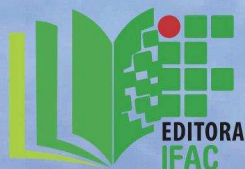




**Rosana Cavalcante dos Santos**  
**Amauri Siviero**  
*Organizadores*

# AGROECOLOGIA NO ACRE



Rosana Cavalcante dos Santos  
Amauri Siviero  
*Organizadores*

# **AGROECOLOGIA NO ACRE**

1ª edição

Rio Branco  
IFAC  
2015

# 15

## A contribuição de espécies do gênero *Piper* para a agroecologia no Acre

AMAURI SIVIERO, SARA DOUSSEAU, MURILO FAZOLIN e CELSO LUIS BERGO

### 1 Introdução

A Amazônia é reconhecida por abrigar uma das maiores fontes de recursos naturais, a região de maior biodiversidade do mundo. No Brasil, a floresta Amazônica abrange os estados de Amazonas, Rondônia, Roraima, Mato Grosso, Tocantins, Amapá, Acre, Pará e parte do Maranhão.

O estado do Acre está inserido na porção ocidental da Amazônia brasileira, uma área geográfica de grande importância para a conservação da Floresta Tropical por possuir tipologias representativas tanto da Amazônia Central como Subandina. O Acre é considerado um estado tipicamente florestal com cerca de 85% de seu território recoberto por florestas primárias. Essa cobertura em grande parte é protegida pela ocorrência de unidades de conservação como as reservas extrativistas, florestas nacionais e estaduais, reservas biológicas e, ainda, as terras indígenas (ACRE, 2006).

A pesquisa sobre espécies vegetais nativas tem aumentado e a maior ênfase é dada às espécies amazônicas de interesse fitoquímico, compreendendo árvores, arbustos ou ervas da floresta. A exploração de espécies vegetais de interesse fitoquímico na Amazônia é, geralmente, desordenada e realizada por pessoas e empresas comerciais com pouca preocupação com a conservação das espécies ou com a qualidade da matéria prima. Neste contexto, o extrativismo predatório de

plantas nos ecossistemas tropicais ameaça populações naturais de diversas espécies. Consequentemente, a visão imediatista de exploração de recursos naturais gera progressiva perda da diversidade de espécies.

Os estudos de bioecologia, processos de domesticação, prospecção, fitoquímica, caracterização botânica e genética, distribuição geográfica, etnobotânica, produção em grande escala, beneficiamento pós-colheita, processamento e comercialização da maioria das espécies vegetais da Amazônia com potencial fitoquímico ainda são incipientes e escassos. O desenvolvimento de sistemas de manejo adequado para exploração e domesticação de espécies com potencial de uso fitoquímico prevê a identificação, caracterização e conhecimento das exigências ambientais.

Entre essas espécies com potencial químico, destacam-se aquelas do gênero *Piper*. Neste gênero, encontram-se descritas mais de 700 espécies. Destas, 450 ocorrem no Brasil e estima-se que a Amazônia abrigue próximo de 300 delas, com participação expressiva do estado do Acre com várias espécies (EHRINGHAUS, 1997; FIGUEIREDO; SAZIMA, 2000; GUIMARÃES; GIORDANO, 2004; YUNCKER 1972, 1973).

Grande número de espécies do gênero *Piper* é utilizado na medicina popular para o tratamento e prevenção de diversas doenças. Outras apresentam importância econômica devido à produção de óleos essenciais utilizados pela indústria de condimentos, farmacêutica e agroquímica (DYER; PALMER, 2004). Também são intensamente usadas pelos povos indígenas e tradicionais nos trópicos como medicinais (EHRINGHAUS, 1997). As espécies neotropicais de *Piper* são empregadas como espécie modelo em estudos de sucessão ecológica e adaptação a diferentes habitats. (JAMARILLO; MARQUIS, 2004).

Atualmente, há expressivo interesse econômico na exploração das espécies de *Piper* que ocorrem no Acre, demandando estudos básicos na domesticação e manejo da planta. As espécies do gênero *Piper* de interesse fitoquímico mais relevantes no Acre são: *P. hispidinervum*, *P. affinis hispidinervum*, *P. aduncum*, *P. callosum* e *P. hispidum*. Outras espécies, utilizadas como medicinais, também são comuns nas florestas e capoeiras do estado, a exemplo da *Piper corcovadensis* (Miq.) C. DC., *Piper chavicoides* (Miq.) C. DC. entre outras (EHRINGHAUS, 1997).

O presente capítulo traz uma revisão sobre as potencialidades de espécies de plantas do gênero *Piper* para o desenvolvimento da agroecologia no Acre. Este gênero abriga uma das mais frequentes espécies de plantas que ocorrem nesse estado. O texto detalha aspectos da bioecologia, distribuição geográfica, uso etnobotânico e as potencialidades de exploração econômica.

## 2 Aspectos gerais do gênero *Piper*

A família Piperaceae é caracterizada pela ocorrência de plantas herbáceas, trepadeiras, arvoretas, arbustos (maioria) e, raramente, espécies arbóreas. Trata-se de uma família predominantemente tropical, que inclui cinco gêneros, entre eles o gênero *Piper*.

A maioria das espécies de *Piper* está relatada nas florestas de várzea em regiões quentes e úmidas do mundo e poucas ocorrem fora da faixa tropical. Uma análise biogeográfica da distribuição de espécies americanas de *Piper* revelou três regiões distintas de ocorrência: Amazônia, América Central, México e a Mata Atlântica (JAMARILLO; MARQUIS, 2004).

Grande parte das espécies de *Piper* é pioneira, apresentando maior abundância em áreas de borda de mata e no interior de clareiras naturais ou causadas por humanos (GREIG, 1993). Algumas crescem em áreas fechadas (THIES; KALKO, 2004) e são comuns formando densos agrupamentos no sub-bosque da Floresta Tropical Ombrófila.

Segundo Fleming (1988), esta distribuição espacial agregada seria decorrente da dispersão de sementes por morcegos, dado que, em muitas áreas, os indivíduos de *Piper* concentram-se ao longo de linhas coincidentes com trilhas naturais ou artificiais, utilizadas por morcegos durante o voo. Em outros casos, a variação na distribuição espacial apresentada por espécies de *Piper* é tida como consequência da influência da luz do sol e do tipo de solo.

Dentro de cada área exposta ou sombreada, a luz parece influenciar a quantidade de flores produzidas em uma mesma estação reprodutiva (GREIG, 1993). Conforme Miranda (2002), indivíduos de *Piper* que recebem mais luz são capazes de gerar mais inflorescências, provavelmente como uma estratégia no investimento na reprodução sexuada, devido às vantagens evolutivas deste tipo de reprodução.

A maioria das espécies do gênero *Piper* apresenta uso na medicina tradicional e popular despertando interesse químico, notadamente, pelos componentes secundários contidos nas plantas. Diversos constituintes fixos como alcaloides, flavonoides, arilpropanoides e lignanas são encontrados em espécies do gênero. Os compostos fenólicos são responsáveis, em grande parte, pela atividade biológica de algumas espécies da Amazônia como apiol, dilapiol, miristicina, elemicina, eugenol, metileugenol, etilpiperonilcetona e safrol, todos encontrados em óleos essenciais de *Piper* já estudados (DYER; PALMER, 2004).

Embora o metabolismo secundário das piperáceas seja considerado como um dos mais versáteis das famílias botânicas conhecidas até o momento, apenas 10% do total de espécies conhecidas de *Piper* foi avaliado quanto à composição química (DYER; PALMER, 2004).

As áreas de várzea, terra firme e as bordas da floresta tropical úmida mostram maior riqueza e densidade de espécies de *Piper* na Amazônia. No estado do Pará foi relatada a ocorrência de: *Piper dilatatum* Rich., *P. cyrtopodon* (Miq.) C. DC., *P. hostmannianum* (Miq.) C. DC., *P. callosum* Ruiz e Pav., *P. tuberculatum* Jacq., *P. divaricatum* G. Mey, *P. nigrispicum* C. DC., *P. hispidum* Sw., *P. marginatum* var. *anisatum* Jacq. e *P. enckea* C. DC. (MAIA et al., 1997).

A maioria das espécies desse gênero possui registro de uso na medicina tradicional e apresentam componentes químicos de interesse farmacológico incluindo, por exemplo, propriedades: antitumorais (DUH et al., 1990); hipotensora (ARAÚJO JUNIOR et al., 1997); anti-séptica urinária e anti *Trypanosoma cruzi* (BASTOS; SILVA, 1998); inseticida (BARBIERI et al., 2007); sobre sistema nervoso central (BLUMENTHAL; SING, 1997); antimicrobiana com efeito sobre o fungo *Crinipellis pernicioso* (MAIA et al., 1998); analgésica (ANDRADE et al., 1998), contra *Salmonella typhi* (SENGUPTA; RAY, 1987).

As espécies do gênero *Piper* de interesse fitoquímico mais relevantes no Acre são *P. aduncum*, *P. hispidinervum*, *P. affinis hispidinervum*, *P. callosum* e *P. hispidum*. Outras espécies, como *P. corcovadensis* e *P. chavicooides*, comuns nas florestas e capoeiras do estado, são utilizadas como medicinais (EHRINGHAUS, 1997).

*Piper hispidinervum*, conhecida popularmente como pimenta longa, possui grande valor comercial devido ao elevado teor de safrol em seu óleo essencial (SILVA; OLIVEIRA, 2000a). Um ecótipo de *P. hispidinervum*, classificada como *P. affinis hispidinervum*, é exclusivamente do Acre e apresenta alto teor de sarisan, um produto usado na indústria farmacêutica com ação bactericida (BIZZO et al., 2001).

A pimenta de macaco (*P. aduncum*) é fonte de dilapiol, uma substância com ação bioinseticida de grande interesse agroquímico. A espécie é pioneira, ocorrendo naturalmente em áreas antropizadas do Acre, contendo também propriedades medicinais (FAZOLIN et al., 2006).

As espécies *P. hispidinervum* e *P. aduncum* são morfologicamente muito similares embora apresentem diferenças no teor de safrol (SILVA; OLIVEIRA, 2000a). A definição taxonômica de *P. hispidinervum* ainda é controversa existindo a hipótese de que seja uma variedade de *P. aduncum* (SILVA, 1993).

Para Yuncker, (1972) *P. hispidinervum* é considerada uma espécie distinta de *P. aduncum*, enquanto Silva (1993) sugere que ambas, na verdade, sejam apenas uma, na qual *P. hispidinervum* um grupo químico ou quimiotipo de *P. aduncum*, visto que diferem na concentração dos componentes de seus óleos essenciais.

Segundo Nunes et al. (2007) as espécies *P. hispidinervum* e *P. aduncum* coletadas no Acre apresentaram número cromossômico  $2n = 24$ , cromossomos

pequenos e metacêntricos com comprimento médio de 1,38  $\mu\text{m}$  em *P. hispidinervum* e 1,32  $\mu\text{m}$  em *P. aduncum*. Os descritores citogenéticos revelaram que não há diferença entre as duas espécies. A similaridade cariotípica, contribui para confirmar a hipótese de que se trata de uma única espécie, sendo *P. hispidinervum* uma variedade de *P. aduncum*, com distribuição geográfica restrita.

### 3 Os óleos essenciais de *Piper* e seu uso

Óleos essenciais fazem parte dos metabolitos secundários vegetais, que são compostos tidos como não essenciais à vida do organismo, mas que confere vantagens adaptativas e/ou reprodutivas. Estão relacionados com a atração de polinizadores e dispersores de sementes, bem como com a proteção em situações de estresse biótico ou abiótico (SANGWAN et al., 2001). São compostos cuja biossíntese é regulada por diversos fatores (GOBBO-NETO; LOPES, 2007).

Atualmente, o Brasil é um grande produtor de óleos essenciais e de alguns de seus componentes puros. A grande maioria dos óleos essenciais existentes na Amazônia não possui valor econômico pelo simples desconhecimento de seus componentes químicos e a dificuldade de acesso e problemas de logística.

Na Amazônia, várias espécies nativas de *Piper* produtoras de óleos essenciais já foram estudadas como: *Piper belte*, (provavelmente *Piper divaricatum*) *P. amapense* Yunck., *P. duckei* C.DC. e *P. bartlingianum* (Miq.) C.DC. O estudo do óleo essencial das folhas de *Piper callosum* revelou a presença de germacreno como principal constituinte (MAIA et al., 1997).

Parmar et al. (1997) isolaram e caracterizaram quimicamente os arilpropanóides em extratos brutos e em óleos essenciais de plantas da família Piperaceae encontrando substâncias como safrol, miristicina, eugenol, dilapiol e apiol. Esses compostos apresentam propriedades antimicrobianas e antioxidantes assim como, efeitos citotóxicos e psicotrópicos. Portanto, podem-se inferir relações entre o efeito fungicida observado no óleo essencial de *Piper hispidinervum* e a presença de safrol como seu componente majoritário.

O safrol é precursor de compostos orgânicos com emprego comercial na indústria farmacêutica, na produção de perfumes e cosméticos, como componente sinérgico de inseticidas do grupo dos piretróides sintéticos com grande potencial para uso na indústria de química fina podendo ser facilmente extraído por hidrodestilação das folhas e ramos finos (MAIA, 1987; ROCHA; MING, 1999; TYLER et al., 1982). O safrol é uma substância, grandemente, demandada pela indústria química devido à produção de derivados como a heliotropina, amplamente utilizada como fragrância; e o butóxido de piperonila (PBO), um ingrediente essencial na formulação de inseticidas

biodegradáveis à base de piretro (ROCHA; MING, 1999).

O safrol é utilizado na forma natural como óleo essencial extraído de raízes de *Sassafras albidum* Nutt. (uma espécie arbórea nativa dos Estados Unidos) usado para aromatizar cervejas, refrigerantes, sabões, ceras e desinfetantes. Na China e Vietnã o óleo essencial safrol é extraído a partir de *Cinnamomum canphora* (L.) J. Presl (ANON, 1992).

No Brasil, o safrol inicialmente foi extraído da canela sassafrás (*Ocotea* sp.) uma planta nativa da Mata Atlântica, com alta densidade de indivíduos em Santa Catarina. Da destilação da madeira sassafrás se obtém um óleo essencial contendo 84% de safrol. No entanto, em 1991, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) proibiu o corte de sassafrás em florestas primárias da Mata Atlântica devido ao risco iminente de extinção da espécie (ROCHA; MING, 1999).

A descoberta da pimenta longa como uma espécie promissora para a obtenção de safrol se deu na década de 70, por meio do programa de triagem de plantas aromáticas da Amazônia, coordenado pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA).

O safrol é extraído de folhas e ramos finos sem a destruição da planta possibilitando sua rebrota. Essa espécie tem maior rendimento de óleo, em média de 3 a 4% em relação a 1% em *Ocotea* sp., e conteúdo de safrol no óleo extraído da espécie *P. hispidinervum* que é muito superior aos encontrados nas demais espécies do mesmo gênero.

Miranda (2002) observou a presença de safrol como composto majoritário da pimenta longa em seu óleo essencial, com teor superior a 92% no óleo essencial de pimenta longa, coletadas na região amazônica, enquanto que Bergo et al. (2005) constataram teor de 90 a 94% e Fazolin et al. (2007), superior a 90%. Essas variações no teor de safrol encontrado na planta podem estar diretamente relacionadas ao horário e local de coleta, bem como as condições do solo e do clima em que foi cultivada (SIMÕES et al., 2004).

A composição do óleo de *P. aduncum* é bastante variada entre as plantas coletadas nas diferentes regiões do Brasil. Na maior parte dos trabalhos, predomina o fenilpropanóide dilapiol, contudo, o rendimento do óleo é variável. Em plantas oriundas do Acre, apresentaram cerca de 2% de rendimento e 73,97% de dilapiol (ESTRELA et al., 2006; FAZOLIN et al., 2005; FAZOLIN et al., 2007), enquanto que no estado do Pará, o rendimento foi 2,5%, com 88,9% de dilapiol (SOUSA et al., 2008).

Por outro lado, existem trabalhos que relatam plantas com óleo contendo uma mistura de monoterpenos e sesquiterpenos, desprovidas de dilapiol, como as plantas de Minas Gerais, com 0,7% de rendimento de óleo essencial (MESQUITA et al., 2005) e do estado de São Paulo, com 2% de rendimento (NAVICKIENE et al., 2006).

Diferenças no ambiente de desenvolvimento, como temperatura, pluviosidade, altitude, intensidade e direção do vento, luminosidade, dentre outras,



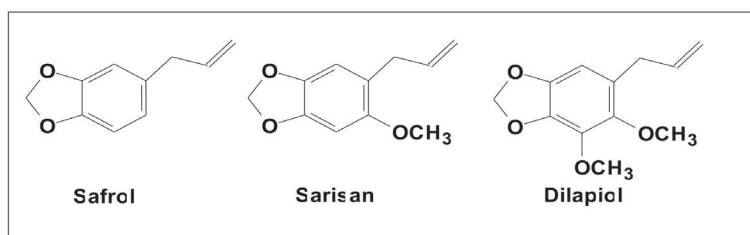
poderiam levar ao surgimento de diferentes quimiotipos de *P. aduncum*, distribuídos em todo o mundo (MESQUITA et al., 2005). Para Guerrini et al. (2009), esse aparente polimorfismo químico pode ter sido causado por identificações botânicas errôneas ou diferentes tempos de coletas.

O dilapiol, assim como o safrol, age como sinérgico natural quando combinado com o princípio ativo de outros inseticidas (ESTRELA et al., 2006; FAZOLIN et al., 2005; FAZOLIN et al., 2007; SCOTT et al., 2008) e inibidor específico de aflatoxina (RAZZAGHI-ABYANEH et al., 2007). O óleo essencial da *P. aduncum* com elevado teor do fenilpropanóide dilapiol é promissor tanto na agricultura como na medicina, devido a baixa toxicidade em mamíferos (SOUSA et al., 2008) e propriedades inseticidas e fungicidas.

O dilapiol possui ação inseticida sobre coleópteros como *Sitophilus zeamais* Motsch., praga de grãos armazenados, principalmente de milho, arroz e trigo (ESTRELA et al., 2006); *Cerotoma tingomarianus* Bechyné, causador de desfolhamento severo no feijoeiro (FAZOLIN et al., 2005); *Tenebrio molitor* L. que infesta farinhas, rações e grãos quebrados ou anteriormente danificados (FAZOLIN et al., 2007).

Esse óleo também é bioativo sobre microrganismos fitopatogênicos como *Colletotrichum musae* (Berk & Curt.) von Arx., causador da antracnose em frutos de banana (BASTOS; ALBUQUERQUE, 2004) e *Cladosporium sphaerospermum* Penz, fungo saprófita fitopatogênico (NAVICKIENE et al., 2006). Na Figura 1 estão representadas as estruturas químicas do safrol, sarisan e do dilapiol.

FIGURA 1 – ESTRUTURA QUÍMICA DO SAFROL, SARISAN E DILAPIOL.



FONTE: FAZOLIN ET AL. (2007).

Diversos trabalhos também têm mostrado a elevada eficiência do óleo essencial de *P. aduncum* sobre microrganismos patogênicos de humanos como *Candida albicans*, levedura que causa infecções orale vaginal (DUARTE et al., 2005); *Leishmania amazonensis* e *Trichomonas vaginalis*, protozoários que causam doenças infecciosas (FIDALGO et al., 2004) e atividade inseticida e larvicida contra insetos fitófagos e mosquitos transmissores de dengue e malária (BERNARD et al., 1995; RAFAEL et al., 2008).

Segundo Maia et al. (1987) o composto majoritário do óleo essencial de *P. callosum* é o safrol, com 64%, enquanto que Genderen et al. (1999), verificaram que para plantas da Amazônia peruana, os compostos majoritários foram: sarisan, com 35,9% e safrol, com 20,2%. O óleo essencial extraído das folhas possui atividade fungicida contra fitopatógenos (SILVA; BASTOS, 2007) e moluscida contra *Biomphalaria glabrata* (RAPADO et al., 2011).

No óleo essencial extraído das raízes de *P. hispidum*, foram identificados, como constituintes majoritários, o dilapiol (57,5%), a elemicina (24,5%) e o apiol (10,2%). O óleo essencial das raízes de *P. hispidum* pertence ao quimiotipo dos fenilpropanóides e pode interessar as indústrias de cosméticos e inseticidas (ALBIERO et al., 2006; BERGO et al., 2005).

Potzernheim et al. (2006) obtiveram rendimento de 0,3% de óleo essencial de folhas de *P. hispidum*, com 23,0% de monoterpenos não oxigenados, 11% monoterpenos oxigenados, 15,4% sesquiterpenos não oxigenados e 34,6% sesquiterpenos oxigenados. Os constituintes encontrados em maior quantidade foram:  $\alpha$ -pineno (19,7%),  $\beta$ -pineno (9,0%),  $\beta$ -3 careno (7,4%),  $\beta$ -cadinol (6,9%) e espatulenol (6,2%).

A análise da composição química dos óleos essenciais de frutos verdes e maduros de *P. hispidum* revelou uma predominância de hidrocarbonetos sesquiterpênicos, identificados 53 compostos, incluindo:  $\alpha$ -copaeno (28,7% e 36,2%),  $\alpha$ -pineno (13,9% e 7,1%),  $\beta$ -pineno (13,3% e 7,5%), e (E)-nerolidol (2,9% e 7,0%) o que representava 97,8% e 98,1% dos constituintes compostos para frutos verdes e maduros, respectivamente (SIMEONE et al., 2011).

Recentemente, foi confirmada para *Piper gaudichaudianum*, *Piper permucronatum*, *Piper humaytanum*, *Piper hostmanianum* e *Piper aduncum*, a atividade larvicida contra o *Aedes aegypti* a partir da aplicação do óleo essencial (RAFAEL et al., 2008).

#### 4 Algumas espécies de *Piper* que ocorrem no Acre

O nome comum em português para a maioria das espécies de *Piper*, na região amazônica, é pimenta longa ou pau de junta. A palavra Nixpu, na linguagem Kaxinawa, corresponde ao gênero botânico *Piper* dado pelos índios (EHRINGHAUS, 1997). Miranda (2002) relatou que os seringueiros do Acre usam a denominação de pau de junta para várias espécies de pimenta longa.

Ehringhaus (1997) relatou 47 espécies de *Piper* em Tarauacá-AC, das quais 45 são empregadas pelo povo Kaxinawá com finalidade medicinal. Outros usos foram citados para diferentes espécies de *Piper* pela mesma etnia indígena como para pesca (efeito curare = veneno para peixes – *P. dumosum* e *P. hispidum*) e ritual social e fins cosméticos (*P. cumanense* Kunth). A maioria das pessoas do povo Kaxinawá entrevistadas distinguem bem apenas duas a três espécies em condições naturais.

As principais doenças alvo e os usos de espécies de *Piper* entre os Kaxinawá são: analgésico (*P. chavicoide* (Miq.) C.DC., higiene bucal (*P. hispidum* e outras), tônicos, remédios dermatológicos (*P. consanguineum* Kunth, *P. tortivenulosum* Yunck. e *P. heterophyllum* Ruiz & Pav.), remédios para feridas, infecções fúngicas, plantas anti-veneno, problemas ginecológicos (*P. peltatum* L. e *P. umbelatum* L.) e reumatismo (*P. reticulatum* L.) (EHRINGHAUS, 1997).

A perda do conhecimento de plantas medicinais ocorre mais rapidamente em relação aos outros conhecimentos tradicionais sobre a floresta. A formação de coleções e bancos de germoplasma *ex situ* é uma das maneiras de conservar recursos genéticos e evitar a erosão genética de germoplasma. No Quadro 1 podem ser observadas as principais espécies de *Piper* que ocorrem no Acre e suas características como nome comum, científico e o seu uso.

QUADRO 1 – NOME COMUM, SINONÍMIAS, NOME CIENTÍFICO E USO DAS PRINCIPAIS ESPÉCIES DE PIPER QUE OCORREM NO ACRE.

Nome comum e sinónimas	Nome científico	Uso	Autores
Pimenta longa, pau de junta	<i>Piper hispidinervum</i> C. DC	Agente sinérgico/ Inseticida/ fragrância/ cosmético (Safrol)	Yuncker (1972)
Pimenta longa, pimenta de macaco, <i>Piper aduncum</i> L. jaborandi-falso, jaborandi-do-mato, aperta ruão, pimenta do fruto ganchoso e ti nixpu (Kaxinaua)		Inseticida, Fungicida, Agente sinérgico (Dilapiol)	Fazolin et al. (2006); Yuncker (1972)
Pimenta longa, pau de junta	<i>Piper affinis hispidinervum</i> C.DC.	Bactericida (Sarisan)	Bizzo et al. (2001)
Canelão jacamim, pimenta longa e bexa nixpu (Kaxinaua). Ocorrência não rara.	<i>Piper hispidum</i> Sw;	Curare, ação fungicida e diurética.	Ehringhaus (1997)
Caapeba, pariparoba, santa- maria, cataié, caapeba verdadeira, malvarisco, pariparobinha, pariparoba e manjerioba.	<i>Piper ottonoides</i> Yunck., <i>Piper ottonis</i> C.DC. (sin. <i>Piper peltatum</i> L.)	Adstringente, digestiva, antidiarréica e hemostática	Yuncker (1972)
Elixir-paregórico, óleo- elétrico, ventre-livre, matricá e João Brandim.	<i>Piper</i> <a href="http://www.plantamed.com.br/plantaservas/especies/Piper_callosum.htm">HYPERLINK "http://www.plantamed.com.br/plantaservas/especies/Piper_callosum.htm"</a> <i>callosum</i> Ruiz e Pav.	Afrodisíaco e anti- histamínico (mosquito)	Ming et al. (1997)
João Brandinho, falso jaborandi.	<i>Piper corcovadensis</i> (Miq.) C.DC.)	Reumatismo, gripe, tosse e dor de dente	Facundo et al. (2004)
Sananguinha, Bawe (Kaxinaua) Espécie frequente na floresta.	<i>Piper chavicoide</i> (Miq.) C. DC.	Dor de cabeça sistema nervoso Central, conjuntivite	Ehringhaus (1997)
Txa txa matsi (Kaxinaua) Espécies raras na floresta segundo o habitat.	<i>Piper consanguineum</i> Kunth e <i>Piper retropilosum</i> C. DC. <i>Piper japurense</i> (Miq.) C. DC.	Anti-inflamatório, tosse, antiprotzoário (Leschmania) Analgésico, antimalárica e suor	
Bixta kumakatis (Kaxinaua)	<i>Piper heterophyllum</i> Ruiz & Pav.	Sinusite	

(CONTINUA)

(CONTINUAÇÃO)

Nome comum e sinónimas	Nome científico	Uso	Autores
Seken nixpu (Kaxinaua)	<i>Piper grande</i> Vahl	Erva de banho	
Cape natsa nixpu (Kaxinaua)	<i>Piper confusionis</i> Trel.	-	
Txaxu nami matsi; bawa curu upirau (Kaxinaua)	<i>Piper augustum</i> Rudge	-	
Txi txan pei ewapa (Kaxinaua)	<i>Piper reticulatum</i> L.	Reumatismo	
Aua pabinti, dade nixpu (Kaxinaua)	<i>Piper macrotrichum</i> C. DC	Limpeza dos dentes	
Txeia tei baburau (Kaxinaua)	<i>Piper costatum</i> C. DC	Charme	
Baburau kuin (Kaxinaua)	<i>Piper maranonense</i> Trel. e <i>Piper indecorum</i> Kunth	Tônico	
Bawa rexi hana (Kaxinaua)	<i>Piper kegelii</i> C. DC	Encanto e ritual social	
Txi txan pixta, txi txan pei ewapama (Kaxinaua)	<i>Piper laevigatum</i> Kunth	Tontura	
Espécie frequente em diversos habitats. Curu nixpu (Kaxinaua)	<i>Piper subsilvestre</i> C.DC. e <i>Piper nematanthera</i> C.DC.	Anestésico e anti-histamínico a picada de animais	
Hana kaen iuti (Kaxinaua)	<i>Piper humillimum</i> C. DC	Antimicoses	
Han sassa kabia nixpu (Kaxinaua)	<i>Piper bellidifolium</i> Yunck.	-	
Iaix mashaka nixpu (Kaxinaua)	<i>Piper nudilimbus</i> C. DC	-	
Inu xuian nixpu (Kaxinaua)	<i>Piper guianense</i> (Klotzsch) C. DC.	Atração amorosa	
Txu xan pei nimeraua (Kaxinaua)	<i>P. umbelatum</i> L.	Dor de cabeça e ginecologia parto, abortiva	
Caapeba, capeba branca e txuxan pei bainekia (Kaxinaua)	<i>Piper peltatum</i> L.	Dores de parto, diurético e ferimentos.	
Capebinha, naua maxkini (Kaxinaua)	<i>Piper coruscans</i> Kunth	Dor de cabeça	
Neru buxka nixpu (Kaxinaua)	<i>Piper schwackei</i> C. DC.	-	
Usharau nixpu (Kaxinaua)	<i>Piper cumanense</i> Kunth	Calmante	
Kaian txan kex nixpu (Kaxinaua)	<i>Piper dichotomum</i> Ruiz e Pav.	Hepatitis	
Basa mebin nixpu, pani nixpu (Kaxinaua)	<i>Piper aleyreanum</i> C. DC	Higiene bucal	
Kaian txan pixi nixpu (Kaxinaua)	<i>Piper madeiranum</i> Yunck.	Ferimentos	
Matsi pei tarunuan pei muxupak, paka nixpu (Kaxinaua)	<i>Piper dumosum</i> Rudge	Dor de cabeça	
Puxu nin nixpu (Kaxinaua)	<i>Piper silvigaudens</i> Yunck.	-	
Kunixau nixpu (Kaxinaua)	<i>Piper glabratum</i> Kunth	Higiene bucal	
Nixpu kuin (Kaxinaua)	<i>Piper pellitum</i> C.DC. e <i>Piper nudilimbus</i> C.DC.	Assadura, higiene bucal e clareamento dental	

(CONTINUA)

Nome comum e sinônimas	Nome científico	Uso	Autores
Barin pakesh nixpu (Kaxinaua)	<i>Piper pseudoarboreum</i> Yunck. e <i>Piper arboreum</i> Aubl.	Tonturas	Yuncker (1972) e Ehringhaus, (1997)
Espécies raras	<i>Piper aequale</i> Vahl	Sem valor medicinal	
Matsi pei taruna xanku (Kaxinaua)	<i>Piper yortivenulosum</i> Yunck.	-	
Jamburandi	<i>Piper piscatorum</i> Trel. & Yunck.	-	Yuncker (1972)
Não identificado	<i>Piper obtusifolium</i> L.	-	Seixas (2008)
Pimenta longa, pau de junta	<i>Piper hispidinervum</i> C. DC	Agente sinérgico/ Inseticida/ fragrância/ cosmético (Safrol)	Yuncker (1972)
Pimenta longa, pimenta de macaco, jaborandi-falso, jaborandi-do-mato, aberta ruão, pimenta do fruto gancho e ti nixpu (Kaxinaua)	<i>Piper aduncum</i> L.	Inseticida, Fungicida, Agente sinérgico (Dilapiol)	Fazolin et al. (2006); Yuncker (1972)
Pimenta longa, pau de junta	<i>Piper affinis hispidinervum</i> C.DC.	Bactericida (Sarisan)	Bizzo et al. (2001)
Canelão jacamim, pimenta longa e bexa nixpu (Kaxinaua). Ocorrência não rara.	<i>Piper hispidum</i> Sw;	Curare, ação fungicida e diurética.	Ehringhaus (1997)
Caapeba, pariparoba, santa-maria, cataié, caapeba verdadeira, malvarisco, pariparobinha, pariparoba e manjerioba.	<i>Piper ottonoides</i> Yunck., <i>Piper ottonis</i> C.DC. (sin. <i>Piper peltatum</i> L.)	Adstringente, digestiva, antidiarréica e hemostática	Yuncker (1972)
Elixir-paregórico, óleo-elétrico, ventre-livre, matricá e João Brandim.	<a href="http://www.plantamed.com.br/plantaservas/especies/Piper_callosum.htm">Piper</a> HYPERLINK "http://www.plantamed.com.br/plantaservas/especies/Piper_callosum.htm" callosum Ruiz e Pav.	Afrodisiaco e anti-histamínico (mosquito)	Ming et al. (1997)
João Brandinho, falso jaborandi.	<i>Piper corcovadensis</i> (Miq.) C.DC.)	Reumatismo, gripe, tosse e dor de dente	Facundo et al. (2004)
Sananguinha, Bawe (Kaxinaua) Espécie frequente na floresta.	<i>Piper chavicoides</i> (Miq.) C. DC.	Dor de cabeça sistema nervoso Central, conjuntivite	Ehringhaus (1997)
Txa txa matsi (Kaxinaua) Espécies raras na floresta segundo o habitat	<i>Piper consanguineum</i> Kunth e <i>Piper retropilosum</i> C. DC. <i>Piper japurense</i> (Miq.) C. DC.	Antiinflamatório, tosse, antiprotozoário (Leschmania) Analgésico, antimalárica e suor	
Bixta kumakatis (Kaxinaua)	<i>Piper heterophyllum</i> Ruiz & Pav.	Sinusite	
Seken nixpu (Kaxinaua)	<i>Piper grande</i> Vahl	Erva de banho	
Cape natsa nixpu (Kaxinaua)	<i>Piper confusionis</i> Trel.	-	
Txaxu nami matsi; bawa curu upirau (Kaxinaua)	<i>Piper augustum</i> Rudge	-	
Txi txan pei ewapa (Kaxinaua)	<i>Piper reticulatum</i> L.	Reumatismo	
Aua pabinti, dade nixpu (Kaxinaua)	<i>Piper macrotrichum</i> C. DC	Limpeza dos dentes	
Txeia tei baburau (Kaxinaua)	<i>Piper costatum</i> C. DC	Charme	

Nome comum e sinônimas	Nome científico	Uso	Autores
Baburau kuin (Kaxinaua)	<i>Piper maranonense</i> Trel. e <i>Piper indecorum</i> Kunth	Tônico	
awa rexi hana (Kaxinaua)	<i>Piper kegelii</i> C. DC	Encanto e ritual social	
Txi txan pixta, txi txan pei ewapama (Kaxinaua)	<i>Piper laevigatum</i> Kunth	Tontura	
Espécie frequente em diversos habitats. Curu nixpu (Kaxinaua)	<i>Piper subsilvestre</i> C.DC. e <i>Piper nematanthera</i> C.DC.	Anestésico e anti-histamínico a picada de animais	
Hana kaen iuti (Kaxinaua)	<i>Piperhumillimum</i> C. DC	Antimicoses	
Han sassa kabia nixpu (Kaxinaua)	<i>Piper bellidifolium</i> Yunck.	-	
laix mashaka nixpu (Kaxinaua)	<i>Piper nudilimum</i> C. DC	-	
Inu xuian nixpu (Kaxinaua)	<i>Piper guianense</i> (Klotzsch) C. DC.	Atração amorosa	
Txu xan pei nimeraua (Kaxinaua)	<i>P. umbelatum</i> L.	Dor de cabeça e ginecologia parto, abortiva	
Caapeba, capeba branca e txuxan pei bainekia (Kaxinaua)	<i>Piper peltatum</i> L.	Dores de parto, diurético e ferimentos.	
Capebinha, naua maxkini (Kaxinaua)	<i>Piper coruscans</i> Kunth	Dor de cabeça	
Neru buxka nixpu (Kaxinaua)	<i>Piper schwackei</i> C. DC.	-	
Usharau nixpu (Kaxinaua)	<i>Piper cumanense</i> Kunth	Calmante	
Kaian txan kex nixpu (Kaxinaua)	<i>Piper dichotomum</i> Ruiz e Pav.	Hepatites	
Basa mebin nixpu, pani nixpu (Kaxinaua)	<i>Piper aleyreanum</i> C. DC	Higiene bucal	
Kaian txan pixi nixpu (Kaxinaua)	<i>Piper madeiranum</i> Yunck.	Ferimentos	
Matsi pei tarunuan pei muxupak, paka nixpu (Kaxinaua)	<i>Piper dumosum</i> Rudge	Dor de cabeça	
Puxu nin nixpu (Kaxinaua)	<i>Piper silvigaudens</i> Yunck.	-	
Kunixau nixpu (Kaxinaua)	<i>Piper glabratum</i> Kunth	Higiene bucal	
Nixpu kuin (Kaxinaua)	<i>Piper pellitum</i> C.DC. e <i>Piper nudilimum</i> C.DC	Assadura, higiene bucal e clareamento dental	
Barin pakesh nixpu (Kaxinaua)	<i>Piper pseudoarboreum</i> Yunck. e <i>Piper arboreum</i> Aubl.	Tonturas	Yuncker (1972) e Ehringhaus, (1997)
Espécies raras Matsi pei taruna xanku (Kaxinaua)	<i>Piper aequale</i> Vahl <i>Piper yortivenulosum</i> Yunck.	Sem valor medicinal	
Jamburandi	<i>Piper piscatorum</i> Trel. & Yunck.	-	Yuncker (1972)
Não identificado	<i>Piper obtusifolium</i> L.	-	Seixas (2008)

FONTE: COMPILADO PELOS AUTORES.

Os resultados de pesquisa detalhadas envolvendo as espécies *P. hispidinervum*, realizados no Acre, foram publicados nos anais do workshop de encerramento do projeto de desenvolvimento de tecnologias para produção de safrol a partir de

pimenta longa (*P. hispidinervum*) (WORKSHOP, 2001). A seguir serão analisados aspectos das espécies de *Piper* mais comuns que ocorrem no Acre como: a pimenta longa (*Piper hispidinervum* C. DC); pimenta de macaco (*Piper aduncum* L.); João Brandinho (*Piper callosum* Ruiz & Pav.); Jaborandi ou falso-jaborandi (*Piper hispidum* Sw.) e *Piper affinis hispidinervum* C. DC. Outras informações sobre o gênero *Piper* no Acre podem ser obtidas no endereço eletrônico da Embrapa Acre: <<http://www.cpaufac.embrapa.br>>.

#### 4.1 Pimenta longa - *Piper hispidinervum* C. DC

Plantas de *P. hispidinervum* caracterizam-se como arvoretas ramificadas, nodosas, de até 7m de altura. Apresenta filotaxia alterna dística, as folhas sofrem abscisão nas proximidades do quarto nó a partir do ápice. As inflorescências constituem espigas alongadas e curvas de tamanho semelhante às folhas, flores minúsculas e ovários obpiramidais (NASCIMENTO, 1997). *P. hispidinervum* juntamente com *P. hispidum* são consideradas as espécies mais evoluídas da família devido às características florais (YUNCKER, 1972).

O caule e o ramos de *P. hispidinervum* são glabros; o pecíolo é curto, 0,1-0,2 cm de comprimento, contorcido nas plantas adultas; as folhas apresentam lâmina ovada ou elíptico-lanceolada com ápice acuminado de membranácea a cartácea, opacas em ambas as faces, levemente ásperas na adaxial, a abaxial pubescente contém tricomas sobre as nervuras primárias e secundárias, variando de 14,5 a 22 cm de comprimento e cerca de 4,7 cm de largura. (NASCIMENTO, 1997; SILVA; OLIVEIRA, 2000a).

Este táxon ocorre, preferencialmente, no tipo climático Awi e Ami, ambos caracterizado por elevado índice pluviométrico anual e nítido período seco superior a dois meses consecutivos, como ocorre na Amazônia Ocidental (PIMENTEL et al., 1998a). A espécie é encontrada em condições silvestres no vale do rio Acre, vegetando em áreas antropizadas, clareiras e bordas de matas, com preferência para ambientes perturbados. O trabalho de zoneamento e caracterização de habitats naturais de *P. hispidinervum*, realizado no Acre, revelou que a maioria dos locais de ocorrência da espécie foi em campos e pastagens abandonadas ou degradadas.

É considerada uma planta daninha pelos agricultores devido a sua ocorrência em áreas de pousio e regeneração, formando populações de grande densidade (SOUSA et al., 2008). Trata-se de uma espécie que apresenta fácil regeneração e alta capacidade de rebrota após o corte.

Almeida (1999) estudou aspectos bioecológicos de *Piper hispidinervum* e verificou que a espécie é típica de ambientes abertos com incidência direta de luz, com sementes de baixa longevidade em condições de ambiente natural, formando

banco de sementes restrito em áreas de pastagem. A germinação de sementes desta espécie ocorre em condições hídricas padrões e em ambiente totalmente encharcado (ALMEIDA, 1999; PIMENTEL et al., 1998b).

Apresenta dispersão ornitológica (feita por aves) e quiropterocórica (feita por morcegos), realizada durante o ano todo, com picos de produção de sementes em janeiro/fevereiro e junho/julho (Almeida, 1999). Miranda (2002) relatou que em populações naturais as plantas de pimenta longa são visitadas por macacos, pássaros e morcegos.

Estudos sobre a produção e dispersão de sementes dessa espécie revelaram que o isolamento de indivíduos e o impedimento de cruzamento acarreta uma forte queda na produção de sementes. Os resultados evidenciam uma forte depressão por endogamia, certo grau de autoincompatibilidade e dispersão a longa distância (SILVA; OLIVEIRA, 2000b).

Segundo Souza et al. (2005), a espécie se desenvolve bem em diversos substratos, podendo ser indicada para projetos de recuperação de áreas degradadas e, ainda, para extração de seu óleo essencial, contribuindo desta forma para a renda do homem do campo.

Esse óleo apresenta potencial na utilização em agricultura como inseticida no controle de larva da farinha (*Tenebrio molitor* L.), segundo Fazolin et al (2007), caruncho-do-feijão (*Callosobruchus maculatus*), de acordo com Pereira et al (2008a), gorgulho do milho (*Sitophilus zeamais* Motsch) descrito por Estrela et al. (2006) e lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*), conforme Lima et al. (2009) e como fungicida no controle de podridão-comum-da-raiz (*Bipolaris sorokiniana*), amarelecimento-de-Fusarium (*Fusarium oxysporum*) e antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*), segundo Zaccaroni et al. (2009) e Mancha-de-Alternaria (*Alternaria alternata*) segundo Nascimento et al. (2008).

#### 4.2 Pimenta de macaco - *Piper aduncum* L.

Plantas de *P. aduncum*, conhecidas como pimenta-de-macaco ou aperta-ruão, são arvoretas de até 8m de altura. Os ramos são pubescentes; os pecíolos são verdes medindo de 2 a 4 mm de diâmetro; as folhas apresentam lâmina elíptica ou lanceolada com a base arredondada e o ápice acuminado, ásperas na face adaxial, medindo cerca de 20 cm de comprimento e 7 cm de largura. As espigas são sustentadas por pedúnculos que medem de 0,8 a 2 cm, são curvas e apresentam flores protegidas por bractéolas pedicelado-peltadas e os frutos com estigmas sésseis (SILVA; OLIVEIRA, 2000a).

A planta é nativa da América tropical com ampla distribuição em todo o território brasileiro, principalmente na região Sudeste e em diversos estados da Amazônia, onde ocorre espontaneamente em pastagens e bordas de mata. *P. aduncum* é uma espécie encontrada em várias formações florestais em locais quentes e úmidos (FIGUEIREDO; SAZIMA, 2004). No Acre, a espécie ocorre, notadamente, no vale dos rios Juruá e Purus e com menor intensidade no vale do rio Acre (PIMENTEL et al., 1998b; FAZOLIN et al., 2006).



Esta espécie é considerada uma planta de alta rusticidade e oportunista, pois invade áreas desflorestadas após exploração da floresta primária (PIMENTEL et al., 1998b). Apresenta potencial de utilização na recomposição de áreas degradadas, pois além da frutificação prolongada e dispersão quiropterocórica (BARRESE, 2005) é colonizadora de áreas alteradas, promovendo a maior regeneração natural e densidade relativa alcançada ao longo do tempo (ALVARENGA et al., 2006).

O crescimento inicial é extremamente rápido, curto período juvenil e inicia o florescimento aproximadamente aos seis meses após a semeadura. O desenvolvimento das mudas é favorecido quando sombreadas a 50%, o aumento no sombreamento proporciona maiores teores de óleo essencial em folhas e menores no caule (DOUSSEAU, 2009).

Wadt et al. (2004) observaram que a diversidade genética representada na Coleção de Germoplasma de Pimenta Longa da Embrapa Acre foi elevada, nas quais as espécies *P. aduncum* e *P. hispidinervum* muito diferentes geneticamente. Contrariando esses resultados, Nunes et al. (2007), trabalhando com acessos dessas duas espécies, também pertencentes à coleção de germoplasma da Embrapa Acre, verificaram por meio de análise de cariótipos, que não há diferença entre as duas espécies e concluem, que se trata de uma única espécie, sendo *P. hispidinervum* uma variedade de *P. aduncum*, com distribuição geográfica restrita. Destes, apenas o trabalho de Gottlieb et al. (1981), distinguiu duas variedades *cordulatum*, encontrada no Amazonas, com 88,4% de dilapiol, *aduncum*, encontrada no estado do Pará, com 74,5% de dilapiol.

Inicialmente, as pesquisas com *P. aduncum* focavam o conhecimento das suas propriedades medicinais, atribuído às tinturas e extratos. Recentemente, os estudos têm sido direcionados à exploração comercial do óleo essencial extraído das partes aéreas da planta com potencial promissor tanto na agricultura como na medicina.

Atualmente empresas e agricultores, principalmente da região amazônica, estão interessados no seu cultivo, pois a planta apresenta elevada adaptabilidade às condições edafoclimáticas da região. Desta forma a planta representa uma alternativa na substituição de agroquímicos tóxicos que são comercializados tanto no Brasil como no exterior (FAZOLIN et al., 2006).

O uso medicinal da pimenta de macaco tem sido relatado em doenças ginecológicas e distúrbios intestinais, como diurético, antiblenorrágico, carminativo, excitante digestivo, males do fígado, no combate a erisipela e tratamento de úlceras crônicas (COIMBRA, 1994). Extratos orgânicos das folhas desta espécie apresentaram atividades moluscocida, citotóxica e antibacteriana, para as quais se associou a presença de dihidrochalconas e derivados prenilados do ácido benzóico (ORJALA et al., 1993).

### 4.3 João Brandinho - *Piper callosum* Ruiz & Pav.

*Piper callosum*, popularmente conhecido como elixir-paregórico, João Brandinho, óleo-elétrico, ventre-livre e matricá (BALICK et al., 1995), é um arbusto de pequeno porte, glabro; o pecíolo é curto de 5 a 15 mm de comprimento; as folhas possuem lâmina elíptica ou ovado-elíptica, de textura cartácea com o ápice acuminado e a base aguda provida de um espessamento (calo) em cada lado do pecíolo; presença de 4-5 nervuras secundárias dispostas até ou pouco acima da porção mediana da lâmina, com 10-15 cm de comprimento e 3-4 cm de largura. As espigas são curtas, eretas variando de 1 a 2,5 cm de comprimento (YUNCKER, 1972).

A espécie é comumente encontrada no norte e nordeste do Brasil (YUNCKER, 1972). É usado na medicina popular por meio de chás das folhas na forma de infusão para tratar: cólicas menstruais e intestinais, diarreia, dismenorréia, dor de diversas origens, principalmente do aparelho digestivo, dor reumática e muscular, hemorragia local, náusea, picadas de mosquito, afrodisíaco, problemas digestivos, como dor de estômago, diarreia e reumatismo (BERG, 1993). Possui efeito adstringente, digestiva, antidiarreica, hemostática local e antileucorreica (BALICK et al., 1995). A infusão das folhas produz um chá, conhecido por elixir paregórico, usado para afecções intestinais em crianças (PIO CORREA, 1984).

Ming et al. (1997) relataram o uso medicinal de João Brandinho pelos seringueiros da Reserva Extrativista Chico Mendes no Acre. A planta medicinal de nome comum João Brandinho, não raro, é relatada para diversos usos por diferentes autores com nomes científicos distintos em nível de gênero e espécie gerando confusão entre os taxonomistas (Quadro 1).

O óleo essencial das folhas do João Brandinho pode ser usado contra o reumatismo na forma de compressa, e as folhas na obtenção de chá contra gripe e tosse. As raízes, ramos e folhas quando mastigadas aliviam a dor de dente devido à ação anestésica da amida piperovatina sobre a mucosa da boca (BALICK et al., 1995)

O óleo essencial extraído das folhas secas possui atividade fungicida *in vitro* sobre *Crinipellis pernicioso*, causador da vassoura-de-bruxa em cacauieiro e, *Phytophthora palmivora* (E.J. Butler) E.J. Butler e *Phytophthora capsici* Leonian, causadores da podridão parda em frutos de cacauieiros (SILVA; BASTOS, 2007). Segundo Rapado et al. (2011), o extrato de folhas de *P. callosum* na concentração de 100 ppm alcançou um máximo de 90% de mortalidade de *Biomphalaria glabrata* (Say, 1818).

### 4.4 Jaborandi ou falso-jaborandi - *Piper hispidum* Sw.

*Piper hispidum* é conhecida popularmente na Amazônia como jaborandi ou falso-jaborandi. É uma espécie arbustiva, com ramos e raminhos tomentosos

pubescentes de folhas ovaladas com pecíolo de 0,5 a 1,2 cm de comprimento, sem bainha; com aproximadamente 12,2 cm de comprimento e 5,2 cm de largura; ápice acuminado e base oblíqua; áspera na face abaxial e altamente pubescente na adaxial; espigas de tamanho semelhante ao das folhas, com pedúnculos curtos, próximas a 0,5 cm de comprimento; bractéolas pedicelado-peltadas com pelta provida de tricomas; quatro estames e três estigmas sésseis (SILVA; OLIVEIRA, 2000a).

A distribuição geográfica se estende pela América Central, Antilhas e América do Sul. No Brasil, ocorre nos estados do Amazonas, Pará, Piauí, Ceará, Pernambuco, Bahia, Rio de Janeiro, Paraná, Santa Catarina, Mato Grosso, São Paulo e Mato do Grosso do Sul (GUIMARÃES; GIORDANO 2004). A espécie já foi relatada, no Acre, por Silva e Oliveira (2000a).

As plantas de *Piper hispidum* se desenvolvem bem em ambientes altamente sombreados e úmidos e têm uma forte resposta dos estômatos à umidade, reduzindo fortemente a condutância estomática e fotossíntese, mesmo sob elevada radiação e concentração de CO<sub>2</sub> (MOONEY et al., 1983). As mudas dessa espécie apresentaram aumento na taxa de assimilação máxima em função da abertura do dossel (VINCENTI, 2001).

É considerada uma das espécies mais evoluídas da família, pois apresenta peças florais compactadas, antera com deiscência apical e pólen de tamanho reduzido (YUNKER, 1972). Essa espécie apresenta diferenças morfológicas foliares em relação a *P. aduncum* e *P. hispidinervum*, como a presença de folhas ovadas, com ápice acuminado e base oblíqua, altamente pubescente na face dorsal (YUNKER, 1972). As inflorescências de *P. hispidum* têm curvas com pedúnculos geralmente mais longos, diferindo de *P. aduncum* e *P. hispidinervum* (ALECIO et al., 1998).

A espécie também foi relatada como produtora de substâncias antifúngicas podendo ser usada no combate a fitopatógenos (ALECIO et al., 1998). Da parte aérea foram isoladas amidas com ação inseticida sobre *Cladosporium sphaerospermum* (NAVICKIENE et al., 2000). O extrato acetônico das folhas secas de *P. hispidum* apresenta efeito inseticida sobre *Hypothenemus hampei* (FERRARI, 1867) a broca-do-café, em aplicação tópica ou superfície contaminada (SANTOS et al., 2010). O extrato acetônico das raízes apresentou eficiência na mortalidade de *Hypothenemus hampei* (SANTOS et al., 2011). Do extracto etanólico das folhas de *P. hispidum* foram isoladas chalconas que apresentaram atividade contra *Leishmania amazonensis* (RUIZ et al., 2011).

#### 4.5 *Piper affinis hispidinervum* C. DC

Alguns exemplares de *Piper* procedentes do município de Tarauacá (AC), não puderam ser identificados corretamente por especialistas do Jardim Botânico do Rio de Janeiro (RJ), por meio das características morfológicas, havendo dúvidas

se pertenciam à espécie *P. hispidinervum* ou *P. aduncum*. No entanto, ainda foram classificadas como *P. hispidinervum*, com base nos trabalhos taxonômicos de Yuncker (1972). Dos indivíduos coletados, quase que a totalidade foram classificados como *P. hispidinervum* ou *P. aduncum*, havendo ainda alguns identificados como *P. hispidum* (SILVA; OLIVEIRA, 2000a).

Posteriormente, amostras do mesmo material genético foram analisadas por Bizzo et al. (2001) e de acordo com os resultados sobre os componentes químicos do seu óleo essencial, como baixa proporção de safrol (18,4%) e componente majoritário o sarisan, com 74,3%, a classificação botânica da espécie, atribuída anteriormente como *P. hispidinervum*, foi revista. Assim, estes autores sugeriram a classificação como *Piper affinis hispidinervum*. O Sarisan já havia sido encontrado em altas concentrações em amostras de material vegetal dessa espécie coletado no banco de germoplasma de pimenta longa da Embrapa Acre (OLIVEIRA; LUNZ, 1996).

No entanto, Wadt (2001) revelou que seis genótipos procedentes de Tarauacá, denominados botanicamente por *P. affinis hispidinervum*, agruparam-se com *P. hispidinervum*, sendo considerados como ecótipos dessa espécie última.

Por outro lado, diversos fatores também devem ser considerados nos resultados das análises fitoquímicas como: a idade da folha, variáveis ambientais e as metodologias utilizadas pelos diferentes autores. Isto contribui para o aumento de confusões na classificação botânica das espécies, devido a relatos feitos por especialistas de novos quimiotipos na natureza (FACUNDO et al., 2008). Também Guerrini et al. (2009) relataram um grande polimorfismo químico entre as espécies de *Piper* causando identificações botânicas errôneas realizadas em diferentes períodos e locais de coleta.

## **5 Conservação e melhoramento genético**

### **5.1 Conservação de germoplasma**

Os bancos de germoplasma são repositórios de material genético e representam a variabilidade genética, parcial ou total, de determinada espécie, a fonte genética usada pelo melhorista para desenvolver novas cultivares (BOREM, 1998). A preservação de um banco de germoplasma é importante para proteger a variabilidade, evitar erosão genética e disponibilizar material para o melhoramento genético (OLIVEIRA, 2007).

Devido ao potencial econômico das espécies do gênero *Piper*, associado ao seu uso indiscriminado, as medidas de conservação de germoplasma são estratégias importantes para garantir não só a conservação das espécies, mas também a sua utilização sustentável (SILVA; SCHERWINSKI-PEREIRA, 2011). As espécies

*P. hispidinervum* e *P. aduncum* fazem parte da lista de espécies prioritárias para a inclusão em programas de coleta de germoplasma (SKORUPA; VIEIRA, 2005).

A distribuição da variabilidade genética entre e dentro de populações nativas de pimenta longa é fundamental para o estabelecimento de estratégias adequadas de coleta, conservação e melhoramento. A análise da distribuição espacial e do grau de polimorfismo das populações naturais evidencia que geralmente as populações geneticamente homogêneas de *P. hispidinervum* ocorrem na periferia ou bordas da floresta primária ou secundária. Este fato sugere a existência de um eixo de maior diversidade genética, que poderia ser o centro de diversidade da espécie (efeito fundador) (WADT, 2001).

A presença de locos privados a determinadas populações de *P. hispidinervum* evidencia a importância da manutenção de populações naturais para que não haja perda de alelos e consequente redução do nível de variabilidade genética. Assim, para a conservação *in situ* e *ex situ* dessa espécie é interessante a manutenção de várias populações (MIRANDA, 2002; WADT; KAGEYAMA, 2004).

Kageyama e Gandara (1998) observaram o comportamento de algumas espécies tropicais que ocorrem na floresta primária e que ao encontrarem ambientes perturbados ou degradados em áreas antropizadas, se estabelecem como populações densas e quase puras como é o caso de *P. hispidinervum*. Dessa forma, a conservação *in situ* e o manejo de populações naturais de *P. hispidinervum* para fins comerciais é uma estratégia importante para a manutenção da variabilidade genética da espécie. A melhor estratégia para conservação genética consiste em evitar coletas de *Piper* spp. que ocorrem em populações homogêneas exemplo daquelas invasoras de pastagens.

A coleta de germoplasma para conservação *ex situ* visando o melhoramento genético de *P. hispidinervum* deve ser feita no maior número possível de populações naturais evitando coletas em populações próximas geograficamente acessando o máximo da variabilidade genética. Wadt (2001) salienta que no processo de conservação, domesticação e no plantio de *P. hispidinervum* em escala comercial devem ser evitadas estratégias que favoreçam a endogamia, como o cultivo de indivíduos aparentados da espécie.

Para início das atividades que deram origem ao banco de germoplasma de pimenta longa da Embrapa Acre, foi realizada a coleta inicial em 14 municípios do Acre. O material genético coletado foi composto de, no máximo, 10% das plantas de uma população natural. Diversos aspectos agronômicos e tipologia de vegetação circundante foram registrados, além dos dados de altitude e latitude (OLIVEIRA; LUNZ, 1996).

Atualmente, a conservação de germoplasma de *P. aduncum* e *P. hispidinervum* é em coleções de campo (SKORUPA; VIEIRA, 2005). O Banco Ativo de Germoplasma

localizado na Embrapa Acre, dispõe de 2.300 plantas de *P. hispidinervum* e 721 plantas de *P. aduncum*, que estão sendo caracterizadas quanto aos aspectos agronômicos para dar suporte ao programa de melhoramento genético, que procura selecionar a melhor planta com maior resistência às adversidades e alto valor econômico (FARIAS; NEGREIROS, 2012).

Um trabalho pioneiro sobre estratégias de conservação *ex situ* de *P. aduncum* e *P. hispidinervum*, coletadas no Acre, revelou três eficientes estratégias de conservação: conservação *in vitro*, conservação de sementes sob temperaturas subzero (-20 C) e criopreservação de sementes em nitrogênio líquido (SILVA et al., 2012). Culturas *in vitro* de brotos de *P. aduncum* e *Hispidinervum*, mantidas a 20°C em meio MS apresentaram 100% de sobrevivência com o crescimento lento, após seis meses de armazenamentos (SILVA; SCHERWINSKI-PEREIRA, 2011).

Uma outra técnica interessante para a conservação *in vitro* de germoplasma é a tecnologia de produção de sementes sintéticas. Pereira et al. (2008b) verificaram que o emprego de um endosperma sintético constituído por 75% dos sais e vitaminas de MS, acrescido de carvão ativado (3 g.L<sup>-1</sup>) e pela concentração plena do meio MS promoveram as mais altas taxas de conversão de sementes sintéticas de pimenta-longa.

## 5.2 Melhoramento genético

Conhecer a distribuição da variabilidade genética entre e dentro de populações nativas de pimenta longa (*P. hispidinervum*) é fundamental para o estabelecimento de estratégias adequadas de coleta dos recursos genéticos e direcionamento de cruzamentos, base para qualquer programa de melhoramento via variabilidade genética (WADT, 2001).

Os primeiros resultados de pesquisa revelaram que existe alta variabilidade genética no banco de germoplasma de pimenta longa da Embrapa Acre para diversas características genéticas e agronômicas avaliadas incluindo a produção de safrol (WADT et al., 2004).

Estudos genéticos realizados por Wadt e Kageyama (2004), com pimenta longa da Coleção de Germoplasma da Embrapa Acre, revelaram que a diversidade genética representada é alta e que a maior parte da variabilidade genética ocorre entre indivíduos dentro de populações. Segundo o agrupamento em função da distância genética, caracterizaram dois grupos representando as regiões do Alto Acre e Baixo Acre.

A estruturação genética de *P. hispidinervum* observada é atribuída a diferentes ciclos de vida das populações e não à restrição de fluxo gênico (WADT, 2001). Assim a espécie apresenta diversidade genética estruturada no espaço segundo um padrão de isolamento por distância (WADT; KAGEYAMA, 2004).

Um problema enfrentado na manipulação do germoplasma de *Piper hispidinervum* no melhoramento genético é a controvérsia taxonômica oriunda da hipótese de que *P. hispidinervum* seja na realidade uma variedade de *P. aduncum*. Essa hipótese se baseia na elevada similaridade morfológica entre as duas espécies e na distribuição geográfica das mesmas, sendo *P. aduncum* de ampla distribuição em todo o Brasil, enquanto populações de *P. hispidinervum* são encontradas apenas no Acre e diferem da primeira basicamente pelo teor de safrol e morfologia da folha (WADT; KAGEYAMA, 2004).

Nunes et al. (2007) analisaram cinco acessos de *P. hispidinervum* e *P. aduncum* pertencentes à coleção de germoplasma da Embrapa Acre e verificaram que as duas espécies apresentaram número cromossômico  $2n = 24$  cromossomos pequenos e metacêntricos com comprimento médio de 1,38  $\mu\text{m}$  em *P. hispidinervum* e 1,32  $\mu\text{m}$  em *P. aduncum* e concluíram que pelos descritores citogenéticos obtidos não há diferença entre as duas espécies.

No entanto, Wadt et al. (2004) revelaram que *P. aduncum*, *P. hispidinervum* e *P. hispidum* foram bem diferentes geneticamente, possibilitando a identificação de nove marcadores diagnósticos para *P. aduncum* e quatro para *P. hispidinervum*.

Negreiros et al. (2009), estudando caracteres foliares e fitoquímicos de populações de *P. aduncum* do banco de germoplasma de pimenta longa da Embrapa Acre, concluíram que existe grande variabilidade genética entre as populações. Mais tarde, Negreiros e Micheloni (2013a) estudaram a divergência genética de 15 populações de *Piper hispidinervum* C. DC. mantidas no Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Acre com base em caracteres morfoagronômicos e detectaram duas variáveis de maior importância, na discriminação dos grupos: teor de safrol e o rendimento de óleo essencial, que se mostraram básicos para a seleção de genótipos superiores.

Gaia et al. (2004) objetivando caracterizar a diversidade genética de dezoito acessos de populações naturais de *P. aduncum*, provenientes de quatro procedências da Amazônia Brasileira (Marabá, Manaus, Goianésia e Moju), evidenciaram a existência de real diversidade entre as populações examinadas, sendo provável que dentro das localidades investigadas, os padrões da diversidade genética acompanhem os padrões de distribuição geográfica.

Em estudos posteriores, Gaia et al. (2010a) realizaram coletas de *P. aduncum*, em dez municípios da Amazônia Brasileira (Manaus, Marabá, Goianésia, Moju, Belém, Santa Izabel, Americano, Bonito, Santarém Novo e Aveiro) e verificaram que a espécie apresenta adaptação a diferentes ambientes com relação à vegetação, solo, clima, relevo e drenagem, facilitando o cultivo e domesticação e que existe variabilidade morfoagronômica, o que favorece a seleção e fitomelhoramento.

O conhecimento sobre as formas de acasalamento das espécies também é fundamental na escolha do método de melhoramento mais adequado (DIAS; KAGEYAMA, 1982). Estudos sobre a produção de sementes em plantas isoladas ou infrutescências ensacadas de *P. hispidinervum* (SILVA; OLIVEIRA, 2000b) evidenciaram a presença de algum mecanismo biológico que evita a autofecundação. Wadt e Kageyama (2004) verificaram que a espécie é alógama e que os cruzamentos ocorreram preferencialmente entre indivíduos não aparentados.

Em um estudo sobre a ecologia da polinização de Piperaceae em mata semidecídua do Sudeste brasileiro, *P. aduncum* apresentou elevados índices de autopolinização espontânea (FIGUEIREDO, 1997), indicando que a taxa de autofecundação nesta espécie deve ser alta. Segundo Wadt (2001), *P. aduncum* apresentou padrão genético similar ao esperado para uma espécie autógama.

O melhoramento genético da pimenta longa no Acre teve início no final da década de 90. A Embrapa Acre possui um programa de melhoramento genético da pimenta longa, que tem como objetivo o desenvolvimento de variedades que possuam características agrônomicas e industriais desejáveis para a produção de óleo essencial, com alto teor de safrol (mínimo de 90%, exigido pela indústria) (CAVALCANTE, 2002). Devido à demanda por sementes de pimenta longa com estas características desejadas, a Embrapa Acre implantou um campo de produção de sementes com progênies previamente avaliadas e selecionadas quanto ao teor de safrol presente no óleo essencial.

Segundo Cavalcante (2002), foram realizadas coletas de material genético representativo de populações naturais e instalados experimentos de testes de progênies e famílias de meios-irmãos, visando selecionar famílias e/ou indivíduos promissores para o desenvolvimento de variedades. Tais progênies possuem teor de safrol acima de 90% no óleo essencial, de forma que os novos plantios comerciais produzam óleo essencial com o teor de safrol mínimo exigido pela indústria.

Lédo et al. (2001) verificaram que populações de *P. aduncum* pertencentes a Embrapa Acre, apresentaram elevados valores para herdabilidade no sentido restrito tanto para rendimento de óleo como teor de safrol. Assis et al. (2009) detectaram alta variabilidade genética para teor de safrol em progênies de meio-irmãos de *P. aduncum* avaliadas no Acre.

Gaia et al. (2010b), com o objetivo de avaliar a variabilidade morfoagronômica e selecionar genótipos, visando ao melhoramento genético e cultivo em sistemas de produção, propagaram por estaquia treze clones de pimenta-de-macaco. Verificaram que os clones possuem adaptabilidade às condições edafoclimáticas de Belém, com produtividade superior quando comparado com as condições naturais de Manaus, objetivando à produção de óleo essencial e dilapiol. Evidenciaram uniformidade e



produtividade nos clones examinados, podendo ser recomendados, nas condições edafoclimáticas de Belém, para cultivo em sistemas de produção, em pequena escala.

## 6 Aspectos do cultivo de *Piper*

### 6.1 Propagação de *Piper*

A propagação de algumas espécies de *Piper* é realizada por meio de sementes e estacas. Das espécies de maior ocorrência no estado do Acre, a maior parte dos estudos sobre a propagação sexuada é realizada com *P. hispidinervum* e *P. aduncum*. Alguns trabalhos foram encontrados com *P. hispidum* e inexistem pesquisas publicadas sobre a propagação sexuada de *P. callosum*.

A colheita de sementes de *P. hispidinervum* para plantio deve ser realizada de novembro a abril, retirando-se manualmente as espigas, época em que estas apresentam sementes com coloração preta. As espigas depois de colhidas e selecionadas devem ser mergulhadas em água por 24 horas. Posteriormente são peneiradas para separação das impurezas e secadas à sombra, aproximadamente, cinco dias até atingir o teor de água de 14%. O armazenamento deve ser feito em geladeira a 10°C usando embalagem opaca sem contato com a luz, por um período máximo de 25 dias (PIMENTEL et al., 2001).

A propagação por sementes de pimenta longa é dificultada devido à baixa longevidade em condições naturais. Segundo Pimentel et al. (1999), sementes com umidade elevada ou submetidas a secagem excessiva (teor de água abaixo de 14%) perdem seu poder germinativo em curto espaço de tempo (após 20 dias), sendo o armazenamento ideal feito em embalagens de vidro hermeticamente fechadas, conservadas em geladeira (temperatura entre 7°C a 15°C), com viabilidade de 5 meses.

Segundo Valle (2003), após 320 dias de armazenamento, a conservação em geladeira se mostrou mais adequada para a manutenção da viabilidade de sementes de pimenta longa, com a temperatura de secagem de 42°C preferível devido o menor tempo necessário para a secagem até umidade de 14%. Em condições não controladas (temperatura ambiente), o potencial germinativo reduz para 50% após 175 dias de armazenamento, chegando à perda total de viabilidade aos 325 dias.

A viabilidade das sementes de *P. hispidum* enterradas no solo da floresta diminui para um nível muito baixo depois de um ano (VAZQUEZ-YANES; OROZCO-SEGOVIA, 1982).

Segundo Dousseau et al. (2011), o elevado teor de umidade encontrada nas sementes de *P. aduncum* (24% após beneficiamento e 13% após secagem) é consistente com a presença de proteínas como o composto de reserva predominante, fato que, possivelmente, poderia contribuir para reduzir o potencial de armazenamento, devido às propriedades hidrofílicas desta substância.

Silva et al., (2012) relataram que as sementes de *P. aduncum* e *P. hispidinervum*, obtidas de plantas do banco de germoplasma de pimenta longa da Embrapa Acre, são tolerantes à dessecação e à exposição à temperatura subzero e criogênicas, sugerindo que são do tipo ortodoxas.

Sementes de diversas espécies de Piper são classificadas como fotoblásticas positivas, não germinando na ausência de luz. Almeida (1999) observou maior porcentagem na germinação de sementes de *P. hispidinervum* sob as luzes vermelha e branca, sugerindo ser uma espécie fotoblástica positiva. Segundo Bergo et al. (2010), a incidência de luz difusa influencia negativamente na germinação das sementes de *P. hispidinervum*, enquanto a luz branca favorece o processo germinativo. Nos trabalhos de Pacheco Júnior et al. (2013), foi demonstrado que a germinação sob luz constante expressou os melhores resultados. Esses autores propõem que a espécie pertence ao grupo ecológico das pioneiras antrópicas, cujas sementes, em geral, germinam em áreas abertas e de clareiras.

Rocha et al. (2005), observaram que as sementes de *P. aduncum*, de dois ecótipos (SP e PR), mantida sob luz vermelha extrema ou escuro, adquiriram dormência induzida, germinando quando expostas novamente à luz vermelha. A resposta fotoblástica positiva em *P. aduncum* também foi relatada por Dousseau et al. (2011), que observaram ainda um envigoroamento após permanência no escuro e posterior germinação na luz. Segundo Bergo et al. (2010), em condições de temperatura inferior a 25°C, a menor incidência de luz influencia negativamente na germinação das sementes de *P. aduncum*.

A luz branca e vermelha promove a germinação e luz vermelha extrema e escuro inibem completamente a germinação das sementes de *P. hispidum* (VAZQUEZ-YANES; OROZCO-SEGOVIA, 1982). Estes autores verificaram que esta espécie germina sob baixa razão de vermelho/vermelho extremo, sugerindo uma certa tolerância ao sombreamento, explicando a sua persistência no sub-bosque sombreado e em clareiras.

Nos trabalhos de Pacheco Junior et al. (2013) com *P. hispidinervum*, considerando o lote de maior qualidade fisiológica e a germinação sob 12h de fotoperíodo, a maior germinação e vigor foram observados nas temperaturas de 25°C, 30°C e 20-30°C e os menores valores na de 20°C. Neste trabalho, a germinação foi nula na temperatura de 35°C e 25-35°C, demonstrando termoinibição. Independente da qualidade do lote, a temperatura de 30°C com luz constante permitiu a máxima expressão do potencial germinativo.

Embora a porcentagem de germinação não tenha sido influenciada, o maior vigor das sementes de *P. hispidinervum* foi observado quando submetidas à germinação na temperatura de 25°C, seguido de 20-30°C e de 20°C (BERGO et al.,

2010). Maior germinação e vigor de sementes de *P. hispidinervum* foram observadas a 25°C e 27°C. A temperatura alternada de 20-30°C afetou negativamente o desempenho das sementes (AMERICO et al. 2011). Segundo Pacheco Junior et al., (2013) a região de origem das sementes de *P. hispidinervum* e as atividades pré e pós-colheita podem influenciar na temperatura requerida para a germinação.

Silva et al. (2007) e Lobato et al. (2007a), trabalhando com *P. aduncum*, verificaram que o vigor foi superior a 30°C e inferior a 24°C e 27°C, que não diferiram entre si. Nos estudos de Bergo et al. (2010), o vigor das sementes de *P. aduncum* foi superior quando submetidas a germinação na temperatura de 25°C, seguido de 20-30°C e de 20°C. Resultados semelhantes foram encontrados por Americo et al. (2011), com sementes de *P. aduncum* cujo maior vigor foi observada na temperatura constante de 27°C, seguido de 25°C e de 20-30°C. Segundo Dousseau et al. (2011), a temperatura ótima para a protrusão radicular foi 30°C, enquanto que para a formação de plântulas normais foi 25°C.

O aumento da restrição hídrica induzida por polietileno glicol (PEG 6000), reduz a porcentagem de germinação e o vigor de sementes de *P. aduncum*, demonstrando que esta espécie é extremamente sensível à falta de água (LOBATO et al., 2007a; SILVA et al., 2007).

O tratamento com giberelina e lavagem com detergente neutro das sementes de *P. hispidinervum* proporcionou uma maior germinação e vigor quando submetidas a temperatura alternada de 20-30°C, no entanto, ambos os tratamentos não influenciaram quando a germinação ocorreu a 25°C e 27°C (AMERICO et al., 2011).

A aplicação de ácido giberélico em sementes de *P. aduncum* influenciou negativamente na protrusão e no crescimento da radícula e favoreceu o alongamento do hipocótilo (DOUSSEAU et al., 2011).

No caso da estaquia, a propagação tem a vantagem de multiplicar o genótipo selecionado no melhoramento perpetuando os genes. No entanto, o uso da técnica é pouco eficiente para a produção em larga escala o que torna-se oneroso devido aos custos de insumos e mão de obra (DOUSSEAU, 2009).

Segundo Dousseau et al. (2009), estacas de pimenta de macaco retiradas das porções apicais ou medianas de ramos plagiotrópicos, plantadas em areia, possuem melhor capacidade de enraizamento, devendo ser utilizadas para o sucesso da rizogênese.

As microestacas de *P. aduncum* e *P. hispidinervum* apresentam facilidade para formação de novas raízes dispensando o uso de fitohormônios quando conservadas a 20°C (SILVA et al., 2012). O desenvolvimento de cultivares altamente produtivos depende de uma estratégia eficiente de produção de mudas com boas características genéticas e de alta qualidade visando o cultivo em larga escala, destacando-se a importância da

técnica de propagação *in vitro*, a qual deve ser seguida por uma fase de aclimatização.

Segundo Valle (2003), para a formação de calo da pimenta longa em meio sólido é necessário o uso de elevadas concentrações de reguladores de crescimento, com um balanço hormonal pró-citocinina, estabelecido como ideal o meio MS com 5,0 mg/L de 2,4D e 10,2 mg.L<sup>-1</sup> de BAP. A viabilidade celular do calo começa a decair a partir dos 45 dias após a inoculação, e adequado para a transferência para o meio líquido entre 35 e 45 dias.

Um protocolo para a propagação *in vitro* de *Piper hispidinervum* e *P. aduncum* foi desenvolvido por Silva et al. (2012), a partir de segmentos nodais como fonte de explante, com 100% de sobrevivência de plântulas em casa de vegetação (aclimatizadas).

Em experimento conduzido no Laboratório de Cultura de Tecidos de Plantas da Embrapa Acre, Costa et al. (2008) verificaram que o tipo de explante obtido a partir de células de pimenta longa influencia a formação de calos. Explantes foliares são mais responsivos que internodais e a formação de calos foi maior quando cultivados em meio adicionado de ácido naftaleno acético (ANA). As espessuras da epiderme e hipoderme de *P. hispidinervum* e *P. aduncum* sofrem alterações na transição de cultivo *in vitro* para o *ex vitro*. Os tecidos do mesofilo e a abertura do poro estomático de ambas as espécies são influenciados pelo ambiente *in vitro* (MACIEL et al., 2014).

Em meio líquido a maior formação de massa celular ocorreu com o uso de meio MS com 5,0 mg/L de 2,4D e 10,2 mg.L<sup>-1</sup> de BAP e suplementado com 30 g.L<sup>-1</sup> de sacarose, durante 30 dias de cultivo (VALLE, 2003). Esta autora demonstrou ainda a importância da utilização de quitosana como composto elicitador durante o cultivo das células para a formação de safrol, tendo sido detectado 25 mg por grama de biomassa seca de célula. No entanto, a presença de quitosana interfere negativamente no crescimento celular, por ser um fator de estresse.

## 6.2 Sistema de produção de *Piper*

Das espécies de *Piper* de maior ocorrência no estado do Acre, apenas para *Piper hispidinervum* o sistema de produção é determinado, as demais espécies apresentam estudos escassos. Para *P. aduncum* apenas foi encontrado o trabalho de Bergo (2010), no qual é relatado que a espécie deve ser plantada em espaçamento de 1,0 x 1,0 m entre plantas e colhida aos 18 meses após o plantio, para alcançar produtividade estimada de 83 litros por hectare de óleo essencial com percentual médio de dilapioil de 80%, devido a este fato, este item que trata do sistema de produção somente traz informações referentes à pimenta longa.

Em condições naturais a vida média de uma planta de pimenta longa, na floresta, é de 12 a 14 anos. A espécie é capaz de se regenerar após o fogo pela capacidade

de rebrota vigorosa, por isso a eliminação das plantas do roçado ou capoeira torna-se uma tarefa difícil que exige uso de herbicidas ou podas nas épocas mais secas e desfavoráveis as plantas (MIRANDA, 2002).

Miranda (2002), estudando a produtividade de uma população nativa de pimenta longa no município de Xapuri, no estado do Acre, verificou que as plantas são capazes de tolerar até três podas sucessivas, com rebrota vigorosas, repondo grande parte da biomassa perdida após cada corte em um curto período (cerca de oito meses). Neste ensaio, embora o rendimento de biomassa tenha sido decrescente, após os sucessivos cortes, somente foi observada diferença significativa entre a média obtida no primeiro ano (16,00 kg.ha<sup>-1</sup>) quando comparada com o terceiro ano (9,22 kg.ha<sup>-1</sup>).

Segundo Miranda (2002), a produção de óleo essencial na população nativa foi estimada em 12,11 kg.ha<sup>-1</sup>/ano, que representa apenas 15,1% da produtividade obtida em áreas de cultivo, considerando a média de 80 kg.ha<sup>-1</sup>/corte, obtida em Extrema (RO), de acordo com o trabalho de Pimentel et al. (1998a). No entanto, conforme Miranda (2002), isto representa um rendimento cerca de seis vezes menor, o que é coerente com a diferença de densidade das plantas nos dois sistemas, ou seja, 1.500 plantas/ha estimada para a população nativa e 10.000 plantas/ha no sistema de cultivo. Segundo estes autores, a viabilidade da exploração dessas populações depende do desenvolvimento de técnicas que permitam aumentar a densidade de indivíduos.

Negreiros e Micheloni (2013b) avaliaram o rendimento de óleo e o teor de dilapiol em biomassa aérea, verde e seca, em populações de *P. aduncum* no Acre. Os autores detectaram que o rendimento do óleo essencial foi maior para biomassa seca e o teor de dilapiol não variou em função da biomassa aérea.

Os solos das áreas de ocorrência natural de *P. hispidinervum* são caracterizados como Podzólico Vermelho-Amarelo álico, de textura argilosa, pouco compactado, com pH variando de 4,8 a 7,1, adaptando-se bem em solos ácidos ou ligeiramente básicos (CORDEIRO et al., 1999). Para o plantio comercial, recomendam-se solos de textura areno-argilosa, profundos, bem drenados e de boa fertilidade natural; devem apresentar também pequena declividade em local com boa insolação (PIMENTEL et al., 1998a).

Sousa et al. (2001) estudaram o efeito da calagem e adubação em *P. hispidinervum* no Acre e concluíram que em solo não calcariado ocorreu expressiva resposta a aplicação do nitrogênio e o fósforo é o nutriente mais importante na produção de biomassa seca. A adubação nitrogenada (0, 25, 50, 75 e 100 kg.ha<sup>-1</sup>), tendo como fonte o sulfato de amônio, não foi eficiente no aumento da produção de biomassa (WADT; PACHECO, 2006).

As mudas de pimenta longa na fase de viveiros podem ser produzidas de duas maneiras, em copinhos ou caixas de isopor, efetuando-se a semeadura direta,

colocando-se três a quatro sementes por recipiente, sendo que após as plântulas atingirem 2 cm de altura, recomenda-se efetuar o desbaste deixando-se somente uma plântula, que após 60 dias no viveiro ou quando apresentar 5 cm de altura, a muda deve ser transplantada para o local definitivo (CAVALCANTE, 2002).

Estudos sobre recipientes e substratos para mudas de *Piper* spp. revelaram que o tubete médio (17 cm) foi ideal para *P. hispidinervum* e o tubete grande (29 cm) para *P. affinis hispidinervum*. O tipo de substrato com melhor desempenho quanto ao desenvolvimento morfológico da muda foi o composto de terra de subsolo, esterco bovino e casca de arroz carbonizada ou areia em detrimento ao substrato comercial (MIQUELONI et al., 2013).

O plantio deve ser realizado no período chuvoso em covas de 20 x 20 x 20 cm no espaçamento de 1 x 1 m (CAVALCANTE, 2002). Segundo Wadt e Pacheco (2006) a densidade de plantio de 13.333 plantas ha<sup>-1</sup> (1,5 x 0,5 m) proporcionou-a maior produção de biomassa das folhas de pimenta longa.

Para evitar a concorrência por água e nutrientes, assim como permitir um bom desenvolvimento da planta na primeira fase de crescimento, recomendam-se três capinas por ano (CAVALCANTE, 2002). Recomenda-se ainda que, por ocasião da primeira capina, a utilização de material vegetal decomposto (resíduo da biomassa destilada da pimenta longa, leguminosas, etc.), 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.

Silva et al. (2001) recomendam o primeiro corte quando a planta apresentar um desenvolvimento vegetativo satisfatório que irá depender das condições climáticas existentes, principalmente quanto à distribuição regular das chuvas. Estes autores observaram que com um suprimento adequado de água, a alocação de matéria seca nas folhas é grande até o sétimo mês após o plantio, quando a planta passa a exportar reservas para a haste principal e que nestas condições o primeiro corte deve ser feito aos sete meses após o plantio. Segundo Cavalcante (2002), o corte é realizado quando as plantas atingem 1 m de diâmetro de copa e altura de 1,70 m, porte este verificado normalmente aos 12 meses após o plantio definitivo. Devendo ser realizada no período de novembro a março, época das chuvas na região, facilitando a rebrote e renovação das plantas (BERGO et al., 2005).

Quanto à frequência de corte em espaçamento 1 x 1 m, Bergo et al. (2005) definiram que para se obter maior produtividade de óleo essencial no distrito de Extrema (RO), deve ser realizado somente um corte num intervalo de 12 meses, sempre próximo do final do período chuvoso. Estes autores verificaram que no tratamento mais produtivo para um corte (abril), o rendimento de matéria seca foi

de 3.098 kg.ha<sup>-1</sup>, resultando numa produtividade de 115 kg de óleo, enquanto um dos melhores tratamentos para dois cortes (dezembro/abril) produziu 3.091 kg de matéria seca, resultando numa produtividade de 93 kg de óleo. Concluíram que o tempo de crescimento e desenvolvimento da planta limita o rendimento de óleo essencial.

Em ensaios posteriores realizados no município de Morretes (PR), Bergo (2010) verificou que a idade de corte e o espaçamento influenciam o desenvolvimento vegetativo e, conseqüentemente, a produtividade de biomassa seca de folhas da *P. hispidinervum*, mas não alteram o teor de óleo essencial e nem o percentual de safrol no óleo. Sendo assim, concluíram que as melhores idades de corte são aos 12 ou 15 meses num espaçamento de 0,50 x 0,50 m entre plantas. Nestas condições de manejo, o teor médio de óleo essencial foi 3,5% com produtividade acima de 94 litros por hectare e percentual mínimo de safrol de 91%.

Após o corte, as plantas inteiras são submetidas à retirada do ramo principal por não conter óleo e, em seguida, as folhas e galhos finos devem ser transportados para o secador. Decorrido o período de 6 a 7 dias de secagem, a biomassa deve ser destilada. O princípio da extração de óleo essencial é feito por meio de arraste de vapor de água, utilizando o sistema de caldeira aquecida à lenha. A condensação do óleo essencial é realizada por refrigeração, usando água a mais ou menos 25°C (CAVALCANTE, 2002).

### 6.3 Relações de espécies de *Piper* com microrganismos e insetos

A interação de plantas da família Piperaceae com organismos vivos está intimamente relacionada com sua capacidade de produzir metabólitos de defesa, principalmente na produção de compostos secundários. O metabolismo secundário desta família apresenta-se como uma das mais versáteis das famílias botânicas conhecidas. Os metabólitos acumulados caracterizam-se por serem oriundos da biossíntese mista (chiquimato/acetato), resultando na produção de amidas ou de compostos aromáticos essencialmente fenilpropanoídicos do tipo lignanas e neolignanas, além da ocorrência de terpenos, flavonóides e outras classes de produtos naturais (GOTTLIEB et al., 1995; PARMAR et al., 1997).

Um grupo diferenciado de fenilpropanóides são as lignanas, que englobam um largo espectro de modelos estruturais e tamanhos moleculares. São encontradas em diversas partes de plantas, incluindo-se piperáceas (caule, rizoma, raízes, sementes, óleos, resinas, flores, folhas e casca) e as suas quantidades variam de acordo com os tecidos e as espécies (LEWIS; DAVIN, 1998).

As funções das lignanas estão relacionadas primariamente à defesa vegetal, sendo sua formação constitutiva ou induzida por estresse; seus depósitos contribuem

para a durabilidade, cor e qualidade do tecido vegetal (BURLAT et al., 2001). Atribuiu-se ainda a este constituinte as funções antioxidante, anti-herbívoros, bactericida, fungicida, antiviral, e fitotóxica para outras espécies vegetais (CHU et al., 1993). Existem evidências de que o acúmulo de lignanas em locais lesados inibe as enzimas secretadas por fungos, impedindo a degradação da lignana (WARD, 1997).

Neste sentido, avaliações do efeito do extrato de pimenta longa no combate aos fitopatógenos realizadas por Navickiene et al. (2006) constataram a alta atividade fungicida do óleo essencial oriundo de plantas *Piper aduncum* (L.) e *P. tuberculatum* sobre os fitopatógenos *Cladosporium cladosporioides* (Fresen.) G.A. de Vries e *C. sphaerospermum* Penz.

Hanada et al. (2004) estudando o efeito biológico do óleo essencial de *Piper hispidinervum* C DC. observaram inibição parcial da germinação de conídios de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, atribuindo a presença do safrol no seu óleo essencial. Bastos e Albuquerque, (2004) avaliaram o efeito do óleo essencial de *P. aduncum* no controle da antracnose da bananeira e constataram inibição de 100 % do crescimento micelial e da germinação de conídios, utilizando uma concentração de 100 µg. mL<sup>-1</sup>.

O óleo essencial de *P. hispidinervum* na concentração de 200 µg.mL<sup>-1</sup> inibiu totalmente o crescimento de *Bipolaris sorokiniana* (Saccardo) Shoemaker 1959 enquanto que, para o *Fusarium oxysporum* Schlechtend.: Fr. e o *Colletotrichum gloeosporioides* (Penzig) Penzig & Saccardo 1884 ocorreu a inibição na concentração de 1000 µg.mL<sup>-1</sup> (ZACARONI et al., 2009). Já o óleo essencial de *P. aduncum*, em diferentes concentrações, foi eficaz no combate de fungos nocivos às sementes de caupi, com resultados conclusivos de eficiência do óleo na concentração de 0,5% (v.v<sup>-1</sup>), o que permitiu recomendar o uso deste produto de forma econômica e racional (LOBATO et al., 2007b).

Apesar das constatações do potencial de compostos secundários produzidos por piperáceas, no controle de microrganismos, as plantas desta família não estão imunes ao ataque de diversos patógenos.

Ritzinger et al. (1998) realizaram levantamento e identificação de patógenos associados à pimenta longa no Acre e detectaram a ocorrência de *Cercospora* sp., (mancha foliar), *Ralstonia solanacearum* (Smith, 1896) (murcha), *Sclerotium rolfsi* Sacc., *Rhizoctonia solani* Kühn. e *Colletotrichum gloeosporioides* (provocando necroses). A mais temida e importante doença da pimenta longa é a murcha bacteriana causada por *Ralstonia solanacearum*. No entanto, Siviero e Pimentel (1997), estudando a influência do ataque de *Cercospora piperis* Pat. em folhas de *P. hispidinervum* no rendimento de óleo, revelaram que amostras de folhas doentes e sadias não apresentaram diferenças no teor de safrol.



Cavalcante e Sharma (2001) reportaram a ocorrência de *Meloydogine javanica* (Treub) Chitwood, em plantios comerciais de pimenta longa no Acre. Este foi o primeiro relato de nematóides associados às raízes de *P. hispidinervum*.

Cavalcante et al. (2002) avaliaram a resistência de 66 genótipos de *Piper* a *R. solanacearum* e concluíram que nenhum material genético do banco de germoplasma de pimenta longa da Embrapa Acre apresentou resistência à bactéria. A resistência à bactéria *Ralstonia solanacearum* principal causador da murcha bacteriana em espécies de *Piper* é um dos desafios da pesquisa na área de fitopatologia quando se quer ampliar áreas de cultivo solteiro desta planta (Foto 1).

**FOTO 1 – PLANTA ATACADA POR BACTÉRIA FITOPATOGÊNICA DO SOLO (*RALSTONIA SOLANACEARUM*) CAUSANDO MURCHA E MORTE DE PLANTAS NO CAMPO.**

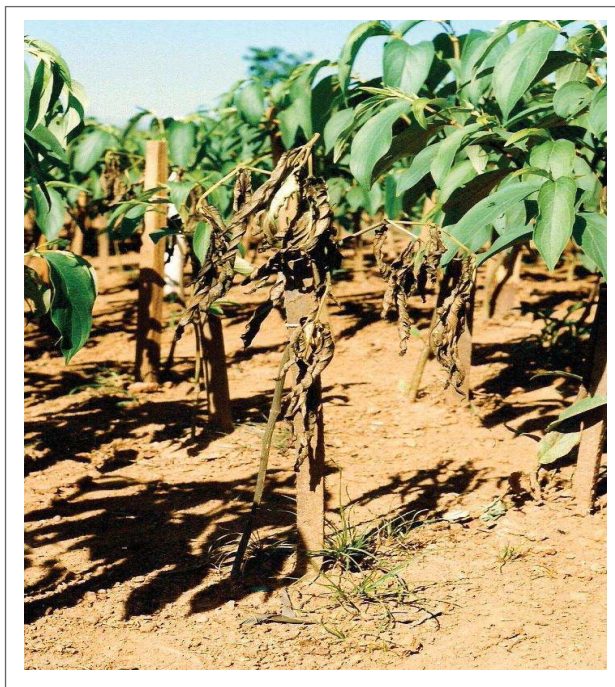


FOTO: AMAURI SIVIERO (1995).

A interação das piperáceas com insetos apresenta a mesma dualidade de efeitos observados com relação aos microrganismos, uma vez que pela necessidade de polinização, Thomazini e Thomazini (2002) relatam várias espécies de abelhas que visitam as inflorescências de pimenta longa. Segundo esses autores, algumas espécies são mais abundantes em meses mais secos como *Pereirapis* sp. e de *Augochlorini* sp..

A abundância das espécies de *Scaptotrigona* aumenta nos meses chuvosos que vai de novembro a março.

A atratividade das piperáceas por abelhas pode estar relacionada à produção de terpenos por essas plantas, uma vez que este composto apresenta uma importante função ecológica atuando como um mensageiro interno e externo, funcionando como agentes alelopáticos. Algumas vezes podem funcionar como repelente para determinadas espécies de insetos e em outras vezes como atrativos para outras espécies, como é o caso dos polinizadores (HARREWIJAN et al., 2001). Há evidências de que a biossíntese dos terpenos é induzida pela alimentação dos insetos, provavelmente por meio da secreção oral dos indivíduos (PARÉ; TUMLINSON, 1997).

Muitos insetos benéficos foram observados em plantios experimentais de pimenta longa, tais como: crisopídeos ou bicho-lixeiro, predador de pequenas lagartas, ácaros e ovos; joaninhas que se alimentam de pulgões, cochonilhas e vespas cujos adultos predam larvas de outros insetos (THOMAZINI, 1999).

São escassos os relatos de ocorrência de insetos-pragas em piperáceas produtoras de óleos essenciais. Na região de Vila Extrema (RO), muitas plantas foram atacadas por cupins de solo (Rhinotermitidae) chegando a reduzir consideravelmente o estande da cultura (THOMAZINI, 1999).

Já os relatos de sucesso no controle de insetos-pragas utilizando extratos e óleos essenciais de piperáceas se apresentam em maior número.

Silva e Bastos (2007) demonstraram que os extratos das folhas e raízes de *P. aduncum*, apresentaram atividades inseticida sobre adultos de *Aetalion* sp. (cigarrinha), uma praga que causa importantes prejuízos econômicos na Amazônia, por sugarem a seiva de caules, raízes, ramos, folhas e frutos em plantas atacadas.

Uma pesquisa realizada por Saito et al. (2006), com plantas bioinseticidas da Amazônia, relata o uso de extratos de raízes de *Piper ottonoides* Yuncker, como de elevado efeito bioinseticida. Fazolin e Estrela (2009) avaliaram com sucesso o uso de extratos de *P. aduncum* no controle da vaquinha do feijoeiro *Cerotoma tingomarianus* Bechyné nas culturas de soja e feijão no Acre.

Um dos problemas de se utilizar extratos de piperáceas como inseticida está na dificuldade de manutenção da qualidade do produto final, devido às variações na forma e tempo de extração, qualidade e idade da planta, época de colheita, dentre outros. Já o óleo essencial, apresenta uma composição química menos variável, em que predominam compostos fenispropanóides, amidas e terpenóides, todos relacionados a interferências biológicas, muitas vezes deletéria para insetos.

A produção de mono e sesquiterpenos produzidos pelas piperáceas estão

relacionadas com a inibição da acetilcolinesterase. A grande maioria dos trabalhos relata que os terpenóides superiores, possuem atividade de inibidores ou retardadores de crescimento, danos na maturação do inseto, redução da capacidade reprodutiva, supressores de apetite, podendo levar o inseto à morte por inanição ou toxicidade direta (VIEGAS JÚNIOR, 2003).

Plantas da família *Piperaceae* constituem uma fonte de isobutilamidas insaturadas de cadeia longa, com propriedades inseticidas, como a piperina (STRUNZ; FINLAY, 1994). De uma maneira geral, as amidas possuem ação inseticida neurofisiológica (SCOTT et al., 2008).

A presença do Metilenidioxifenil ligado a alguns grupos de amidas conferem estabilidade à molécula e a remoção desse radical, segundo Elliott et al. (1987), praticamente anula a ação inseticida da amida. Isto ficou comprovado pelo trabalho de Scott et al. (2008) demonstrando que as piperamidas são bifuncionais quando combinadas à molécula de metilenodioxifenil, agindo como neurotóxica e como inibidora de enzimas do citocromos P450. Esta característica química é frequente em plantas de *Piper* considerada como uma estratégia de defesa da planta contra herbívoros (NAVICKIENE et al., 2006).

Esse fenômeno desperta interesse pelo fato de que na co-evolução entre herbívoros e plantas ocorre a seleção de indivíduos tanto das espécies vegetais como animais, em função da capacidade em se adaptar e sobreviver neste embate químico. Deste modo, a forma de ação de inibição do citocromo P450, estaria alterando a capacidade do inseto no sentido da perda de uma adaptação química, desenvolvida ao longo do tempo, retornando esta capacidade aos estágios primitivos de proteção (FAZOLIN; ESTRELA, 2011).

Dessa forma, a atividade inseticida desses compostos presentes nos óleos essenciais de piperáceas podem explicar os resultados observados por Lima et al. (2009) que constataram redução alimentar, toxicidade, neurotoxicidade e alta mortalidade do óleo essencial de *P. hispidinervum* sobre a lagarta-do-cartucho do milho, *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797).

Os óleos essenciais de *P. hispidinervum* e *P. aduncum* foram tóxicos para larvas de *T. molitor* variando os níveis de mortalidade em função da concentração e da via de intoxicação. A utilização desses óleos essenciais pode ser considerada promissora como inseticida utilizando-se concentrações acima de 3,0% (v v<sup>-1</sup>) de *P. hispidinervum* e 2,5% (v v<sup>-1</sup>) de *P. aduncum* (FAZOLIN et al., 2007). Esses óleos essenciais apresentaram ainda atividade inseticida para *Sithophilus zeamais*, principal praga de milho, arroz e trigo armazenados (MOTS, 1855). Estrela et al. (2006) determinaram uma DL<sub>50</sub> de 0,04 µL/mg do óleo de *P. hispidinervum* e 0,03 µL /mg do

óleo de *P. aduncum* para adultos desta praga no intervalo de tempo de 48 horas.

Ocorrem variações de resposta toxicológica em função da espécie de inseto submetido aos tratamentos com óleos essenciais. Para a vaquinha do feijoeiro, *C. tingomarianus*, Fazolin et al. (2005) determinaram para o óleo de *P. aduncum* uma  $DL_{50}$  de 0,0,002  $\mu\text{L}/\text{mg}$  de inseto muito inferior ao determinado para *S. zeamais*, constatando o maior efeito tóxico deste óleo sobre esta espécie de inseto praga.

Das 53 espécies de *Piper* avaliadas quimicamente por Andrade et al, (2009) 45 (84,9%) ricas em terpenóides ainda não foram avaliadas como inseticida. Isto abre uma perspectiva imensa de bioprospecção de óleos essenciais que podem ser utilizados no controle de insetos.

Para Fazolin e Estrela (2011), além do avanço do conhecimento fitoquímico das piperáceas que ocorrem na Amazônia, há necessidade de avanço na domesticação das espécies de interesse comercial, além da melhoria e adaptação do processo de hidrodestilação industrial. Particularmente em relação à aplicação por pulverização de óleos essenciais de *Piper*, avaliações do efeito fitotóxico de concentrações letais para as pragas em determinadas espécies de plantas cultivadas deverá ser observada.

#### **6.4 Aspectos socioeconômicos do cultivo de *Piper***

Dentre as espécies de Piperaceae nativas da Amazônia e encontradas em abundância no estado do Acre, a pimenta longa e a pimenta de macaco estão entre as principais plantas aromáticas fornecedoras de óleos essenciais. O óleo essencial de pimenta longa é rico em safrol e o de pimenta de macaco, em dilapiol, substâncias com grande importância comercial.

A pimenta longa representa uma das maiores promessas brasileiras para a fitoquímica mundial, devido à possibilidade de substituição do óleo de sassafrás que é extraído das espécies em extinção *Ocotea odorifera* Ness (Mez), *Cynamomum petrophilum*, *C. mollissimum* e *Sassafrás albidum* Nutt (VALLE, 2003). Seu óleo essencial, contido principalmente nas folhas e talos finos, apresenta um alto teor de safrol (cerca de 90 a 94%), o qual é um importante substrato para a indústria química e farmacêutica (MIRANDA, 2002; BERGO et al., 2005; FAZOLIN et al., 2007).

É um componente que, embora apresente atividades carcinogênicas *in vitro*, é de grande importância científico-tecnológica como precursor de uma variedade de compostos, notadamente, fármacos, inseticidas biodegradáveis e fixadores de perfume (VALLE, 2003). Segundo Sá et al. (2004) o safrol é utilizado como matéria-prima pelas indústrias químicas para a síntese de heliotropina piperonal, usado como fixador de fragrâncias; e butóxido de piperonila, usado como agente sinérgico junto com o piretro.

Costa (2000) afirma que a utilização do safrol como matéria-prima na preparação de fármacos de natureza catecólica, como a dopamina, a  $\alpha$ -metildopa, o isoproterenol, entre outros, é o principal fator responsável pelo grande volume de transações comerciais envolvendo o óleo de sassafráz.

Até a década de 60, o Brasil era o maior exportador mundial de óleo de sassafrás, sendo que esta produção entrou em declínio em função do esgotamento das reservas naturais o qual este era obtido do tronco de *O. odorifera* (canela sassafrás) silvestre em áreas de Mata Atlântica no Sul do Brasil, principalmente no estado de Santa Catarina, no Vale do Itajaí (ROCHA; MING, 1999).

A proibição por parte do IBAMA, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, mediante o Decreto nº 1557/91, motivado pelo iminente perigo de extinção desta espécie da família das Lauráceas, proveniente das florestas exploradas por processo extrativista; forçou o Brasil a importar o óleo essencial contendo safrol da China e do Vietnã (ROCHA; MING, 1999; SÁ et al., 2004).

A demanda internacional por safrol excede três mil toneladas/ano, mas a oferta do produto encontra-se comprometida (HOMMA, 2001). Na China, obtém-se o safrol pelo corte de árvores nativas (*Cinnamomum canphora* (L.) J. Presl. – madeira canforeira), enquanto que no Vietnã utiliza-se de troncos e raízes de árvores mortas, em ambos, existe o risco de extinção das espécies (COSTA, 2000; SÁ et al., 1998).

Os estudos de exploração econômica da pimenta longa no Acre foram iniciados em 1992, com apoio do Departamento Internacional para o Desenvolvimento, órgão do Governo Britânico, da Embrapa Acre e de agricultores familiares do Acre. O cultivo de pimenta longa para produção de safrol apresenta viabilidade financeira a partir de um plantio de 1 ha e produtividade de 90 kg.ha<sup>-1</sup> de matéria prima (SÁ et al., 2004).

Os principais coeficientes técnicos para a cultura de pimenta longa no Acre foram discutidos por especialistas da área. As fases incluem o preparo da área, produção de mudas, plantio, tratamentos culturais, colheita e beneficiamento. O sistema em que os resíduos orgânicos gerados na indústria são retornados ao campo na forma de adubo é o mais rentável considerando o alto preço dos fertilizantes na região (PIMENTEL et al., 2001; SÁ et al., 2004).

Segundo dados divulgados pelo Centro de informação de pimenta longa (CENTRO, 2001), o custo de implantação de 1 ha de pimenta longa é de R\$ 2.505,57 e o custo de manutenção a partir do 2º ano é de R\$ 803,50 ha<sup>-1</sup>. Uma usina para processar 15 ha é estimada em R\$ 11.600,00. O custo do processamento de um litro de óleo é de R\$ 0,83. A receita líquida média por hectare/ano, ou seja, considerando todo o custo de implantação e manutenção de 15 hectares durante um ciclo de seis anos, a construção da usina, a colheita e o processamento do óleo, incluindo salários e encargos de um

gerente e um operador necessário para o funcionamento da usina é de R\$ 700,00.

No dia 12 de dezembro de 1998, foi inaugurada a primeira usina de destilação da folha de pimenta longa para produção de safrol, para beneficiar o plantio piloto implantado no município de Igarapé-Açu, a 140 km de Belém, numa área de 15 hectares, na comunidade de São Jorge do Jabuti (FERREIRA, 1999). A renda estimada é de R\$ 1 mil por hectare em duas safras por ano, e a demanda brasileira é de mil toneladas, o que exige uma área plantada de quatro mil hectares (HOMMA, 2001).

Segundo Bergo et al. (2005), a pimenta longa pode atingir a produtividade anual de até 115 kg por hectare de óleo essencial com mais de 90% de teor de safrol. O resultado é mais que atraente para o pequeno produtor, pois o preço no mercado nacional e internacional oscila entre US\$ 5,00 e US\$ 8,00 por quilo (HOMMA, 2001). Embora a produtividade anual de pimenta longa e o preço do produto nos mercados nacional e internacional sejam elevados, a cultura ainda é pouco explorada na região, com cerca de 40 ha da espécie, distribuídos em diversos municípios no estado do Acre (NEGREIROS; GONÇALVES, 2008).

Teixeira (2007) relatou a realidade enfrentada pelos agricultores familiares na produção comercial de pimenta longa no Acre. Os problemas são diversos e não pontuais, requerendo adoção de um planejamento sistêmico que resulte num plano de ação de dimensões multi setoriais. Foram identificados problemas de ordem técnica, legal, institucional e econômico-financeira de solução complexa.

Segundo Negreiros e Gonçalves (2008), um dos grandes desafios é desenvolver um sistema de cultivo que agregue valor ao produto final, por meio do processamento primário no campo, como forma de elevar a renda do produtor. Segundo estes pesquisadores, o fortalecimento das ações de pesquisa e transferência de tecnologia deverá atrair novos investimentos na cultura e garantir ao Acre posição de destaque no cenário nacional da produção de óleo essencial.

## Referências

- ACRE. Governo de Estado do Acre. **Programa Estadual de Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre**. Fase II. Documento síntese – Escala 1250.000. Secretaria Estadual do Meio Ambiente, Rio Branco, 2006. 365 p.
- ALBIERO, A. L. M. et al. Morfoanatomia dos órgãos vegetativos de *P. hispidum* Sw. (Piperaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.16, n. 3, p. 379-391. 2006.
- ALECIO, A. C. et al. Antifungal amide from leaves of *Piper hispidum*. **Journal of Natural Products**, Washington, v. 61, n. 5, p. 637-639. 1998.
- ALMEIDA, M. de C. **Banco de sementes e simulação de clareiras na germinação de Pimenta longa (*Piper hispidinum* C.DC.)**. 1999. 60f. Tese (Mestrado em Agronomia) - Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Acre. Rio Branco, 1999. 60p.
- ALVARENGA, A. P.; BOTELHO, S. A.; PEREIRA, I. M. Avaliação da regeneração natural na recomposição de matas ciliares em nascentes na região sul de Minas Gerais. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 4, p. 360-372. 2006.
- AMÉRICO, F. K. A. et al. Estudo de parâmetros para realização de teste de germinação de sementes em duas espécies do gênero *Piper*: *Piper hispidinum* C.DC e *Piper aduncum*. **Ensaios e Ciência** (Campo Grande. Impresso), v. 15, p. 33-45, 2011.
- ANDRADE E. H. et al. Essential oil of *Piper gaudichaudianum* Kunth and *P. regnellii* (Miq.) C.D.C. **Journal of Essential Oil Research**, Jeor, v.10, n.4, p.465-467, 1998.
- ANDRADE E. H.; GUIMARÃES E. F.; MAIA J. G. S. **Variabilidade química em óleos essenciais de espécies de Piper da Amazônia**. Belém, FEQ/UFGA, 448p. 2009.
- ANON, A. **Marketing reports in tissues of the chemical marketing reporter**. New York: Schnell publishing. 1992.
- ARAÚJO JUNIOR, J. X. et al. Piperdardine, a piperidine alkaloid from *Piper tuberculatum*. **Phytochemistry**, New York, v. 44, p. 559, 1997.
- ASSIS, G. M. L. et al. A. Variabilidade genética e seleção para teor de safrol em progênies de meio-irmãos de pimenta longa avaliadas no Acre. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 5, Guarapari. Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas, 2009. CD room.
- BALICK, M. J.; ELISABTSKY, E.; LAIRD, S. A. **Medicinal Resources of the Tropical Forest: Biodiversity and Its Importance to Human Health**. Columbia University Press, New York. 1995. 546 p.
- BARRESE, C. **Fenologia de plantas do gênero Piper (Linnaeus, 1737) (Piperales: Piperaceae): implicações em quiropterocoria**. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) – Centro Universitário da Fundação de Ensino Octávio Bastos, São João da Boa Vista. 2005. 35p.
- 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. 29, n. 5, p. 555-557. 2004.
- BASTOS, L. C. N.; SILVA, M. H. L. Constituents of the essential oil of *Piper aduncum* L. growing wild in the Amazon region. **Flavour and Fragrance Journal**, Chichester, v.13, n.4, p.269-272, 1998.
- BERG, M. **Plantas medicinais na Amazônia**. Belém-PA: Coleção Adolfo Ducke. 1993.
- BERGO, C. L. **Estudos agrônômicos e fitoquímicos de Piper hispidinum C.DC. e Piper aduncum L. para produção de safrol e dilapiol**. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2010. 139p.
- BERGO, C. L., MENDONÇA, H. A., SILVA, M. R. Efeito da época e frequência de corte de pimenta longa (*Piper hispidinum* C. DC.) no rendimento de óleo essencial. **Acta Amazônica**, v. 35, n. 2, p. 111-117. 2005.
- BERGO, C. L. et al. Luz e temperatura na germinação de sementes de pimenta longa (*Piper hispidinum*) e pimenta-de-macaco (*Piper aduncum*). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 3, p. 170-176, 2010.
- BERNARD, C. B. et al. Insecticidal defences of Piperaceae from the neotropics. **Journal Chemistry Ecology**, v. 21, p. 801-814. 1995.
- BIZZO, H.R. et al. Sarisan from leaves of *Piper affinis hispidinum* C. DC (long pepper). **Flavour and Fragrance Journal**, v. 16, p. 111-113. 2001.
- BLUMENTHAL, M.; SING, Y. N. Pharmacology of kava and its constituents. **HerbalGram**, Austin, v. 39, p. 50-56, 1997.
- BURLAT, V. et al. Dirigent proteins and dirigent sites in lignifying tissues. **Phytochemistry**, v. 57, p. 883-897. 2001.
- CAVALCANTE, M. J. B. (Ed.). **Cultivo de pimenta longa (*Piper hispidinum*) na Amazônia Ocidental**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2002. 29p. (Embrapa Acre. Sistemas de Produção, 1).
- CAVALCANTE, M. J. B.; SHARMA, R. D. **Ocorrência de nematóides na rizosfera de Piper hispidinum**. Rio Branco: EMBRAPA – CPAF/AC, 2001. 3p. (Embrapa – CPAF/AC, Comunicado técnico, 138).
- CENTRO de informação de pimenta longa. Disponível em <<http://www.embrapa.br/pimentalonga>>. Acesso em: 20 abr. 2001.
- CHU, A. et al. Stereospecificity (+)-piroresinol and (+)-lauricresinol reductases from *Forsythia intermedia*. **Journal Biological Chemistry**, v. 268, p. 27026-27033. 1993.
- COIMBRA, R. **Manual de fitoterapia**. 2 ed. Belém: CEJUP. 234 p. 1994.
- CORDEIRO, D. G.; AMARAL, E. F. do; BATISTA, E. M. **Características do solo nos locais de ocorrência de populações nativas de pimenta longa no Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 1999. 2 p. (Embrapa Acre. Pesquisa em Andamento, 152).
- COSTA, P. R. R. Safrol e eugenol: estudo da reatividade química e uso em síntese de produtos naturais biologicamente ativos e seus derivados. **Química Nova**, v. 23, n. 3, p.357-369. 2000.

- COSTA, F. H. S.; LOUREIRO, T. S.; SCHERWINSKI-PEREIRA, J. E. Influência de auxinas e tipos de explantes na indução de calos friáveis em *Piper hispidinervum* C. DC. **Revista de Ciências Agrônomicas**, Fortaleza, v. 39, n. 02, p. 269-274. 2008.
- DIAS, L. A. dos S.; KAGEYAMA, P. Y. Variação genética em espécies arbóreas e consequências para o melhoramento florestal. **Agrotropica**, v. 3, n. 3, p. 119-127. 1982.
- DOUSSEAU, S. et al. **Influência do tipo de estaca no enraizamento de *Piper aduncum* L.** Anais do IX Congresso de Ecologia do Brasil, São Lourenço- MG. 2009. CD room.
- DOUSSEAU, S. **Propagação, características fotossintéticas, estruturais, fitoquímicas e crescimento inicial de *Piper aduncum* L. (Piperaceae).** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Lavras, 2009. 129 f. il.
- DOUSSEAU, S. et al. Physiological, morphological and biochemical characteristics of the sexual propagation of *Piper aduncum* L. (Piperaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 34, p. 297-305, 2011.
- DUARTE, M. C. T. et al. Anti-Candida activity of Brazilian medicinal plants. **Journal of Ethnopharmacology**, Lausanne, v. 97, p. 305-311, 2005.
- DUH, C. Y.; WU, Y. C.; WUANG, S. K. Cytotoxic piperidone alkaloids from the leaves of *Piper aborescens*. **Phytochemistry**, New York, v.53, p.2689-2691, 1990.
- DYER, A.; PALMER, D. N. (Eds.). **Piper: A model genus for studies of phytochemistry, ecology and evolution.** Kluwer Academic Plenum Publishers, New York. 2004. 228 p.
- EHRINGHAUS, C. **Medicinal uses of *Piper* spp. (Piperaceae) by an indigenous Kaxinawá community in Acre, Brazil: Ethnobotany, ecology, phytochemistry and biological activity.** Master Thesis, Florida International University, Gainesville. 1997. 225p.
- ELLIOTT, M. et al. Synthesis and insecticidal activity of lipophilic amides. Part 4: The effect of substituents on the phenyl group of 6-phenylhexa-2, 4-dienamides. **Pesticide Science**. v. 18, p. 223-228. 1987.
- ESTRELA J. L. V. et al. Toxicidade de óleos essenciais de *Piper aduncum* e *Piper hispidinervum* em *Sitophilus zeamais*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 2, p. 217-22. 2006.
- FACUNDO, V.A.; MORAIS S.M., BRAZ-FILHO, R. Constituintes químicos de *Ottonia corcovadensis* Miq. da Floresta Amazônica: Atribuição dos deslocamentos químicos dos átomos de hidrogênio e carbono. **Química Nova**, v. 27, n. 1, p. 79-83. 2004.
- FACUNDO, V.A. et al. Constituintes químicos fixos e voláteis dos talos e frutos de *Piper tuberculatum* Jacq. e das raízes de *P. hispidum* H.B.K. **Acta Amazônica**. Manaus, v. 38, n.4, p. 743-748. 2008.
- FARIAS, S. B.; NEGREIROS, J. R. da S. **Banco de germoplasma é alternativa para a Amazônia.** Disponível em: <[http://marie.museu-goeldi.br/museuempauta/index.php?option=com\\_content&view=article&id=218](http://marie.museu-goeldi.br/museuempauta/index.php?option=com_content&view=article&id=218)>
- banco-de-germoplasma-e-alternativa-para-a-amazonia-&catid=40:30junho2011-museunamidia&Itemid=4>. Acesso em: 25 mar. 2012.
- FAZOLIN, M. et al. Toxicidade do óleo de *Piper aduncum* L. a adultos de *Cerotoma tingomarianus* Bechyne (Coleoptera: Chrysomelidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 34, n.3, p.485-489. 2005.
- FAZOLIN, M. et al. **Potencialidade da Pimenta-de-macaco (*Piper aduncum* L.):** Características gerais e resultados de pesquisa. Rio Branco: Embrapa Acre. 2006. 53p. (Embrapa Acre, Boletim de Pesquisa, 106).
- FAZOLIN, M. et al. Propriedade inseticida dos óleos essenciais de *Piper hispidinervum* C. DC., *Piper aduncum* L. e *Tanaecium nocturnum* (Barb. Rodr.) Bur. e k.shum sobre *Tenebrio molitor* L. 1758. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.1, p. 113-120. 2007.
- FAZOLIN, M., ESTRELA, J. L. V. Piperáceas da Amazônia com potencial de uso inseticida. In: Seminário de Entomologia e Acarologia Agrícola na Amazônia, 1., 2011, Manaus. **Anais...** Manaus: UFAM, 2011. p. 167-181.
- FAZOLIN, M., ESTRELA, J. L. V. Plantas da Amazônia Ocidental com potencial de uso inseticida. In: EMBRAPA ACRE. GONÇALVES, R. C; OLIVEIRA L. C. de. **Ciência e Tecnologia para o desenvolvimento Sustentável do Sudoeste da Amazônia.** Rio Branco: Embrapa Acre, 2009. p. 357-382.
- FERREIRA, P. R. **Empresa espanhola extrai safrol da pimenta-longa.** Gazeta Mercantil Pará, Belém, 18 mar. 1999. p. 17. (Edição Especial).
- FIDALGO, L.M. et al. Propiedades antiprotozoárias de aceites essenciais extraídos de plantas cubanas. **Revista Cubana Medicina Tropical**. v.56, n.3, p.230-233. 2004.
- FIGUEIREDO, R. A. **Fenologia e ecologia da polinização de espécies de Piperaceae em mata semidecídua do sudeste brasileiro.** Campinas, SP. 1997. 145f. Tese (Doutorado em Ecologia). Universidade Estadual de Campinas.
- FIGUEIREDO, R.A. de; SAZIMA, M. Pollination Biology of Piperaceae Species in Southeastern Brasil. **Annals of Botany Company**, v. 4, n. 85, p. 455-60, 2000.
- FIGUEIREDO, R. A., SAZIMA, M. **Pollination Ecology and Resource Partitioning in Neotropical Pipers.** In: DYER, A.; PALMER, D. N. (eds.). *Piper: A model genus for studies of phytochemistry, ecology, and evolution.* Kluwer Academic Plenum Publishers, New York. 2004. 33-57 p.
- FLEMING, T. H. **The short-tailed fruit bat: a study in plant-animal interactions.** Chicago: University of Chicago Press, 1988. 231 p.
- GAIA, J. M. D. et al. Similaridade genética de populações naturais de pimenta-de-macaco por análise RAPD. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 4, p. 686-689, 2004.
- GAIA, J. M. D. et al. Collecting and evaluation of germplasm of spiked pepper from Brazilian Amazon. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 2, p. 162-167. 2010a.
- GAIA, J. M. D. et al. Spiked pepper: selection of clones toward



- cropping on the edaphoclimatic conditions from Belém, Brazil. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 2, p. 418-423, 2010b.
- GENDEREN, M. H. P. V. et al. Compositional analysis of the leaf oils of *Piper callosum* Ruiz & Pav. From Peru and *Michelia Montana* Blume from India. **Spectroscopy**, v. 14, n. 2, p. 51-59, 1999.
- GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, v. 30, n. 2, 374-381, 2007.
- GOTTLIEB, O. R. M. et al. Óleos essenciais da Amazônia VII. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 11, p. 143-148, 1981.
- GOTTLIEB, O. R.; BORIN, M. R.; KAPLAN, M. A. C. Biosynthetic interdependence of lignins and secondary metabolites in angiosperms. **Phytochemistry**, v. 40, n. 1, p. 99, 1995.
- GREIG, N. Regeneration mode in neotropical *Piper*: habitat and species comparisons. **Ecology**, Bethesda, v. 74, p. 2125-2135, 1993.
- GUERRINI, A. et al. Bioactivities of *Piper aduncum* L. and *Piper obliquum* Ruiz e Pavon (Piperaceae) essential oils from Eastern Ecuador. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 27, n. 1, p. 39-48, 2009.
- GUIMARÃES, E. F.; GIORDANO, L. C. S. Piperaceae do nordeste brasileiro I: Estado do Ceará. **Rodriguesia**, v. 55, p. 21-46, 2004.
- HANADA, R. E.; GASPAROTTO, L.; PEREIRA, J. C. R. Eficiência de desinfestantes na erradicação de conídios de *Mycosphaerella fijiensis* aderidos à superfície de bananas. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, n. 1, p. 94-96, 2004.
- HARREWIJAN, P.; VAN OSTEN, A. M.; PIRON, P. G. M. **Natural Terpenoids as Messengers**. A Multidisciplinary Study of their Production, Biological Functions and Practical Applications. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, 587p. 2001.
- JARAMILLO, M.A.; MARQUIS, R. **Current Perspectives on the Classification and Phylogenetics of the Genus Piper L.** In: DYER, A.; PALMER, D.N. (Eds.). *Piper*: A model genus for studies of phytochemistry, ecology, and evolution. Kluwer Academic Plenum Publishers, New York, 2004. 179-198p.
- KAGEYAMA, P.Y.; GANDARA, F.B. Consequências genéticas da fragmentação sobre populações de espécies arbóreas. **Série Técnica IPEF**, v. 12, n. 32, p. 65-70, 1998.
- LÉDO, F. J. S.; MENDONÇA, H. A. de; SOUSA, J.A. **Seleção de progênies de polinização aberta e estimativas de parâmetros genéticos em pimenta longa (*Piper hispidinervum* C.DC.)**. In: WORKSHOP de encerramento do projeto de desenvolvimento de tecnologias para produção de safrol a partir de pimenta longa, 2001, Rio Branco. Anais (Documentos, 75). Rio Branco: Embrapa Acre, 2001. p. 22-27.
- LEWIS, N. G.; DAVIN, L. B. **Biochemical control of monolignol coupling and structure during lignin and lignan biosynthesis**. ACS Symposium Series, Washington. v. 679, p 334- 361. 1998.
- LIMA, K. R. et al. Atividade inseticida do óleo essencial de pimenta longa (*Piper hispidinervum* C. DC.) sobre lagarta-do-cartucho do milho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). **Acta Amazônica**, v. 39, n. 2, p. 322-329, 2009.
- LOBATO, A. K. S. et al. Avaliação dos efeitos da temperatura e da restrição hídrica sobre a germinação de sementes de *Piper aduncum* L. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 297-299, 2007a.
- LOBATO, A. K. S. et al. Ação do óleo essencial de *Piper aduncum* L. utilizado como fungicida natural no tratamento de sementes de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 915-917, 2007b.
- MACIEL, S. A. et al. Anatomia de folhas de pimenta longa (*Piper hispidinervum* C. DC.) e pimenta-de-macaco (*Piper aduncum* L.) cultivadas *in vitro*, *ex vitro* e *in vivo*. **Biotemas**, v. 7, p. 11-19, 2014.
- MAIA, J. G. S. et al. Constituents of the essential oil of L. growing wild in the Amazon region. **Flavour and Fragrance Journal**, Chichester, v. 13, p. 269-272, 1998.
- MAIA, J. G. S.; SILVA, M. I. da; LUZ, A. I. R. Espécies de Piper da Amazônia ricas em safrol. **Química Nova**, São Paulo, v. 10, n. 3, p. 200-204, 1987.
- MAIA, J. G. et al. **Banco de dados das Plantas Aromáticas da Amazônia: Inventário das Espécies de Piper**. Belém, PA. Relatório final à Academia Brasileira de Ciências, MPEG. 755p. 1997.
- MESQUITA, J. M. O. et al. Estudo comparativo dos óleos voláteis de algumas espécies de Piperaceae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 15, n. 1, p. 6-12, 2005.
- MIQUELONI, D. P.; NEGREIROS, J. R. S.; AZEVEDO, J. M. A. de. Tamanhos de recipientes e substratos na produção de mudas de pimenta longa. **Amazônia** (Banco da Amazônia, v. 8, p. 81-92, 2013).
- MING, L.C.; GAUDÊNCIO, P.; SANTOS, V. P. **Plantas medicinais: Uso popular na Reserva Extrativista "Chico Mendes", Acre**. CEPLAM; UNESP, Botucatu. 1997. 150 p.
- MIRANDA, E. M. Caracterização e avaliação produtiva de uma população nativa de Pimenta Longa (*Piper hispidinervum*) no Seringal Cachoeira, AC. Brasil. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 32, n. 1, p. 9-20, 2002.
- MOONEY, H. A. et al. Environmental controls on stomatal conductance in a shrub of the humid tropics (humidity response/ leaf gas exchange/understorey shrub). **Proc. Nat Acad. Sci., USA**, v. 80, p. 1295-1297, March, 1983.
- NASCIMENTO, M. E. **Aspectos anatômicos dos órgãos vegetativos de Piper hispidinervum C.DC. (Piperaceae) e suas estruturas secretoras**. Dissertação (Mestrado em Biologia Ambiental). Universidade Federal do Pará. Belém. 1997. 78 f.
- NASCIMENTO, F. R. et al. Efeito do óleo essencial de pimenta longa (*Piper hispidinervum* C. DC) e do emulsificante Tween® 80 sobre o crescimento micelial de *Alternaria alternata* (Fungi: Hyphomycetes). **Acta Amazonica**, v. 38, n. 3, p. 503-508, 2008.
- NAVICKIENE, H. M. et al. Antifungal amides from *Piper hispidum* and *Piper tuberculatum*. **Phytochemistry**, v. 55, n. 6, p. 621-626, Nov. 2000.
- NAVICKIENE, H. et al. Composition and antifungal activity of essential oils from *Piper aduncum*, *Piper arboreum* and *Piper tuberculatum*. **Química Nova**, v. 20, n. 3, p. 467-470, 2006.
- NEGREIROS, J. R. da S. et al. Diversidade genética entre populações

- de *Piper aduncum* baseado em características morfológicas. In: Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas, 5, 2009, Guarapari - ES. Anais do 5 Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas, 2009.
- NEGREIROS, J. R. da S.; GONÇALVES, D. Pimenta longa tem rede de pesquisa. Notícia publicada em 13 out. 2008. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. Disponível em: < http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2008/outubro/2a-semana/pimenta-longa-tem-rede-de-pesquisa/>. Acesso em: 1 abr. 2012.
- NEGREIROS, J. R. da S.; MIQUELONI, D. P. Divergência genética de populações de *Piper hispidinervum* C. DC. com base em caracteres morfoagronômicos. **Pesquisa Agropecuária Tropical** (Online), v. 43, p. 209-217, 2013a.
- NEGREIROS, J. R. da S.; MIQUELONI, D. P. Teor de dilapiol em função do tipo de biomassa aérea em populações de *Piper aduncum*. **Revista de Ciências Agrárias / Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 56, p. 73-79, 2013b.
- NUNES, J. D. et al. Citogenética de *Piper hispidinervum* e *Piper aduncum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 42, n. 7, p. 1049-1052. 2007.
- OLIVEIRA, M. F. de. **Avaliação de cinco estratégias de amostragem para a obtenção da coleção nuclear de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. Tese de Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2007.
- OLIVEIRA, M.M.; LUNZ, A.M.P. **Coleta, conservação, caracterização e avaliação de genótipos de pimenta longa (*Piper hispidinervum*) no estado do Acre**. Rio Branco: EMBRAPA, 1996. 4p. (Pesquisa em Andamento, 86).
- ORJALA, J. et al. Five new prenylated p-hydroxybenzoic acid derivatives with antimicrobial and molluscicidal activity from *Piper aduncum* leaves. **Plantas Mediciniais**, v. 59, n. 6, p. 546-551. 1993.
- PACHECO JUNIOR, F. et al. Germination and vigor of long-pepper seeds (*Piper hispidinervum*) as a function of temperature and light. **Revista Ciência Agronômica**, v.44, n.2, p.325-333. 2013.
- PARÉ, W., TURLINSON, J.H. Biosynthesis of volatiles induced by insect herbivory in cotton plants. **Plant Physiology**. v. 114, p. 1161-1167. 1997.
- PARMAR, V.S. et al. Phytochemistry of the genus *Piper*. **Phytochemistry**, v. 46, n. 4, p. 597-673. 1997.
- PEREIRA, A. C. R. L. et al. G.da. Atividade inseticida de óleos essenciais e fixos sobre *Callosobruchus maculatus* (FABR., 1775) (Coleoptera: Bruchidae) em grãos de caupi [*Vigna unguiculata* (L.) WALP.]. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 3, p. 717-724, maio/jun., 2008a.
- PEREIRA J. E. S. et al. Composição da matriz de encapsulamento na formação e conversão de sementes sintéticas de pimenta-longa. **Horticultura Brasileira** 26: 093-096. 2008b.
- PIMENTEL, F. A.; PEREIRA, J. B. M.; OLIVEIRA, M. N. **Zoneamento e caracterização de habitats naturais de pimenta longa (*Piper hispidinervum*) no Acre**. Rio Branco: EMBRAPA-CPAF/AC, 1998b. 17p. (Embrapa Acre. Bolim de Pesquisa, 20).
- PIMENTEL, F. A. SILVA, M. P.; SILVA, M. R., **Pimenta longa: Produção de mudas**. Rio Branco: EMBRAPA – CPAF/AC, 2001. 19 p (documentos, 20).
- PIMENTEL, F. A. et al. **Recomendações básicas para o cultivo de pimenta longa (*Piper hispidinervum*) no Estado do Acre**. Rio Branco: Embrapa-CPAF/AC. 14p. 1998a. (Circular Técnica, 28).
- PIMENTEL, F. A.; ROCHA, W. B.; CABRAL, W. G. **Colheita, beneficiamento e armazenamento de sementes de pimenta longa (*Piper hispidinervum*)**. Rio Branco: EMBRAPA – CPAF/AC, 1999. 2 p (documentos, 20).
- PIO CORRÊA, M. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Imprensa Nacional. Rio de Janeiro v.1,3,5. 1984.
- POTZERNHEIM, M. C. L., BIZZO, H. R.; VIEIRA, R. F. Análise dos óleos essenciais de três espécies de *Piper* coletadas na região do Distrito Federal (Cerrado) e comparação com óleos de plantas procedentes da região de Paraty, RJ (Mata Atlântica). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 16, p. 246-251. 2006.
- RAFAEL, M. S. et al. Potential control of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) with *Piper aduncum* L. (Piperaceae) extracts demonstrated by chromosomal biomarkers and toxic effects on interphase nuclei. **Genetics and Molecular Research**, v. 7, n. 3, p. 772-781, 2008.
- RAPADO, L. N. et al. Molluscicidal and ovicidal activities of plant extracts of the Piperaceae on *Biomphalaria glabrata* (Say, 1818). **Journal of Helminthology**, v. 85, p. 66-72. 2011.
- RAZZAGHI-ABYANEH, M. et al. Dillapiol and Apiol as specific inhibitors of the biosynthesis of aflatoxin G1 in *Aspergillus parasiticus*. **Biosci Biotechnol Biochem**, v. 71, n. 9, p. 2329-2332. 2007.
- RITZINGER, C. H.; POLTRONIERI, L. S.; SOUSA, M. M. M. **Levantamento e identificação de patógenos na cultura de pimenta longa**. 1998. Embrapa Acre: Rio Branco. 4p. (Comunicado técnico, 91).
- ROCHA, S. F. R.; MING, L. C. *Piper hispidinervum*: a sustainable source of saffrole. In: JANICK, J. (ed.). **Perspectives on new crops and new uses**.ASHS Press, Alexandria, 1999. p.479-481.
- ROCHA, S. F. R. et al. Role of light and phytochrome on *Piper aduncum* L. germination: an adaptive and environmental approach. **Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants**, Birmingham, v.11, n.3, p.85-96, 2005.
- RUIZ, C. et al. Activity-guided isolation of antileishmanial compounds from *Piper hispidum*. **Phytochemistry Letters** v. 4, n. 3, September, p. 363-366. 2011.
- SÁ, C. P. et al. **Aspectos agronômicos e socioeconômico da cultivo da pimenta longa para produção de safrol no Acre**. Embrapa Acre: Rio Branco. 2004. 4p. (Documentos, 164).
- SÁ, C. P. et al. **Coefficientes técnicos e custos para**

**exploração da Pimenta longa.** Acre: EMBRAPA/ACRE, n.8, nov/1998, 2p. (Série Instruções Técnicas).

SAITO, M. L. et al. **Avaliação de atividades biológicas de plantas da Amazônia.** Jaguariúna: Embrapa Meio ambiente, 2006. 13p. (Boletim de Pesquisa e desenvolvimento, 42).

SCOTT, I. M. et al. A review of *Piper* spp. (Piperaceae) phytochemistry, insecticidal activity and mode of action. **Phytochemistry Review**, v. 7, p. 65–75. 2008.

SANGWAN, N. S. et al. Regulation of essential oil production in plants. **Plant Growth Regulation**, v. 34, p. 3-21, 2001.

SANTOS, M. R. A. et al. Atividade inseticida do extrato das folhas de *Piper hispidum* (Piperaceae) sobre a broca-do-café (*Hypothenemus hampei*). **Rev. bras. Bot.**, São Paulo, v. 33, n. 2, 2010.

SANTOS, M. R. et al. Atividade Inseticida do Extrato de Raiz de *Piper hispidum* H.B.K. (PIPERACEAE) sobre *Hypothenemus hampei* FERRARI. **Revista Saúde e Pesquisa**, v. 4, n. 3, p. 335-340, set/dez. 2011.

SAITO, M. L. et al. **Avaliação de atividades biológicas de plantas da Amazônia.** Jaguariúna: Embrapa Meio ambiente, 2006. 13p. (Boletim de Pesquisa e desenvolvimento, 42).

SCOTT, I. M. et al. A review of *Piper* spp. (Piperaceae) phytochemistry, insecticidal activity and mode of action. **Phytochem Rev**, v. 7, p. 65–75, 2008.

SEIXAS, A. C. P. S. **Entre terreiros e roçados: a construção da agrobiodiversidade por moradores do Rio Croa, Vale do Juruá (AC).** Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável; Política e Gestão Ambiental) Universidade de Brasília, CDS/UnB. Brasília. 2008. 165 p.

SENGUPTA, S.; RAY, A. B. The chemistry of *Piper* species: a review. **Fitoterapia**, Milano, v.58, n.3, p.147-165, 1987.

SKORUPA, L. A.; VIEIRA, R. F. Coleta de germoplasma de plantas medicinais. In: WALTER, B. M. T.; CAVALCANTI, T. B. (Org.). **Fundamentos para a coleta de germoplasma vegetal.** Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2005. p. 435-468.

SILVA, A. C. P. R.; OLIVEIRA, M. N. **Caracterização botânica e química de três espécies do gênero *Piper* no Acre.** Rio Branco: Embrapa Acre, 2000a. 13p. (Embrapa Acre, Boletim de Pesquisa, 23).

SILVA, A. C. P. R.; OLIVEIRA, M. N. **Produção e dispersão de sementes de pimenta longa (*Piper hispidinervum*).** Rio Branco: Embrapa Acre, 2000b. 14p. (Embrapa Acre. Boletim de Pesquisa, 24).

SILVA, M. H. L. **Tecnologia de cultivo e produção racional de pimenta longa (*Piper hispidinervium* C. (DC)).** Dissertação de mestrado. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Itaguaí, 1993. 87p.

SILVA, D. M. M. H.; BASTOS, C. N. Atividade antifúngica de óleos essenciais de espécies de *Piper* sobre *Crinipellis pernicioso*, *Phytophthora palmivora* e *Phytophthora capsici*.

**Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 2, Mar./Apr. 2007.

SILVA, T. L.; BALZON, T. A.; SCHERWINSKI-PEREIRA, J.E. A rapid in vitro protocol for propagation of *Piper aduncum* and *P. hispidinervum*, two species from amazon region with multipurpose uses. **African Journal of Biotechnology**, v. 11, p. 15539-15546, 2012.

SILVA, W. C. et al. Atividade inseticida de *Piper aduncum* L. (Piperaceae) sobre *Aetalion* sp. (Hemiptera: atalionidae), praga de importância econômica no Amazonas. **Acta Amazônica**, Manaus: INPA, v. 37, n.2, p. 293-298. 2007.

SILVA, E. S. A.; ROCHA NETO, O. G. da; FIGUEIREDO, F. J. C. **Crescimento e produção de óleo essencial de pimenta longa (*Piper hispidinervum*) C.DC.) sob diferentes condições de manejo, no município de Igarapé-Açu, PA.** In: PIMENTEL, F. A.; ROCHA NETO, O. da. Workshop de encerramento do projeto de desenvolvimento de tecnologias para produção de safrol a partir de pimenta longa (*Piper hispidinervum*). Rio Branco: Embrapa Acre. 2001.p. 90-95. (Embrapa Acre. Documentos, 75).

SILVA, T. L. da; SCHERWINSKI-PEREIRA, J. E. In vitro conservation of *Piper aduncum* and *Piper hispidinervum* under slow-growth conditions. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 46, n. 4, p. 384-389. 2011.

SILVA, M. H. L. et al. Effect of temperature and water restriction on *Piper aduncum* L. seed germination. **Journal of Agronomy**, v.6, n.3, p.472-475. 2007.

SIMÕES, C. M.; SCENZEL, E. P.; GOSMAM G. (Coord). **Farmacognosia: da planta ao medicamento.** 2. ed., Porto Alegre/ Florianópolis: Ed. Universidade UFRGS. 2004. p.11-24.

SIMEONE, M. L. F. et al. Chemical Composition of Essential Oils from Ripe and Unripe Fruits of *Piper amalago* L. var. *medium* (Jacq.) Yunck and *Piper hispidum* Sw. **Journal of Essential Oil Research**, v. 23, n. 5. 2011.

SIVIERO, A.; PIMENTEL, F. A. Avaliação do ataque de *Cercospora* sp. no rendimento e teor de safrol em pimenta longa (*Piper hispidinervum*). **Fitopatologia brasileira**, v. 22, (suplemento). p. 312. 1997.

SOUSA, M. de M. M.; LÉDO, F. J. da S.; PIMENTEL, F. A. Efeito da adubação e do calcário na produção de matéria seca e de óleo essencial de pimenta longa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 03, p. 405-409. 2001.

SOUSA, P. J. C. et al. Avaliação toxicológica do óleo essencial de *Piper aduncum* L. **Revista Brasileira de Farmacognosia**. Curitiba, v.18, n.2, p. 217-221. 2008.

SOUZA, É. D. V. de C. e; MONTEIRO, E. A.; FISCH, S. T. V. Desenvolvimento de pimento-longa (*Piper hispidinervum* C. DC.) em diferentes substratos no Estado de São Paulo. **Revista Biociência**, Taubaté, v. 11, n. 3-4, p. 118-125. Jul./Dez. 2005.

STRUNZ, G. M.; FINLAY, H. Concise, efficient new synthesis of piperidine, an insecticidal unsaturated amide from *Piper nigrum*, and related compounds. **Tetrahedron**, v.50, n.38, p. 11113-11122. 1994.

TEIXEIRA, S. M. C. B. **Avaliação ambiental e sócio-**

**econômica da produção de pimenta longa (*Piper hispidinervum*) no Estado do Acre: o caso do Projeto de Assentamento Humaitá – União da Linha Seis.** Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional), Universidade Federal do Acre, Rio Branco. 2007. 124f.

THIES, W.; KALKO, E. K. V. Phenology of neotropical pepper plants (Piperaceae) and their association with their main dispersers, two short-tailed fruit bats, *Carollia perspicillata* and *C. castanea* (Phyllostomidae). **Oikos**, Buenos Aires, v. 104, n. 2, p. 362-376, 2004.

THOMAZINI, M. J. **Levantamento da entomofauna associada à pimenta longa no Estado do Acre.** Rio Branco: Embrapa Acre, 1999. 3p. (Embrapa Acre. Pesquisa em Andamento, 143).

THOMAZINI, M.; THOMAZINI, A. P. de B.W. Diversidade de abelhas (Hymenoptera: Apoidea) em inflorescências de *Piper hispidinervum* (C.DC.). **Neotropical Entomology**. Londrina, v. 31, n.1, p. 27-34, 2002.

TYLER, V. E.; BRADY, L. R.; ROBBERS, J. E. **Pharmacognosy**. 9th ed. Lea & Febiger, Philadelphia. 1982.

VALLE, R. de C. S. C. **Estratégias de cultivo de células de pimenta longa (*Piper hispidinervum*) e determinação de parâmetros cinéticos.** Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003.

VAZQUEZ-YANES, C.; OROZCO-SEGOVIA, A. Germination of the seeds of tropical rain forest shrub, *Piper hispidum* Sw. (Piperaceae) under different light qualities. **Phyton**, BUENOS AIRES, v. 42, n. 2, p. 143-149. 1982.

VIEGAS JÚNIOR, C. Terpenos com atividade inseticida: uma alternativa para o controle químico de insetos. **Química Nova**. v. 26, p. 57-76. 2003.

VINCENTI, G. Leaf photosynthetic capacity and nitrogen content adjustment to canopy openness in tropical forest tree seedlings. **Journal of Tropical Ecology**, v. 17, p. 495-509. 2001.

WADT, L.H.O. **Estrutura genética de populações naturais de pimenta longa (*Piper hispidinervum* C. DC.) visando seu uso e conservação.** Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, Piracicaba. 2001. 95p.

WADT, L. H. O.; EHRINGHAUS, C.; KAGEYAMA, P. Y. Genetic diversity of 'Pimenta Longa' genotypes (*Piper* spp., Piperaceae) of Embrapa Acre germplasm collection. **Genetics and Molecular Biology**. Ribeirão Preto, v.27, p.74-82. 2004.

WADT, L.H.O.; KAGEYAMA, P.Y. Estrutura genética e sistema de acasalamento de *Piper hispidinervum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.2, p.151-157. 2004.

WADT, P. G. S.; PACHECO, E. P. Efeito da adubação nitrogenada, em diferentes densidades de plantio, na produção de biomassa de Pimenta Longa (*Piper hispidinervum* C.DC.). **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 6, n. 2. 2006.

WARD, R. S. Lignans, neolignans and related compounds. **Natural Product Reports**, v.14, p. 43-74. 1997.

WORKSHOP de encerramento do projeto de desenvolvimento de tecnologias para produção de safrol a partir de pimenta longa (*Piper hispidinervum*). In.: **Anais..WORKSHOP**, 1. PIMENTEL, F. A., ROCHA NETO, O. (Eds.) Rio Branco: Embrapa Acre; Belém: Embrapa Amazônia Oriental/DFID, 2001. 226p.

YUNCKER, T. G. The Piperaceae of Brazil: Piper - Group I, II, III, IV. **Hoehnea**, São Paulo, v.2, p. 19-366. 1972.

YUNCKER, T. G. The Piperaceae of Brazil II: Piper – Group V; Ottonia; Pothomorphe; Sarcorrhachis. **Hoehnea**, v.3, p.29-284, 1973.

ZACARONI, L. M. et al. Potencial fungitóxico do óleo essencial de *Piper hispidinervum* (pimenta longa) sobre os fungos fitopatogênicos *Bipolaris sorokiniana*, *Fusarium oxysporum* e *Colletotrichum gloeosporioides*. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 39, n.1, p.193-198, 2009.