

Rio Branco, AC / Maio, 2024

## Orientações técnicas para a produção de óleo essencial de *Piper aduncum* L.



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Acre  
Ministério da Agricultura e Pecuária**

ISSN 0104-9046 / ISSN 0000-0000

# **Documentos 182**

Maio, 2024

Orientações técnicas para a produção  
de óleo essencial de *Piper aduncum* L.

*Murilo Fazolin  
Jacson Rondinelli da Silva Negreiros  
Charles Rodrigues da Costa*

**Embrapa Acre  
Rio Branco, AC  
2024**

**Embrapa Acre**

Rodovia BR-364, km 14,  
sentido Rio Branco/Porto Velho  
Caixa Postal 321  
69900-970 Rio Branco, AC  
www.embrapa.br/acre  
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

## Comitê Local de Publicações

Presidente

*Elias Melo de Miranda*

Secretária-executiva

*Claudia Carvalho Sena*

Membros

*Carlos Mauricio Soares de Andrade**Celso Luis Bergo**Evandro Orfanó Figueiredo**Rivalalve Coelho Gonçalves**Rodrigo Souza Santos**Romeu de Carvalho Andrade Neto**Tadário Kamel de Oliveira**Tatiana de Campos**Virginia de Souza Álvares*

Edição executiva e revisão de texto

*Claudia Carvalho Sena**Suely Moreira de Melo*

Normalização bibliográfica

*Renata do Carmo França Seabra*

Projeto gráfico

*Leandro Sousa Fazio*

Diagramação

*Francisco Carlos da Rocha Gomes*

Foto da capa

*Murilo Fazolin*

Publicação digital: PDF

**Todos os direitos reservados**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,  
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Acre

---

Fazolin, Murilo.

Orientações técnicas para a produção de óleo essencial de *Piper aduncum* L. / Murilo  
Fazolin, Jacson Rondinelli da Silva Negreiros, Charles Rodrigues da Costa. – Rio Branco,  
AC : Embrapa Acre, 2024.

PDF (53 p.) : il. color. – (Documentos / Embrapa Acre, e-ISSN 0000-0000 ; 182).

ISSN 0104-9046 (referente ao suporte impresso).

1. Pimenta-de-macaco. 2. *Piper aduncum*. 3. Óleo essencial – produção.  
I. Negreiros, Jacson Rondinelli da Silva. II. Costa, Charles Rodrigues da. III. Embrapa  
Acre. IV. Título. V. Série.

CDD (21. ed.) 632.95

# **Autores**

---

## **Murilo Fazolin**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Entomologia, pesquisador da Embrapa Acre, Rio Branco, AC

## **Jacson Rondinelli da Silva Negreiros**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Acre, Rio Branco, AC

## **Charles Rodrigues da Costa**

Engenheiro-agrônomo, analista da Embrapa Acre, Rio Branco, AC



# Apresentação

---

Oito projetos de pesquisa desenvolvidos pela Embrapa Acre ao longo de duas décadas foram fundamentais no avanço do conhecimento da domesticação da *Piper aduncum* L., seleção de genótipos produtivos e avaliação das propriedades de interferência biológica de seu óleo essencial para o controle de pragas da agropecuária.

O avanço da maturidade tecnológica desse ativo despertou o interesse de empresas privadas na formalização de parcerias para que esse óleo essencial, na forma de um bioinsumo, possa ser utilizado na produção de bioinseticidas, biofungicidas e medicamentos de uso humano e animal.

No sentido de atender a demanda para a construção e organização de propostas de uma cadeia produtiva, fica evidente a necessidade de que as informações técnicas geradas até aqui sejam disponibilizadas de forma resumida e objetiva ao ponto de poder orientar iniciativas de produção do óleo essencial de *P. aduncum* em escala comercial a partir das experiências de produção-piloto vivenciadas ao longo dessas últimas décadas.

Este documento tem a intenção de avançar na oferta de informações para que se possa dar o primeiro passo rumo à elaboração de um sistema de produção eficiente que garanta a qualidade, tanto da matéria-prima quanto do óleo essencial, como opção de exploração sustentável da bioeconomia da Amazônia.

Esta publicação está de acordo com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 2 (Fome Zero e Agricultura Sustentável). Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável são uma coleção de 17 metas globais estabelecidas pela Assembleia Geral das Nações Unidas e contam com o apoio da Embrapa para que sejam atingidas.

*Bruno Pena Carvalho*  
Chefe-Geral da Embrapa Acre



# Sumário

---

|   |    |
|---|----|
| <b>Introdução</b>   | 9  |
| <b>Potencialidade e impactos da utilização do óleo essencial de <i>Piper aduncum</i> L.</b> | 12 |
| Na medicina   | 12 |
| Como inseticida e sinergista de inseticidas comerciais                                      | 13 |
| Como fungicida agrícola   | 17 |
| Impacto sobre o ambiente e organismos não alvos   | 17 |
| <b>Fluxo de produção de plantas em escala-piloto</b>  | 19 |
| Produção de matéria-prima para a destilação   | 19 |
| Plantio   | 26 |
| <b>Fluxo da produção de óleo essencial em escala de destilação-piloto</b>                   | 37 |
| <b>Considerações finais</b>   | 42 |
| <b>Referências</b>  | 44 |



## Introdução

---

*Piper aduncum* L. foi inicialmente referenciada para o tratamento de doenças humanas com farta indicação proveniente de populações tradicionais de diversos países (Pohlit et al., 2006).

Trata-se de uma espécie abundante no Acre, caracterizada como um quimiotipo da Amazônia cuja genética permite a produção de dilapiol nos níveis desejáveis para exploração em escala comercial. Após os resultados de pesquisa provenientes de projetos ao longo de duas décadas, considera-se atualmente que a produção do óleo essencial dessa planta encontra-se em escala-piloto necessitando de ajustes adicionais para configurar o sistema de produção definitivo.

Os resultados obtidos foram fundamentais para o avanço do conhecimento da domesticação da planta, seleção de genótipos e utilização prática do óleo essencial de *P. aduncum* (Oepa) no controle de pragas e doenças da agropecuária, podendo-se adotar o conhecimento adquirido como um alicerce para o processo de produção desse óleo essencial, à semelhança do utilizado para obtenção do óleo rico em safrol a partir de *P. hispidinervum* (Fazolin et al., 2006).

Inclui-se neste documento informações sobre o zoneamento pedoclimático de *P. aduncum*, demonstrando o potencial de exploração dessa espécie para o estado do Acre (Amaral et al., 2016). No entanto, a partir das avaliações realizadas por Bergo (2010), ficou estabelecido que plantas de *P. aduncum* oriundas do Acre providas do Banco Ativo de Germoplama (BAG) da Embrapa Acre não apresentaram alteração de produção de dilapiol presente no óleo essencial, quando cultivadas em Morretes, PR, permitindo concluir que a produção desse marcador químico possui forte influência de origem genética, pouco afetada pelo ambiente, o que credencia essa espécie ao plantio nas diferentes regiões do País.

A variabilidade genética entre plantas de *P. aduncum* é acompanhada por uma variação na produção entre 18 e 56 compostos diferentes em seu óleo essencial. Há também uma diferença na quantificação ou proporção relativa desses compostos em função dos

quimiotipos bioprospectados na Amazônia Ocidental na década de 1990 (Andrade et al., 2009).

Na área de produção-piloto (Figura 1), as plantas cultivadas e colhidas para processamento são oriundas de materiais selecionados do BAG (Figura 2) de aproximadamente 700 materiais distintos, que permitem a obtenção de óleo com teores de dilapiol acima de 75,0%.

Utilizando destilação por arraste de vapor associada ao processo de destilação fracionada, todos em escala-piloto, obtém-se o óleo essencial com uma composição em dilapiol constante e reproduzível, para atingir um nível desejado de interferência biológica que se encontra no intervalo de 70,0 a 88,0% (Fazolin et al., 2022a). Essa ferramenta proporciona um controle de qualidade do produto final.

A destilação fracionada ou retificação é um processo de separação mais aplicado industrialmente para o fracionamento de óleos essenciais (Andrade et al., 2011), sendo considerada, no campo da química de produtos naturais, como uma valiosa ferramenta para obtenção de frações do Oepa com elevado grau de pureza e qualidade.

A partir da comprovação científica, tanto em condições *in vitro* como em áreas de produção, do efeito inseticida do Oepa para mais de dez pragas de importância para o agronegócio brasileiro, além de controlar uma gama considerável de microrganismos fitopatológicos de semelhante importância, ocorreu, nos últimos 5 anos um significativo aumento do interesse de empresas para o desenvolvimento de formulações biopesticidas.

Interesses adicionais de parcerias privadas para a formulação de medicamentos humanos e animais, além do controle de microrganismos de importância agrícola, também reforçam, durante as articulações para negociação da tecnologia, a necessidade de estimular a produção do Oepa em escala comercial.

Portanto, avanços na oferta de informações de produção em escala-piloto poderão certamente fornecer subsídios para o dimensionamento da produção em maiores escalas desse importante bioinsumo da bioeconomia da Amazônia.



Foto: Murilo Fazolin

**Figura 1.** Área de produção de plantas de *Piper aduncum* L. instalada na Embrapa Acre a partir de seleção dos materiais genéticos superiores do Banco Ativo de Germoplasma.



Foto: Murilo Fazolin

**Figura 2.** Banco Ativo de Germoplasma de plantas de *Piper aduncum* L. instalado na Embrapa Acre a partir da bioprospecção de materiais genéticos na Amazônia Ocidental.

# Potencialidade e impactos da utilização do óleo essencial de *Piper aduncum* L.

---

## Na medicina

Muitas das propriedades biológicas do óleo essencial de *P. aduncum* (Oepa) têm sido avaliadas por vários pesquisadores. A atividade antibacteriana, por exemplo, foi devidamente relatada em uma completa revisão realizada por Monzote et al. (2017). Destacam-se os resultados promissores obtidos contra agentes importantes causadores de infecções nosocomiais (infecções hospitalares), tais como *Staphylococcus aureus* Rosenbach, 1884, *S. epidermidis* e *S. lentus* (Brazão et al., 2014).

Dentro dessa importante demanda por medicamentos alternativos, com vistas a mitigar o problema da rápida evolução da resistência dos agentes infectantes dos organismos humanos, foram obtidos resultados promissores utilizando-se Oepa na prevenção da infecção em pacientes imunocomprometidos ou imunocomprometidos pela atividade de *Cryptococcus neoformans* (San Felice) Vuill. (fungos oportunistas, causadores de meningoencefalite e morte em indivíduos com a síndrome da imunodeficiência adquirida) (Navickiene et al., 2006).

Existem também atividades adicionais relacionadas ao uso de Oepa tais como: antioxidantes (Ingaroca et al., 2019), anti-inflamatórias (Parise-Filho et al., 2011) e antiplaquetárias na prevenção de síndromes coronarianas agudas (Guerrini et al., 2009).

Ferreira et al. (2014) demonstraram pela primeira vez que o dilapiol, presente no Oepa, tem consideráveis efeitos citotóxicos contra uma variedade de células tumorais, podendo atuar como um composto pró-oxidante por meio da indução da liberação de espécies reativas de oxigênio (ROS) em células MDA-MB-231. Além disso, relataram

que os estudos de modelagem molecular corroboraram os achados biológicos e sugeriram que o dilapiol pode apresentar um bom perfil farmacocinético, principalmente devido ao seu caráter hidrofóbico, que pode facilitar sua difusão através das membranas celulares tumorais. Todas essas evidências confirmam o fato de que o dilapiol é um promissor agente anticâncer.

Em formulações de creme e pomadas à base de OEs, propriedades repelentes utilizando Oepa foram consideradas mais adequadas do que em formulações em gel (Mamood et al., 2017). Essas formulações foram testadas para proteção contra adultos de *Aedes aegypti* (L., 1762) (Diptera: Culicidae) em condições laboratoriais apresentando resultados promissores.

## Como inseticida e sinergista de inseticidas comerciais

De uma maneira geral, os óleos essenciais podem apresentar efeitos inseticida, repelente e de redução de crescimento sobre diversos insetos-praga, controlando efetivamente espécies fitófagas de pré e pós-colheita. Além disso, podem apresentar efeito repelente sobre mosquitos vetores de patógenos causadores de doenças, insetos domésticos e pragas de plantas ornamentais. Com poucas exceções, sua toxicidade a mamíferos é baixa com curta persistência no ambiente (Regnault-Roger et al., 2012).

O óleo essencial de *P. aduncum* tem como composto majoritário o dilapiol (Fazolin et al., 2007), cuja estrutura química é formada pelo grupo metilendioxiifenil ligado a dois grupos metoxila (OCH<sub>3</sub>). Esse composto interfere nas funções das três principais famílias de enzimas detoxificativas dos insetos: monooxigenases dependentes do citocromo P450, esterases e glutationa S-transferases, viabilizando sua utilização como inseticida e componente sinergista de inseticidas sintéticos convencionais (Nagabu; Lakshmaiah, 1994; Janiaud et al., 1997; Liu, 2015).

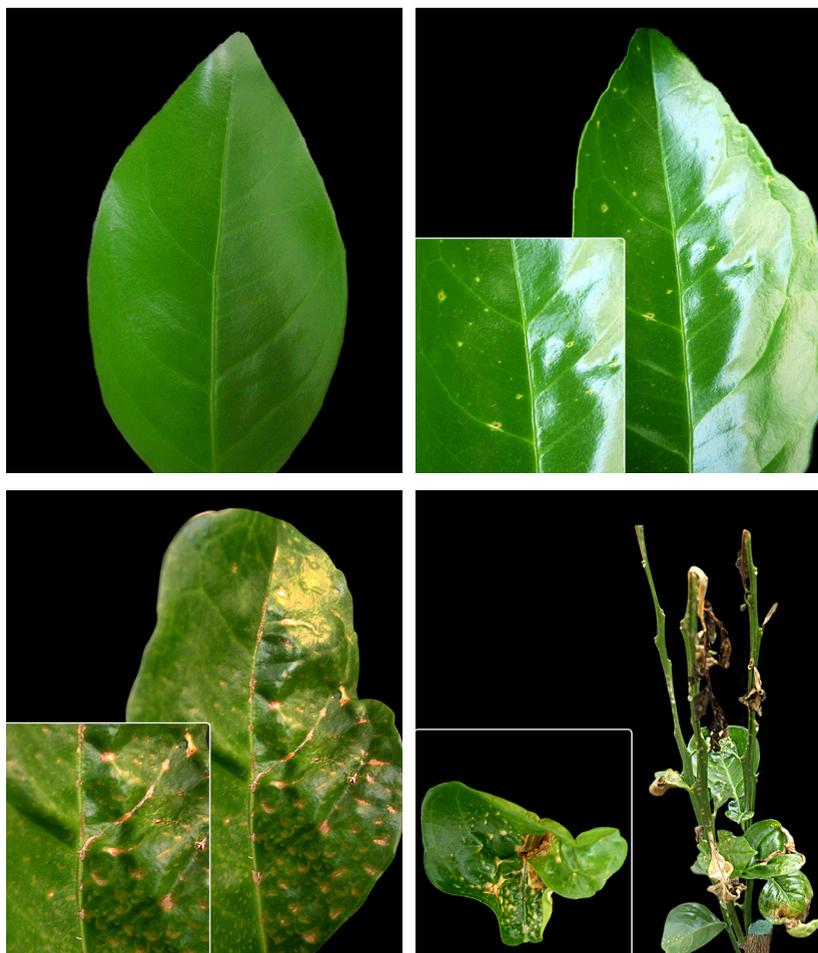
A presença majoritária do dilapiol pode explicar o efeito inseticida do óleo utilizado para o controle de vários artrópodes de importância agrícola e vetores de doenças humanas, tais como *Ostrinia nubilalis* (Hübner, 1796) (Bernard et al., 1990, 1995), *Aedes atropalpus* (Coquillett) (Diptera: Culicidae) (Bernard et al., 1995), *Aedes aegypti* (L., 1762) (Diptera: Culicidae) (Silva et al., 2019), *Culex quinquefasciatus* Say, 1823 (Diptera: Culicidae) (Maureen et al., 2018), *Cerotoma tingomarianus* Bechyné (Coleoptera: Chrysomelidae) (Fazolin et al., 2005), *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) (Estrela et al., 2006), *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae) (Fazolin et al., 2007), *Aetalion* sp. (Hemiptera: Aetalionidae) (Silva et al., 2007), *Aleurocanthus woglumi* Ashby (Hemiptera: Aleyrodidae) (Castro et al., 2009), *Solenopsis saevissima* F. Smith (Hymenoptera: Formicidae) (Souto et al., 2011) e *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) (Volpe et al., 2016).

Em condições de campo foram observados resultados adversos da utilização do Oepa emulsificado com espalhantes adesivos e pulverizado em plantas de milho (*Zea mays* L.), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e melão (*Cucumis melo* L.), cujas folhas podem ser consideradas tenras e, conseqüentemente, sensíveis ao óleo apresentando fitotoxicidade. Isso inviabiliza a sua utilização como inseticida sem uma formulação adequada para mitigar esse efeito negativo (Braga Sobrinho et al., 2012; Fazolin et al., 2022b).

Tal evidência pode ser comprovada em avaliações subsequentes realizadas em plantas de citros submetidas à pulverização do Oepa com o objetivo de controlar o psilídeo-dos-citros, *D. citri*. Nesse caso, o Oepa (79,4 e 85,4% em dilapiol) em concentrações acima de 1,0% (V/V) de água, com adição de 0,025% (V/V) do espalhante adesivo Silwet (copolímero poliéster e silicone), causou fitotoxicidade às plantas (Figura 3), embora promovendo um controle eficaz do inseto-praga (Volpe et al., 2018).

Em pulverizações com formulação de Oepa semelhante às descritas anteriormente, em plantas com folhas coriáceas, como as do abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merr.), foi obtido um controle eficaz

da broca-do-fruto-do-abacaxi, *Strymon megarus* (Godt., 1824) (Lepidoptera: Lycaenidae), não sendo constatado o efeito de fitotoxicidade (Figura 4) em doses do óleo de 1,5 L/ha (Óleo [...], 2020).



Fotos: Haroldo Xavier Linhares Volpe

**Figura 3.** Diferentes níveis de fitotoxicidade do óleo essencial de *Piper aduncum* L. às plantas de laranja-doce (*Citrus sinensis* Macfad.) com níveis crescentes de concentração (da esquerda para a direita) para o controle de *Diaphorina citri* Kuwayama.

Foto: Murilo Fazolin



**Figura 4.** Ausência de fitotoxicidade do óleo essencial de *Piper aduncum* L. às plantas de abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merr.) pulverizadas ao nível de campo para o controle de *Strymon megarus* (Godt., 1824).

Existe um considerável volume de informações sobre o efeito sinérgico do dilapiol, que revela a sua importância como um dos compostos com maior possibilidade de suceder o butóxido de piperonila sintético (Walia et al., 2004). Além da inibição enzimática de todos os principais grupos de enzimas destoxicativas (Liu, 2015), o dilapiol apresenta potencial para sinergizar um grande número de princípios ativos de diferentes grupos químicos de inseticidas (metilcarbamatos, organofosforados, piretroides e neonicotinoides) formulados comercialmente na forma de misturas prontas de princípios ativos (Joffe, 2011; Fazolin et al., 2015, 2016a, 2016b, 2016c, 2017), além de inseticidas naturais como *Melia* spp., nim, toosendanina, rotenona e piretro (Bhuiyan et al., 2001; Joffe, 2011). Nesse caso, não ocorre a

fitotoxicidade em função das quantidades de Oepa utilizadas como sinergista dos inseticidas químicos serem abaixo de 0,25% (V/V).

## Como fungicida agrícola

Embora o número de publicações a respeito da ação do Oepa sobre os microrganismos fitopatológicos seja modesto, alguns trabalhos merecem destaque pela importância das culturas afetadas.

Bastos (1997) demonstrou, *in vitro* e *in vivo*, a ação inibitória do Oepa contra *Crinipellis pernicioso* (Stahel) Singer, agente causal da vassoura-de-bruxa do cacauero (*Theobroma cacao* L.). Efeitos positivos do Oepa no controle de *Colletotrichum musae* (Berk. & M.A. Curtis) Arx, (1957) em aplicação pós-colheita de frutos de banana (*Musa* spp.) foram obtidos por Bastos e Albuquerque (2004) diminuindo significativamente a infecção da antracnose.

No controle de *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon & Maubl. e *Botryosphaeria dothidea* (Moug.) Ces. & De Not., o Oepa mostrou eficácia promissora na proteção de frutos de manga contra esses microrganismos (Cruz et al., 2012).

## Impacto sobre o ambiente e organismos não alvos

Muito se especula sobre o impacto da utilização do Oepa, independentemente da formulação, sobre os organismos não alvos e o meio ambiente. Como esse agente de controle ainda não foi aplicado em grande escala, podem-se inferir pontos positivos e negativos a respeito de sua ação sobre o ambiente.

Avaliações do emprego do Oepa para o controle de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) mostraram uma intoxicação aguda diferencial para ninfas de quinto instar dessa praga e adultos de *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae), importante parasitoide utilizado para o manejo dessa praga da citricultura brasileira. Tais resultados demonstraram diferenças significativas entre

as espécies-alvo, com níveis de toxicidade mais pronunciados para a espécie praga do que para seu inimigo natural. Portanto, uma vez superado o problema da fitotoxicidade, esses resultados poderão indicar que o óleo essencial à base de dilapiol poderá constituir uma alternativa importante para o manejo fitossanitário de *D. citri* nos sistemas de produção de citros brasileiros (Sousa, 2017).

Thomazini e Amorim (2005) observaram alterações biológicas de *Ceraeochrysa cubana* (Neuroptera: Chrysopidae), dependendo da fase de desenvolvimento do inseto, quando em contato com o Oepa. Essa espécie é uma importante predadora de várias ordens de insetos e ácaros considerados pragas agrícolas. Os ovos de *C. cubana* são inviabilizados em 43,0% quando imersos em emulsões de 0,5% (V/V) do Oepa, ressaltando-se que essa pode ser considerada uma exposição drástica ao produto, diferentemente do que ocorre em pulverizações de campo para o controle de pragas. Não foram observadas alterações no estágio embrionário.

Já as larvas de primeiro instar apresentaram mortalidade acima de 50,0% por contato tópico a partir de concentrações de 4,75%. Larvas de terceiro instar mostraram-se tolerantes ao óleo, uma vez que as maiores porcentagens de mortalidade foram observadas nas aplicações tópicas somente em concentrações maiores que 22,5% (V/V). Os insetos que foram submetidos ao contato em superfície contaminada apresentaram mortalidade significativa a partir de concentrações de 4,0% (V/V) do óleo essencial.

Levando-se em consideração que no campo o Oepa tem apresentado eficácia no controle de pragas em concentrações próximas a 1,0% (V/V), pode-se considerar o produto seletivo para *C. cubana*.

Em piscicultura o Oepa é uma alternativa aos quimioterápicos no tratamento e prevenção de doenças. No entanto, são necessários dados ecotoxicológicos para garantir seu uso adequado e evitar efeitos adversos sobre a microfauna não alvo. O Oepa afetou diferencialmente o crescimento e a mortalidade de organismo de diferentes níveis tróficos, como microcrustáceos que apresentaram maior sensibilidade quando comparados às sementes de plantas, algas e nematoides. A concentração estimada em 0,09 mg/L pode ser considerada a mais

segura para uso desse óleo em produção aquícola sem comprometer a coexistência da biota (Miura et al., 2021).

## Fluxo de produção de plantas em escala-piloto

---

### Produção de matéria-prima para a destilação

Embora não se tenha estabelecido e validado um sistema de produção para *Piper aduncum* L., seu cultivo em escala-piloto vem sendo realizado com sucesso, tomando-se como referência os mesmos procedimentos adotados para *Piper hispidinervum* C.DC.

### Enviveiramento

O preparo das mudas deve ser realizado entre outubro e novembro, em viveiros construídos de madeira, em área plana isenta de encharcamento, no sentido leste-oeste, com cobertura plástica transparente ou sombrite, a uma altura de 2,5 m de pé-direito com esteio central de 3,5 m (Figura 5).

### Semeadura

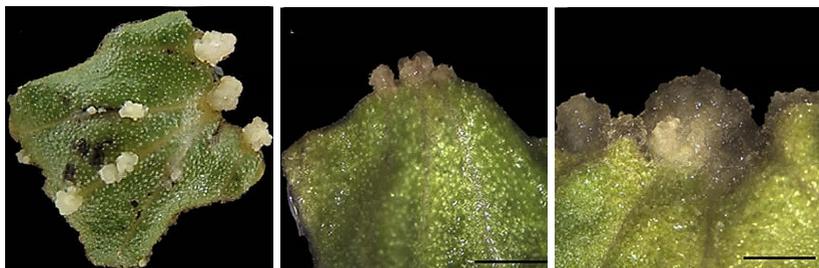
Na utilização de sementes para a reprodução das plantas de *P. aduncum* provenientes de populações que coexistem com outros quimiotipos de pimentas-longas (Andrade et al., 2009), foi observado que o óleo apresenta uma variação significativa em dilapiol e outros compostos marcadores dessas piperáceas, sugerindo a ocorrência de polinização cruzada das plantas de quimiotipos diferentes. Portanto, se a opção para a obtenção de mudas recair pela via de sementes, essas deverão ser obtidas de plantas de populações isoladas do “quimiotipo dilapiol”, ou seja, de plantas cujo óleo essencial apresente teores de dilapiol entre 57,6 e 94,0% (Andrade et al., 2009).

Foto: Jacson Rondinelli da Silva Negreiros



**Figura 5.** Viveiro de mudas de *Piper aduncum* L.

Outra técnica desenvolvida para produção de mudas de *P. aduncum* em larga escala e que atualmente necessita de validação é baseada nos métodos de propagação vegetativa por microestaquia in vitro e/ou miniestaquia in vivo de clones caracterizados e selecionados em relação aos parâmetros de produção e composição de óleo, oriundos de materiais de alta capacidade embriogênica. O protocolo desenvolvido por Sousa et al. (2020) disponibiliza a fonte de propágulos (Figuras 6 a 8) necessária para as demais atividades de estabelecimento de cultivos em suspensão e a regeneração de plantas clonais utilizando biorreatores (Figuras 9 a 11) de imersão temporária para a produção de mudas de materiais selecionados.



Fotos: Jonny Everson S. Pereira

**Figura 6.** Formação de calos primários em diferentes acessos de *Piper aduncum* L. após 40 dias de cultura em meio de indução.



Fotos: Jonny Everson S. Pereira

**Figura 7.** Calos embriogênicos em diferentes acessos de *Piper aduncum* L. obtidos após 80 dias em meio de indução.



Fotos: Jonny Everson S. Pereira

**Figura 8.** Embriões somáticos em diferentes acessos de *Piper aduncum* L. observados após 45 dias em meio de cultura.

Fotos: Jonny Everson Scherwinski Pereira



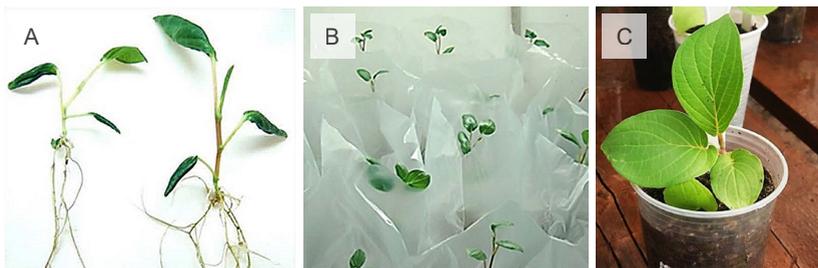
**Figura 9.** Individualização dos embriões somáticos em meio de cultura (A); início do desenvolvimento radicular (B); alongamento da parte aérea da plântula (C).

Fotos: Jonny Everson Scherwinski Pereira



**Figura 10.** Emergência da área pilórica (A); início do desenvolvimento radicular (B); planta regenerada (C).

Fotos: Jonny Everson S. Pereira



**Figura 11.** Plantas selecionadas para aclimação (A); em fase de pré-aclimação em câmara de crescimento com ambiente controlado (B); em estufa após pré-aclimação (C).

As mudas de *P. aduncum* provenientes de sementes podem ser produzidas de duas maneiras:

a) Em copinhos de plástico de 180 mL, com perfurações na base para drenagem de água de rega ou da chuva (Figura 12). Os copinhos devem ser dispostos no viveiro, em blocos de 1 m de largura, distanciados 50 cm no comprimento do viveiro, para facilitar o manuseio. A produção de mudas para 1 ha requer um viveiro de tamanho equivalente a 120 m<sup>2</sup>.



Fotos: Jacson Rondinelli da Silva Negreiros

**Figura 12.** Mudanças de plantas de *Piper aduncum* L. desenvolvendo-se em copos plásticos: detalhe do acondicionamento em copos descartáveis (A); visão geral do viveiro com as mudas acondicionadas nesse tipo de recipiente (B).

Após 2 a 3 dias de irrigação, deve-se efetuar a semeadura direta, colocando-se três a quatro sementes por copinho. Proceder à irrigação com pulverizador de 20 L, evitando encharcamento do substrato. Após a semeadura as sementes deverão ficar protegidas da luz, por uma cobertura feita de material da região (palha de jarina, ouricuri, coqueiro, etc.), a uma altura de 20 cm.

b) Em tubetes de polipropileno (tubetes plásticos) com capacidade de 110 cm<sup>3</sup> e estriados internamente (Negreiros et al., 2012) (Figura 13).

Fotos: Murilo Fazolin (A); Jacson Rondinelli da Silva Negreiros (B)



**Figura 13.** Mudas de plantas de *Piper aduncum* L. desenvolvidas em tubetes: detalhe do acondicionamento em tubetes (A); visão geral do viveiro com as mudas acondicionadas nesse tipo de recipiente (B).

Apesar do maior custo inicial quando se utilizam os tubetes, sua principal vantagem é a reutilização, já que para a implantação de 1 ha de *P. aduncum* no espaçamento recomendado é necessário produzir 11 mil mudas. O tubete, além de reutilizável quando da ampliação do plantio, favorece a produção de mudas de maior qualidade, menor custo, que se reflete diretamente na extração do óleo essencial. Outra vantagem da muda produzida nesse sistema é que pode ser utilizada em plantio mecanizado em plantadeira adaptada, como por exemplo, a plantadeira “topa tudo”, desenvolvida pela Embrapa Clima Temperado (Betemps, 2024).

As sementes são semeadas nos tubetes cheios de substrato e em seguida cobertas com uma camada fina do material, realizando regas diárias, de preferência com sistema de irrigação por nebulização, de modo que as sementes não sejam arremessadas para fora do tubete e não haja encharcamento. Além disso, deve-se evitar a rega direta com água eventualmente aquecida na própria tubulação do sistema de irrigação, o que pode queimar as folhas e até matar as mudas.

Os tubetes semeados devem ser protegidos do sol com sombrite ou palha, como de jarina e coqueiro, na cobertura do viveiro e nas laterais. Após 20 a 25 dias da semeadura deve-se fazer o desbaste, deixando apenas uma muda por tubete.

Para a produção de 11 mil mudas, quantidade equivalente a 1 ha de plantio de pimenta-de-macaco no espaçamento 1 x 1 m e mais um excedente de 10,0% para reposição, o viveiro deve possuir no mínimo 70 m<sup>2</sup>.

Requerendo pequenas adaptações, a mesma lógica de produção poderá ser seguida para o acondicionamento e desenvolvimento de mudas obtidas por embriogênese somática.

## Condução do viveiro

A manutenção das mudas deve ser realizada com a retirada de plantas invasoras dos tubetes, para que não ocorra competição, e com rega diária, evitando o encharcamento do substrato.

Deve-se realizar a adubação com fertilizante foliar disponível no mercado e registrado no Ministério da Agricultura, sendo recomendado NPK na fórmula 30:10:10 + micronutrientes, em uma dosagem de 3 g/L aos 40 e 60 dias após a semeadura, garantindo a nutrição mineral das mudas (Negreiros et al., 2012).

A cobertura de sombrite ou palha deve ser retirada gradualmente, iniciando aos 50 dias de viveiro ou aproximadamente 2 semanas antes da implantação no campo, a fim de que as plantas estejam aclimatadas para o plantio definitivo e sofram menos com a falta de água e a incidência direta da luz do sol no campo. Após 70–90 dias no viveiro ou quando apresentarem cerca de 6 cm de altura, as mudas devem ser transplantadas (Negreiros et al., 2012).

## Plantio

### Escolha do local definitivo para plantio

Na escolha da área para implantação da *P. aduncum* (Figura 14) devem-se considerar as seguintes características:

a) A área não deve ter declividade acima de ondulado (12–20%) para facilitar a aplicação dos tratos culturais.

b) Não utilizar áreas sujeitas a encharcamento, sejam à margem de rios ou solos rasos, para evitar a morte das plantas e aparecimento de doenças.

c) Evitar o plantio em áreas anteriormente cultivadas com solanáceas (tomate, berinjela, etc.) para impedir o aparecimento de doenças bacterianas.

d) Evitar o plantio em solos de textura arenosa, a fim de reduzir o estresse hídrico durante o período seco e, conseqüentemente,

diminuir a produção de óleo essencial, dando preferência a solos de textura média.

e) Facilidade no acesso à área, favorecendo o transporte de mudas para o local definitivo, bem como o da biomassa para o beneficiamento, além de seu retorno, após a extração do óleo, para a reposição de nutrientes.



Foto: Murilo Fazolin

**Figura 14.** Área com características ideais para a implantação da cultura de *Piper aduncum* L.

## Preparo da área

O plantio da *P. aduncum* pressupõe a utilização de área com vegetação secundária (pastagem degradada). Recomenda-se, ainda, que antes do plantio seja feita a análise do solo para definir as necessidades de adubação. Para a correção da acidez, nas áreas cujo pH encontra-se abaixo de 5,5, recomenda-se utilizar 1 mil quilograma por hectare de calcário dolomítico, 2 meses antes do plantio. Ainda no preparo da área são realizadas duas gradagens, sendo a primeira com grade pesada para o controle das plantas invasoras e descompactação do solo, e a segunda com grade niveladora para incorporação do calcário e nivelamento da área. Para o controle de plantas

invasoras, recomenda-se uma aplicação de herbicida pré-emergente 10 dias após a primeira gradagem.

Após o preparo do terreno, deve-se iniciar a marcação das covas, que deverão ser alinhadas em nível. As covas devem ser feitas, no mínimo, 30 dias antes do plantio, com dimensões de 20,0 x 20,0 x 20,0 cm. Após a abertura, misturar o solo com adubos químicos necessários e colocar dentro das covas ou em cobertura, conforme recomendação (Bergo et al., 2002), visando à maior eficiência do sistema: no 1º ano deve-se efetuar somente uma adubação na cova, 30 dias antes do plantio com 4 g de  $P_2O_5$ ; a partir do 2º ano em diante, após os cortes da biomassa, aplicar em cobertura 2 g de  $P_2O_5$ , 7 g de N e 12 g de  $K_2O$  por planta.

O plantio deve ser realizado no período chuvoso, entre novembro e dezembro, no espaçamento de 1,0 x 1,0 m, utilizando plantas vigorosas e sem defeitos, colocando-se uma por cova. Deve-se fazê-lo abrindo pequenas covas nas anteriormente preparadas, colocando-se o colo das plantas no nível do solo. Durante a retirada das plantas dos copinhos ou tubetes, evitar a quebra de raízes. A seguir, compactar a terra ao redor da planta, fazendo ligeira pressão de cima para baixo.

Observações práticas foram realizadas indicando a possibilidade de adoção de espaçamentos maiores (1,0 x 1,5 m) (Silva, 2009), uma vez que nessas condições ocorre um maior enfolhamento da base da planta em função da maior exposição à luz solar dessa região. Espaçamentos desse tipo seriam apropriados em áreas de produção idealizadas para renovação acima de 5 anos de exploração. No entanto, sua adoção está estreitamente relacionada ao tipo de colheitadeira a ser desenvolvida/utilizada, uma vez que deve ser levado em consideração que em sendo arbustivas as plantas de *P. aduncum* apresentam um engrossamento considerável do caule principal a partir do quarto ano de corte.

## Replântio

O replântio é uma operação importante no cultivo de *P. aduncum*. Deve-se iniciá-lo 20 a 30 dias após o plantio, substituindo as plantas fracas e mortas por plantas vigorosas.

## Tratos culturais

Após os cortes da biomassa a utilização de material vegetal decomposto (resíduo da biomassa destilada da pimenta-longa), em cobertura, é imprescindível para evitar a infestação de plantas daninhas, manter a umidade do solo no período de estiagem, assim como melhorar suas características físicas e químicas.

## Irrigação

Souza et al. (2018) avaliaram modelos de manejo de irrigação de plantas de *P. aduncum*, concluindo que a massa fresca total, massa fresca de folhas e ramos finos e massa seca de folhas e ramos finos apresentaram respostas lineares decrescentes com o aumento da tensão da água no solo, ou seja, com menor disponibilidade de água no solo. Os autores concluíram que a faixa de tensão de água no solo, para definir o momento de iniciar a irrigação na cultura, é entre as tensões de 20 a 60 kPa. Quanto ao rendimento em dilapiol, o percentual médio do composto no óleo essencial entre as tensões da água no solo foi de 90,15% não havendo resposta do percentual de dilapiol às tensões da água no solo, demonstrando assim que a *P. aduncum* é capaz de produzir dilapiol mesmo em condições adversas de disponibilidade de água no solo.

Quanto à faixa de tensão da água no solo para definir o momento da irrigação visando à obtenção da produtividade máxima da *P. aduncum*, os autores concluíram que é de 20 a 60 kPa.

Atualmente o campo de produção utiliza a irrigação por aspersão (Figura 15).

Foto: Murilo Fazolin



**Figura 15.** Sistema de irrigação por aspersão instalado em área de cultivo da *Piper aduncum* L.

## Manejo de plantas daninhas

Para evitar a concorrência por água e nutrientes, assim como permitir um bom desenvolvimento da *P. aduncum*, recomenda-se o controle de plantas daninhas por meio de duas capinas anuais. No caso de extensas áreas de plantio, pode-se utilizar uma capina mecanizada com o uso de enxadas rotativas acopladas a um trator (Figura 16). Esse tipo de capina é utilizado ainda quando as plantas possuem porte pequeno, pois à medida que vão crescendo, formam uma copa que impossibilita a passagem do trator e implemento, além de danificar a estrutura das plantas. Nesse tipo de capina mecanizada, caso necessário, devem-se realizar ajustes no espaçamento entre plantas ou na bitola do trator.



Fotos: Jacson Roncinelli da Silva Negreiros



**Figura 16.** Capina mecanizada em plantio de *Piper aduncum* L.: capina entre as plantas (A); detalhe da enxada rotativa acoplada ao trator (B).

## Colheita e pós-colheita

Quando a copa das plantas atingirem 1 m de diâmetro e altura de 1,70 m, normalmente aos 12 meses após o plantio definitivo, deve-se efetuar o corte de 20 a 30 cm acima do solo, com roçadeira costal motorizada acoplada a um disco de 200 mm de diâmetro por 8" para evitar rachaduras do caule (Figura 17), considerada ideal para pequenas áreas de cultivo. As plantas deverão ser separadas do ramo principal (que não possui quantidades significativas de óleo), aproveitando-se apenas os talos finos e folhas que deverão ser transportados para o secador. No caso de grandes áreas, pode-se realizar a colheita mecanizada por meio de colhedoras adaptadas para a cultura. Uma possibilidade é o uso da colhedora de sorgo adaptada para tal finalidade (Figura 18), processo esse que ainda necessita de ajustes.

No Acre, a colheita deve ser realizada no período de fevereiro a abril, época das chuvas na região, facilitando o rebrote e renovação das plantas (Figura 19). Ressalta-se que nos meses de março e abril têm sido obtidas melhores produtividades com um corte ao ano, embora não seja seguro estender os cortes até o final de abril ou maio, uma vez que, dependendo do ano, poderá faltar água e as plantas podem não rebrotar a contento, a não ser que se tenha disponibilidade de irrigação suplementar.

O fato da rebrota produzir plantas com produtividade e qualidade de óleo sem alterações durante pelo menos 5 anos pode ser considerado uma vantagem na exploração comercial da espécie. Nesse caso, deverá ser observada, se necessário, a correção da acidez do solo, seguida da reposição nutricional por meio de adubação por cobertura (Bergo et al., 2002).



Fotos: Murilo Fazolin



**Figura 17.** Corte de plantas de *Piper aduncum* L. utilizando roçadeira costal motorizada (A); separação de talos finos e folhas para serem submetidos à secagem (B).



Foto: Jacson Rondinelli da Silva Negreiros

**Figura 18.** Adaptação de colheitadeira mecanizada para o corte e carregamento da biomassa de plantas de *Piper aduncum* L.

## Secagem

Dando continuidade à etapa anterior, a biomassa colhida deve ser distribuída em secador solar (secador adaptado de Pimentel et al., 2000) (Figura 20), constituindo uma camada de 15 a 20 cm de altura por um período de 5 a 7 dias de secagem (parâmetro ainda em definição) (Figura 20). Durante esse período, a biomassa deve ser revolvida diariamente para padronizar a secagem, evitar a fermentação e facilitar a aeração. O secador deve ser construído no sentido leste-oeste para homogeneizar a passagem da luz solar e suas laterais devem ser protegidas para evitar que a água oriunda das chuvas respingue sobre a biomassa. Decorrido o período de secagem, a biomassa seca deve ser destilada para evitar a perda de compostos, assim como reabsorver umidade novamente, prejudicando o processo de extração de óleo essencial.



Fotos: Murilo Fazolin

**Figura 19.** Área de produção de *Piper aduncum* L. com o corte das plantas finalizado (A); rebrota com 3 meses após o corte, correção e adubação (B).



**Figura 20.** Secador solar para biomassa de *Piper aduncum* L.: detalhe da lateral mostrando os aeradores e piso (A); secador finalizado em operação de secagem (B).

## Fluxo da produção de óleo essencial em escala de destilação-piloto

A extração do óleo essencial é realizada por meio de arraste de vapor de água, utilizando sistema de caldeira acoplada a um extrator (Figura 21A), contendo uma base telada para passagem de vapor (Figura 21B) e uma tampa acoplada sob pressão (Figura 21C). A condensação do vapor é feita pela passagem desse por uma serpentina imersa em um tambor contendo água à temperatura de 30 °C (Figura 21D). A água de resfriamento não pode ultrapassar essa temperatura, pois acima desse valor a condensação perde a eficácia gerando perdas de óleo essencial no processo. Para o resfriamento da água pode-se utilizar um sistema de arrefecimento por meio de uma torre de resfriamento ou pela passagem de água vinda de um tanque por bombeamento mecânico. A mistura da água e do óleo essencial com alto teor de dilapiol é recebida em coletores de decantação para separação de fases por um período de 12 horas (Figura 21E).

O tempo de destilação é de aproximadamente 4 horas, e esse período deve ser controlado em função da pressão do vapor sob a biomassa e da concentração do dilapiol no óleo essencial. A caldeira e o extrator deverão ser construídos em aço inox, a serpentina deve ser de cobre ou aço inoxidável e os coletores de aço inoxidável.

Durante o beneficiamento, a biomassa contendo entre 20,0 e 30,0% de umidade deve ser acondicionada no extrator sob compactação e distribuição uniforme, utilizando pisoteio, para impedir a passagem livre de vapor de água, evitando dessa forma reduzir a extração do óleo. Após decantação, o óleo deve ser filtrado e armazenado, com no máximo 2,0% de impurezas, em tambores de aço revestidos com epóxi, para posterior comercialização.

Fotos: Murilo Fazolin



**Figura 21.** Sequência da operação de destilação por arraste de vapor: caldeira acoplada a um extrator (A); detalhe da base telada para passagem de vapor (B); detalhe da tampa acoplada sob pressão (C); serpentina de condensação em um recipiente com água à temperatura de 30 °C (D); coletor para decantação (E).

A composição do óleo essencial de *P. aduncum* mais utilizada como agente de controle de insetos e fungos fitopatogênicos encontra-se na Tabela 1.

No entanto, para o controle de qualidade, amostras da produção de óleo deverão ser submetidas ao processo de cromatografia gasosa (CG) a fim de determinar o teor de dilapiol, para controle de qualidade e correção de processamento quando necessário. Se os teores de dilapiol estiverem abaixo de 75,0% (mínimo para maior eficácia na produção de formulações inseticidas), os volumes a serem determinados deverão ser submetidos ao processo de purificação por retificação fracionada (Figura 22).

Nesse processo a separação ocorre por diferença da pressão de vapor e dos calores de vaporização dos componentes. A sua eficiência na separação é dependente também do número de pratos teóricos da coluna de fracionamento e da velocidade com que a destilação se processa. Durante o processo podem ser obtidas em média três frações: uma rica em terpenoides, uma intermediária (terpenoides e fenilpropanoides) e uma fração final rica em dilapiol e outros fenilpropanoides.

**Tabela 1.** Composição (área %) do óleo essencial de *Piper aduncum* L. obtida por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-MS).

| Pico | IRL <sub>calc</sub> <sup>(1)</sup> | IRL <sub>lit</sub> <sup>(2)</sup> | Composto identificado          | Área (%) <sup>(3)</sup> |
|------|------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| 1    | 932                                | 932                               | $\alpha$ -pineno               | 0,7                     |
| 2    | 976                                | 974                               | $\beta$ -pineno                | 1,2                     |
| 3    | 1.005                              | 1.002                             | $\alpha$ -felandreno           | 0,4                     |
| 4    | 1.022                              | 1.020                             | <i>p</i> -cimeno               | n.q.                    |
| 5    | 1.026                              | 1.024                             | limoneno                       | n.q.                    |
| 6    | 1.035                              | 1.032                             | ( <i>Z</i> )- $\beta$ -ocimeno | n.q.                    |
| 7    | 1.046                              | 1.044                             | ( <i>E</i> )- $\beta$ -ocimeno | 0,5                     |

Continua...

Tabela 1. Continuação.

| Pico | IRL <sub>calc</sub> <sup>(1)</sup> | IRL <sub>lit</sub> <sup>(2)</sup> | Composto identificado     | Área (%) <sup>(3)</sup> |
|------|------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|-------------------------|
| 8    | 1.345                              | 1.345                             | $\alpha$ -cubebeno        | n.q.                    |
| 9    | 1.362                              | 1.369                             | ciclosativeno             | n.q.                    |
| 10   | 1.374                              | 1.374                             | $\alpha$ -copaeno         | 1,0                     |
| 11   | 1.389                              | 1.389                             | $\beta$ -elemeno          | n.q.                    |
| 12   | 1.404                              | 1.409                             | $\alpha$ -gurjuneno       | n.q.                    |
| 13   | 1.415                              | 1.417                             | (E)-cariofileno           | 8,0                     |
| 14   | 1.423                              | 1.430                             | $\beta$ -copaeno          | n.q.                    |
| 15   | 1.433                              | 1.439                             | aromadendreno             | n.q.                    |
| 16   | 1.448                              | 1.449                             | $\alpha$ -humuleno        | 1,0                     |
| 17   | 1.455                              | 1.457                             | $\beta$ -santaleno        | n.q.                    |
| 18   | 1.472                              | 1.477                             | $\gamma$ -muuroleno       | n.q.                    |
| 19   | 1.479                              | 1.480                             | germacreno D              | 0,9                     |
| 20   | 1.486                              | 1.489                             | $\beta$ -selineno         | n.q.                    |
| 21   | 1.490                              | 1.493                             | (E)-muurolo-4(14),5-dieno | n.q.                    |
| 22   | 1.494                              | 1.494                             | biciclogermacreno         | 1,0                     |
| 23   | 1.497                              | 1.500                             | pentadecano               | 1,7                     |
| 24   | 1.506                              | 1.511                             | $\delta$ -amorfenos       | 0,5                     |
| 25   | 1.515                              | 1.514                             | cubebol                   | 0,8                     |
| 26   | 1.519                              | 1.517                             | miristicina               | 2,4                     |
| 27   | 1.528                              | 1.533                             | (E)-cadina-1,4-dieno      | n.q.                    |
| 28   | 1.538                              | 1.544                             | $\alpha$ -calacoreno      | n.q.                    |
| 29   | 1.556                              | 1.555                             | elemencina                | n.q.                    |

Continua...

**Tabela 1.** Continuação.

| Pico | IRL <sub>calc</sub> <sup>(1)</sup> | IRL <sub>lit</sub> <sup>(2)</sup> | Composto identificado     | Área (%) <sup>(3)</sup> |
|------|------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|-------------------------|
| 30   | 1.561                              | 1.561                             | (E)-nerolidol             | n.q.                    |
| 31   | 1.573                              | 1.577                             | espatulenol               | n.q.                    |
| 32   | 1.578                              | 1.582                             | óxido de cariofileno      | 1,0                     |
| 33   | 1.586                              | 1.592                             | viridiflorol              | 0,8                     |
| 34   | 1.604                              | 1.608                             | epóxido de humuleno II    | n.q.                    |
| 35   | 1.619                              | 1.620                             | dilapiol                  | 78,0                    |
| 36   | 1.677                              | 1.677                             | apiol                     | n.q.                    |
|      |                                    |                                   | Monoterpenos              | 2,8                     |
|      |                                    |                                   | Monoterpenos oxigenados   | 0                       |
|      |                                    |                                   | Sesquiterpenos            | 13,2                    |
|      |                                    |                                   | Sesquiterpenos oxigenados | 1,8                     |
|      |                                    |                                   | Arilpropanoides           | 80,4                    |
|      |                                    |                                   | Outros                    | 1,7                     |

<sup>(1)</sup> Índice de retenção linear experimental (IRL<sub>calc</sub>), calculado de acordo com Van Den Dool e Kratz (1963). <sup>(2)</sup> Índice de retenção linear da literatura (IRL<sub>lit</sub>) (Joulain; König, 1998; Adams, 2007). <sup>(3)</sup> Limite de quantificação = 0,1% área, não quantificado (< 0,1%) (n.q.).



Foto: Murilo Fazolin

**Figura 22.** Retificador para destilação fracionada do óleo essencial de *Piper aduncum* L. com capacidade para 30 litros por batelada.

## Considerações finais

Diante do acervo de informações compiladas neste documento, ficam evidentes os avanços obtidos desde a bioprospecção de plantas de *P. aduncum* até que se possa viabilizar seu cultivo em escala comercial. Certamente, essas orientações evoluirão para um sistema de produção que deverá ser otimizado em vários aspectos, iniciando pela definição das melhores vias de multiplicação das plantas estreitamente relacionadas com o plantio mecanizado, existindo uma

tendência de serem utilizadas plantadeiras de eucalipto para essa finalidade, uma vez considerados os tubetes como recipientes de desenvolvimento inicial das mudas. A avaliação para seleção de herbicidas apropriados para a realização de capina química, assim como o aperfeiçoamento de implementos para a capina mecânica e o desenvolvimento de colheitadeiras, que separem as folhas e talos finos (maiores teores de dilapiol) das hastes mais grossas, podem ser considerados demandas importantes para o aprimoramento do sistema.

Quanto à industrialização propriamente dita da biomassa produzida, ajustes em função da escala de produção serão necessários. Porém, como envolve um processo de extração por arraste de vapor, não são previstas maiores dificuldades por se tratar de uma técnica centenária, largamente utilizada para a extração da maioria dos óleos essenciais comercializados no Brasil e no exterior.

Há um avanço considerável também para viabilizar a utilização dos resíduos gerados no processo de destilação e retificação fracionada do óleo essencial de *P. aduncum*. O resíduo orgânico oriundo do arraste a vapor, assim como o hidrolato proveniente da separação da fase oleosa da aquosa poderão ser utilizados como insumo na produção de aromatizantes e cosméticos. As frações terpênicas provenientes da retificação fracionada poderão ser enriquecidas com compostos presentes em óleos essenciais específicos com a finalidade de controlar insetos de importância econômica quer em formulações inseticidas ou mesmo em formulações sinérgicas combinadas a inseticidas químicos (Fazolin et al., 2023).

Finalmente, está concluída a análise de custo da produção do óleo essencial de *P. aduncum* em todas as fases descritas neste documento, sendo sua disponibilização por meio de uma publicação específica devido ao detalhamento, para que se possa fechar o cenário atual no sentido de orientar a produção em escala comercial desse bioinsumo da bioeconomia amazônica.

## Referências

---

- ADAMS, R. P. **Identification of essential oil components by gas chromatography / mass spectrometry**. 4. ed. Illinois: Allured Publishing Corporation: Carol Stream, 2007. 804 p.
- AMARAL, E. F.; BARDALES, N. G.; NEGREIROS, J. R. da S.; ARAÚJO, E. A. de; LANI, J. L. **Zoneamento pedoclimático da pimenta longa (*Piper hispidinervum*) e pimenta de macaco (*Piper aduncum*) no Estado do Acre**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2016. 44 p. (Embrapa Acre. Documentos, 144). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1046525>. Acesso em: 12 mar. 2024.
- ANDRADE, E. H. de A.; GUIMARÃES, E. F.; MAIA, J. G. S. **Variabilidade química em óleos essenciais de espécies de *Piper* da Amazônia**. Belém, PA: FEQ/UFGPA, 2009. 448 p.
- ANDRADE, E. L.; AZEVEDO, F. F. M. de; MORAES, H. H. Q.; FARIA, L. J. G. de; MACHADO, N. T.; ARAÚJO, M. E. Projeto de fracionamento do óleo essencial de *Piper aduncum* L. empregando o simulador HYSYS. In: ENCONTRO DE PROFISSIONAIS DA QUÍMICA DA AMAZÔNIA, 12., 2011, Belém, PA. **Anais...** Belém, PA: UFPA, 2011.
- BASTOS, C. N. Efeito do óleo de *Piper aduncum* sobre *Crinipellis perniciosa* e outros fungos fitopatogênicos. **Fitopatologia Brasileira**, v. 22, n. 3, p. 441-443, 1997.
- BASTOS, C. N.; ALBUQUERQUE, P. S. B. Efeito do óleo de *Piper aduncum* no controle em pós-colheita de *Colletotrichum musae* em banana. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, n. 5, p. 555-557, out. 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-41582004000500016>.
- BERGO, C. L.; SÁ, C. P.; PIMENTEL, F. A.; MENDONÇA, H. A.; SOUSA, J. A.; WADT, L. H. O.; THOMAZINI, M. J.; CAVALCANTE, M. J. B. Cultivo da pimenta longa (*Piper hispidinervum*) na Amazônia Ocidental. In: CAVALCANTE, M. J. B. (ed.). **Cultivo da pimenta longa (*Piper hispidinervum*) na Amazônia Ocidental**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2002. 29 p. (Embrapa Acre. Sistemas de produção, 1). Disponível em: <http://>

[www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/497733](http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/497733). Acesso em: 12 mar. 2024.

BERGO, C. L. **Estudos agronômicos e fitoquímicos de *Piper hispidinervum* C. DC. e *Piper aduncum* L. para produção de safrol e dilapiol**. 2010. 138 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

BERNARD, C. B.; ARNASON, J. T.; PHILOGENE, B. J. R.; LAM, J.; WADDEL, T. In vivo effect of mixtures of allelochemicals in the life cycle of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 57, n. 1, p. 17-22, Oct. 1990. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1990.tb01411.x>.

BERNARD, C. B.; KRISHANMURTY, H. G.; CHAURET, D.; DURST, T.; PHILOGÈNE, B. J. R.; SANCHEZ-VINDAS, P.; ARNASON, J. T. Insecticidal defenses of Piperaceae from the neotropics. **Journal of Chemical Ecology**, v. 21, n. 6, p. 801-814, June 1995. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02033462>.

BETEMPS, C. **Plantadeira de mudas de forrageiras aumenta a produtividade do trabalho em até oito vezes**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/87617666/plantadeira-de-mudas-de-forrageiras-aumenta-a-produtividade-do-trabalho-em-ate-oito-vezes>. Acesso em: 12 abr. 2024.

BHUIYAN, K. R.; HASSAN, E.; ISMAN, M. B. Growth inhibitory and lethal effects of some botanical insecticides and potential synergy by dillapiol in *Spodoptera litura* (Fab.) (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Plant Diseases and Protection**, v. 108, n. 1, p. 82-88, 2001. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/i40126091>. Acesso em: 31 jan. 2024.

BRAGA SOBRINHO, R. B.; MESQUITA, A. L. M.; DE ARAÚJO, K. L. B.; MOTA, I. DO S. C. DE S.; PIMENTEL, F. A.; GUIMARÃES, J. A. N.; DIAS, N. DA S. **Avaliação de fitotoxicidade de óleos essenciais de plantas ao meloeiro**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2012. 12 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 71). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/951827>. Acesso em: 31 jan. 2024.

BRAZÃO, M. A. B.; BRAZÃO, F. V.; MAIA, J. G. S.; MONTEIRO, M. C. Antibacterial activity of the *Piper aduncum* oil and dillapiole, Its main constituent, against multidrug-resistant strains. **Boletim Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromaticas**, v. 13, n. 6, p. 517-526, 2014.

CASTRO, R. S.; PENA, M. R.; SILVA, N. M.; VENDRAMIM, J. D.; COSTA, I. B. Atividade ovicida de extratos aquosos de folhas de *Piper aduncum* L. sobre a mosca-negra-dos-citros, *Aleurocanthus woglumi* Ashby (Aleyrodidae) em condições de laboratório. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA, 61., 2009, Manaus. **Anais...** Manaus: SBPC, 2009.

CRUZ, M. de M.; LINS, S. R. de O.; OLIVEIRA, S. M. A. de; BARBOSA, M. A. G. Efeito de óleos essenciais e revestimentos comestíveis sobre podridões pós-colheita em manga, cv. Kent. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 2, p. 1-6, mar./jun. 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/1910>. Acesso em: 12 mar. 2024.

ESTRELA, J. L. V.; FAZOLIN, M.; CATANI, V.; ALÉCIO, M. R.; LIMA, M. S. D. Toxicity of essential oils of *Piper aduncum* and *Piper hispidinervum* against *Sitophilus zeamais*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 2, p. 217-222, fev. 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2006000200005>.

FAZOLIN, M.; ESTRELA, J. L.; CATANI, V.; LIMA, M. S. D.; ALÉCIO, M. R. Toxicidade do óleo de *Piper aduncum* L. a adultos de *Cerotoma tingomarianus* Bechyné (Coleoptera: Chrysomelidae). **Neotropical Entomology**, v. 34, n. 3, p. 485-489, June 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2005000300018>.

FAZOLIN, M.; ESTRELA, J. L. V.; CATANI, V. COSTA, C. R. da. **Potencialidades da pimenta-de-macaco (*Piper aduncum* L.): características gerais e resultados de pesquisa.** Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2006. 53 p. (Embrapa Acre. Documentos, 103). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/505568>. Acesso em: 31 jan. 2024.

FAZOLIN, M.; ESTRELA, J. L. V.; CATANI, V.; ALECIO, M. R.; LIMA, M. S. 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. **Ciência & Agrotecnologia**, v. 31, n. 1, p. 113-120, fev. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542007000100017>.

FAZOLIN, M.; ESTRELA, J. L. V.; MEDEIROS, A. F. M.; GOMES, L. P.; SILVA da I. M.; SILVA, M. S. de F. Sinérgico alternativo para o manejo da resistência da lagarta do cartucho do milho a piretroides. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 14, n. 3, p. 316-325, 2015. DOI: <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v14n3p316-325>.

FAZOLIN, M.; ESTRELA, J. V. E.; MONTEIRO, A. F. M.; SILVA, I. M. da; GOMES, L. P.; SILVA, M. S. de F. Combining the essential oil of *Piper aduncum* L. with commercial insecticides. **Semina Ciências Agrárias**, v. 37, n. 6, p. 3903-3914, 2016a. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2016v37n6p3903>.

FAZOLIN, M.; ESTRELA, J. L. V.; MEDEIROS, A. F. M.; SILVA da I. M.; GOMES, L. P.; SILVA, M. S. de F. Synergistic potential of dillapiole-rich essential oil with synthetic pyrethroid insecticides against fall armyworm. **Ciência Rural**, v. 46, n. 3, p. 382-388, 2016b. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20141500>.

FAZOLIN, M.; ESTRELA, J. L. V.; MEDEIROS, A. F. M.; GOMES, L. P.; SILVA, I. M. da; SILVA, M. S. de F. Potencial sinérgico do óleo de *Piper aduncum* para inseticidas formulados com misturas de princípios ativos. **Revista de Ciências Agrárias - Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 59, n. 4, p. 362-369, 2016c. Disponível em: <https://ajaes.ufra.edu.br/index.php/ajaes/article/view/2389>. Acesso em: 31 jan. 2024.

FAZOLIN, M.; ESTRELA, J. L. V.; MONTEIRO, A. F. M.; SILVA, I. M.; GOMES, L. P. Sinérgico alternativo para inseticidas inibidores de acetilcolinesterase. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 11, n. 3, p. 232-240, jul./set. 2017. DOI: <https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v11i3.3995>.

FAZOLIN, M.; MONTEIRO, A. F. M.; BIZZO, H. R.; GAMA, P. E.; VIANA, L. de O.; LIMA, M. E. C. de. Insecticidal activity of *Piper aduncum* oil: variation in dillapiole content and chemical and toxicological stability during storage. **Acta Amazonica**, v. 52, n. 3, p. 179-188, 2022a. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4392202102292>.

FAZOLIN, M.; MAISFORTE, N. da S.; LIMA, M. E. C. de; MONTEIRO, A. F. M.; RIMERIO, F. P. **Fitotoxicidade dos óleos essenciais e associação com adjuvantes para mitigar efeitos adversos na aplicação como inseticida**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2022b. 46 p. (Embrapa Acre. Documentos, 174). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1148611>. Acesso em: 31 jan. 2024.

FAZOLIN, M.; BIZZO, H. R.; MONTEIRO, A. F. M.; LIMA, M. E. C.; MAISFORTE, N. S.; GAMA, P. E. Synergism in two-component insecticides with dillapiole against fall armyworm. **Plants**, v. 12, n. 17, 3042, Aug. 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants12173042>.

FERREIRA, A. K.; DE-SÁ-JÚNIOR, P. L.; PASQUALOTO, K. F. M.; AZEVEDO, R. A. de; CÂMARA, D. A. D.; COSTA, A. S.; FIGUEIREDO, C. R.; MATSUO, A. L.; MASSAOKA, M. H.; AUADA, A. V. V.; KERKIS, I.; PARISE FILHO, R. Cytotoxic effects of dillapiole on MDA-MB-231 cells involve the induction of apoptosis through the mitochondrial pathway by inducing an oxidative stress while altering the cytoskeleton network. **Biochimie**, v. 99, p. 195-207, Apr. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biochi.2013.12.008>.

GUERRINI, A.; SACCHETTI, G.; ROSSI, D.; PAGANETTO, G.; MUZZOLI, M.; ANDREOTTI, E.; TOGNOLINI, M.; MALDONADO, M. E.; BRUNI, R. Bioactivities of *Piper aduncum* L. and *Piper obliquum* (Piperaceae) essential oils from Eastern Ecuador. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 27, n. 1, p. 39-48, Jan. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.etap.2008.08.002>.

INGAROCA, S.; CASTRO, A. A.; NORMA, R. Composición química y ensayos de actividad antioxidante y del efecto fungistático sobre *Candida albicans* del aceite esencial de *Piper aduncum* L. "matico". **Revista de la Sociedad Química del Perú**, v. 85, n. 2, p. 268-279, 2019. DOI: <https://doi.org/10.37761/rsqp.v85i2.83>.

JANIAUD, P.; DELAFORGE, M.; LEVI, P.; BONNARD, O.; MCRIZOT, J. P.; PADIEU, P. Epithelial-cells of adult liver in culture and hepatocarcinogenic metabolism of safrol and analogs. **Biologie Cellulaire**, v. 30, n. 1, p. 14, 1997.

JOFFE, T. **Evaluation of potential pyrethrum synergists on agriculturally significant insect species**. 2011. 262 f. Thesis (Doctor of Philosophy) – School of Agricultural Science/TIAR, University of Tasmania, Hobart, Australia.

JOULAIN, D.; KÖNIG, W. A. **The atlas of spectral data of sesquiterpene hydrocarbons**. Hamburg: E. B. Verlag, 1998. 661 p.

LIU, S. Q. **The Activity of Analogs of the Natural Product Dillapiol and Sessamol as Detoxification Enzyme Inhibitors and Insecticide Synergists**. 2015. 183 f. Thesis (Doctor of Biology) – University of Ottawa, Canada.

MAMOOD, S. N. H.; HIDAYATULFATHI, O.; BUDIN, S. B.; ROHI, G. A.; ZULFAKAR, M. H. The formulation of the essential oil of *Piper aduncum* Linnaeus (Piperales: Piperaceae) increases its efficacy as an insect repellent. **Bulletin of Entomological Research**, v. 107, n. 1, p. 49-57, Feb. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0007485316000614>.

MAUREEN, I. L. S.; MARIA C. M. F.; GISEL, M. M.; ORIELA, P. P.; RAMÓN, S. R.; JUAN, P. F.; DOMINGO, M. D. Bioactividad de plantas como un método alternativo para el control de mosquitos. In: CONVENCIÓN INTERNACIONAL DE SALUD PÚBLICA CUBA SALUD, 3., 2018, La Habana, Cuba. **Salud Universal para el desarrollo sostenible: trabajos publicados**. La Habana: Ministerio de Salud Pública de Cuba, 2018. Disponível em: <http://convencionsalud2018.sld.cu/index.php/convencionsalud/2018/paper/view/506/979>. Acesso em: 31 jan. 2024.

MIURA, P. T.; JONSSON, C. M.; QUEIROZ, S. C. D. N. D.; CHAGAS, E. C.; CHAVES, F. C. M.; REYES, F. G. R. Ecological risk assessment of *Piper aduncum* essential oil in non-target organisms. **Acta Amazonica**, v. 51, n. 1, p. 71-78, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4392202002691>.

MONZOTE, L.; SCULL, R.; COS, P.; SETZER, W. Essential oil from *Piper aduncum*: chemical analysis, antimicrobial assessment, and literature review. **Medicines**, v. 4, n. 3, p. 49, Sept. 2017. DOI: <https://doi.org/10.3390/medicines4030049>.

NAGABU, E.; LAKSHMAIAH, N. Inhibition of microsomal lipid-proxidation and monooxygenase activities by eugenol. **Free Radical Research**, v. 20, n. 4, p. 253-266, 1994. DOI: <https://doi.org/10.3109/10715769409147521>.

NAVICKIENE, H. M. D.; MORANDIM, A. D. A.; ALÉCIO, A. C.; REGASINI, L. O.; BERGAMO, D. C. B.; TELASCREA, M.; KATO, M. J. Composition and antifungal activity of essential oils from *Piper aduncum*, *Piper arboreum* and *Piper tuberculatum*. **Química Nova**, v. 29, n. 3, p. 467-470, maio/jun. 2006. Disponível em: <http://submission.quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/2006/vol29n3/index.htm>. Acesso em: 31 jan. 2024.

NEGREIROS, J. R. da S.; MIQUELONI, D. P.; AZEVEDO, J. M. A. de; BASTOS, R. M. **Produção de mudas de pimenta-longa por sementes**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2012. 3 p. (Embrapa Acre. Comunicado técnico, 183). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/948650>. Acesso em: 31 jan. 2024.

ÓLEO essencial de pimenta-de-macaco, *Piper aduncum* L. (Piperaceae), como inseticida botânico. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2020. 1 fôlder. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1124179>. Acesso em: 31 jan. 2024.

PARISE-FILHO, R.; PASTRELLO, M.; PEREIRA CAMERLINGO, C. E.; SILVA, G. J.; AGOSTINHO, L. A.; SOUZA, T. de; MOTTER MAGRI, F. M.; RIBEIRO, R. R.; BRANDT, C. A.; CARNEIRO POLLI, M. The anti-inflammatory activity of dillapiole and some semisynthetic analogues. **Pharmaceutical Biology**, v. 49, n. 11, p. 1173-1179, 2011. DOI: <https://doi.org/10.3109/13880209.2011.575793>.

PIMENTEL, A. P.; PACHECO, E. P.; SILVA, M. R. da. **Recomendações básicas sobre colheita e secagem de biomassa triturada de pimenta longa (*Piper hispidinervum*)**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2000. 3 p. (Embrapa Acre. Comunicado técnico, 121). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/495240>. Acesso em: 31 jan. 2024.

POHLIT, A. M.; PINTO, A. C. S.; MAUSE, R. *Piper aduncum* L.: planta pluripotente e fonte de substâncias fitoquímicas importantes. **Revista Fitos**, v. 2, n. 1, p. 7-18, jun./set. 2006. Disponível em: <https://revistafitos.fiocruz.br/index.php/revista-fitos/article/view/37>. Acesso em: 31 jan. 2024.

REGNAULT-ROGER, C.; VINCENT, C.; ARNASON, J. T. Essential oils in insect control: Low-risk products in a high-stakes world. **Annual Review of Entomology**, v. 57, p. 405-424, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120710-100554>.

SILVA, W. C.; RIBEIRO, J. D.; SOUZA, H. D.; CORRÊA, R. D. S. Atividade inseticida de *Piper aduncum* L. (Piperaceae) sobre *Aetalion* sp. (Hemiptera: Aetalionidae), praga de importância econômica no Amazonas. **Acta Amazonica**, v. 37, n. 2, p. 293-298, 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672007000200017>.

SILVA, L. S.; MAR, J. M.; AZEVEDO, S. G.; RABELO, M. S.; BEZERRA, J. A.; CAMPELO, P. H.; MACHADO, M. B.; TROVATI, G.; SANTOS, A. L. dos; FONSECA FILHO, H. D.; SOUZA, T. P. de; SANCHES, T. P. de. Encapsulation of *Piper aduncum* and *Piper hispidinervum* essential oils in gelatin nanoparticles: a possible sustainable control tool of *Aedes aegypti*, *Tetranychus urticae* and *Cerataphis lataniae*. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 99, n. 2, p. 685-695, Jan. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.9233>.

SILVA, A. L. D. **Produção de biomassa, teor, rendimento e composição química do óleo essencial de pimenta-de-macaco (*Piper aduncum* L.) em função de espaçamentos e épocas de corte, nas condições de Manaus – AM**. 2009.73 f. Dissertação (Mestrado em Produção vegetal) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus.

SOUSA, G. B. C. **Toxicidade do óleo essencial à base de dilapiol a ninfas de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) e adultos de *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae)**. 2017. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de Araraquara, Araraquara, SP.

SOUSA, P. C. A.; SOUZA, S. S. S. E. ; MEIRA, F. S.; MEIRA, R. O.; GOMES, H. T.; SILVA-CARDOSO, I. M. A.; SCHERWINSKI-PEREIRA, J. E. Somatic embryogenesis and plant regeneration in *Piper aduncum* L. **In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant**, v. 56, n. 5, p. 618-633, Oct. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11627-020-10110-y>.

SOUTO, R. N. P.; HARADA, A. Y.; MAIA, J. G. S. Estudos preliminares da atividade inseticida de óleos essenciais de espécies de *Piper* L. (Piperaceae) em operárias de *Solenopsis saevissima* F. Smith (Hymenoptera: Formicidae), em laboratório. **Biota Amazônia**, v. 1, n. 1, p. 42-48, 2011.

SOUZA, L. P.; ZOCOLER, J. L.; BERGO, C. L. Efeito das tensões da água no solo no desenvolvimento vegetativo e produtivo de pimenta-de-macaco. **Irriga**, v. 23, n. 1, p. 143-153, jan./mar. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2018v23n1p143-153>.

THOMAZINI, M. J.; AMORIM, L. L. Efeito de plantas inseticidas sobre larvas de terceiro instar de *Ceraeochrysa cubana* (Neuroptera: Chrysopidae). In: SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, 9., 2005, Recife, **Anais...** Recife: Sociedade Entomológica do Brasil, 2005. p. 165. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/503033>. Acesso em: 31 jan. 2024.

VAN DEN DOOL, H.; KRATZ, P. D. A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography. **Journal of Chromatography A**, v. 11, p. 463-471, 1963. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(01\)80947-X](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(01)80947-X).

VOLPE, H. X. L.; FAZOLIN, M.; GARCIA, R. B.; MAGNANI, R. F.; BARBOSA, J. C.; MIRANDA, M. P. Efficacy of essential oil of *Piper aduncum* against nymphs and adults of *Diaphorina citri*. **Pest Management Science**, v. 72, n. 6, p. 1242-1249, June 2016. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.4143>.

VOLPE, H. X. L.; FAZOLIN, M.; MAGNANI, R. F.; GARCIA, R. B.; BARBOSA, J. C.; MIRANDA, M. P. **Eficácia do óleo essencial de *Piper aduncum* L. (Piperaceae) para o controle de *Diaphorina citri* Kuwayama**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2018. 37 p. (Embrapa Acre. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 59). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1096556>. Acesso em: 31 jan. 2024.

WALIA, S.; SAHA, S.; PARMAR, B. S. Liquid chromatographic method for the analysis of two plant based insecticide synergists dillapiole and dihydrodillapiole. **Journal of Chromatography A**, v. 1047, n. 2, p. 229-233, Aug. 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2004.07.009>.



CGPE 018698