

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
PARÁ, CAMPUS BELÉM
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

VÂNIA BRITO BARBOSA

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO ÓLEO
ESSENCIAL DE SETE ESPÉCIES DE *PIPER* E REVISÃO
BIBLIOGRÁFICA SOBRE O POTENCIAL BIOPESTICIDA
DESSAS ESPÉCIES**

BELÉM

2021

VÂNIA BRITO BARBOSA

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO ÓLEO
ESSENCIAL DE SETE ESPÉCIES DE *PIPER* E REVISÃO
BIBLIOGRÁFICA SOBRE O POTENCIAL BIOPESTICIDA
DESSAS ESPÉCIES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Campus Belém, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção de Grau em Licenciatura em Química.

Orientadora: Dra. Nádia Elígia Nunes Pinto Paracampo

Coorientador: Prof. Dr. Cléber Silva e Silva

BELÉM

2021

FICHA CATALOGRAFICA

VÂNIA BRITO BARBOSA

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO ÓLEO
ESSENCIAL DE SETE ESPÉCIES DE *PIPER* E REVISÃO
BIBLIOGRÁFICA SOBRE O POTENCIAL BIOPESTICIDA
DESSAS ESPÉCIES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Campus Belém, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção de Grau em Licenciatura em Química.

Data de defesa: ____/____/____

Conceito: _____

Dra. Nádia Elígia Nunes Pinto Paracampo - EMBRAPA

Prof. Dr. Cléber Silva e Silva - IFPA

Profa. Dra. Solange Vinagre Corrêa - IFPA

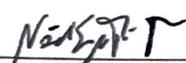


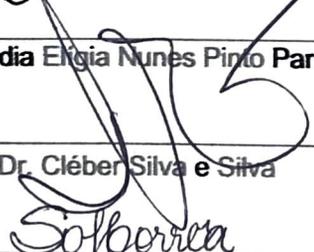
**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE ENSINO MÉDIO E TECNOLÓGICO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLÓGICA DO PARÁ
COORDENAÇÃO DE QUÍMICA**

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

As 9 horas do dia 13 (treze) dias do mês de julho de 2021, através de sala virtual do IFPA/Campus Belém, o Prof. Doutor Cleber Silva e Silva, na condição de coordenador do curso de Licenciatura em Química deu por aberta a sessão pública de defesa do trabalho de conclusão de curso intitulado **“CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE SETE ESPÉCIES DE PIPER E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE O POTENCIAL BIOPESTICIDA DESSAS ESPÉCIES”** de autoria da discente VÂNIA BRITO BARBOSA, orientado pela Dra. Dra. Nádia Elígia Nunes Pinto Paracampo e Co-orientado pelo prof. Cléber Silva e Silva na presença dos professores orientador, co-orientador e da Prof. Dra Solange Maria Vinagre Correa. Após a apresentação da discente, o presidente da mesa Prof. Dr. Cleber Silva passou a palavra aos membros da banca que emitiram sua avaliação qualitativa do trabalho. Após a análise, a banca deliberou pela **APROVAÇÃO** do trabalho, atribuindo nota 9,0. Nada mais havendo, o presidente da mesa avaliadora deu por encerrada a sessão pública de defesa.

Belém, 13 de julho de 2021.


Orientadora : Dra. Nádia Elígia Nunes Pinto Paracampo


AVALIADOR 1: Prof. Dr. Cléber Silva e Silva


AVALIADOR 2: Profa. Dra. Solange Maria Correa Vinagre

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por sua bondade, por ter me sustentado em todas as circunstâncias, principalmente nesse contexto pandêmico.

Sou grata a cada integrante da minha grande e amada família por todo apoio, em especial minha mãe, Maria Brito de Sousa, que sempre se sacrificou para me oferecer o melhor e sempre me incentivou a focar nos estudos. E também sou grata ao meu pai, Pedro Sampaio Barbosa – *in memoriam*, que em vida muito me ensinou e que ficaria muito feliz ao saber que estaria terminando a graduação.

Grata aos meus amigos, técnicos, doutores e assistentes do Laboratório de Agroindústria, da Embrapa Amazônia Oriental, que foram pacientes ao ensinar, em ajudar, sempre muito solícitos. Da mesma forma, agradeço aos meus nobres amigos do IFPA, que foram companheiros e sempre dispostos em ajudar.

Agradeço a toda equipe do Laboratório de Botânica, em especial ao parataxonomista Sr. Manoel dos Reis Cordeiro, um grande profissional, que todas as manhãs me instruía na coleta das plantas, sempre muito prestativo e com prazer em repassar seus conhecimentos. Obrigada por tudo!

Ao corpo docente do curso de Licenciatura em Química do IFPA por toda dedicação em ensinar e compartilhar conhecimentos, em especial a Dra. Solange Maria Vinagre Corrêa por todo suporte durante a graduação e no TCC.

Gratidão a minha Orientadora, Dra. Nádia Elígia Nunes Pinto Paracampo, por sua enorme paciência em me orientar, por compartilhar seus conhecimentos, por não ter desistido de mim e por todo suporte. Também agradeço Dr. Cléber Silva e Silva, que me ajudou bastante durante a graduação e no trabalho de conclusão de curso me coorientando, obrigada por tudo.

RESUMO

No Brasil, a família Piperaceae compreende em torno de 500 espécies, que se encontram distribuídas em todo território nacional. A maioria dessas espécies possui importância econômica, industrial, como também medicinal apresentando atividade analgésica, diurética e antisséptica, além de biopesticida. Este trabalho teve como objetivo caracterizar físico-quimicamente o óleo essencial (OE) de sete espécies da família Piperaceae, bem como realizar revisão bibliográfica sobre as propriedades biopesticidas dessas espécies. Foram determinados os parâmetros físico-químicos rendimento de extração, índice de refração e densidade absoluta à 25°C, além de características sensoriais como cor, aparência e odor. Os resultados obtidos foram: os rendimentos das espécies em base seca oscilaram de 0,412% a 3,159%; as densidades variaram entre 0,822 g/mL a 1,170 g/mL; os dados de índice de refração oscilaram entre 1,491 e 1,522. Os OEs apresentaram cores do incolor ao amarelo intenso; aparências límpidas e odores característicos. Portanto, verificou-se que esses resultados podem contribuir ao estabelecimento de padrões de identidade desses óleos para controle de qualidade e/ou estudos futuros, visto que os mesmos foram descritos aqui pela primeira vez para *Piper carniconnectivum*, *P. cyrtopodon*, *P. tuberculatum* e *P. reticulatum*, conforme a literatura consultada. Além disso, observou-se que as espécies do gênero *Piper* avaliadas neste trabalho apresentam potencial biopesticida. Por fim, os conhecimentos proporcionados por este estudo apontaram contribuições também na área do ensino interdisciplinar, a partir da visão de uma licenciada.

Palavras-chave: *Piper* L.; Piperaceae; Hidrodestilação.

ABSTRACT

In Brazil, the Piperaceae family comprises around 500 species, which are distributed throughout the national territory. Most of these species have economic, industrial, as well as medicinal importance, presenting analgesic, diuretic, and antiseptic activity, in addition to being a biopesticide. This work aimed to physicochemically characterize the essential oil (EO) of seven species of the Piperaceae family, as well as to carry out a literature review on the biopesticidal properties of these species. The physicochemical parameters extraction yield, refractive index, and absolute density at 25°C were determined, as well as sensory characteristics such as color, appearance, and odor. The results obtained were: the yield of species on a dry basis ranged from 0.412% to 3.159%; densities ranged from 0.822 g/mL to 1.170 g/mL; the refractive index data ranged between 1.491 nD₂₀ and 1.522 nD₂₀. The EOs showed colors ranging from colorless to intense yellow; clear appearances and characteristic odors. Therefore, it was found that these results can contribute to the establishment of identity patterns of these oils for quality control and/or future studies, as they were described here for the first time for *Piper carniconnectivum*, *P. cyrtopodon*, *P. tuberculatum*, and *P. reticulatum*, according to the literature consulted. Furthermore, it was observed that the species of the genus *Piper* evaluated in this work have biopesticide potential. Finally, the knowledge provided by this study pointed out contributions in the area of interdisciplinary education, from the vision of a licensed in chemistry.

Keywords: *Piper* L.; Piperaceae; Hydrodistillation.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 OBJETIVO GERAL	10
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 Família Piperaceae	12
2.2 Gênero Piper	12
2.3 Pesticidas naturais e óleos essenciais	13
2.4 Aspectos botânicos e descrição das espécies estudadas	15
2.4.1 <i>Piper tuberculatum</i> Jacq	15
2.4.2 <i>Piper aduncum</i> L.	17
2.4.3 <i>Piper hispidum</i> Sw	20
2.4.4 <i>Piper reticulatum</i> L.	22
2.4.5 <i>Piper cyrtopodon</i> (Miq.) C.DC.	23
2.4.6 <i>Piper carniconectivum</i> C.DC.	25
2.4.7 <i>Piper arboreum</i> Aubl.	27
3 MATERIAL E MÉTODOS	29
3.1 Obtenção e preparação do material vegetal	30
3.2 Extração	31
3.3 Umidade	32
3.4 Caracterização físico-química do óleo essencial	33
3.4.1 Rendimento	33
3.4.2 Características sensoriais	33
3.4.3 Densidade	33
3.4.4 Determinação do índice de refração (IR)	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
5 CONCLUSÃO	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

1 INTRODUÇÃO

No mundo, a família piperaceae compreende em torno de 3000 mil espécies em todas regiões tropicais, subtropicais e temperadas (GUIMARÃES, 2009; ANDRADE et al., 2009). Além disso, no Brasil são aproximadamente 500 espécies que são classificadas em quatro gêneros, sendo o gênero *Piper* o mais abundante. Essas também são importantes produtoras de óleos essenciais e de substâncias bioativas. São espécies normalmente encontradas nas florestas de várzeas, locais sombreados, em capoeiras ou em bordas de florestas, formando aglomerados, sendo comuns na Amazônia brasileira (OLIVEIRA et al, 2020; FAZOLIM, 2006; GUIMARÃES, et al., 2015).

Os produtos naturais são usados desde os primórdios para diversas finalidades, dentre essas, são utilizados para o controle de pragas e doenças agrícolas. Contudo, a partir da II Guerra mundial produtos com maior toxidez começaram a ser produzidos, pois grandes áreas de cultivo de plantas usadas como defensivos naturais foram destruídas ou tiveram seu fornecimento estagnado, o que ocasionou uma busca por outros produtos que pudessem substituir os naturais (MORAIS, 2009).

Assim, essa nova fase de produtos sintéticos para o controle fitossanitário foi só crescendo. Em seguida, novos problemas surgiram. Com o tempo, percebeu-se que o uso dos agrotóxicos não podia garantir controle de pragas por muito tempo e causavam a eliminação de uns insetos e microrganismos que são benéficos para o meio ambiente e o homem, tornando algumas pragas resistentes, produzindo problemas ambientais e ecológicos. Assim que outro inseticida sintético era produzido, o ciclo de desequilíbrio repetia-se. Devido a essas circunstâncias, surgiu a necessidade de trazer de volta o uso de substâncias naturais biologicamente ativas contra pragas e patógenos (MORAIS, 2009).

Com isso, o estudo dos óleos essenciais (OEs) e extratos de várias plantas cresceram, especialmente as do gênero *Piper*, visto que a maioria são grandes produtoras de OEs. Os óleos essenciais são líquidos oleosos e voláteis que são extraídos de diferentes órgãos da planta, possuindo diferentes compostos. As plantas produzem metabolismo secundário ¹ que têm potencial para o desenvolvimento de inseticidas naturais. Portanto, o metabolismo

¹ Conjunto de reações químicas encontrado nas plantas que produzem compostos de diversas naturezas químicas. Os compostos oriundos do metabolismo secundário são denominados de metabólitos secundários, são distribuídos em alguns grupos taxonômicos, apresentam propriedades biológicas, muitos desempenham funções ecológicas e são caracterizados por seus diversos usos e aplicações como medicamentos, inseticidas, herbicidas, perfumes ou corantes, entre outros. Eles também recebem a denominação de produtos naturais. (SIMÕES; SPITZER, 2007).

secundário limitado em alguns grupos taxonômicos, possui relevantes funções ecológicas e podem ser vistos como estratégias químicas dos vegetais, porque é por meio desse metabolismo que os organismos interagem com o ambiente ao seu redor, também são responsáveis pelos aromas, as cores dos alimentos e a resistência contra pestes e doenças, mantendo a sobrevivência nas condições ambientais favoráveis (BUCHANAN et al., 2000; BRAZ, 2010; TAIZ, 2009; SILVA, 2014).

Desta forma, as plantas são consideradas fontes promissoras de compostos mais seguros ao meio ambiente e ao ser humano (LIMA et al., 2003; MARAGONI et al., 2012). Então, essa busca por novas substâncias para proporcionar controle de pragas, oferece maior segurança, biodegradabilidade, viabilidade econômica e baixo impacto ambiental (VIEGAS, 2003).

Os óleos essenciais podem apresentar composição química, características físico-químicas e odores diferentes ainda que quando extraído do mesmo órgão e espécie, pois pode variar de acordo com fatores ambientais, interações entre planta/planta, planta/microrganismos, plantas/insetos e outros fatores como idade, estágio de desenvolvimento, fatores abióticos: como luminosidade, temperatura, pluviosidade, nutrição, época e horário de coleta (MORAIS, 2009).

Desta forma, os óleos essenciais podem apresentar problemas de qualidade e vários são os fatores que podem interferir como genéticos ou ambientais, por identificação incorreta ou por adulterações. Geralmente, a caracterização dos óleos essenciais é realizada por meio de procedimentos descritos em farmacopeia, que contribui para definição de parâmetros para o controle de qualidade e é indispensável para garantir a qualidade (SIMÕES; SPITZER, 2007).

1.1 OBJETIVO GERAL

Caracterizar físico-quimicamente os óleos essenciais de *Piper tuberculatum* Jacq., *Piper aduncum* L., *Piper hispidum* Sw., *Piper reticulatum* L., *Piper cyrtopodon* (Miq.) C.DC., *Piper carniconnectivum* C.DC. e *Piper arboreum* Aubl. e realizar revisão narrativa sobre o potencial biopesticida descrito na literatura científica.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Identificar, por meio de revisão bibliográfica, os componentes majoritários dos óleos de sete espécies da família Piperaceae e suas propriedades pesticidas.

- ✓ Investigar características físico-químicas dos óleos essenciais de *Piper tuberculatum* Jacq., *Piper aduncum* L., *Piper hispidum* Sw., *Piper reticulatum* L., *Piper cyrtopodon* (Miq.) C.DC., *Piper carniconnectivum* C.DC. e *Piper arboreum* Aubl. coletadas em área da Embrapa Amazônia Oriental, em Belém.

Assim, neste trabalho, caracterizou-se físico-quimicamente o óleo essencial de sete espécies pertencentes à família Piperaceae, bem como realizou-se revisão bibliográfica sobre as propriedades pesticidas dessas espécies a partir da literatura científica, confirmando as propriedades relatadas e apontado as características sensoriais que não foram encontradas na bibliografia consultada para nenhuma das sete espécies, assim como algumas características físico-químicas que também não foram encontradas na literatura para algumas espécies.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Família Piperaceae

Esta família tem demonstrado enorme abrangência no mundo e compreende a cerca de 3000 mil espécies em regiões tropicais, subtropicais e temperadas de ambos os hemisférios (Figura 01) (GUIMARÃES 2009; ANDRADE et al., 2009). Em torno de 500 espécies são distribuídas em quatro gêneros no Brasil, sendo os mais comuns *Piper* e *Peperomia* e são comumente encontrados nas florestas de várzeas, locais sombreados, em capoeiras ou em bordas de florestas, formando aglomerados, sendo comuns na Amazônia brasileira. Essa família é representada por plantas com hábitos herbáceos, trepadeiras, arbustos (maioria) e algumas árvores. O caule é articulado e nodoso, as folhas são simples, dorsiventrais, alternas e raramente opostas ou verticiladas, pecioladas com estípulas (SOUZA, 2005; GUIMARÃES et al, 2015).

Figura 01 - Distribuição geográfica da família piperaceae*.



* Os pontos em amarelo e alaranjado representam a distribuição de espécies pertencentes à família Piperaceae em regiões de clima tropical, subtropical e temperado como América do Sul, América Central, algumas cidades da América do Norte, Centro-Sul da África e Sul da Ásia.

Fonte: Disponível em: <<http://www.tropicos.org/Name/42000020?tab=maps>>. Acesso em: dez/2020.

Boa parte das espécies de Piperaceae são de elevada importância econômica, industrial, medicinal e também devido a sua utilização como planta alimentícia não convencional (PLANC). As espécies usadas como medicinais são conhecidas por causa de suas atividades

analgésica, diurética e antisséptica, antifúngicas, antitumorais, antioxidantes, antiplasmódicas e tripanocidas (LAGO et al., 2009; RIOS; PASTORE, 2011).

2.2 Gênero *Piper*

Dentro da família Piperaceae o gênero *Piper* é o mais abrangente e pode ser considerado o de maior importância, tanto do ponto de vista científico quanto econômico. Possui cerca de 2000 espécies distribuídas nas regiões tropicais e subtropicais na América, geralmente encontradas em floresta de várzea, em regiões quentes e úmidas (FAZOLIM, 2006; GUIMARÃES et al., 2015). Esse gênero é reconhecido no campo devido seus caules e ramos nodosos, inflorescências tipo espiga e o típico aroma cítrico; apresentam hábito herbáceo, arbustos, lianas e pequenas árvores. As folhas, na maioria das espécies, são alternadas, comumente opostas, simples, sésseis ou pecioladas, de tamanho, forma e venação variável, formam umbelas ou dispostas em racemos, axilares ou terminais. As inflorescências são terminais, opostas às folhas ou axilares, comumente solitária, ereta ou recurvada, de tamanho variável. As flores são pequenas e numerosas. O fruto é uma pequena baga ou drupa, de várias formas, com um pericarpo fino e endocarpo às vezes endurecido e semente pequena (GUIMARÃES; GIORDANO, 2004; GUIMARÃES, et al., 2015).

Ademais, muitas pesquisas têm sido desenvolvidas na área de química e biologia, que vêm comprovando propriedades inseticidas, farmacológicas e medicinais. Seu papel ecológico é destacado porque sua polinização é realizada principalmente por abelhas e outros insetos. Suas sementes são dispersas por aves e morcegos, que auxiliam no processo de regeneração de áreas degradadas, além do mais compõe estrato herbáceo/arbustivo do sub-bosque em florestas tropicais e às vezes formam grandes populações no local de ocorrência (MIKICH, 2005; RAIA et al., 2009; CAVALHEIRO et al., 2013).

2.3 Pesticidas naturais e óleos essenciais

Segundo Serafini et al. (2002) o uso das plantas aromáticas é milenar e a maioria das civilizações usufruíam suas funções para finalidades medicinais, cosméticas e outros. Apesar disso, vem ressurgindo maior interesse por meio de farmácias de manipulação, que hoje se estende à indústria alimentícia e farmacêutica, bem como à agricultura biológica, orgânica fina e biotecnológica.

Isso porque o uso indiscriminado de agrotóxico no combate de inseto praga tem causado danos à fauna e flora, além de tornar o inseto mais resistente a esses compostos

químicos. Essa resistência tornou-se um problema e por isso, muitas pesquisas têm surgido sobre métodos alternativos de controle de insetos pragas, cujo objetivo tem sido reduzir e substituir os agroquímicos tradicionais (SILVA et al., 2013; LIMA et al., 2003).

Portanto, estudos relacionados à interação química inseto-planta utilizando metabólitos secundários ou aleloquímicos de plantas, evidenciando o controle de insetos pragas têm aumentado. Os monoterpenos e análogos são metabólitos secundários abundantes em óleos essenciais de plantas superiores. Dessa forma, as plantas são consideradas fontes promissoras para produzir compostos mais seguros ao meio ambiente e ao ser humano (MARAGONI et al., 2012; LIMA et al. 2013). Então, essa busca por novas substâncias é para proporcionar controle de pragas, oferecendo maior segurança, biodegradabilidade, viabilidade econômica e baixo impacto ambiental (VIEGAS, 2003).

As diversas substâncias originadas do metabolismo secundário têm sido o motivo para pesquisas relacionadas aos extratos e óleos essenciais de plantas, tendo como objetivo suas atividades biológicas. Os óleos essenciais são líquidos oleosos e voláteis que são extraídos de diferentes órgãos da planta, distribuídos em folhas, frutos, sementes ou raízes. São definidos como misturas complexas e lipofílicas, que possuem baixo peso molecular, sendo em sua maioria odoríferos, líquidos e constituídos por moléculas de natureza terpênica (SILVA, 2014; PINHEIRO, 2003). Podendo ser extraídos por vários métodos como hidrodestilação, destilação a vapor, por solventes orgânicos, com fluido supercrítico, enfloração, prensagem a frio, entre outros (MORAIS, 2009).

Os OEs voláteis são encontrados em estruturas secretoras específicas, como pelos glandulares (Lamiaceae), células parenquimáticas diferenciadas (Laureaceae, Piperaceae, Poaceae), canais oleíferos (Apeaceae) e em bolsas lisígenas (Pinaceae, Rutaceae) (SIMÕES; SPITZER, 2007). Esses podem apresentar composição química, características físico-químicas e odores diferentes. É importante enfatizar que a composição química do mesmo órgão e espécie podem variar, de acordo com fatores ambientais, interações entre planta/planta, planta/microrganismos, plantas/insetos e outros fatores como idade, estágio de desenvolvimento e fatores abióticos: como luminosidade, temperatura, pluviosidade, nutrição, época e horário de coleta (MORAIS, 2009).

Os OEs apresentam compostos em concentrações diferentes, onde geralmente se encontra um constituinte predominante e outros em menores teores. A maioria dos OEs é constituída especialmente por derivados de terpenoides e de fenilpropanoides (SIMÕES; SPITZER, 2007).

Os terpenos são oriundos da rota do ácido mevalônico ou mevalonato, porém há alguns derivados de fenilpropanoides. Eles são constituídos de duas ou mais unidades isoprênicas, sendo cada molécula de isopreno formada por cinco átomos de carbono (C5). De acordo com o tamanho da molécula, os terpenoides recebem denominações diferentes: compostos formados por duas unidades isoprênicas (C10) são classificados como monoterpenos; os compostos formados por três unidades isoprênicas (C15) são classificados como sesquiterpenos, compostos formados por quatro unidades isoprênicas (C20) são os diterpenos e os compostos formados por seis unidades isoprênicas (C30) são classificados como triterpenos. Os monoterpenos e os sesquiterpenos são os compostos de ocorrência mais frequente na natureza, sendo os primeiros mais facilmente encontrados. São também responsáveis por grande parte das atividades biológicas dos óleos essenciais (MORAIS, 2009).

2.4 Aspectos botânicos e descrição das espécies estudadas

2.4.1 *Piper tuberculatum* Jacq.

Vernáculo: conhecida popularmente como pimenta-de-macaco ou pimenta d'arda (BEZERRA et al., 2008).

Descrição botânica

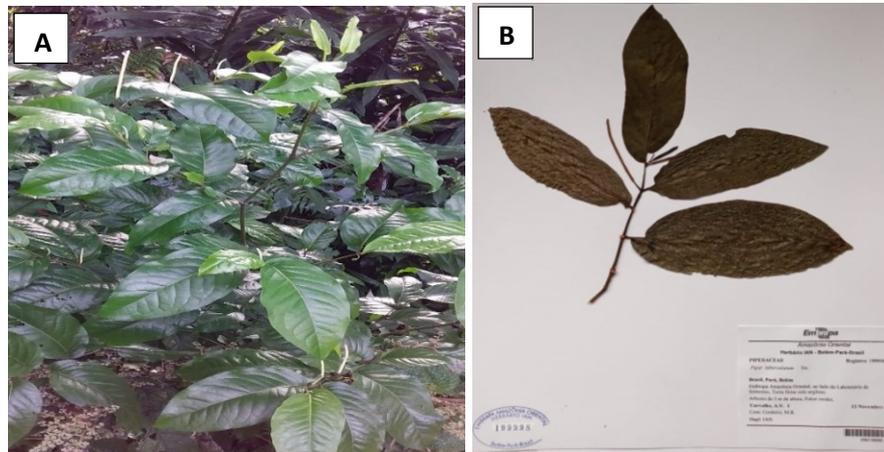
A Figura 02 ilustra *Piper tuberculatum* Jacq., bem como sua exsicata. Esse arbusto mede em torno de 2 a 2,5 m de altura, com folhas de bainha alada; pecíolo de 0,5 a 1 cm de comprimento; lâmina oblongo-elíptica, base assimétrica, nervuras ascendentes em número de 8-10 pares, peninérvias, dispostas até o ápice da lâmina. Espigas eretas, com 4 a 10 cm de comprimento; pedúnculo de 1 a 1,5 cm de comprimento. Estames 4. Drupa tetragonal, lateralmente comprimida, glabra, 3 estigmas sésseis (GUIMARÃES; GIORDANO, 2004; GUIMARÃES et al, 2015).

Distribuição geográfica

Essa espécie está distribuída pelo continente Americano e Antilhas. No Brasil ocorre em todos os estados da região Norte, Nordeste (exceto em Sergipe), Centro-Oeste Sudeste e no Sul, apenas no Paraná. Desenvolve-se em altitudes próximas a 550 m, em encosta úmida, em

áreas de capoeira e em locais brejosos (GUIMARÃES; GIORDANO, 2004, GUIMARÃES et al, 2015).

FIGURA 02 - *Piper tuberculatum* Jacq. (A). EXSICATA IAN 199998 (B).



Fonte: Vânia Brito Barbosa, 2020.

Potencial químico e biológico

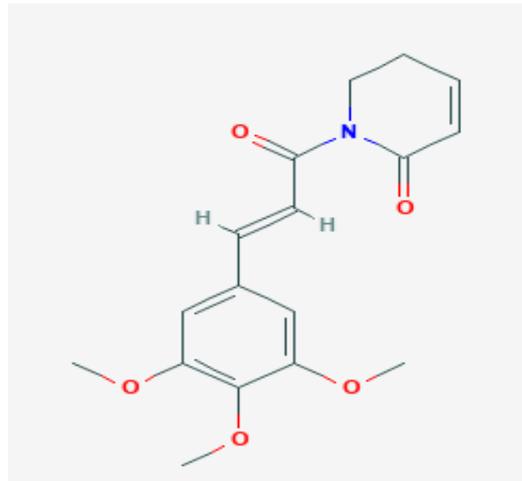
A espécie *Piper tuberculatum* Jacq. é usada na medicina popular tanto como sedativo quanto como antídoto para mordidas de cobras. Ela possui vários compostos químicos como as amidas do tipo isobutílicas, pirrolidínicas, dihidropiridonas, piperidinas, derivados prenilados do ácido benzoico, derivados do ácido cinâmico e flavonoides. Dentre esses, destaca-se a piplartina, uma alcanida encontrada em várias espécies de Piperaceae. Esta substância apresentou diversas atividades biológicas, incluindo atividade citotóxica e antitumoral. A atividade inseticida da *P. tuberculatum* deve-se a ação de suas piperamidas, em especial as isobutilamidas e piperidinas (BEZERRA, 2008; BRAGA, 2017; FACUNDO et al., 2008). A piplartina {5,6-dihidro-1-[1-oxo-3-(3,4,5-trimetoxifenil)-trans-2-propenil]-2(1H)-piridinona} (Figura 03) é uma amida encontrada em espécies do gênero *Piper* (BRAGA, 2017).

Além disso, há muitos trabalhos que evidenciam por meio de bioensaios a atividade inseticida dessa espécie. O extrato hexânico de frutos de *Piper tuberculatum* apresentou ação contra as fêmeas adultas de *Haematobia irritans* (mosca-dos-chifres). Já os extratos

etanólicos foram promissores no combate *Rhipicephalus microplus* (carrapato-de-boi) (BRAGA 2017a; BRAGA et al., 2017b).

Em estudo utilizando extratos aquosos de frutos verdes hidratados e desidratados, verificou-se potencial inseticida sobre *Spodoptera frugiperda* (lagarta-do-cartucho), que além da mortalidade, causou a redução do consumo de alimento e prolongamento da fase larval dos insetos, o óleo essencial também apresentou ação contra a lagarta-do-cartucho do milho (CASTRO et al., 2010; FARIAS, 2012).

Figura 03 - Estrutura química da piplartina.



Fonte: Disponível em: <<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/image/imgsrv.fcgi?cid=637858&t=1>>. Acesso em: dez/2020.

Ao avaliar o potencial inseticida do extrato de *Piper tuberculatum* contra o *Alabama argilacea* (curuquerê-do-algodoeiro), Miranda et al. (2002) obtiveram resultados positivos. Essa espécie também se mostrou eficaz no combate de adultos de *Cerotoma arcuatus* (vaquinha-preta-e-amarela) (SILVA et al., 2011). Extratos de *P. tuberculatum* testados *in vitro* mostraram efeito nematicida sobre *Meloidogyne* (nematoide-das-galhas) em *Coffea canéfora* (cafeeiro) (SANGI et al., 2018).

Extratos etanólico e aquoso da *Piper tuberculatum* possuíram atividade inseticida contra *Rhizoctonia solani* (fungo responsável pela podridão radicular) e *Sclerotium rolfsii* (mofo-cinzento) (FREIRE 2016, BASTOS et al., 2018). De acordo com Araújo (2011), os óleos essenciais da pimenta-de-macaco apresentam potencial acaricida sobre o controle de *Tetranychus urticae* (ácaro rajado). Nos experimentos realizados por Silva et al. (2013) sobre adultos do pulgão preto do feijão caupi, o óleo essencial da pimenta de macaco mostrou-se promissor como biopesticida.

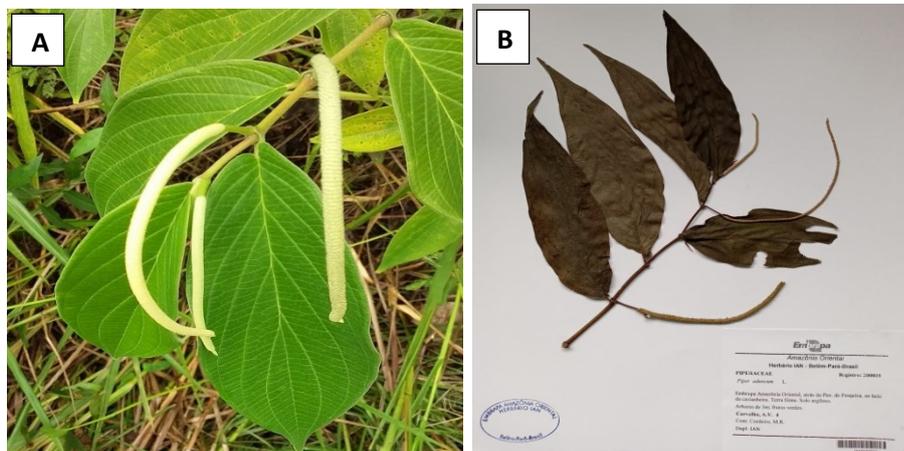
2.4.2 *Piper aduncum* L.

Vernáculo: pimenta-de-fruto-ganchoso, pimenta-de-macaco, tapa-buraco, falso-jaborandi e aperta-ruão (FAZOLIN, 2006; SILVA et al., 2013).

Descrição botânica

A Figura 04 apresenta *Piper aduncum* L. e sua exsicata. Esta piperaceae é um arbusto ou arvoreta até 8 m de altura, muito nodoso. Folhas com pecíolo de 0,3-0,8 cm de comprimento, lâmina elíptica, ovado-elíptica 10-15(-23) x 4-7 cm, base assimétrica, arredondado-cordada, ápice agudo ou acuminado, landulosa; nervuras secundárias 6-8, dispostas até ou pouco acima da porção mediana. Espigas curvas, 7-14 cm compr., 0,2-0,3 cm diâmetro; pedúnculo 1-2 cm de comprimento, pubescente; bractéolas triangularesubpeltadas, margem franjada. Estames 4. Drupa obovóide, tri- ou tetragonal, glabra, 3 estigmas sésseis (GUIMARÃES; GIORDANO, 2004; GUIMARÃES et al., 2015).

Figura 04 - *Piper aduncum* (A). exsicata IAN 200309 (B).



Fonte: Vânia Brito Barbosa, 2020.

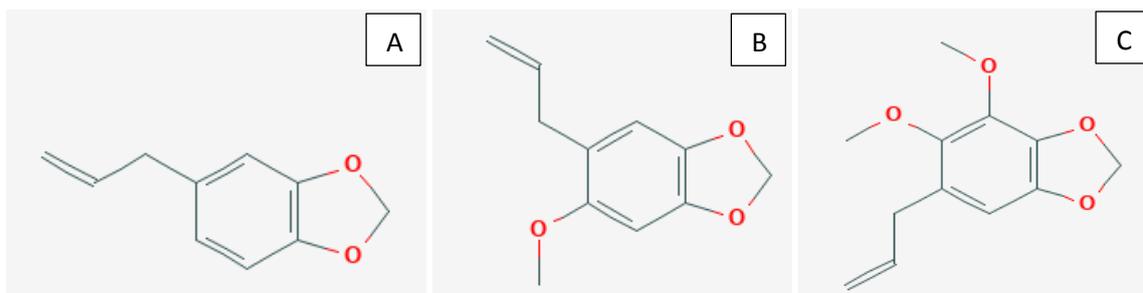
Distribuição geográfica

Distribui-se pela América Central, Antilhas e América do Sul. No Brasil, encontra-se nas regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul (GUIMARÃES; GIORDANO, 2004, GUIMARÃES et al., 2015).

Potencial químico e biológico

A composição do óleo essencial de *Piper aduncum*, coletada em diferentes locais da região Amazônica, aponta o dilapiol, um éter fenílico, como seu componente mais abundante. Existem variedades dessa espécie com teores de dilapiol próximos a 90% e outras substâncias como sarisan e safrol (Figura 05), com bioatividade comprovada, que apresentam em suas estruturas químicas o grupo metilenodioxifenil e são produzidas em menor quantidade junto com o dilapiol (FAZOLIN, 2006).

Figura 05 - Principais constituintes do óleo essencial de *piper aduncum* l.: safrol (a), sarisan (b) e dilapiol (c).



Fonte: Disponível em: (A) <<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/image/imgsrv.fcgi?cid=5144&t=1>>
 (B) <<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/image/imgsrv.fcgi?cid=95289&t=1>>
 (C) <<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/image/imgsrv.fcgi?cid=10231&t=1>>
 Acesso em: dez/2020.

Em ensaio realizado com óleos essenciais das folhas frescas e secas de *Piper aduncum*, observou-se o potencial larvicida (FIGUEREDO, 2014). O óleo essencial da espécie em estudo obteve desempenho ao ser testada em operárias de *Solenopsis saevissima* (formiga de fogo) em laboratório (SOUTO et al., 2011). Também possui ação repelente sobre gorgulho (Coleoptera, Chrysomelidae, Bruchinae) em feijão armazenado (BRITO et al., 2012). Além disso, essa espécie possui potencial ovicida no combate *Anticarsia gemmatilis* (lagarta da soja) no estágio inicial (KRINSKI et al., 2018).

Segundo Fazolin et al. (2006), os óleos essenciais dessa Piperaceae mostraram-se tóxicos para larvas de *Tenebrio molitor* L. (larva-da-farinha). Apresentando também um ótimo efeito larvicida contra larvas de *Aedes aegypti* L. (mosquito da dengue) (COSTA et al., 2010). Os óleos essenciais de folhas, caules e frutos possuem atividade antifúngica contra *Cladosporium cladosporioides* (fungos) e *Cladosporium sphaerospermum* (fungo radiotrófico) (NAVICKIENE et al., 2006). Em ensaios com os extratos de hexano e acetato de etila de *Piper aduncum* foi constatado atividade biológica sobre *Anticarsia g.* (lagarta da soja) e *Spodoptera frugiperda* (lagarta do cartucho) (LUCENA, 2017).

De acordo com o estudo de Araújo et al. (2011), os óleos da *Piper aduncum* apresentaram ação inseticida no controle de *Tetranychus urticae* (ácaro rajado). Avaliou-se a

toxicidade de óleos de folhas de *P. aduncum* em adultos de *Sitophilus zeamais* Motsch (gorgulho), obtendo resultados positivos (ESTRELA et al., 2006). Conforme Santos (2018), a *P. aduncum* mostrou seu alto potencial inseticida no controle de *Solenopsis saevissima* (formiga) e *Cerosipha forbesi* (pulgão) no morangueiro. De acordo com Mendonça (2019), esses óleos essenciais apresentam atividade inseticida para os insetos-praga *Ascia monuste orseis* (lagarta da couve), *Atta sexdens* (formiga cortadeira), *Cryptolestes ferrugineus* (besouro) e *Zabrotes subfasciatus* (caruncho-do-feijão).

2.4.3 *Piper hispidum* Sw.

Vernáculo: conhecida popularmente pelos nomes jaborandi ou falso-jaborandi (NAVICKIENE et al. 2000).

Descrição botânica

A Figura 06 mostra *Piper hispidum* Sw. e sua exsicata. Essa *Piper* possui arbusto com 2-4 m de altura, com tricomas escabrosos nos ramos. Folhas com pecíolo de 0,5-1cm de comprimento, hispido, bainha basal; lâmina elíptica, 10-16 x 5-8 cm, base assimétrica, um dos lados arredondados e diferindo do outro em cerca de 3-5 cm de comprimento, profundamente glandulosas; nervuras secundárias 4-6, ascendentes, espigas eretas, 8-14 cm de comprimento; pedúnculo até 1cm de comprimento, hirtelo; bractéolas triangular peltadas e franjadas na margem. Estames 4. Drupas oblongas, papiloso-puberulentas no ápice, com 3 estigmas persistentes sésseis (GUIMARÃES; GIORDANO 2004, GUIMARÃES et al, 2015).

Figura 06 - *Piper hispidum* Sw. (A). exsicata IAN 200009 (B).



Fonte: Vânia Brito Barbosa, 2020.

Distribuição geográfica

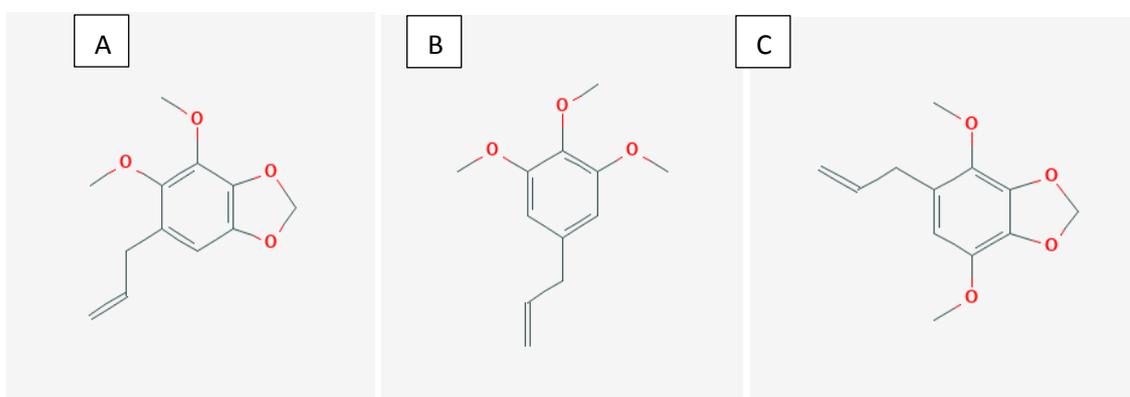
América Central, Antilhas e América do Sul. No Brasil, nas seguintes regiões: Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul (GUIMARAES; GIORDANO, 2004; GUIMARÃES et al., 2015).

Potencial químico e biológico

Os constituintes de *Piper hispidum* compreendem amidas, benzenos, ácidos benzoicos, flavonoides e óleos essenciais, dos quais 17 têm significativa atividade antifúngica, antimicrobiana, antiplasmodial, leishmanicida e inseticida (MICHEL et al., 2010; SILVA et al., 2014; NASCIMENTO et al., 2012).

Segundo Potzernhem et al. (2006) foram identificados 26 compostos no óleo essencial das folhas, sendo que desses 23% são monoterpenos não oxigenados, 11,5% monoterpenos oxigenados, 15,4% sesquiterpenos não oxigenados e 34,6% sesquiterpenos oxigenados. Facundo et al. (2008) ao analisar o óleo essencial extraído dos frutos e talos finos, identificaram como constituintes majoritários o dilapiol, com 57,5%, a elemicina com 24,5% e o apiol 10,2% (Figura 07).

Figura 07 - Constituintes majoritários do óleo de *piper hispidum* sw.: dilapiol (a), elemicina (b) e apiol (c).



Fonte: Disponível em: (A) <<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/image/imgsrv.fcgi?cid=10231&t=1>>
 (B) <<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/image/imgsrv.fcgi?cid=10248&t=1>>
 (C) <<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/image/imgsrv.fcgi?cid=10659&t=1>>
 Acesso em: dez/2020.

De acordo com Alécio et al. (1998), a amida pirrolidina isolada da folha de *Piper hispidum* apresentou ação letal contra fungos *Cladosporium sphaerospermum*. O extrato

metanólico dessa espécie também mostrou resultado positivo, tornando perceptível atividade inseticida contra lagartas de *Spodoptera frugiperda* (SILVA, 2018). Conforme Santos et al. (2010), o extrato acetônico das folhas de *Piper hispidum* Kunth sobre *Hypothenemus hampei* (broca-do-café) obteve potencial no controle desse inseto-praga. Navickiene et al. (2000) identificaram amidas com atividade antifúngica.

2.4.4 *Piper reticulatum* L.

Vernáculo: Pimenta longa (SiBBr, 2021)

Descrição botânica

A Figura 08 exibe a imagem de *Piper reticulatum* L., bem como sua exsicata. A *P. reticulatum* possui arbusto glabro; pecíolo glabro, obscuramente papiloso-pubescente; lâmina foliar 5-7 (-9) nervuras com vénulas salientes, reticuladas; pedúnculo 1-2 cm de comprimento; espiga 10-12 cm de comprimento., flores denso-dispostas, raque membranáceas com fimbrias rígidas; bráctea floral com pedicelo provido de tricomas; fruto papiloso-pubescente no ápice, com área lisa semelhante a um disco, estigmas 3 ou 4, arredondados (GUIMARÃES et al., 2015).

Figura 08 - *Piper reticulatum* L. (A). Exsicata IAN 200598 (B).



Fonte: Vânia Brito Barbosa, 2020.

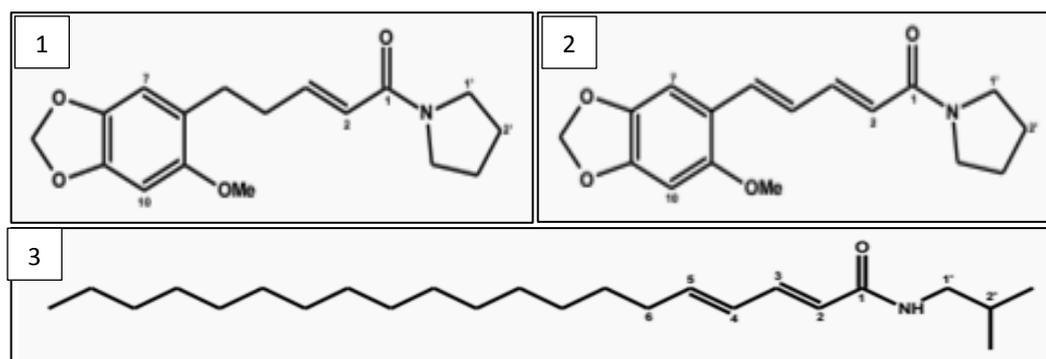
Distribuição Geográfica

Esta espécie distribui-se na região Norte e Centro-Oeste (Mato Grosso) do Brasil (GUIMARÃES et al., 2015).

Potencial químico e biológico

Mediante estudos com extrato acetônicos de partes aéreas de *Piper reticulatum*, verificou-se como resultado a definição da amida diidrowisanidina (1), wisanidina (2) e (2E,4E) -N-isobutilricosa-2,4-dienamida (3) (Figura 09), e atividades antifúngica, antitumoral e inseticida (SILVA, 2011). Ademais, Luz et al. (2003), em seu estudo com óleo essencial extraído dessa piperaceae, identificaram o β -elemeno (24,6%) e o β -cariofileno (16,7%). Os extratos brutos apresentaram atividade biológica, sendo observado potencial antifúngico contra *Cladosporium cladosporioides* e *C. sphaerospermum*, além de atividade inibidora da enzima acetilcolinesterase, um potencial alvo para o tratamento da doença de Alzheimer (SILVA, 2011).

Figura 09 - Constituintes majoritários nos óleos de *piper reticulatum* l.: amida diidrowisanidina (1), wisanidina (2) e (2e,4e) -n-isobutilricosa-2,4-dienamida (3).



Fonte: SILVA, 2011.

2.4.5 *Piper cyrtopodon* (Miq.) C.DC.

Vernáculo: Pimenta peluda.

Descrição botânica

Na Figura 10, pode-se ver a imagem de *Piper cyrtopodon* (Miq.) C.DC. e sua exsiccata. É um arbusto piloso, tricomas 1-2 mm de comprimento, eretos; pecíolo viloso, 0,5-1 cm de comprimento; lâmina foliar com base subsimétrica arredondada ou levemente cordada; face

adaxial glabra a levemente vilosa próximo à margem e base dotada de glândulas, levemente esparso-longo pilosa nas nervuras da face abaxial; nervuras secundárias (5-) 6-8, impressas na face adaxial, proeminentes na abaxial; pedúnculo piloso; espiga 3-3,5 cm de comprimento (GUIMARÃES et al., 2015).

Figura 10 - *Piper Cyrtopodon* (Miq.) C.DC. (A). Exsicata IAN 200458 (B).



Fonte: Vânia Brito Barbosa, 2020.

Distribuição Geográfica

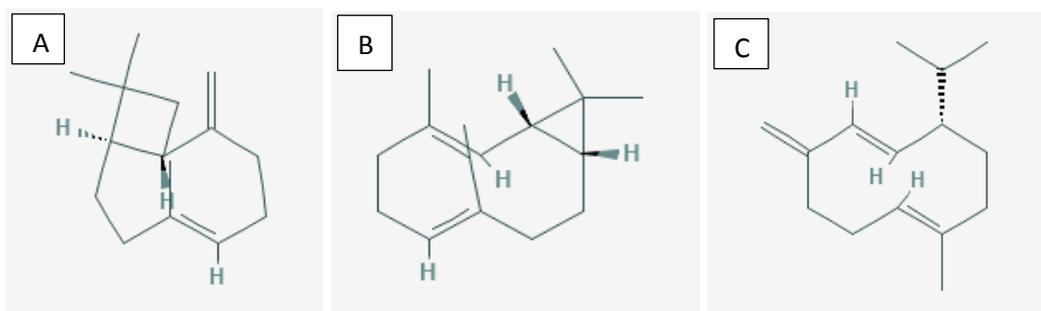
No Brasil, encontra-se na região Norte e também no Centro-Oeste (Mato Grosso) (GUIMARÃES et al., 2015).

Potencial químico e biológico

Na Amazônia brasileira foram coletadas seis amostras de partes aéreas de *Piper cyrtopodon*, nas quais foram identificados 84 compostos. Os mais abundantes foram β -cariofileno (34,6%), biciclogermacreno (21,4%), germacreno D (13,6%) (Figura 11), e α -pineno (7,5%). As outras amostras apresentaram valores diferentes. Essa variação pode estar relacionada aos aspectos ambientais no habitat das plantas. O biciclogermacreno e

germacreno D esteve presente em todas as amostras de óleos essenciais (ANDRADE et al., 2006). Conforme o estudo de Corrêa et al. (2007), ao avaliar atividade inseticida de várias espécies da família Piperaceae, constataram que a atividade dos extratos das folhas de *P. cyrtopodon* foi mais eficiente contra *Anopheles* spp que os extratos de raiz ou galho.

Figura 11 – Constituintes majoritários no óleo de *piper cyrtopodon* (miq.) c.dc.: β -cariofileno (a), biciclogermacreno (b), germacreno d (c).



Fonte: Disponível em: (A) <<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/image/imgsrv.fcgi?cid=5281515&t=1>>
 (B) <<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/image/imgsrv.fcgi?cid=13894537&t=1>>
 (C) <<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/image/imgsrv.fcgi?cid=5317570&t=1>>
 Acesso em: dez/2020.

2.4.6 *Piper carniconnectivum* C.DC.

Vernáculo: Pimenta do mato.

Descrição botânica

A Figura 12 ilustra *Piper carniconnectivum* C.DC. e sua exsiccata. É um arbusto estriado levemente crespo-pubescente a glabrescente, tricomas curtos; pecíolo crespo-pubescente a glabrescente; lâmina foliar com base subsimétrica, glabra na face adaxial, nervuras secundárias 6-8; crespo-pubescente a glabrescente, na face abaxial; espiga 1,5-2,5 cm de comprimento, apiculada, estigmas ligulados (GUIMARÃES et al., 2015).

Figura 12 - *Piper Carniconnectivum* C.DC. (A). Exsiccata IAN 200457 (B).



Fonte: Vânia Brito Barbosa, 2020.

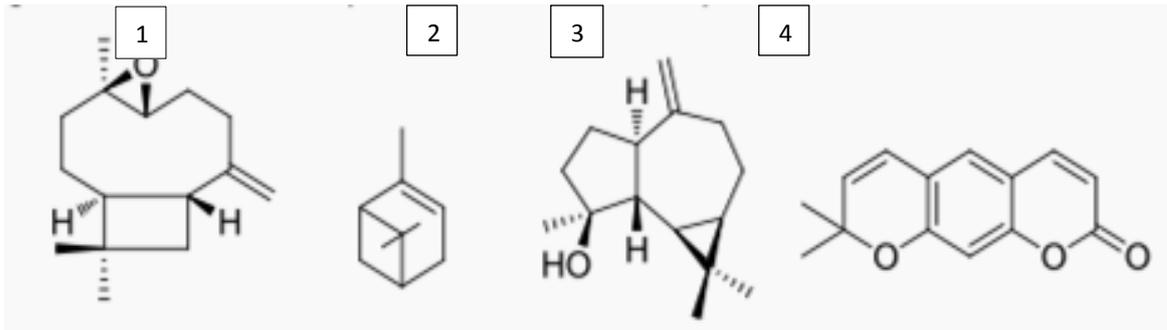
Distribuição geográfica

No Brasil, ocorre na região Norte (Amazonas, Amapá e Pará) (GUIMARÃES et al., 2015).

Potencial químico e biológico

Essa espécie é oriunda da Amazônia brasileira, comumente chamada de pimenta longa. Existem poucos estudos na literatura sobre a espécie e seu potencial biopesticida (FREITAS et al., 2014). Bastos et al. (2018), ao avaliar extratos da *Piper carniconnectivum* no controle da mela do feijoeiro, obtiveram resultado eficiente, bem como apresentou potencial antimicrobica a partir de seus extratos alcoólicos de folha, talos e inflorescência contra a bactéria *Ralstonia solanacearum*. As substâncias principais no óleo essencial extraído de folhas da *P. carniconnectivum* é o óxido de cariofileno (1), as do caule são α -pineno (2) e espatuneol (3) (Figura 13). Das raízes dessa espécie foram isolados quatro flavonoides, três ciclopentenodionas naturais e a cumarina xantiletina (4) (Figura 13). Dos componentes isolados, uns apresentaram potencial biológico como antifúngicos e herbicidas (SANTOS, et al., 2015; FACUNDO, 2006).

Figura 13 - Estrutura dos principais componentes do óleo essencial extraídos da *piper carniconnectivum* c.dc.: óxido de cariofileno (1), α -pineno (2), espatuneol (3) e a cumarina xantiletina (4).



Fonte: BASTOS, 2018.

2.4.7 *Piper arboreum* Aubl.

Vernáculo: Pimenta-longa (ANDRADE et al., 2009).

Descrição botânica

A Figura 14 apresenta a imagem de *Piper arboreum* Aubl. e sua exsicata. Essa espécie trata-se de arbusto com 2-4m de altura. Folhas com bainha alada; pecíolo 0,5-2 cm de comprimento; lâmina lanceolado-elíptica, 15-27 x 4,5-9,5 cm, base obliquamente assimétrica, ápice acuminado, glabra em ambas as faces; nervuras secundárias 8-15, penínérveas, alternas, ascendentes. Espigas eretas, 7-15 cm de comprimento, apiculadas no ápice; pedúnculo 0,5-2 cm; bractéolas triangularpeltadas, fimbriadas na margem. Estames 4. Drupa subquadrangular, comprimida lateralmente, glabra, 3 estigmas sésseis (GUIMARÃES; GIORDANO, 2004; GUIMARÃES, 2015).

Figura 14 - *Piper arboreum* Aubl. (A). Exsicata IAN 200597 (B).



Fonte: Vânia Brito Barbosa, 2020.

Distribuição geográfica

Encontra-se nas Antilhas e América do Sul. No Brasil, ocorre na região Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul (GUIMARÃES; GIORDANO, 2004; GUIMARÃES, 2015).

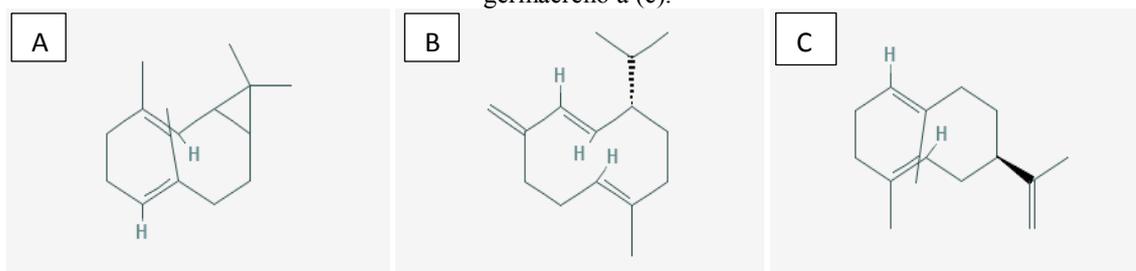
Potencial químico e biológico

Essa espécie mostrou elevada atividade larvicida contra *Aedes aegypti* (SANTANA, 2015). Em estudos para avaliar o potencial dessa espécie, constatou-se atividades tripanocida e antileishmania, e também candidacida (FIGUEREDO et al., 2014; SOUZA, 2019). Regasine (2009) identificou essa espécie como potencial antimicrobiano. Além disso, pode ser uma fonte promissora de compostos antifúngicos.

Conforme o estudo de Silva et al. (2020), os óleos essenciais dessa Piperaceae apresentaram efeito inibitório sobre *Staphylococcus aureus* (bactéria). Verificou-se que os constituintes voláteis e não voláteis de *Piper arboreum* apresentaram atividade contra os fungos *Cladosporium sphaerospermum*, *C. cladosporioides*, *Candida krusei*, *C. parapsilosis* e *Cryptococcus neoformans* e o protozoário *Trypanosoma cruzi* (NASCIMENTO et al., 2015; NAVICKIENE, 2006).

Piper arboreum contém biciclogermacreno (49,5%/21,1% nas folhas/caules), germacreno D (49,3%) e o germacreno A (8,5%) (Figura 15), que foram mais abundantes em seus frutos (SANTOS, 2001; NAVICKIENE, 2006).

Figura 15 - Principais constituintes de *piper arboreum* aubl.: biciclogermacreno (a), germacreno d (b), germacreno a (c).



Fonte: Disponível em: (A) <<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/image/imgsrv.fcgi?cid=13894537&t=1>>
 (B) <<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/image/imgsrv.fcgi?cid=5317570&t=1>>
 (C) <<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/image/imgsrv.fcgi?cid=5317570&t=1>>
 Acesso em: dez/2020.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Realizou-se revisão bibliográfica do tipo narrativa, na qual artigos, dissertações, teses, revistas e livros foram pesquisados nos mecanismos virtuais de base de dados científicos de livre acesso: SciELO, PubMed, PubChem, Google Scholar e ScienceDirect. Uma pesquisa de laboratório, ou experimental também foi realizada, a qual, segundo Oliveira (2010, p. 69), “permite uma observação sistemática de fatos e fenômenos, que facilita o controle de variáveis” tendo também a característica de ser objetiva e apontar resultados precisos.

3.1 Obtenção e preparação do material vegetal

O presente estudo foi desenvolvido em conformidade com a legislação estabelecida pelo Ministério do Meio Ambiente em relação aos direitos da biodiversidade. O número do cadastro de acesso é AA58E62 (20/02/2019).

Amostras das sete espécies de Piperaceae: *Piper tuberculatum*, *P. aduncum*, *P. hispidum*, *P. reticulatum*, *P. cyrtopodon*, *P. carniconnectivum* e *P. arboreum* foram coletadas em área preservação denominada de Capoeira do Black (01°26'05,12'' S e 48°26'38,53'' W)

(WATRIN et al., 2019), localizada na sede da Embrapa Amazônia Oriental, em Belém-Pará. Foram coletadas no período de janeiro a março, período de alto índice pluviométrico e em que as plantas apresentam seus frutos.

Segundo Vieira et al. (1967) os solos predominantes estão vinculados a uma das seções fisiográficas existente na área da Embrapa Amazônia Oriental: os terraços aluviais antigos, provavelmente pleistocênicos. Os terraços aluviais (terra firme) são formados por sedimentos inconsolidados caoliníticos, dando origem a solos profundos, bem drenados e quimicamente pobres, representados por Latossolo Amarelo Distrófico típico e, em menor proporção, Latossolo Amarelo Distrófico petroplíntico (Embrapa Amazônia Oriental, 1997).

Coletaram-se as amostras em horário compreendido entre 8h e 9h da manhã. Em seguida, as amostras foram levadas ao Laboratório da Agroindústria da Embrapa Amazônia Oriental, onde foram selecionados os órgãos sadios das plantas (folhas, frutos e caule) e as impurezas, removidas. Depois, o material vegetal foi fragmentado e preparado para extração.

Amostras do material botânico de cada uma das sete espécies foram encaminhadas ao Laboratório de Botânica da Embrapa Amazônia Oriental para identificação e herborização. O material está registrado no Herbário IAN sob os seguintes números de identificação: *Piper tuberculatum* Jacq. - IAN 199998; *Piper aduncum* L. - IAN 200309; *Piper hispidum* Sw. - IAN 200009; *Piper reticulatum* L. - IAN 200598; *Piper cyrtopodon* C.DC. - IAN 200458; *Piper carniconnectivum* C.DC. - IAN 200457; e *Piper arboreum* Aubl. - IAN 200597.

3.2 Extração

A extração do óleo essencial foi realizada pelo método de hidrodestilação por arraste de vapor em aparelho do tipo Clevenger modificado (MATOS, 1996), como ilustra a Figura 16. Após a preparação do material vegetal, colocou-se aproximadamente de 500 g em balão de fundo redondo e depois se adicionou água destilada até a amostra (folhas, frutos e caule finos) ficar submersa. Antes do início da operação de destilação, o extrator foi aferido com água destilada e conectado ao condensador do sistema de refrigeração. Em seguida, foi ligada a manta aquecedora, regulada à temperatura de ebulição da água, dando início ao processo de extração de óleo essencial.

Figura 16 – Sistema de extração com extrator do tipo Clevenger



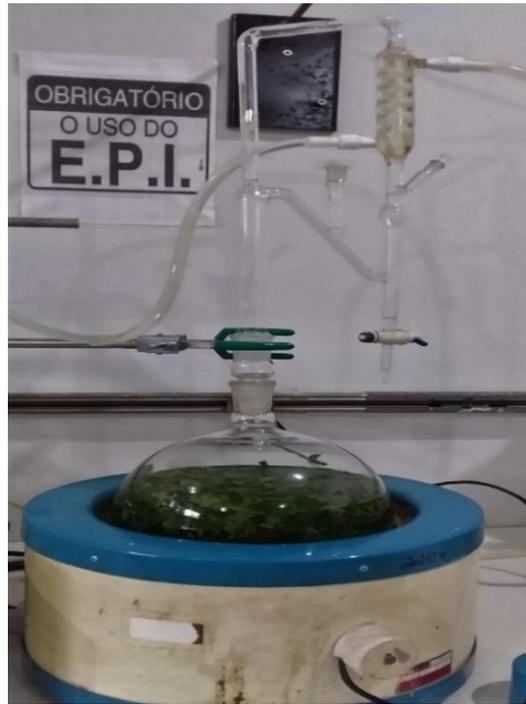
Fonte: Vânia Brito Barbosa, 2020.

No momento que a água entrou em ebulição, os vapores de água e os voláteis foram guiados em direção ao condensador, onde ocorreu troca de calor, condensando os voláteis. Nessa fase, pode-se observar, no tubo separador do extrator, as formas líquidas do óleo essencial e da água.

Depois de 4h de extração, a leitura do volume de óleo essencial extraído foi feita diretamente na escala volumétrica do tubo separador. Em seguida, o óleo foi coletado em frasco de 2 mL, ao qual foi adicionada pequena quantidade sulfato de sódio anidro, para absorver as moléculas de água que possam estar presentes no óleo. Posteriormente, armazenou-se adequadamente em frascos e seguidamente foi envolvido com papel alumínio para que não tivesse a incidência direta de luz, depois ficou sob refrigeração, para que posteriormente fossem feitas as análises físico-químicas.

Quando a espécie apresentou óleo mais denso que a água, como foi o caso da espécie *Piper aduncum*, utilizou-se um extrator específico conforme descrito por Santos (1999). O modelo específico de extrator foi calculado para funcionar em circuito fechado como mostrado na Figura 17, arquitetado com base nos cálculos hidrodinâmicos para que assim o equilíbrio seja preservado durante todo o tempo de extração de óleos essenciais, tempo certo de 240 minutos (SILVA, 2004).

Figura 17 - Sistema de extração para óleos mais densos que a água.



Fonte: Vânia Brito Barbosa, 2020.

3.3 Umidade

Para determinar a umidade (voláteis a 105°C), foi utilizado o método gravimétrico, onde se usou cerca de 5 g de amostra (folha, frutos e caule fino) fragmentada. Depois, a amostra foi dessecada a 105°C durante 5 horas. Prosseguiu-se a dessecação, avaliando a massa da amostra em intervalos de 1 h até obtenção de massa constante. Posteriormente, foi calculada a porcentagem de água em relação à amostra, segundo as fórmulas descritas abaixo (FARMACOPEIA BRASILEIRA, 2010):

Material volátil (g) = massa inicial _(cadinho+amostra) – massa final _(cadinho+amostra)

umidade (%) =
$$\frac{\text{matéria volátil (g)} \times 100}{\text{massa inicial da amostra (g)}}$$

3.4 Caracterização físico-química do óleo essencial

3.4.1 Rendimento

O rendimento do óleo essencial foi determinado em base seca (b.s) a partir da estimativa do valor calculado para umidade, empregando a seguinte fórmula:

$$\text{rendimento (\%)} = \frac{\text{volume de óleo extraído (mL)} \times 100}{\text{massa da amostra (g)} - \text{massa da amostra (g)} \times \text{umidade (\%)}}$$

3.4.2 Características sensoriais

Para a determinação das características sensoriais do óleo essencial das plantas foram analisados os parâmetros de cor e odor, mediante comparação entre as amostras e baseada em dados da literatura.

3.4.3 Densidade

A densidade foi calculada a partir da média aritmética das massas de alíquotas de 20 μL (0,02 mL), volume constante de óleo essencial, em triplicata, à temperatura de 25°C. A razão entre a massa e o volume (aferidos em balança analítica usando pipeta automática) foi determinada aplicando a seguinte fórmula (HOMEM, 2015):

$$\text{densidade (g/mL)} = \frac{\text{massa do óleo essencial (g)}}{\text{volume do óleo essencial (mL)}}$$

3.4.4 Determinação do índice de refração (IR)

Conforme a Farmacopeia Brasileira (2010), existe um padrão fornecido pelo fabricante do equipamento para calibração e controle da temperatura, onde se deve determinar o índice

de refração da água destilada, cujos valores são 1,3330 a 20°C e 1,3325 a 25 °C. Geralmente, o índice de refração é determinado em função da luz de sódio no comprimento de onda 589,3 nm (raia D) e a 20±0,5°C. Determinou-se o índice de refração à temperatura de 25 °C, em triplicata, em refratômetro de modelo PAL- RI. O equipamento foi devidamente aferido e com auxílio de uma pipeta Pasteur, cerca de 0,02 mL de amostra foram colocados no local adequado do equipamento para a leitura.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com Simões e Spitzer (2007), a principal determinação quantitativa de um óleo essencial é seu rendimento. Entretanto, a avaliação de características sensoriais, densidade e índice de refração contribuem para a definição de parâmetros de identidade para o controle de qualidade, a fim de evitar adulterações ou falsificações.

Na Tabela 01, estão apresentados os resultados obtidos para o óleo essencial de *Piper hispidum*, *P. tuberculatum*, *P. aduncum*, *P. carniconectivum*, *P. reticulatum*, *P. arboreum* e *P. cytopodon*.

Tabela 01 - Caracterização físico-química do óleo essencial de *P. tuberculatum*, *P. aduncum*, *P. hispidum*, *P. reticulatum*, *P. Cytopodon*, *P. Carniconectivum* e *P. Arboreum*.

Espécie	Densidade (g/mL)	Rendimento (%)*	Índice de refração (nD20)	Cor	Aparência
<i>Piper tuberculatum</i>	0,8217	0,4121	1,4915	amarelo	límpida

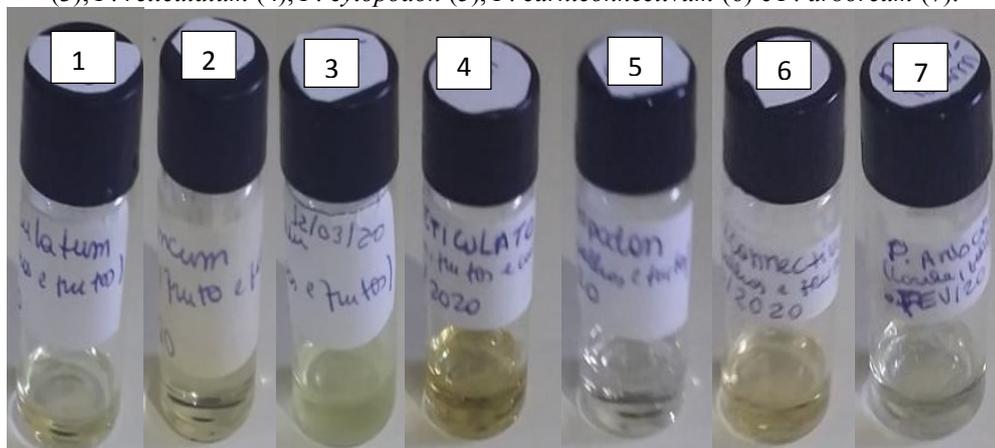
<i>Piper aduncum</i>	1,1700	3,1591	1,5218	amarelo pálido	límpida
<i>Piper hispidum</i>	0,8250	0,7242	1,5046	amarelo	límpida
<i>Piper reticulatum</i>	0,9750	0,6383	1,5171	amarelo intenso	límpida
<i>Piper cytopodon</i>	0,8950	1,4483	1,5003	incolor	límpida
<i>Piper carniconnectivum</i>	0,8700	1,1277	1,5007	amarelo intenso	límpida
<i>Piper arboreum</i>	0,9300	1,1277	1,4998	incolor	límpida

* Rendimento (%) expresso em base seca (b.s).

Os rendimentos dos OEs (b.s), obtidos mediante hidrodestilação por arraste de vapor d'água em aparelho tipo Clevenger, foram de 0,41 a 3,1%, Figura 18, abaixo. Todas as espécies avaliadas foram coletadas no período da sua fase reprodutiva, o que pode ter contribuído para um bom rendimento.

Assim, é importante enfatizar que muitos fatores podem contribuir para uma variação da quantidade, composição e características dos OEs, são esses: estágio de desenvolvimento do vegetal, quimiotipos, influências ambientais (salinidade do solo, umidade e temperatura, luz), local de coleta, sazonalidade e outros (SOUZA et al., 2007; FIGUEIREDO et al., 2008).

Figura 18 – Óleos Essenciais das sete espécies: *Piper tuberculatum* (1), *P. aduncum* (2), *P. hispidum* (3), *P. reticulatum* (4), *P. cytopodon* (5), *P. carniconnectivum* (6) e *P. arboreum* (7).



Fonte: Vânia Brito Barbosa, 2020.

Em relação ao rendimento de *Piper aduncum*, observou-se valor próximo ao encontrado por Pohlit et al. (2006), que descreveram quantidade de 1,5 a 3,2%, utilizando hidrodestilação em aparelho do tipo Clevenger. Além disso, mostrou rendimento superior ao valor obtido

Fazolin (2006), que apresentou valor de 2,0 a 2,2% para *P. aduncum*, cujo método de extração foi hidrodestilação, com amostra do Acre. Contudo, Mendonça (2019) relatou rendimento igual a 3,5%, que também usou o mesmo método e expressou o resultado em base seca, com amostra do Acre.

Verificou-se que o óleo de *Piper aduncum* foi o mais denso e apresentou valor superior ao descrito por Mendonça (2019) e Arze et al. (2008), que obtiveram respectivamente os valores de 1,03 g/mL e 0,91 g/mL. Essa espécie tem se mostrado rica em dilapiol (composto mais denso que a água), o que pode justificar a precipitação do OE quando se utilizou extrator do tipo Clevenger.

Sobre o índice de refração determinado para *Piper aduncum*, constatou-se valor superior descrito por Martins (2011), que obteve 1,51.

O rendimento da *Piper hispidum* foi superior ao valor obtido por Potzernheim et al. (2006) de 0,3%, bem como ao de Mesquita et al. (2005), que obtiveram teor entre 0,2 a 0,3%. Ambos utilizaram hidrodestilação e apenas o primeiro expressou seu resultado em base seca. Além disso, verificou-se que Chaves (2013) obteve, também por hidrodestilação, resultado igual a 1,41% (b.s) em amostra de Manaus, ou seja, maior que o encontrado neste trabalho.

Constatou-se para *Piper arboreum* que o rendimento obtido neste estudo foi inferior ao descrito por Mesquita et al. (2005), que obtiveram teores entre 0,3 e 1,2% para amostras de Minas Gerais.

As colorações dos óleos variaram de incolor a amarelo intenso e suas aparências apresentaram-se límpidas, possuindo odores bem característicos. São vários fatores que podem contribuir para mudança da cor, sabor, aroma e componentes químicos dos OEs como fatores ambientais, interações entre planta/planta, planta/microrganismos, plantas/insetos e outros fatores como idade, estágio de desenvolvimento, luminosidade, temperatura, pluviosidade, nutrição, época e horário de coleta (MORAIS, 2009).

Conforme Simões e Spitzer (2007), a densidade dos óleos essenciais normalmente oscilam entre 0,69 e 1,118 mg/mL. Os valores deste trabalho encontram-se dentro dessa faixa e podem servir como parâmetro característico para as espécies estudadas, tendo em vista que a variação observada foi de 0,8 e 1,1 g/mL. Observou-se que os resultados para densidade foram menores que a da água (1 g/mL), exceto para *Piper aduncum*, que foi igual a 1,1 g/mL.

Ainda para Simões e Spitzer (2007), o índice de refração dos OEs varia entre 1,450 e 1,590 nD₂₀. Portanto, constatou-se os resultados obtidos neste estudo apresentaram oscilação semelhante de 1,4915 a 1,5171. Conforme Almeida (2011), o índice de refração é a relação entre a velocidade da luz no ar e no meio, aumentando com o grau de insaturação dos ácidos

graxos constituintes dos triglicerídeos. O índice de refração é específico para cada tipo de óleo, dentro de limites. O IR está relacionado com o grau de saturação das ligações, mas é afetado por outros fatores tais como: teor de ácidos graxos livres, oxidação e tratamentos térmicos. Por isso, é muito importante conhecer esse parâmetro.

5 CONCLUSÃO

A caracterização físico-química do óleo essencial de sete espécies pertencentes à família Piperaceae, bem como a revisão bibliográfica sobre as suas propriedades pesticidas a partir da literatura científica, trouxeram mais informações relevantes, tais como as características sensoriais que não foram encontradas na bibliografia consultada para nenhuma das sete espécies *Piper* estudadas, assim como o reconhecimento do potencial químico e biológico, em especial para fins de desenvolvimento de pesticidas naturais.

Não foram encontrados também na literatura relatos anteriores de características físico-químicas para *Piper carniconnectivum*, *P. cyrtopodon*, *P. tuberculatum* e *P. reticulatum*. Para as demais espécies estudadas foram encontrados somente valores de rendimento, exceto para *P. aduncum*, para a qual se encontram dados sobre todas as determinações físico-químicas investigadas. Logo, os resultados obtidos neste trabalho podem contribuir para o estabelecimento de padrões de identidade desses óleos para futuros estudos.

Ressaltamos ainda que, a realização desse trabalho sofreu o impasse da pandemia do Coronavírus, fato que obrigou a paralização das atividades laboratoriais durante aproximadamente um ano, pois a extração de óleos essenciais deveria ser destinada para fazer bioensaios com as moscas domésticas, a fim de testar seu potencial inseticida.

Contudo, apontamos ainda a relevância do estudo para contribuir com as temáticas relacionadas ao ensino não só da química, mas da biologia, da bioquímica, da botânica, já que os óleos essenciais apresentam fórmulas estruturais, características físicas, químicas e biológicas importantes para o desenvolvimento de pesquisas na área do ensino interdisciplinar.

Assim, como futura docente, concluímos com a sugestão de alinhar os importantes conhecimentos advindos deste Trabalho de Conclusão de Curso ao conteúdo da disciplina química, por meio do método Tema Gerador como contributo ao ensino, pois, ao contextualizar os conhecimentos sobre as diversas características das substâncias que compõem os óleos essenciais com o conteúdo fornecido em sala de aula, por certo haverá uma integração de conceitos químicos, biológicos, botânicos, entre outros, que apontará benefícios ao ensino, à aprendizagem e à pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALÉCIO, Alberto Camilo et al. Antifungal amide from leaves of *Piper hispidum*. **Journal of Natural Products**, v. 61, n. 5, p. 637-639, 1998.

ALMEIDA, J. K. P. et al. Caracterizações físico-químicas de óleos vegetais utilizados para produção de biodiesel com metodologias alternativas simples. **XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Brasil**, p. 1-14, 2011

ANDRADE, Eloisa Helena A. et al. Composição do óleo essencial de *Piper cyrtopodon* (Miq.) C. DC. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 9, n. 1, pág. 53-59, 2006.

ANDRADE, Eloisa Helena A.; GUIMARÃES, E.F., MAIA, J.G.S. Variabilidade Química em Óleos Essenciais de Espécies de *Piper* da Amazônia. **Belém: FEQ/UFPA**, 2009.

ARAÚJO J., J.X.; CUNHA, V.L.; EMIDIO, CHAVES, M.C.O.; GRAY, A.I. 1997. Piperdardine, a piperidine alkaloid from *Piper tuberculatum*. **Phytochemistry**, 44(3): 559-561.

ARZE, Javier Bernardo Lopez et al. Essential oils from Bolivia. VIII. Piperaceae: *Piper heterophyllum* Ruiz et Pavón, *P. aduncum* L. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 11, n. 1, p. 53-57, 2008.

BASTOS, Jessica Silva Felix et al. Potencial de controle de espécies de *Piper* sobre fungos fitopatogênicos. **Embrapa Rondônia-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2018.

BASTOS, Jessica Silva Felix. **Extratos de piper no controle de fungos e bactérias fitopatogênicas**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Rondônia, Rolim de Moura – RO, 2018.

BEZERRA, Daniel Pereira. **Estudo das propriedades anticâncer da pipartina**. Tese (Doutorado em Farmacologia) - Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

BRAGA, Andrina Guimarães Silva et al. Atividade pesticida de extratos de *Piper tuberculatum* Jacq sobre *Haematobia irritans* L. **Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)**, v. 7, n. 1, p. 54-57, 2017a.

BRAGA, Andrina Guimarães Silva et al. **Estudo fitoquímico do extrato etanólico dos frutos de *Piper tuberculatum* Jacq. (piperaceae)**. In: 57º Congresso Brasileiro de Química. Gramados - RS, outubro de 2017b.

BRAZ FILHO, Raimundo. Contribuição da fitoquímica para o desenvolvimento de um país emergente. **Química Nova**, v. 33, n. 1, p. 229-239, 2010.

BRITO, Sara Samanta da Silva et al. Avaliação do potencial inseticida dos óleos essenciais de *Piper aduncum* e *Piper hispidinervum* sobre praga de grão armazenado. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 2, p. 1021-1027, jul. 2012.

BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. *Biochemistry & Molecular Biology of Plants*; American Society of Plant Physiologists: Rockville MD, 2000. **Google Scholar There is no corresponding record for this reference**, p. 1158-1202.

CASTRO, H. G., BARBOSA, L. C. A., LEAL, T. C. A. B., SOUZA, C. M., NAZARENO, A. C. Crescimento, teor e composição do óleo essencial de *Cymbopogon nardus* (L.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 9, p. 55-61, 2007.

CASTRO, M.; DA SILVA, P. H. S.; PÁDUA, LE de M. Potencial de extratos de frutos frescos e desidratados de *Piper tuberculatum* Jacq.(Piperaceae) no desenvolvimento da lagarta-do-cartucho do milho. **Embrapa Meio-Norte-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2010.

CAVALHEIRO, Claudionor Nunes et al. Distribuição de *Piper Gaudichaudianum* Kuntze (Piperaceae) e efeito de borda em fragmento florestal do Jardim Botânico de Lajeado (JBL), Rio Grande do Sul. **Revista Destaques Acadêmicos**, v. 5, n. 3, 2013.

CENTRO NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE BIOTECNOLOGIA (2021). PubChem Compound Summary for CID 5317570, (-) - Germacrene D. Obtido em 8 de junho de 2021 em <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Germacrene-D> .

_____ (2021). PubChem Compound Summary for CID 5317570, (-) - Germacrene D. Obtido em 9 de junho de 2021 em <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Germacrene-D> .

_____ (2021). Resumo do composto PubChem para CID 637858, Piperlongumine. Recuperado em 8 de junho de 2021 de <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Piperlongumine> .

_____ (2021). Resumo do composto PubChem para CID 5144, Safrole. Recuperado em 8 de junho de 2021 de <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Safrole> .

_____ (2021). Resumo do composto PubChem para CID 95289, Sarisan. Recuperado em 8 de junho de 2021 de <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Sarisan> .

_____ (2021). Resumo do composto PubChem para CID 10231, Dillapiol. Recuperado em 8 de junho de 2021 de <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Dillapiol> .

_____ (2021). Resumo do composto PubChem para CID 10659, Apiole. Recuperado em 8 de junho de 2021 em <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Apiole> .

_____ (2021). Resumo do composto PubChem para CID 10248, Elemicin. Recuperado em 8 de junho de 2021 em <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Elemicin> .

_____ (2021). Resumo do composto PubChem para CID 13894537, Bicyclogermacrene. Recuperado em 8 de junho de 2021 de <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/13894537> .

_____ (2021). Resumo do composto PubChem para CID 13894537, Bicyclogermacrene. Recuperado em 9 de junho de 2021 de <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/13894537> .

CHAVES, Francisco Célio Maia et al. Teor e composição do óleo essencial de *Piper hispidum* nas condições de Manaus-AM. In: **Embrapa Agroindústria de Alimentos-Resumo em anais de congresso (ALICE)**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ÓLEOS ESSENCIAIS, 7., 2013, Santarém. Ciência, tecnologia e inovação na Amazônia: anais. Santarém: UFOPA, 2013. 1 CD-ROM., 2013.

CORRÊA, Rachel Geber et al. **Ação Larvicida de espécies da família piperaceae em anopheles sp e Culex quinquefasciatus (DIPTERA: CULICIDAE)**. 2007.

COSTA, José Galberto Martins. da et al. Composição Química e Toxicidade de Óleos Essenciais de Espécies de *Piper* Frente a Larvas de *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae). **Latin American Journal of Pharmacy**. vol. 29, no. 3, p. 463-467, 2010.

SILVA, Paulo Henrique Soares da et al. Eficiência de doses do óleo essencial de *Piper tuberculatum* Jacq. sobre adultos do pulgão-preto-do-feijão-caupi *Aphis craccivora* Koch. In: **Embrapa Meio-Norte-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 3., 2013, Recife. Feijão-Caupi como alternativa sustentável para os sistemas produtivos familiares e empresariais. Recife: IPA, 2013.

ARAÚJO Mario Jorge Cerqueira de. **Potencial acaricida de óleos essenciais de espécies do gênero Piper sobre o ácaro rajado Tetranychus urticae Koch (Acari: Tetranychidae).** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife – PE, 2011.

MORAIS, Lilia Aparecida Salgado de. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. In: **Embrapa Meio Ambiente-Artigo em anais de congresso (ALICE).** Horticultura Brasileira, Brasília, DF, v. 27, n. 2, p. S3299-S3302, ago. 2009.

MORAIS, Lilia Aparecida Salgado de. Óleos essenciais no controle fitossanitário. **Embrapa Meio Ambiente-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2009.

OLIVEIRA, Maria de Lurdes Bezerra et al de. O GÊNERO Piper NO BRASIL: O ESTADO DA ARTE DA PESQUISA. **Biodiversidade**, v. 19, n. 3, 2020.

EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL. Zoneamento da área física da sede do CPATU: relatório técnico. Belém, PA, 1997. 21 p

ESTRELA, Joelma Lima Vidal et al. Toxicity of essential oils of *Piper aduncum* and *Piper hispidinervum* against *Sitophilus zeamais*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 2, p. 217-222, 2006.

FACUNDO, Valdir A.; REZENDE, Claudia M .; PINTO, Ângelo C. Óleo essencial de *Piper carniconnectivum* C. CD. folhas e caules. **Journal of Essential Oil Research** , v. 18, n. 3, pág. 296-297, 2006.

FACUNDO, Valdir Alves et al. Constituintes químicos fixos e voláteis dos talos e frutos de *Piper tuberculatum* Jacq. e das raízes de *P. hispidum* HBK. **Acta Amazonica**, v. 38, n. 4, p. 743-748, 2008.

FARIAS, Antônia Maria. **Bioatividade do óleo essencial de *Piper tuberculatum* Jacq sobre a lagarta-do-cartucho-do-milho *Spodoptera frugiperda* (JE Smith. 1797)(Lepidoptera: Noctuidae).** Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Piauí, Teresina 2012.

FARMACOPEIA Brasileiro. 5. ed. Brasília: ANVISA, 2010.

FIGUEIREDO, A. Cristina. et al. Factors affecting secondary metabolite production in plants: volatile components and essential oils. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 23, n. 4, p. 213, 2008.

FIGUEREDO Fernando Gomes. et al. Avaliação dos potenciais atividades tripanocida e antileishmania do extrato de folhas de *Piper arboreum* (Piperaceae) e de suas frações. **Revista Ciência Farm. Básica Aplicada**, 2014; 35 (1): 149 -154.

FIGUEREDO, Plabo Busatto. **Estudo químico e atividade larvicida do óleo essencial das folhas de *Piper aduncum* L.** Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE, 2014.

FREIRE, Tamiris Chaves. **Extrato vegetal de Piper com potencial atividade antifúngica contra *Rhizoctonia solani* e *Sclerotium rolfsii***. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Rondônia, Rolim de Moura-RO, 2016.

FREITAS, Giovana C., et. al. Cytotoxic non-aromatic B-ring flavanones from *Piper carniconnectivum* C. DC. **Phytochemistry**, vol. 97, p. 81–87, 2014.

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, Elisie.F., C. Silva, M.,Monteiro, D.,Medeiros, E.S.,Queiroz, G.A. 2015. Piperaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB86579>.

GUIMARÃES, Elsie Franklin; CARVALHO-SILVA, Micheline. Uma nova espécie e novos nomes em Piper seção Ottonia (Piperaceae) para o Sudeste do Brasil. **Hoehnea**, v. 36, n. 3, p. 431-435, 2009.

HOMEM, I. C.M., SZABO, E. M., MIGUEL, O. G. ENSAIO SISTEMÁTICO FITOQUÍMICO E DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DAS FOLHAS, CAULES E ÓLEO ESSENCIAL DE *Mollinedia clavigera* Tul. (Monimiaceae). **Visão Acadêmica**, Curitiba, v.16, n.1, Jan. - Mar./2015 - ISSN 1518-8361

JUNIOR, V. B. S.; BERMUDEZ, G. M. M.; GUIMARÃES, E. F. Diversidade de Piperaceae em um remanescente de Floresta Atlântica na região serrana do Espírito Santo, Brasil. **Biotemas**, v. 27, n. 1, p. 49-57, 2014.

KRINSKI, D., FOERSTER, L.A., DESCHAMPS, C. Ovicidal effect of the essential oils from 18 Brazilian Piper species: controlling *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera, Erebidae) at the initial stage of development. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 40, e35273, 2018.

LAGO, Joao Henrique G. et al. Prenylated benzoic acid derivatives from *Piper aduncum* L. and *P. hostmannianum* C. DC.(Piperaceae). **Phytochemistry Letters**, v. 2, n. 3, p. 96-98, 2009.

LIMA, Helena Regina P.; KAPLAN, Maria Auxiliadora C.; CRUZ, Ana Valéria de M. Influência dos fatores abióticos na produção e variabilidade de terpenóides em plantas. **Floresta e Ambiente**, v. 10, n. 2, p. 71-77, 2003.

LUCENA Daiane Carvalho. et al. Atividade biológica de extratos de *Piper aduncum* em *Anticarsia gemmatalis* (Hübner) (Lepidoptera: Erebidae) e *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.89, n. 3, p. 1869 – 1879, 2017.

LUZ, Arnaldo Iran R.; ZOGHBI, Maria das Graças B.; MAIA, José Guilherme S. Os Óleos Essenciais de *Piper reticulatum* L. e *P. crassinervium* HBK. **Acta Amazonica**, v. 33, n. 2, p. 341-344, 2003.

MARAGONI, Cristiane; MOURA, Neusa Fernandes; GARCIA, Flávio Roberto M. Utilização de óleos essenciais e extratos de plantas no controle de insetos. **Revista de Ciências Ambientais**. v.6, n.2, p. 95 – 112, 2012.

MARTINS, G. L. D. **Destilação fracionada do óleo essencial de *P. aduncum* L. rico em dilapiol**. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2011.

MATOS, Francisco José de Abreu. Introdução à fitoquímica experimental. 2 ed. Edições UFC. Fortaleza, 1997.

MENDONÇA, J.F. **Óleos essenciais de piperáceas como alternativas para o controle de pragas**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Acre, Rio Branco – AC, 2019.

MESQUITA, J. M. O. et al. Estudo comparativo dos óleos voláteis de algumas espécies de Piperaceae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 15, n. 1, p. 6-12, 2005.

MICHEL, Joanna L et al. Estrogenic and serotonergic butenolides from the leaves of *Piper hispidum* Swingle (Piperaceae). **Journal of Ethnopharmacology**, v. 129, n. 2, p. 220-226, 2010.

MIKICH, Sandra Bos; BIANCONI, Gledson Vigiano. Potencializando o papel dos morcegos frugívoros na recuperação de áreas degradadas. **Embrapa Florestas-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2005.

MIRANDA, JOSÉ EDNILSON. et al. Potencial inseticida do extrato de *Piper tuberculatum* (Piperaceae) sobre *Alabama argilacea* (Huebner, 1818) (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista brasileira de olioginosas e fibrosas**, v.6, n.2, p.557-563, 2002.

MOBOT. Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. Disponível em: <http://www.tropicos.org/Name/42000020?tab=maps>. Acesso em 12 Dez. 2020.

NASCIMENTO, Jeferson C. do et al. Occurrence, biological activities and ¹³C NMR data of amides from Piper (Piperaceae). **Química Nova**, v. 35, n. 11, p. 2288-2311, 2012.

NASCIMENTO, Sandra A. et al. Estudo químico e atividades antimicrobianas de *Piper arboreum* (Piperaceae). **Jornal da Sociedade Chilena de Química**, v. 60, n. 1, pág. 2837-2839, 2015.

NAVICKIENE, Hosana Maria D. et al. Antifungal amides from *Piper hispidum* and *Piper tuberculatum*. **Phytochemistry**, v. 55, n. 6, p. 621-626, 2000.

NAVICKIENE, Hosana Maria Deboni et al. Composição e atividade antifúngica de óleos essenciais de *Piper aduncum*, *Piper arboreum* e *Piper tuberculatum*. **Química Nova**. v.29, n.3, p. 467 – 470, 2006.

OLIVEIRA, Maria. M. de. **Como fazer pesquisa qualitativa**. 3. ed. rev. ampl. Petrópolis: Vozes, 2010.

PARMAR, Vikram; KEYSON, David V.; DEBONT, Cees. Moldando as crenças sociais: Um sistema de informação de saúde sensível à comunidade para a Índia rural. In: **Conferência Internacional sobre Informática e Telemática Orientada a Casa**. Springer, Boston, MA, 2007. p. 133-143.

PENA, Márcia Reis. **Bioatividade de extratos aquosos e orgânicos de diferentes plantas inseticidas sobre a mosca-negra-dos-citros, *Aleurocanthus woglumi* ASHBY 1915 (Hemiptera: Aleyrodidae)**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus – AM, 2012.

PIMENTEL, Flávio Araújo. Phytochemistry of *Piper hispidinervum* cultivated under the edafoclimatic conditions of Lavras, MG, Brazil. **Natural Products, An Indian Journal**, v. 2, n. 3, p. 89-94, 2006.

PINHEIRO, Antonio Lelis. Produção de Óleos Essenciais. Série agroindústria manual, Viçosa-MG: CPT, 140 p. 2003.

Piper tuberculatum in Ficha de Espécies do Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira (SiBBR). Disponível em: https://ferramentas.sibbr.gov.br/ficha/bin/view/especie/piper_tuberculatum. Acesso em 26-01-2021.

POHLIT, A. M.; PINTO, A. C. S.; MAUSE, R.. *Piper aduncum* L.: Planta Pluripotente e Fonte de Substâncias Fitoquímicas Importantes. *Revista Fitos*, [S.l.], v. 2, n. 1, p. 7-18, 2006.

POTZERNHEIM, Miriam Cristina Leone; BIZZO, Humberto Ribeiro; VIEIRA, Roberto Fontes. Análise dos óleos essenciais de três espécies de *Piper* coletadas na região do Distrito Federal (Cerrado) e comparação com óleos de plantas procedentes da região de Paraty, RJ (Mata Atlântica). **Revista brasileira de farmacognosia**, v. 16, n. 2, p. 246-251, 2006.

RAIA, Z. R. et al. Atração de morcegos frugívoros através de óleo essencial de *Piper aduncum* visando à restauração ecológica. **SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA UTFPR**, v. 14, 2009.

REGASINE, Luis Octávio et al. Antimicrobial activity of *Piper arboreum* and *Piper tuberculatum* (Piperaceae) against opportunistic yeasts. **African Journal of Biotechnology**, vol. 8, n. 12, 2009.

RIOS, M. N. S.; PASTORE, JR. F. Plantas da Amazônia: 450 espécies de uso geral. Brasília: Universidade de Brasília, Biblioteca Central, p. 3140, 2011.

SANGI, Simone Carvalho et al. Extratos de *Piper* no controle alternativo de fitonematoides do gênero *Meloidogyne* em *Coffea canephora*. **Embrapa Rondônia-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2018.

SANTANA, H. T. et al. Essential oils of leaves of *Piper* species display larvicidal activity against the dengue vector, *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 1, p. 105-111, 2015.

SANTOS, Alberdan Silva 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, Alberdan Silva. Desenho modificado do extrator de óleos essenciais em testes no laboratório de agroindústria do CPATU. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1999.

SANTOS, Ana terra Bravim Dos. **Caracterização Química e Atividade Inseticida de óleos essenciais de *Tephrosia vogelii* E *Piper aduncum* no manejo de *Solenopsis saevissima* (Hymenoptera: Formicidae) E *Cerosipha forbesi* (Hemiptera: Aphididae)**. Dissertação (mestrado) em Agroecologia - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Alegre - ES, 2018.

SANTOS, Maurício Reginado Alves dos et al. Atividade inseticida do extrato das folhas de *Piper hispidum* (Piperaceae) sobre a broca-do-café (*Hypothenemus hampei*). **Brazilian Journal of Botany**, v. 33, n. 2, p. 319-324, 2010.

SANTOS, Paulo Roberto Dias et al. Análise do óleo essencial de 10 espécies de Piperaceae da Mata Atlântica brasileira. **Phytochemistry**, v. 58, n. 4, pág. 547-551, 2001.

SCOTT, I. M. et al. Insecticidal activity of *Piper tuberculatum* Jacq. extracts: synergistic interaction of piperamides. **Agricultural and Forest Entomology**, v. 4, n. 2, p. 137-144, 2002.

SERAFINI, Luciana Atti et al. Extrações e aplicações de óleos essenciais de plantas aromáticas e medicinais. **Caxias do Sul: EDUCS**, 2002.

SILVA FILHO, M. L. et al. Efeito do extrato aquoso e etanólico do angico preto sobre larvas de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, n. 3, p. 637-644, 2013.

SILVA, Antônia Lima. et al. 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 Medicinais**, v. 15, n. 4, p. 670-674, 2013.

SILVA, Cleideana Bizerra. **Avaliação do potencial biológico de óleos essenciais e extratos orgânicos de folhas de *Indigofera suffruticosa***. 2014. Tese (Doutorado em Bioquímica e Fisiologia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014.

SILVA, et al. Cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC-MS) caracterização e avaliação das bioatividades antibacterianas dos óleos essenciais de *Piper arboreum* Aubl., *Piper aduncum* L. e *Piper gaudichaudianum* Kunth. **Journal of Biosciences**. v. 74, p. 9-10, 2020.

SILVA, Leticia Vieira et al. Efeito de *Piper hispidum* (Piperaceae) Sobre Lagartas de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith., 1797)(Lep.: Noctuidae) em Dieta Artificial. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 2, p. 8-8, 2018.

SILVA, Paulo Henrique Soares; CASTRO, M.; BARRETO, ALH. Toxicidade do óleo essencial de *Piper tuberculatum* Jacq.(Piperaceae) sobre adultos de *Ceratomyia arcuatus*

(Oliv.)(Coleoptera: Chrysomelidae). In: **Embrapa Meio-Norte-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS NATURAIS, 5., 2011, Jaguariúna.[Anais...]. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2011.

SILVA, Renata Alves da. **Análise metabolômica e atividade biológica de *Piper reticulatum* L.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2011.

SIMÕES, Cláudia Maria Oliveira et al. Farmacognosia da planta ao medicamento. 6ª edição. **Porto Alegre, RS: Editora UFSC, 2007.**

SOUSA, Elizangela Pereira da Silva. **Bioatividade do óleo essencial de *Piper tuberculatum* (Jacq.) sobre o percevejo-vermelho-do-caupi *Crinocerus sanctus* (Fabr.) (Hemiptera: Coreidae).** Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2011.

SOUTO, Raimundo Nonato Picanço; HARADA, Ana Yoshi; DE SOUZA MAIA, José Guilherme. Estudos preliminares da atividade inseticida de óleos essenciais de espécies de *Piper linneus* (piperaceae) em operárias de *Solenopsis saevissima* f Smith (Hymenoptera: formicidae), em laboratório. **Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)**, v. 1, n. 1, p. 42-48, 2011.

SOUZA, Pricianny Galdino; ALBINO, Alisson Martins; LIMA, Renato Abreu. Identificação de metabólitos secundários no extrato etanólico das inflorescências de *Piper arboreum* Aubl. e seu potencial candidacida. **Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)**, v. 9, n. 2, p. 32-34, 2019.

SOUZA, Tiago JT et al. Composição química e atividade antioxidante do óleo volátil de *Eupatorium polystachyum* DC. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 17, n. 3, p. 368-372, 2007.

SOUZA, Vinicius Castro; LORENZI, Harri. **Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II.** Instituto Plantarum, 2005.

TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo. Fisiologia vegetal. In: **Fisiologia vegetal**. 2009. p. 848-848.

TRINDADE, FTT; SILVA, A. A. Avaliação da atividade larvicida dos extratos de *Piper tuberculatum* JACQ. e *Piper alatabaccum* TREL & YUNCKER sobre as larvas de *Anopheles darlingi* (Diptera: Culicidae). **Anais do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica–PIBIC2008/2009, realizado no período**, v. 16.

VIEGAS JÚNIOR, Cláudio. Terpenos com atividade inseticida: uma alternativa para o controle químico de insetos. **Química Nova**, v. 26, n. 3, pág. 390-400, 2003.

VIEIRA, L. S.; SANTOS, W. H. P.; FALESI, I. C.; OLIVEIRA FILHO, J. P. S. Levantamento de reconhecimento dos solos da região Bragantina, Estado do Pará. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 2, n. 1, p. 1-63, 1967.

WATRIN, O. dos S. et al. Capoeira do Black: histórico e análise da dinâmica espacial de pequeno fragmento florestal no perímetro urbano de Belém, PA. Embrapa Amazônia Oriental-Documentos (INFOTECA-E), 2019.