaciona-se a sensibilidade da espécie receptora, as condições ambientais e aos processos fisiológicos da planta (SOUZA-FILHO *et al.*, 2009). Com isso, denota-se que o OE de *P. aduncum*, *P. divaricatum*, *P. hostmannianum* e *P. wachenheimii* potencial fitotóxico, demonstrando-se promissoras para a inibição da germinação e desenvolvimento vegetal das espécies invasoras *M. pudica* e *S. obtusifolia*.

6 CONCLUSÃO

O presente trabalho buscou ampliar os conhecimentos para *Piper* L. ocorrente no Parque Estadual do Utinga, Belém-PA e ratificar a importância que o Parque apresenta para a cidade de Belém-PA.

Encontrou-se 16 espécies *Piper* L. no PEUt e destas, 5 são endêmicas do Brasil e ocorrem somente nas regiões Norte e Nordeste do país.

P. aduncum foi a espécie que obteve o maior teor de OE 2,67% e *Piper divaricatum* foi o que obteve o menor teor 0,68%. Quanto à composição química das espécies analisadas, pode-se observar, que a composição obtida foi semelhante a registros encontrados na literatura, porém com alterações quantitativas e qualitativas.

O teste da capacidade antioxidante para as espécies analisadas, evidenciaram que *P. divaricatum* foi a única espécie que ficou acima do padrão (1mM de Trolox) para o teste de TEAC. Para o DPPH, todas as espécies analisadas tiveram resultados semelhantes ao padrão.

Já o teste fitotoxidade, demonstrou que os OEs causaram inibição principalmente na germinação e alongamento da radícula de *M. pudica* e *S. obtusifolia*. No entanto, para o hipocótilo de *M. pudica* foi observado que os OEs de *P. divaricatum*, *P. hostmannianum* e *P. wachenheimii* causaram estimulação e para *S. obtusifolia*, todos os OE analisados fizeram com que houvesse inibição no alongamento do hipocótilo.

O trabalho não só ampliou os conhecimentos para as espécies de *Piper* L presente no PEUt, mas também evidenciou que ainda há muitos estudos a serem realizados e novas potencialidades biológicas a serem descobertas.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, R.P. Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Mass Spectrometry. **Allured Publishing Corp.**, Carol Stream, 2007.
- AGUIAR, L.W., CITADINI-ZANETTE, V., MARTAU, L. e BACKES, A. Composição florística de epífitos vasculares numa área localizada nos municípios de Montenegro e Triunfo, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia** (série Botânica), v. 28, p.55-93. 1981.
- ALBERNAZ, A. L. K. M; AVILA-PIRES, T. C. S. (Ed.). **Espécies ameaçadas de extinção e áreas críticas para a biodiversidade no Pará**. Museu Paraense Emílio Goeldi, 2009.
- ALMEIDA, A. S.; VIEIRA, I. C. G. Centro de Endemismo Belém: status da vegetação remanescente e desafios para a conservação da biodiversidade e restauração ecológica. **REU**, Sorocaba, SP, v. 36, n. 3, p. 95-111, dez. 2010. Disponível em: <file:///C:/Users/nilze/Downloads/501-Texto%20Original-527-1-10-20110714.pdf>. Acesso em: 19 Jun. 2020.
- ALVES, E. O et al. Levantamento etnobotânico e caracterização de plantas medicinais em fragmentos florestais de Dourados-MS. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 2, p. 651-658, 2008.
- 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.
- ANDRADE, EH de A.; GUIMARÃES, E. F.; MAIA, J. G. S. **Variabilidade química em óleos essenciais de espécies de Piper da Amazônia**. Belém, FEQ/UFPa. 448p, 2009.
- APG IV – The Angiosperm Phylogeny Group. CHASE, M. W. *et al.* An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, vol. 181, p. 1-20, 2016. Disponível em: <https://academic.oup.com/botlinnean/article/181/1/1/2416499>. Acesso em: 19 Jun. 2020.
- ARAÚJO, C. A. D.; CAMARA, C. A. G. D.; MORAES, M. M. D.; VASCONCELOS, G. J. N. D.; 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 Amazonica**, v. 48, p. 330-337, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-4392201800771>. Acesso em: 01 Jun. 2022.
- ARAÚJO, M. J. C.; CÂMARA, 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, n. 2, p. 139-155, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10493-012-9545-x>. Acesso em: 01 Jun. 2022.
- ASOLINI, F. C.; TEDESCO, A. M.; CARPES, S. T. Atividade antioxidante e antibacteriana dos compostos fenólicos dos extratos de plantas usadas como chás. **Braz. J. Food Technol.**, v.9, n.3, p. 209-215, jul./set. 2006.

AUTRAN, E. S. et al. Chemical composition, oviposition deterrent and larvicidal activities against *Aedes aegypti* of essential oils from *Piper marginatum* Jacq. (Piperaceae). **Bioresource Technology**, v. 100, n. 7, p. 2284–2288, 2009.

AYRES, M.; AYRES JR., M.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. A. S. BioEstat 5.3: Aplicações Estatísticas nas Áreas das Ciências Biológicas e Médicas. 5. ed. Belém: **Publicações Avulsas do Mamirauá**, 2007.

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, p. 1806-1808, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422012000900019>. Acesso em: 01 Jun. 2022.

BERNUCI, K. Z.; IWANAGA, C. C.; FERNANDEZ-ANDRADE, C. M. M.; LORENZETTI, F. B.; TORRES-SANTOS, E. C.; FAIÕES, V. D. S.; GONÇALVES, J. E.; DO AMARAL, W.; DESCHAMPS, C.; SCODRO, R. B. L.; CARDOSO, R. F.; BALDIN, V. P.; CORTEZ, D. A. G. Evaluation of chemical composition and antileishmanial and antituberculosis activities of essential oils of *Piper* species. **Molecules**, v. 21, n. 12, p. 1698, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/molecules21121698>. Acesso em: 01 Jun. 2022

BERG, M.E. Van den; SILVA, M.H.L. Plantas medicinais na Amazônia: contribuição ao seu conhecimento sistemático. **Museu Paraense Emílio Goeldi**, Belém, Brasil. 1993.

BIASI, L. A; DESCHAMPS, C. **Plantas aromáticas**: do cultivo à produção de óleo essencial. 1 ed. Curitiba/PR, Ed. Layer Studio Gráfico e Editora Ltda,p 160, 2009.

BIZZO, H. R.; ANA MARIA, C. H.; REZENDE, C. M. Oleos essenciais no brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 588–594, 2009.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Instrução normativa ICMBio nº03, de 01 de setembro de 2014. Fixa normas para a utilização do Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - Sisbio. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/sisbio/images/stories/instrucoes_normativas/INSTRUÇÃO_NORMATIVA_ICMBio_Nº_3_DE_2014__com_retificação_do_DOU18062015.pdf. Acesso em: 15 de setembro de 2020.

BRAZÃO, M. A. B.; BRAZÃO, F. V.; GUILHERME, J.; MONTEIRO, M. C. Antibacterial activity of the *Piper aduncum* oil and dillapiol, its main constituent, against multidrug-resistant strains. **Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas**, v. 13, n. 6, p. 517-526. 2014. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/856/85632545002.pdf>. Acesso em: 01 Jun. 2022.

BLOIS, M. S. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. **Nature**, v. 181, n. 4617, p. 1199-1200, 1958.

BORELLA, J.; PASTORINI, L. H., Influência alelopática de *Phytolacca dioica* L. na germinação e crescimento inicial de tomate e picão-preto. **Revista Biotemas**. Florianópolis, v. 22, n. 3, p. 67-75, 2009

Centro Nacional de Conservação da Flora - CNCFlora. Disponível em: <http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/>. Acesso em: 14 jun. 2022.

CRAVEIRO, Afranio Aragao; QUEIROZ, D. C. Óleos essenciais e química fina. **Química nova**, v. 16, n. 3, p. 224-228, 1993.

CORPES, R. et al. Comparison of volatile profile and antioxidant activity of *Piper divaricatum* G. Meyer (Piperaceae) using cuttings and cell tissue. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 30, p. 2291-2298, 2019.

COSSOLIN, J. F.; PEREIRA, M. J.; MARTÍNEZ, 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, n. 7, p. 763-770, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10646-019-02072-8>. Acesso em: 01 Jun. 2022.

CSÁNYI G, MILLER JR FJ. Oxidative stress in cardiovascular disease. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 15, n. 4, p. 6002-6008, 2014.

DA SILVA, A. C. A.; MATIAS, E. F.; ROCHA, J. E.; DE ARAÚJO, A. C. J.; DE FREITAS, T. S.; CAMPINA, F. F.; COSTA, M. do. S.; SILVA, L. E.; DO AMARAL, W.; MAIA, B. H. L. N. S.; FERRIANI, A. P.; BEZERRA, C. F.; IRITI, M.; COUTINHO, H. D. Gas chromatography coupled to mass spectrometry (GC-MS) characterization and evaluation of antibacterial bioactivities of the essential oils from *Piper arboreum* Aubl., *Piper aduncum* L. e *Piper gaudichaudianum* Kunth. **Zeitschrift für Naturforschung C**, v. 76, n. 1-2, p. 35-42, 2021. Disponível em: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/znc-2020-0045/html>. Acesso em: 01 Jun. 2022.

DA SILVA, J. K. R.; SILVA, J. R. A.; NASCIMENTO, S. B.; DA LUZ, S. F.; MEIRELES, E. N.; ALVES, C. N.; ALVES, C. N.; RAMOS, A. R.; MAIA, J. G. S. Antifungal activity and computational study of constituents from *Piper divaricatum* essential oil against *Fusarium* infection in black pepper. **Molecules**, v. 19, n. 11, p. 17926-17942. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/molecules191117926>. Acesso em: 01 Jun. 2022.

DA SILVA, J. K. R. et al. Essential oils of Amazon *Piper* species and their cytotoxic, antifungal, antioxidant and anti-cholinesterase activities. **Industrial Crops and Products**, v. 58, p. 55–60, 2014.

DA SILVA, J. K. R. et al. Composition and cytotoxic and antioxidant activities of the oil of *Piper aequale* Vahl. **Lipids in Health and Disease**, v. 15, n. 1, p. 1–6, 2016.

DE ALBUQUERQUE, J. S.; GaMA, E.; FRANÇA, L. P.; DE JESUS, R. P. Atividade Larvicida dos óleos essenciais de *Piper Dilatatum* e *Piper Hostmannianum* (Piperaceae) para o controle de *Aedes Aegypti* (Culicidae) em laboratório. **Dê Ciência em foco**, v. 4, n. 1, p. 22-28, 2020. Disponível em: <https://revistas.uninorteac.com.br/index.php/DeCienciaemFoco0/article/view/446>. Acesso em: 01 Jun. 2022.

DE LIMA MOREIRA, D.; PEREIRA, R. A. Chemodiversity of Essential Oils in *Piper* L.(Piperaceae) Species from the Restinga of Marambaia Island, Rio de Janeiro-RJ, Brazil.

Revista Virtual de Química, v. 13, n. 5, p. 1203-1215, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.21577/1984-6835.20210067>. Acesso em: 01 Jun. 2022.

DE OLIVEIRA, M. S. et al. Phytochemical profile, antioxidant activity, inhibition of acetylcholinesterase and interaction mechanism of the major components of the *Piper divaricatum* essential oil obtained by supercritical CO₂. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 145, p. 74-84, 2019.

DE OLIVEIRA, J. S. F.; XAVIER, L. P.; LINS, A.; ANDRADE, E. H. A.; MAIA, J. G. S.; DE MELLO, A. H.; SETZER, W. N.; RAMOS, A. R.; DA SILVA, J. K. R. Effects of inoculation by arbuscular mycorrhizal fungi on the composition of the essential oil, plant growth, and lipoxygenase activity of *Piper aduncum* L. **AMB Express**, v. 9, n. 1, p. 1-12, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s13568-019-0756-y>. Acesso em: 01 Jun. 2022.

DE SOUZA, M. T.; DE SOUZA, M. T.; BERNARDI, D.; KRINSKI, D.; DE MELO, D. J.; DA COSTA OLIVEIRA, D.; RAKES, M.; ZARBIN, P. H. G.; MAIA, B. H. L. N. S.; ZAWADNEAK, M. A. C. Chemical composition of essential oils of selected species of *Piper* and their insecticidal activity against *Drosophila suzukii* and *Trichopria anastrephae*. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, n. 12, p. 13056-13065, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-07871-9>. Acesso em: 01 Jun. 2022.

DO CARMO, D. F. M.; AMARAL, A. C. F.; MACHADO, G. M.; LEON, L. L.; SILVA, J. R. D. A. Chemical and biological analyses of the essential oils and main constituents of *Piper* species. **Molecules**, v. 17, n. 2, p. 1819-1829. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/molecules17021819>. Acesso em: 01 Jun. 2022.

DOS SANTOS, T. L. B.; TURCHEN, L. M.; DALL'OGGIO, E. L.; BUTNARIU, A. R.; PEREIRA, M. J. B. Phytochemical of *Piper* essential oil and acute toxicity against *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 4, p. 484-489, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v12i4a5482>. Acesso em: 01 Jun. 2022.

DURAM, J. M.; TORTOSA, M. E. The effects of mechanical and chemical scarification on germination of charlock (*Sinapsis arvensis* L.) seeds. **Seed Sci. Technol.**, v. 13, n. 1, p. 155-163, 1985.

Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias- **EMBRAPA**. Produtos Florestais Não Madeireiro: uso sustentável de açaí, andiroba, castanha e Cipó-titica. 2012.

FANATURA. Fundação Pró Natureza. Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC. Brasília, 1989.

FAZOLIN, M.; ESTRELA, J. L. V.; CATANI, V.; ALÉCIO, M. R.; LIMA, M. S. Propriedade inseticida dos óleos essenciais de *Piper hispidinervum* C. DC.; *Piper aduncum* L. e *Tanecium nocturnum* (Barb. Rodr.) Bur. & K. Shum sobre *Tenebrio molitor* L. , 1758. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 1, p. 113-120, 2007.

FAZOLIN, M.; ESTRELA, J.; MONTEIRO, A. M.; DA SILVA, I. M.; GOMES, L. P.; SILVA, M. D. F. Combining the essential oil of *Piper aduncum* L. with commercial insecticides. Semina: **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 37, n. 6, p. 3903-3914, 2016.

Disponível em: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2016v37n6p3903>. Acesso em: 01 Jun. 2022.

FERREIRA, L.V, et al. O efeito da fragmentação e isolamento florestal das áreas verdes da região metropolitana de Belém. **Pesquisas Botânica**, v. 63, p. 357-367, 2012.

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

FERREIRA, O. O. et al. Chemical Composition and Antioxidant Activity of Essential Oils from Leaves of Two Specimens of *Eugenia florida* DC. **Molecules**, v. 26, n. 19, p. 5848, 2021.

FERREIRA, L .V et al. A importância do Parque Estadual do Utinga Camilo Viana para a conservação das espécies de plantas e fungos da região metropolitana de Belém, Pará, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi-Ciências Naturais**, v. 17, n. 1, p. 165-205, 2022.

FERREIRA, R.; MONTEIRO, M.; SILVA, J.; MAIA, J. Antifungal action of the dillapiol-rich oil of *Piper aduncum* against dermatomycoses caused by filamentous fungi. **Br. J. Med. Med. Res.**, v. 15, n. 12, p. 1-10, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.9734/BJMMR/2016/26340>. Acesso em: 01 Jun. 2022.

FIDALGO, O. ; BONONI, V. L. R.. Técnicas de coleta, preservação e herborização de material botânico. São Paulo: **Instituto de Botânica**. 62 p. 1989.

FILGUEIRAS, T.S.; Nogueira, P.E.; Brochado, A.L.; Guala II, G.F. Caminhamento: um método expedito para levantamentos florísticos qualitativos. **Cadernos de Geociências** 12: 39-43. 1994.

Flora e Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> . Acesso em: 17 jul. 2022.

FORZZA, R. C. et al. Catálogo de plantas e fungos do Brasil-Vol. 2. **JBRJ**, 2010.

GAÍNZA, Y. A.; FANTATTO, R. R.; CHAVES, F. C. M.; BIZZO, H. R.; ESTEVES, S. N.; CHAGAS, A. C. D. S. *Piper aduncum* against *Haemonchus contortus* isolates: cross resistance and the research of natural bioactive compounds. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 25, p. 383-393, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1984-29612016073>. Acesso em: 01 Jun. 2022.

GENÉTICO, CONSELHO DE GESTÃO DO PATRIMÔNIO. **Ministério do Meio Ambiente**. 2016.

GHAVIPOUR M, SOTOUDEH G, TAVAKOLI E, MOWLA K, HASANZADEH J, MAZLOOM Z. Pomegranate extract alleviates disease activity and some blood biomarkers of inflammation and oxidative stress in rheumatoid arthritis patients. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 71, n. 1, p. 92-6, 2016.

GOLDFARB, M.; PIMENTEL, L. W.; PIMENTEL, N. W., Alelopatia: relações nos agroecossistemas, **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v.3, n.1, p. 23-28, 2009.

GOGOSZ, A.M *et al.* Anatomia foliar comparativa de nove espécies do gênero Piper (Piperaceae). **Rodriguésia**, v. 63, n. 2, p. 405-417, 2012.

GONÇALVES, E. G.; LORENZI, H. **Morfologia vegetal: organografia e dicionário ilustrado de morfologia das plantas vasculares**. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2007.

GOVINDASAMY, R.; ARUMUGAM, S.; SIMON, J. E. An assessment of the essential oil and aromatic plant industry with a focus on Africa. **African Natural Plant Products**, Washington, v. 2, n. 18, p 289-321, 2013.

GUIMARÃES, E.F; GIORDANO, L.C.S. Piperaceae do Nordeste brasileiro I: estado do Ceará. **Rodriguésia**, v. 55, n. 84, p. 21-46, 2004.

GUIMARÃES, E. F.; MONTEIRO, D. Piperaceae na Reserva Biológica de Poço Das Antas, Silva Jardim, Rio De Janeiro, Brasil. **Rodriguésia**, v. 57, n. 3, p. 567-587. 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rod/v57n3/2175-7860-rod-57-03-0569.pdf>. Acesso em: 19 Jun. 2020.

GUREVITCH, J; SCHEINER, S. M.; FOX, G. A. **Ecologia Vegetal**. Artmed Editora. 2 ed. P 283-305, 2009.

HOUËL, E.; GONZALEZ, G.; BESSIÈRE, J. M.; ODONNE, G.; EPARVIER, V.; DEHARO, E.; STIEN, D. Therapeutic switching: from antidermatophytic essential oils to new leishmanicidal products. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 110, p. 106-113. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0074-02760140332>. Acesso em: 01 Jun. 2022

HUSSAIN, A. I. et al. Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of basil (*Ocimum basilicum*) essential oils depends on seasonal variations. **Food Chemistry**, v. 108, p. 186-195, 2008.

INGAROCA; CASTRO; RAMOS. Composición química y ensayos de actividad antioxidante y del efecto fungistático sobre *Candida albicans* del aceite esencial de *Piper aduncum* L." Matico". **Revista de la Sociedad Química del Perú**, v. 85, n. 2, p. 268-279, 2019.

JARAMILLO-COLORADO, B.E.; PINO-BENITEZ, N; GONZALEZ-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. 111463, 2019.

JUNTILA, O. Seed and embryo germination in *S. vulgaris* and *S. reflexa* as effects by temperature during seed development. **Physiol. Plant.**, v. 29, p. 264-268, 1976.

KHAN, A.A., S.P. Bhatnagar, B.N. Sinha & U.R. Lal. 2013. Pharmacognostic specifications of eight cultivars of *Piper betle* from eastern region of India. *Pharmacogn. J.* 5: 176-183.

KRAEHMER, H.; BAUR, P. **Weed anatomy**. London: Wiley-Blackwell, 504 p.2013.

KRINSKI, D.; FOERSTER, L. A. Toxicity of essential oils from leaves of Piperaceae species in rice stalk stink bug eggs, *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 40, p. 676-687, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1413-70542016406021616>. Acesso em: 01 Jun. 2022.

KRINSKI, D.; FOERSTER, L. A.; DESCHAMPS, C. Ovicidal effect of the essential oils from 18 Brazilian Piper species: controlling *Anticarsia gemmatilis* (Lepidoptera, Erebididae) at the initial stage of development. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 40, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v40i1.35273>. Acesso em: 01 Jun. 2022.

LINNAEUS, C. Species Plantarum. Stockholm: Laurentii Salvii. 1753.

LIMA, L. A. R. S.; PIMENTA, L. P. S.; BOAVENTURA, M. A. D. Acetogenins from *Annona cornifolia* and their antioxidant capacity. **Food Chemistry**, Reading, v.122, n. 4, p. 1129-1138, 2010.

LORENZI, H. Plantas Daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas. 4ª Ed. Nova Odessa: **Instituto Plantarum**, p 640. 2008.

LORENZI, H.; Matos, F. J. A. Plantas Medicinais no Brasil: nativas e exóticas. **Instituto Plantarum**, p 512. 2002.

MAFFEI, M.E., GERTSCH, J., APPENDINO, G. Plant volatiles: production, function and pharmacology. **Natural product reports**, 28(8), pp.1359-1380. 2011.

MAIA, J.G.S; ANDRADE, E.H.A. Database of the Amazon aromatic plants and their essential oil. **Química Nova**. v.32, n.3, p.595-622, 2009.

MARQUES, A. M. et al. Antileishmanial activity of nerolidol-rich essential oil from *Piper clausenianum*. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v. 21, n. 5, p. 908–914, 2011.

MARQUES, T. M; SOUZA, F. M; ESPINHEIRA, M.J.C.L. Revisão bibliográfica sobre os diferentes métodos de extração de óleo essencial. In: FARIA. A.N. **Princípios físico-químicos em farmácia**. Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. Disponível em: <https://atenaeditora.com.br/catalogo/ebook/principios-fisico-quimicos-em-farmacia>. Acessado em 01 de out. de 2022.

MILLER NJ, RICE-Evans C, DAVIES MJ, GOPINATHAN V, MILNER A. A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. **Clin Sci.**, v. 84, n. 4, p. 407-412, 1993

MIURA, P. T.; JONSSON, C. M.; QUEIROZ, S. C. D. N. D.; CHAGAS, E. C.; CHAVES, F. C. M.; REYES, F. G. R. Ecological risk assessment of *Piper aduncum* essential oil in non-target organisms. **Acta Amazonica**, v. 51, p. 71-78, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-4392202002691>. Acesso em: 01 Jun. 2022.

Ministério do Meio Ambiente - MMA. Portaria MMA nº 148, de 7 de junho de 2022. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-mma-n-148-de-7-de-junho-de-2022-406272733>. Acesso em: 14 jun. 2022.

MONTEIRO, D. Flora of the canga of the Serra dos Carajás, Pará, Brazil: Piperaceae. **Rodriguésia**, v. 69, n. 3, p. 1285-1309, 2018.

MONTEIRO, S.C.; BRANDELLI, C.L.C. Farmacobotânica: aspectos teóricos e aplicação. Porto Alegre: **Artmed**, 2017.

MORAIS, L.A.S. influência dos fatores abióticos na composição Química dos óleos essenciais. **Horticultura brasileira**. v. 27, n. 2, agosto 2009.

MORALES, A.; ROJASA, J.; MOUJIRB, 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. 6, p. 016-020. 2013. Disponível em: https://japsonline.com/admin/php/uploads/916_pdf.pdf. Acesso em: 01 Jun. 2022.

MOTA, N. F.; PAULA, L.F; VIANA, P.L. Guia prático de métodos de campo para estudos de flora. **Bocaina Biologia da Conservação**, v. 2, 2014.

OGUNTIN, B. O.; ELAKOVICH, S. D. Allelopathic activity of the essential oils of Nigerian medicinal plants. **International journal of pharmacognosy**, v. 29, n. 1, p. 39-44, 1991.

OLIVEIRA, G. L.; CARDOSO, S. K.; LARA JUNIOR, C. R.; VIEIRA, T. M.; GUIMARÃES, E. F.; FIGUEIREDO, L. S.; MARTINS, E. R.; MOREIRA, D. L.; 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**, 85, 1227-1234. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0001-3765201391011>. Acesso em: 01 Jun. 2022.

OLIVEIRA, G. L.; MOREIRA, D. D. L.; MENDES, A. D. R.; GUIMARÃES, E. F.; FIGUEIREDO, L. S.; KAPLAN, M. A. C.; MARTINS, E. R. Growth study and essential oil analysis of *Piper aduncum* from two sites of Cerrado biome of Minas Gerais State, Brazil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 23, n. 5, p. 743-753. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2013000500005>. Acesso em: 01 Jun. 2022.

OLIVEIRA, G. L.; VIEIRA, T. M.; NUNES, V. F.; DE OLIVEIRA RUAS, M.; DUARTE, E. R.; DE LIMA MOREIRA, D.; KAPLAN, M. A. C.; MARTINS, E. R. Chemical composition and efficacy in the egg-hatching inhibition of essential oil of *Piper aduncum* against *Haemonchus contortus* from sheep. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 24, n. 3, p. 288-292. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2014.07.004>. Acesso em: 01 Jun. 2022.

OLIVEIRA, M.N; PIRES, V.R . **Alelopatia**. In: DE OLIVEIRA, R.S; CONSTANTIN, J; INOUE, M.H. Biologia e Manejo de Plantas Daninhas. Curitiba, Brasil: Omnipax, 2011.

PACHECO, F. V.; DE PAULA AVELAR, R.; ALVARENGA, I. C. A.; BERTOLUCCI, S. K. V.; DE ALVARENGA, A. A.; PINTO, J. E. B. P. Essential oil of monkey-pepper (*Piper aduncum* L.) cultivated under different light environments. **Industrial Crops and Products**, v. 85, p. 251-257, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.03.016>. Acesso em: 01 Jun. 2022.

PÔRTO, W. G. Radicais Livres e Neurodegeneração. Entendimento Fisiológico: Base para Nova Terapia? **Rev. Neurociências**. 9(2): 70-76, 2001.

RE R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-evans C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radic Biol Med.**, v. 26, n. 9, p. 1231-1237, 1999.

RICE, E.L. Allelopathy. New York: **Academic Press**, 1984. p. 422.

RIOS, M. N. S.; PASTORE, F. **Plantas da Amazônia: 450 espécies de uso geral**. Brasília: Universidade de Brasília, 2011.

RODRIGUES, S. T; VAN DEN BERG, M.E; LAMEIRA, O. A. Plantas medicinais, aromáticas e tóxicas do horto da Embrapa Amazônia Oriental usadas por população caboclo-pesqueira de municípios do nordeste paraense: diversidade e uso. **Embrapa Amazônia Oriental-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2000.

RODRIGUES, V.E.G; CARVALHO, D.A. Levantamento etnobotânico de plantas medicinais no domínio do cerrado na região do Alto Rio Grande–Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 25, n. 1, p. 102-123, 2001.

RODRÍGUEZ, E. J. et al. Chemical analysis and antioxidant activity of the essential oils of three Piperaceae species growing in the central region of Cuba. **Natural product communications**, v. 8, n. 9, p. 1934578X1300800935, 2013.

RODRIGUEZ, E., P.L. Healey & I. Mehta.. Biology and chemistry of plant trichomes. NewYork, **Plenum Press**, 255p. 1984.

SAKLANI, A.; KUTTY, S.K. Plantderived compounds in clinical trials. **Drug Discovery Today**, v.12, n.3, p.161-171, 2008.

SAMAIN, M. *et al.* Nomenclature and typification of subdivisional names in the genus Peperomia (Piperaceae). **Taxon**, v. 56, p. 229-236, 2007. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/25065756>. Acesso em: 19 Jun. 2020.

SAMAIN, M.S. *et al.* Verhuellia revisited-unravelling its intricate taxonomic history and a new subfamilial classification of Piperaceae. **Taxon**, v. 57, p. 583-587, 2008. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/25066024>. Acesso em: 19 Jun. 2020.

SANINI, C.; MASSAROLLI, A.; KRINSKI, D.; BUTNARIU, A. R. Essential oil of spiked pepper, *Piper aduncum* L.(Piperaceae), for the control of caterpillar soybean looper, *Chrysodeixis includens* Walker (Lepidoptera: Noctuidae). **Brazilian Journal of Botany**, v. 40, n. 2, p. 399-404, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40415-017-0363-6>. Acesso em: 01 Jun. 2022.

SANTANA, H. T.; TRINDADE, F. T. T.; RG, S.; SILVA, A. A. E.; MILITÃO, J. S. T. L.; FACUNDO, V. A. Essential oils of leaves of Piper species display larvicidal activity against the dengue vector, *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). **Revista Brasileira de Plantas Medicinai**s, v. 17, p. 105-111. 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1983-084X/13_052. Acesso em: 01 Jun. 2022.

SANTOS, A. J. *et al.* Produtos não madeireiros: conceituação, classificação, valoração e mercados. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 33, n. 2, p 215-224, 2003.

SANTOS, A. S. *et al.* Descrição de sistema e de métodos de extração de óleos essenciais e determinação de umidade de biomassa em laboratório. Embrapa Amazônia **Oriental-Comunicado Técnico** (INFOTECA-E), 2004.

SANTOS, D.N.; S, L.L.; De OLIVEIRA, C.A.F.; SILVA, E.R.; DE OLIVEIRA, A.L. Arginase inhibition, antibacterial and antioxidant activities of Pitanga seed (*Eugenia uniflora* L.) extracts from sustainable technologies of high pressure extraction. **Food Biosci.** 2015, 12, 93–99.

SANTOS, V.L.P., C.R.C. Franco, E. Amano, I.J. Messias-Reasond & J.M. Budel.. Anatomical investigations of *Piper amalago* (jaborandi-manso) for the quality control. **Rev. Bras. Farmacogn**, p 85-89. 2015.

SCALVENZI, L.; RADICE, M.; TOMA, L.; SEVERINI, F.; BOCCOLINI, D.; BELLA, A.; GUERRINI, A.; TACCHINI, M.; SACCHETTI, G.; CHIURATO, M.; ROMI, R.; DI LUCA, M. Larvicidal activity of *Ocimum campechianum*, *Ocotea quixos* and *Piper aduncum* essential oils against *Aedes aegypti*. **Parasite**, v. 26, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1051%2Fparasite%2F2019024>. Acesso em: 01 Jun. 2022.

SCHUBERT, H. K. *et al.* A systematic revision of the genus *Manekia* (Piperaceae). **Systematic Botany**, v. 37, p. 587-598, 2012. Disponível em: <https://bioone.org/journals/Systematic-Botany/volume-37/issue-3/036364412X648535/A-Systematic-Revision-of-the-Genus-Manekia-Piperaceae/10.1600/036364412X648535.short>. Acesso em: 19 Jun. 2020.

SILVA, A. L.; CHAVES, F. C. M.; LAMEIRA, R. C.; BIZZO, H. R. Rendimento e composição do óleo essencial de *Piper aduncum* L. cultivado em Manaus, AM, em função da densidade de plantas e épocas de corte. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 15, p. 670-674. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-05722013000500007>. Acesso em: 01 Jun. 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, p. 700-706. 2014. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1983-084x/13_097. Acesso em: 01 Jun. 2022.

SILVA, J. M; RYLANDS, A. B; FONSECA, G. A. B. O destino das áreas de endemismo na Amazônia. **Megadiversidade**. Belo Horizonte v. 1, n. 1, p.124-131, jul. 2005.

SILVA, M.F *et al.* **Plantas daninhas na Amazonia**. Belém: MPEG, 2016.

SILVA, M.A.; 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, 2019.

SILVA, S.G *et al.* **Aspectos Botânicos dos Óleos Essenciais**. In: JÚNIOR, M. A. Estudos transdisciplinares nas engenharias 3. Atena Editora. Ponta Grossa – Paraná. 2019.

SILVA, W. J. M., FERRARI, C. K. B. Metabolismo mitocondrial, radicais livres e envelhecimento. **Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 3, p. 441-451, 2011.

SILVA-SANTOS, A. *et al.* A participação da indústria óleo-citrícola na balança comercial brasileira. **Rev. Bras. Pl. Med.**, Botucatu, v. 8, n. 4, p. 8-13, 2006.

SIMEONE, M. L. F.; MIKICH, S. B.; CÔCCO, L. C.; HANSEL, F. A.; BIANCONI, G. V. Chemical Composition of Essential Oils from Ripe and Unripe Fruits of *Piper amalago* L. var. medium (Jacq.) Yunck and *Piper hispidum* Sw. *Journal of Essential Oil Research*, v. 23, n. 5, p. 54-58, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/10412905.2011.9700483>. Acesso em: 01 Jun. 2022.

SIMÕES, C. M. O. S. *et al.* **Farmacognosia**: da planta ao medicamento. 6ª Ed. Porto Alegre: Editora da Universidade UFRGS. 2007.

SIMÕES, C. M. O. *et al.* **Farmacognosia**: do produto natural ao medicamento. Artmed Editora, 2017.

SOUTO, R. N. P.; HARADA, A. Y.; ANDRADE, E. H. A.; MAIA, J. G. S. Insecticidal activity of *Piper* essential oils from the Amazon against the fire ant *Solenopsis saevissima* (Smith) (Hymenoptera: Formicidae). **Neotropical Entomology**, v. 41, n. 6, p. 510-517. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13744-012-0080-6>. Acesso em: 01 Jun. 2022.

SOUZA FILHO, A.P.S.; Dutra, S.; Silva, M.A.M.M. Métodos de superação da dormência de sementes de plantas daninhas de pastagens cultivadas da Amazônia. **Planta Daninha**, 16(1): 2-11. 1998.

SOUZA FILHO, Antônio Pedro da Silva *et al.* Efeitos potencialmente alelopáticos dos óleos essenciais de *Piper hispidinervium* C. DC. e *Pogostemon heyneanus* Benth sobre plantas daninhas. **Acta amazônica**, v. 39, p. 389-395, 2009.

SOUZA, T. M.; SEVERI, J. A.; SILVA, V. Y. A.; SANTOS, E.; PIETRO, L. C. L. R. Bioprospecção de atividade antioxidante e antimicrobiana da casca de *Strtphnodendron adstringens* (Mart.) Coville (Leguminosae – Mimosoidae). **Rev. Ciênc. Farm. Básica Apl.**, v.28, n.2, p.221-226, 2007.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática**: Guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil. 3.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum. 2012.

SPEZIALI, M. G. De aromas e perfumes, o mercado da indústria do “cheiro”. **Química Nova**, São Paulo, v. 35, n. 4, p. 861-864, 2012.

SZCZEPANSKI, A.J., Allelopathy as a means of biological control of water weeds. **Aquatic Bot**, 3:193-197, 1977.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3 ed. São Paulo: ARTMED, 792 p. 2004.

TURCHEN, L. M.; PITON, L. P.; DALL'OGGIO, 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, n. 5, p. 604-611, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13744-016-0409-7>. Acesso em: 01 Jun. 2022.

VALADARES, A. C. F.; ALVES, C. C. F.; ALVES, J. M.; DE DEUS, I. P.; DE OLIVEIRA FILHO, J. G.; DOS SANTOS, T. C. L.; CROTTI, A. E. M.; MIRANDA, M. L. D. Essential oils from *Piper aduncum* inflorescences and leaves: chemical composition and antifungal activity against *Sclerotinia sclerotiorum*. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, p. 2691-2699, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0001-3765201820180033>. Acesso em: 01 Jun. 2022.

VIEIRA, S. C. H. et al. Antifungal activity of *Piper diospyrifolium* Kunth (Piperaceae) essential oil. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 42, n. 3, p. 1001–1006, 2011.

VILLAMIZAR, L. H.; CARDOSO, M. D. G.; ANDRADE, J. D.; TEIXEIRA, M. L.; SOARES, M. J. Linalool, a *Piper aduncum* essential oil component, has selective activity against *Trypanosoma cruzi* trypomastigote forms at 4 °C. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 112, p. 131-139, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0074-02760160361>. Acesso em: 01 Jun. 2022.

YUNCKER, O. The Piperaceae of Brazil, I. *Piper*-group I, II, III, IV. **Hoehnea** 2: 19-366. (1972).

YUNCKER, O.. The Piperaceae of Brazil, II. *Piper*-group V, *Ottonia*, *Potomorphe* and *Sarcorrhachis*. **Hoehnea** 3: 29-284 (1973).

YUNCKER, O. The Piperaceae of Brazil, III: *Peperomia* - taxa of uncertain status. **Hoehnea** 4: 71-413(1974).

WIBAWA, I. P. A. H.; SARASWATY, V.; KUSWANTORO, F.; ANDILA, P. S.; WARDHANI, P. K.; TIRTA, I. G.; SUJARWO, W. A study of essential oil from an invasive *Piper aduncum* L. **Jurnal Biologi Udayana**, v. 23, n. 2, p. 50-58, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/WawanSujarwo/publication/344564280_A_study_of_essential_oil_from_an_invasive_Piper_aduncum_L/links/60277783a6fdcc37a821b12a/A-study-of-essential-oil-from-an-invasive-Piper-aduncum-L.pdf?_sg%5B0%5D=started_experiment_milestone&origin=journalDetail. Acesso em: 01 Jun. 2022.

WOOTTON-BEARD, P.C.; MORAN, A.; RYAN, L. Stability of the total antioxidant capacity and total polyphenol content of 23 commercially available vegetable juices before and after in vitro digestion measured by FRAP, DPPH, ABTS and Folin-Ciocalteu methods. **Food Res. Int.** 2011, 44, 217–224.

ANEXOS

Anexo 1 - Licença de coleta expedida pelo SISBIO.



Ministério do Meio Ambiente - MMA
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 77529-1	Data da Emissão: 09/03/2021 12:59:52	Data da Revalidação*: 09/03/2022
De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: taina oliveira dos anjos	CPF: [REDACTED]
Título do Projeto: PLANTAS AROMATICAS DO PARQUE ESTADUAL DO UTINGA: AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS ÓLEOS ESSENCIAS DE Piper L. e Peperomia Ruiz & Pav (PIPERACEAE)	
Nome da Instituição: Universidade Federal Rural da Amazônia	CNPJ: [REDACTED]

Cronograma de atividades

#	Descrição da atividade	Início (mês/ano)	Fim (mês/ano)
1	Submissão ao SISBIO	02/2021	04/2021
2	Submissão ao Ideflor-bio	04/2021	04/2021
3	Coleta de material botânico	05/2021	09/2021
4	Redação de Relatório técnico ao SISBIO	04/2022	04/2022
5	Elaboração do Pré-Projeto	02/2021	02/2021

Equipe

#	Nome	Função	CPF	Nacionalidade
1	Eloisa Helena de Aguiar Andrade	Pesquisadora	[REDACTED]	Brasileira
2	Ferdinando Cardoso do Nascimento	Parabotânico	[REDACTED]	Brasileira

Observações e ressalvas

1	O pesquisador somente poderá realizar atividade de campo após o término do estado de emergência devido à COVID-19, assim declarado por ato da autoridade competente.
2	Em caso de pesquisa em UNIDADE DE CONSERVAÇÃO, o pesquisador titular desta autorização deverá contactar a administração da unidade a fim de CONFIRMAR AS DATAS das expedições, as condições para realização das coletas e de uso da infraestrutura da unidade.
3	O titular de autorização ou de licença permanente, assim como os membros de sua equipe, quando da violação da legislação vigente, ou quando da inadequação, omissão ou falsa descrição de informações relevantes que subsidiaram a expedição do ato, poderá, mediante decisão motivada, ter a autorização ou licença suspensa ou revogada pelo ICMBio, nos termos da legislação brasileira em vigor.
4	Este documento somente poderá ser utilizado para os fins previstos na Instrução Normativa ICMBio nº 03/2014 ou na Instrução Normativa ICMBio nº 10/2010, no que especifica esta Autorização, não podendo ser utilizado para fins comerciais, industriais ou esportivos. O material biológico coletado deverá ser utilizado para atividades científicas ou didáticas no âmbito do ensino superior.
5	As atividades de campo exercidas por pessoa natural ou jurídica estrangeira, em todo o território nacional, que impliquem o deslocamento de recursos humanos e materiais, tendo por objeto coletar dados, materiais, espécimes biológicos e minerais, peças integrantes da cultura nativa e cultura popular, presente e passada, obtidos por meio de recursos e técnicas que se destinem ao estudo, à difusão ou à pesquisa, estão sujeitas a autorização do Ministério de Ciência e Tecnologia.
6	O titular de licença ou autorização e os membros da sua equipe deverão optar por métodos de coleta e instrumentos de captura direcionados, sempre que possível, ao grupo taxonômico de interesse, evitando a morte ou dano significativo a outros grupos; e empregar esforço de coleta ou captura que não comprometa a viabilidade de populações do grupo taxonômico de interesse em condição in situ.
7	Esta autorização NÃO exige o pesquisador titular e os membros de sua equipe da necessidade de obter as anuências previstas em outros instrumentos legais, bem como do consentimento do responsável pela área, pública ou privada, onde será realizada a atividade, inclusive do órgão gestor de terra indígena (FUNAI), da unidade de conservação estadual, distrital ou municipal, ou do proprietário, arrendatário, posseiro ou morador de área dentro dos limites de unidade de conservação federal cujo processo de regularização fundiária encontra-se em curso.

Este documento foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 0775290120210309

Página 1/4

Anexo 2 - Licença de coleta expedida pelo IDEFLOR-BIO.

		GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL E DA BIODIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ DIRETORIA DE GESTÃO E MONITORAMENTO DE UNIDADE DE CONSERVAÇÃO				 Ideflor-bio	
AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA EM UNIDADE DE CONSERVAÇÃO							
Nº da autorização		06/2021		Validade		Março de 2022	
Área de concentração							
Fauna	☒	Flora	☐	Ecologia	☐	Geologia	☐
Socioeconomia	☐	Arqueologia	☐	Turismo	☐	Recursos Hídricos	☐
Ed Ambiental		Cavidades Naturais		Outros:			
Tipo				Município			
☒	Pesquisa em unidade de conservação			Procedência		Parque Estadual do Utinga "Camillo Vianna"	
	Coleta de material faunístico						
	Coleta de material botânico						
	Coleta de material mineral						
	Transporte de produto e/ou subproduto da fauna			Destino		Universidade Federal Rural da Amazônia Museu Paraense Emílio Goeldi	
	Transporte de produto e/ou subproduto botânico						
	Depósito de material biológico			Unidade de Conservação Parque Estadual do Utinga "Camillo Vianna"			
Cronograma de coletas: Março de 2021 à Março de 2022							
Título do Projeto							
PLANTAS AROMÁTICAS DO PARQUE ESTADUAL DO UTINGA: AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS DE <i>Piper L.</i> e <i>Peperomia Ruiz & Pav</i> (PIPERACEA)							
Instituição vinculada		UFRA		CNPJ			
Instituição depositária		Museu Paraense Emílio Goeldi		CNPJ			
Pesquisador Responsável		TAINÁ OLIVEIRA DOS ANJOS		CPF			
Equipe de Trabalho							
Nome				CPF			
Tainá Oliveira dos Anjos							
Eloísa Helena de Aguiar Andrade							
Ferdinando Cardoso Nascimento							
Giovanna Moraes Siqueira							
Indicação dos grupos taxonômicos (lista de espécies)							
Quantidade		Nome vulgar		Nome científico			
NÃO SE APLICA		NÃO SE APLICA		NÃO SE APLICA			
Observações importantes							
As atividades devem ser realizadas em consonância com a legislação ambiental vigente e com a metodologia informada na documentação encaminhada a este Instituto, com devido cuidado e habilidade do pesquisador.							
É obrigatório submeter à apreciação deste Ideflor-bio qualquer modificação dos integrantes da equipe de campo indicados no projeto, bem como dos procedimentos e/ou metodologia de trabalho.							
Local e data de emissão				Autoridade expedidora			
Belém – PA, 30 de Março de 2021.							
				Ivan Santos– Gerente do Parque Estadual do Utinga			



Instituto de Desenvolvimento Florestal e da Biodiversidade do Pará
 Avenida João Paulo II, s/nº. Parque Estadual do Utinga. CEP 66.610-770. Curió-Utinga. Belém – Pará
 Fone: 3184-3642 <http://www.ideflorbio.pa.gov.br>

Anexo 3. Ficha de campo utilizada para coleta de material botânico. Adaptado de Martins-da-Silva (2002).

1. Nº:	2. Nome Cient.:		3. Vulgar:
4. Coletor:	5. Fam.:	6. Col. adicionais:	7. Data:
8. Altitude:	9. Latitude(S):	10. Longitude (W):	11. País
12. Luminosidade:			
13. Estado:	14. Município:	15. Distrito:	
16. Local:		17. Vegetação:	
18. Altura:		19. Hábito:	
20. Disposição dos ramos: () verticilada () oposta () alterna			
21. Base: () com raízes garras () com raízes fúlcreas () com raízes suportes () reta () dilatada () _____			
22. Exsudato: () seiva () látex () resina () goma cor _____			
23. Flores: cor _____ cálice _____ corola _____ odor _____ obs _____			
24. Frutos: () carnosos () secos cor _____ odor _____ () deisc. () indeic. Textura _____			