

POTENCIAL ACARICIDA DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE ESPÉCIES DO GÊNERO *Piper*
SOBRE O ÁCARO RAJADO *Tetranychus urticae* Koch (ACARI: TETRANYCHIDAE)

por

MÁRIO JORGE CERQUEIRA DE ARAÚJO

(Sob Orientação do Professor Cláudio Augusto Gomes da Câmara)

RESUMO

Tetranychus urticae (ácaro rajado) é uma espécie cosmopolita, podendo atacar culturas como tomate, feijão, mamão, além de espécies ornamentais. No Brasil, essa praga tem sido registrada em diversos estados. Em Pernambuco, seu primeiro registro foi em 1985, após o início dos cultivos irrigados no município de Petrolina. O principal método de controle dessa praga é através de acaricidas químicos sintéticos. Visando à utilização de novas práticas de controle com menor toxicidade aos mamíferos e baixa persistência no solo, óleos essenciais tem sido investigados como alternativas a esses acaricidas. Este trabalho tem por objetivo identificar os constituintes químicos e avaliar o potencial acaricida, através de efeitos letais e subletais, de óleos essenciais das folhas de *Piper aduncum*, *P. arboreum*, *P. caldense* e *P. tuberculatum* sobre o ácaro rajado. A análise por CG/EM revelou a presença de dilapiol (46,7%), biciclogermacreno (17,3%), γ -Muurolene (9,6%) e 2-*epi*- β -Funebrene (10,6%), como constituintes principais nos óleos de *P. aduncum*, *P. arboreum*, *P. caldense* e *P. tuberculatum*, respectivamente. Todos os óleos foram tóxicos e atuaram no comportamento do ácaro. Na fumigação, o controle positivo, eugenol foi o mais tóxico e o que mais interferiu na oviposição. Entre os óleos testados, o ácaro rajado foi mais susceptível aos óleos de *P. aduncum* ($CL_{50} = 0,01 \mu\text{L/L}$ de ar) e *P. tuberculatum* ($CL_{50} = 0,50\mu\text{L/L}$ de ar). A menor concentração entre os óleos, que promoveu uma redução

significativa do número de ovos foi 3×10^{-3} $\mu\text{L/L}$ de ar para *P. aduncum*. Não houve diferença significativa entre os óleos testados e o eugenol nos bioensaios de contato. Os óleos de *P. tuberculatum* e *P. caldense* foram 25,5 e 5 vezes mais repelentes do que o eugenol, respectivamente. Esses dados sugerem que esses óleos apresentam potencial acaricida para o controle de *T. urticae*.

PALAVRAS-CHAVE: Piperaceae, controle, ação acaricida, acaricida botânico.

ACARICIDE POTENTIAL OF ESSENTIAL OILS OF SPECIES ON THE GENUS *Piper* ON
Tetranychus urticae Koch (ACARI: TETRANYCHIDAE)

by

MÁRIO JORGE CERQUEIRA DE ARAÚJO

(Under the Direction of Professor Cláudio Augusto Gomes da Câmara)

ABSTRACT

Tetranychus urticae (two-spotted spider mite) is a cosmopolitan species, which may attack crops like tomatoes, beans, papaya, and ornamentals. In Brazil, this pest has been recorded in several states. In Pernambuco, their first record was in 1985, after the beginning of irrigated crops in the municipality of Petrolina. The best way to control this pest is the use of conventional acaricides. Aiming new control practices with lower mammalian toxicity and low persistence in soil, essential oils have been widely investigated as alternatives to these acaricides. This study aims to identify the chemical constituents and evaluate potential acaricide, through lethal and sublethal effects of essential oils from leaves of *Piper aduncum*, *P. arboreum*, *P. caldense* and *P. tuberculatum* on the mite. Analysis by GC/MS revealed the presence of dillapiol (46.7%), bicyclogermacrene (17.3%), γ -Muurolene (9.6%) and 2-*epi*- β -Funebrene (10.6%) as the main components in the oils of *P. aduncum*, *P. arboreum*, *P. caldense* and *P. tuberculatum*, respectively. All oils were toxic and were involved in the behavior of the mite. In the fumigation, the positive control, eugenol was the most toxic and the strongest influence on oviposition. Among the oils tested, the mite was more susceptible to the oils of *P. aduncum* ($LC_{50} = 0.01 \mu\text{L/L}$ air) and *P. tuberculatum* ($LC_{50} = 0.50 \mu\text{L/L}$ air). The lowest concentration of the oils, which promoted a significant reduction in the number of eggs was $3 \times 10^{-3} \mu\text{L} / \text{L}$ air for *P. aduncum*.

There was no significant difference among the tested oils and eugenol in contact bioassays. The oils of *P. tuberculatum* and *P. caldense* were 25.5 and 5.0 times more repellent than eugenol, respectively. These data suggest that these oils have potential acaricide for *T. urticae* control.

KEY WORDS: Piperaceae, control, acaricide action, botanical acaricide.

POTENCIAL ACARICIDA DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE ESPÉCIES DO GÊNERO *Piper*
SOBRE O ÁCARO RAJADO *Tetranychus urticae* Koch (ACARI: TETRANYCHIDAE)

por

MÁRIO JORGE CERQUEIRA DE ARAÚJO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola, da
Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau de
Mestre em Entomologia Agrícola.

RECIFE - PE

Fevereiro - 2011

POTENCIAL ACARICIDA DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE ESPÉCIES DO GÊNERO *Piper*
SOBRE O ÁCARO RAJADO *Tetranychus urticae* Koch (ACARI: TETRANYCHIDAE)

por

MÁRIO JORGE CERQUEIRA DE ARAÚJO

Comitê de Orientação:

Cláudio Augusto Gomes da Câmara - UFRPE

César Auguste Badji - UFRPE/UAG

POTENCIAL ACARICIDA DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE ESPÉCIES DO GÊNERO *Piper*
SOBRE O ÁCARO RAJADO *Tetranychus urticae* Koch (ACARI: TETRANYCHIDAE)

por

MÁRIO JORGE CERQUEIRA DE ARAÚJO

Orientador: _____
Cláudio Augusto Gomes da Câmara - UFRPE

Examinadores: _____
Iracilda Maria de Moura Lima - UFAL

César Auguste Badji - UFRPE/UAG

José Vargas de Oliveira - UFRPE

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Plínio (in memoriam) e Iracema (in memoriam), pelos ensinamentos e pelos seus exemplos de que o estudo, o trabalho e a honestidade são fundamentais para a formação pessoal e profissional e a Flávia, pelo seu apoio e companheirismo em todos os momentos da nossa vida.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal Rural de Pernambuco pela oportunidade de desenvolvimento do trabalho e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela concessão da bolsa.

Aos meus pais Plínio (*in memoriam*) e Iracema (*in memoriam*), a quem serei eterno devedor, pelo seu amor incondicional e por todos os ensinamentos.

Ao professor Cláudio Augusto Gomes da Câmara, meu orientador, pela amizade, por todos os ensinamentos, buscando sempre me incentivar e mostrar que, apesar de tudo, sempre é possível realizar aquilo que desejamos. Agradeço principalmente pelo apoio nos momentos mais difíceis e pela confiança, acreditando no meu trabalho. Enfim pelo grande exemplo de profissionalismo.

A todo o corpo docente, especialmente ao professor José Vargas de Oliveira, presente em todos os momentos e pela grande amizade demonstrada ao longo da nossa convivência.

A Darci Martins Correia da Silva, Ariella Rayder Gomes de Souza Cahú e José Romildo Nunes Angeiras, secretários da Fitossanidade, pela disponibilidade em todos os momentos.

Aos amigos do curso, Sérgio Alves, Bruno Monteiro, Aline Nascimento, Karjoene Rodrigues e Nicolle Ribeiro, pelo apoio.

Aos amigos do Laboratório de Produtos Naturais Bioativos, Marcílio Moraes, Roberta Santos, Priscilla Botelho, Ilzenayde Neves e Evyson Melo, pela ajuda nas coletas e obtenção dos óleos essenciais.

À Dra. Ângela Maria de Miranda Freitas do Herbário Sérgio Tavares/DFCI/UFRPE, pela identificação das espécies vegetais.

SUMÁRIO

	Página
AGRADECIMENTOS	ix
CAPÍTULOS	
1 INTRODUÇÃO	01
LITERATURA CITADA.....	15
2 SUSCEPTIBILIDADE DE <i>Tetranychus urticae</i> Koch (ACARI: TETRANYCHIDAE) AOS ÓLEOS ESSENCIAIS DE QUATRO ESPÉCIES DO GÊNERO <i>Piper</i> (PIPERACEAE).....	27
RESUMO	28
ABSTRACT	29
INTRODUÇÃO	30
MATERIAL E MÉTODOS	33
RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
AGRADECIMENTOS.....	51
LITERATURA CITADA.....	51

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

É fato que os problemas da humanidade com os artrópodes não são recentes, remontando ao período do desenvolvimento da agricultura há aproximadamente 10.000-16.000 anos atrás. As explorações do Novo Mundo, assim como a abertura das rotas de comércio com a Ásia, não só provocou a dispersão de pragas como também induziu a descoberta de novos meios para o seu controle (Thacker 2002).

As mudanças mais intensas e significativas para o controle de pragas, contudo, tiveram suas origens em fatos que ocorreram antes e durante a Segunda Guerra Mundial. Essas mudanças indicaram o que tenha sido, talvez, o auge do controle químico de pragas durante os anos 1945-1970. Neste período foram descobertos e desenvolvidos para uso generalizado, inseticidas orgânicos sintéticos, tais como, organoclorados, organofosforados e carbamatos (Thacker 2002). Entretanto, o uso indiscriminado desses inseticidas promoveu sérios danos ao meio ambiente, como contaminação do solo e do alimento, bem como toxicidade aos mamíferos (Gonçalves *et al.* 2001, Oliveira *et al.* 1999, Gonçalves 1997).

Como alternativa a esses inseticidas, derivados de compostos naturais com reconhecidas propriedades biológicas foram disponibilizados para uso no controle de pragas, objetivando ao menos uma redução no uso dos inseticidas convencionais. Dentre esses produtos destacam-se os piretróides, que são derivados sintéticos da piretrina, um produto natural obtido a partir das flores de espécies do gênero *Chrysanthemum*. Na década de 90, surgiram novas moléculas, como os neonicotinóides sintéticos, que são inseticidas derivados da nicotina, substância encontrada em abundância na espécie *Nicotiana tabacum* L. Entretanto, mesmo com esses produtos, o uso atual

de produtos químicos sintéticos no Brasil ainda é bastante alto. Em 2004, os gastos somaram mais de 2,3 bilhões e 26,9% desse total foi apenas com inseticidas (Borges *et al.* 2004). Em 2009, o Brasil tornou-se o maior consumidor do mundo em produtos químicos sintéticos agrícolas, seguido dos Estados Unidos (Merlino 2009).

Esse aumento no consumo de produtos sintéticos no Brasil ocorreu devido aos importantes problemas econômicos provocados pela presença de pragas na agricultura. Entre essas pragas, o segundo grupo do Filo Arthropoda em importância agrícola corresponde aos ácaros, logo após os insetos. Os ácaros podem ser encontrados em quase todos os ambientes, como no solo, nas plantas cultivadas, nos depósitos de alimento do homem e de outros animais, sobre os próprios animais, nas residências e na água.

Das 6.000 espécies conhecidas de ácaros que se alimentam especificamente de plantas, apenas cerca de 30 destas espécies parecem causar danos de significado econômico a diferentes plantas cultivadas no Brasil, entre eles destacam-se os da família Tetranychidae. Os ácaros dessa família podem ser considerados, em nível mundial, uma das pragas mais importantes, porque provocam, tanto em casa de vegetação, como em ambientes abertos, grandes prejuízos (Miresmailli *et al.* 2006).

Embora muitas espécies da família Tetranychidae sejam pragas de diversas culturas em todo o mundo, no Brasil, seis espécies apresentam importância econômica, e apenas *Tetranychus urticae* (Koch), ocorre em uma grande variedade de plantas hospedeiras, causando vários danos a muitas delas (Moraes & Flechtmann 2008). Essa espécie está incluída na Ordem Trombidiformes, Subordem Prostigmata, Superfamília Tetranychoidea, Família Tetranychidae (Krantz & Walter 2009). É uma espécie polífaga e cosmopolita, podendo atacar plantas cultivadasde como algodão, feijão, milho, soja, mamão, macieira, videira, alface, batata, berinjela, melancia, melão, morangueiro, pepino, tomateiro, além de flores e folhagens ornamentais (Moraes & Flechtmann

2008). No Brasil, essa praga já foi registrada em diversos Estados de norte a sul. Em Pernambuco, seu primeiro registro de ocorrência foi em 1985, após o início dos cultivos irrigados no município de Petrolina (Moraes 2001).

A principal forma de controle dessa praga é realizada com acaricidas convencionais (Barakat *et al.* 1986, Potenza *et al.* 1999a,b). Este tratamento foi considerado eficiente no controle do tetraniquídeo *Mononychellus tanajoa* (Bondar) no Estado de Pernambuco. No entanto, a utilização de produtos químicos no controle de ácaros possibilita a ocorrência de efeitos adversos em consequência de seu uso indiscriminado (Gonçalves *et al.* 2001), que pode resultar em impactos indesejáveis ao ecossistema, podendo contaminar as culturas com resíduos tóxicos (Oliveira *et al.* 1999).

Um dos desafios enfrentados no controle da infestação do ácaro rajado é seu ciclo de vida curto, associado à grande densidade populacional, que reduz a eficiência de muitos acaricidas sintéticos, devido à rápida seleção de populações resistentes a vários acaricidas. Até os dias atuais, o ácaro rajado tem adquirido resistência a mais de 86 acaricidas. Ocorrências de resistência têm sido reportadas em mais de 87 países, incluindo o Brasil (DARP 2010). Outro problema que está também associado à aplicação desses acaricidas sintéticos é a presença de resíduos no meio ambiente e nos produtos para consumo (Oliveira *et al.* 1999).

No município de Petrolina, Estado de Pernambuco, a incidência dessa praga tem promovido grandes prejuízos com inúmeras perdas agrícolas, estimadas em aproximadamente 30-100% na produção local de muitas culturas, tais como tomate, feijão, algodão e mamão. Esforços no sentido de minimizar essas perdas agrícolas com métodos alternativos, visando diminuir o uso desses acaricidas têm sido realizados. Nesse sentido, os setores agrícolas e os órgãos de legislação, proteção ambiental e os ligados às atividades dos setores produtivos e comerciais do

Brasil, vem incentivando e estimulando a substituição gradual desses produtos nocivos aos mamíferos e ao meio ambiente por produtos naturais alternativos.

Dessa forma, surge a necessidade do desenvolvimento de novas abordagens para o controle de pragas, além do desenvolvimento de um novo paradigma filosófico para controle das pragas: o manejo integrado de pragas (MIP) (Thacker 2002). Segundo a FAO (2010), o MIP pode ser definido como “uma metodologia que emprega todos os procedimentos aceitáveis desde o ponto de vista econômico, ecológico e toxicológico, para manter as populações de organismos nocivos abaixo dos níveis economicamente aceitáveis, aproveitando da melhor forma possível os fatores naturais que limitam a propagação de referidos organismos”.

Nesse sentido, vários estudos têm demonstrado diferentes abordagens para o manejo integrado do ácaro rajado, como o uso de predadores naturais e microorganismos, bem como o controle com produtos naturais de origem vegetal. Predadores da família Phytoseiidae, como *Phytoseiulus macropilis* (Banks) e *Amblyseius idaeus* (Denmark & Muma) têm sido usados com um método alternativo promissor. Estudo realizado por Watanabe *et al.* (1994) com essas duas espécies de predadores revelou que a espécie *A. idaeus*, na cultura de pepino foi eficiente para reduzir significativamente o número de *T. urticae* presente nas folhas. Na cultura do morango, ambas as espécies de predadores se apresentaram eficientes, reduzindo significativamente a população da praga. Estudos mais recentes desenvolvidos em olfatômetro revelaram que o ácaro predador *P. macropilis* é atraído por cairomônios produzidos por *T. urticae* em plantas de feijão (Amin *et al.* 2009).

Outra forma, igualmente promissora para o controle do ácaro rajado é o uso de microorganismos. Segundo Tamai *et al.* (2002), os fungos entomopatogênicos *Beauveria bassiana* (Bals) Vuill. e *Metarhizium anisopliae* (Metsh.) Sorokin na concentração de 5×10^7 conídios/mL podem promover mortalidades de *T. urticae* acima de 60% e 90%, respectivamente.

Por outro lado, o fungo *Hirsutella* sp., na concentração de $1,7 \times 10^7$ conídios/mL, chegou a causar 73% de mortalidade dos ácaros (Tamai *et al.* 2002).

Dentre as outras estratégias de controle dentro do manejo integrado de pragas é o uso de produtos vegetais, conhecidos como inseticidas botânicos. A literatura tem reportado inúmeros resultados promissores do uso desses inseticidas para o controle de *T. urticae* como produtos derivados de várias espécies botânicas pertencentes às famílias Araceae, Asteraceae, Vitaceae, Myrtaceae e Meliaceae. Trabalhos realizados com extratos aquosos de diferentes espécies vegetais foram desenvolvidos por Potenza *et al.* (2006). Dentre estes, o extrato de *Dieffenbachia brasiliensis* (Veiech) (Araceae) foi o mais tóxico, reduzindo a população de *T. urticae* em 87%, em casa de vegetação, na concentração de 100 mL de extrato/L de água.

Outro estudo desenvolvido com extratos vegetais revelou que, entre as espécies avaliadas, *Mentha spicata* x *suaveolens* e *Mentha piperita* L. (Lamiaceae), quando utilizadas na forma de extrato aquoso, proporcionaram mortalidade acima de 90% após 120 h. Os mesmos autores encontraram resultados semelhantes para os extratos hidroalcoólicos de *Calendula officinalis* L. (Asteraceae) e *Cissus sicyoides* L. (Vitaceae), com 87,5 e 83,3% de mortalidade após 120 h, no entanto, os autores registram que, após um período de 48 h, o extrato hidroalcoólico de *Eucalyptus citriodora* Hook (Myrtaceae), proporcionou mortalidade de 87% de *T. urticae* (Vieira *et al.* 2006).

Trabalhos realizados com meliáceas no controle do ácaro rajado também obtiveram resultados promissores. Extratos aquosos de ramos de *Trichilia pallida* Swartz (Meliaceae) e de sementes e folhas de *Azadirachta indica* A. Juss. (Meliaceae) (nim), nas concentrações de 5% p/v (ramos de *T. pallida* e sementes de nim) e 1% p/v (folhas de nim), promoveram mortalidades de *T. urticae* acima de 80% (Castiglioni *et al.* 2002).

Entre os inseticidas botânicos, óleos essenciais, obtidos a partir da hidrodestilação de diferentes partes da planta têm demonstrado ampla ação contra vários tipos de artrópodes (Isman 2006). Óleo essencial é uma mistura de terpenos (mono e sesquiterpenos) podendo conter alcalóides e fenilpropanóides, com propriedades inseticidas e/ou acaricidas já reconhecidas (Craveiro & Queiroz 1993).

A possível seletividade e alta eficiência são características comuns a diversos tipos de produtos naturais extraídos de plantas, em especial os óleos essenciais. Além disso, é de baixa frequência à resistência desenvolvida por insetos aos constituintes químicos dos óleos essenciais (Alkofahi *et al.* 1989). Nos últimos anos, alguns inseticidas/acaricidas baseados em óleos essenciais como ingredientes ativos já foram disponibilizados pela empresa Norte Americana “EcoSMART Technologies”. Esses produtos foram obtidos a partir de plantas conhecidas por suas propriedades biológicas desde a antiguidade, tais como cravo da Índia (*Syzygium aromaticum* L.) (Myrtaceae), alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) (Lamiaceae), hortelã pimenta (*Mentha x piperita* L.) (Lamiaceae), canela (*Cinnamomum zeylanicum* L.) (Lauraceae), citronela (*Cymbopogon nardus* L.) (Poaceae) e tomilho (*Thymus vulgaris* L.) (Lamiaceae) (Isman *et al.* 2010).

O potencial acaricida de óleos essenciais de espécies vegetais com propriedades biológicas comprovadas tem motivado vários grupos de pesquisas, no Brasil e no exterior, a investigar seu potencial no controle de vários tipos de artrópodes. Portanto, considerando a vasta diversidade botânica do Bioma Mata Atlântica no litoral pernambucano, as espécies *Piper aduncum* L., *Piper arboreum* Aubl., *Piper caldense* C. DC. e *Piper tuberculatum* Jacq. foram selecionadas para o estudo da ação de seus óleos essenciais foliares sobre o ácaro rajado.

Levantamento bibliográfico no “SciFinder” (“Chemical Abstract”, versão “on line”) destas espécies do gênero *Piper* foi realizado com o objetivo de saber os tipos de estudos já realizados no

que se refere as investigações no campo da química e propriedades biológicas. Utilizando como palavra-chave o termo *Piper* obteve-se 117 artigos, dos quais 60 relacionados à espécie *P. aduncum*; 40 sobre *P. tuberculatum*; 15 sobre *P. arboreum* e apenas duas sobre *P. caldense*.

Com base no levantamento realizado para *P. aduncum*, os locais de coleta foram mais significativos no continente americano (5 países da América Central e 4 da América do Sul). Além do estudo químico dos constituintes fixos e voláteis, essa espécie foi objeto de investigação quanto ao potencial antimicrobiano, antiprotozoário, moluscicida, citotóxico, antiviral, inseticida e acaricida. Dos 60 trabalhos encontrados para essa espécie, apenas nove artigos foram encontrados reportando a ação de extratos, compostos isolados e óleos essenciais sobre pragas de interesse agrícola e nas medicinas humana e veterinária. Os resultados dessas atividades são apresentados na Tabela 1. Nenhum relato foi encontrado com relação ao controle do acaro rajado com óleos essenciais, ou qualquer outro produto derivado da espécie *P. aduncum*.

Com relação aos trabalhos sobre *P. tuberculatum*, a grande maioria dos artigos está relacionada com a abordagem fitoquímica e investigação do potencial biológico referente às atividades antioxidante, antiprotozoária, citotóxica, antimicrobiana, antinociceptiva e antidepressiva. Apenas 17,5% das publicações estão voltadas para o estudo investigativo do potencial de extrato e/ou óleo essencial no controle de pragas agrícolas, urbanas e de interesse na medicina humana. Na Tabela 2 podem-se observar os principais resultados de extratos e/ou óleos essenciais sobre essas pragas. Nenhum trabalho foi encontrado avaliando o potencial acaricida de extratos e/ou óleos essenciais sobre o ácaro rajado.

Tabela 1. Estudo fitoquímico e atividade biológica de *Piper aduncum* provenientes do Brasil e outras regiões do mundo.

Parte da Planta/Produto	Procedência	Tipo de estudo	Referência
Frutos/óleo essencial	Ceará/Brasil	Inseticida - <i>Aedes aegypti</i> (CL ₅₀ =30,19µg/mL); Fitoquímico	Costa <i>et al.</i> 2010
Parte aérea/óleo essencial - dilapiol	Amazonas/Brasil	Inseticida - <i>Aedes aegypti</i> e <i>Anopheles marajoara</i> (100% de mortalidade em 100 ppm e 600 ppm para larvas e mosquitos, respectivamente); Antimicrobiana; Fitoquímico	Almeida <i>et al.</i> 2009
Folhas/extrato hexânico	São Paulo/Brasil	Antimicrobiana	Lago <i>et al.</i> 2009
Folhas/extrato	São Paulo/Brasil	Fitoquímico	Morandim <i>et al.</i> 2009
Folha/óleo essencial	Cuba	Antiprotozoária	Sariego <i>et al.</i> 2008
Folha/extrato metanólico	Minas Gerais/Brasil	Antimicrobiana; Citotoxicidade; Fitoquímico	Bouzada <i>et al.</i> 2009
Partes aéreas/óleo essencial	Equador	Antimicrobiana; Fitoquímico	Guerrini <i>et al.</i> 2009
Folhas/óleo essencial - dilapiol	*/Brasil	Inseticida - <i>Aedes aegypti</i> (67% de mortalidade de larvas com 400 µg/mL)	Rafael <i>et al.</i> 2008
Folhas/extrato etanólico	Peru	Antioxidante; Fitoquímico	Escudero <i>et al.</i> 2008
Folhas/extrato etanólico	Peru	Farmacocinética; Fitoquímico	Takemoto <i>et al.</i> 2008
Folha/óleo essencial	Pará/Brasil	Inseticida - <i>Callosobruchus maculatus</i> (100% de mortalidade com 10 µL/20g)	Pereira <i>et al.</i> 2008
Folhas e ramos finos/óleo essencial	Pará/Brasil	Toxicidade aguda e subaguda	Sousa <i>et al.</i> 2008
Folhas/cromonas	São Paulo/Brasil	Antiprotozoária	Batista <i>et al.</i> 2008
Folhas/óleo essencial	Bolívia	Fitoquímico	Arze <i>et al.</i> 2008
Folhas/óleo essencial	Cuba	Fitoquímico	Abreu & Pino 2008
Folhas/óleo essencial	Papua Nova Guiné	Fitoquímico	Rali <i>et al.</i> 2007
Folhas/óleo essencial	Acre/Brasil	Inseticida - <i>Tenebrio molitor</i> (efeito de contato com CL ₅₀ =0,033mL/cm ² e efeito tópico com DL ₅₀ =0,009 mL/MG de inseto)	Fazolin <i>et al.</i> 2007
Folhas/óleo essencial	São Paulo/Brasil	Antimicrobiana	Duarte <i>et al.</i> 2007
Folhas/óleo essencial	Pernambuco/Brasil	Fitoquímico	Oliveira <i>et al.</i> 2006
Folhas, ramos e frutos/óleo essencial	São Paulo/Brasil	Antimicrobiana; Fitoquímico	Navickiene <i>et al.</i> 2006

* não especificado no artigo

Tabela 1. Continuação.

Parte da Planta/Produto	Procedência	Tipo de estudo	Referência
Folhas/óleo essencial	Minas Gerais/Brasil	Fitoquímico	Mesquita <i>et al.</i> 2005
Folhas/cromonas preniladas	São Paulo/Brasil	Antimicrobiana; Análise cicardiana	Morandim <i>et al.</i> 2005
Folhas/óleo essencial	Panamá e Bolívia	Fitoquímico	Vila <i>et al.</i> 2005
Folhas/ flavonóides	São Paulo/Brasil	Antimicrobiana; Fitoquímico	Lago <i>et al.</i> 2004
Folhas/óleo essencial	Cuba	Fitoquímico	Pino <i>et al.</i> 2004
Folha/óleo essencial	Indonésia	Antimicrobiana; Fitoquímico	Jamal & Praptiwi 2003
Folhas/extrato metanólico	São Paulo/Brasil	Fitoquímico	Baldoqui <i>et al.</i> 1999
Inflorescências/2',6'-dihydroxy-4'-methoxychalcone	Rio de Janeiro/Brasil	Antiprotozoária	Torres-Santos <i>et al.</i> 1999a
Inflorescências/2',6'-dihydroxy-4'-methoxychalcone	Rio de Janeiro/Brasil	Antiprotozoária	Torres-Santos <i>et al.</i> 1999b
Folhas e ramos/óleo essencial	Amazonas, Acre, Pará e Amapá/Brasil	Fitoquímico	Maia <i>et al.</i> 1998
Folhas/extrato metanólico	Equador	Fitoquímico	Pamar <i>et al.</i> 1998
Caulas e frutos/extrato hexânico	Rio de Janeiro/Brasil	Fitoquímico	Moreira <i>et al.</i> 1998
Folhas/extrato etanólico - dilapiol	Costa Rica	Inseticida – <i>Ostrinia nubilalis</i> (100% de mortalidade de larvas a concentração de 0,4%) e <i>Aedes atropalpus</i> (100% de mortalidade de larvas a 100µg/mL)	Bernard <i>et al.</i> 1995
Folhas/óleo essencial	Malasia	Fitoquímico	Jantan <i>et al.</i> 1994
Folhas/ preniladas derivadas de ácido benzóico	Papua Nova Guiné	Antimicrobiana; Moluscicida	Orjala <i>et al.</i> 1993a
Folhas/aduncamida	Papua Nova Guiné	Antimicrobiana; Citotóxica; Fitoquímico	Orjala <i>et al.</i> 1993b
Folhas/dihydrochalcones	Papua Nova Guiné	Antibacteriana; Citotóxica	Orjala <i>et al.</i> 1994
Folhas/cromonas preniladas	Papua Nova Guiné	Antimicrobiana; Moluscicida; Fitoquímico	Orjala <i>et al.</i> 1993c
Folhas/extrato de éter de petróleo	Papua Nova Guiné	Antimicrobiana; Citotóxica; Fitoquímico	Orjala <i>et al.</i> 1993d

* não especificado no artigo

Tabela 1. Continuação.

Parte da Planta/Produto	Procedência	Tipo de estudo	Referência
Folhas/óleo essencial	Peru	Fitoquímico	Macedo & Oviedo 1987
Folhas/óleo essencial	Colômbia	Fitoquímico	Diaz <i>et al.</i> 1984
Folhas/éter de petróleo	Colômbia	Fitoquímico	Calle 1983
Folhas/extrato	**	Fitoquímico	Achenbach <i>et al.</i> 1984
Folhas/óleo essencial	Panamá	Fitoquímico	Gupta <i>et al.</i> 1983
Folhas/óleo essencial	Fiji	Fitoquímico	Smith & Kassim 1979
Folhas/óleo essencial	*	Adstringente; Hemostática; Antimicrobiana	Costa 1935
Folhas/óleo essencial	Malasia	Inseticida – <i>Aedes albopictus</i> (repelência com DE ₅₀ =1,5 µg/cm ²)	Misni <i>et al.</i> 2009
Folhas/extratos hexânico, etanólico, etil acetato e óleo essencial	Amazonas/Brasil	Acaricida - <i>Rhipicephalus (Boophilus) microplus</i> (100% de mortalidade de larvas com 0,1 mg/mL do OE; 70,42% de mortalidade de larvas com 20,0 mg/mL do extrato hexânico)	Silva <i>et al.</i> 2009
Folhas/extrato etanólico	Peru	Antiprotozoária; Antimalarial	Valadeau <i>et al.</i> 2009
Folhas/extrato metanólico	Minas Gerais/Brasil	Antiprotozoária; Antimicrobiana	Braga <i>et al.</i> 2007
Folhas e flores/extrato metanólico	Malasia	Inseticida – <i>Aedes aegypti</i> (CL ₅₀ =0,2 mg/cm ² para fêmeas adultas após 24 h de exposição)	Hidayatulfathi <i>et al.</i> 2004
Partes aéreas/extrato etanólico	Peru	Antimicrobiana	Kloucek <i>et al.</i> 2005
Folhas e flores/extrato metanólico	Indonésia	Antiviral; Citotóxica	Dévéhat <i>et al.</i> 2002
Folhas, frutos e ramos/extrato	Honduras	Antimicrobiana	Lentz <i>et al.</i> 1998
Folhas/extrato alcoólico	Guatemala	Antimicrobiana	Cáceres <i>et al.</i> 1995

* não especificado no artigo

** não citado no resumo

Tabela 2. Estudo fitoquímico e atividade biológica de *Piper tuberculatum* provenientes do Brasil e outras regiões do mundo.

Parte da Planta/Produto	Procedência	Tipo de estudo	Referência
Folhas/extrato etanólico - Piperlonguminine	Costa Rica	Inseticida – <i>Ostrinia nubilalis</i> (100% de mortalidade de larvas a concentração de 0,4%) e <i>Aedes atropalpus</i> (60% de mortalidade de larvas a 100µg/mL)	Bernard <i>et al.</i> 1995
Folhas, frutos e ramos/extrato etanólico e hexânico	São Paulo/Brasil	Antioxidante	Regasini <i>et al.</i> 2008
Folhas/óleo essencial	Ceará/Brasil	Fitoquímico	Cysne <i>et al.</i> 2005
Folhas, ramos e sementes/extrato - amidas	São Paulo/Brasil	Antimicrobiana	Silva <i>et al.</i> 2002
Frutos/extrato, frações e alcalóides	Rondonia/Brasil	Antinociceptivo	Rodrigues <i>et al.</i> 2009
Folhas/óleo essencial	Venezuela	Fitoquímico	Mora <i>et al.</i> 2008
Raízes/Piplartine	Ceará/Brasil	Genotoxicidade	Bezerra <i>et al.</i> 2009
Folhas, frutos e ramos/extrato etanólico e hexânico	São Paulo/Brasil	Antimicrobiana; Fitoquímico	Regasini <i>et al.</i> 2009a
Folhas, frutos e ramos/extrato etanólico e hexânico	São Paulo/Brasil	Antiprotozoária; Fitoquímico	Regasini <i>et al.</i> 2009b
Raízes/Piplartine	Ceará/Brasil	Antioxidante	Fontenele <i>et al.</i> 2009
Ramos e frutos/óleo essencial	Rondonia/Brasil	Fitoquímico	Facundo <i>et al.</i> 2008
Sementes/extrato metanólico – duas isobutil amidas	Manaus/Brasil	Inseticida – <i>Diatraea saccharalis</i> (DL ₅₀ =92,83 e 91,19µg/inseto)	Debonsi <i>et al.</i> 2009
Folhas e sementes/extrato	São Paulo/Brasil	Antiprotozoária	Cotinguiba <i>et al.</i> 2009
Sementes/piplartine	Ceará/Brasil	Genotoxicidade	Bezerra <i>et al.</i> 2008
Raízes/piplartine	Ceará/Brasil	Ansiolítico; Antidepressivo	Felipe <i>et al.</i> 2007
Folhas, sementes e ramos/extratos e duas isobutil amidas	Manaus/Brasil	Inseticida – <i>Anticarsia gemmatalis</i> (80% de mortalidade com 800 µg/inseto dos extratos e DL ₅₀ S=31,3 e 122,3 µg/inseto para as duas isobutil amidas)	Navickiene <i>et al.</i> 2007
Raízes/piplartine e piperine	Ceará/Brasil	Antitumoral	Bezerra <i>et al.</i> 2006
Folhas, frutos e ramos/óleo essencial	São Paulo/Brasil	Antimicrobiana; Fitoquímico	Navickiene <i>et al.</i> 2006
Folhas/óleo essencial	Ceará/Brasil	Fitoquímico	Cysne <i>et al.</i> 2005
Folhas/óleo essencial	Rondonia/Brasil	Fitoquímico	Facundo & Morais 2005

* não especificado no artigo

Tabela 2. Continuação.

Parte da Planta/Produto	Procedência	Tipo de estudo	Referência
Folhas/extrato	Costa Rica	Inseticida – <i>Leptinotarsa decemlineata</i> (DL50=0,064% para larvas após 24 h de exposição)	Scott <i>et al.</i> 2003
Sementes/pellitorine	Amazonas/Brasil	Inseticida – <i>Apis mellifera</i> (DL10=39,14, 36,16 e 13,79 ng a.i./inseto para larvas, adultos por ingestão e adultos por contato, respectivamente)	Miranda <i>et al.</i> 2003
Frutos/extrato hexânico	Paraíba/Brasil	Fitoquímico	Chaves <i>et al.</i> 2003
Sementes e folhas/extrato - amidas	Amazonas/Brasil	Antimicrobiana; Fitoquímico	Silva <i>et al.</i> 2002
Ramos/piperdardina	*/Brasil	Fitoquímico	Araújo-Júnior <i>et al.</i> 2001
Frutos/amidas	Paraíba/Brasil	Fitoquímico	Cunha & Chaves 2001
Sementes/extrato	Amazonas/Brasil	Antimicrobiana; Fitoquímico	Navickiene <i>et al.</i> 2000
Ramos/piperamidas	Paraíba/Brasil	Fitoquímico	Duarte <i>et al.</i> 1999
Ramos/extratos hexânico, CHCl ₃ e etanólico	Paraíba/Brasil	Fitoquímico	Araújo-Júnior <i>et al.</i> 1999
Ramos/extratos hexânico, etanólico e clorofórmico	Paraíba/Brasil	Fitoquímico	Araújo-Júnior <i>et al.</i> 1997
Folhas/piplaroxide e demethoxyiplartine	Panamá	Inseticida – <i>Atta cephalotes</i> (piplaroxide foi repelente na concentração de 0,4 mg/g; demethoxyiplartine foi repelente na concentração de 4,0 mg/g)	Capron & Wiemer 1996
Raiz/piplartine-dimer	*/Brasil	Fitoquímico	Filho & Mattos 1981
Folhas/*	*	Fitoquímico	Simmonds & Stevens 1956
Folhas/éter de petróleo	Colômbia	Fitoquímico	Calle 1983
Frutos e sementes/extratos	Porto Rico	Inseticida – <i>Culex</i> sp. (90% de mortalidade com 0,3%)	Sievers <i>et al.</i> 1949
Folhas/extrato	Costa Rica	Inseticida – <i>Ostrinia nubilalis</i> (nas concentrações de 0,1 e 0,05% não reduziram a população da praga)	Scott <i>et al.</i> 2004

* não especificado no artigo

Para a espécie *P. arboreum*, com exceção de uma amostra coletada no Panamá e na Colômbia, os demais trabalhos foram realizados com diferentes partes da planta coletadas no Brasil. Os trabalhos abordam a composição química de extratos e óleos essenciais de diferentes partes da planta e/ou sua ação antioxidante, antiprotozoária, antiinflamatória, antimicrobiana e antiofídica. Nenhum estudo foi encontrado com qualquer parte e/ou produtos dessa espécie avaliando seu potencial no controle de artrópodes (Tabela 3).

Por fim, a espécie *P. caldense* é a menos investigada quanto aos estudos fitoquímico e biológico. Os únicos trabalhos encontrados para essa espécie referem-se à investigação do potencial antifúngico do extrato etanólico (Freitas *et al.* 2009) e do estudo fitoquímico das raízes (Cardozo & Chaves 2003).

Considerando a escassez de trabalhos de óleos essenciais das espécies de *Piper* selecionadas relacionados à ação acaricida, esse trabalho tem por objetivo determinar a composição química dos óleos essenciais foliares de *P. aduncum*, *P. tuberculatum*, *P. arboreum* e *P. caldense* e seus efeitos letais e subletais sobre o ácaro rajado.

Tabela 3. Estudo fitoquímico e atividade biológica de *Piper arboreum* provenientes do Brasil e outras regiões do mundo.

Parte da Planta/Produto	Procedência	Tipo de estudo	Referência
Folhas/óleo essencial	Minas Gerais/Brasil	Fitoquímico	Mesquita <i>et al.</i> 2005
Folhas, frutos verdes e ramos/extratos etanólico e hexânico	São Paulo/Brasil	Antimicrobiana	Regasini <i>et al.</i> 2009a
Folhas e frutos/extrato hexânico	São Paulo/Brasil	Antiprotozoária	Regasini <i>et al.</i> 2009b
Folhas/composto isolado – 3-geranil-4-hidroxibenzoato de metila	São Paulo/Brasil	Fitoquímico	Ramos & Kato 2009
Folhas, frutos e ramos/extrato etanólico e hexânico	São Paulo/Brasil	Antioxidante	Regasini <i>et al.</i> 2008
Folhas/óleo essencial	Distrito Federal/Brasil	Fitoquímico	Potzernheim <i>et al.</i> 2006
Folhas, frutos e ramos/óleo essencial	São Paulo/Brasil	Antimicrobiana; Fitoquímico	Navickiene <i>et al.</i> 2006
Folhas/óleo essencial	Ceará/Brasil	Fitoquímico	Cysne <i>et al.</i> 2005
Folhas/extrato - amidas	São Paulo/Brasil	Antimicrobiana	Silva <i>et al.</i> 2002
Folhas/extrato	América do Sul	Antiinflamatória	Bernard <i>et al.</i> 2001
Folhas/óleo essencial	Rio de Janeiro/Brasil	Fitoquímico	Santos <i>et al.</i> 2001
Folhas/óleo essencial	Panamá	Fitoquímico	Mundina <i>et al.</i> 1998
Folhas/óleo essencial	Rondônia/Brasil	Fitoquímico	Machado <i>et al.</i> 1994
Folhas e ramos/extrato	Colômbia	Antiofídica	Otero <i>et al.</i> 2000

** não citado no resumo

Literatura Citada

- Abreu, O. & J.A. Pino. 2008.** Leaf Oil Composition of *Piper aduncum* subsp. *Ossanum* (C. CD.) Saralegui from Cuba. Nat. Prod. Communic 3: 271-273.
- Achenbach, H., J.A. Calle, D.D. Maussa & N.C. Poveda. 1984.** Phytochemical study on *Piper aduncum* L. Rev. Mexicana Cienc. Farmac. 14: 2-3.
- Alkofahi, A., J.K. Rupprecht, J.E. Anderson, J.L. McLaughlin, K.L. Mikolajczak, & B.A. Scott. 1989.** Search for new pesticides from higher plants, p. 25-43. In J.T. Arnason, B.J.R. Philogene & P. Morand (eds.), Insecticides of plant origin. Amer. Chem. Soc., Washington, DC, 224p.
- Almeida, R.R.P., R.N.P. Souto, C.N. Bastos, M.H.L. Silva & J.G.S. Maia. 2009.** Chemical Variation in *Piper aduncum* and biological properties of its dillapiole-rich essential oil. Chem. Biod.6: 1427-1434.
- Amin, M.M., R.F. Mizell & R.W. Flowers. 2009.** Response of the predatory mite *Phytoseiulus macropilis* (Acari: Phytoseiidae) to pesticides and kairomones of three spider mite species (Acari: Tetranychidae), and non-prey food. Fla. Entomol. 92: 554-562.
- Araujo-Junior, J.X., E.V.L. Cunha, M.C. O. Chaves & A. Gray. 1997.** Piperdardine, a Piperidine Alkaloid from *Piper tuberculatum*. Phytochemistry 44: 559-561.
- Araujo-Junior, J.X., M.C.O. Chaves, E.V.L. Cunha & A.I. Gray. 1999.** Cepharanone B from *Piper tuberculatum*. Biochem. Syst. Ecol. 27: 325-327.
- Araujo-Junior, J.X., C. M. Duarte, M.C. O. Chaves, J.P. Parente, C.A.M. Fraga & E.J. Barreiro. 2001.** Synthesis of natural amide alkaloid piperdardine and a new bioactive analogue. Synth. Commun. 31: 117-123.
- Arze, J.B.L., G. Collin, F.X. Garneau, F.I. Jean & H. Gagnon. 2008.** Essential oils from Bolivia. VIII. Piperaceae: *Piper heterophyllum* Ruiz et Pavón, *P. aduncum* L. Jeobp 11: 53-57.
- Baldoqui, D.C., Massuo J.K., A.J. Cavalheiro, V.S. Bolzani, M.C.M. Young & M. Furlan. 1999.** A chromene and prenylated benzoic acid from *Piper aduncum*. Phytochemistry 51: 899-902.
- Barakat, A.A., G.M. Shereef, S.A. Abdallah & S.A. Amer. 1986.** Effect of some pesticides extracts on some biological aspects of *Tetranychus urticae* Kock. Bull. Entomol. Soc. 14: 225-232.
- Batista Jr., J.M., A.A. Lopes, D.L. Ambrósio, L.O. Regasini, M.J. Kato, V.S. Bolzani, R.M.B. Cicarelli & M. Furlan. 2008.** Natural Chromenes and Chromene Derivatives as Potential Anti-trypanosomal Agents. Biol. Pharm. Bull. 31: 538-540.

- Bernard, C.B., H.G. Krishnamurty, D. Chauret, T. Durst, B.J.R. Philogène, P. Sánchez-Vindas, C. Hasbun, L. Poveda, L.S. Román & J.T. Arnason. 1995.** Insecticidal Defenses of Piperaceae from the Neotropics. *J. Chem. Ecol.* 21: 801-814.
- Bernard, P., T. Scior, B. Didier, M. Hibert & J.Y. Berthon. 2001.** Ethnopharmacology and bioinformatic combination for leads discovery: application to phospholipase A2 inhibitors. *Phytochemistry* 58: 865-874.
- Bezerra, D.P., F.O. Castro, A.P.N.N. Alves, C. Pessoa, M.O. Moraes, E.R. Silveira, M.A.S. Lima, F.J.M. Elmiro & L.V. Costa-Lotufo. 2006.** *In vivo* growth-inhibition of Sarcoma 180 by piplartine and piperine, two alkaloid amides from *Piper*. *Braz. J. Med. Biol. Res.* 39: 801-807.
- Bezerra, D.P., D.J. Moura, R.M. Rosa, M.C. Vasconcellos, A.C.R. Silva, M.O. Moraes, E.R. Silveira, M.A.S. Lima, J.A.P. Henriques, L.V. Costa-Lotufo & J. Saffi. 2008.** Evaluation of the genotoxicity of piplartine, an alkamide of *Piper tuberculatum*, in yeast and mammalian V79 cells. *Mutation Res.* 652: 164-174.
- Bezerra, D.P., M.C. Vasconcellos, M.S. Machado, I.V. Villela, R.M. Rosa, D.J. Moura, C. Pessoa, M.O. Moraes, E.R. Silveira, M.A.S. Lima, N.C. Aquino, J.A.P. Henriques, J. Saffi & L.V. Costa-Lotufo. 2009.** Piplartine induces genotoxicity in eukaryotic but not in prokaryotic model systems. *Mutation Res.* 677: 8-13.
- Borges, M., M.C.B. Moraes & R. Laumann. 2004.** Armadilha contra os percevejos. *Rev. Cultivar* 118: 12-14.
- Bouzada, M.L.M., R.L. Fabri, M. Nogueira, T.U.P. Konno, G.G. Duarte & E. Scio. 2009.** Antibacterial, cytotoxic and phytochemical screening of some traditional medicinal plants in Brazil. *Pharmac. Biol.* 47: 44-52.
- Braga, F.G., M.L.M. Bouzada, R.L. Fabri, M.O. Matos, F.O. Moreira, E.Scio & E.S. Coimbra. 2007.** Antileishmanial and antifungal activity of plants used in traditional medicine in Brazil. *J. Ethnopharmacol.* 111: 396-402.
- Cáceres, A., H. Menéndez, E. Méndez, E. Cohobón, B.E. Samayoa, E. Jauregui, E. Peralta, & G. Carrillo. 1995.** Antigonorrhoeal activity of plants used in Guatemala for the treatment of sexually transmitted diseases. *J. Ethnopharmacol.* 48: 85-88.

- Calle J.A. 1983.** Study of some Piperaceae family species. Rev. Colomb. Ciênc. Quim. Farmac. 4: 47-57.
- Capron, M.A. & D.F. Wiemer. 1996.** Piplaroxide, an Ant-Repellent Piperidine Epoxide from *Piper tuberculatum*. J. Nat. Prod. 59: 794-795.
- Cardozo, E.L.Jr. & M.C.O. Chaves. 2003.** Caldensin, a new natural n-methylaristolactam from *Piper caldense*. Pharmac. Biol. 41: 216-218.
- Castiglioni, E., J.D. Vendramim & M.A. Tamai. 2002.** Evaluación del efecto tóxico de extractos acuosos y derivados de meliáceas sobre *Tetranychus urticae* (Koch) (Acari: Tetranychidae). Agrociência 6: 75-82.
- Chaves, M.C.O., A.G.F Júnior, B.V.O. Santos. 2003.** Amides from *Piper tuberculatum* fruits. Fitoterapia 74: 181-183.
- Cotinguiba, F., L.O. Regasini, V.S. Bolzani, H.M. Deboni, G.D. Passerini, R.M.B. Cicarelli, M.J. Kato & M. Furlan. 2009.** Piperamides and their derivatives as potential anti-trypanosomal agents. Med. Chem. Res. 18: 703-711.
- Costa, O.A. 1935.** Estudo farmacognóstico do apertá ruão. Rev. Flora Med. 1: 415-422.
- Costa, J.G.M., P.F. Santos, S.A. Brito, F.F.G. Rodrigues, H.D.M. Coutinho, M.A. Botelho & S.G. Lima. 2010.** Composição Química e Toxicidade de Óleos Essenciais de Espécies de *Piper* Frente a Larvas de *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae). Latin Am. J. Pharm. 29: 463-467.
- Craveiro, A.A. & D.C. Queiroz. 1993.** Óleos Essenciais e Química Fina. Quím. Nova 16: 224-228.
- Cunha, E.V.L. & M.C.O. Chaves. 2001.** Two amides from *Piper tuberculatum* fruits. Fitoterapia 72: 197-199.
- Cysne, J.B., K.M. Canuto, O.D.L. Pessoa, E.P. Nunes & E.R. Silveira. 2005.** Leaf Essential Oils of Four Piper Species from the State of Ceará - Northeast of Brazil. J. Braz. Chem. Soc. 16: 1378-1381.

[DARP]. 2010. Database of Arthropods Resistance to Pesticides.
<http://www.pesticideresistance.org/DB/index.html>

Debonsi, H.M., J.E. Miranda, A.T. Murata, S.A. Bortoli, M.J. Kato, V.S. Bolzani & M. Furlan. 2009. Isobutyl amides - potent compounds for controlling *Diatraea saccharalis*. Pest Manage. Sci. 65: 47-51.

Dévéhat, F.L., A. Bakhtiar, C. Bézin, M. Amoros & J. Boustie. 2002. Antiviral and cytotoxic activities of some Indonesian plants. Fitoterapia 73: 400-405.

Diaz, D.P.P., E. Maldonado & E. Ospina. 1984. Essential oil of *Piper aduncum* L. Rev. Latinoamericana Quím. 15: 136-138.

Duarte, C. de M., J.X. Araujo-Junior, J.P. Parente & J.E. Barreiro. 1999. Synthesis of new hypotensive piperamide analogues. Rev. Bras. Farm. 80: 35-38.

Duarte, M.C.T., E.E. Leme, C. Delarmelina, A.A. Soares, G.M. Figueira & A. Sartoratto. 2007. Activity of essential oils from Brazilian medicinal plants on *Escherichia coli*. J. Ethnopharmacol. 111: 197-201.

Escudero, M.R., D.F.R. Escudero, C.M. Remsberg, J.K. Takemoto, N.M. Davies, J.A. Yáñez. 2008. Identification of Polyphenols and Anti-Oxidant Capacity of *Piper aduncum* L. Open Bioactive Comp. J. 1: 18-21.

Facundo, V.A. & S.M. Morais. 2005. Essential Oil of *Piper tuberculatum* var. *tuberculatum* (Micq.) CDC Leaves. J. Essent. Oil Res. 17: 304-305.

Facundo, V.A., A.R. Polli, R.V. Rodrigues, J.S.L.T. Militão, R.G. Stabelli & C.T. Cardoso. 2008. Constituintes químicos fixos e voláteis dos talos e frutos de *Piper tuberculatum* Jacq. e das raízes de *P. hispidum* H. B. K. Acta Amazonica 38: 733-742.

[FAO]. 2010. Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação.
<https://www.fao.org.br>

Fazolin, M., J.L.V. Estrela, V. Catani, M.R. Alécio & M.S. Lima. 2007. Propriedade Inseticida dos Óleos Essenciais de *Piper hispidinervum* C. Dc.; *Piper aduncum* L. e *Tanaecium*

nocturnum (Barb. Rodr.) Bur. & K. Shum sobre *Tenebrio molitor* L., 1758. Ciênc. Agrotec. 31: 113-120.

Felipe, F.C.B., J.T.S. Filho, L.E.O. Souza, J.A. Silveira, D.E.A. Uchoa, E.R. Silveira, O.D.L. Pessoa, G.S.B. Viana. 2007. Piplartine, an amide alkaloid from *Piper tuberculatum*, presents anxiolytic and antidepressant effects in mice. *Phytomedicine* 14: 605-612.

Filho, R.B., M.P. Souza & M.E.O. Mattos. 1981. Piplartine-dimer A, a new alkaloid from *Piper tuberculatum*. *Phytochemistry* 20: 345-346.

Fontenele, J.B., K.A.M.L. Leal, E.R. Silveira, F.H. Felix, C.F.F. Bezerra & G.S.B. Viana. 2009. Antiplatelet effects of piplartine, an alkaloid isolated from *Piper tuberculatum*: possible involvement of cyclooxygenase blockade and antioxidant activity. *J. Pharm. Pharmacol.* 61: 511-515.

Freitas, G.C., R.O.S. Kitamura, J.H.G. Lago, M.C.M. Young, E.F. Guimarães & M.J. Kato. 2009. Caldensinic acid, a prenylated benzoic acid from *Piper caldense*. *Phytochem. Lett.* 2: 119-122.

Gonçalves, P.A.S. 1997. Eficácia de inseticidas sintéticos e naturais no controle de tripes em cebola. *Hortic. Bras.* 15: 32-34.

Gonçalves, M.E.C., J.V. Oliveira, R. Barros & M.P.L. Lima. 2001. Extratos aquosos de plantas e o comportamento do ácaro verde da mandioca. *Sci. Agric.* 58: 475-479.

Guerrini, A., G. Sacchetti, D. Rossi, G. Paganetto, M. Muzzoli, E. Andreotti, M. Tognolini, M.E. Maldonado & R. Bruni. 2009. Bioactivities of *Piper aduncum* L. and *Piper obliquum* Ruiz & Pavon (Piperaceae) essential oils from Eastern Ecuador. *Environ. Toxicol. Pharmacol.* 27: 39-48.

Gupta, M.P., T.D. Arias & R.M. Smith. 1983. The composition of the essential oil of *Piper aduncum* L. from Panama. *Rev. Latinoam. Quim.* 14: 35-36.

Hidayatulfathi, O., S. Sallehuddin & J. Ibrahim. 2004. Adulticidal activity of some Malaysian plant extracts against *Aedes aegypti* Linnaeus. *Trop. Biomed.* 21: 61-67.

- Isman, M.B. 2006.** Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annu. Rev. Entomol.* 51: 45-66.
- Isman, M.B., S. Miresmailli & C.M. Machial. 2010.** Commercial opportunities for pesticides based on plant essential oils in agriculture, industry and consumer products. *Phytochem. Rev.* 9: 1-8.
- Jamal, Y. & A.A.D. Praptiwi. 2003.** Chemical composition and antibacterial activity of essential oil of gedebong berries (*Piper aduncum* L.). *Majalah Farm. Indonesia* 14: 284-290.
- Jantan, B.I., A.R. Ahmad, A.S. Ahmad & N.A. Ali. 1994.** A comparative study of the essential oils of five *Piper* species from peninsular Malaysia. *Flav. Fragr. J.* 9: 339-342.
- Kloucek, P., Z. Polesny, B. Svobodova, E. Vlkova & L. Kokoska. 2005.** Antibacterial screening of some Peruvian medicinal plants used in Calleria District. *J Ethnopharmacol* 99: 309-312.
- Krantz, G.W. & D.E. Walter. 2009.** A manual of acarology. Texas Tech University Press, 807p.
- Lago, J.H.G., C.S. Ramos, D.C.C. Casanova, A.A. Morandim, D.C.B. Bergamo, A.J. Cavalheiro, V.S. Bolzani, M. Furlan, E.F. Guimarães, M.C.M. Young, & M.J. Kato. 2004.** Benzoic acid derivatives from *Piper* Species and their fungitoxic activity against *Cladosporium cladosporioides* and *C. sphaerospermum*. *J. Nat. Prod.* 67: 1783-1788.
- Lago, J.H.G., A. Chen, M.C.M. Young, E.F. Guimarães, A. Oliveira, M.J. Kato. 2009.** Prenylated benzoic acid derivatives from *Piper aduncum* L. and *P. hostmannianum* C. DC. (Piperaceae). *Phytochem. Lett.* 2: 96-98.
- Lentz, D.L., A.M. Clark, C.D. Hufford, B.Meurer-Grimes, C.M. Passreiter, J. Cordero, O. Ibrahimi, A.L. Okunade. 1998.** Antimicrobial properties of Honduran medicinal plants. *J. Ethnopharmacol.* 63: 253-263.
- Macedo, J.C.B. & S.G. Oviedo. 1987.** The essential oil of *Piper aduncum* L. (Matico hembra). *Bol. Soc. Quim. Peru* 53: 228-232.
- Machado, S.M.F., J.S.L.T. Militao, V.A. Facundo, A. Ribeiro, S.M. Morais & M.I.L. Machado. 1994.** Leaf oils of two Brazilian *Piper* species: *Piper arboreum* Aublet var. *latifolium* (C.DC) Yuncker and *Piper hispidum* Sw. *J. Essent. Oil Res.* 6: 643-644.

- Maia, J.G.S., M. G.B. Zohhbi, E.H.A. Andrade, A.S. Santos, M.H.L. Silva, A.I.R. Luz & C.N. Bastos. 1998.** Constituents of the essential oil of *Piper aduncum* L. growing wild in the Amazon region. *Flav. Fragr. J.* 13: 269-272.
- Merlino, T. 2009.** O veneno no pão nosso de cada dia. *Revista Caros Amigos* <http://carosamigos.terra.com.br> Acesso em: 23 mai. 2010.
- Mesquita J.M.O., C. Cavaleiro, A.P. Cunha, J.A. Lombardi & A.B. Oliveira. 2005.** Estudo comparativo dos óleos voláteis de algumas espécies de Piperaceae. *Rev. Bras. Farmacognosia* 15: 6-12.
- Miranda, J.E., H.M.D. Navickiene, R.H. Nogueira-Couto, S.A. Bortoli, M.J. Kato V.S. Bolzani & M. Furlan. 2003.** Susceptibility of *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) to pellitorine, an amide isolated from *Piper tuberculatum* (Piperaceae). *Apidologie* 34: 409-415.
- Miresmailli, S., R. Bradbury & M.B. Isman. 2006.** Comparative toxicity of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil and blends of its major constituents against *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) on two different host plants. *Pest Manage. Sci.* 62: 366-371.
- Misni N., S. Sulaiman, H. Othman & B. Omar. 2009.** Repellency of essential oil os *Piper aduncum* against *Aedes albopictus* in the laboratory. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 25: 442-447.
- Mora, F.D., J. Peña, L.B. Rojas, A. Usubillaga & P. Meléndez. 2008.** Composición química de los aceites esenciales de *Piper dilatatum* L.C. Rich. y *Piper tuberculatum* Jacq. de Mérida, Venezuela. *Ciencia* 16: 365-369.
- Moraes, G.J. 2001.** O ácaro rajado (*Tetranychus urticae* Koch) está se tornando um grave problema em diversas culturas. *Cultivar Grandes Culturas* 28. *Revista On-line* <http://www.grupocultivar.com.br/artigos/artigo.asp?id=634>
- Moraes, G.J. & C.H.W. Flechtmann. 2008.** Manual de Acarologia: Acarologia Básica e Ácaros de Plantas Cultivadas no Brasil. Ribeirão Preto, Holos Editora, 308p.
- Morandim, A.A., D.C.B. Bergamo, M.J. Kato, A.J. Cavalheiro, V.S. Bolzani & M. Furlan. 2005.** Circadian rhythm of anti-fungal prenylated chromene in leaves of *Piper aduncum*. *Phytochem. Anal.* 16: 282-286.

- Morandim, A.A., J.K. Massuo, A.J. Cavaleiro & M. Furlan. 2009.** Intraspecific variability of dihydrochalcone, chromenes and benzoic acid derivatives in leaves of *Piper aduncum* L. (Piperaceae). *African J. Biotechnol.* 8: 2157-2162.
- Moreira, D.L., E.F. Guimarães & M.A.C. Kaplan. 1998.** A Chromene from *Piper aduncum*. *Phytochemistry* 48: 1075-1077.
- Mundina, M., R. Vila, F. Tomi, M.P. Gupta, T. Adzet, J. Casanova & S. Cañigüeral. 1998.** Leaf essential oils of three panamanian *Piper* Species. *Phytochemistry* 47: 1277-1282.
- Navickiene, H.M.D., A.C. Alécio, M.J. Kato, V.S. Bolzani, M.C.M. Young, A.J. Cavaleiro & M. Furlan. 2000.** Antifungal amides from *Piper hispidum* and *Piper tuberculatum*. *Phytochemistry* 55: 621-626.
- Navickiene, H.M.D., A.A. Morandim, A.C. Alécio, L.O. Regasini, D.C.B. Bergamo, M. Telascrea, A.J. Cavaleiro, M.N. Lopes, V. S. Bolzani, M. Furlan, M.O.M. Marques, M.C.M. Young & M.J. Kato. 2006.** Composition and Antifungal Activity of Essential Oils from *Piper aduncum*, *Piper arboreum* and *Piper tuberculatum*. *Quim. Nova* 29: 467-470.
- Navickiene, H.M.D., J.E. Miranda, S.A. Bortoli, M.J. Kato, V.S. Bolzani & M. Furlan. 2007.** Toxicity of extracts and isobutyl amides from *Piper tuberculatum*: potent compounds with potential for the control of the velvetbean caterpillar, *Anticarsia gemmatalis*. *Pest Manage. Sci.* 63: 399-403.
- Oliveira, J.C.S., I.J.M. Dias & C.A.G. Camara. 2006.** Volatile constituents of the leaf oils of *Piper aduncum* L. from different regions of Pernambuco (Northeast of Brazil). *J. Essent. Oil Res.* 18: 557-559.
- Oliveira, J.V., J.D. Vendramim & M.L. Haddad. 1999.** Bioatividade de pós vegetais sobre o caruncho do feijão em grãos armazenados. *Rev. Agric.* 74: 217-224.
- Orjala, J., A.D. Wright, H. Behrends, G. Folkers, O. Sticher, H. Rügger & T. Rali. 1994.** Cytotoxic and Antibacterial Dihydrochalcones from *Piper aduncum*. *J. Nat. Prod.* 57: 18-26.
- Orjala, J., C.A.J. Erdelmeier, A.D. Wright, T. Rali & O. Sticher. 1993a.** Five new prenylated p-hydroxybenzoic acid derivatives with antimicrobial and molluscicidal activity from *Piper aduncum* leaves. *Pl. Med.* 59: 546-551.

- Orjala, J., A.D. Wright, T. Rali & O. Sticher. 1993b.** Aduncamide, a cytotoxic and antibacterial β -phenylethylamine-derived amide from *Piper aduncum*. Nat. Prod. Lett. 2: 231-236.
- Orjala, J., C.A.J. Erdelmeier, A.D. Wright, T. Rali & O. Sticher. 1993c.** Two chromenes and a prenylated benzoic acid derivative from *Piper aduncum*. Phytochemistry 34: 813-818.
- Orjala, J., A.D. Wright, C.A.J. Erdelmeier, O. Sticher, T. Rali. 1993d.** New monoterpene-substituted dihydrochalcones from *Piper aduncum*. Helv. Chim. Acta 76: 1481-1488.
- Otero, R., V. Nunez, J. Barona, R. Fonnegra, S.L. Jimenez, R.G. Osorio, M. Saldarriaga & A. Diaz. 2000.** Snakebites and ethnobotany in the northwest region of Colombia. Part III: neutralization of the haemorrhagic effect of *Bothrops atrox* venom. J. Ethnopharmacol. 73: 233-241.
- Pamar, V.S., S.C. Jain, S. Gupta, S. Talwar, V.K. Rajwanshi, R. Kumar, A. Azim, S. Malhotra, N. Kumar, R. Jain, N.K. Sharma, O.D. Tyagi, S.J. Lawrie, W. Errington, O.W. Howarth, C.E. Olsen, S.K. Singh & J. Wengel. 1998.** Polyphenols and alkaloids from *Piper* Species. Phytochemistry 49: 1069-1078.
- Pereira, A.C.R.L., J.V. Oliveira, M.G.C. Gondim Junior & C.A.G. Camara. 2008.** Atividade inseticida de óleos essenciais e fixos sobre *Callosobruchus maculatus* (Fabr., 1775) (Coleoptera: Bruchidae) em grãos de caupi [*Vigna unguiculata* (L.) WALP.]. Ciênc. Agrotec. 32: 717-724.
- Potenza, M.R., A.P. Takematsu & L.H. Benedicto. 1999a.** Avaliação do controle de *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) (Acari: Tetranychidae) através de extratos vegetais, em laboratório. Arq. Inst. Biol. 66: 91-97.
- Potenza, M.R., A.P. Takematsu, A.P. Sivieri, M.E. Sato & C.M. Passerotti. 1999b.** Efeito acaricida de alguns extratos vegetais sobre *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) (Acari: Tetranychidae) em laboratório. Arq. Inst. Biol. 66: 31-37.
- Potenza, M.R., R.C.O. Gomes, T. Jocy, A.P. Takematsu & A.C.O. Ramos. 2006.** Avaliação de produtos naturais para o controle do ácaro rajado *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) (Acari: Tetranychidae) em casa de vegetação. Arq. Inst. Biol. 73: 455-459.
- Pino, J.A. R. Marbot, A. Bello & A. Urquiola 2004.** Essential oils of *Piper peltatum* (L.) Miq. and *Piper aduncum* L. from Cuba. J. Essent. Oil Res. 16: 124-126.

- Potzernheim, M.C.L., H.R. Bizzo & R.F. Vieira. 2006.** 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). *Rev. Bras. Farmacognosia* 16: 246-251.
- Rafael, M.S., W.J. Hereira-Rojas, J.J. Roper, S.M. Nunomura & W.P. Tadei. 2008.** Potential control of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) with *Piper aduncum* L. (Piperaceae) extracts demonstrated by chromosomal biomarkers and toxic effects on interphase nuclei. *Gen. Mol. Res.* 7: 772-781.
- Rali, T., S.W. Wossa, D.N. Leach & P.G. Waterman. 2007.** Volatile Chemical Constituents of *Piper aduncum* L and *Piper gibilimum* C. DC (Piperaceae) from Papua New Guinea. *Molecules* 12: 389-394.
- Ramos, C.S. & M.J. Kato. 2009.** Hydrolysis of Methyl Benzoate from *Piper arboreum* by *Naupactus bipes* Beetle. *J. Braz. Chem. Soc.* 20: 560-563.
- Regasini, L.O., F. Cotinguiba, J.R. Siqueira, V.S. Bolzani, D.H.S. Silva, M. Furlan & M.J. Kato. 2008.** Radical Scavenging Capacity of *Piper arboreum* and *Piper tuberculatum* (Piperaceae). *Latin Am. J. Pharm.* 27: 900-903.
- Regasini, L.O., F. Cotinguiba, A.A. Morandim, M.J. Kato, L. Scorzoni, M.J. Mendes-Giannini, V.S. Bolzani & M. Furlan. 2009a.** Antimicrobial activity of *Piper arboreum* and *Piper tuberculatum* (Piperaceae) against opportunistic yeasts. *African J. Biotechnol.* 8: 2866-2870.
- Regasini, L.O., F. Cotinguiba, G.D. Passerini, V.S. Bolzani, R.M.B. Cicarelli, M.J. Kato & M. Furlan. 2009b.** Trypanocidal activity of *Piper arboreum* and *Piper tuberculatum* (Piperaceae). *Rev. Bras. Farmacognosia* 19: 199-203.
- Rodrigues, R.V., D. Lanznaster, D.T.L. Balbinot, V.M. Gadotti, V.A. Facundo & A.R.S. Santos. 2009.** Antinociceptive effect of crude extract, fractions and three alkaloids obtained from fruits of *Piper tuberculatum*. *Biol. Pharm. Bull.* 32: 1809-1812.
- Santos, P.R.D., D.L. Moreira, E.F. Guimarães, M.A.C. Kaplan. 2001.** Essential oil analysis of 10 Piperaceae species from the Brazilian Atlantic Forest. *Phytochemistry* 58: 547-551.

- Sariego, I., L. Monzote, R. Scull, A. Diaz & Y. Caballero. 2008.** Activity of essential oils from cuban plants against *Leishmania donovani* and *Trichomonas vaginalis*. *Int. J. Essential Oil Therap.* 2: 172-174.
- Scott, I.M., H. Jensen, J.G. Scott, M.B. Isman, J.T. Arnason & B.J.R. Philogène. 2003.** Botanical Insecticides for Controlling Agricultural Pests: Piperamides and the Colorado Potato Beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae). *Arch. Insect Biochem. Physiol.* 54: 212-225.
- Scott, I.M., H. Jensen, R. Nicol, L. Lesage, R. Bradbury, P. Sanches-Vindas, L. Poveda, J.T. Arnason & B.J.R. Philogène. 2004.** Efficacy of *Piper* (Piperaceae) Extracts for Control of Common Home and Garden Insect Pests. *J. Econ. Entomol.* 97: 1390-1403.
- Sievers, A.F., A.W. Archer, R.H. Moore & E.R. McGovran. 1949.** Insecticidal tests of plants from tropical America. *J. Econ. Entomol.* 42: 549-551.
- Silva, R.V., H.M.D. Navickiene, M.J. Kato, V.S. Bolzani, C.I. Méda, M.C.M. Young & M. Furlan. 2002.** Antifungal amides from *Piper arboreum* and *Piper tuberculatum*. *Phytochemistry* 59: 521-527.
- Silva, W.C., J.R.S. Martins, H.E.M. Souza, H. Heinzen, M.V. Cesio, M. Mato, F. Albrecht, J.L. Azevedo & N.M. Barros. 2009.** Toxicity of *Piper aduncum* L. (Piperales: Piperaceae) from the Amazon forest for the cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae). *Vet. Parasitol.* 164: 267-274.
- Simmonds, N.W. & R. Stevens. 1956.** Occurrence of the methylenedioxy bridge in the phenolic components of plants. *Nature* 178: 752-753.
- Smith, R.M. & H. Kassim. 1979.** The essential oil of *Piper aduncum* from Fiji. *New Zealand J. Sci.* 22: 127-128.
- Sousa, P.J.C., C.A.L. Barros, J.C.S. Rocha, D.S. Lira, G.M. Monteiro & J.G.S. Maia. 2008.** Avaliação toxicológica do óleo essencial de *Piper aduncum* L. *Rev. Bras. Farmacognosia* 18: 217-221.
- Takemoto, J.K., C.M. Remsberg, J.A. Yáñez, K.R. Vega-Villa & N.M. Davies. 2008.** Stereospecific analysis of sakuranetin by high-performance liquid chromatography: Pharmacokinetic and botanical applications. *J. Chromatogr. B* 875: 136-141.

- Tamai, M.A., S.B. Alves, J.E.M. Almeida & M. Faion. 2002.** Avaliação de fungos entomopatogênicos para o controle de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). Arq. Inst. Biol. 69: 77-84.
- Thacker, J.R.M. 2002.** An Introduction to Arthropod Pest Control. Cambridge University Press. 360p.
- Torres-Santos, E.C., J.M. Rodrigues Jr., D.L. Moreira, M.A.C. Kaplan & B. Rossi-Bergmann. 1999a.** Improvement of In Vitro and In Vivo Antileishmanial Activities of 2',6'-Dihydroxy-4'-Methoxychalcone by Entrapment in Poly (D,L-Lactide) Nanoparticles. Antimicrob. Agents Chemother 43: 1776-1778.
- Torres-Santos E.C., D.L. Moreira, M.A.C. Kaplan, M.N. Meirelles & B. Rossi-Bergmann. 1999b.** Selective Effect of 2',6'-Dihydroxy-4'-Methoxychalcone Isolated from *Piper aduncum* on *Leishmania amazonensis*. Antimicrob. Agents Chemother 43: 1234-1241.
- Valadeau, C., A. Pabon, E. Deharo, J. Albán-Castillo, Y. Estevez, F.A. Lores, R. Rojas, D. Gamboa, M. Sauvain, D. Castillo & G. Bourdy. 2009.** Medicinal plants from the Yanasha (Peru): Evaluation of the leishmanicidal and antimalarial activity of selected extracts. J. Ethnopharmacol. 123: 413-422.
- Vieira, M.R., L.V.S. Sacramento, L.O. Furlan, J.C. Figueira & A.B.O. Rocha. 2006.** Efeito acaricida de extratos vegetais sobre fêmeas de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). Rev. Bras. Pl. Med. 8: 210-217.
- Vila, R., F. Tomi, M. Mundina, A.I. Santana, P.N. Solis, J.B.L. Arce, J.L.B. Iclina, J. Iglesias, M.P. Gupta, J. Casanova & S. Canigüeral. 2005.** Unusual composition of the essential oils from the leaves of *Piper aduncum*. Flav. Fragr.J. 20: 67-69.
- Watanabe, M.A., G.J. Moraes, I. Gastaldo Jr. & G. Nicolella. 1994.** Controle biológico do ácaro rajado com ácaros predadores fitoseídeos (Acari: Tetranychidae, Phytoseiidae) em culturas de pepino e morango. Sci. Agric. 51: 75-81.

CAPÍTULO 2

SUSCEPTIBILIDADE DE *Tetranychus urticae* Koch (ACARI: TETRANYCHIDAE) AOS ÓLEOS ESSENCIAIS DE QUATRO ESPÉCIES DO GÊNERO *Piper* (PIPERACEAE)¹

MÁRIO J.C. ARAÚJO², CLÁUDIO AG. CÂMARA³ E CÉSAR A. BADJI²

²Departamento de Agronomia – Entomologia Agrícola, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n,
52171-900 Recife, PE.

³Departamento de Química – Produtos Naturais, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, 52171-
900 Recife, PE.

¹Araújo, M.J.C., C.A.G. Câmara & C.A. Badji. Susceptibilidade de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) aos óleos essenciais de quatro espécies do gênero *Piper* (Piperaceae). Crop Protection.

RESUMO – Este trabalho tem por objetivo determinar a composição química e a susceptibilidade de *Tetranychus urticae* aos óleos essenciais de *Piper aduncum*, *P. arboreum*, *P. caldense* e *P. tuberculatum* utilizando diferentes metodologias. A análise por CG/EM revelou como principais compostos dilapiol (46,7%), biciclogermacreno (17,3%), γ -Muurolene (9,6%) e 2-*epi*- β -Funebrene (10,6%), para *P. aduncum*, *P. arboreum*, *P. caldense* e *P. tuberculatum*, respectivamente. Na fumigação, o controle positivo, eugenol foi o mais tóxico e o que mais interferiu na oviposição. Entre os óleos testados, o ácaro rajado foi mais susceptível aos óleos de *P. aduncum* ($CL_{50} = 0,01 \mu\text{L/L}$ de ar) e *P. tuberculatum* ($CL_{50} = 0,50 \mu\text{L/L}$ de ar). A menor concentração entre os óleos, que promoveu uma redução significativa do número de ovos foi $3 \times 10^{-3} \mu\text{L/L}$ de ar para *P. aduncum*. Não houve diferença significativa entre os óleos testados e o eugenol nos bioensaios de contato. Os óleos de *P. tuberculatum* e *P. caldense* foram 25,5 e 5 vezes mais repelentes do que o eugenol, respectivamente. Com exceção do óleo de *P. aduncum*, nos testes de dupla escolha, todos os demais induziram o comportamento do ácaro na preferência pelos discos controle após 48h. Esses resultados sugerem que o tipo de metodologia empregada pode influenciar na susceptibilidade do ácaro rajado. Os óleos de *Piper* possuem potencial acaricida para o controle de *T. urticae*.

PALAVRAS-CHAVE: *Piper aduncum*, *Piper arboreum*, *Piper caldense*, *Piper tuberculatum*, ação acaricida, ácaro rajado

SUSCEPTIBILITY OF *Tetranychus urticae* Koch (ACARI: TETRANYCHIDAE) THE
ESSENTIAL OILS OF FOUR SPECIES OF THE GENUS *Piper* (PIPERACEAE)

ABSTRACT - This study aims to evaluate the chemical composition and susceptibility to *Tetranychus urticae* to the essential oils of *Piper aduncum*, *P. arboreum*, *P. caldense* and *P. tuberculatum* using different methodologies. Analysis by GC/MS revealed as major compounds dillapiol (46.7%), bicyclogermacrene (17.3%), γ -Muurolene (9.6%) and 2-*epi*- β -Funebrene (10.6%) for *P. aduncum*, *P. arboreum*, *P. caldense* and *P. tuberculatum*, respectively. In the fumigation, the positive control, eugenol was the most toxic and the strongest influence on oviposition. Among the oils tested, the mite was more susceptible to the oils of *P. aduncum* (LC₅₀ = 0.01 μ L/L air) and *P. tuberculatum* (LC₅₀ = 0.50 μ L/L air). The lowest concentration of the oils, which promoted a significant reduction in the number of eggs was 3×10^{-3} μ L/L air for *P. aduncum*. There was no significant difference among the tested oils and eugenol in contact bioassays. The oils of *P. tuberculatum* and *P. caldense* were 25.5 and 5 times more repellent than eugenol, respectively. Except for the oil of *P. aduncum*, in choice tests, all other behavior induced by the preference of the mite control discs after 48 hours. These results suggest that the type of methodology may influence the susceptibility of the mite. The oils of *Piper* have potential acaricide for *T. urticae* control.

KEY WORDS: *Piper aduncum*, *Piper arboreum*, *Piper caldense*, *Piper tuberculatum*, acaricidal action, two-spotted spider mite

Introdução

Tetranychus urticae Koch, ou ácaro rajado é considerado uma das principais pragas em termos mundiais, podendo provocar tanto em casa de vegetação, como em ambientes abertos, grandes prejuízos (Miresmailli *et al.* 2006). É uma espécie polífaga e cosmopolita, e, no Brasil já foi registrada em diversos estados. Em Pernambuco, sua primeira ocorrência foi em 1985, após o início do cultivo irrigado no município de Petrolina (Moraes 2001).

Sua principal forma de controle pela maioria dos agricultores é por meio do uso de acaricidas convencionais (Potenza *et al.* 1999a,b). Esse tipo de controle acarreta contaminações às culturas, uma vez que esses produtos são tóxicos aos mamíferos e promovendo sérios danos ao meio ambiente. Nesse sentido, urge a necessidade do desenvolvimento de métodos alternativos aos acaricidas convencionais para o controle dessa praga. Entre as estratégias investigadas, tem-se o uso de acaricidas botânicos, como por exemplo, extratos, pós, substâncias puras, óleos fixos e óleos essenciais. Esses produtos, em especial, os óleos essenciais, têm sido bastante estudados e há relatos na literatura de formulações tendo como ingredientes ativos óleos essenciais de plantas conhecidas como cravo da Índia, alecrim, hortelã-pimenta, canela, citronela e tomilho (Isman *et al.* 2010).

O Brasil possui uma das maiores diversidades vegetal do mundo. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE 2010) existem no Brasil 6 biomas distintos, dentre os quais, Caatinga e Mata Atlântica são encontrados no Estado de Pernambuco. Mesmo reduzida e fragmentada, a Mata Atlântica continua a ter importância vital por guardar um dos maiores índices mundiais de biodiversidade. Esse bioma é rico em arbustos de famílias botânicas como espécies que se caracterizam pela produção de óleos essenciais. Dentre as espécies com ampla distribuição em toda a costa do estado de Pernambuco, destacam-se as pertencentes às famílias Euphorbiaceae, Myrtaceae e Piperaceae. Piperaceae é uma família de plantas Magnoliídeas, que

inclui as diversas variedades de pimentas. É predominantemente tropical, e os dois gêneros mais representativos são *Piper* e *Peperomia* (Dyer & Palmer 2004). O gênero *Piper* é o maior da família com aproximadamente 1.000 espécies (Scott *et al.* 2008). Este gênero possui larga distribuição nas regiões temperadas e tropicais dos dois hemisférios. No Brasil existem mais de 266 espécies, podendo ser encontradas desde o Norte até o Sul do Rio Grande do Sul (Yuncker 1972).

Das espécies que ocorrem em Pernambuco, destacam-se *Piper aduncum* L.; *Piper arboreum* Aubl.; *Piper caldense* C. DC. e *Piper tuberculatum* Jacq. Essas plantas são conhecidas popularmente em diferentes regiões de fragmento de Mata Atlântica em Pernambuco como aperta-ruão, alecrim-de-angola, pimenta d'água e pimenta de macaco, respectivamente. Essas espécies são utilizadas na medicina popular para o tratamento de várias enfermidades, tais como, apatia intestinal, doenças venéreas, infecções do trato urinário e até como repelentes de insetos (Pamar *et al.* 1997, Pohlit *et al.* 2006, Regasini *et al.* 2009a,b).

Nenhum relato tem sido encontrado na literatura científica sobre a atividade inseticida e acaricida do óleo essencial extraído das espécies *P. arboreum* e *P. caldense*, apesar de os extratos e óleos essenciais, bem como substâncias puras isoladas das espécies *P. aduncum* e *P. tuberculatum* ter sido largamente investigados quanto ao potencial para o controle de pragas de interesse agrícola, como pode ser observado a seguir: *P. aduncum* (Pereira *et al.* 2008, Fazolin *et al.* 2007, Bernard *et al.* 1995); *P. tuberculatum* (Debonisi *et al.* 2009, Navickiene *et al.* 2007, Scott *et al.* 2004, Scott *et al.* 2003, Miranda *et al.* 2003, Capron & Wiemer 1996, Bernard *et al.* 1995); na medicina humana: *P. aduncum* (Costa *et al.* 2010, Almeida *et al.* 2009, Misni *et al.* 2009, Rafael *et al.* 2008, Hidayatulfathi *et al.* 2004); *P. tuberculatum* (Bernard *et al.* 1995, Sievers *et al.* 1949); e na medicina veterinária apenas *P. aduncum* (Silva *et al.* 2009).

Os trabalhos realizados até o momento têm revelado que a composição química do óleo essencial de *P. aduncum* obtido a partir de diferentes partes da planta, coletadas em várias regiões no Brasil e no mundo, são constituídos basicamente por fenilpropanóides e terpenóides (Almeida *et al.* 2009, Pino *et al.* 2004, Jamal & Praptiwi 2003, Maia *et al.* 1998).

Análise do óleo essencial de *P. aduncum* proveniente de várias regiões do Brasil e do exterior tem mostrado que os principais constituintes químicos são: dilapiol (Guerrini *et al.* 2009, Almeida *et al.* 2009, Gupta *et al.* 1983), 1,8-cineol (Arze *et al.* 2008, Vila *et al.* 2005) e (E)-nerolidol (Oliveira *et al.* 2006, Mesquita *et al.* 2005). Estudos fitoquímicos do óleo essencial de *P. arboreum* tem revelado como componente principal os sesquiterpenos: δ -cadineno, em uma amostra coletada no Panamá (Mundina *et al.* 1998); β -cariofileno e germacreno D em amostras coletadas no Brasil (Navickiene *et al.* 2006, Machado *et al.* 1994), enquanto que o biclogermacreno foi encontrado como principal constituinte em amostras coletadas nas regiões Nordeste e Centro-Oeste do Brasil (Navickiene *et al.* 2006, Potzernheim *et al.* 2006, Cysne *et al.* 2005).

Para a espécie *P. tuberculatum*, os constituintes presentes em maior quantidade nos óleos essenciais em amostras coletadas no Brasil e na Venezuela foram: β -cariofileno (Navickiene *et al.* 2006, Facundo & Morais 2005, Cysne *et al.* 2005) e dilapiol (Mora *et al.* 2008), respectivamente. Nenhum trabalho foi encontrado reportando a composição química do óleo essencial da espécie *P. caldense*.

Algumas dessas substâncias, encontradas como constituintes majoritários desses óleos são conhecidas por suas propriedades biológicas e vários trabalhos têm sido reportados na literatura comprovando sua ação citotóxica, inseticida, acaricida e antimicrobiana para 1,8-cineol (Juergens *et al.* 2004, Prates *et al.* 1998, Chantraine *et al.* 1998), enquanto que para o dilapiol, há relatos de

sua ação inseticida, antimalarial e antifúngica (Bernard *et al.* 1989, Omar *et al.* 2003, Razzagui-Abyaneh *et al.* 2007).

As atividades inseticida e antimicrobiana do (E)-nerolidol têm sido reportadas por Simas *et al.* 2004 e Brehm-Stecher & Johnson 2003, respectivamente, a ação citotóxica foi revelada pelo β -cariofileno de acordo com os estudos realizados por Silva *et al.* (2008).

Considerando a escassez de estudos sobre o potencial acaricida de óleos essenciais de espécies do gênero *Piper* que ocorrem em Pernambuco, este trabalho tem por objetivo avaliar as propriedades acaricidas dos óleos essenciais obtidos a partir das folhas de *P. aduncum*, *P. arboreum*, *P. tuberculatum* e *P. caldense* sobre o ácaro rajado.

Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos nos Laboratórios de Produtos Naturais Bioativos do Departamento de Química e de Biologia de Insetos do Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, no período de janeiro de 2010 a novembro de 2011.

Material Vegetal. As espécies vegetais selecionadas para estudo foram *P. aduncum*, *P. arboreum*, *P. tuberculatum* e *P. caldense*. Folhas dessas espécies foram coletadas no Campus da Universidade Federal Rural de Pernambuco. As espécies foram identificadas pela Dra. Ângela Maria de Miranda Freitas, curadora do herbário Sérgio Tavares - UFRPE e as exsiccatas preparadas e depositadas no Herbário Sérgio Tavares do Departamento de Ciência Florestal da Universidade Federal Rural de Pernambuco, sob os números: HST 18177 (*P. aduncum*); HST 18179 (*P. arboreum*); HST 18178 (*P. tuberculatum*) e HST 18180 (*P. caldense*).

Obtenção dos Óleos Essenciais. Para a obtenção dos óleos essenciais, folhas frescas das espécies de *Piper* foram, separadamente, trituradas com água destilada e submetidas à hidrodestilação por 2h, utilizando um aparelho tipo Clevenger modificado. Devido à diferença de densidade, os óleos

foram separados da água, e secos com sulfato de sódio anidro e armazenados a +5°C em frascos de vidro vedados, antes da análise química e de serem utilizados nos experimentos. Os rendimentos dos óleos foram realizados em triplicata e calculados com base na massa do material fresco. Os dados de rendimento foram submetidos à análise estatística descritiva para obtenção dos respectivos desvios padrões.

Cromatografia Gasosa. A análise quantitativa foi realizada utilizando um instrumento Hewlett-Packard 5890 Series II GC, equipado com uma coluna capilar de sílica fundida (30m x 0,25mm x 0,25mm) J & W Scientific. A temperatura do forno foi programada de 50 – 250 °C a uma taxa de 3 °C/min. A temperatura do injetor e detector foi 250°C. Hidrogênio foi utilizado como gás de arraste na velocidade de 1 L/min and 30 p.s.i. no modo split (1:30). O volume de amostra injetada foi 0,5µL de uma solução 1/100 diluída com hexano. A quantidade de cada composto foi calculada a partir da área do pico do composto no CG e expresso em percentagem relativa do total da área do cromatograma. As análises foram obtidas em triplicata e os resultados foram submetidos à análise estatística descritiva.

Cromatografia Gasosa Acoplada à Espectrometria de Massas. A análise qualitativa por CG/EM foi realizada em um instrumento Hewlett-Packard GC/MS (CG: 5890 SERIES II/ CG-MS: MSD 5971) operando com um impacto eletrônico de 70 eV equipado com a mesma coluna e programa dos experimentos usado no cromatógrafo gasoso. O gás de arraste usado foi o hélio, a uma razão de 1 mL/min, no modo split (1:30), com volume de amostra injetado de 1 µL de uma solução 1/100 diluída em hexano.

Identificação Química dos Compostos. Os compostos foram identificados com base na comparação dos índices de retenção calculados com os disponíveis na literatura, seguida pela comparação do fragmentograma de padrões dos massas reportados na literatura, bem como pela

comparação direta das sugestões dos massas disponíveis na biblioteca do computador (Wiley, com 250.000 compostos), contemplando apenas as similaridades entre os fragmentogramas.

Criação do Ácaro Rajado. O ácaro rajado foi criado em plantas de *Canavalia ensiformes* (L.) (feijão-de-porco), no Laboratório de Biologia de Insetos do Departamento de Agronomia da UFRPE sob condições de $26 \pm 1^\circ\text{C}$, U.R. $65 \pm 10\%$ e fotofase de 12 h. Para a manutenção da criação, o feijão-de-porco foi plantado em vasos plásticos com capacidade para 5 litros, contendo solo arenoso, em casa de vegetação. Vinte dias após a abertura do primeiro par de folhas dicotiledonar, os vasos foram levados ao laboratório e a infestação realizada com fêmeas adultas do ácaro originárias da criação.

Bioensaios de Fumigação. A metodologia utilizada para os experimentos de fumigação foi adaptada de Aslan *et al.* (2004). Recipientes de vidro tipo bomboniere com capacidade de 2,5L foram utilizados como câmaras de fumigação. Três discos de folha de feijão-de-porco (2,5cm) foram colocados equidistantes em uma placa de Petri (9cm) contendo um disco de papel de filtro saturado com água para evitar a fuga dos ácaros e manter a turgidez das folhas. Em cada disco de folha foram colocadas 10 fêmeas adultas do ácaro rajado. Cada placa de Petri foi colocada em uma câmara de fumigação, resultando em 30 ácaros por câmara de fumigação.

Os óleos essenciais foram aplicados com o auxílio de pipetas automáticas em tiras de papel de filtro (10 x 2cm) presas à superfície interna da tampa da câmara de fumigação. As concentrações utilizadas variaram de $6,4 \times 10^{-5}$ a $2,6 \mu\text{L/L}$ de ar, de acordo com a atividade do óleo. A diluição dos óleos foi feita com a adição de diclorometano. No controle foi aplicado apenas diclorometano. Eugenol foi utilizado como controle positivo. Para cada concentração foram utilizadas três repetições, sendo cada repetição uma câmara de fumigação.

As avaliações foram realizadas após um período de 24h de exposição. Os ácaros incapazes de caminhar uma distância superior ao comprimento do seu corpo após um leve toque com a

extremidade de um pincel de cerdas finas foram considerados mortos. A ação dos óleos sobre a oviposição das fêmeas foi avaliada através da contagem do número de ovos e os dados transformados em $\sqrt{x+0,5}$. O delineamento foi inteiramente casualizado. Os dados obtidos para mortalidade e número de ovos, após atenderem aos testes de normalidade e homogeneidade de variância, foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade através do programa estatístico SAS (SAS Institute 2002).

Os dados de mortalidade foram submetidos à análise de Probit e as concentrações letais (CL_{50s}) estimadas utilizando-se o programa POLO - PC (LeOra 1987). A metodologia de Robertson & Preisler (1992) foi utilizada para o cálculo das razões de toxicidade, com seus respectivos intervalos de confiança a 95%, sendo consideradas significativas quando o intervalo de confiança não incluiu o valor 1,0.

Bioensaios de Contato. Devido ao baixo rendimento obtido para o óleo essencial das espécies *P. caldense* e *P. tuberculatum*, esse bioensaio foi realizado apenas com os óleos de *P. aduncum* e *P. arboreum*. O método de “pincelagem” em disco de folha descrito por Miresmailli *et al.* (2006) foi usado para avaliar a toxicidade de contato dos óleos essenciais e do eugenol. Foram utilizados discos de folha de feijão-de-porco com 2,5cm.

As concentrações utilizadas variaram de 0,1 a 20 μ L/cm², sendo as soluções preparadas por meio da diluição dos óleos ou eugenol em água destilada utilizando como dispersante, Tween 20 (0,1%). Uma alíquota de 20 μ L de cada concentração foi espalhada, com uma pipeta automática, sobre um disco de folha com o auxílio de um bastão de vidro. Após secar em temperatura ambiente, cada disco foi colocado em uma placa de Petri (10cm) contendo um disco de papel de filtro umedecido com água destilada. Cinco fêmeas adultas do ácaro rajado foram transferidas para cada disco de folha e as placas fechadas. Com o intuito de observar possível ação dos

componentes voláteis dos óleos testados, esse procedimento foi repetido com as placas de Petri abertas.

A mortalidade foi determinada após 24h de exposição e a ação dos óleos sobre a oviposição das fêmeas foi avaliada através da contagem do número de ovos, com os dados transformados em $\sqrt{x+0,5}$. Os ácaros foram considerados mortos quando incapazes de se deslocar por uma distância superior ao comprimento do seu corpo após um leve toque com a extremidade de um pincel de cerdas finas. Os discos controle foram tratados apenas com água contendo o dispersante. Todos os tratamentos foram repetidos cinco vezes. Para as análises estatísticas, os dados obtidos para mortalidade, assim como os dados de oviposição, após atenderem aos testes de normalidade e homogeneidade de variância foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade através do programa estatístico SAS (SAS Institute 2002).

Os dados obtidos para a mortalidade com as placas fechadas foram ainda submetidos à análise de Probit e as concentrações que matam 50% da população de ácaro (CL_{50s}) foram estimadas utilizando-se o programa POLO - PC (LeOra 1987). A metodologia de Robertson & Preisler (1992) foi utilizada para o cálculo das razões de toxicidade, com seus respectivos intervalos de confiança a 95%, sendo considerada significativa quando o intervalo de confiança não incluiu o valor 1,0.

Bioensaios de Repelência. A atividade repelente dos óleos essenciais foi realizada de acordo com metodologia adaptada de Nerio *et al.* (2009). As arenas foram confeccionadas a partir de placas de Petri (9cm) com um disco de papel de filtro umedecido com água destilada. Discos de folhas de feijão-de-porco de 5cm foram usados como suporte dos experimentos e fonte de alimento. Os discos de folhas foram inicialmente divididos em áreas iguais de $9,8\text{cm}^2$ com um espaço neutro de 0,3cm entre elas. Uma das áreas foi imersa na solução controle, contendo apenas etanol, e a outra

área foi imersa na solução preparada a partir do óleo essencial diluído em etanol. Os discos de folhas permaneceram sobre papel de filtro durante um período de 5 min ao ar livre para a secagem e, em seguida, cada disco foi acondicionado em uma arena.

Dez fêmeas adultas do ácaro rajado foram liberadas no espaço neutro de cada disco de folha e as placas de Petri foram fechadas. Quinze repetições foram realizadas, totalizando 150 ácaros por tratamento. O eugenol foi utilizado como controle positivo. As concentrações utilizadas variaram de 1×10^{-7} a $1,53 \mu\text{L}/\text{cm}^2$. As avaliações foram realizadas após um período de exposição de 2h, através da contagem do número de ácaros no controle e no tratamento. Os valores das concentrações que repeliram 50% da população de ácaros (CR_{50}) foram estimados através da análise de Probit calculadas pelo programa estatístico POLO - PC (LeOra 1987). As razões de toxicidade foram calculadas de acordo com Robertson & Preisler (1992), com seus respectivos intervalos de confiança a 95%, sendo considerada significativa quando o intervalo de confiança não incluiu o valor 1,0.

Testes de Dupla Escolha. A metodologia de dupla escolha foi a mesma utilizada por Miresmailli & Isman (2006). Para a realização dos bioensaios, arenas foram confeccionadas a partir de placas de Petri (8 cm) contendo espuma de polietileno umedecida com água destilada e um disco de papel de filtro. Dois discos de folha de feijão-de-porco (2,5cm) foram colocados na arena sobre o disco de papel de filtro. Os discos de folha foram unidos através de uma lamínula quadrada de 18 mm. Em um disco de folha foi espalhada uma alíquota de $20\mu\text{L}$ da solução contendo o óleo essencial ou o eugenol diluído em água destilada utilizando Tween 20 (0,1%). O outro disco foi tratado apenas com água destilada e dispersante, utilizado como controle.

As concentrações usadas nos experimentos foram as CR_{100} estimadas para os óleos essenciais e o eugenol nos experimentos de repelência (1,0; 2,0; 1,5; 2,0 e $2,5\mu\text{L}/\text{cm}^2$ para *P. aduncum*, *P. arboreum*, *P. caldense*, *P. tuberculatum* e eugenol, respectivamente). Trinta fêmeas

adultas do ácaro rajado foram liberadas no centro de cada placa de Petri, sobre a lamínula, entre os dois discos de folha. Após 1, 12, 24 e 48h, foram realizadas as análises por meio da contagem do número de ácaros e ovos nos discos tratados e não tratados. Todos os tratamentos foram repetidos 10 vezes. Os dados obtidos para repelência e preferência de oviposição, após atenderem aos testes de normalidade e homogeneidade de variância, foram submetidos ao teste F.

Resultados e Discussão

Os rendimentos e os constituintes químicos majoritários identificados por CG/EM nos óleos essenciais das folhas de *P. aduncum*, *P. arboreum*, *P. caldense* e *P. tuberculatum* são apresentados na Tabela 1. Os rendimentos variaram de $2,6 \pm 0,10\%$ para o óleo de *P. aduncum* até $0,06 \pm 0,02\%$ para *P. caldense*. A análise por CG/EM permitiu a identificação de $93,9 \pm 0,6\%$, $98,3 \pm 0,3\%$, $96,7 \pm 0,2\%$ e $92,6 \pm 0,2\%$ dos compostos presentes nos óleos de *P. aduncum*, *P. arboreum*, *P. caldense* e *P. tuberculatum*, respectivamente.

Os óleos de *P. aduncum* e *P. caldense* foram caracterizados pela presença de monoterpenos ($9,0/9,7\%$), sesquiterpenos ($36,8/81,7\%$) e fenilpropanóides ($48,2/0,5\%$), enquanto que *P. arboreum* e *P. tuberculatum* apresentaram em sua constituição apenas monoterpenos ($0,3/11,7\%$) e sesquiterpenos ($98,0/80,9\%$). O componente principal encontrado no óleo de *P. aduncum* foi dilapiol ($46,7 \pm 1,1$), seguido de (E)-nerolidol ($9,5 \pm 0,5$). Esta análise sugere que o quimiotipo encontrado para *P. aduncum* coletado em Dois Irmãos, Recife-PE é dilapiol.

Amostras de *P. aduncum* coletadas também em Pernambuco, mas no Bioma Caatinga revelaram o (E)-nerolidol como componente principal (Oliveira *et al.* 2006). O quimiotipo, dilapiol também foi caracterizado em outros locais do Brasil e no exterior. A Tabela 2 apresenta os percentuais dos constituintes majoritários identificados nos óleos essenciais de *P. aduncum* provenientes de várias regiões do Brasil e no mundo.

Óleo essencial das folhas coletadas no Amazonas (86,9-97,3%), Amapá (31,5%), Pará (50,8-86,9%) e Acre (88,1%) (Almeida *et al.* 2009, Maia *et al.* 1998), bem como, no Equador (45,9%), Papua Nova Guiné (43,3%), Cuba (82,2%), Malásia (64,5%), Panamá (90,0%) e Fiji (58,0%) (Guerrini *et al.* 2009, Rali *et al.* 2007, Pino *et al.* 2004, Jantan *et al.* 1994, Gupta *et al.* 1983, Smith & Kassim 1979) apresentaram esse fenilpropanóide, dilapiol, como componente principal.

Quanto ao perfil químico encontrado para o óleo de *P. arboreum*, biciclogermacreno (17,3±0,1) e germacreno D (11,8±0,1), foram os constituintes principais para o óleo na presente análise. Esses resultados estão de acordo com os reportados para amostras coletadas no Ceará (Cysne *et al.* 2005), São Paulo (Navickiene *et al.* 2006) e Brasília (Potzernheim *et al.* 2006) que apresentaram biciclogermacreno e germacreno D como constituintes majoritários (Tabela 3).

O óleo de *P. tuberculatum* apresentou como principais constituintes 2-*epi*- β -Funebrene (10,6±0,4) e γ -Muurolene (9,0±0,0) (Tabela 1). Investigações prévias da composição química do óleo essencial de *P. tuberculatum* proveniente de outras regiões do Brasil e da Venezuela mostram diferenças qualitativas e quantitativas desses óleos (Tabela 4).

Amostra de *P. tuberculatum* coletada no Ceará revelou β -cariofileno (37,8%) como principal constituinte, seguido de germacreno D (11,8%) (Cysne *et al.* 2005), enquanto que outras coletadas em São Paulo (40,2%) e em Rondônia (26,3%) (Navickiene *et al.* 2006, Facundo & Morais 2005) também apresentaram o sesquiterpeno β -cariofileno como componente principal. No entanto, dilapiol (72,4%) foi o principal composto encontrado na amostra coletada na Venezuela (Mora *et al.* 2008) (Tabela 4).

O componente principal identificado no óleo de *P. caldense* foi γ -Muurolene (9,6±0,0), seguido de óxido de cariofileno (8,9±0,1) (Tabela 1). Este é o primeiro relato da composição química do óleo essencial de *P. caldense*.

As diferenças qualitativas e quantitativas observadas para as espécies coletadas em Pernambuco e as coletadas em outras regiões podem ser atribuídas às diversidades genéticas das espécies, ocorrendo, assim, uma variedade de quimiotipos. Além disso, outros fatores que também podem influenciar são a idade foliar da planta, as variáveis ambientais e até mesmo as metodologias adotadas pelos diferentes autores (Facundo *et al.* 2008).

Quanto à atividade fumigante, o ácaro rajado foi susceptível a todos os óleos (*P. aduncum*, *P. arboreum*, *P. caldense* e *P. tuberculatum*), no entanto, a atividade variou de acordo com a quantidade de óleo usada e a espécie vegetal. A Figura 1 apresenta os resultados da ação fumigante e do número de ovos após 24h de exposição do ácaro rajado às diferentes concentrações dos óleos e do controle positivo (eugenol).

Com base nas concentrações testadas, a menor que promoveu mortalidade acima de 95% foi a do óleo de *P. aduncum* (97,8% de mortalidade na concentração de 0,31 μ L/L de ar), seguida de *P. arboreum* (98,9% a 1,2 μ L/L de ar), eugenol (97,8% a 1,2 μ L/L de ar), *P. tuberculatum* (98,7% a 1,6 μ L/L de ar) e *P. caldense* (98,7% a 2,6 μ L/L de ar). Esses resultados levam a sugerir que os óleos essenciais de *P. aduncum* e *P. arboreum* apresentam maior toxicidade, quando comparados com o controle positivo, eugenol. No entanto, não é o que se observa ao comparar as CL₅₀ estimadas para esses óleos e o controle positivo.

A análise de regressão linear para obtenção das CL₅₀ estimadas para os óleos e o controle positivo indica que o eugenol (CL₅₀=4 x 10⁻³ μ L/L de ar) foi mais tóxico do que os óleos de *P. aduncum* (CL₅₀=0,01 μ L/L de ar), *P. tuberculatum* (CL₅₀=0,50 μ L/L de ar), *P. arboreum* (CL₅₀=0,66 μ L/L de ar) e *P. caldense* (CL₅₀=1,38 μ L/L de ar) (Tabela 5). Ou seja, de acordo com as razões de toxicidades calculadas, o eugenol foi 2,68; 140,90; 183,68 e 289,18 vezes mais tóxico do que os óleos de *P. aduncum*, *P. tuberculatum*, *P. arboreum* e *P. caldense*, respectivamente. As CL₅₀ estimadas para os óleos e o eugenol diferiram estatisticamente entre si e

o óleo de *P. aduncum* foi 138, 66 e 50 vezes mais tóxico do que o de *P. caldense*, *P. arboreum* e *P. tuberculatum*, respectivamente.

Tal fato pode ser explicado com base nos coeficientes angulares observados na Tabela 5 e na Figura 2, que apresentam as curvas de concentração-mortalidade para os ácaros submetidos aos diferentes óleos de *Piper* testados. Embora os resultados mostrem que na concentração de 1,2 µL/L de ar tanto o eugenol como o óleo de *P. arboreum* tenham promovido mortalidades próximas a 100%, o eugenol apresentou menor coeficiente angular (0,85) do que *P. arboreum* (6,23) e *P. aduncum* (1,06). Esse resultado indica que o intervalo das concentrações usadas para o eugenol foi maior (Fig. 2, Tabela 5). Valor maior do coeficiente angular da curva de concentração-mortalidade, observado para *P. arboreum* indica um elevado grau de sensibilidade e correlação entre a mortalidade e a concentração do produto.

Não há registro na literatura sobre o potencial de óleos essenciais de espécies de *Piper* sobre *T. urticae*. No entanto, outros óleos contendo fenilpropanóides como componentes principais têm sido objeto de investigação quanto ao potencial acaricida sobre *T. urticae*. Cavalcanti *et al.* (2010) reportaram para o óleo de *Lippia sidoides* Cham. (Verbenaceae) a mesma atividade fumigante observada para o óleo de *P. aduncum* (CL₅₀ = 0,01 µL/L de ar).

Por outro lado, o potencial fumigante do óleo essencial de cascas de espécies de *Citrus* (Rutaceae) sobre *T. urticae* foi registrado por Araújo Júnior *et al.* (2010). Segundo esses autores, entre as espécies estudadas, *Citrus aurantium* L. foi a mais tóxica, com CL₅₀ de 1,63 µL/L de ar. Esse resultado indica que este óleo apresentou uma menor toxicidade quando comparado com os resultados obtidos no presente estudo para os óleos de *P. aduncum* (CL₅₀=0,01 µL/L de ar), *P. tuberculatum* (CL₅₀=0,50 µL/L de ar) e *P. arboreum* (CL₅₀=0,66 µL/L de ar).

No mesmo experimento em que foi avaliada a ação fumigante dos óleos, também foi verificada a ação dos óleos sobre a oviposição. A habilidade de reduzir a quantidade de ovos

postos pelos ácaros, quando submetidos aos vapores dos óleos essenciais tem sido já reportada (Pontes *et al.* 2007b,c). Os resultados apresentados na Figura 1 indicam que todos os óleos de *Piper* promoveram significativamente a redução de ovos quando comparados com o controle. Essa comparação dos resultados de redução do número de ovos provocados pelos óleos testados comparados com o controle mostra que o melhor resultado foi para o controle positivo, eugenol, que promoveu uma redução de 46,21% de ovos na concentração de $6,4 \times 10^{-5}$ $\mu\text{L/L}$ de ar, seguido dos óleos de *P. aduncum* (18,32% em 3×10^{-3} $\mu\text{L/L}$ de ar); *P. tuberculatum* (47,88% em 0,20 $\mu\text{L/L}$ de ar); *P. arboreum* (27,14% em 0,32 $\mu\text{L/L}$ de ar) e *P. caldense* (65,92% em 0,96 $\mu\text{L/L}$ de ar).

Devido à natureza desses bioensaios, os resultados obtidos mostram que esses óleos são tóxicos ao ácaro através da penetração dos vapores pelas vias respiratórias. De fato, a ação fumigante desses óleos essenciais pode ser justificada pelas substâncias mais voláteis, que atuam nos ácaro por meio da respiração. Mas, será que só esses componentes são os únicos responsáveis pela toxicidade de um óleo essencial? Nesse caso é pertinente questionar se o tipo de bioensaio para avaliar a ação desses óleos sobre o ácaro rajado pode influenciar na sua susceptibilidade. Sendo assim, objetivando investigar a ação dos componentes menos voláteis nos óleos previamente investigados, decidiu-se realizar novos experimentos para avaliar a ação desses óleos essenciais usando um método que possibilite o contato desses constituintes com menor volatilidade com o ácaro rajado. A metodologia escolhida foi a de contato em superfície foliar contaminada, com placas fechadas e abertas.

Considerando os baixos rendimentos obtidos para os óleos essenciais das folhas de *P. caldense* e *P. tuberculatum*, os experimentos com a metodologia de contato em superfície foliar contaminada foi realizada apenas com os óleos de *P. aduncum* e *P. arboreum*.

Os resultados para os óleos de *P. aduncum* e *P. arboreum* e do eugenol na toxicidade de contato, número de ovos com placas fechadas e abertas, respectivamente, podem ser observados

na Figura 3 e na Tabela 6. Nos experimentos com placas fechadas as menores concentrações dos óleos testados com maior mortalidade foram: 8,0 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$, promovendo 100% de mortalidade para o óleo de *P. aduncum* e 20,0 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ para o óleo de *P. arboreum*, que causou 92,0% de mortalidade. Apesar da concentração do eugenol ter sido cerca de 4 e 1,6 vezes menor do que as concentrações dos óleos de *P. aduncum* e *P. arboreum* para promover mortalidade acima de 90%, as CL_{50} estimadas para o eugenol (1,77 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$), *P. aduncum* (1,46 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$) e *P. arboreum* (2,24 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$) não diferiram estatisticamente entre si. O óleo de *P. aduncum* (coeficiente angular = 2,23) e o eugenol (coeficiente angular = 2,16) apresentaram os maiores valores dos coeficientes angulares das curvas de concentração-mortalidade quando comparados com o óleo de *P. arboreum* (1,23), indicando uma elevada correlação entre a mortalidade e a concentração do produto, sugerindo uma maior homogeneidade da resposta na população dos ácaros (Tabela 7, Fig. 4).

Todos os óleos testados promoveram, significativamente, a redução de ovos quando comparados com o controle (Fig. 3, Tabela 6). As menores concentrações dos óleos de *P. aduncum* e *P. arboreum* utilizadas para reduzir significativamente a oviposição nos experimentos de contato com placa fechada foram: *P. aduncum* (0,2 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ e 48,81% de redução) e *P. arboreum* (0,8 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ e 86,54% de redução). O controle positivo promoveu a redução de 40% da oviposição na concentração de 0,5 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ nos experimentos com placas fechadas.

Nenhum estudo foi encontrado na literatura avaliando a atividade de contato desses óleos de *Piper* sobre o ácaro rajado. No entanto, há relatos da ação de óleos essenciais de outras espécies vegetais sobre essa mesma praga. Comparando os óleos de *Piper* com aqueles reportados para o óleo de *Rosmarinus officinalis* L. (Lamiaceae) sobre *T. urticae* em dois diferentes hospedeiros (discos de folha de feijão (CL_{50} = 10,0 mL/L) e tomate (CL_{50} = 13,0 mL/L), o óleo de *P. aduncum* (CL_{50} = 1,46 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$) foi relativamente mais eficiente (cerca de 1,8 e 1,4 vezes) do que o óleo de

R. officinalis, respectivamente (Miresmailli & Isman 2006, Miresmailli *et al.* 2006). Por outro lado, o óleo de *P. arboreum* também foi mais eficiente do que o óleo de *R. officinalis* para os testes realizados em disco de tomate (1,18 vezes), mas inferior aos resultados em testes realizados em discos de feijão.

Os testes de contato com placas abertas para os óleos de *Piper* e para o eugenol foram realizados com as mesmas concentrações dos experimentos que serviram para estimar a CL_{50} com placas fechadas. Na Tabela 6 pode-se observar os valores médios de mortalidade e média de ovos postos pelos ácaros. As médias de mortalidade obtidas para os óleos nos testes de contato com placas abertas foram significativamente menores do que as médias obtidas para os experimentos com placas fechadas. A menor média de mortalidade dos ácaros foi obtida para o óleo de *P. aduncum*, que na concentração de $8,0 \mu\text{L}/\text{cm}^2$ no teste de placas fechadas promoveu 100% de mortalidade, enquanto que na mesma concentração, mas no teste com placas abertas, promoveu apenas 52%.

Como observado nos experimentos com placas fechadas, os óleos de *Piper* e o eugenol promoveram significativamente a redução de ovos quando comparados com o controle. Entretanto, observou-se que essa redução foi menos drástica do que a observada para os experimentos com placas fechadas. A concentração de óleo de *P. aduncum* e *P. arboreum* usada para reduzir significativamente a oviposição de 60,15% e 52,60%, respectivamente, foi de $8,0 \mu\text{L}/\text{cm}^2$. O eugenol reduziu a oviposição em 61,25% na concentração de $2,0 \mu\text{L}/\text{cm}^2$.

Esses resultados sugerem que a atividade dos óleos e do eugenol foi menor quando comparada com os resultados dos experimentos com placas fechadas. A redução da ação dos óleos e do eugenol se deve, provavelmente, à evaporação de alguns constituintes presentes nos óleos e do próprio eugenol. Esses resultados sugerem ainda, que a atividade observada é

decorrente dos vapores dos óleos e por meio da penetração dos compostos menos voláteis através dos tarsos e por ingestão do alimento.

Esses resultados indicam que nos experimentos de fumigação, os ácaros foram mais susceptíveis aos óleos de *Piper* e ao controle positivo, eugenol do que nos bioensaios de contato com placas fechadas. Comparando as toxicidades dos óleos de *Piper* nos bioensaios de fumigação com os de contato com placas fechadas, o óleo de *P. aduncum* foi 717 mil vezes mais tóxico ao ácaro do que no teste de contato, seguido do óleo de *P. arboreum* que foi cerca de 11 mil vezes. O eugenol foi extremamente mais eficiente, sendo $2,17 \times 10^6$ vezes mais tóxico pelo método de fumigação.

Os resultados obtidos para ambos os métodos para avaliar a toxicidade de óleos essenciais sobre o ácaro rajado, corroboram a premissa de que o tipo de bioensaio pode influenciar na susceptibilidade dos ácaros. Fatores como modo de ação dos óleos (pelos vapores ou por contato e ingestão) e/ou meios de aplicação destes óleos nos distintos métodos podem levar a diferentes susceptibilidades dos ácaros a estes óleos.

Nos testes de contato realizados com os óleos de *Piper* e o eugenol, perdas significativas dos componentes mais voláteis dos óleos ou do próprio eugenol (controle positivo) podem ter ocorrido por evaporação, devido ao fato de que a aplicação dos óleos no bioensaio de fumigação é feita diretamente no papel de filtro e logo em seguida a câmara de fumigação é fechada. Nos testes de contato, a placa de Petri usada como arena só é fechada após a secagem (20min) das soluções contendo os óleos, previamente preparadas, e após a transferência dos ácaros. Os resultados obtidos para os óleos e o eugenol nos bioensaios de contato com placas abertas corroboram com o que foi observado anteriormente. Todos os óleos testados e também o eugenol foram mais tóxicos nos experimentos de contato com placas fechadas do que abertas (Tabela 6).

Essas diferenças metodológicas principalmente aquelas relacionadas com a forma de aplicação dos óleos, justificam em parte a grande diferença observada na susceptibilidade dos ácaros quando submetidos aos óleos de *Piper* por meio de bioensaios de fumigação e de contato.

Todos os bioensaios realizados até o momento têm demonstrado que os óleos de *Piper* atuam na mortalidade e no comportamento do ácaro rajado. Com o intuito de se avaliar o potencial desses óleos no comportamento dessa praga, experimentos de repelência e preferência de oviposição foram realizados com os óleos essenciais de *P. aduncum*, *P. arboreum*, *P. caldense* e *P. tuberculatum* e comparados com o controle positivo, eugenol.

As concentrações médias de repelência (CR₅₀) dos óleos de *Piper* e do eugenol são apresentadas na Tabela 8. Todos os óleos atuaram no comportamento dos ácaros e a ação repelente variou de acordo com a espécie vegetal. Os óleos de *P. tuberculatum* e *P. caldense* foram os mais repelentes com CR₅₀ estimadas de $6 \times 10^{-5} \mu\text{L}/\text{cm}^2$ e $4 \times 10^{-4} \mu\text{L}/\text{cm}^2$, respectivamente. Com base nas razões de toxicidades calculadas pelo método de Robertson & Preisler (1992), o óleo de *P. tuberculatum* foi 6,56; 26,50 e 70,97 vezes mais repelente do que *P. caldense*, *P. arboreum* e *P. aduncum*, respectivamente. A ação repelente do óleo de *P. aduncum* e *P. arboreum* não diferiu estatisticamente entre si. Por outro lado, apenas os de *P. aduncum* e *P. arboreum* não diferiram do controle positivo. Por outro lado, o óleo de *P. tuberculatum* e *P. caldense* foram cerca de 25,5 e 5 vezes mais repelentes, respectivamente do que o controle positivo. As curvas de concentração-repelência apresentaram uma relação concentração-dependente, uma vez que o aumento das concentrações provocou um aumento da repelência (Figura 5).

Os resultados obtidos nos experimentos de repelência e preferência de oviposição para os óleos de *Piper* e o eugenol na concentração correspondente a CR₁₀₀ de cada óleo e do eugenol são

apresentados nas Figuras 6 e 7, respectivamente. Nesse experimento avaliou-se para cada óleo a ação repelente e a preferência de oviposição dos ácaros nos intervalos de 1h, 12h, 24h e 48h.

Com exceção do óleo de *P. aduncum*, todos os outros óleos e o eugenol interferiram na preferência dos ácaros para os discos controle nos testes de dupla escolha. A Tabela 9 apresenta as médias de ácaros nos discos tratados e não tratados após 1h, 12h, 24h e 48h quando expostos aos óleos de *Piper* e ao eugenol. O óleo que mais repeliu os ácaros para os discos controle foi o de *P. caldense*, seguido de *P. tuberculatum* e *P. arboreum*. Esses resultados estão de acordo com aqueles obtidos nos experimentos de repelência, em que os mais repelentes foram *P. tuberculatum* ($CR_{50} = 6 \times 10^{-5} \mu\text{L}/\text{cm}^2$) e *P. caldense* ($CR_{50} = 4 \times 10^{-4} \mu\text{L}/\text{cm}^2$). Na Figura 6 pode ser visto que a ocorrência dos ácaros, mesmo em pequena quantidade, aumentou para os discos tratados com os óleos e o eugenol durante o período de avaliações.

De acordo com a Figura 6, a quantidade de ácaros expostos ao óleo de *P. aduncum*, nas primeiras horas de avaliação foi discretamente maior no controle do que no tratamento, não havendo diferença estatística significativa. Após 48h os ácaros encontravam-se igualmente distribuídos em ambos os discos ($F_{1,78}=0,94$; $P>0,05$). Aparentemente, esses resultados não estão de acordo com a ação repelente observada para esse óleo. Ou seja, apesar de o óleo de *P. aduncum* ter sido o que apresentou menor repelência entre os óleos testados, o controle positivo, eugenol foi apenas duas vezes mais repelente do que ele. No bioensaio de dupla escolha, a mesma preferência dos ácaros, após 48h de exposição ao óleo de *P. aduncum*, para os discos controle e tratados podem ser justificadas devido ao fato de que esses experimentos foram realizados em sistema aberto, ao contrário dos bioensaios de repelência, que são fechados. O teste de dupla escolha permite a volatilização completa dos componentes mais voláteis no período de 48h, sugerindo que os componentes menos voláteis não apresentam ação repelente, como observado para os outros óleos de *Piper* e o eugenol.

Por outro lado, os ácaros expostos aos óleos de *P. arboreum*, *P. caldense* e *P. tuberculatum* e ao eugenol mostraram preferência significativa pelos discos controle durante todos os períodos avaliados ($F_{1,78}=219,80$; $P<0,0001$; $F_{1,78}=757,0$; $P<0,0001$; $F_{1,78}=407,84$; $P<0,0001$ e $F_{1,78}=488,03$; $P<0,0001$, para *P. arboreum*, *P. caldense*, *P. tuberculatum* e eugenol respectivamente). Isso indica que os componentes menos voláteis dos óleos essenciais dessas espécies atuam também repelindo o ácaro durante todo o período dos experimentos (48 h). Esses resultados somados com os dos bioensaios de repelência sugerem que tanto os componentes com maior e menor volatilidade são responsáveis pela ação repelente. Esses resultados diferem daqueles registrados por Miresmailli & Isman (2006) para o óleo essencial de *R. officinalis* sobre *T. urticae*. Esses autores reportaram que o óleo foi repelente, mas que esse efeito declinou significativamente com o tempo e, após 48h, não houve mais diferença, o que não foi observado no presente estudo. Provavelmente os constituintes menos voláteis presentes no óleo essencial de *R. officinalis* não atuaram no comportamento dos ácaros, permitindo sua movimentação dos discos controle para os tratados.

A Fig. 7 apresenta a quantidade média de ovos postos por fêmeas do ácaro rajado expostas aos óleos de *Piper* e ao eugenol. Dentre os óleos testados, apenas o óleo de *P. aduncum* não interferiu significativamente na preferência dos ácaros, durante todo o período, para oviposição ($F_{1,18}=0,60$; $P>0,05$). Por outro lado, os resultados do teste F ($p = 0,05$) obtidos para os óleos de *P. arboreum* ($F_{1,18}=97,47$; $P<0,0001$); *P. caldense* ($F_{1,18}=111,94$; $P<0,0001$); *P. tuberculatum* ($F_{1,18}=1233,66$; $P<0,0001$) e eugenol ($F_{1,18}=35,31$; $P<0,0001$) indicam que todos eles atuaram significativamente na preferência dos ácaros durante todo o período de exposição. Considerando que a composição química dos óleos testados seja outra, após 48h de exposição dos ácaros, devido à provável evaporação dos constituintes mais voláteis, esses resultados sugerem que a presença

dos componentes de menor volatilidade, presentes em maior quantidade após 48h, sejam os responsáveis pela preferência de oviposição observadas para os ácaros.

Esses resultados estão de acordo com os reportados por Miresmailli & Isman (2006). Segundo esses autores, embora com o passar do tempo tenha sido observada a movimentação dos ácaros entre os discos tratados e não tratados, o óleo de *R. officinalis*, após 48h, alterou o comportamento dos ácaros, que preferiram os discos controle para ovipositar. O mesmo foi observado para o eugenol e os óleos de *Piper*, com exceção de *P. aduncum*, que não alterou o comportamento do ácaro.

Este é o primeiro relato do efeito de óleos essenciais das espécies *P. aduncum*, *P. arboreum*, *P. caldense* e *P. tuberculatum* sobre o ácaro rajado. Os resultados obtidos sugerem que as diferentes atividades letais e subletais observadas para os óleos essenciais podem estar relacionadas às diferenças qualitativas e quantitativas nas composições químicas dos óleos essenciais.

O emprego das diferentes metodologias para avaliação da ação letal e subletal dos diferentes óleos de *Piper* sugere que os constituintes químicos voláteis são fundamentais na toxicidade e mudança de comportamento da praga, mas que os compostos com menor volatilidade também tem sua contribuição na propriedade acaricida observada para os diferentes óleos estudados.

Os resultados dos testes letais e subletais obtidos para os óleos das espécies de *Piper*, com destaque para as espécies *P. aduncum* e *P. tuberculatum* indicam que esses óleos apresentam potencial acaricida para o controle de *T. urticae*, uma vez que podem ser combinados com outras táticas de controle para serem utilizados no manejo integrado do ácaro rajado. No entanto, novos estudos devem ser conduzidos para avaliar o custo e a eficiência desses óleos essenciais em casa de vegetação assim como na preparação de formulações para serem utilizadas em ambientes

abertos, seus efeitos contra inimigos naturais, bem como a fitotoxicidade desses óleos em plantas hospedeiras do ácaro rajado.

Agradecimentos

A todos os alunos do LPNBIO, pelo auxílio nas coletas e obtenção dos óleos essenciais. Ao CNPq pela concessão de bolsa de mestrado ao primeiro autor. À Dra. Ângela Maria de Miranda Freitas do Herbário Sérgio Tavares/DFCI/UFRPE, pela identificação das espécies vegetais.

Literatura Citada

- Abreu, O. & J.A. Pino. 2008.** Leaf Oil Composition of *Piper aduncum* subsp. *Ossanum* (C. CD.) Saralegui from Cuba. *Nat. Prod. Commun.*3: 271-273.
- Almeida, R.R.P., R.N.P. Souto, C.N. Bastos, M.H.L. Silva & J.G.S. Maia. 2009.** Chemical Variation in *Piper aduncum* and Biological Properties of Its Dillapiolene-Rich Essential Oil. *Chem. Biodiversity* 6: 1427-1434.
- Araújo Júnior, C.P., Camara, C.A.G., I.A. Neves, N.C. Ribeiro, C.A. Gomes, M.M. Moraes & P.S. Botelho. 2010.** Acaricidal activity against *Tetranychus urticae* and chemical composition of peel essential oils of three *Citrus* species cultivated in NE Brazil. *Nat. Prod. Commun.*5: 471-476.
- Arze, J.B.L., G. Collin, F.X. Garneau, F.I. Jean & H. Gagnon. 2008.** Essential Oils from Bolivia. VIII. Piperaceae: *Piper heterophyllum* Ruiz et Pavón, *P. aduncum* L. *Jeobp* 11: 53-57.
- Aslan, İ., H. Ozbek, O. Çalmaşur & F. Şahin. 2004.** Toxicity of essential oil vapours to two greenhouse pests, *Tetranychus urticae* Koch and *Bemisia tabaci* Genn. *Ind. Crop Prod.* 19:167-173.
- Bernard, C.B., H.G. Krishnamurty, D. Chauret, T. Durst, B.J.R. Philogène, P. Sánchez-Vindas, C. Hasbun, L. Poveda, L.S. Román & J.T. Arnason. 1995.** Insecticidal Defenses of Piperaceae from the Neotropics. *J. Chem. Ecol.* 21: 801-814.

- Bernard, C.B., J.T. Arnason, B.J.R. Philogène, J. Lam & T. Waddell. 1989.** Effect of lignans and other secondary metabolites of the asteraceae on the mono-oxygenase activity of the european corn borer. *Phytochemistry* 28: 1373-1377.
- Brehm-Stecher, B. & E.A. Johnson. 2003.** Sensitization of *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* to antibiotics by the sesquiterpenoids nerolidos, farnesol, bisabolol, and apritone. *Antimicrob. Agents Chemother* 47: 3357-3360.
- Çalmaşur, Ö., I. Aslan & F. Şahin. 2006.** Insecticidal and acaricidal effect of three Lamiaceae plant essential oils against *Tetranychus urticae* Koch and *Bemisia tabaci* Genn. *Ind. Crop Prod.* 23: 140-146.
- Capron, M.A. & D.F. Wiemer. 1996.** Piplaroxide, an Ant-repellent piperidine epoxide from *Piper tuberculatum*. *J. Nat. Prod.* 59: 794-795.
- Cavalcanti, S.C.H., E.S. Niculau, A.F. Blank, C.A.G. Camara, I.N. Araújo & P.B. Alves. 2010.** Composition and acaricidal activity of *Lippia sidoides* essential oil against two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch). *Bioresour. Technol.* 101: 829-832.
- Chantraine, J., D. Laurent, C. Ballivian, G. Saavedra, R. Ibañez & L.A. Vilaseca. 1998.** Insecticidal activity of essential oils on *Aedes aegypti* larvae. *Phytoth. Res.* 12: 350-354.
- Costa, J.G.M., P.F. Santos, S.A. Brito, F.F.G. Rodrigues, H.D.M. Coutinho, M.A. Botelho & S.G. Lima. 2010.** Composição Química e Toxicidade de Óleos Essenciais de Espécies de *Piper* Frente a Larvas de *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae). *Latin Am. J. Pharm.* 29: 463-467.
- Cysne, J.B., K.M. Canuto, O.D.L. Pessoa, E.P. Nunes & E.R. Silveira. 2005.** Leaf essential oils of Four *Piper* species from the State of Ceará - Northeast of Brazil. *J. Braz. Chem. Soc.* 16: 1378-1381.
- Deboni, H.M., J.E. Miranda, A.T. Murata, S.A. Bortoli, M.J. Kato, V.S. Bolzani & M. Furlan. 2009.** Isobutyl amides - potent compounds for controlling *Diatraea saccharalis*. *Pest Manage. Sci.* 65: 47-51.
- Dyer, L.A. & A.D.N. Palmer. 2004.** *Piper*: A model genus for studies of phytochemistry, ecology, and evolution. New York: Springer, 216p.

- Facundo, V.A. & S.M. Morais. 2005.** Essential oil of *Piper tuberculatum* var. *tuberculatum* (Micq.) CDC leaves. J. Essent. Oil Res. 17: 304-305.
- Facundo, V.A., A.R. Polli, R.V. Rodrigues, J.S.L.T. Militão, R.G. Stabelli & C.T. Cardoso. 2008.** Constituintes químicos fixos e voláteis dos talos e frutos de *Piper tuberculatum* Jacq. e das raízes de *P. hispidum* H. B. K. Acta Amaz. 38: 733-742.
- Fazolin, M., J.L.V. Estrela, V. Catani, M.R. Alécio & M.S. Lima. 2007.** Propriedade Inseticida dos Óleos Essenciais de *Piper hispidinervum* C. Dc.; *Piper aduncum* L. e *Tanaecium nocturnum* (Barb. Rodr.) Bur. & K. Shum sobre *Tenebrio molitor* L., 1758. Ciênc. Agrotec. 31: 113-120.
- Guerrini, A., G. Sacchetti, D. Rossi, G. Paganetto, M. Muzzoli, E. Andreotti, M. Tognolini, M.E. Maldonado & R. Bruni. 2009.** Bioactivities of *Piper aduncum* L. and *Piper obliquum* Ruiz & Pavon (Piperaceae) essential oils from Eastern Ecuador. Environ. Toxicol. Pharmacol. 27: 39-48.
- Gupta, M.P., T.D. Arias & R.M. Smith. 1983.** The composition of the essential oil of *Piper aduncum* L. from Panama. Rev. Latinoam. Quim. 14: 35-36.
- Hidayatulfathi, O., S. Sallehuddin & J. Ibrahim. 2004.** Adulticidal activity of some Malaysian plant extracts against *Aedes aegypti* Linnaeus. Trop. Biomed. 21: 61-67.
- [IBGE]. 2010.** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=169
- Isman, M.B., S. Miresmailli & C.M. Machial. 2010.** Commercial opportunities for pesticides based on plant essential oils in agriculture, industry and consumer products. Phytochem. Rev. 9: 1-8.
- Jamal, Y. & A.A.D. Praptiwi. 2003.** Chemical composition and antibacterial activity of essential oil of gedebong berries (*Piper aduncum* L.). Majalah Farmasi Indonesia 14: 284-290.
- Jantan, B.I., A.R. Ahmad, A.S. Ahmad & N.A. Ali. 1994.** A comparative study of the essential oils of five *Piper* species from peninsular Malaysia. Flav. Fragr. J. 9: 339-342.

- Juergens, U.R., T. Engelen, K. Racké, M. Stöber, A. Gillissen & H. Vetter. 2004.** Inhibitory activity of 1,8-cineol (eucalyptol) on cytokine production in cultured human lymphocytes and monocytes. *Pulmonar Pharmac. Therap.* 17: 281-287.
- LeOra Software. 1987.** POLO - PC: a User's Guide to Probit Logit Analysis. LeOra Software, Berkely, CA.
- Macedo, J.C.B. & S.G. Oviedo. 1987.** The essential oil of *Piper aduncum* L. (Matico hembra). *Bol. Soc. Quim. Peru* 53: 228-232.
- Machado, S.M.F., J.S.L.T. Militao, V.A. Facundo, A. Ribeiro, S.M. Morais & M.I.L. Machado. 1994.** Leaf oils of two Brazilian *Piper* species: *Piper arboreum* Aublet var. *latifolium* (C.DC) Yuncker and *Piper hispidum* Sw. *J. Essent. Oil Res.* 6: 643-644.
- Maia, J.G.S., M. G.B. Zohhbi, E.H.A. Andrade, A.S. Santos, M.H.L. Silva, A.I.R. Luz & C.N. Bastos. 1998.** Constituents of the essential oil of *Piper aduncum* L. growing wild in the Amazon region. *Flav.Fragr. J.* 13: 269-272.
- Mesquita J.M.O., C. Cavaleiro, A.P. Cunha, J.A. Lombardi & A.B. Oliveira. 2005.** Estudo comparativo dos óleos voláteis de algumas espécies de Piperaceae. *Rev. Bras. Farmacog.* 15: 6-12.
- Mgbojikwe, L.O. & S.C. Okoye. 2001.** Acaricidal efficacy of the aqueous stem bark extract of *Adenium obesum* on the various life stages of cattle ticks. *Nigerian J. Exp. Biol.* 2: 39-43.
- Miranda, J.E., H.M.D. Navickiene, R.H. Nogueira-Couto, S.A. Bortoli, M.J. Kato V. S. Bolzani & M. Furlan. 2003.** Susceptibility of *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) to pellitorine, an amide isolated from *Piper tuberculatum* (Piperaceae). *Apidologie* 34: 409-415.
- Miresmailli, S. & M.B. Isman. 2006.** Efficacy and persistence of rosemary oil as an acaricide against Twospotted Spider Mite (Acari: Tetranychidae) on greenhouse tomato. *J. Econ. Entomol.* 99: 2015-2023.
- Miresmailli, S., R. Bradbury & M.B. Isman. 2006.** Comparative toxicity of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil and blends of its major constituents against *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) on two different host plants. *Pest Manage. Sci.* 62: 366-371.

- Misni N., S. Sulaiman, H. Othman & B. Omar. 2009.** Repellency of essential oil of *Piper aduncum* against *Aedes albopictus* in the laboratory. J. Am. Mosq. Control Assoc. 25: 442-447.
- Mora, F.D., J. Peña, L.B. Rojas, A. Usubillaga & P. Meléndez. 2008.** Composición química de los aceites esenciales de *Piper dilatatum* L.C. Rich. y *Piper tuberculatum* Jacq. de Mérida, Venezuela. Ciencia 16: 365-369.
- Moraes, G.J. 2001.** O ácaro rajado (*Tetranychus urticae* Koch) está se tornando um grave problema em diversas culturas. Cultivar Grandes Culturas 28. Revista On-line <http://www.grupocultivar.com.br/artigos/artigo.asp?id=634>
- Mundina, M., R. Vila, F. Tomi, M.P. Gupta, T. Adzet, J. Casanova & S. Cañigüeral. 1998.** Leaf Essential Oils of Three Panamanian *Piper* Species. Phytochemistry 47: 1277-1282.
- Navickiene, H.M.D., A.A. Morandim, A.C. Alécio, L.O. Regasini, D.C.B. Bergamo, M. Telascree, A.J. Cavalheiro, M.N. Lopes, V.S. Bolzani, M. Furlan, M.O.M. Marques, M.C.M. Young & M.J. Kato. 2006.** Composition and Antifungal Activity of Essential Oils from *Piper aduncum*, *Piper arboreum* and *Piper tuberculatum*. Quim. Nova 29: 467-470.
- Navickiene, H.M.D., J.E. Miranda, S.A. Bortoli, M.J. Kato, V.S. Bolzani & M. Furlan. 2007.** Toxicity of extracts and isobutyl amides from *Piper tuberculatum*: potent compounds with potential for the control of the velvetbean caterpillar, *Anticarsia gemmatilis*. Pest Manage. Sci. 63: 399-403.
- Nerio, L.S., J. Olivero-Verbel & E. Stashenko. 2009.** Repellent activity of essential oils from seven aromatic plants grown in Colombia against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera). J. Stored Prod. Res. 45: 212-214.
- Oliveira, J.C.S., I.J.M. Dias & C.A.G. Camara. 2006.** Volatile Constituents of the Leaf Oils of *Piper aduncum* L. from Different Regions of Pernambuco (Northeast of Brazil). J. Essent. Oil Res. 18: 557-559.
- Omar, S., K. Godard, A. Ingham, H. Hussain, V. Wongpanich, J. Pezzuto, T. Durst, C. Eklu, M. Gbeassor, P. Sanchez-Vindas, L. Poveda, B.J.R. Philogene & J.T. Arnason. 2003.** Antimalarial activities of gedunin and 7-methoxygedunin and synergistic activity with dillapiol. Ann. Appl. Biol. 143: 135-141.

- Pamar, V.S., S.C. Jain, K.S. Bisht, R. Jain, P. Taneja, A. Jha, O.D. Tyagi, A.K. Prasad, J. Wengel, C.E. Olsen & P.M. Boll. 1997.** Phytochemistry of the genus *Piper*. *Phytochemistry* 46: 597-673.
- Pereira, A.C.R.L., J.V. Oliveira, M.G.C. Gondim Junior & C.A.G. Camara. 2008.** Atividade inseticida de óleos essenciais e fixos sobre *Callosobruchus maculatus* (Fabr., 1775) (Coleoptera: Bruchidae) em grãos de caupi [*Vigna unguiculata* (L.) WALP.]. *Ciênc. Agrotec.* 32: 717-724.
- Pino, J.A. R. Marbot, A. Bello & A. Urquiola 2004.** Essential oils of *Piper peltatum* (L.) Miq. and *Piper aduncum* L. from Cuba. *J. Essent. Oil Res.* 16: 124-126.
- Pohlit, A.M., A.C.S. Pinto & R. Mause. 2006.** *Piper aduncum* L.: Planta Pluripotente e Fonte de Substâncias Fitoquímicas Importantes. *Rev. Fitos* 2: 7-18.
- Pontes, W.J.T., J.C.S. Oliveira, C.A.G. Camara, A.C.H.R. Lopes, M.G.C. Gondim Junior, J.V. Oliveira & M.O.E. Schwartz. 2007a.** Composition and acaricidal activity of the resin's essential oil of *P. bahianum* Daly against two spotted spider mite (*Tetranychus urticae*). *J. Essent. Oil Res.* 19:379-383.
- Pontes, W.J.T., J.C.S. Oliveira, C.A.G. Camara, A.C.H.R. Lopes, M.G.C. Gondim Junior, J.V. Oliveira, R. Barros & M.O.E. Schwartz. 2007b.** Chemical composition and acaricidal activity of the leaf and fruit essential oils of *Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand (Burseraceae). *Acta Amaz.* 37:103-110.
- Pontes, W.J.T., J.C.S. Oliveira, C.A.G. Camara, M.G.C. Gondim Junior, J.V. Oliveira & M.O.E. Schwartz. 2007c.** Atividade acaricida dos óleos essenciais de folhas e frutos de *Xylopia sericea* sobre o ácaro rajado (*Tetranychus urticae* Koch). *Quim. Nova* 30: 838-841.
- Potenza, M.R., A.P. Takematsu & L.H. Benedicto. 1999a.** Avaliação do controle de *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) (Acari: Tetranychidae) através de extratos vegetais, em laboratório. *Arq. Inst. Biol.* 66: 91-97.
- Potenza, M.R., A.P. Takematsu, A.P. Sivieri, M.E. Sato & C.M. Passerotti. 1999b.** Efeito acaricida de alguns extratos vegetais sobre *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) (Acari: Tetranychidae) em laboratório. *Arq. Inst. Biol.* 66: 31-37.

- Potzernheim, M.C.L., H.R. Bizzo & R.F. Vieira. 2006.** 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). *Rev. Bras. Farmacog.* 16: 246-251.
- Prates, H.T., R.C. Leite, A.A. Craveiro & A.B. Oliveira. 1998.** Identification of Some Chemical Components of the Essential Oil from Molasses Grass (*Melinis minutiflora* Beuv.) and their Activity Against Cattle-Tick (*Boophilus microplus*). *J. Braz. Chem. Soc.* 9: 193-197.
- Rafael, M.S., W.J. Hereira-Rojas, J.J. Roper, S.M. Nunomura & W.P. Tadei. 2008.** Potential control of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) with *Piper aduncum* L. (Piperaceae) extracts demonstrated by chromosomal biomarkers and toxic effects on interphase nuclei. *Gen. Mol. Res.* 7: 772-781.
- Rali, T., S.W. Wossa, D.N. Leach & P.G. Waterman. 2007.** Volatile Chemical Constituents of *Piper aduncum* L and *Piper gibbilimum* C. DC (Piperaceae) from Papua New Guinea. *Molecules* 12: 389-394.
- Razzagui-Abyaneh, M., T. Yoshinari, M. Shams-Ghahfarokhi, M.B. Rezaee, H. Nagasawa & S. Sakuda. 2007.** Dillapiol and Apiol as Specific Inhibitors of the Biosynthesis of Aflatoxin G₁ in *Aspergillus parasiticus*. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 71: 2329-2332.
- Regasini, L.O., F. Cotinguiba, A.A. Morandim, M.J. Kato, L. Scorzoni, M.J. Mendes-Giannini, V.S. Bolzani & M. Furlan. 2009a.** Antimicrobial activity of *Piper arboreum* and *Piper tuberculatum* (Piperaceae) against opportunistic yeasts. *African J. Biotechnol.* 8: 2866-2870.
- Regasini, L.O., F. Cotinguiba, G.D. Passerini, V.S. Bolzani, R.M.B. Cicarelli, M.J. Kato & M. Furlan. 2009b.** Trypanocidal activity of *Piper arboreum* and *Piper tuberculatum* (Piperaceae). *Rev. Bras. Farmacog.* 19: 199-203.
- Robertson, J.L. & H.K. Preisler. 1992.** Pesticide bioassays with arthropods. California, CRC Press, 127p.
- Santos, P.R.D., D.L. Moreira, E.F. Guimarães, M.A.C. Kaplan. 2001.** Essential oil analysis of 10 Piperaceae species from the Brazilian Atlantic Forest. *Phytochemistry* 58: 547-551.
- SAS Institute. 2002.** SAS user's guide: Statistics, version 9.0, 7th ed. SAS Institute, Cary, NC.

- Scott, I.M., H. Jensen, J.G. Scott, M.B. Isman, J.T. Arnason & B.J.R. Philogène. 2003.** Botanical Insecticides for Controlling Agricultural Pests: Piperamides and the Colorado Potato Beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae). Arch. Insect Biochem. Physiol. 54: 212-225.
- Scott, I.M., H. Jensen, R. Nicol, L. Lesage, R. Bradbury, P. Sanches-Vindas, L. Poveda, J.T. Arnason & B.J.R. Philogène. 2004.** Efficacy of *Piper* (Piperaceae) Extracts for Control of Common Home and Garden Insect Pests. J. Econ. Entomol. 97: 1390-1403.
- Scott, I.M., H.R. Jensen, B.J.R. Philogène & J.T. Arnason. 2008.** A review of *Piper* spp. (Piperaceae) phytochemistry, insecticidal activity and mode of action. Phytochem 7: 65-75.
- Sievers, A.F., A.W. Archer, R.H. Moore & E.R. McGovran. 1949.** Insecticidal tests of plants from tropical America. J. Econ. Entomol. 42: 549-551.
- Silva, S.L., J.S. Chaar, P.M.S. Figueiredo & T. Yano. 2008.** Cytotoxic evaluation of essential oil from *Casearia sylvestris* Sw on human cancer cells and erythrocytes. Acta Amaz. 38: 107-112.
- Silva, W.C., J.R.S. Martins, H.E.M. Souza, H. Heinzen, M.V. Cesio, M. Mato, F. Albrecht, J.L. Azevedo & N.M. Barros. 2009.** Toxicity of *Piper aduncum* L. (Piperales: Piperaceae) from the Amazon forest for the cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae). Vet. Parasitol. 164: 267-274.
- Simas, N.K., E.C. Lima, S.R. Conceição, R.M. Kuster & A.M.O. Filho. 2004.** Produtos naturais para o controle da transmissão da dengue – atividade larvívica de *Myroxylon balsamum* (óleo vermelho) e de terpenóides e fenilpropanóides. Quím. Nova 27: 46-49.
- Smith, R.M. & H. Kassim. 1979.** The essential oil of *Piper aduncum* from Fiji. New Zealand J. Sci. 22: 127-128.
- Vila, R., F. Tomi, M. Mundina, A.I. Santana, P.N. Solis, J.B.L. Arce, J.L.B. Iclina, J. Iglesias, M.P. Gupta, J. Casanova & S. Canigüeral. 2005.** Unusual composition of the essential oils from the leaves of *Piper aduncum*. Flav. Fragr. J. 20: 67-69.
- Yuncker, T.G. 1972.** The Piperaceae of Brazil. Hoehnea 2: 19-366.

Tabela 1. Percentual dos constituintes químicos majoritários identificados nos óleos essenciais das folhas de *Piper aduncum*, *Piper arboreum*, *Piper caldense* e *Piper tuberculatum* e dos respectivos rendimentos dos óleos obtidos.

Composto	IR literatura	IR obtido	<i>P. aduncum</i>	<i>P. arboreum</i>	<i>P. caldense</i>	<i>P. tuberculatum</i>
Rendimento (%)			2,6±0,1	0,3±0,0	0,06±0,0	0,08±0,0
α-Copaene	1374	1379	1,2±0,0	3,5±0,0	4,9±0,00	8,4±0,1
2- <i>epi</i> -β-Funebrene	1411	1415	-	-	-	10,6±0,4
β-Dupreziane	1421	1426	-	10,3±0,1	-	-
Linalool isovalerate	1466	1462	-	9,1±0,0	-	-
γ-Murolene	1478	1478	-	-	9,6±0,0	9,0±0,0
Germacrene D	1484	1488	-	11,8±0,1	-	-
biciclogermacreno	1500	1505	2,4±0,0	17,3±0,1	4,5±0,0	3,7±0,0
δ-Cadinene	1522	1527	1,0±0,0	1,1±0,0	6,1±0,0	2,4±0,0
(<i>E</i>)-Nerolidol	1561	1563	9,5±0,5	-	5,1±0,1	5,3±0,0
Spathulenol	1577	1582	-	-	-	6,7±0,0
Caryophyllene oxide	1582	1586	-	4,3±0,0	8,9±0,1	-
Dilapiol	1620	1625	46,7±1,1	-	0,5±0,0	-
α-Cadinol	1652	1657	-	5,2±0,0	8,4±0,0	7,5±0,0

Tabela 2. Constituintes químicos majoritários, reportados na literatura, para óleos essenciais obtidos de diferentes partes de *Piper aduncum*. Levantamento bibliográfico realizado no SciFinder.

Substância	Origem País/Localidade	Parte da Planta			Referência
		Folhas	Frutos	Ramos	
β-pineno	Ceará/Brasil	-	32,7	-	Costa <i>et al.</i> 2010
	São Paulo/Brasil	-	-	14,2	Navickiene <i>et al.</i> 2006
β-cariofileno	Panamá	17,4	-	-	Vila <i>et al.</i> 2005
	Ceará/Brasil	-	17,1	-	Costa <i>et al.</i> 2010
Dilapiol	Amazonas/Brasil	86,9	-	-	Almeida <i>et al.</i> 2009
	Equador	45,9	-	-	Guerrini <i>et al.</i> 2009
	Papua Nova Guiné	43,3	-	-	Rali <i>et al.</i> 2007
	Cuba	82,2	-	-	Pino <i>et al.</i> 2004
	Amapá/Brasil	31,5	-	-	
	Pará/Brasil	50,8-86,9	-	-	Maia <i>et al.</i> 1998
	Amazonas/Brasil	91,1-97,3	-	-	
	Acre/Brasil	88,1	-	-	
	Malásia	64,5	-	-	Jantan <i>et al.</i> 1994
	Panamá	90,0	-	-	Gupta <i>et al.</i> 1983
Fiji	58,0	-	-	Smith & Kassim 1979	
Apiol	Indonésia	-	51,0	-	Jamal & Praptiwi 2003
1,8-cineole	Bolívia	40,5	-	-	Vila <i>et al.</i> 2005
	Bolívia	42,0-42,5	-	-	Arze <i>et al.</i> 2008
Aromadendrene	Panamá	13,4	-	-	Vila <i>et al.</i> 2005
E-Ocimene	Equador	10,4	-	-	Guerrini <i>et al.</i> 2009
Camphor	Cuba	18,1	-	-	Abreu & Pino 2008
Camphene	Cuba	15,6	-	-	
(E)-nerolidol	Pernambuco/Brasil	79,2-82,5	-	-	Oliveira <i>et al.</i> 2006
	Minas Gerais/Brasil	14,2	-	-	Mesquita <i>et al.</i> 2005
Nerolidol	São Paulo/Brasil	10,4	-	10,6	Navickiene <i>et al.</i> 2006
Biciclogermacreno	São Paulo/Brasil	11,2	-	-	
Asaricine	Bolívia	10,5	-	-	Arze <i>et al.</i> 2008
trans-ocimene	São Paulo/Brasil	-	11,1	13,3	
γ-terpinene	São Paulo/Brasil	-	12,0	-	Navickiene <i>et al.</i> 2006
Linalool	São Paulo/Brasil	-	41,2	11,8	

Tabela 3. Constituintes químicos majoritários, reportados na literatura, para óleos essenciais obtidos de diferentes partes de *Piper arboreum*. Levantamento bibliográfico realizado no SciFinder.

Substância	Origem País/Localidade	Parte da planta			Referência
		Folhas	Frutos	Ramos	
β -cariofileno	São Paulo/Brasil	25,1	-	26,5	Navickiene <i>et al.</i> 2006
	Ceará/Brasil	25,7	-	-	Cysne <i>et al.</i> 2005
biciclogermacreno	Brasília/Brasil	12,1	-	-	Potzernheim <i>et al.</i> 2006
	São Paulo/Brasil	49,5	-	21,1	Navickiene <i>et al.</i> 2006
germacreno D	* /Brasil	-	49,3	-	Machado <i>et al.</i> 1994
		72,9	-	-	Machado <i>et al.</i> 1994
linalool	São Paulo/Brasil	-	10,4	-	Navickiene <i>et al.</i> 2006
δ -3-carene		-	-	18,7	
óxido de cariofileno	Minas Gerais/Brasil	15,2	-	-	Mesquita <i>et al.</i> 2005
	Brasília/Brasil	10,2	-	-	Potzernheim <i>et al.</i> 2006
β -eudesmol		11,6	-	-	
(<i>E</i>)-nerolidol	Ceará/Brasil	11,1	-	-	Cysne <i>et al.</i> 2005
γ -eudesmol	Rio de Janeiro/Brasil	14,6	-	-	Santos <i>et al.</i> 2001
α -eudesmol		12,2	-	-	
δ -cadinene	Panamá	25,8	-	-	Mundina <i>et al.</i> 1998

* Não disponível no resumo

Tabela 4. Constituintes químicos majoritários, reportados na literatura, para óleos essenciais obtidos de diferentes partes de *Piper tuberculatum*. Levantamento bibliográfico realizado no SciFinder.

Substância	Origem	Parte da Planta			Referência
	País/Localidade	Folhas	Frutos	Ramos	
α -pinene	São Paulo/Brasil	10,4	28,7	17,3	Navickiene <i>et al.</i> 2006
β -pinene		12,5	38,2	27,0	
<i>trans</i> -ocimene		-	-	14,5	
		40,2	14,0	32,1	
β -cariofileno	Rondônia/Brasil	26,3	-	-	Facundo & Morais 2005
	Ceará/Brasil	37,8	-	-	Cysne <i>et al.</i> 2005
	Rondônia/Brasil	-	17,7	12,3	Facundo <i>et al.</i> 2008
germacreno D	Ceará/Brasil	11,8	-	-	Cysne <i>et al.</i> 2005
	Venezuela	11,6	-	-	Mora <i>et al.</i> 2008
dilapiol		72,4	-	-	
óxido de cariofileno	Rondônia/Brasil	-	32,1	26,6	Facundo <i>et al.</i> 2008
α -cadinol		13,7	-	-	Facundo & Morais 2005

Tabela 5. Efeito fumigante dos óleos essenciais das folhas de *Piper aduncum*, *Piper arboreum*, *Piper caldense* e *Piper tuberculatum* e do Eugenol sobre fêmeas adultas de *Tetranychus urticae*.

Espécie ou composto	n	GL	Equação	CL ₅₀ (μL/L de ar) (IC 95%)	χ ²	RT ₅₀ (IC 95%)
Eugenol	540	3	y=7,08+0,85Log _x	4 x 10 ⁻³ a (2 x 10 ⁻³ -5 x 10 ⁻³)	1,52	-
<i>P. aduncum</i>	719	5	y=7,14+1,06Log _x	0,01b (7 x 10 ⁻³ -1,3 x 10 ⁻²)	4,21	2,68 (0,53-13,51)
<i>P. tuberculatum</i>	710	5	y=5,96+3,22Log _x	0,50c (0,45-0,56)	3,80	140,90* (34,48-575,85)
<i>P. arboreum</i>	622	4	y=6,14+6,23Log _x	0,66d (0,57-0,72)	5,18	183,68* (44,97-750,21)
<i>P. caldense</i>	804	6	y=4,19+5,74Log _x	1,38e (1,29-1,47)	5,95	289,18* (70,52-1185,84)

n=número de ácaros; GL=graus de liberdade; χ²=qui-quadrado; RT=razão de toxicidade, calculada pelo método de Robertson & Preisler. *Significativo quando o intervalo de confiança não apresenta o valor 1. Colunas seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo intervalo de confiança. P=0,05.

Tabela 6. Porcentagem de mortalidade e número médio de ovos para os experimentos de contato com placas fechadas e abertas dos óleos essenciais das folhas de *Piper aduncum*, *Piper arboreum* e do Eugenol sobre fêmeas adultas de *Tetranychus urticae*.

Concentração ($\mu\text{L}/\text{cm}^2$ / $\mu\text{L}/\text{mL}$)	Mortalidade (média \pm EP) ¹		N° de ovos ²	
	Placas fechadas	Placas abertas	Placas fechadas	Placas abertas
<i>Piper aduncum</i>				
Controle	0,0 \pm 0,00 a	0,0 \pm 0,00 a	4,1 \pm 0,120 BCDE	5,6 \pm 0,17 A
0,2 / 1,0	7,4 \pm 4,56 abc	4,0 \pm 4,00 ab	3,0 \pm 0,20 EF	5,5 \pm 0,23 AB
0,8 / 3,9	23,4 \pm 4,19 abcde	8,0 \pm 4,90 abc	1,9 \pm 0,32 FG	5,0 \pm 0,10 ABC
1,4 / 6,9	44,0 \pm 7,48 efg	12,0 \pm 4,90 abcd	1,9 \pm 0,15 FG	4,9 \pm 0,07 ABC
2,0 / 9,8	56,0 \pm 7,48 fg	31,0 \pm 6,00 bcdef	1,5 \pm 0,10 G	4,6 \pm 0,62 ABCD
3,0 / 14,7	72,0 \pm 8,00 gh	34,0 \pm 6,00 cdef	1,3 \pm 0,07 G	4,5 \pm 0,33 ABCD
4,0 / 19,6	88,6 \pm 7,87 h	40,0 \pm 6,32 def	1,1 \pm 0,17 G	4,0 \pm 0,42 CDE
8,0 / 39,3	100,0 \pm 0,00 h	52,0 \pm 8,00 efg	0,7 \pm 0,0 G	3,5 \pm 0,44 DE
<i>Piper arboreum</i>				
Controle	0,0 \pm 0,00 a	0,0 \pm 0,00 a	3,2 \pm 0,40 CD	6,2 \pm 0,19 A
0,1 / 0,5	4,0 \pm 4,00 a	0,0 \pm 0,00 a	3,2 \pm 0,17 CD	6,1 \pm 0,32 A
0,2 / 1,0	16,0 \pm 7,48 abc	4,0 \pm 4,00 a	3,1 \pm 0,19 CD	5,9 \pm 0,41 A
0,8 / 3,9	24,0 \pm 7,97 abcd	8,0 \pm 4,90 ab	1,8 \pm 0,26 DEFG	5,8 \pm 0,38 A
2,0 / 9,8	42,0 \pm 11,14 bcde	12,0 \pm 4,90 ab	1,3 \pm 0,34 EFG	5,7 \pm 0,19 AB
3,0 / 14,7	52,0 \pm 4,90 cdef	20,0 \pm 8,94 abcd	1,3 \pm 0,27 EFFF	5,4 \pm 0,37 AB
4,0 / 19,6	70,0 \pm 12,65 efg	28,0 \pm 4,90 abcd	1,3 \pm 0,24 EFG	5,3 \pm 0,43 AB
8,0 / 39,3	76,0 \pm 9,80 efg	53,4 \pm 5,62 def	0,9 \pm 0,23 EFG	4,2 \pm 0,40 BC
16,0 / 78,6	84,0 \pm 7,48 fg	76,0 \pm 9,80 efg	0,8 \pm 0,10 FG	2,3 \pm 0,25 DE
20,0 / 98,2	92,0 \pm 4,90 g	84,0 \pm 7,48 fg	0,7 \pm 0,00 G	2,2 \pm 0,11 DEF
Eugenol				
Controle	0,0 \pm 0,00 a	0,0 \pm 0,00 a	4,9 \pm 0,31 ABC	5,7 \pm 0,14 A
0,2 / 1,0	4,0 \pm 4,00 a	4,0 \pm 4,00 a	4,0 \pm 0,56 BCD	5,6 \pm 0,32 A
0,5 / 2,5	16,0 \pm 7,48 ab	12,0 \pm 4,90 ab	3,1 \pm 0,26 DE	5,3 \pm 0,10 AB
1,5 / 7,4	34,0 \pm 6,00 bc	21,0 \pm 6,40 ab	2,0 \pm 0,23 EFG	4,7 \pm 0,18 ABC
2,0 / 9,8	48,0 \pm 4,90 cd	32,0 \pm 4,90 bc	1,9 \pm 0,18 EFG	3,6 \pm 0,20 CDE
3,0 / 14,7	64,0 \pm 7,48 de	48,0 \pm 4,90 cd	1,4 \pm 0,20 FG	3,0 \pm 0,52 DE
4,0 / 19,6	80,0 \pm 6,32 ef	72,0 \pm 4,90 def	1,2 \pm 0,26 G	3,0 \pm 0,50 DEF
5,0 / 24,6	96,0 \pm 4,00 f	76,0 \pm 7,48 ef	1,1 \pm 0,21 G	2,7 \pm 0,48 DEFG

¹Valores de mortalidade seguidos das mesmas letras minúsculas não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade para o mesmo óleo com placas abertas e fechadas.

²Valores de n° de ovos seguidos das mesmas letras maiúsculas não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade para o mesmo óleo com placas abertas e fechadas.

Tabela 7. Toxicidade de contato dos óleos essenciais das folhas de *Piper aduncum*, *Piper arboreum* e do Eugenol sobre fêmeas adultas de *Tetranychus urticae*.

Espécie ou composto	n	GL	Equação	CL ₅₀ (μL/cm ²) (IC 95%)	χ ²	RT ₅₀ (IC 95%)
<i>P. aduncum</i>	202	5	y=4,63+2,23Log _x	1,46a (1,02-1,99)	5,19	-
Eugenol	199	5	y=4,47+2,16Log _x	1,77a (1,22-2,46)	5,59	1,23* (0,93-1,64)
<i>P. arboreum</i>	242	7	y=4,57+1,23Log _x	2,24a (1,52-3,22)	3,25	1,57* (1,08-2,28)

n=número de ácaros; GL=graus de liberdade; χ²=qui-quadrado; RT=razão de toxicidade, calculada pelo método de Robertson & Preisler. *Significativo quando o intervalo de confiança não apresenta o valor 1. Linhas seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo intervalo de confiança. P=0,05.

Tabela 8. Atividade repelente dos óleos essenciais das folhas de *Piper aduncum*, *Piper arboreum*, *Piper caldense* e *Piper tuberculatum* e do Eugenol sobre fêmeas adultas de *Tetranychus urticae*.

Espécie ou composto	n	GL	Equação	CR ₅₀ ($\mu\text{L}/\text{cm}^2$) (IC 95%)	χ^2	RT ₅₀ (IC 95%)
<i>P. tuberculatum</i>	858	4	$y=6,43+0,34\text{Log}_x$	$6 \times 10^{-5}\text{a}$ (3×10^{-5} - 1×10^{-4})	1,01	-
<i>P. caldense</i>	896	4	$y=6,22+0,36\text{Log}_x$	$4 \times 10^{-4}\text{b}$ (2×10^{-4} - 7×10^{-4})	3,93	6,56 (0,43-100,16)
Eugenol	874	4	$y=6,01+0,36\text{Log}_x$	$2 \times 10^{-3}\text{c}$ (1×10^{-3} - 3×10^{-3})	1,88	25,14* (1,92-329,52)
<i>P. arboreum</i>	1047	5	$y=6,28+0,46\text{Log}_x$	$2 \times 10^{-3}\text{c}$ (1×10^{-3} - 3×10^{-3})	4,47	26,50* (2,19-320,86)
<i>P. aduncum</i>	895	4	$y=6,46+0,62\text{Log}_x$	$4 \times 10^{-3}\text{c}$ (3×10^{-3} - 6×10^{-3})	3,37	70,97* (6,16-817,74)

n=número de ácaros; GL=graus de liberdade; χ^2 =qui-quadrado; RT=razão de toxicidade, calculada pelo método de Robertson & Preisler. *Significativo quando o intervalo de confiança não apresenta o valor 1. Colunas seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo intervalo de confiança. P=0,05.

Tabela 9. Valores médios do número de fêmeas e de ovos de *Tetranychus urticae*, após 1h, 12h, 24h e 48h de exposição aos óleos essenciais de *Piper aduncum*, *Piper arboreum*, *Piper caldense* e *Piper tuberculatum* e ao Eugenol.

Óleo ou composto	N° de ácaros (média ± EP)							
	1h		12h		24h		48h	
	C	T	C	T	C	T	C	T
<i>P. tuberculatum</i>	26,2 ± 2,06	3,8 ± 2,06	24,6 ± 2,22	5,4 ± 2,22	24,3 ± 2,07	5,7 ± 2,07	24,0 ± 2,03	6,0 ± 2,03
<i>P. caldense</i>	26,4 ± 1,90	3,6 ± 1,90	26,2 ± 1,89	3,8 ± 1,89	26,0 ± 1,88	4,0 ± 1,88	25,5 ± 2,03	4,5 ± 2,03
<i>P. arboreum</i>	24,5 ± 2,05	5,5 ± 2,05	21,8 ± 2,07	8,2 ± 2,07	21,4 ± 2,09	8,6 ± 2,09	21,1 ± 2,10	8,8 ± 2,10
<i>P. aduncum</i>	16,9 ± 2,67	13,0 ± 2,72	16,2 ± 2,99	13,8 ± 2,99	15,7 ± 3,03	14,3 ± 3,03	14,7 ± 2,90	15,3 ± 2,88
Eugenol	25,6 ± 2,03	4,4 ± 2,03	25,6 ± 2,03	4,8 ± 2,00	24,9 ± 1,95	5,1 ± 1,95	23,7 ± 2,15	6,3 ± 2,15

Óleo ou composto	N° de ovos (média ± EP)							
	1h		12h		24h		48h	
	C	T	C	T	C	T	C	T
<i>P. tuberculatum</i>	16,6 ± 2,50	1,3 ± 1,69	82,2 ± 5,05	6,0 ± 3,29	190,0 ± 7,73	10,8 ± 3,72	337,6 ± 6,39	27,1 ± 5,86
<i>P. caldense</i>	18,7 ± 2,14	1,8 ± 1,47	94,3 ± 4,88	10,3 ± 3,65	226,9 ± 7,20	26,5 ± 5,49	464,6 ± 10,49	51,0 ± 7,51
<i>P. arboreum</i>	13,2 ± 1,81	2,1 ± 1,42	72,5 ± 4,22	8,6 ± 3,49	188,1 ± 6,21	20,8 ± 5,52	409,3 ± 8,69	50,8 ± 9,30
<i>P. aduncum</i>	11,8 ± 2,30	8,9 ± 2,47	52,8 ± 5,42	28,4 ± 5,09	108,6 ± 8,72	78,7 ± 6,91	173,2 ± 10,28	139,5 ± 9,36
Eugenol	8,5 ± 1,91	1,9 ± 1,54	75,5 ± 5,04	15,2 ± 3,82	171,1 ± 7,56	32,2 ± 5,54	322,3 ± 11,02	61,6 ± 7,85

C = controle

T = tratamento

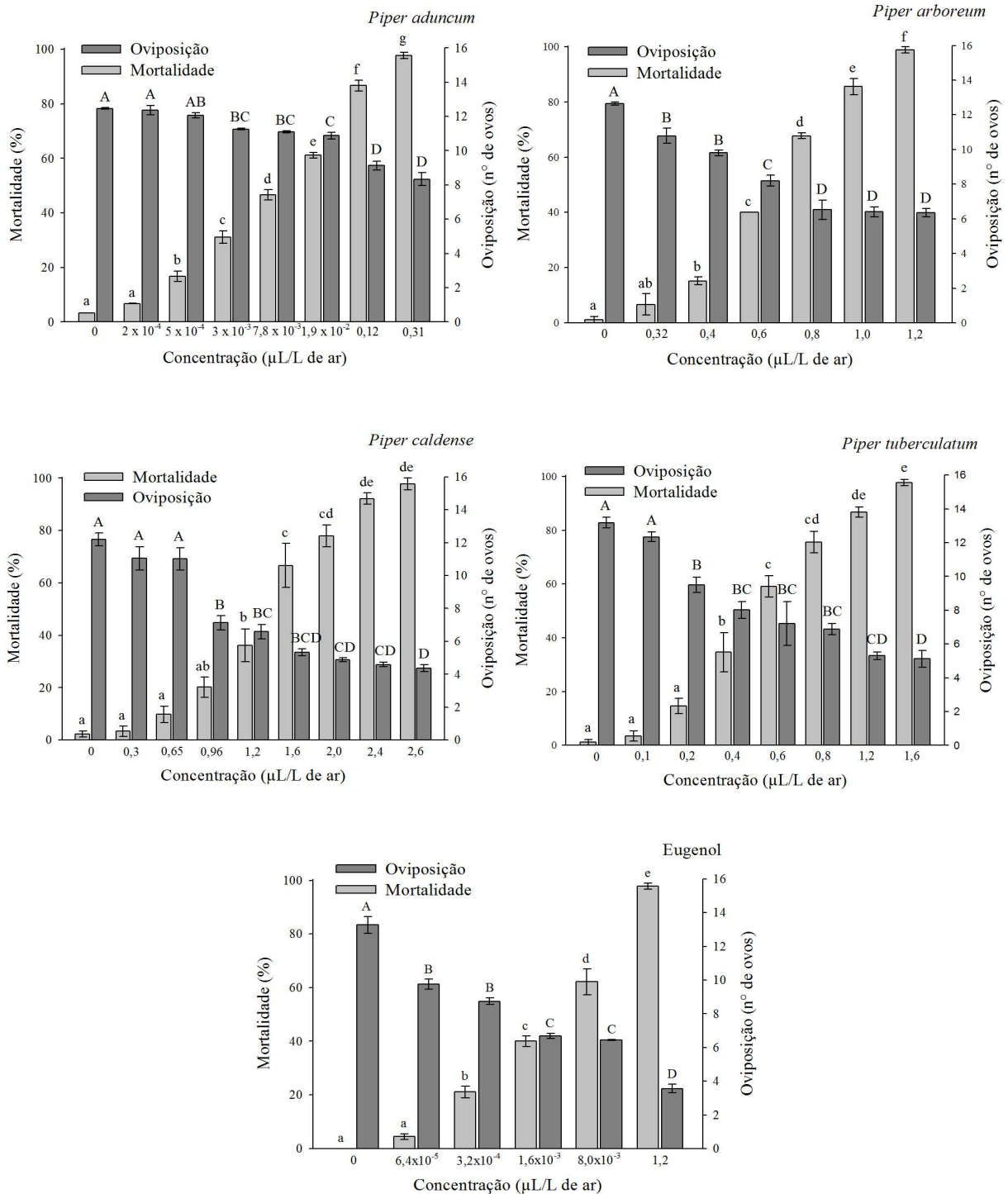


Figura 1. Atividade fumigante dos óleos essenciais das folhas de *Piper aduncum*, *Piper arboreum*, *Piper caldense* e *Piper tuberculatum* e do Eugenol sobre fêmeas adultas de *Tetranychus urticae*. Barras seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

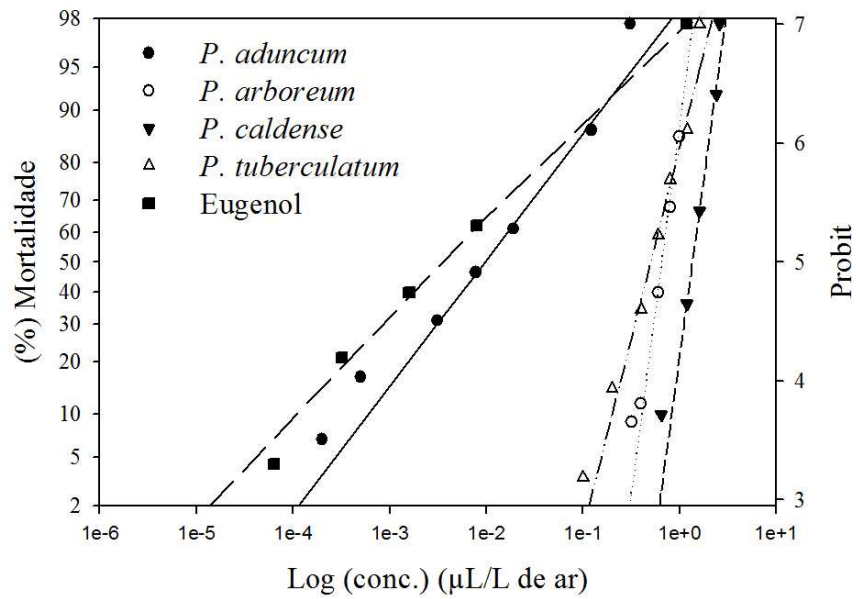


Figura 2. Curva de concentração-mortalidade para fêmeas de *Tetranychus urticae* submetidas à fumigação com óleos essenciais de *Piper aduncum*, *Piper arboreum*, *Piper caldense* e *Piper tuberculatum* e ao Eugenol.

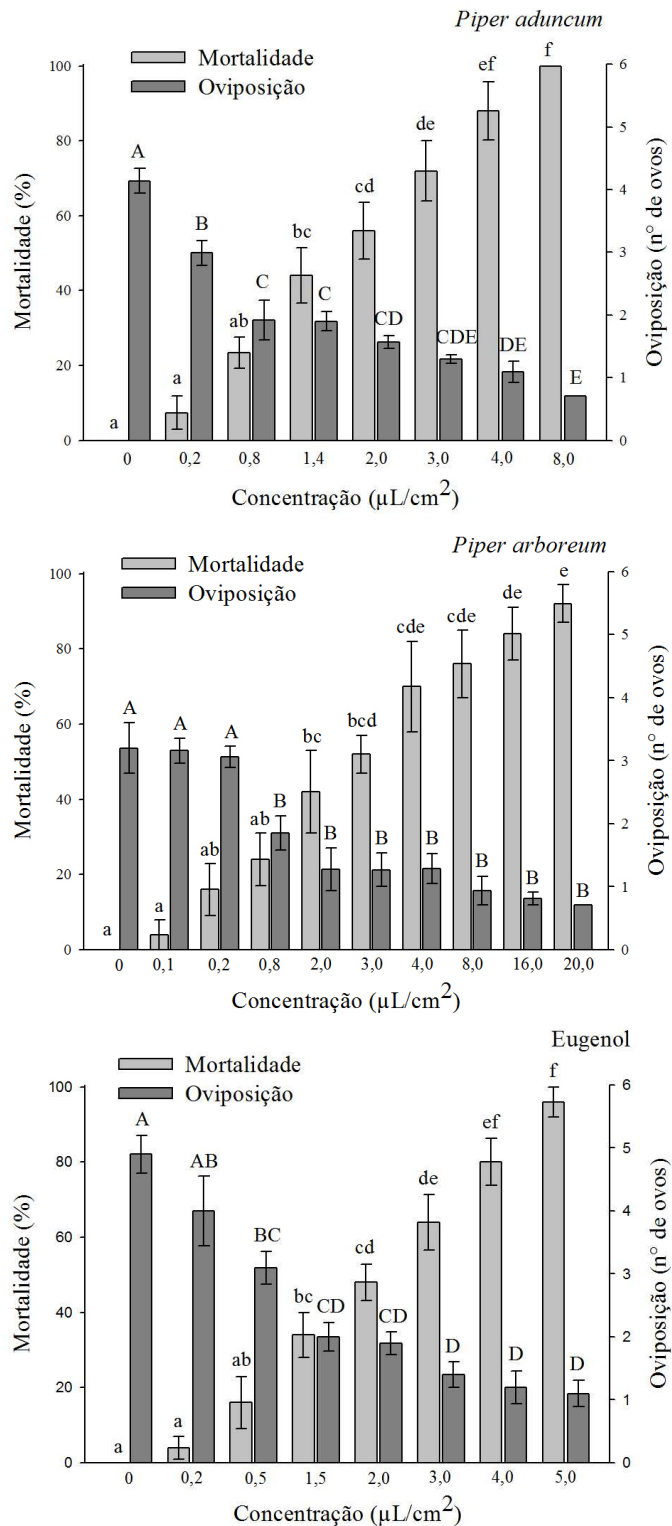


Figura 3. Atividade de contato com placas de Petri fechadas dos óleos essenciais das folhas de *Piper aduncum*, *Piper arboreum* e do Eugenol sobre fêmeas adultas de *Tetranychus urticae*. Barras seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

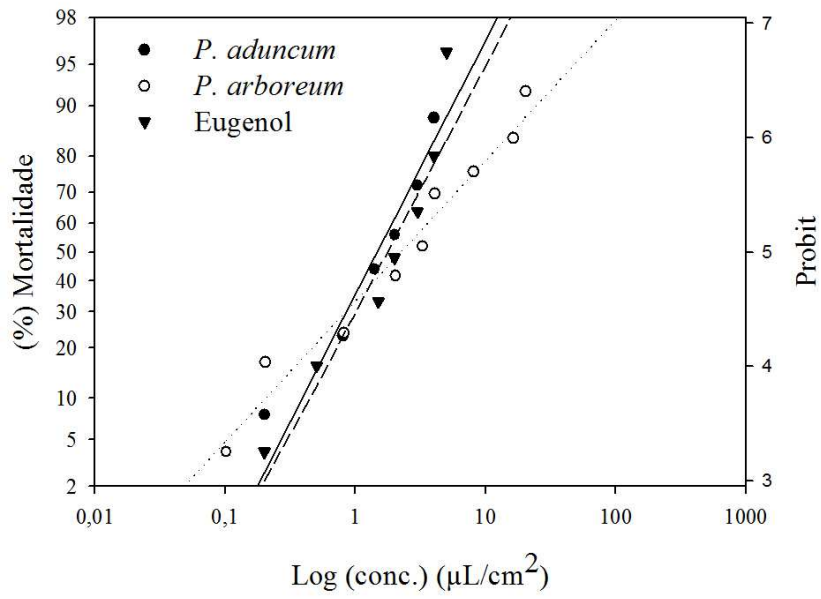


Figura 4. Curva de concentração-mortalidade para fêmeas de *Tetranychus urticae* submetidas a contato com óleos essenciais de *Piper aduncum*, *Piper arboreum* e Eugenol.

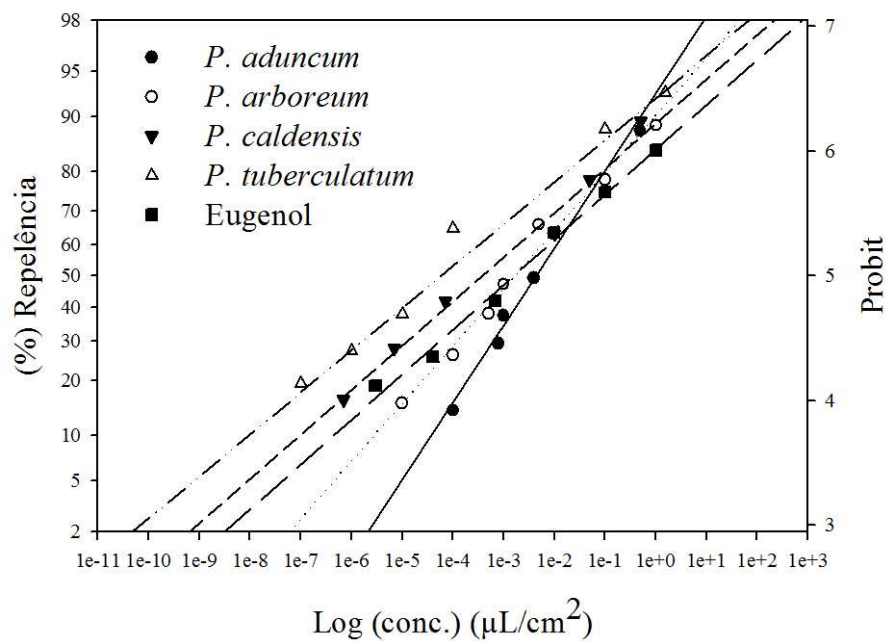


Figura 5. Curva de concentração-repelência para fêmeas de *Tetranychus urticae* submetidas a óleos essenciais de *Piper aduncum*, *Piper arboreum*, *Piper caldense* e *Piper tuberculatum* e ao Eugenol.

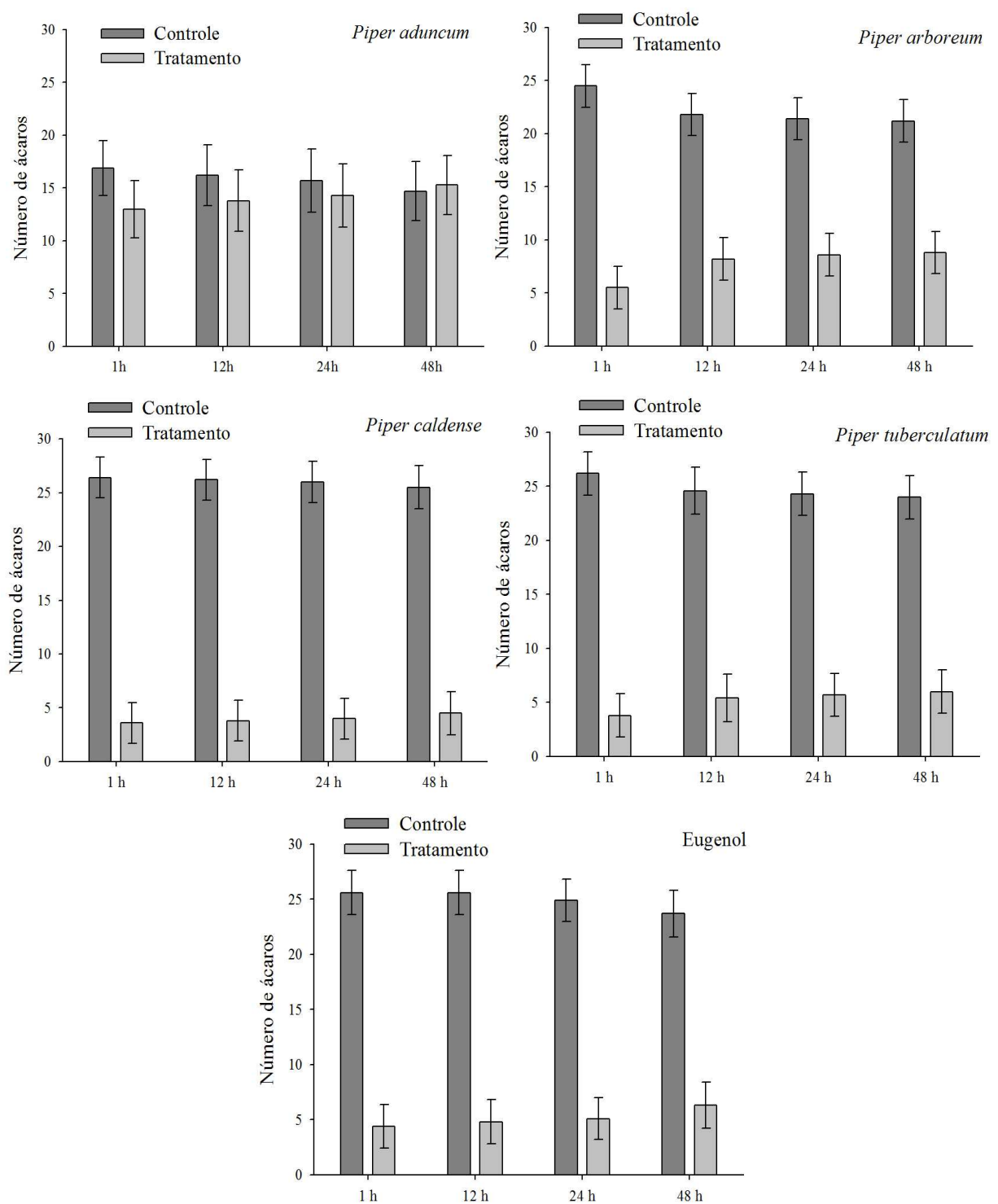


Figura 6. Número médio de ácaros nos discos de folhas tratados e não tratados com óleos essenciais de *Piper aduncum*, *Piper arboreum*, *Piper caldense* e *Piper tuberculatum* e Eugenol em 1, 12, 24 e 48 h após o tratamento.

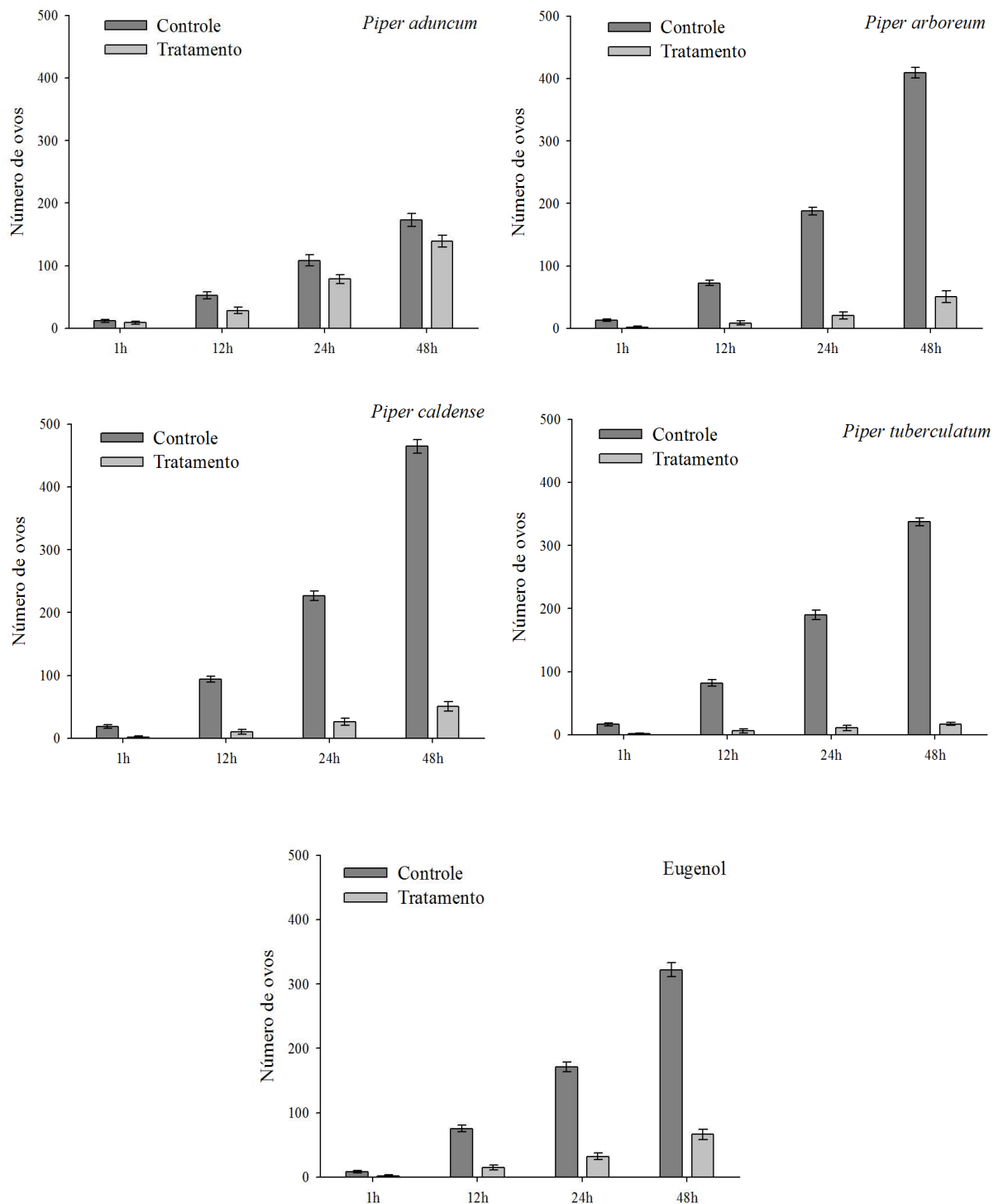


Figura 7. Número médio de ovos ao longo do tempo, nos discos de folhas tratados e não tratados com óleos essenciais de *Piper aduncum*, *Piper arboreum*, *Piper caldense* e *Piper tuberculatum* e Eugenol.