

Potencialidades da Pimenta-de-macaco (*Piper aduncum* L.): Características Gerais e Resultados de Pesquisa



República Federativa do Brasil

Luiz Inácio Lula da Silva

Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Luis Carlos Guedes Pinto

Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa

Conselho de Administração

Luiz Gomes de Souza

Presidente

Silvio Crestana

Vice-Presidente

Alexandre Kalil Pires

Ernesto Paterniani

Hélio Tollini

Claudia Assunção dos Santos Viegas

Membros

Diretoria-Executiva da Embrapa

Silvio Crestana

Diretor-Presidente

José Geraldo Eugênio de França

Kepler Euclides Filho

Tatiana Deane de Abreu Sá

Diretores-Executivos

Embrapa Acre

Marcus Vinício Neves d'Oliveira

Chefe-Geral

Milcíades Heitor de Abreu Pardo

Chefe-Adjunto de Administração

Luís Cláudio de Oliveira

Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

Francisco de Assis Correa Silva

Chefe-Adjunto de Comunicação, Negócios e Apoio

ISSN 0104-9046

Dezembro, 2006

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agroflorestal do Acre
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

Documentos 103

Potencialidades da Pimenta-de-macaco (*Piper aduncum* L.): Características Gerais e Resultados de Pesquisa

Murilo Fazolin
Joelma Lima Vidal Estrela
Valdomiro Catani
Charles Rodrigues da Costa

Rio Branco, AC
2006

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Acre

Rodovia BR 364, km 14, sentido Rio Branco/Porto Velho

Caixa Postal, 321

Rio Branco, AC, CEP 69908-970

Fone: (68) 3212-3200

Fax: (68) 3212-3284

<http://www.cpaufac.embrapa.br>

sac@cpafac.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: *Rivaldo Coelho Gonçalves*

Secretária-Executiva: *Suely Moreira de Melo*

Membros: *Carlos Mauricio Soares de Andrade, Celso Luís Bergo*, Claudenor Pinho de Sá, Cleisa Brasil da Cunha Cartaxo, Henrique José Borges de Araujo, Giselle Mariano Lessa de Assis, Jonny Everson Scherwinski Pereira, José Tadeu de Souza Marinho*, Lúcia Helena de Oliveira Wadt, Luís Cláudio de Oliveira, Marcílio José Thomazini, Patrícia Maria Drumond*

*Revisores deste trabalho

Supervisão editorial: *Claudia Carvalho Sena / Suely Moreira de Melo*

Revisão de texto: *Claudia Carvalho Sena / Suely Moreira de Melo*

Normalização bibliográfica: *Luiza de Marillac Pompeu Braga Gonçalves*

Tratamento de ilustrações: *Iuri Rudá Franca Gomes*

Fotos da capa: *Murilo Fazolin*

Editoração eletrônica: *Iuri Rudá Franca Gomes*

1ª edição

1ª impressão (2006): 300 exemplares

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.

P861p Potencialidades da pimenta-de-macaco (*Piper aduncum* L.): características gerais e resultados de pesquisa / Murilo Fazolin... et al. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2006.
53 p. il. color. (Embrapa Acre. Documentos, 103)

1. Pimenta-de-macaco. 2. *Piper aduncum*. 3. Óleo essencial.
4. Inseticida botânico. 5. Manejo de pragas. 6. Pimenta longa. 7. Dilapiol.
I. Fazolin, Murilo. II. Título. III. Série.

CDD 21. ed. 632.7

© Embrapa 2006

Autores

Murilo Fazolin

Eng. agrôn., D.Sc., Embrapa Acre, Caixa Postal 321,
69908-970, Rio Branco, Acre,
murilo@cpafac.embrapa.br

Joelma Lima Vidal Estrela

Eng. agrôn., M.Sc., PBBI, Rio Branco, Acre,
joelma@cpafac.embrapa.br

Valdomiro Catani

Químico, D.Sc., Embrapa Acre,
catani@cpafac.embrapa.br

Charles Rodrigues da Costa

Eng. agrôn., B.Sc., Embrapa Acre,
charles@cpafac.embrapa.br

Agradecimentos

Os autores agradecem o empenho da equipe de apoio à pesquisa da Embrapa Acre para a realização deste trabalho. Destaca-se assim a valiosa participação de: Valdemir de Souza e Silva, Ronaldo Queiroz de Oliveira, John Lennon Mesquita Catão e Pedro Pereira da Silva (atividades laboratoriais), Roberto Torres Peres (levantamentos bibliográficos), Rubens Mamédio Bastos (técnicas agrícolas de campo), Carlos Augusto de Araújo (auxiliar de campo), Dorila Silva O. Mota Gonzaga, Soraya Pereira da Silva e Mauricília Pereira da Silva (divulgação), os bolsistas do CNPq Márcio Rodrigo Alécio, Marilene Santos de Lima, Elizângela Sampaio de Albuquerque, Janaina Estevo de Oliveira Damaceno, Karla Andréa Araújo Maia, Fabiane Bertotti, Cleyton Teles Contreiras Paiva e Luciano Ferreira Muniz (auxiliares de experimentação).

Apresentação

A diversidade da flora brasileira, em especial a da Região Amazônica, apresenta um imenso potencial para a produção de compostos secundários de plantas, que têm sido demandados continuamente pela indústria nas últimas décadas, devido ao incremento da utilização de produtos naturais na agropecuária.

Estima-se que existam 500 mil espécies de plantas no mundo, sendo 16% delas encontradas na floresta amazônica. No entanto, a pesquisa de substâncias ativas derivadas de plantas no Brasil ainda é muito incipiente. Mesmo considerando os incrementos significativos da pesquisa nas últimas duas décadas, há, evidentemente, uma grande lacuna de conhecimento da nossa flora a ser preenchida.

A partir da década de 90 a Embrapa Acre vem intensificando atividades de pesquisa no sentido de viabilizar a utilização de recursos não-madeireiros das florestas do Acre. Destacam-se dentre eles, produtos promissores oriundos de piperáceas, como o óleo essencial rico em safrol, produzido a partir da biomassa da *Piper hispidinervum* e, mais recentemente, o óleo essencial de *P. aduncum* com altos teores de dilapiol.

P. aduncum é uma espécie de planta que vem apresentando um crescente interesse, principalmente quanto à extração em escala industrial do seu óleo essencial. A elaboração deste documento tem como finalidade contribuir para o conhecimento da potencialidade do emprego dessa planta na elaboração de produtos para o controle de pragas de interesse agropecuário e utilização na medicina humana.

Marcus Vinicio Neves d'Oliveira
Chefe-Geral da Embrapa Acre

Sumário

Introdução	11
Características Botânicas e Morfológicas de <i>Piper aduncum</i>	13
Ocorrência de <i>Piper aduncum</i> no Estado do Acre	15
Processo de Extração Piloto do Óleo essencial de <i>Piper aduncum</i>	15
Composição Química do Óleo Essencial de <i>Piper aduncum</i>	18
Processo de Obtenção do Extrato Alcoólico de <i>Piper aduncum</i>	21
Utilizações do Óleo Essencial e do Extrato de <i>Piper aduncum</i>	22
Resultados de Pesquisa Obtidos no Controle de Insetos com Extratos e Óleo Essencial de <i>Piper aduncum</i> na Embrapa Acre	28
Seletividade de Extratos e Óleo Essencial de <i>Piper aduncum</i> para Organismos Benéficos	44
Desafios para a Produção e Utilização de Produtos Derivados de <i>Piper aduncum</i> na Agricultura em Escala Comercial	45
Referências	47

Potencialidades da Pimenta-de-macaco (*Piper aduncum* L.): Características Gerais e Resultados de Pesquisa

Murilo Fazolin

Joelma Lima Vidal Estrela

Valdomiro Catani

Charles Rodrigues da Costa

Introdução

A família Piperaceae é tida como uma das mais primitivas dentre as Angiospermas, podendo ser considerada como um "fóssil vegetal". As piperáceas se dividem em mais de 10 gêneros possivelmente encontrados em regiões subtropicais e tropicais incluindo a Região Amazônica. Dentro desta família o gênero *Piper* pode ser considerado o de maior importância, tanto do ponto de vista científico quanto econômico.

O metabolismo secundário na família Piperaceae apresenta-se como um dos mais versáteis das famílias botânicas conhecidas. Os metabólitos acumulados pelas espécies desta família de plantas caracterizam-se por serem oriundos da biossíntese mista (chiquimato/acetato), resultando na produção de amidas ou de compostos aromáticos essencialmente fenilpropanóidicos do tipo lignanas e neolignanas. Também se caracterizam pela ocorrência de terpenos, flavonóides e outras classes de produtos naturais.

Dentre as espécies de piperáceas a *Piper aduncum* L. vem sendo pesquisada por apresentar múltiplas atividades biológicas. É uma espécie passível de cultivo, considerada de grande potencialidade para o desenvolvimento regional por ser uma fonte sustentável de matéria-prima química, podendo ser industrializada tanto em pequena quanto em grande escala.

O interesse pela utilização dessa espécie pode estar relacionado à sua ocorrência espontânea, sendo considerada como planta invasora de áreas alteradas pelo homem, como por exemplo, terrenos, beira de estradas e áreas recém-desmatadas.

A *P. aduncum* pode ser encontrada desde o nível do mar até altitudes consideráveis. Sua distribuição geográfica se dá na América Central, Antilhas e América do Sul. No Brasil, é encontrada nos Estados do Acre, Amazonas, Amapá, Pará, Mato Grosso, Ceará, Bahia, Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo e Paraná.

No Nordeste brasileiro é conhecida como pimenta-de-fruto-ganchoso, tapa-buraco, falso-jaborandi e aberta-ruão; por esse último nome é também conhecida no Sudeste, principalmente em São Paulo. Nos Estados do Amazonas e Acre, os indivíduos desta espécie são denominados popularmente de pimenta-de-macaco ou pimenta longa. Em Cuba é conhecida como "platanillo-de-cuba" e "canilha de ruerto", na Venezuela como "comdocillo branco" e em Trinidad Tobago como "oijú-yú".

Características Botânicas e Morfológicas de *Piper aduncum*

As plantas de *P. aduncum* (Fig. 1A) são arbustos ou arvoretas de até 8 m de altura, meio nodosos. As folhas apresentam pecíolo de 0,3 a 0,8 cm de comprimento, lâmina elíptica, são ovado-elípticas, apresentam base assimétrica, arredondado-cordada, ápice agudo ou acuminado, escabrosas, ásperas ao tato em ambas as faces, glandulosas; nervuras secundárias medindo de 6 a 8 cm, dispostas até ou pouco acima da porção mediana; espigas curvas medindo de 7 a 14 cm de comprimento e 0,2 a 0,3 cm de diâmetro. O pedúnculo da espiga pode medir de 1 a 2 cm de comprimento e é pubescente; apresenta bractéolas triangular-subpeltadas, margem franjada, quatro estames, dupla obovóides, tri ou tetragonais, glabros com três estigmas sésseis.

Pela semelhança morfológica que apresenta com *P. hispidinervum* (Fig. 1B), outra piperácea de importância regional, comumente é confundida com ela. A diferenciação morfológica entre *P. hispidinervum* e *P. aduncum* concentra-se nas características foliares. A *P. aduncum* possui folhas elípticas ou lanceoladas com base redonda ou cardulata, ásperas na face adaxial e pubescentes nas faces abaxial e adaxial, o que não ocorre com *P. hispidinervum*.



Fig. 1. Comparação visual de plantas adultas de *P. aduncum* (A) e *P. hispidinervum* (B).

Ocorrência de *Piper aduncum* no Estado do Acre

A ocorrência da pimenta-de-macaco no Acre foi relatada em 1992 por ocasião do zoneamento e caracterização de habitats naturais das pimentas longas no Estado, realizados pelos pesquisadores do Museu Goeldi e da Embrapa Acre. Como resultado desse trabalho foram encontradas e coletadas, além da *P. hispidinervum*, outras espécies da família Piperaceae, destacando-se a *P. aduncum*, pela sua abundância nos Vales dos Rios Juruá e Purus, ocorrendo em menor quantidade no Vale do Rio Acre.

Atualmente existem relatos de exemplares depositados no banco de germoplasma da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará (FCAP) e Comissão Executiva da Lavoura do Plano da Lavoura Cacaueira (Ceplac-Belém), além de uma coleção de trabalho na Embrapa Acre com 899 acessos.

Processo de Extração Piloto do Óleo Essencial de *Piper aduncum*

O processo de extração de óleo essencial de *P. aduncum* pode ser considerado semelhante ao processo utilizado no Estado do Acre para produção em escala comercial do safrol a partir de *P. hispidinervum*. Após o corte e secagem de folhas e ramos secundários da planta (Fig. 2A), a biomassa contendo de 20% a 30% de umidade é submetida à destilação para extração de óleo essencial. A matéria-prima é acondicionada no extrator, distribuída uniformemente e sob forte compactação (Fig. 2B), e realizada por meio de pisoteio.

O vapor de água, obtido utilizando o sistema de caldeira aquecida a lenha, passa através da biomassa compactada no extrator (Fig. 2C), o qual é constituído de uma base perfurada removível (Fig. 2D) e de uma tampa de pressão (Fig. 2E). A condensação do vapor é feita pela passagem deste por uma serpentina imersa em um tambor contendo água fria à temperatura de mais ou menos 25°C (Fig. 2F). A temperatura do vapor de arraste pode variar de 80°C a 98°C e a caldeira deve fornecer em torno de 4 a 5 kg de vapor por hora, considerando um extrator com capacidade para beneficiar 100 kg de biomassa. O tempo de destilação é de aproximadamente 2,5 horas, e este período deve ser controlado em função da pressão do vapor sob a biomassa e rendimento de óleo essencial.

Após a condensação do vapor, a mistura de água com o óleo essencial é armazenada em coletores de decantação (Fig. 2G), constituídos de um balde acoplado à saída da serpentina. O tempo de decantação é de aproximadamente 12 horas, ficando o óleo na fase inferior e a água na fase superior do coletor. Posteriormente, o óleo é filtrado para eliminar as impurezas. Utilizando este processo o rendimento obtido foi de 2% a 3% de óleo essencial.



Fig. 2. Detalhes do processo de extração do óleo essencial de *P. aduncum* em usina piloto da Embrapa Acre: secagem de folhas e ramos secundários (A); matéria-prima acondicionada no extrator (B); destilador (C); base perfurada removível do extrator (D); tampa de pressão do extrator (E); serpentina para resfriamento (F); coletor de decantação (G).

Composição Química do Óleo Essencial de *Piper aduncum*

Na Amazônia, levantamentos botânicos e determinações químicas apontaram a existência de mais de uma dezena de espécies de *Piper* fornecedoras de óleos essenciais. Esses óleos de origem natural, conhecidos como essências, óleo etéreo, destacaram-se ao longo da história da humanidade, graças as suas nobres características aliadas às diversas aplicações na indústria. São produtos vegetais extraídos por arraste de vapor de água presentes nas plantas em estruturas especiais de secreção, tais como idioblastos, cavidades e canais esquizógenos ou lisígenos originados por separação ou lise de células, respectivamente, e tricomas glandulares.

A fitoquímica do gênero *Piper* lista 600 constituintes químicos, pertencentes a diferentes classes de componentes bioativos, como alcalóides, amidas e propenilfenóis, entre muitos outros.

A composição do óleo essencial de *P. aduncum*, coletada em diferentes locais da Região Amazônica, aponta o dilapiol, um éter fenílico, como seu componente mais abundante, existindo variedades desta espécie com teores de dilapiol próximos a 90%. Outras substâncias como sarisan e safrol, com bioatividade comprovada e apresentando em suas estruturas químicas o grupo metilenodioxifenil, são produzidas em menor quantidade junto com o dilapiol (Fig. 3).

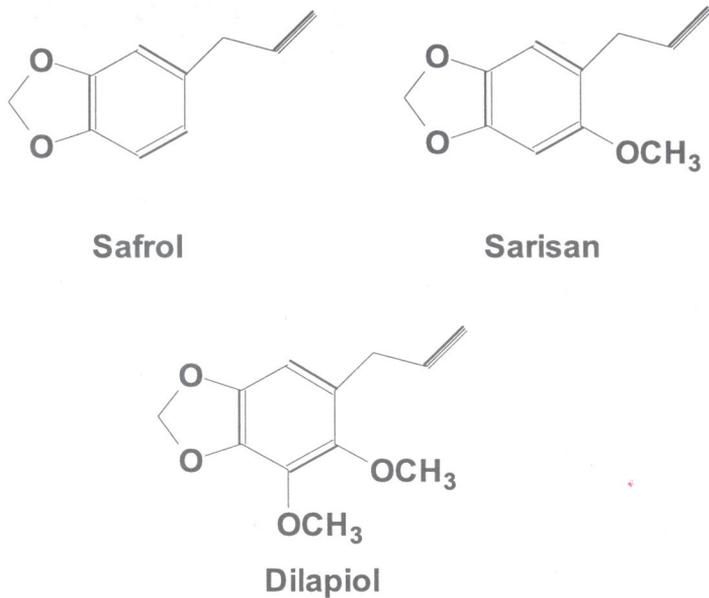
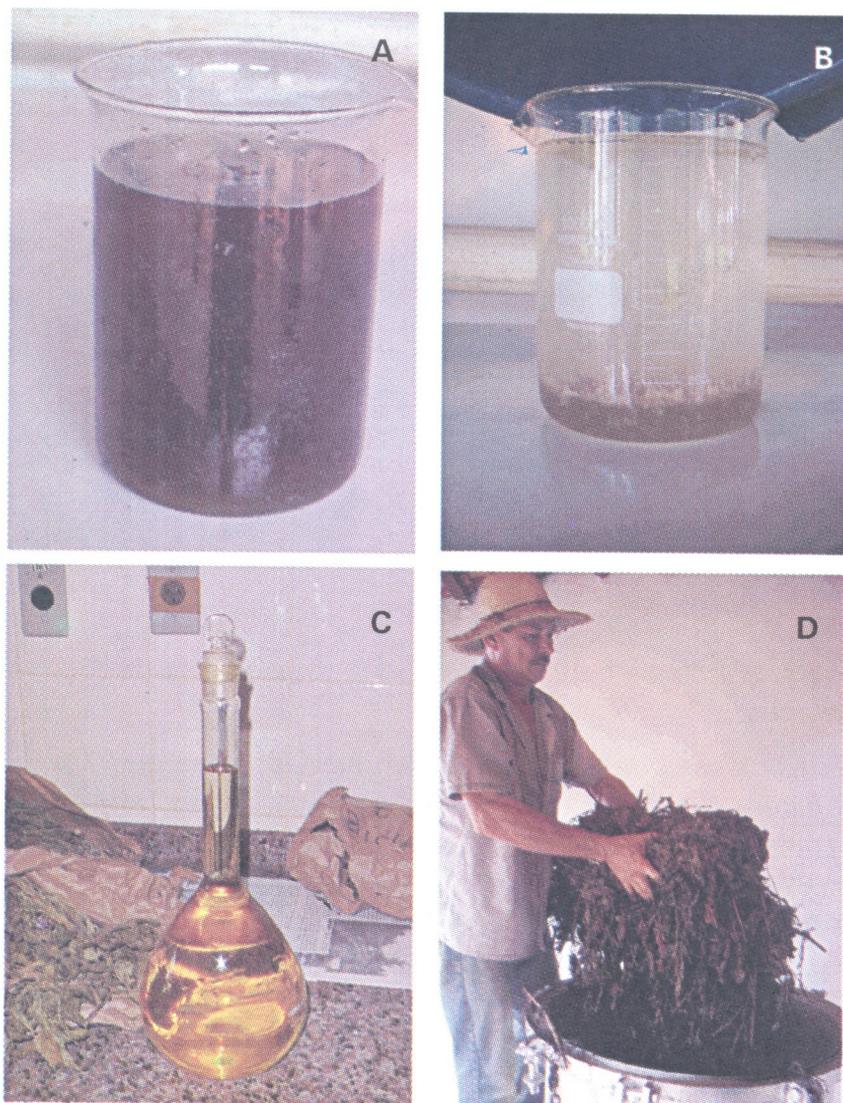


Fig. 3. Principais constituintes do óleo essencial de *P. aduncum*.

Várias classes de compostos têm sido isoladas de *P. aduncum*, sendo as mais importantes os derivados prenilados do ácido benzóico, cromenos ou benzopiranos, flavonóides, alcalóides, amidas, monoterpenos, sesquiterpenos e fenilpropanóides.

Neste processo, obtém-se como subproduto o chorume, resíduo aquoso de coloração escura proveniente da condensação do vapor no extrator (Fig. 4A); o hidrolato, resíduo aquoso de coloração esbranquiçada (Fig. 4B), resultante da separação do óleo essencial (Fig. 4C); e a matéria vegetal remanescente obtida das folhas após extração do óleo (Fig. 4D).



Fotos: Murilo Fazolin

Fig. 4. Produtos e subprodutos obtidos na extração do óleo essencial de *P. aduncum*: chorume (A); hidrolato (B); óleo essencial (C); e matéria vegetal remanescente (D).

Processo de Obtenção do Extrato Alcoólico de *Piper aduncum*

Este processo teve por finalidade a produção do extrato alcoólico de *P. aduncum* em pequenas quantidades para fins experimentais. No laboratório, utilizou-se um balão de vidro com fundo redondo acoplado a um condensador de refluxo apoiados sobre manta aquecedora. No balão de vidro foram colocados 200 g de folhas e talos finos de *P. aduncum*, adicionando-se 1 L de álcool etílico. O extrato foi obtido por meio de aquecimento à temperatura de refluxo do solvente por 2 horas (Fig. 5), filtrando-se a solução final a vácuo, após resfriamento.

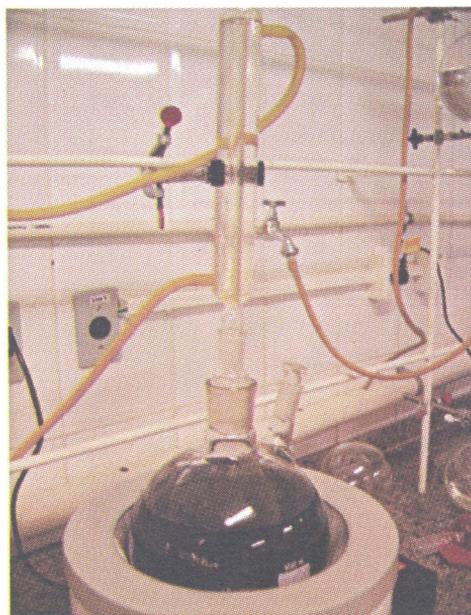


Foto: Murilo Fazolin

Fig. 5. Extração de *P. aduncum* por refluxo do solvente.

Utilizações do Óleo Essencial e do Extrato de *Piper aduncum*

Medicina Humana e Veterinária

A pesquisa com plantas medicinais tem se intensificado com o objetivo de serem descobertas novas drogas. O conhecimento tradicional tem sido uma importante fonte de inspiração dessas investigações. O uso medicinal associado às plantas é significativamente maior nos países do Terceiro Mundo, especialmente naqueles que possuem florestas tropicais extensas, como é o caso do Brasil.

No caso da *P. aduncum* sabe-se que, de uma maneira geral, a planta pode ser utilizada em diversas formulações no tratamento de um grande número de doenças humanas com farta indicação proveniente de populações tradicionais de vários países. Produtos obtidos dessa planta atuam de uma maneira geral como adstringente, tônico estimulante, digestivo, diurético, sedativo, laxante, no tratamento de hemorróidas, normalizador das hemorragias menstruais, supressor de disenterias, anestésico para dor de dente, alívio da dor de estômago, antisséptico para cortes na pele e hemostático.

Comprovações científicas do uso de extratos alcoólicos de *P. aduncum* são freqüentes, confirmando a existência de atividade antibiótica para microorganismos causadores de diversas moléstias humanas, muitas delas relacionadas aos sintomas apresentados anteriormente, podendo ser destacados:

Actinobacillus actinomycetemcomitan – é um microorganismo que pode estar presente na cavidade bucal

de indivíduos saudáveis ou daqueles portadores de gengivite. Quantidades mais elevadas estão relacionadas à ocorrência de periodontites.

Bacillus cereus e *Staphylococcus aureus* – são bactérias que se desenvolvem em uma grande variedade de alimentos, os quais se ingeridos provocam quadros de intoxicações relacionados aos metabólitos produzidos por esses microorganismos.

Enterococcus faecalis – embora ainda existam controvérsias a respeito da virulência dos enterococos, estes patógenos são importantes em doenças como endocardite infecciosa, bacteremia, infecções do trato urinário, infecção de feridas cirúrgicas e sepsis neonatal.

Escherichia coli – responsável por diversas patologias, incluindo-se diarreia moderada, colite hemorrágica grave e síndrome hemolítico-urêmica (SHU).

Streptococcus sanguis – faz parte do grupo de bactérias Gram-positivas que colonizam inicialmente a superfície dos dentes, no processo inicial da formação das placas bacterianas (películas não calcificadas, fortemente aderidas às superfícies dentais, constituindo-se de depósitos bacterianos e componentes salivares, com crescimento contínuo).

Fusobacterium nucleatum e *Prevotella intermedia* – são bactérias Gram-negativas, com ocorrência secundária a *S. sanguis* compondo o grupo de microorganismos responsáveis pela formação da placa bacteriana.

Micrococcus luteus – microorganismo responsável por um dos vários tipos de infecções hospitalares.

Neisseria gonorrhoeae – responsável por secreções uretrais de origem venérea chamadas vulgarmente de gonorréia.

Streptococcus pyogenes – bactérias causadoras de faringites humanas.

Aspergillus flavus – fungos responsáveis pela aflatoxicose, intoxicação resultante da ingestão da aflatoxina presente em alimentos e rações contaminadas.

Aspergillus fumigatus – responsável por infecções micóticas que podem causar placentite e aborto em diversas espécies de animais.

Candida albicans – causador de uma micose chamada candidíase que assume particular importância clínica em infecções da boca e mucosa vaginal benignas, e em infecções sistêmicas malignas em doentes com Sida/Aids.

Cladosporium sphaerospermum, *C. herbatum* e *C.*

sphaerosporoides – são fungos causadores de dermatites que podem provocar lesões irreversíveis na pele humana.

Cryptococcus neoformans – é um agente zoopatogênico cosmopolita, principal causador da doença de meningoencefalite.

Trichophyton mentagrophytes – causador de dermatofitoses, infecções superficiais capazes de produzir lesões em tecidos queratinizados, como pele, pêlo e unhas.

Leishmania braziliensis, *L. amazonensis*, *L. tropica* e *L.*

infantum – são protozoários causadores da Leishmaniose Tegumentar Americana (LTA), também conhecida com os nomes de ferida braba ou úlcera de Bauru.

Biomphalaria glabrata – moluscos encontrados naturalmente infectados com o *Schistosoma mansoni*, sendo considerados importantes na transmissão da esquistossomose.

Poliovírus – são vírus causadores da poliomielite ou paralisia infantil, considerada uma doença infecto-contagiosa viral aguda.

Outras aplicações do extrato alcoólico de *P. aduncum* no tratamento de moléstias humanas podem ser apontadas, como as do combate a células KB/carcinomas que são

tumores malignos de células epiteliais. Em testes *in vitro* foi apontada como promissora a atividade antioxidante dos extratos pelo método do radical livre DPPH.

Na medicina veterinária o extrato foi considerado satisfatório no controle de *Mycobacterium avium-intracellulare*, bactéria causadora da linfadenite suína que provoca lesões granulomatosas localizadas predominantemente nos linfonodos cefálicos e mesentéricos. A atividade bactericida de extratos obtidos por maceração fracionada de inflorescência e folhas de *P. aduncum* foi eficaz no controle de oito cepas de *Staphylococcus aureus* isoladas de amostras de leite coletadas de vacas portadoras de mastite bovina subclínica. Alguns princípios ativos extraídos de *P. aduncum* foram eficazes no combate a *Pseudomonas aeruginosa*, causadora de otites em cães.

Controle de Doenças Vegetais

A tendência da utilização do extrato de *P. aduncum*, indicado como eficaz no controle de agentes causadores de moléstias vegetais, é a mesma apontada para o controle de moléstias humanas. Vários microorganismos causadores de doenças vegetais, muitas vezes em plantas de importância econômica, podem ser controlados com o extrato alcoólico dessa planta, tais como a bactéria *Xanthomonas campestris* que ataca crucíferas, de uma maneira geral, e pode no estágio final causar o apodrecimento total das plantas; *X. carotae*, responsável pela queima bacteriana das folhas da cenoura, podendo causar também lesões radiculares; *Alternaria brassicicola*, responsável pelas doenças em crucíferas, podendo seus danos serem mais acentuados na sementeira e durante a

produção de sementes; *Alternaria chrysanthemi*, causadora de podridões em plantas de crisântemo; e o fungo *Pyrenocchaeta terrestris* que ataca as raízes da cebola causando podridões.

Há dois casos de controle de microorganismos utilizando o óleo essencial de *P. aduncum*: *Colletrotrichum musae*, patógeno causador da antracnose do pedicelo dos frutos da bananeira e, *Crinnipellis pernicioso*, causador da doença mais importante da cultura do cacau, a vassoura-de-bruxa.

Alguns princípios ativos extraídos de *P. aduncum* controlam o *Cladosporium cladosporioides*, ascomiceto responsável pela verrugose do maracujazeiro, que ataca tecidos novos de folhas, ramos, flores e frutos, causando necrose no local infectado.

Outras aplicações de derivados da planta de *P. aduncum* indicam que o resíduo foliar pode ser um excelente biofertilizante, possuindo atividade nematicida e fungicida de solo, além da capacidade revigoradora de plantas. Também o chorume de *P. aduncum* possui atividade fungicida com capacidade revigoradora das plantas aumentando a resistência delas ao estresse e às doenças.

Controle de Insetos

Um dos subprodutos derivados da extração do óleo essencial de *P. aduncum*, como o hidrolato, apresenta atividade inseticida, larvicida e repelente a mosquitos de uma maneira geral. O chorume apresenta atividade inseticida comprovada contra pulgões e cochonilhas.

Para *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Pyralidae), importante praga dos cereais, foi obtida uma redução de atividade larval a ponto de interferir negativamente no seu desenvolvimento quando o extrato alcoólico de *P. aduncum* foi adicionado à dieta alimentar desse inseto.

O óleo essencial de *P. aduncum* está sendo usado como matéria-prima para preparação de derivados semi-sintéticos com atividade frente a larvas adultas de *Aedes aegypti* (L., 1762) (Diptera: Culicidae), conhecido vetor da dengue hemorrágica. Atua também como repelente aos mosquitos dessa espécie além de anofídeos.

O dilapiol foi o componente mais ativo de *P. aduncum* no controle de larvas *Aedes atropalpus* (Diptera: Culicidae), pois adicionado à água proporcionou uma alta mortalidade de indivíduos.

A evidência de que o dilapiol seja o principal princípio ativo inseticida prende-se ao fato de que ele, mesmo isolado de outras espécies de plantas, mantém esta propriedade para diferentes pragas. Na Índia, o dilapiol isolado de *Anethum sowa* Roxb. (Apiaceae) possui atividade inseticida contra *Tribolium castaneum* Herbst., 1797 (Coleoptera: Tenebrionidae), praga de farinha de cereais que pode atacar ainda raízes de gengibre, frutos secos, chocolate, nozes e grãos de leguminosas. A mistura de dilapiol, extraído de *Anethum graveolens* L., ao óleo essencial de *Tanacetum vulgare* (L.) (Apiaceae) é eficaz no controle de *Choristoneura rosaceana* (Harris) (Lepidoptera: Tortricidae), importante praga nativa da região norte dos EUA, cujas lagartas são polípagas que atacam folhas e frutos de plantas da família Rosaceae, incluindo-se as macieiras.

Resultados de Pesquisa Obtidos no Controle de Insetos com Extratos e Óleo Essencial de *Piper aduncum* na Embrapa Acre

Condições de Laboratório

Em condições de laboratório, ensaios toxicológicos foram desenvolvidos utilizando-se como insetos-modelo adultos de *Cerotoma tingomarianus* Bechyné (vaquinha-do-feijoeiro), lagartas de *Ascia monuste orseis* (Godart, 1819) (lagarta-da-couve) e *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (lagarta-do-cartucho-do-milho), larvas de *Tenebrio molitor* L., 1758 (pragas-das-farinhas), adultos de *Sitophilus zeamais* (Mots, 1855) (gorgulho-do-milho) e *Zabrotes subfasciatus* (Boh., 1833) (caruncho-do-feijão). Foi avaliado o efeito de contato por aplicação tópica (DL_{50}) e contato em superfície contaminada (papel-filtro) (CL_{50}) de diferentes concentrações do óleo essencial e do extrato alcoólico de *P. aduncum*. Para as pragas de grãos armazenados foi avaliado também o efeito fumigante do óleo essencial.

Quanto ao óleo essencial, foi observada a ocorrência de mortalidade em todas as espécies de insetos submetidas à experimentação, sendo sua eficácia dependente da espécie de inseto considerada, assim como da via de contaminação a que o inseto foi submetido (Fig. 6).

Considerando-se que os valores das inclinações das curvas de concentração-mortalidade são parâmetros indicativos da ação tóxica de inseticidas, os adultos de *S. zeamais*, submetidos às diferentes concentrações do óleo de *P. aduncum* aplicado por via de contato tópico, apresentaram maiores valores dessa inclinação (Fig. 6A).

Isto corresponde a uma resposta homogênea dessa população às diferentes concentrações do óleo, quando pequenas variações no aumento das concentrações corresponderam a grandes variações na mortalidade desses indivíduos. As espécies *C. tingomarianus*, *Z. subfasciatus*, *T. molitor*, *A. monuste* e *S. frugiperda* foram aquelas que apresentaram, nesta seqüência, valores decrescentes da inclinação da curva de resposta. Note-se que houve uma tendência dos adultos dos coleópteros *C. tingomarianus*, *Z. subfasciatus* e *S. zeamais* apresentarem respostas mais homogêneas à variação das concentrações do óleo essencial quando comparados às formas larvais dos insetos avaliados (Fig. 6A).

Esta tendência não foi mantida quando os insetos foram submetidos aos bioensaios de contato em superfície contaminada, com exceção aos adultos de *C. tingomarianus* que apresentaram o maior valor da inclinação da curva, confirmando sua maior sensibilidade de resposta ao óleo essencial (Fig. 6B). As espécies *A. monuste*, *S. frugiperda*, *T. molitor*, *Z. subfasciatus* e *S. zeamais* apresentaram, nesta seqüência, valores decrescentes da inclinação da curva de dose-resposta. Ao contrário do que foi observado para contato tópico, o comportamento desta última espécie de inseto apresentou a resposta mais heterogênea pela via de contato em superfície contaminada comparado às demais espécies avaliadas. Isso indica que são necessárias grandes variações nas concentrações para proporcionar pequenas variações na mortalidade.

Pode-se considerar que o óleo essencial de *P. aduncum* foi tóxico a todas as espécies submetidas aos bioensaios nas duas vias de contaminação por contato. As espécies

S. zeamais e *Z. subfasciatus* necessitaram de maiores doses/concentrações para matar 50% das populações submetidas aos ensaios. Sob este aspecto podem-se considerar as demais espécies como mais sensíveis ao efeito do óleo essencial, devido aos baixos valores das CL_{50} e DL_{50} observados (Fig. 6C e D).

Considerando-se que os valores das doses e concentrações discriminatórias (CL_{99} e DL_{99}) são utilizados para monitorar populações resistentes a inseticidas convencionais, é possível apontar *Z. subfasciatus* e *S. zeamais* como as espécies que apresentaram maior resistência ao óleo essencial de *P. aduncum* (Fig. 6E e F) pelos altos valores dessas doses/concentrações.

Resultados de bioensaios complementares apontaram ainda um efeito fumigante do óleo de *P. aduncum* a *S. zeamais* (CL_{50} de 0,56 μ l/g de grãos de milho).

Outro resultado de interesse científico indicou que adultos sobreviventes de *C. tingomarianus*, após a aplicação tópica, diminuíram gradativamente o consumo foliar diário à medida que maiores concentrações do óleo de *P. aduncum* foram aplicadas (Fig. 7). Observaram-se, nas concentrações de 2,5% e 5%, valores diários de consumo foliar menores que 1,23 cm^2 , abaixo dos determinados para esse crisomelídeo em plantas de feijoeiro cv. Pérola sem pulverização de agroquímicos. Esses resultados sugerem a ocorrência de distúrbios fisiológicos devido à toxicidade do óleo de *P. aduncum*. Isto pode ser explicado pela presença do grupo metilendioxifenil, na constituição química do dilapiol, que o faz agir como inibidor de monooxigenase dependente de citocromo P450, que pode ter interferido negativamente na capacidade de detoxificação dos adultos de *C. tingomarianus*, fazendo

com que o inseto não sobrevivesse ao acúmulo de componentes letais contidos na folha do feijoeiro utilizada como alimento.

O extrato alcoólico de *P. aduncum* não apresentou mortalidade para nenhuma das espécies de insetos submetidos ao bioensaios de contato em superfície contaminada e em contato por aplicação tópica na faixa de concentrações avaliadas entre 1% e 30% (v/v).

Condições de Semicampo

Os resultados dos bioensaios realizados com o óleo essencial de *P. aduncum* apontaram uma sensibilidade de adultos de *C. tingomarianus* ao produto (Fig. 6), permitindo que os experimentos fossem realizados em casa de vegetação utilizando-se gaiolas com plantas de feijão e soja cultivadas em vasos. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com quatro repetições e as pulverizações do extrato/óleo de *P. aduncum* foram realizadas a cada 3 dias infestando-se as gaiolas com cinco adultos de *C. tingomarianus* capturados no campo. Realizaram-se, diariamente, contagens dos mortos e reposições por insetos vivos. No décimo dia foram retiradas as folhas das plantas, para cálculo de área foliar consumida e eficiência na mortalidade dos insetos. Cada experimento foi repetido por três vezes consecutivas, realizando-se análise de regressão ou de variância conjunta dos dados, aplicando-se o teste Scott & Knott ($p < 0,05$) para a comparação das médias quando pertinente.

Ao contrário do que foi observado nos bioensaios de exposição por contato em superfície contaminada e por aplicação tópica, ocorreu significativa mortalidade de adultos de *C. tingomarianus* nas condições experimentais

de semicampo, utilizando-se plantas de feijoeiro, quando pulverizadas com concentrações a partir de 1% do extrato de *P. aduncum* (Fig. 8). A porcentagem de mortalidade dos insetos foi crescente até atingir o máximo de 43% na maior concentração utilizada (10%). Nessas condições experimentais houve um decréscimo significativo no consumo foliar por adultos de *C. tingomarianus*, à medida que maiores concentrações do extrato de *P. aduncum* foram pulverizadas nas folhas do feijoeiro (Fig. 9). Em concentrações a partir de 5% houve inibição alimentar da ordem de 50% em relação à testemunha.

Quando foram utilizadas plantas de soja, a mortalidade de adultos de *C. tingomarianus* foi insignificante e os valores de consumo foliar apresentaram um decréscimo significativo à medida que maiores concentrações foram pulverizadas nas plantas (Fig. 10). Em concentrações a partir de 5% a inibição alimentar foi de apenas 21% em relação à testemunha, o que confirma uma diferença de comportamento do extrato de *P. aduncum*, em relação ao controle de *C. tingomarianus*, nas duas leguminosas estudadas.

Quando o óleo essencial de *P. aduncum* foi submetido às mesmas condições experimentais, somente as concentrações abaixo de 1% (v/v) puderam ser avaliadas devido à ocorrência de efeito fitotóxico do óleo. Neste caso, não foi observada mortalidade dos insetos, ficando o efeito inseticida restrito à redução do consumo foliar. Pode-se comprovar que as concentrações acima de 0,4% (v/v) apresentaram redução significativa de consumo foliar da praga quando comparadas às concentrações abaixo desse valor e com a testemunha (plantas pulverizadas com água) (Fig. 11).

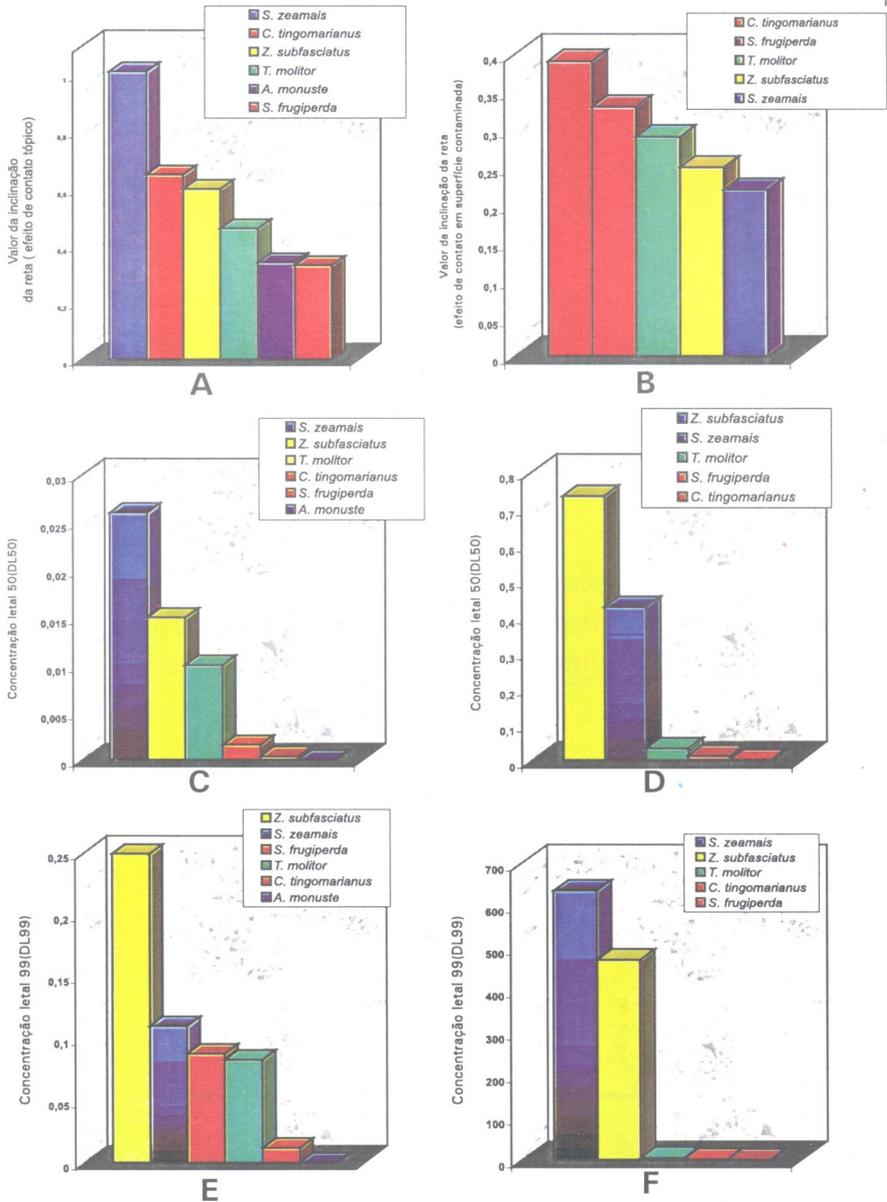


Fig. 6. Valores das inclinações das curvas de dose-resposta DL_{50} e DL_{99} e CL_{50} e CL_{99} do óleo essencial de *P. aduncum* para insetos-modelo submetidos a bioensaios toxicológicos.

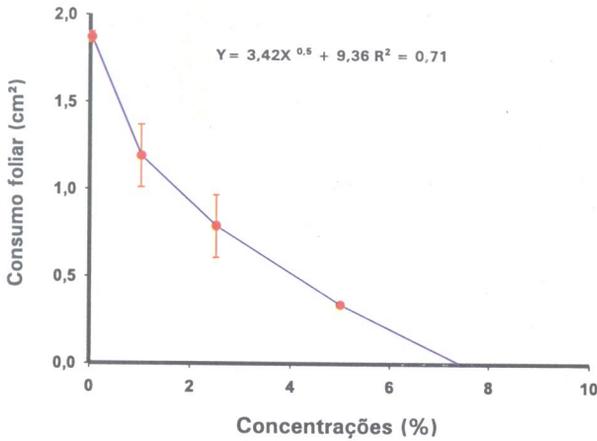


Fig. 7. Consumo foliar diário médio de adultos de *Cerotoma tingomarianus* submetidos à aplicação tópica de diferentes concentrações do óleo de *Piper aduncum*.

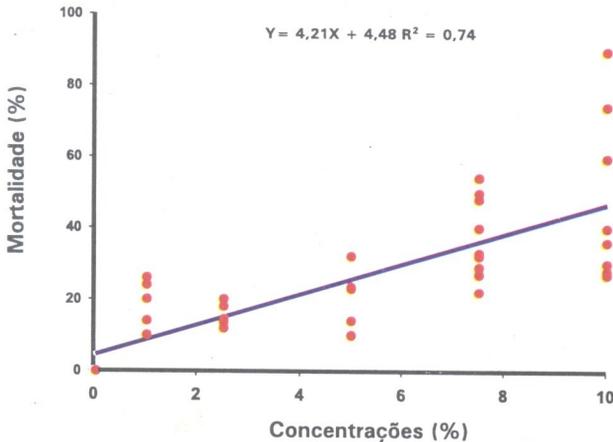


Fig. 8. Mortalidade de adultos de *C. tingomarianus* em plantas de feijoeiro pulverizadas com as diferentes concentrações do extrato de *P. aduncum*, em condições de telado (semicampo).

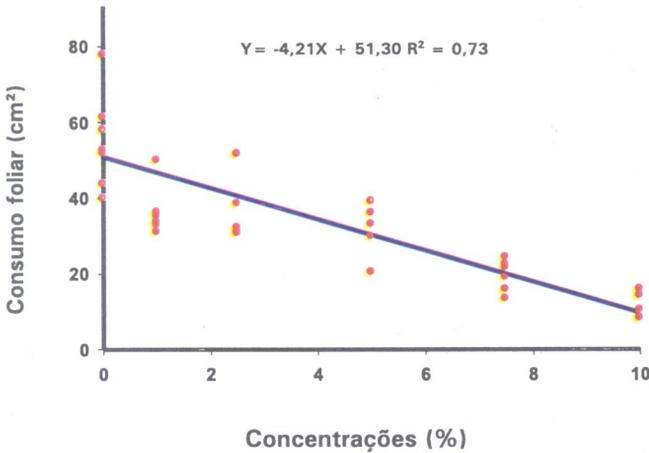


Fig. 9. Consumo foliar de adultos de *C. tingomarianus* em plantas de feijoeiro pulverizadas com diferentes concentrações do extrato de *P. aduncum* em condições de telado (semicampo).

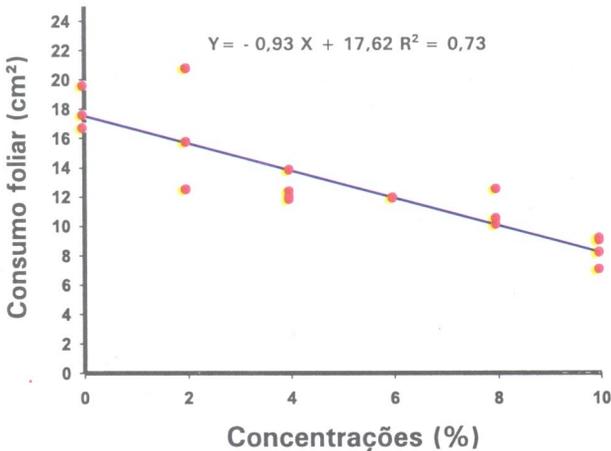


Fig. 10. Consumo foliar de adultos de *C. tingomarianus* em plantas de soja pulverizadas com diferentes concentrações do extrato de *P. aduncum* em condições de telado (semicampo).

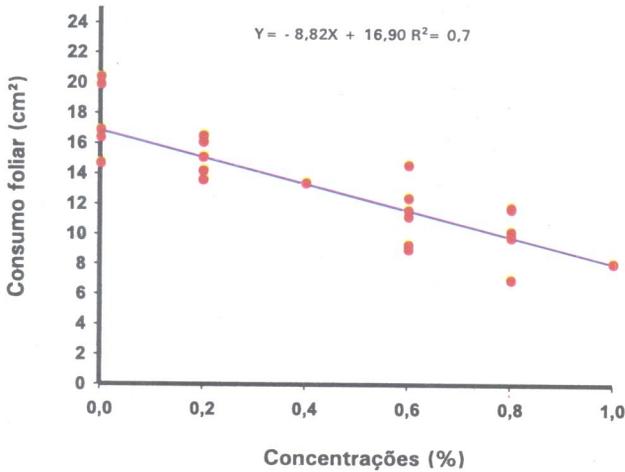


Fig. 11. Consumo foliar de adultos de *C. tingomarianus* em plantas de feijão pulverizadas com diferentes concentrações do óleo de *P. aduncum* em condições de telado (semicampo).

Um último experimento em condições de semicampo teve por objetivo comparar a eficiência da mortalidade e a redução do consumo foliar de *C. tingomarianus* pulverizando-se as plantas de feijoeiro com extrato e óleo essencial de *P. aduncum* a 5% (v/v) e 0,8% (v/v), respectivamente, e inseticida à base de Carbaryl na concentração recomendada pelo fabricante (0,2% (v/v)). Os resultados mostraram que plantas tratadas com óleo essencial e com extrato de *P. aduncum* apresentaram valores médios de danos, ocasionados pelo consumo de folhas pelos insetos, 13 vezes superiores aos apresentados por plantas tratadas com inseticida convencional. No caso da eficiência de mortalidade essa proporção foi 10 vezes maior, demonstrando que para serem utilizados na prática, tanto o óleo essencial quanto o extrato teriam que ser pulverizados em cultivares com alta tolerância ao desfolhamento, para compensar os danos foliares causados pela praga durante o seu manejo integrado.

Condições de Campo

Foram instalados experimentos distintos para avaliar a eficácia do extrato de *P. aduncum* utilizando a cultivar de feijão Pérola e a cultivar de soja Gralha. Utilizaram-se técnicas convencionais recomendadas tanto para o plantio como condução das culturas. Os tratamentos consistiram de pulverizações (300 L/ha) semanais de extrato de *P. aduncum* a 5% (v/v); extrato de *P. hispidinervum* a 5% (v/v); inseticida Carbaryl (850 PM) a 1,5 g/litro de água; e testemunha (somente água). Utilizou-se o delineamento de blocos casualizados com cinco repetições. Avaliou-se a porcentagem de desfolhamento causada pelo inseto por meio de atribuição semanal de notas de 0 a 100, comparando-se as médias dos tratamentos pelo teste de Scott & Knott ($P < 0,05$) dentro das etapas de desenvolvimento do feijoeiro definidas como: V2 (emissão de folhas cotiledonares); V3 (primeira folha trifoliolada); V4 (terceira folha trifoliolada); V5 (final do desenvolvimento vegetativo); R6 (floração); R7 (formação de vagens); e R8 (enchimento de vagens). As etapas de desenvolvimento da cultura da soja foram definidas como: V3 (emissão do primeiro nó); V5 (emissão do quinto nó); V8 (emissão do oitavo nó); V10 (emissão do décimo nó); R1 (início do florescimento); R2 (florescimento); R3 (início de formação de legumes); R4 (formação de legumes); R5 (início de enchimento de grãos); R6 (máximo volume de grãos); R7 (maturação fisiológica); R8 (maturação).

Feijão

As avaliações de danos causados por adultos de *C. tingomarianus* às folhas do feijoeiro apresentaram diferença significativa entre os tratamentos de controle a

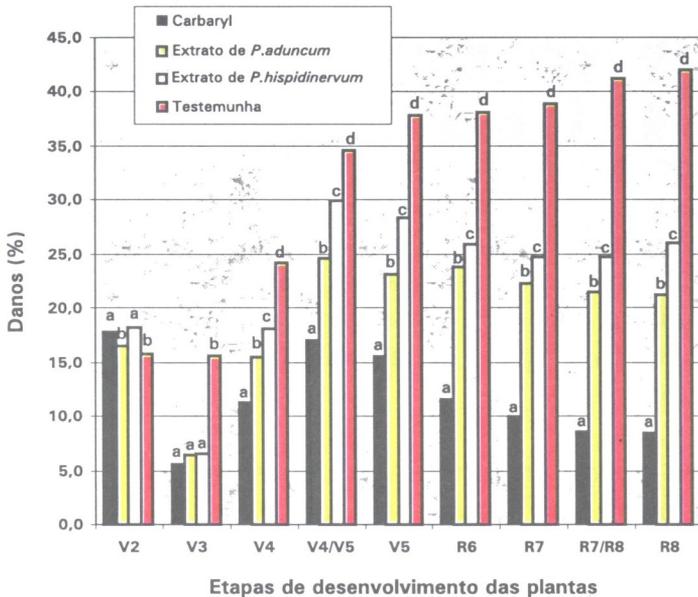
partir da etapa de desenvolvimento V3 (emissão da primeira folha trifoliolada) (Fig. 12). A partir da fase V4 (terceira folha trifoliolada), até que as plantas atingissem a última etapa reprodutiva em R8 (enchimento de vagens), houve diferenças significativas entre os tratamentos de controle da praga entre si e em relação à testemunha. Em todas essas etapas de desenvolvimento ocorreu uma significativa seqüência decrescente de consumo foliar dos tratamentos, obedecendo a seguinte ordem: testemunha > extrato de *P. hispidinervum* > extrato de *P. aduncum* > Carbaryl, comprovando que apenas o extrato de *P. aduncum* foi menos eficiente que o inseticida Carbaryl.

Se for adotado 20% de desfolhamento como nível médio de controle para *C. tingomarianus* durante a etapa reprodutiva (de R6 a R8), pode-se considerar que o tratamento com o extrato de *P. aduncum* impediu que este valor fosse atingido durante essas fases, consideradas críticas para a produção das plantas de feijoeiro, quando desfolhadas.

No entanto, a significativa diferença das porcentagens de danos causados às folhas do feijoeiro entre os tratamentos com inseticida e com os extratos de piperáceas não refletiu na produtividade, uma vez que não houve diferença significativa entre os tratamentos com extratos de *P. aduncum* (3.077,58 kg/ha), *P. hispidinervum* (2.796,42 kg/ha) e o inseticida Carbaryl (3.574,43 kg/ha). No entanto, todos os tratamentos foram significativamente superiores à testemunha (1.738,65 kg/ha). Como no Brasil as lavouras que seguem corretamente as recomendações técnicas para o cultivo do feijoeiro chegam a ter médias próximas a 4 mil kg/ha, pode-se considerar que a produtividade obtida em condições experimentais, utilizando como inseticida

extrato de *P. aduncum*, no controle de adultos de *C. tingomarianus*, foi altamente satisfatória.

Esse resultado sugere também que a cv. Pérola comportou-se como tolerante ao desfolhamento nas fases críticas do desenvolvimento das plantas, necessitando de uma adequação dos valores dos níveis de ação da praga a serem adotados.



Onde: V2 (emissão de folhas cotiledonares); V3 (primeira folha trifoliolada); V4 (terceira folha trifoliolada); V5 (final do desenvolvimento vegetativo); R6 (floração); R7 (formação de vagens); e R8 (enchimento de vagens).

Média dentro de cada estágio de desenvolvimento, seguida de mesma letra, não difere entre si pelo teste de Skott & Knott ($P < 0,05$).

Fig. 12. Danos foliares causados por adultos de *C. tingomarianus* em plantas de feijão pulverizadas com inseticida Carbaryl e extrato de *P. aduncum* e *P. hispidinervum* em condições de campo.

Soja

Com exceção do estágio de desenvolvimento V3 (início do desenvolvimento vegetativo), em todas as demais etapas houve diferença significativa entre os valores da porcentagem de danos foliares causados por *C.*

tingomarianus na testemunha em relação aos tratamentos de pulverização com extratos e o inseticida Carbaryl (Fig. 13). Em todos os estágios observou-se também que as parcelas pulverizadas com Carbaryl apresentaram percentual de danos foliares significativamente inferiores aos apresentados pelas parcelas pulverizadas com os extratos de *P. aduncum* e *P. hispidinervum* (Fig. 13).

Comparando-se os extratos, com exceção dos estágios V3 e V5, houve diferença significativa entre os valores de danos foliares das parcelas pulverizadas com os extratos de *P. aduncum* e de *P. hispidinervum*, sendo o primeiro mais eficaz na proteção das plantas contra o ataque da praga (Fig. 13).

Pode-se observar, também, que na maioria dos estágios de desenvolvimento da soja cv. Gralha a pulverização dos extratos das duas piperáceas não foi suficiente para promover o controle dos adultos de *C. tingomarianus*, a tal ponto que os valores percentuais dos danos foliares permanecessem abaixo dos valores adotados para o nível de ação da praga, nos diferentes estágios de desenvolvimento das plantas de soja. Deve ser considerado, no entanto, que mesmo as parcelas que receberam a pulverização com inseticida Carbaryl, reconhecidamente eficaz no controle desse inseto, também apresentaram valores percentuais de danos acima do nível de ação, nos estágios R3, R6, R7 e R8, caracterizando-se assim a alta agressividade desta praga em relação à

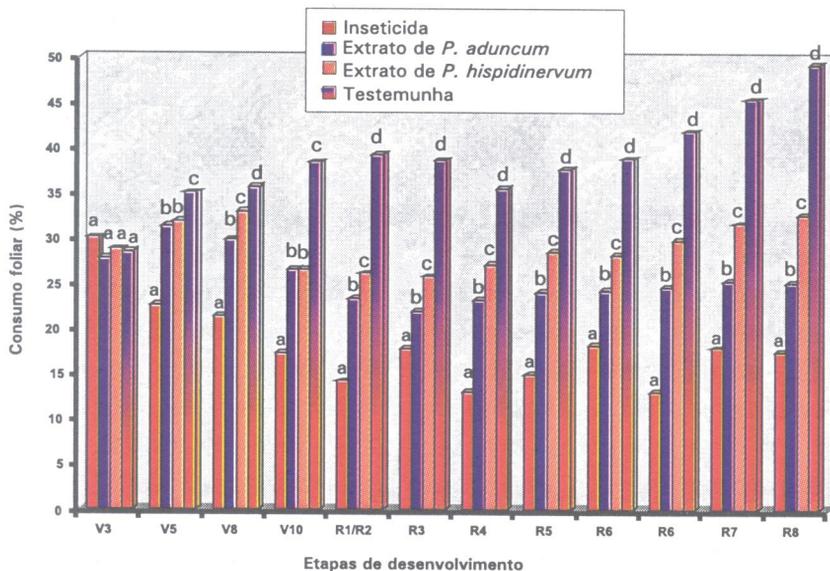
cultura da soja. Pode-se supor neste caso que a mortalidade da população dos insetos em função do inseticida foi em determinados momentos inferior à migração dos insetos para dentro das áreas de cultivo, refletindo desta maneira no aumento dos valores da porcentagem de danos causados às folhas das plantas (Fig. 13).

A significativa diferença entre a porcentagem de danos causados às folhas da soja entre os tratamentos com inseticida e com os extratos de piperáceas não refletiu na produtividade, uma vez que não houve diferença significativa entre os tratamentos com extratos de *P. aduncum* (2.797,25 kg/ha), *P. hispidinervum* (2.722,25 kg/ha) e o inseticida Carbaryl (2.798,25 kg/ha), todos diferindo significativamente da testemunha (2.045,75 kg/ha). Tendo em vista que a produtividade média da soja brasileira é de 2.300 kg/ha em cultivo convencional fazendo-se uso de pulverizações com inseticidas químicos em larga escala, pode-se considerar altamente satisfatória a produtividade obtida nas condições experimentais de Rio Branco, utilizando-se a cv. Galha pulverizada com inseticidas à base de extrato de *P. aduncum* e *P. hispidinervum*.

Tal resultado sugere também que a cv. Galha é tolerante ao desfolhamento, necessitando de uma adequação dos valores dos níveis de ação a serem adotados durante as etapas de desenvolvimento das plantas.

A eficácia dos extratos de *P. aduncum* e *P. hispidinervum* no controle da vaquinha *C. tingomarianus*, tanto na cultura do feijoeiro como na da soja, pode ser atribuída à

persistência do produto nas plantas promovendo um controle da praga viabilizando a sua utilização no campo.



Onde: V3 (emissão do primeiro nó); V5 (emissão do quinto nó); V8 (emissão do oitavo); V10 (emissão do décimo nó); R1 (início do florescimento); R2 (florescimento); R3 (início de formação de legumes); R4 (formação de legumes); R5 (início de enchimento de grãos); R6 (máximo volume de grãos); R7 (maturação fisiológica); e R8 (maturação). Média dentro de cada estágio de desenvolvimento, seguida de mesma letra, não difere entre si pelo teste de Skott & Knott ($P < 0,05$).

Fig. 13. Consumo foliar de *C. tingomarianus* em soja cv. Galha, tratada com extratos de *P. aduncum*, *P. hispidinervum* e Carbaryl, nos diferentes estágios de desenvolvimento.

Abacaxi

Pelos resultados toxicológicos promissores da utilização do óleo essencial de *P. aduncum* para adultos e formas larvais de insetos em condições experimentais, foi montada uma unidade de observação (UO) em uma área de produtor de 1,5 ha, com o objetivo de avaliar a eficácia do óleo de *P. aduncum* no manejo integrado das duas principais pragas da cultura do abacaxi: broca-dos-frutos-do-abacaxi *Strymon megarus* (Godt, 1824) (Lepidoptera: Lycaenidae) e do percevejo *Thlastocoris laetus* Mayr, 1866 (Hemiptera: Coreidae).

O óleo essencial foi pulverizado quinzenalmente do início do florescimento até a maturação dos frutos, na concentração de 0,5% (v/v), ou seja, 1,5 L/ha. Antes de adicionar a água, foram misturados 7 mL de espalhante adesivo, proporcionando uma completa emulsificação do óleo. Nessa área de cultivo, somente as plantas nas fases de florescimento e frutificação foram pulverizadas, diminuindo consideravelmente os custos de aplicação do produto. Para facilitar o emprego das pulverizações direcionadas, uniformizou-se a época de floração/frutificação por meio da aplicação de carbureto de cálcio (indução floral).

As observações foram realizadas em duas safras seguidas, concluindo-se que nas áreas pulverizadas com o óleo o número de frutos atacados pela broca foi em média de apenas 3%, enquanto nas áreas sem tratamento o ataque da broca foi superior a 30%. Por se tratar de uma praga cujo dano inutiliza os frutos para quaisquer finalidades, pode-se concluir que o óleo de *P. aduncum* foi eficaz no controle da broca-dos-frutos-do-abacaxi.

A mesma eficácia foi constatada quanto ao controle do percevejo-do-abacaxi. Neste caso, como a população do inseto apresenta um comportamento gregário, concentrando-se em poucas plantas da área de produção, as pulverizações foram restritas àquelas que apresentassem os sintomas característicos de amarelecimento causado pelas picadas do inseto. O ataque das plantas foi reduzido de 25% para menos de 1%, atestando que o óleo essencial promove o controle dessa praga.

Seletividade de Extratos e Óleo Essencial de *Piper aduncum* para Organismos Benéficos

Poucas são as informações sobre o efeito nocivo de extratos e do óleo de *P. aduncum* sobre organismos benéficos. O extrato etéreo dessa planta é relatado como letal para *Penicillium oxalicum*, agente promissor no biocontrole de *Fusarium* em tomateiro, assim como para *Saccharomyces cerevisiae*, importante biocatalizador utilizado como fermento de massas comestíveis.

Na área entomológica trabalhos recentes apontaram que o óleo de *P. aduncum* pode promover alterações biológicas de *Ceraeochrysa cubana* (Neuroptera: Chrysopidae), dependendo da fase de desenvolvimento em que o inseto se encontra. Essa espécie é considerada como importante predadora de várias ordens de insetos e ácaros considerados pragas agrícolas.

Os ovos de *C. cubana* são inviabilizados em 43% quando imersos em emulsões de 0,5% (v/v) do óleo essencial de *P. aduncum*. Porém o período embrionário não foi alterado para a espécie. Larvas de primeiro instar apresentaram

mortalidade acima de 50% por contato tópico a partir de concentrações de 4,75%. Já 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% (v/v) do óleo essencial.

Tendo em vista que no campo o óleo essencial de *P. aduncum* tem apresentado eficácia no controle de pragas em concentrações abaixo de 1%, pode-se considerar o produto seletivo para *C. cubana*, necessitando-se aprofundar as observações quanto à viabilidade de ovos quando submetidos a pulverizações em concentrações acima de 5% (v/v), haja vista que nas avaliações toxicológicas os ovos foram imersos no óleo, caracterizando-se em uma exposição drástica ao produto, diferentemente do que ocorre em pulverizações de campo para o controle de pragas.

Desafios para a Produção e Utilização de Produtos Derivados de *Piper aduncum* na Agricultura em Escala Comercial

Algumas etapas importantes deverão ser cumpridas até que a produção e a utilização dos produtos derivados de *P. aduncum* se tornem econômica e seguramente viáveis em escala comercial.

Os principais desafios que podem ser apontados são:

- Domesticação da espécie e adaptação de tecnologias visando diminuir os custos de implantação da cultura e produção em larga escala.
- Estudos para a seleção de cultivares com elevados teores de dilapiol.
- Adaptação de colheita mecanizada.
- Avaliação do rendimento industrial, empregando-se a infra-estrutura utilizada para a produção do safrol a partir de *P. hispidinervum*.
- Registro do produto como inseticida junto ao Mapa, Anvisa e Ibama.
- Viabilização da produção do extrato de *P. aduncum* utilizando tecnologia que se assemelhe à extração por refluxo do solvente.
- Realização de ensaios de seletividade do produto a organismos benéficos, visando à menor interferência no equilíbrio ambiental.
- Avaliação da eficácia dos produtos em cultivos orgânicos.
- Avaliação do potencial no controle de pragas de animais domésticos e na pecuária.

Referências

- AMORIM, L. L.; THOMAZINI, M. J.; ALBUQUERQUE, E. S. de; CAVALCANTE, A. S. da S. Efeito de óleos essenciais de piperáceas sobre ovos de *Ceraeochrysa cubana*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 20, 2004, Gramado. **Resumos...** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho: Sociedade Entomológica do Brasil, 2004. p. 295.
- AMORIM, L. L.; THOMAZINI, M. J.; CAVALCANTE, A. S. da S.; ALBUQUERQUE, E. S. de. Efeito de óleos essenciais de piperáceas sobre larvas de *Ceraeochrysa cubana*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 20, 2004, Gramado. **Resumos...** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho: Sociedade Entomológica do Brasil, 2004. p. 296.
- BASTOS, C. N. Potencial do óleo extraído da piperácea *Piper aduncum* L. no controle da vassoura-de-bruxa (*Crinipellis pernicioso*) do cacaueteiro. In: INTERNATIONAL COCOA RESEARCH CONFERENCE, 12, 1996, Salvador. **Proceedings...** Salvador, 1996. p. 42.
- BASTOS, C. N.; ALBUQUERQUE, P. S. B. Efeito do óleo de *Piper aduncum* no controle em pós-colheita de *Colletotricum musae* em banana. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 5, p. 555-557, Set./Out. 2004.
- BELZILE, A. S.; MAJERUS, S. L.; PODESZFINSKI, C.; GUILLET, G.; DRUST, T.; ARNASON, J. T. Dillapiol derivates as synergists: structure-activity relationship analysis. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v. 66, n. 1, p. 33-40, 2000.

- BERNARD, C. B.; ARNASON, J. T.; PHILOGÈNE, B. J. R.; LAM, J.; WADDEL, T. Effect of lignans and other secondary metabolites of the Asteraceae on the mono-oxygenase activity of the European corn borer. **Phytochemistry**, London, v. 28, n. 5, p. 1373-1377, 1989.
- BERNARD, C. B.; KRISHINAMURTY, H. G.; CHAURET, D.; DURST, T.; PHILOGÈNE, B. J. R.; SÁNCHEZ-VINDAS, P.; HASBUN, C.; POVEDA, L.; ROMÁN, L. S.; ARNASON, J. T. Insecticidal defenses of piperaceae from the neotropics. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 21, p. 801-814, 1995.
- CACERES, A.; MENÉNDES, H.; MÉNDES, E.; COHOBÓN, E.; SAMAYOA, B. E.; JAUREGUI, E.; PERALTA, E.; CARRILLO, G. Antogonorrhoeal activity of plants used in Guatemala for the treatment of sexually transmitted diseases. **Journal of Ethnopharmacology**, The Netherlands, v. 48, p. 85-8, 1995.
- CICCIO, J. F.; BALLESTRO, C. M. Constituyentes volatiles de las hoja y espigas de *Piper aduncum* (Piperaceae) de Costa Rica. **Revista de Biología Tropical**, San José, v. 45, n. 2, p. 783-790, 1997.
- ESTRELA, J. L. V.; FAZOLIN, M.; CATANI, V.; ALERCIO, M. R.; de LIMA, M. S.; Toxicidade de óleos essenciais de *Piper aduncum* e *Piper hispidinervum* em *Sitophilus zeamais*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 2, p. 217-222, Fev. 2006.
- FAZOLIN, M.; ESTRELA, J. L. V. Comportamento da cv. Pérola (*Phaseolus vulgaris* L.) submetida a diferentes níveis de desfolha artificial. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 5, n. 27, p. 978-984, 2003.

FAZOLIN, M.; ESTRELA, J. L. V. Determinação do nível de dano econômico de *Cerotoma tingomarianus* Bechyné (Coleoptera: Chrysomelidae) em *Phaseolus vulgaris* L. cv. Pérola. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 33, n. 5, p. 1-7, 2004.

FAZOLIN, M.; ESTRELA, J. L. V.; CATANI, V.; LIMA, M. S.; ALECIO, M. R. Toxicidade do óleo de *Piper aduncum* L. a adultos de *Cerotoma tingomarianus* Bechyné (Coleoptera: Chrysomelidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 2, n. 35, maio/jun. 2005.

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

HERMOSO, A.; JIMÉNES, I. A.; MMANI, Z. A.; BAZZOCCHI, I. L.; PIÑERO, J. E.; RAVELO, A. G.; VALLADARES, B. Antileishmanial and activities of dihydrocalcones from *Piper alongatum* and syntetic related compouds. Structural requerimens for activity. **Bioorganic & Medicinal Chemistry**, v. 11, n. 18, p. 3975-3980, 2003.

JANTAN, I.; RAFI, I. A. A.; JALIL, J. Platelet-activatingfactor (PAF) receptor-binding antagonist activity of Malaysian medicinal plants. **Phytomedicine**, Arizona, v. 12, n. 1-2, p. 88-92, 2005.

KLOCEK, P.; POLENSNY, Z.; SVOBODOVA, B.; VLKOVA, E.; KOSKOSKA, L. Antibacterial screening of some Peruvian medicinal plants used in Calleria District. **Journal of Ethnopharmacology**, The Netherlands, v. 99, n. 2, p. 309-312, 2005.

LAROCQUE, N.; VINCENT, C.; BELANGER, A.; BOURASSA, J. P. Effects of tansy essential oil from *Tanacetum vulgare* on biology of oblique-banded leafroller, *Choritoneura rosaceana*. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 25, n. 6, p. 1319-1330, 1999.

LEMOS, G. C. S.; OLIVEIRA, L. O.; EBERLI, B. B.; MOTTA, O. V.; FOLLY, M. M. Bactericidal activity of macela (*Achyrocline satureioides* (Lam.) DC.) and jaborandi-falso (*Piper aduncum* L.) against strains of *Staphylococcus aureus* isolated from subclinical bovine mastitis. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 3, n. 1, p. 67-72, 2000.

LENTZ, D. L.; CLARK, A. M.; HUFFORD, C. D.; MEURER-GRIMES, B.; PASSREITER, C. M.; CORDEIRO, J.; IBRAHIMI, O.; OKUNADE, A. L. Antimicrobial properties of Honduran medicinal plants. **Journal of Ethnopharmacology**, The Netherlands, v. 63, p. 253-263, 1998.

LOHÉZIC-LE, DÉVÉHAT, F.; BAKHTIAR, A.; BÉZIVIN, C.; AMOROS, M.; BOUSTIE, J. Antiviral and cytotoxic activities of some Indonesian plants. **Fitoterapia**, Milano, v. 73, n. 5, p. 400-405, 2002.

MAIA, J. G. S.; ZOGHBI, M. G. S.; ANDRADE, E. H. A.; SANTOS, A. S.; SILVA, M. L.; LUZ, A. I. R.; BASTOS, C. N. Constituents of the essential oil of *Piper aduncum* L. growing in the Amazon Region. **Flavour and Fragrance Journal**, Scotland, v. 13, p. 269-272, 1998.

MARTINS, R. C. C. **Metabolismo fenilpropanóico em *Piper solmossianum* C.DC. (Piperaceae)**. 2002. 164 p. Tese (Doutorado em Química) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

MESQUITA, J. M. O.; CAVALEIRO, C.; CUNHA, A. P.; LOMBARDI, J. A.; OLIVEIRA, A. B. Estudo comparativo dos óleos voláteis de algumas espécies de Piperaceae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, João Pessoa, v. 15, n. 1, p. 6-12, Jan./Mar. 2005.

NAIR, M. G.; BURKE, B. A. Antimicrobial *Piper* metabolites and related compounds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Australia, v. 38, p. 1093-1096, 1990.

NUNES, J. D. **Citogenética de acessos de pimenta-longa (*Piper* spp.)**. 2004. 30 p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

OKUNADE, A. L.; HUFFORD, C. D.; CLARK, A. M.; LENTZ, D. Antimicrobial properties of constituents of *Piper aduncum*. **Phytoterapy Research**, London, v. 11, p. 142-144, 1997.

ORJALA, J.; WRIGHT, A. D.; ERDELMEIER, C. A. J.; STICHER, O. New monoterpene-substituted dihydrochalcones from *Piper aduncum*. **Helvetica Chimica Acta**, Switzerland, v. 76, p. 1418-1488, 1993.

ORJALA, J.; ERDELMEIER, C. A. J.; WRIGHT, A. D.; RALI, T.; STICHER, O. Chromenes and prenylates benzoic acid derivated from *Piper aduncum*. **Phytochemistry**, London, v. 34, n. 3, p. 813-818, 1993.

ORJALA, J.; ERDELMEIER, C. A. J.; WRIGHT, A. D.; RALI, T.; STICHER, O. Five new prenylated p-hydroxybenzoic acid derivatives with antimicrobial and molluscicidal activity from *Piper aduncum* leaves. **Planta Médica**, Stuttgart, v. 59, p. 547-551, 1993.

ORJALA, J.; WRIGHT, A. D.; BEHRENDTS, H.; FOLKERS, G.; STICHER, O. Cytotoxicity and antibacterial dihydrocalcones from *Piper aduncum*. **Journal of Natural Products**, Lloydia, v. 57, n. 1, p. 18-26, 1994.

PIMENTEL, F. A.; CABRAL, W. G.; da SILVA, R. M.; PINHEIRO, P. S. N. **Processo de extração de óleo essencial de pimenta longa (*Piper hispidinervum*)**. Rio Branco: Embrapa-CPAF-AC, 1998. 2 p. (Embrapa-CPAF-AC. Comunicado Técnico, 97).

PIMENTEL, F. A.; PEREIRA, J. B. M.; OLIVEIRA M, N. de. **Zoneamento e caracterização de habitats naturais de pimenta longa (*Piper hispidinervum*) no Acre**. Rio Branco: Embrapa-CPAF/AC, 1998. 17 p. (Embrapa-CPAF/AC. Boletim de Pesquisa, 20).

POHLIT, A. M.; PINTO, A. C. S.; MAUSE, R. *Piper aduncum* L.: planta pluripotente e fonte de substâncias fitoquímicas importantes. **Revista Fitos**, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 7-18, jun. 2006.

RAMOS, A.; VISOZO, A.; PILOTO, J.; GRACIA, A.; RODRIGUES, C. A.; RIVERO, R. Screening of antimutagenicity via antioxidant activity in Cuban medicinal plants. **Journal of Ethnopharmacology**, The Netherlands, v. 87, n. 2-3, p. 241-246, 2003.

SANTOS, E. C. T.; MOREIRA, D. L.; KAPLAN, M. A. C.; MEIRELLES, M. N.; ROSSI-BERGMANN, B. Selective effect of 2', 6'- dihydrochalcone isolated from *Piper aduncum* on *Leishmania amazonensis*. **Antimicrobial Agents and Chemotherapy**, Germany, v. 43, p. 1234-1241, 1999.

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.

Embrapa

Acre