UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS – FCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA TROPICAL – PPG/AT

PRODUÇÃO DE BIOMASSA, TEOR, RENDIMENTO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE PIMENTA-DE-MACACO (*Piper aduncum* L.) EM FUNÇÃO DE ESPAÇAMENTOS E ÉPOCAS DE CORTE, NAS CONDIÇÕES DE MANAUS – AM

ANTONIA LIMA DA SILVA

MANAUS/AM
2009

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS – FCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA TROPICAL – PPG/AT

ANTONIA LIMA DA SILVA

PRODUÇÃO DE BIOMASSA, TEOR, RENDIMENTO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE PIMENTA-DE-MACACO (*Piper aduncum* L.) EM FUNÇÃO DE ESPAÇAMENTOS E ÉPOCAS DE CORTE, NAS CONDIÇÕES DE MANAUS – AM

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para obtenção do título de Mestre em Agronomia Tropical, na área de concentração em Produção vegetal.

Orientador: Dr. Francisco Célio Maia Chaves

MANAUS/AM
2009

Ficha Catalográfica
(Catalogação realizada pela Biblioteca Central da UFAM)

	Silva, Antonia Lima da
S586p	Produção de biomassa, teor, rendimento e composição química do óleo essencial de pimenta-de-macaco (*Piper aduncum* L.) em função de espaçamentos e épocas de corte, nas condições de Manaus – AM / Antonia Lima da Silva. - Manaus: UFAM, 2009.
	72 f.; il.
	Dissertação (Mestrado em Agronomia Tropical) — Universidade Federal do Amazonas, 2009.
	Orientador: Dr. Francisco Célio Maia Chaves
	1. Piperaceae 2. Dilapiol 3. Plantas medicinais I. Chaves, Francisco Célio Maia II. Universidade Federal do Amazonas III. Título
	CDU 633.85(043.3)

ANTONIA LIMA DA SILVA

PRODUÇÃO DE BIOMASSA, TEOR, RENDIMENTO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE PIMENTA-DE-MACACO (*Piper aduncum* L.) EM FUNÇÃO DE ESPAÇAMENTOS E ÉPOCAS DE CORTE, NAS CONDIÇÕES DE MANAUS – AM

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para obtenção do título de Mestre em Agronomia Tropical, na Área de Concentração em Produção Vegetal.

Aprovado em 30 de julho de 2009

BANCA EXAMINADORA

_____

Prof. Dr. Francisco Célio Maia Chaves, Presidente
Embrapa Amazônia Ocidental

_____

Prof. Dr. Ari de Freitas Hidalgo, Membro
Universidade Federal do Amazonas - UFAM

_____

Prof. Dr. Valdely Ferreira Kinnup, Membro
Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas – IFAM, Campus Manaus – Zona Leste

Ao meu Orientador, pela paciência,
dedicação e incentivo para
realização deste trabalho.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus pelas inúmeras oportunidades de aprendizado, força e sabedoria.

Aos meus pais, Maria Eliza e Francisco José, que sempre trabalharam arduamente para que eu pudesse ter uma formação superior, por acreditar que a educação é a maior riqueza que se pode deixar a um filho.

Ao meu filho João Murilo, que pela sua existência me motiva a continuar.

À Universidade Federal do Amazonas (UFAM) pela minha formação até o nível de mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pela concessão de bolsas.

Ao Dr. Francisco Célio Maia Chaves, pela oportunidade de aprendizado e pela sua orientação.

À Embrapa Amazônia Ocidental, pela área cedida para realização do experimento e a todos os funcionários de campo do setor de plantas medicinais pela ajuda que sempre me foi oferecida.

Aos bolsistas de PIBIC, Rafaely Lameira, Josias Pedrosa e João Vitor, pela ajuda essencial na condução do experimento.

À todos os companheiros de mestrado e às pessoas que de alguma forma colaboraram para a realização deste trabalho.

AGRADEÇO

RESUMO

A pimenta-de-macaco (*Piper aduncum* L.) é uma espécie usada na medicina popular em quase todo o Brasil, onde são empregadas suas folhas, inflorescências e raízes, apresentando alto teor de óleo essencial (2,5 a 4%) rico em dilapiol. O óleo essencial é utilizado em vários setores da indústria farmacêutica, química de cosméticos, além de outros. Aperfeiçoar a produção do óleo essencial com a produção agronômica requer estudos de técnicas de propagação, adubação, espaçamentos, época de corte, secagem, etc., sempre associando essa resposta produtiva com o perfil químico destas espécies que produzem óleo essencial. Em função disso, objetivou-se contribuir para um sistema de produção agronômica, visando o cultivo da espécie *Piper aduncum* L. – Piperaceae, nas condições de Manaus – AM. O experimento foi conduzido na área experimental da Embrapa Amazônia Ocidental e constituiu-se de um delineamento experimental de blocos casualizados com sete espaçamentos (0,5 m x 0,5 m; 1,0 m x 0,5 m; 1,0 m x 1,0 m; 1,5 m x 1,0 m; 1,5 m x 1,5 m; 2,0 m x 1,5 m e 2,0 m x 2,0 m), três épocas de corte (C1 - 6 meses após transplantio; C2 - rebroto de C1 aos 6 meses; C3 - rebroto de C2 aos 6 meses) e quatro repetições. Os dados obtidos foram transformados para Kg/ha. As mudas foram provenientes de sementes da população natural área de Coleção de Plantas Medicinais, Aromáticas e Condimentares da Embrapa Amazônia Ocidental. Duas amostras de 20,0 g de cada componente da planta foram colocadas em estufa a 65°C, para obtenção da matéria seca. O teor de óleo essencial foi obtido através de Aparelho Tipo Clevenger, com duas amostras de 100,0 g de material fresco para folhas e a composição química foi realizada através de análise por cromatografia em fase gasosa acoplada à espectrometria de massa. A altura das plantas não apresentou interação significativa entre os espaçamentos e épocas de corte. Para produção de folhas, os maiores valores foram verificados para o C2 até o espaçamento 1,0 m x 0,5 m. Os maiores valores apresentados na variável produção de caule foram verificados para o C2 e C3. A variável relação folha/caule apresentou resposta crescente no espaçamento de 1,5 m x 1,5 m. A produção de inflorescências/infrutescências só foi significativa para a interação em C2 e C3, enquanto a média para C1 situou-se em torno de 3,00 kg/ha. Não houve interação significativa para os tratamentos por ocasião do C1 para teor de óleo essencial, sendo o maior em C2, decrescendo a partir do espaçamento 1,5 m x 1,5 m. Para a variável de produção de óleo essencial o C2 foi superior aos demais cortes, mostrando um pico de produção no

espaçamento 1,5 m x 1,0 m. O óleo essencial de folhas de pimenta-de-macaco apresentou os seguintes constituintes: miristicina, beta-cariofileno, cis-ocimeno, trans-ocimeno, mirceno e dilapiol, sendo este último, o componente majoritário desta população, com teores acima de 80%, ficando os demais em torno de 1 a 2,4%. Portanto, a pimenta-de-macaco deve ser cultivada no espaçamento entre 1,0 m x 1,0 m a 1,0 m x 1,5 m aos 12 meses de idade de vida no campo, tendo realizado um corte aos 6 meses de vida para se obter o maior rendimento de óleo essencial.

Palavras-chave: Piperaceae, dilapiol, plantas medicinais.

ABSTRACT

The pepper-of-monkey (*Piper aduncum* L.) is a used species in the popular medicine in almost all Brazil, where its leves, inflorescence and roots are used, presenting high essential oil text (2,5 4%) rich in dilapiol. The essential oil is used in some sectors of the pharmaceutical, chemical cosmetic industry, beyond others. To perfect the production of the essential oil with the agronomic production requires studies of propagation techniques, fertilization, spacings, time of cut, drying, etc., always associating this productive reply with the chemical profile of these species that produce oil essential. In function of this, it was objectified to contribute for a system of agronomic production, aiming at the culture of the Piper species aduncum L. - Piperaceae, in the conditions of Manaus - AM. The experiment was lead in the experimental area of the Embrapa Amazônia Occidental person and consisted of an experimental delineation of blocks casualizados with seven spacings (0,5 m x 0,5 m; 1,0 m x 0,5 m; 1,0 m x 1,0 m; 1,5 m x 1,0 m; 1,5 m x 1,5 m; 2,0 m x 1,5 m and 2,0 m x 2,0 m), three times of cut (C1 - 6 months after transplanting; C2 - I sprout again of C1 to the 6 months; C3 - I sprout again of C2 to the 6 months) and four repetitions. The gotten data had been transformed for Kg/ha. The changes had been proceeding from seeds of the natural population area of Collection of Medicinal Plants, Aromatics and Condiments of the Embrapa Amazônia Ocidental person. Two samples of 20,0 g of each component of the plant had been placed in greenhouse the 65 ° C, for attainment of the dry substance. The essential oil text was gotten through Device Clevenger Type, with two 100,0 samples of g of cool material for leves and the chemical composition was carried through through analysis for chromatography in connected gaseous phase to the mass spectrometry. The height of the plants did not present significant interaction between the spacings and times of cut. For leaf production, the biggest values had been verified for the C2 until the spacings 1,0 m x 0,5 m. The biggest values presented in the changeable production of caule had been verified for the C2 and C3. The changeable relation leaf/caule presented increasing reply in the spacings of 1,5 m x 1,5 m. The production of inflorescences/infrutescences alone was significant for the interaction in C2 and C3, while the average for C1 was placed around 3,00 kg/ha. It did not have significant interaction for the treatments for occasion of the C1 for essential oil text, being the greater in C2, decreasing from the spacings 1,5 m x 1,5 m. For the variable of essential oil production the C2 was superior to excessively the cuts, showing a peak of production in the spacings 1,5

m x 1,0 m. Pepper-of-monkey the essential leaf oil presented the following constituent: myristicin, beta-caryophyllene, cis-ocimene, trans-ocimene, myrcene and dillapiol, being this last one, the majority component of this population, with texts above of 80%, being excessively around 1 2.4%. Therefore, the pepper-of-monkey must be cultivated in the spacings enters 1,0 m x 1,0 m 1,0 m x 1,5 m to the 12 months of age of life in the field, having carried through one cut to the 6 months of life to get the biggest essential oil income.

Word-key: Piperaceae, dillapiol, medicinal plants.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Vista da Embrapa Amazônia Ocidental, Km 29 da Rodovia AM-010, em Manaus - AM. FONTE: Embrapa Amazônia Ocidental, 2009 38

Figura 2. Semeadura de pimenta-de-macaco. Manaus, AM, 2009 40

Figura 3. Detalhes da área do experimento. A – Área preparada; B – Instalação do experimento; C – Plantas no campo; D – Detalhe da planta de pimenta-de-macaco; E e F – Detalhes das plantas nas parcelas. Manaus, AM, 2009 41

Figura 4. Aparelho Tipo Clevenger utilizado para extração de óleo essencial. Manaus - AM, 2009 44

Figura 5. Precipitação pluviométrica verificada ao longo do experimento. Manaus, AM, 2009. FONTE: Laboratório de Agroclimatologia da Embrapa Amazônia Ocidental 46

Figura 6. Insolação verificada ao longo do experimento. Manaus, AM, 2009. FONTE: Laboratório de Agroclimatologia da Embrapa Amazônia Ocidental 46

Figura 7. Produção de folhas de pimenta-de-macaco em função de diferentes espaçamentos e épocas de corte. Manaus – AM, 2009 49

Figura 8. Diâmetros de caules de pimenta-de-macaco (*Piper aduncum* L.) nos menores espaçamentos em função da época do segundo corte. Manaus, AM. 2009..... 50

Figura 9. Detalhe do diâmetro de caule de pimenta-de-macaco (*Piper aduncum* L.) em função dos menores espaçamentos e época do segundo corte. Manaus, AM. 2009. 50

Figura 10. Detalhe do diâmetro de caule de pimenta-de-macaco (*Piper aduncum* L.) em função dos espaçamentos intermediários e época do terceiro corte. Manaus, AM. 2009 51

Figura 11. Detalhe do diâmetro de caule de pimenta-de-macaco (*Piper aduncum* L.) em função do maior espaçamento e época do terceiro corte. Manaus, AM. 2009 51

Figura 12. Produção de caules de pimenta-de-macaco em função de diferentes espaçamentos e épocas de corte. Manaus – AM, 2009 52

Figura 13. Relação Folha/Caule de pimenta-de-macaco em função de diferentes espaçamentos e épocas de corte. Manaus – AM, 2009 53

Figura 14. Produção de inflorescências/infrutescências de pimenta-de-macaco em função de diferentes espaçamentos e épocas de corte. Manaus – AM, 2009 56

Figura 15. Teor de óleo essencial de pimenta-de-macaco em função de diferentes espaçamentos e épocas de corte. Manaus – AM, 2009 57

Figura 16. Produção de óleo essencial de pimenta-de-macaco em função de diferentes espaçamentos e épocas de corte. Manaus – AM, 2009 58

Figura 17. Composição química do óleo essencial de pimenta-de-macaco em função de diferentes espaçamentos e épocas de corte. Manaus – AM, 2009..... 62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características químicas do solo da área experimental de cultivo de pimenta-de-macaco. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus – AM, 2006 39

Tabela 2. Espaçamentos com suas respectivas populações e épocas de corte de pimenta-de-macaco. Manaus, AM, 2009 42

Tabela 3. Altura média de pimenta-de-macaco em função dos espaçamentos e diferentes épocas de corte. Manaus – AM, 2009 47

Tabela 4. Médias da relação Folha/Caule em pimenta-de-macaco do terceiro corte em função de espaçamentos. Manaus – AM, 2009 54

Tabela 5. Médias da produção de inflorescências/infrutescências e teor de óleo essencial em pimenta-de-macaco em função de espaçamentos e do primeiro corte. Manaus – AM, 2009 55

Tabela 6. Valores médios dos constituintes químicos do óleo essencial de pimenta-de-macaco em função de espaçamentos e épocas de corte. Manaus – AM, 2009 60

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO 15

2. OBJETIVOS 18

2.1 Geral 18

2.2 Específicos 18

3. REVISÃO DE LITERATURA 19

3.1. Produtos naturais e a biodiversidade 19

3.2. Botânica 23

3.2.1. O Gênero *Piper* 23

3.2.2. A espécie *Piper aduncum* L 24

3.3. Importância da espécie 25

3.4. Aspectos fitoquímicos 26

3.4.1. Biossíntese de metabólitos secundários 26

3.4.2. Óleos essenciais 27

3.4.3. Métodos de extração de óleos essenciais 29

3.4.4. Função dos óleos essenciais 31

3.5. Aspectos fotoquímicos e agronômicos 32

3.5.1. Espaçamento 35

3.5.2. Época de corte 36

4. MATERIAL E MÉTODOS 38

4.1. Localização e caracterização da área experimental 38

4.2. Instalação e condução do experimento 39

4.3. Variáveis analisadas 42

4.4. Quantificação da biomassa 43

4.5. Teor e produção de óleo essencial 43

4.6. Composição química de óleo essencial 45

4.7. Análise estatística 45

4.8. Variáveis climáticas 45

5. RESULTADOS E DISCUSSAO 47

6. CONCLUSÕES 63

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 64

INTRODUÇÃO

O homem depende das plantas para sua alimentação e sobrevivência. Além do papel relevante na alimentação humana, as plantas são fontes de medicamentos, cosméticos, combustível, material de construção, vestuário, entre outros (BLANCK & ALVES, 2002). A utilização das plantas como medicamento provavelmente seja tão antiga quanto o aparecimento do homem (SOSSAE, 2003).

A exploração de plantas de uso medicinal da flora nativa através da extração direta nos ecossistemas tropicais, denominada de extrativismo, tem levado à reduções drásticas das populações naturais dessas espécies, seja pelo processo predatório de exploração, ou pelo desconhecimento dos mecanismos de perpetuação das mesmas. Assim, a domesticação e o cultivo surgem como opções para obtenção de matéria-prima de interesse farmacêutico e redução do extrativismo nas formações florestais.

O valor intrínseco de uma planta medicinal está no seu efeito terapêutico. A Organização Mundial de Saúde diz que planta medicinal é qualquer planta que possua em um ou em vários de seus órgãos, substâncias usadas com finalidade terapêutica, ou que estas substâncias sejam ponto de partida para a síntese de produtos químicos e farmacêuticos (VEIGA JUNIOR et al., 2002). A estas substâncias é dado o nome de princípios ativos. São eles os responsáveis pelo efeito terapêutico que a planta medicinal possui. As funções fisiológicas dos princípios ativos nas plantas ainda não estão completamente esclarecidas, mas associa-se a sua produção à defesa da planta contra agentes externos como doenças, “pragas”, radiação solar, etc., ou a resíduos do metabolismo vegetal.

Esses princípios ativos estão nas seguintes classes de compostos secundários: os terpenos, os taninos, os alcalóides, as mucilagens, e geralmente não se encontram na planta em estado puro, mas sob a forma de complexos, cujos diferentes componentes se completam e

reforçam na sua ação sobre o organismo. No entanto, mesmo quando a planta medicinal só contém uma substância ativa, esta tem sobre o organismo humano um efeito mais benéfico que o produzido pela mesma substância obtida por síntese química.

Dentre esses produtos, os óleos essenciais, caracterizados como produtos do metabolismo secundário, ou seja, processos que resultam essencialmente da assimilação do azoto (nitrogênio amínico), parecem frequentemente inúteis a planta, mas os seus efeitos terapêuticos, em contrapartida, são notáveis (ROCHA, 1998).

A Amazônia com sua biodiversidade vegetal é uma grande fonte de recursos naturais. Dentre esses recursos naturais, podemos destacar muitas famílias de vegetais que contêm óleo essencial. A família Piperaceae, descrita por Paul Dietrich Giseke, é uma delas, com aproximadamente três mil espécies distribuídas em oito gêneros dos quais se destacam os gêneros *Piper*, *Peperomia* e *Pothomorphe* (DI STASI et al., 2002).

No que se refere à tecnologia empregada no cultivo das plantas medicinais, que é essencialmente similar àquelas utilizadas na produção de outras culturas, podem existir problemas fitotécnicos usuais como irrigação, fertilidade de solo, ataque de pragas e doenças e, principalmente, as influências ambientais externas que resultam muitas vezes na formação de diversos constituintes químicos em diferentes proporções ou em um reduzido rendimento dos princípios ativos (BUSTAMANTE, 1993; CORRÊA JR. et al., 1994). Estes fatores que condicionam as plantas a esta situação requerem do homem estratégias para obtenção da qualidade e maximização do produto a ser adquirido.

Recentemente a Embrapa Amazônia Ocidental vem desenvolvendo pesquisas com espécies medicinais nativas, com vistas a determinar tecnologia de cultivo para as mesmas. Dentre estas espécies se destacam aquelas que contêm óleo essencial, que é resultante da atividade do metabolismo secundário dos vegetais, que por sua vez é dependente do metabolismo primário. Várias espécies amazônicas contêm óleo essencial, que podem estar na

folha (Piperaceae), na madeira (Lauraceae), nas raízes (Cyperaceae), dentre outros órgãos. Várias piperáceas contêm óleo essencial nas suas folhas como, por exemplo: *Piper aduncum* (pimenta-de-macaco), *Piper callosum* Ruiz & Pav. (óleo elétrico), *Piper hispidinervium* C. DC. (pimenta-longa), *Piper peltata* (L.) Miq. (caapeba), *Peperomia pellucida* (L.) Kunth. (erva-de-jabuti), dentre outras. O óleo essencial é utilizado em vários setores das indústrias farmacêutica, química e cosmética. Aperfeiçoar a produção do óleo essencial com a produção agronômica requer estudos de técnicas de propagação, adubação, espaçamentos, época de corte, secagem, dentre outros, sempre associando essa resposta produtiva com o perfil químico destas espécies.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Definir um sistema de produção agronômica, visando o cultivo da espécie *Piper aduncum* L. – Piperaceae, nas condições de Manaus – AM.

2.2 Específicos

- ✓ Determinar os melhores espaçamentos e épocas de corte desta espécie, em função da altura, produção de biomassa (folhas, caules e inflorescências/infrutescências) e da relação folha/caule;
- ✓ Determinar os teores e rendimentos de óleo essencial desta espécie em função dos espaçamentos e épocas de corte;
- ✓ Determinar e quantificar os principais componentes do óleo essencial desta espécie em função dos espaçamentos e também épocas de corte.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Produtos naturais e a biodiversidade

O termo biodiversidade, segundo Artigo 2 da Convenção sobre Diversidade Biológica (BRASIL, 2002), pode ser entendido como a variabilidade dos organismos vivos de todas as origens, abrangendo os ecossistemas terrestres, marinhos, e outros ecossistemas aquáticos, incluindo seus complexos; e compreendendo a diversidade dentro de espécies, entre espécies e de ecossistemas. Dentro deste conceito é importante ressaltar a inclusão da espécie humana como componente fundamental do sistema e altamente dependente dos serviços e bens ambientais oferecidos pela natureza. Sem recorrer ou dispor da diversidade biológica natural ou da reserva biológica do planeta, a vida humana correria sérios ou até insuperáveis riscos (DOUROJEANNI & PÁDUA, 2001).

Uma das principais características da biodiversidade é a distribuição relativa desigual dos seus componentes no espaço geográfico, significando que a abundância de espécies é variável em um determinado ambiente e que existem gradientes geográficos da biodiversidade. O Brasil, neste sentido, encontra-se em posição privilegiada, pois possui a maior diversidade genética vegetal do mundo, com mais de 55.000 espécies catalogadas de um total estimado entre 350.000 e 550.000 (DIAS, 1996). A maioria destas espécies vegetais encontra-se em florestas tropicais, representada no Brasil pela Floresta Atlântica, Floresta Amazônica, Caatinga e Cerrado, cuja área corresponde a apenas 7% da superfície da terra. Portanto, essas regiões devem ser consideradas como prioritárias no estabelecimento de programas de conservação “in situ” de germoplasma vegetal (SOEJARTO, 1996).

A Amazônia possui o maior ecossistema de florestas tropicais do mundo e é considerada a maior reserva de plantas medicinais, mas apesar disso, suas espécies nativas são ainda pouco conhecidas. Os agricultores tradicionais que moram próximos às florestas

conhecem muito bem as espécies úteis, mas esse conhecimento é em geral restrito e pouco divulgado, de forma que muitas outras espécies são desconhecidas da maioria da população. Sem dúvida, muitos usos das plantas nativas medicinais permanecem desconhecidos e talvez continuem para sempre, com a diminuição das florestas e paulatinamente a descaracterização das comunidades indígenas (LORENZI & MATOS, 2002).

É importante destacar que, apesar de toda a importância atribuída as plantas, os dados disponíveis revelam que apenas 15 a 17% foram estudadas quanto ao seu potencial medicinal. No Brasil, apenas 8% das espécies vegetais foram estudadas em busca de compostos bioativos e 1.100 espécies vegetais foram avaliadas em suas propriedades medicinais. O ritmo atual de extinção de plantas já é entre 50 e 100 vezes maior que as taxas médias observadas no passado mais próximo. As principais causas da perda da diversidade genética têm sido associadas à destruição e à fragmentação dos ecossistemas e aos estresses ambientais, como a poluição e as mudanças climáticas globais (SOULÉ, 1991; SIMÕES, 1999). A crescente extinção de espécies vegetais leva à necessidade de se considerar urgente o estabelecimento de políticas e ações de conservação e, ao mesmo tempo, de se obter grandes quantidades de matéria-prima vegetal para a obtenção de substâncias dela derivadas, pois caso contrário, determinada espécie pode se tornar extinta sem que tenhamos a chance de caracterizá-la, conhecer seu potencial e usufruir de seus benefícios (BORRIS, 1996).

Segundo Matos (1990), das centenas de espécies medicinais existentes, apenas 5%, aproximadamente, têm sido objeto de pesquisa. Muitas das plantas medicinais nativas ou introduzidas na Região Amazônica estão sendo estudadas química e farmacologicamente, sem levar em conta um devido suporte da área agronômica, que pode aliviar a pressão extrativista desorganizada sobre o ecossistema.

Outro fato importante que advém do estudo de plantas é a descoberta não somente de novas substâncias ativas, inéditas, mas também de metabólitos já conhecidos, consagrados, só

que de uma nova fonte, talvez mais abundante ou, ecologicamente, mais saudável, ou seja, cuja extração não comprometa a vida da planta. Até 1991, o país era o maior produtor mundial de safrol, o qual era obtido do lenho da canela-sassafrás (*Ocotea pretiosa* Mezz.). Contudo, a exploração rotineiramente extrativista e criminosamente predatória, quase determinou a extinção desta espécie vegetal, fazendo com que o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis- IBAMA, através do Decreto 1.557, publicado no Diário Oficial da União em 25 de setembro de 1991, proibisse a exploração das áreas remanescentes. Estudos com representantes da família Piperaceae revelaram a existência de duas novas fontes potenciais deste metabólito, a espécie *Piper hispidinervium* C. DC. (pimenta-longa), e, mais recentemente, a espécie *Piper mikanianum* (Kunth) Steudel. Nestas duas espécies o óleo essencial concentra-se nas folhas, o que permite que o óleo seja extraído sem a derrubada da planta. Também se regeneram mais rápido permitindo até duas podas por ano, diferentemente de uma espécie lenhosa (REBELO et al., 2002; SAFROL DA AMAZÔNIA, 1994; CHAVES, 1994).

Várias espécies vegetais têm sido largamente utilizadas pela população, algumas com estudos químicos e/ou farmacológicos que dão suporte à sua utilização, outras empregadas apenas a partir do conhecimento empírico ou tradicional da população. Porém, o uso popular, não é suficiente para validar eticamente as plantas medicinais como medicamentos eficazes e seguros. A validação científica desses produtos é essencial ao seu uso como medicamentos alternativos (ABBOUT, 1988; SIMÕES, 1999). As potencialidades de uso de plantas medicinais encontram-se longe de estarem esgotadas. Novos conhecimentos e novas necessidades certamente encontrarão no Reino Vegetal soluções, através da descoberta e desenvolvimento de novas moléculas, com atividade terapêutica, com aplicações na tecnologia farmacêutica ou no desenvolvimento de fitoterápicos com maior eficiência de ação (CORRÊA JÚNIOR et al., 1994) .

Pode-se considerar ainda que, com a demanda pela utilização de plantas medicinais na cura ou prevenção de doenças, o cultivo e/ou o extrativismo dessas plantas torna-se uma alternativa cada vez mais atrativa e importante na agricultura nacional, contribuindo para o desenvolvimento econômico do país (CORRÊA JÚNIOR et al., 1994).

Assim, a biodiversidade pode ser entendida como uma preciosa biblioteca genética mantida em seus ecossistemas naturais, na qual apenas uma pequena parte de seus componentes foi adequadamente estudada e cujos benefícios futuros não são ainda conhecidos (BRITO & NUNES, 1997).

Dentre essas espécies nativas encontra-se a pimenta-longa (*Piper aduncum* L.), pertencente à família Piperaceae. Esta planta é usada na medicina popular de quase todo o Brasil, onde são empregadas suas folhas, inflorescências/infrutescências e raízes. No gênero *Piper* já foram identificados alguns compostos secundários, dentre os quais estão o safrol, além de dilapiol, piperitona e terpineol (ROCHA e MING, 1999), presentes no óleo essencial.

A família Piperaceae é composta por uma grande variedade de espécies, sendo comum em diversas localidades, muitas vezes dominando a borda ou o estrato inferior das matas (MELLO, 2002). O maior gênero desta família (*Piper*) inclui mais de 1.000 espécies, fazendo deste o maior gênero das angiospermas basais, as chamadas paleoervas. As espécies de *Piper* são distribuídas pantropicalmente (JARAMILLO & MANOS, 2001). No Novo Mundo esta família apresenta espécies distribuídas do México ao sudeste da Argentina. As florestas brasileiras abrigam 283 espécies de *Piper*, 25 espécies de *Ottonia* e duas espécies de *Pothomorphe* (FIGUEIREDO e SAZIMA, 2000).

A família Piperaceae é composta de ervas, arbustos, pequenas árvores ou lianas, terrícolas ou epífitas, com caule provido de nós desenvolvidos. As folhas são alternas, opostas, verticiladas ou basais, simples, freqüentemente com glândulas contendo óleo aromático. A inflorescência é basicamente uma espiga pedunculada, simples, axilar ou

terminal, oposta à folha ou variavelmente arranjada em inflorescências racemosas, espigadas, umbeladas ou paniculadas, mas nunca cimosas. As flores são pequenas, sem perianto, usualmente verdes, frequentemente esbranquiçadas ou amareladas, raramente vermelhas ou mais escuras. Apresentam frutos drupáceos, carnosos ou secos e a polinização é provavelmente realizada pelo vento (RIBEIRO et al., 1999).

3.2. Botânica

3.2.1. O Gênero *Piper*

As plantas do gênero *Piper* L. são popularmente conhecidas como pimenteiras ou falsos-jaborandis, dentre elas está a pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.) Este gênero é composto por arbustos, ervas, lianas ou pequenas árvores, com folhas alternadas, simples, inteiras, geralmente assimétricas, peninérveas ou palminérveas e são comuns no sub-bosque de florestas tropicais ombrófilas. O fruto é uma drupa pequena, em forma de espiga, com sementes minúsculas (YUNCKER, 1972). Segundo Jaramillo & Manos (2001), as plantas desse gênero alcançam entre 2,2 a 5,5 metros e produzem, em média, 40 infrutescências contendo um número grande de sementes (em média 472 sementes) (BIZERRIL & RAW, 1998). As infrutescências ficam expostas verticalmente acima da copa da planta, facilitando a coleta, em pleno voo, desses frutos por morcegos (MELLO, 2002). As infrutescências das muitas espécies de *Pipe*r são importantes recursos para insetos e vertebrados frugívoros, especialmente durante a carência sazonal de outros frutos. Grande parte das espécies do gênero *Piper* são plantas pioneiras e estão envolvidas em processos de regeneração e manutenção da diversidade de matas, sendo que, algumas espécies de *Piper* também crescem em áreas fechadas (THIES & KALKO, 2004). Espécies desse gênero tendem a apresentar maior abundância em áreas de borda de mata e no interior de clareiras naturais ou causadas

por humanos (GREIG, 1993). Além disso, 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 (MELLO, 2002).

O gênero *Piper* inclui grande número de espécies que se caracterizam pelo uso medicinal popular e pela importância econômica e comercial, devido à produção de óleos essenciais utilizados pela indústria de condimentos, farmacêutica e também de inseticidas. A grande semelhança morfológica entre as espécies de *Piper* contribui para problemas de troca e até mesmo de falsificação no momento da comercialização do produto de uso medicinal (OLIVEIRA et al., 1997).

3.2.2. A espécie *Piper aduncum* L.

Piper aduncum é uma planta aromática, nativa da Região Amazônica. Trata-se: arbusto ereto, ramificado perenifólio, de hastes articuladas e nodosas, de 2-4 metros de altura, com folhas simples e inteiras, flores pequenas e discretas, reunidas em espigas alongadas, densas e curvas. É uma espécie que apresenta alto teor de óleo essencial (2,5 a 4%), rico em dilapiol. O dilapiol é um éter fenílico que vem sendo testado com êxito como fungicida, moluscicida, acaricida, bactericida e larvicida com a vantagem de ser um produto biodegradável. Há de se destacar estudos fitopatológicos em que o óleo essencial possui atividade fungicida, controlando efetivamente os fungos *Crinipellis perniciosa* (Stahel) Singer, agente causal da vassoura-de-bruxa em cacaueiro (*Theobroma cacao* L.) e cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Wild. ex Spreng.)], assim como em *Colletotrichum musae* (Berk. & Curtis) Arx, causador da antracnose em frutos de bananeira (*Musa* spp.) (BASTOS, 1997).

Piper aduncum distribui-se através da América do Sul e em todo o Brasil, acreditando-se estender-se também por toda Amazônia, bem como Peru e Bolívia (YUNCKER, 1972), recebendo assim diversos nomes populares, como “jaguarandi”, “pimenta-longa”, “pimenta de macaco”, “pimenta-de-fruto-ganchoso”, “tapa-buraco” e “aperta-ruão”, por esse último nome também é conhecida no Sudeste, principalmente em São Paulo e Rio de Janeiro, por suas propriedades medicinais. Esta espécie é vulgarmente conhecida em Cuba como “platanillo-de-Cuba”; “canilha de ruerto” no México; “higuillo” e “higuillo oloroso” em Porto Rico; como cordoncillo blanco na Venezuela; “oijú-yú” em Trinidad e onde existe medicamento patenteado com o nome de “Cannagina”, cujas partes usadas são as folhas, frutos e raiz (ROIG Y MESA, 1988).

3.3. Importância da espécie

Na medicina popular esta espécie é empregada através de “banhos medicinais” por possuir propriedades revigorantes ou sob a forma de chás e infusões. Seu fruto é acre e picante, sendo útil internamente como incisivo (anti-blenorrágico e estimulante digestivo) e externamente como resolutivo, muito conveniente para o tratamento de úlceras crônicas. Suas raízes são usadas externamente no combate à erisipela e internamente como desobstruente do fígado e estimulante. Segundo Mors et al. (2000), também possui ação eficaz contra picada de cobra e ação estimulante e colagoga. As folhas são adstringentes e tônicas do útero, eficazes na cura do prolapso uterino (CORRÊA, 1984), são estomáquica e antiespasmódico. Seu óleo essencial mostrou-se ativo contra cercária (FRISCHKORN & FRISCHKORN, 1978) e com grande potencial de exploração, uma vez que possui comprovada ação sobre fitopatógenos de culturas tradicionais, como fungos, bactérias e moluscos (ORJALA et al., 1994), além de comprovada ação analgésica e anti-inflamatória com baixos níveis de toxidez. Em trabalhos etnobotânicos sobre a utilização de diversas espécies do gênero *Piper* pela comunidade

indígena Kaxinawá, no estado do Acre, foram isolados de *P. aduncum* diferentes compostos secundários, dentre os quais estão o safrol, pseudodilapiol, dilapiol e miristicina (MAIA et al., 1998). Neste gênero, os constituintes químicos mais comuns são as amidas, destacando-se as isobutilamida, piperidina e pirrolidina (SINGUPTA & RAY, 1987).

3.4. Aspectos fitoquímicos

3.4.1. Biossíntese de metabólitos secundários

Os produtos químicos produzidos pelos vegetais podem ser divididos em dois grandes grupos. Os primeiros, essenciais a todos os seres vivos, são os metabólitos primários ou macromoléculas. Os produtos do metabolismo primário, através de rotas biossintéticas diversas e frequentemente desconhecidas, originam, à custa de energia, o segundo grupo de compostos químicos, os metabólitos secundários ou micromoléculas, que geralmente apresentam estrutura complexa, baixo peso molecular, marcantes atividades biológicas e são encontrados em concentrações relativamente baixas e em determinados grupos de plantas. Os processos que envolvem a biossíntese são governados por genes e, portanto, são influenciados por três fatores principais: hereditariedade, estágio de desenvolvimento e o ambiente. Em várias espécies o local da biossíntese está restrito a um órgão, enquanto que os produtos são acumulados em toda a planta ou em órgãos diferentes e específicos, devido a um sistema de transporte intercelular (SIMÕES, 1999).

O aparecimento de metabólitos biologicamente ativos na natureza é determinado por necessidades ecológicas e possibilidades biossintéticas, sendo que a co-evolução de plantas, insetos, micro-organismos e mamíferos conduz à síntese de metabólitos secundários com funções de defesa ou atração, principalmente. Assim, os metabólitos secundários, por serem fatores de interação entre organismos, frequentemente, apresentam atividades biológicas interessantes. Embora muitos metabólitos primários também sejam de interesse em algumas

áreas, o elevado número e a grande diversidade dos metabólitos secundários vegetais têm despertado o interesse de pesquisadores de vários campos da ciência que vêem neles uma fonte particularmente promissora de novas moléculas potencialmente úteis ao homem (SILVA et al., 1992; WERMUTH, 1996; SIMÕES, 1999).

A origem de todos os metabólitos secundários pode ser resumida a partir do metabolismo da glicose, via dois intermediários principais, o ácido chiquímico e o acetato. Os ácidos cinâmicos são os precursores da maioria dos compostos classificados como fenilpropanóides (ArC3), compostos aromáticos com uma cadeia lateral de três átomos de carbono ligada ao anel aromático. A redução da cadeia lateral dos ácidos cinâmicos conduz à formação de compostos importantes presentes em óleos voláteis, como por exemplo o eugenol, presente em *Syzygium aromaticum* (L.) (Merr e Perry), conhecido como cravo-da-índia, empregado em produtos de higiene oral. A cadeia lateral também pode perder átomos de carbono, originando derivados ArC2 e ArC1. Os fenilpropanóides também servem como unidades formadoras dos compostos fenólicos mais complexos como os lignóides e as cumarinas (GEISSMANN & CROUT, 1969; SIMÕES, 1999).

Os metabólitos secundários compreendem várias classes de substâncias dentre as quais pode-se citar as cumarinas, ligninas, flavonóides, taninos, quinonas, saponinas, os alcalóides e a fração volátil denominada de óleos essenciais que é objeto de estudo deste trabalho. Cada classe de metabólitos secundários é extraída/isolada da planta que a contém segundo métodos específicos para cada caso (SIMÕES, 1999).

3.4.2. Óleos essenciais

A denominação “óleos essenciais” define um grupo de substâncias naturais de variável poder aromatizante, de composição mais ou menos complexa, que faz parte do organismo de diversas espécies vegetais e de algumas espécies animais, das quais é extraído segundo

processamento específico para cada caso (ZAMBONI, 1983). De forma geral, são misturas de substâncias voláteis, lipofílicas, geralmente odoríferas e líquidas. Devido ao aroma agradável e intenso da maioria dos óleos voláteis, também são designados por óleos essenciais (BAUER & GARBE, 1985; SIMÕES, 1999).

A exploração de óleos essenciais começou, historicamente, no Oriente, vários anos antes de Cristo, tendo bases de produção na Pérsia, Índia, Egito e em outros países da região. No decorrer do tempo surgiram destilarias de óleos essenciais pelo mundo afora, mas somente com o advento da química fina a atividade tomou impulso, permitindo a manipulação de produtos com várias aplicações científicas (CHAVES, 1994). Os óleos essenciais podem ser usados brutos ou como fontes de importantes precursores na síntese orgânica. Neste caso, os óleos que contêm uma porcentagem alta de um único composto, são usados para a obtenção do referido composto isolado. A presença dos componentes na essência, em maiores ou menores quantidades, afeta diretamente sua qualidade, ditando as possibilidades do aproveitamento industrial e, por consequência, o valor comercial do óleo bruto (ZAMBONI, 1983; CRAVEIRO & QUEIROZ, 1993).

Plantas ricas em óleos voláteis são abundantes em angiospermas dicotiledôneas, tais como nas famílias Asteraceae, Apiaceae, Lamiaceae, Lauraceae, Myrtaceae, Myristaceae, Piperaceae, Rutaceae, entre outras (SIMÕES, 1999). Eles constituem um dos mais importantes grupos de matérias-primas para várias indústrias, notadamente as de perfumaria, alimentos e farmacêutica. Por este motivo o cultivo de espécies aromáticas e a obtenção de óleos voláteis constituem importantes atividades econômicas. Avalia-se que, para a obtenção de óleos de espécies da família Lamiaceae, sejam cultivados mais de 500 mil hectares destacando-se como espécies de maior utilização*: Mentha arvensis* L. var *piperascens* Holmes, *Mentha piperita* L., *Mentha spicata* L., *Lavandula intermedia* Emeric. ex Loisel., *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth., *Mentha gracilis* Sole, *Lavandula angustifolia* Mill.,

Rosmarinus officinalis L. e *Matricaria recutita* L.. Os óleos essenciais são constituídos principalmente por fenilpropanóides e terpenóides, sendo que estes últimos preponderam. Estas classes de substâncias são frequentemente alvo de interesse de pesquisadores que vêem neles uma fonte promissora de princípios ativos diretos ou precursores na síntese de outros compostos de maior importância e valor agregado, como por exemplo o safrol, eugenol, citral, citronelal, dentre outros. Embora a maior utilização ocorra nas áreas de alimentos, como condimentos e aromatizantes de alimentos e bebidas, cosméticos na composição de perfumes e produtos de higiene e farmacêutica como fonte de matéria-prima, também são empregados "in natura" em preparações galênicas simples, em medicina alternativa, como a aromaterapia, por exemplo, e até mesmo para aromatização de ambientes (CRAVEIRO & QUEIROZ, 1993; BERMUDEZ, 1995; ROSE, 1995; SIMÕES, 1999). Existem no comércio aproximadamente 90 variedades de óleos essenciais. (CRAVEIRO & QUEIROZ, 1993; SIMÕES, 1999).

3.4.3. Métodos de extração de óleos essenciais

Os métodos de extração variam conforme a localização do óleo essencial na planta e com a finalidade de utilização do mesmo. Segundo Simões et al. (1999), existem cinco métodos de extração de óleos essenciais, a saber, os métodos de enfloração, prensagem, extração com solventes orgânicos, extração por fluído supercrítico e extração por arraste de vapor d'água.

O método de enfloração já foi muito utilizado, mas atualmente é empregado apenas por algumas indústrias de perfumaria. É principalmente aplicado em algumas plantas com baixo teor de óleo, mas de alto valor comercial. É empregado para extrair o óleo essencial de pétalas de flores. Essas pétalas são depositadas, a temperatura ambiente, sobre uma camada de gordura, durante um certo tempo. Em seguida, as pétalas esgotadas são substituídas por novas até a saturação total, quando a gordura é tratada com álcool. Para se obter o óleo essencial, o

álcool é destilado a baixa temperatura e o produto é assim obtido, conforme Simões et al. (1999).

O método de prensagem é normalmente empregado para a extração dos óleos essenciais de frutos cítricos. Os pericarpos desses frutos são prensados e a camada que contém o óleo essencial é, então, separada. Posteriormente, o óleo essencial é separado da emulsão formada com a água por decantação, centrifugação ou destilação fracionada (SIMÕES, 1999).

Os óleos essenciais podem ser extraídos com solventes (éter ou diclorometano), porém, outros compostos lipofílicos são também extraídos, além do óleo essencial, e por isso, os produtos assim obtidos raramente possuem valor comercial (SIMÕES, 1999).

O método de extração por fluído supercrítico é atualmente um dos métodos de opção para extração industrial de óleos essenciais, pois permite recuperar os aromas naturais de vários tipos, e não somente óleo essencial, de modo bastante eficiente. Nenhum traço de solvente permanece no produto obtido, tornando-o mais puro do que aqueles obtidos por outros métodos. Para tal extração, o CO_2 é primeiramente liquefeito por compressão e, em seguida, aquecido a uma temperatura superior a 31 °C. Nessa temperatura, o CO_2 atinge um quarto estado, no qual sua viscosidade é equivalente a de um gás, mas sua capacidade de dissolução é elevada como a de um líquido. Uma vez efetuada a extração, faz-se o CO_2 retornar ao estado gasoso, resultando na sua total eliminação (FAJARDO et al., 1997; SIMÕES, 1999).

Na indústria de óleos essenciais existem três tipos de extrações distintas de arraste por vapor d’água. Essa distinção é feita pela forma na qual se estabelece o contato entre a amostra e a água, na fase líquida ou de vapor. A primeira é chamada de hidrodestilação, onde a amostra fica imersa na água contida numa caldeira. Na segunda, chamada de destilação pela

água e vapor, a amostra permanece contida em um recipiente logo acima da caldeira, ficando assim separada da água. Na terceira, chamada propriamente de destilação pelo vapor de água, a amostra é mantida em recipiente separado e o vapor de água que flui provém de um gerador próprio independente. A indústria utiliza, preferencialmente, a extração por vapor d'água por ser reduzido o contato da amostra com a água (ALVES, 1988; BRUNETON, 1991; COSTA, 1994; FAJARDO et al., 1997; SIMÕES, 1999).

3.4.4. Função dos óleos essenciais

Os óleos essenciais localizam-se nos espaços intercelulares ou nas bolsas oleíferas, presentes praticamente em todas as partes da planta, embora cada tipo os possua em regiões definidas: embriões, flores, folhas, cascas, talos, frutas, sementes, madeira, raízes, rizomas e, em algumas árvores, nos exsudatos óleo-resinosos (ZAMBONI, 1983).

A principal evidência para a suposição que os componentes dos óleos essenciais não são fontes importantes de energia para a planta é o fato de que os óleos não são transportados para o caule. Sabe-se que muitos de seus constituintes estão diretamente envolvidos nos mecanismos que permitem a adequação do produto a seu meio. As abelhas e borboletas são insetos frequentemente atraídos por aromas de diversas flores. Plantas com polinização noturna ou crepuscular possuem aromas particularmente intensos, pois, nesses horários, o estímulo atrativo visual torna-se impraticável (HARBONE, 1988).

Existem trabalhos demonstrando que a toxidez de alguns componentes dos óleos voláteis constituem uma proteção contra predadores e infestantes. Mentol e mentona, por exemplo, são inibidores do crescimento de vários tipos de larvas (RODRIGUES & HEALEY, 1984). Também existem evidências de que alguns insetos utilizam óleos voláteis sequestrados de plantas para defenderem-se de seus predadores. Assim, os vapores de certas substâncias

como citronelal, utilizado por formigas, e α-pineno, utilizado por cupins, podem causar irritação suficiente em um predador para fazê-lo desistir de um ataque (HARBONE, 1988).

Espécies da família Piperaceae têm sido objeto de estudo de muitos pesquisadores que trabalham com plantas medicinais em diversos países, devido ao fato de que apresentam vários grupos de princípios ativos que são de grande importância econômica para as indústrias farmacêuticas, de alimentos e cosméticos, como é o caso das substâncias que compõem os óleos essenciais que ocorrem na maioria dos representantes dessa família (GOTTLIEB et al., 1981).

3.5. Aspectos fitoquímicos e agronômicos

Segundo Sanquetta (2002), biomassa é o termo utilizado para o material de origem biológica, viva ou morta, vegetal ou animal. Na área florestal pode significar toda massa existente na floresta ou em algum compartimento que a compõe, sendo também utilizado o termo fitomassa para referir-se à biomassa de origem vegetal.

O aumento da biomassa dos vegetais depende do potencial genético de cada material para fixar carbono e absorver água e nutrientes, que variam em função de fatores edafoclimáticos como radiação solar, temperatura, disponibilidade de água e nutrientes, e de fatores bióticos como doenças, pragas e competição com outras plantas (BARROS et al., 1986).

A acumulação de biomassa é afetada por fatores ambientais e por fatores inerentes à própria planta. Segundo Kramer & Kozlowski (1960), a acumulação de biomassa é influenciada por todos aqueles fatores que afetam a fotossíntese e a respiração. Para os referidos autores, os principais fatores são luz, temperatura, concentração de CO_2 do ar, umidade e fertilidade do solo.

O termo fitomassa, segundo Brigadão (1992), é usado para medir material seco de planta, que combinado com zoomassa corresponde à biomassa. Embora nesta definição não seja feita menção sobre a unidade de medida do material seco, deixa implícito que o termo fitomassa corresponde à medida em termos de massa obtida em plantas individuais.

Martinelli et al. (1994), acrescentam que os componentes de biomassa geralmente estimados são: biomassa viva horizontal acima do solo, composta por árvores e arbustos, biomassa morta acima do solo, composta pela serapilheira e troncos caídos, e biomassa abaixo do solo, composta pelas raízes. A biomassa total é dada pela soma de todos os referidos componentes.

Os primeiros trabalhos foram realizados por Ovington & Madwick (1959), que determinaram a biomassa como peso da matéria seca mediante o corte e secagem em laboratório, de amostras de uma ou várias árvores de dimensões médias, identificadas nos povoamentos.

A biomassa de folhas e galhos, expressa em massa, pode ser determinada diretamente, por meio da avaliação da massa verde de cada componente, e pelo uso de uma amostra representativa dos componentes da copa para estimar o teor de umidade e calcular a massa seca de cada compartimento. Este procedimento foi aplicado por Poggiani et al. (1983) e Leal (1988).

Segundo Higuchi e Carvalho Jr. (1994), os métodos para a obtenção de estimativas de biomassa podem tanto ser diretos como indiretos. Os diretos consistem na derrubada e pesagem de todas as árvores que ocorrem em unidades amostrais de área fixa, enquanto que os indiretos são aqueles que se baseiam normalmente em dados de inventários florestais.

De acordo com Salati (1994), as técnicas associadas aos métodos diretos são o abate e pesagem em uma área pré-definida ou por árvores individuais. Segundo o mesmo autor a

técnica de abate e pesagem em uma área pré-definida consiste no corte de todas as árvores em determinada área, e medição do volume e da massa dos indivíduos.

Pardé (1980) afirma que a estimativa da biomassa pode ser executada pelo procedimento do método da colheita. Segundo o autor, o método da colheita é possível para períodos idênticos, para se obter uma estimativa de biomassa de um povoamento completo e também para efetuar estudos de regressão, relacionando dados facilmente mensurados com biomassa. Um corte raso é feito primeiro sobre um ponto amostral de uma área conhecida. As plantas derrubadas são mensuradas e pesadas (massa verde e seca). Isto fornece dados exatos de biomassa, para uma área conhecida de um povoamento.

Dependendo da maior ou menor irregularidade do povoamento, a determinação da biomassa pode ser obtida utilizando-se informações coletadas em outro ponto amostral.

Chaves (2002), nas condições de São Paulo, verificou que *Ocimum gratissimum* L., planta medicinal arbustiva, produziu mais folhas no período do verão, onde predominam altas temperaturas e alta umidade. Os outros componentes da planta (caule e inflorescências) também foram crescentes em produção. Já para avaliação do rebroto em função de cada corte em cada estação, a produção dos componentes da planta decresceu, devido à lignificação dos tecidos, aumento no diâmetro dos caules e também à influência da estação climática.

Já Vieira et al. (2006) verificaram que capim-santo (*Cymbopogon citratus* Stapf.) pode ser cortado aos seis meses após o plantio, para obtenção de óleo essencial. Espaçamento maior (0,8 m x 0,8 m) reduziu a produção de matéria seca e de óleo essencial.

Para catuaba (*Trichilia catigua* A. Juss) e negramina (*Siparuna negramina* Aubl), visando manejo em função das estações do ano e os maiores rendimentos de óleo essencial, a colheita de catuaba deve ser realizada no inverno, enquanto a negramina dever ser na estação do outono, nas condições de Viçosa – MG (CASTELLANI et al., 2006).

3.5.1. Espaçamento

Segundo Lucchesi et al. (1976), dos fatores do meio que podem influenciar na produtividade final, qualitativa e quantitativamente, a densidade de plantio é um dos mais importantes e decisivos. As pressões exercidas pela população de plantas afetam de modo marcante o seu próprio desenvolvimento. Quando essas populações aumentam por unidade de área, um ponto é atingido, em que cada planta começa a competir por alguns fatores essenciais de crescimento, como nutrientes, água e luz, sendo denominado ponto de competição (ARISMENDI, 1975), o qual exerce uma grande influência sobre a arquitetura e outras características, com reflexos na produtividade (MONDIN, 1988).

Conforme Thomé (1985), os totais de matéria seca produzidos por um cultivo, consequência da transformação da energia solar em energia química, dependem da porcentagem de energia interceptada e da eficiência da utilização da mesma. A eficiência da utilização da energia interceptada, por sua vez está condicionada pelo nível de outros fatores do meio, tais como água, dióxido de carbono e nutrientes inorgânicos e pela distribuição da radiação solar através da superfície foliar da comunidade de plantas. Esses autores assinalam a existência do efeito do espaçamento entre linhas e densidade de plantas sobre a produção de matéria seca e informam que o mais eficiente arranjo de plantas na interceptação de energia é o que apresenta a maior cobertura superficial total durante o ciclo de crescimento.

Rao (2002), estudando a influência de diferentes espaçamentos (60 cm x 30 cm, 75 cm x 30 cm, 90 cm x 30 cm e 120 cm x 30 cm) no rendimento da biomassa e do óleo essencial de gerânio (*Pelargonium* sp., Geraniaceae) verificou que o espaçamento de 60 cm x 30 cm (60 cm entre fileiras e 30 cm entre plantas na fileira) foi superior em relação aos outros espaçamentos utilizados, em produção de biomassa e de óleo essencial que permaneceu inalterada. O autor ainda associa a maior produção de biomassa nesse espaçamento ao maior número de plantas que se destacaram em crescimento por unidade de área, menor presença de

plantas espontâneas, melhor interceptação da radiação solar e maior eficiência na utilização da água de irrigação e fertilizantes.

No cultivo de pimenta-de-macaco objetiva-se alcançar alta produtividade e assim obter bons rendimentos de óleo essencial, portanto é de fundamental importância estudar o efeito do espaçamento de plantio nessa cultura.

3.5.2. Época de corte

A colheita de plantas medicinais e aromáticas tem certas particularidades que as torna diferentes de outras culturas, uma vez que se objetiva conciliar a máxima produção de biomassa com os maiores teores de princípios ativos (BEZERRA, 2003).

Segundo Andrade e Casali (1999), o momento propício da colheita varia de acordo com o órgão da planta, estádio de desenvolvimento, época do ano e hora do dia.

De acordo com Fátima et al. (1999), fatores ambientais, tais como temperatura, estresse hídrico e deficiência de micronutrientes influenciam o crescimento das plantas aromáticas e a produção de óleo essencial de acordo com o período de corte.

Choudhury (1994), trabalhando com capim-limão (*Cymbopogon flexuosus* (DC) Stapf.), avaliou três épocas de corte (agosto, dezembro, abril) durante três anos obtendo um maior rendimento de biomassa no mês de agosto, exceto no primeiro ano, provavelmente devido ao efeito favorável do clima (agosto – época seca e dezembro – época chuvosa), particularmente da precipitação e temperaturas altas. Entretanto, o efeito desses fatores abióticos foi reduzido em dezembro, resultando em pouca biomassa. Os cortes foram realizados a cada 4 meses.

Singh et al. (1998), estudando o efeito do período de plantio (janeiro, fevereiro e marco) e a freqüência de colheita (3, 4, 5 colheitas/ano) no rendimento de óleo e biomassa de citronela-de-java (*Cymbopogon winterianus* Jowitt.), verificaram que o período de plantio

influenciou significamente na biomassa e no rendimento de óleo essencial, sendo os maiores valores detectados no mês de janeiro, período de chuva e menor temperatura do ar. Esse experimento teve duração de dois anos no Centro Regional CIMAP na Índia.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido no Campo Experimental da Embrapa Amazônia Ocidental, situada no Km 29 da Rodovia AM 010 (Manaus – Itacoatiara), com latitude 02^0 52’ S e longitude 59^0 59’W (Figura 1). O solo é da classe Latossolo Amarelo Distrófico, com textura muito argilosa, acidez elevada e alto teor de alumínio trocável (RODRIGUES., 1972). O clima foi classificado como tropical chuvoso ou quente e úmido, caracterizado por apresentar temperatura média do mês mais frio nunca inferior a 18ºC.

Figura 1. Vista da Embrapa Amazônia Ocidental, Km 29 da Rodovia AM-010, em Manaus-AM. FONTE: Embrapa Amazônia Ocidental, 2009.

Amostras de solo para análise química de macro e micronutrientes da área experimental foram coletadas a 0-20 cm de profundidade e encaminhadas ao Laboratório de Solos da Embrapa Amazônia Ocidental, cujo resultado encontra-se apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas do solo da área experimental de cultivo de pimenta-de-macaco. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus – AM, 2009.

pH	M.O.	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V	Fe	Zn	Mn	Cu
H_2O	g/Kg	mg/dm^3			----------cmol/dm^3----------						%	----------mg/dm^3----------			
5,3	43	3	31	2	1,35	1,11	0,3	4,79	2,55	7,33	34	202	1,59	4,10	0,70

4.2. Instalação e condução do experimento

A propagação inicial foi feita a partir de sementes colhidas de plantas de população natural existente na área de Coleção de Plantas Medicinais, Aromáticas e Condimentares da Embrapa Amazônia Ocidental. Após colheita das inflorescências/infrutescências foi feita a lavagem das espigas maduras onde as sementes foram retiradas e colocadas para secar no Laboratório de Plantas Medicinais e Fitoquímica durante cinco dias. No dia 19 de setembro de 2006 as sementes foram acondicionadas em 12 bandejas de poliestireno expandido (128 células), contendo substrato composto de terriço e esterco (2:1), onde cada célula recebeu quatro sementes. Estas permaneceram em viveiro localizado no Setor de Plantas Medicinais da Embrapa Amazônia Ocidental.

Quinze dias após a emergência, foi realizado o desbaste deixando a planta mais vigorosa. Essas mudas permaneceram em viveiro, recebendo irrigação diária até a data de plantio definitivo no campo.

Figura 2. Semeadura de pimenta-de-macaco. Manaus, AM, 2009.

O transplantio das mudas para o campo foi realizado aos 26 dias após a emergência das plantas (15 de dezembro de 2006), quando as mesmas alcançaram uma altura média de 10 -15 cm. A área do experimento recebeu quatro toneladas de calcário/ha para correção da acidez. Durante os meses de dezembro (2006), janeiro e fevereiro (2007) foram realizadas algumas irrigações manuais devido ao longo período de estiagem. Foram realizadas capinas manuais de acordo com a necessidade.

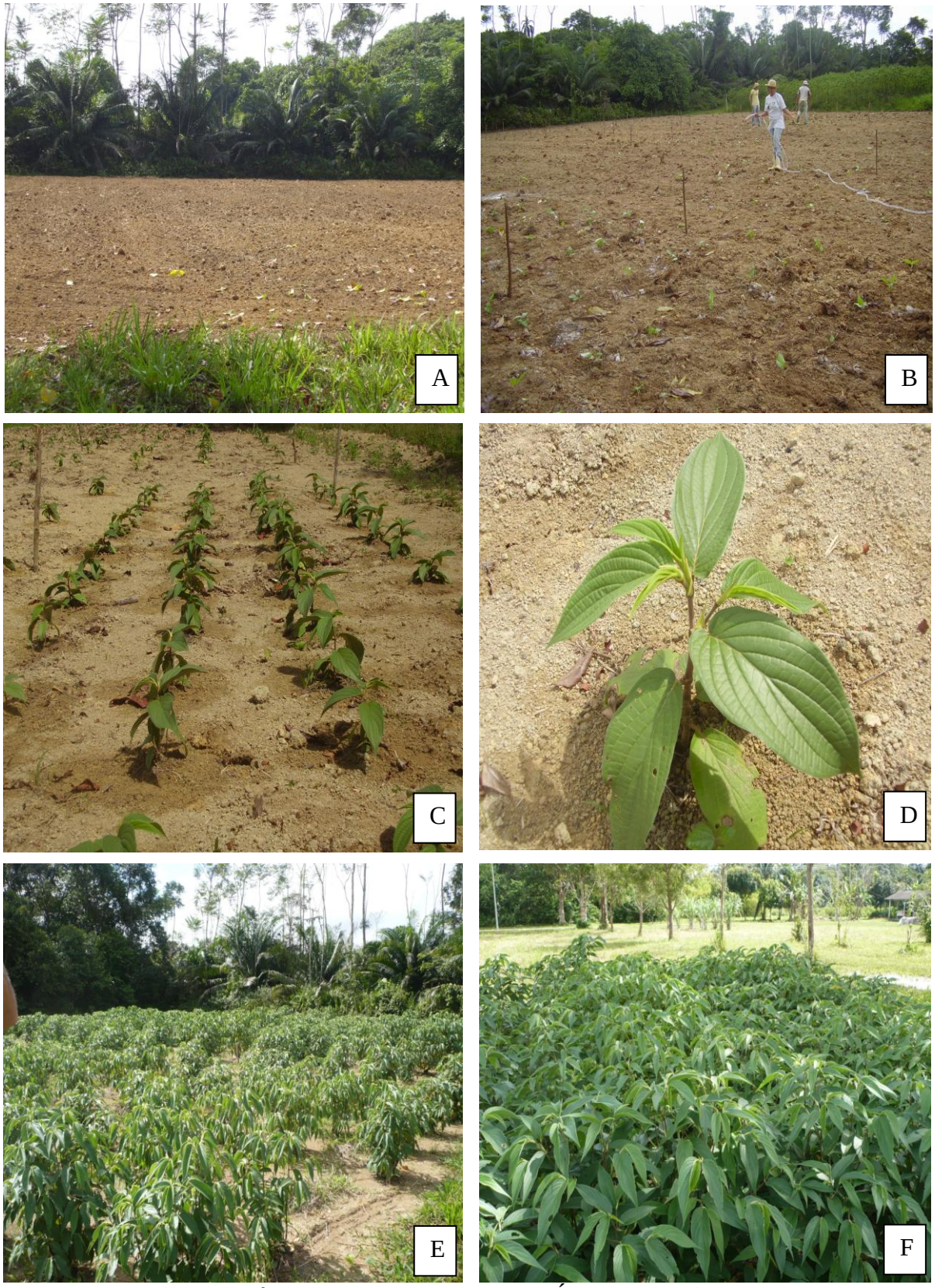

Figura 3. Detalhes da área do experimento. A – Área preparada; B – Instalação do experimento; C – Plantas aos 17 meses de idade no campo; D – Detalhe da planta de pimenta-de-macaco; E e F – Detalhes das plantas nas parcelas aos 17 meses de idade. Manaus, AM, 2009.

4.3. Variáveis analisadas

Foram avaliados sete espaçamentos (0,5 m x 0,5 m; 1,0 m x 0,5 m; 1,0 m x 1,0 m; 1,0 m x 1,5 m; 1,5 m x 1,5 m; 1,5 m x 2,0 m, 2,0 m x 2,0 m) e três épocas de corte, em esquema fatorial 7x3x4. A área útil de cada parcela foi constituída por quatro plantas, cortadas a 20 cm do solo. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos casualizados com quatro repetições. A Tabela 2 mostra os espaçamentos e suas respectivas populações. Na discussão dos dados, faz-se referências aos espaçamentos (E1, E2, E3, E4, E5, E6 e E7) e épocas de corte (C1, C2 e C3). As produções de biomassa obtidas nas épocas de corte C2 e C3 referem-se àquelas produzidas a intervalos de seis meses, ou seja, foi a capacidade de resposta que a espécie teve submetida aos tratamentos de espaçamentos rebrotar após o corte de junho de 2007 e também após o corte de dezembro do mesmo ano.

Tabela 2. Espaçamentos de pimenta-de-macaco (*Piper aduncum* L.) e respectivas populações e épocas de corte de pimenta-de-macaco. Manaus, AM, 2009.

Espaçamentos (m x m)	**Populações (plantas/ha)**
E1 - 0,5 x 0,5	40.000
E2 - 0,5 x 1,0	20.000
E3 - 1,0 x 1,0	10.000
E4 - 1,0 x 1,5	6.667
E5 - 1,5 x 1,5	4.444
E6 - 1,5 x 2,0	3.333
E7 - 2,0 x 2,0	2.500
Épocas de corte/Ano	
Junho/2007	C1 – seis meses após o transplantio
Dezembro/2007	C2 - Rebroto de C1
Junho/2008	C3 - Rebroto de C2

4.4. Quantificação da biomassa

Por ocasião das épocas de corte, realizadas nos meses de junho e dezembro de 2007 (C1 e C2) e junho de 2008 (C3), foram feitas as seguintes avaliações: altura (da base do caule ao ápice do maior ponteiro, com uso de trena graduada em cm), produção de folhas, caules, inflorescências/infrutescências, relação folha/caule, teor, rendimento e composição química do óleo essencial. A quantificação da biomassa de *Piper aduncum*, aqui entendida como a porção acima do solo, foi realizada usando-se o método destrutivo, onde cada planta foi cortada a 20 cm do solo e então separadas as porções referentes ao caule, folhas e inflorescências/infrutescências.

A determinação da matéria fresca dos caules, folhas e inflorescências/infrutescências foi feita separando-se e pesando-se cada parte. Foram retiradas duas amostras de 20,0 g de cada componente da planta e acondicionadas em sacos de papel devidamente identificados. As amostras de cada componente foram levadas para estufa tipo circulação de ar, à temperatura de 65ºC para obtenção da matéria seca, após massa constante. Os valores obtidos foram calculados em kg/ha. Os valores obtidos de folhas divididos pelos de caule determinou a Relação Folha/Caule (RF/C).

4.5. Teor e rendimento de óleo essencial

Para a obtenção do teor de óleo essencial das folhas, duas amostras (por parcela) de 100 g de folhas frescas foram colocadas em balão volumétrico de 2000 mL, imersas em água e levadas para aquecimento até fervura em manta aquecedora, utilizando-se Aparelho Tipo Clevenger – através do processo de hidrodestilação (Figura 4). Considerou-se como início do processo quando as primeiras gotas de óleo essencial desceram pelo condensador. Ao final desta, fez-se a leitura (mL) do volume do óleo essencial, para em seguida ser colhido e

armazenado em vidro, estocado em freezer até o momento da análise da sua composição química.

O teor de óleo essencial (em base seca) foi calculado em função do volume de óleo obtido dividido pela massa seca das folhas e o resultado expresso em percentagem, conforme fórmula abaixo.

$$\text{Teor} = \frac{v\ (mL)}{m\ (g)} \times 100;$$

Onde:

v = volume de óleo extraído;

m = matéria seca.

Para o cálculo do rendimento de óleo essencial multiplicou-se a produção de folhas obtida pelo teor de óleo em cada parcela. Os dados foram expressos em kg/ha.

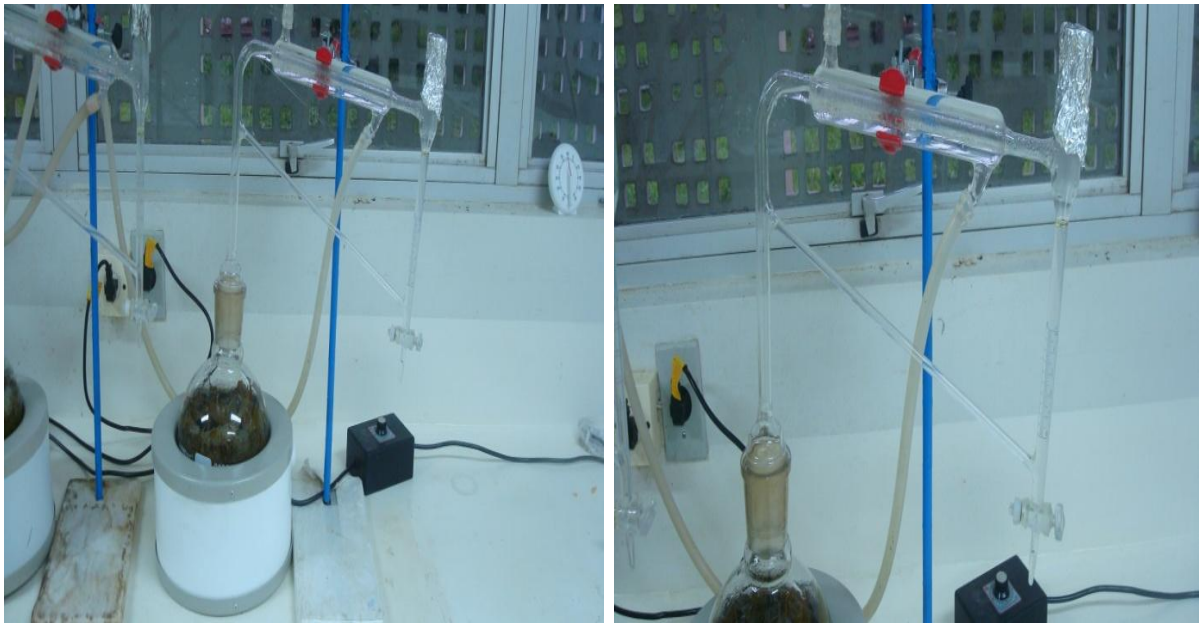

Figura 4. Aparelho Tipo Clevenger utilizado para extração de óleo essencial. Manaus - AM, 2009.

4.6. Composição química de óleo essencial

As análises da composição química do óleo essencial foram realizadas na Embrapa Agroindústria de Alimentos (Rio de Janeiro – RJ) por cromatografia em fase gasosa acoplada à espectrometria de massas onde utilizou-se o equipamento Agilent 5973N, equipado com uma coluna capilar HP5MS (5%-fenil-95%-metilpolisiloxano, 30 m x 0,25 mm x 0,25 µm), utilizando hélio (1,0 mL/min) como gás carreador. A temperatura do forno foi de 60 a 240ºC/min, a 3ºC/min. e o detector seletivo de massas foi operado no modo ionização eletrônica (70eV). Foi injetado 1µL de uma solução a 1% do óleo em diclorometano, com injetor operando a 250ºC e divisão de fluxo de 1:20. Para a quantificação dos componentes, foram utilizados os valores de área (%) obtidos com o uso de um detector de ionização por chama.

Para a identificação, os espectros de massas e os índices de retenção obtidos foram comparados com aqueles da espectroteca Wiley 6th ed. e com valores da literatura, respectivamente.

4.7. Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de médias (Tukey a 5%) e as variáveis-respostas, quando a interação foi significativa, estão apresentadas em equações de regressão. Utilizou-se o software ESTAT.

4.8. Variáveis climáticas

Durante todo o experimento foram coletadas mensalmente as variáveis climáticas referentes à precipitação pluviométrica (mm) e insolação (h). Os dados destas variáveis encontram-se dispostos na Figuras 5 e 6 e foram baseadas nos dados do Laboratório de Agroclimatologia da Embrapa Amazônia Ocidental.

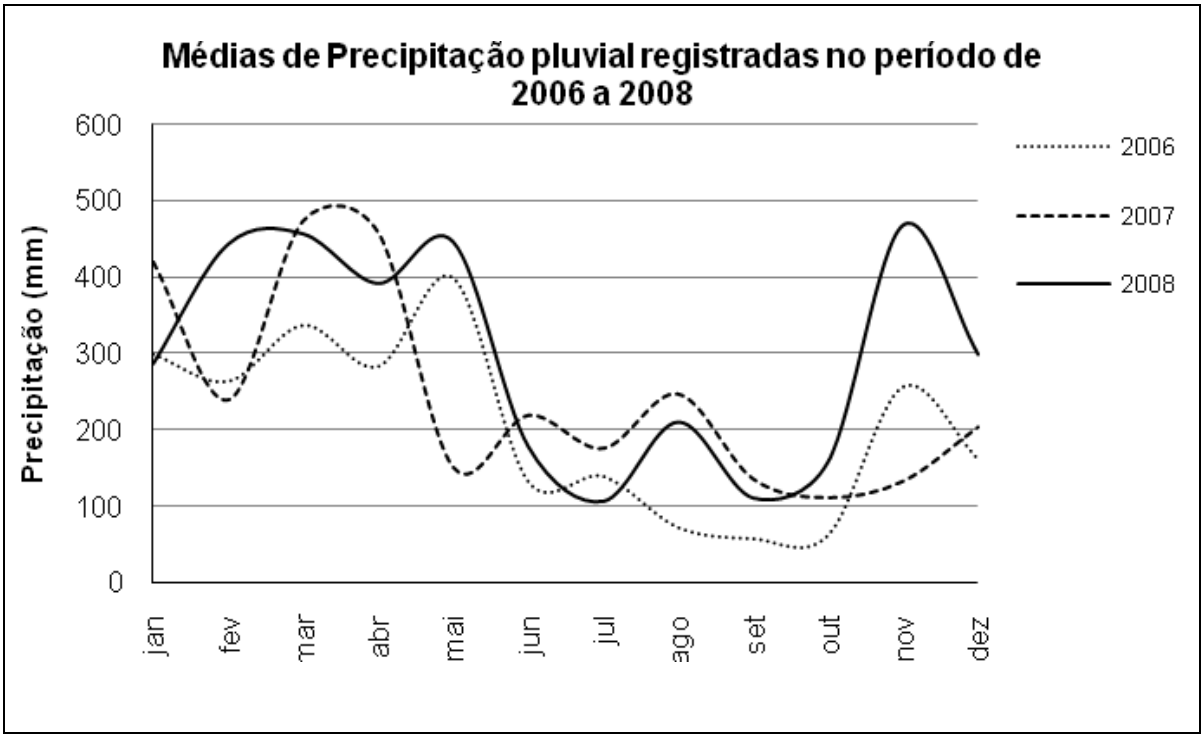

Figura 5. Médias da precipitação pluviométrica verificada ao longo do experimento. Manaus, AM, 2009. FONTE: Laboratório de Agroclimatologia da Embrapa Amazônia Ocidental.

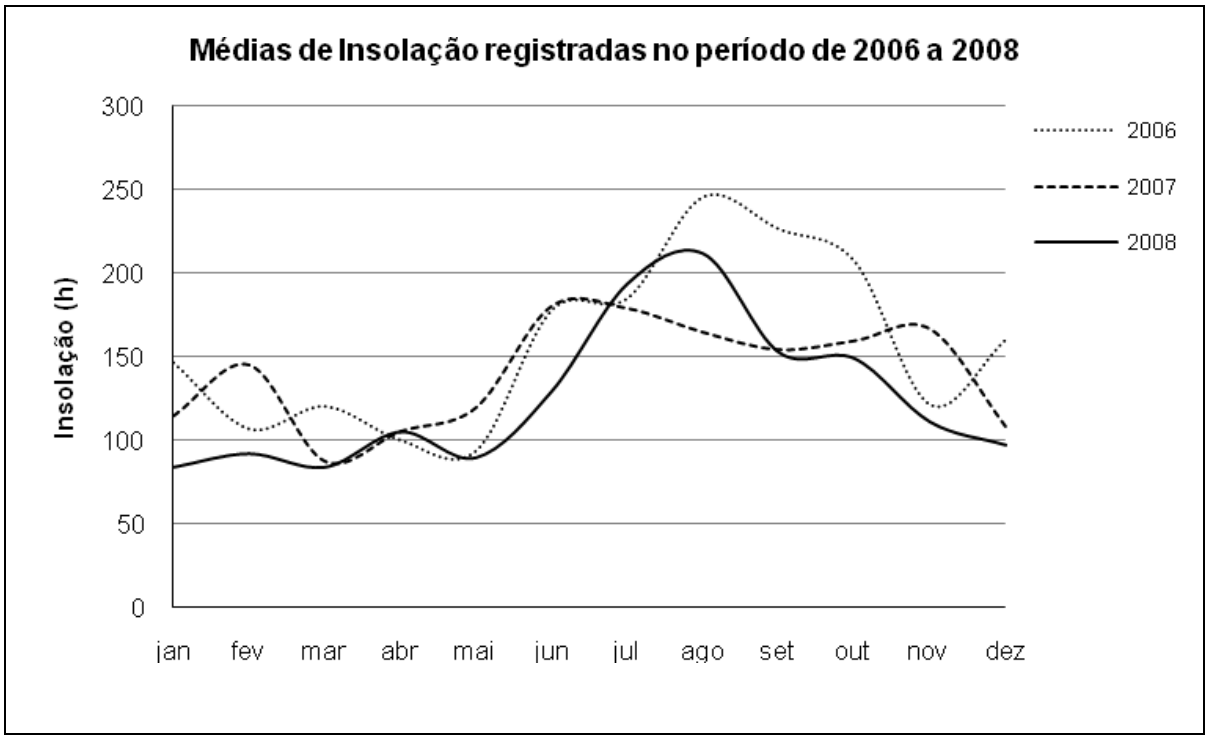

Figura 6. Médias da **i**nsolação verificada ao longo do experimento. Manaus, AM, 2009. FONTE: Laboratório de Agroclimatologia da Embrapa Amazônia Ocidental.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A altura das plantas não apresentou interação significativa entre os dois fatores estudados (espaçamentos e épocas de corte). Entretanto, os maiores espaçamentos entre as plantas (E7) foram os que apresentaram maiores valores (Tabela 3). Esse espaçamento não ofereceu competição entre as plantas em relação aos fatores abióticos, pois não houve em nenhum momento a total cobertura da área ocupada pela espécie.

Tabela 3. Altura média de pimenta-de-macaco (*Piper aduncum* L.) em função dos espaçamentos e diferentes épocas de corte. Manaus – AM, 2009.

Espaçamentos	Altura (cm)
E1	95,77 c
E2	103,45 bc
E3	97,22 c
E4	109,73 abc
E5	122,37 a
E6	121,21 ab
E7	124,33 a
C.V. (%)	13,49
D.M.S.	18,56
Épocas de Corte	
C1	92,54 c
C2	126,24 a
C3	112,97 b
C.V. (%)	13,49
D.M.S.	9,58.

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.
(E1 = 0,5 x 0,5 m; E2 = 0,5 x 1,0 m; E3 = 1,0 x 1,0 m; E4 = 1,0 x 1,5 m; E5 = 1,5 x 1,5 m; E6 = 1,5 x 2,0 m; E7 = 2,0 x 2,0 m). Cortes: C1 = 6 meses; C2 = rebroto de C1aos 6 meses depois; C3 = rebroto de C2 aos 6 meses depois.

Para os espaçamentos menores (E1 a E3), verifica-se uma menor média para a altura. Nesses arranjos a planta desde o inicio já estava submetida a uma maior competição por nutrientes e demais fatores.

Em relação à época de corte, isso foi verificado no segundo corte (C2). Como o primeiro corte foi apenas aos seis meses das plantas no campo, os dados demonstram que esse tempo não foi suficiente para uma maior expressão das plantas em relação à variável altura. O decréscimo na altura verificado no terceiro corte (Tabela 3), provavelmente devido ao fato de que essas plantas já estavam no campo há dezoito meses, tendo sido realizados já dois cortes, sem adição de adubação complementar, podendo-se associar, ainda a pouca reserva, principalmente nos menores espaçamentos.

Leles et al. (1998) também não verificaram influencia de espaçamento no crescimento em altura de plantas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn e *E. pellita* F. Muell em 12 meses de plantio.

De acordo com Paiva et al. (2001), para espécies madeireiras, o espaçamento não afeta o crescimento em altura das plantas. Para esses autores, o melhor espaçamento é aquele que produz o máximo de madeira, em tamanho, forma e qualidade com o menor custo.

A influência de diferentes espaçamentos sobre a produção de biomassa varia com a espécie, idade da planta e a qualidade de sítio. Nos espaçamentos mais densos, a maior competição entre plantas resulta na estabilização do acúmulo de biomassa em menor idade que aquela observada em espaçamentos mais amplos (BERNARDO, 1995).

A produção de folhas em pimenta-de-macaco foi afetada pelo espaçamento e épocas de corte. Os maiores valores foram verificados para o C2 até o E4, decrescendo nos espaçamentos seguintes (Figura 7).

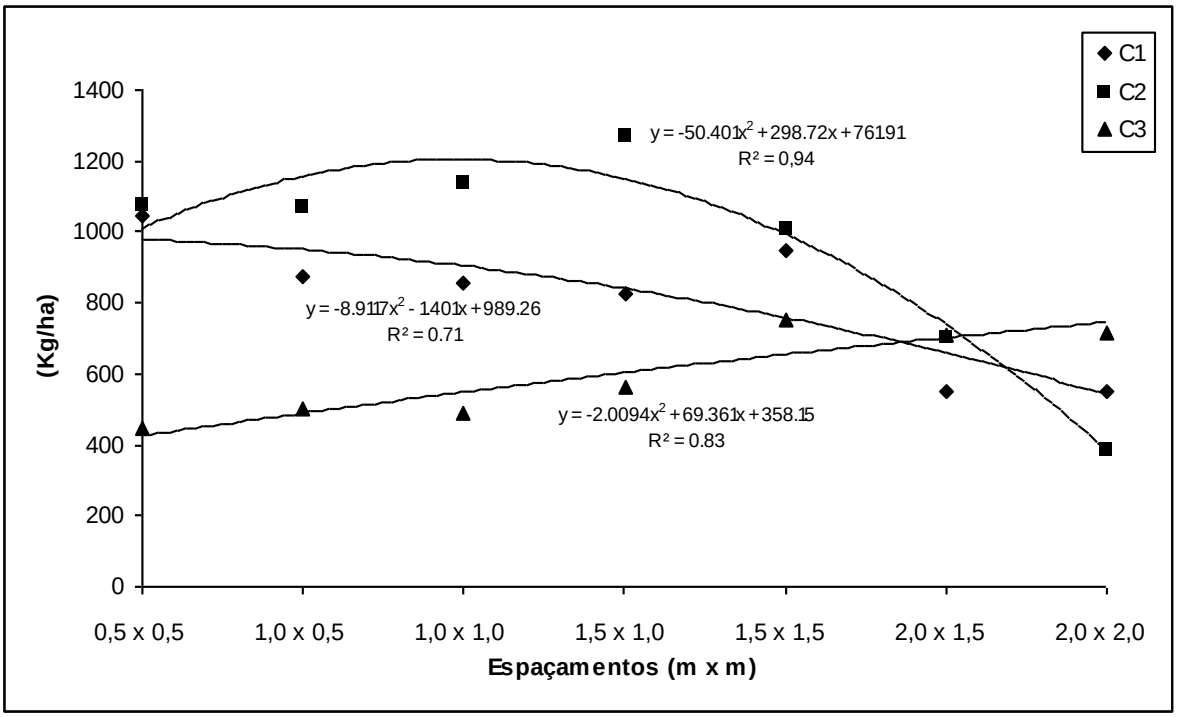

Figura 7. Produção de folhas de pimenta-de-macaco (*Piper aduncum* L.) em função de diferentes espaçamentos e épocas de corte. Manaus – AM, 2009.

Para o C1, já a partir do menor espaçamento, houve redução contínua na produção de folhas. Por outro lado, o C3 demonstrou resposta contrária aos demais cortes, embora com valores bem abaixo, principalmente nos cinco arranjos iniciais, embora as produções obtidas só foram superiores aos demais cortes no espaçamento maior (E7). Mais uma vez, vale ressaltar que o C3 foi realizado com plantas de dezoito meses de vida no campo, mas que foram submetidas a dois cortes, em intervalos de seis meses. Embora os maiores diâmetros tenham sido observados nos dois maiores espaçamentos (E6 e E7) (Figuras 7, 8, 9, 10 e 11), as reservas acumuladas nas raízes não foram suficientes para proporcionar a regeneração/rebroto capaz de superar essas plantas apenas com 12 meses e ainda o fato de que as maiores precipitações e menores valores de horas de luz foram registrados nos seis primeiros meses de cada ano.

Figura 8. Diâmetros de caules de pimenta-de-macaco (*Piper aduncum* L.) nos menores espaçamentos em função da época do segundo corte. Manaus, AM. 2009.

Figura 9. Detalhe do diâmetro de caule de pimenta-de-macaco (*Piper aduncum* L.) em função dos menores espaçamentos e época do segundo corte. Manaus, AM. 2009.

Figura 10. Detalhe do diâmetro de caule de pimenta-de-macaco (*Piper aduncum* L.) em função dos espaçamentos intermediários e época do terceiro corte. Manaus, AM. 2009.

Figura 11. Detalhe do diâmetro de caule de pimenta-de-macaco (*Piper aduncum* L.) em função do maior espaçamento e época do terceiro corte. Manaus, AM. 2009.

A produção de caule em pimenta-de-macaco foi afetada pelos espaçamentos e épocas de corte. Pode-se verificar na Figura 12 que os maiores valores apresentados nesta variável foram verificados para o C2 e C3. No C1, houve um decréscimo contínuo conforme o aumento dos espaçamentos. Associe-se o fato de que as plantas só tinham seis meses de idade, pouca reserva nas raízes e grandes áreas disponíveis para as mesmas, mas com capacidade inferior de explorá-las.

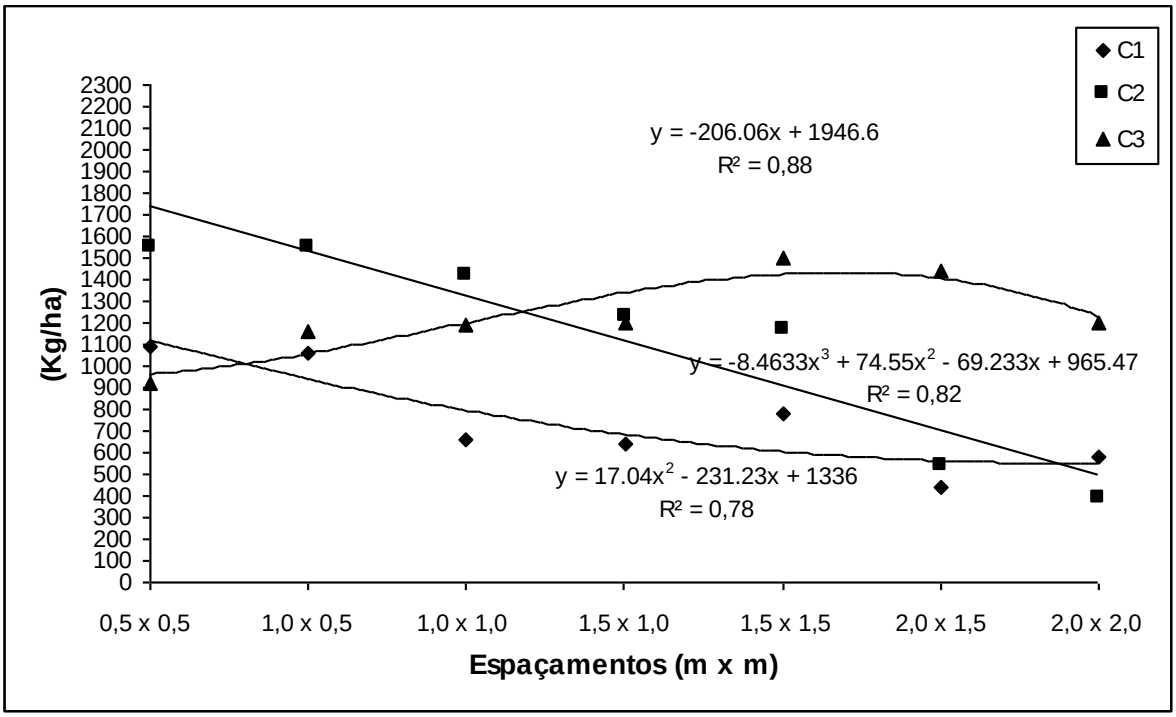

Figura 12. Produção de caules de pimenta-de-macaco (*Piper aduncum* L.) em função de diferentes espaçamentos e épocas de corte. Manaus – AM, 2009.

A radiação solar intervém diretamente sobre o crescimento e desenvolvimento da planta, e indiretamente, pelos efeitos no regime térmico, sendo fundamental à produção de fitomassa. É igualmente importante no condicionamento da evaporação e da evapotranspiração. Tanto a temperatura do ar como a do solo, afetam os processos de crescimento e de desenvolvimento das plantas.

Na Figura 13, pode-se observar que os resultados obtidos revelaram diferença significativa (P<0,05) sobre a Relação Folha/Caule apenas para o C1 e C2, não havendo diferença para o C3 (Tabela 4).

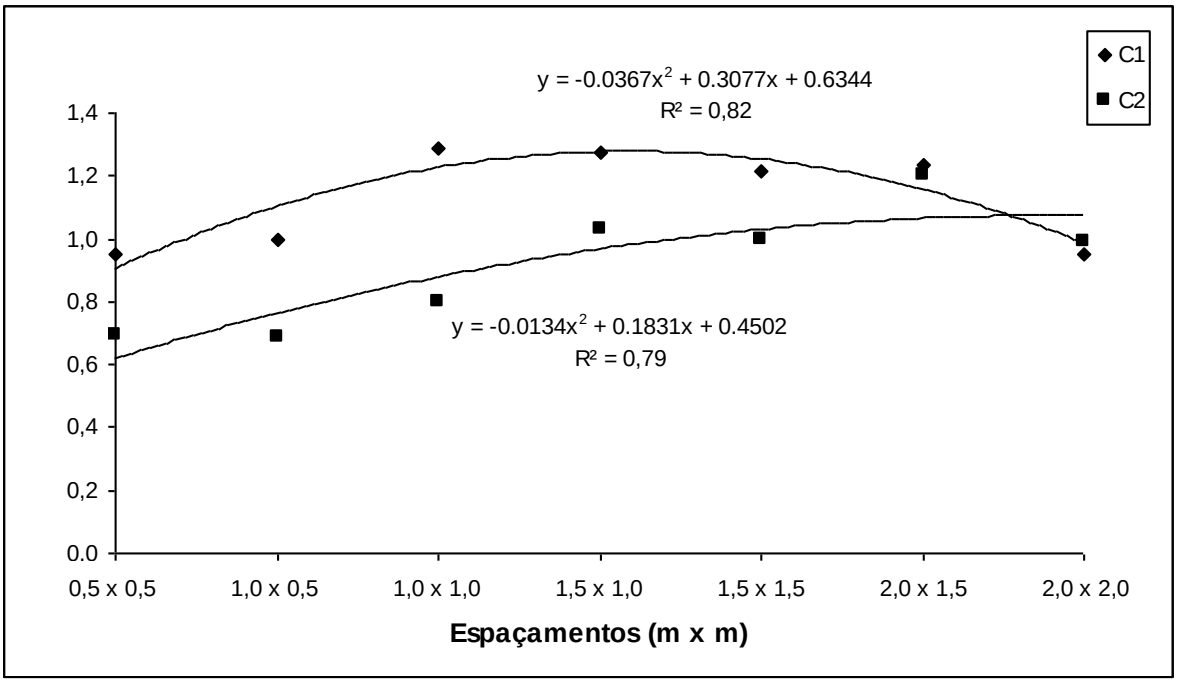

Figura 13. Relação Folha/Caule de pimenta-de-macaco (*Piper aduncum* L.) em função de diferentes espaçamentos e épocas de corte. Manaus – AM, 2009.

O C1 apresentou resposta crescente para RF/C até o E4, decrescendo em seguida, em função do aumento dos espaçamentos. Essa resposta pode estar associada ao fato de que as folhas em C1, permaneceram mais tempo presas aos ramos, pois tinham somente seis meses de cultivo no campo e ainda as plantas estavam investindo mais em formação de biomassa de folhas do que de caule assim como também em detrimento das inflorescências. Isto está fundamentado no fato de que no C1 não houve significância para produção deste componente, até mesmo porque este componente apresentou média de 0,49 kg/ha. Durante esse período de crescimento não houve deficiência em umidade disponível para as mesmas (Figura 5). As

maiores produções de folhas e caules foram registradas no C2, embora a RF/C tenha ficado em torno de 1,0 a partir do E4 (Figura 13). Essa resposta encontra fundamento, pois sendo os valores aproximados, o resultado da divisão fica em torno da unidade.

Tabela 4. Médias da relação Folha/Caule em pimenta-de-macaco (*Piper aduncum* L.) do terceiro corte em função de espaçamentos. Manaus – AM, 2009.

Espaçamentos	CORTE 3
E1	0,40 a
E2	0,67 a
E3	0,42 a
E4	0,52 a
E5	0,42 a
E6	0,47 a
E7	0,57 a
Média	0,49
C.V. (%)	18,60
D.M.S.	0,33n.s*

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.
(E1 = 0,5 x 0,5 m; E2 = 0,5 x 1,0 m; E3 = 1,0 x 1,0 m; E4 = 1,0 x 1,5 m; E5 = 1,5 x 1,5 m; E6 = 1,5 x 2,0 m; E7 = 2,0 x 2,0 m).

A produção de inflorescência só foi significativa para a interação em C2 e C3, enquanto a média para C1 situou-se em torno de 3,00 kg/ha (Tabela 5). Os cortes C2 e C3 tiveram resposta crescente em função do aumento do espaçamento entre as plantas.

Tabela 5. Médias da produção de inflorescências/infrutescências e teor de óleo essencial em pimenta-de-macaco (*Piper aduncum* L.) em função de espaçamentos e do primeiro corte. Manaus – AM, 2009.

Espaçamentos	1º CORTE	
	Inflorescências/Infrutescências (kg/ha)	Teor de Óleo Essencial (%)
E1	3,15 a	5,51 a
E2	3,60 a	4,61 a
E3	3,07 a	4,53 a
E4	2,57 a	4,38 a
E5	2,97 a	4,61 a
E6	2,30 a	4,55 a
E7	3,35 a	4,47 a
Média	3,00	4,66
C.V. (%)	47,44	11,37
D.M.S.	6,21	0,81

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.
(E1 = 0,5 x 0,5 m; E2 = 0,5 x 1,0 m; E3 = 1,0 x 1,0 m; E4 = 1,0 x 1,5 m; E5 = 1,5 x 1,5 m; E6 = 1,5 x 2,0 m; E7 = 2,0 x 2,0 m).

Assim como para os outros componentes, o C2 também apresentou superioridade na produção de inflorescências, alcançando no maior espaçamento valores em torno de 20,0 k/ha. Para o C3 o maior valor, também no maior espaçamento, se aproximou de 14,0 k/ha (Figura 14).

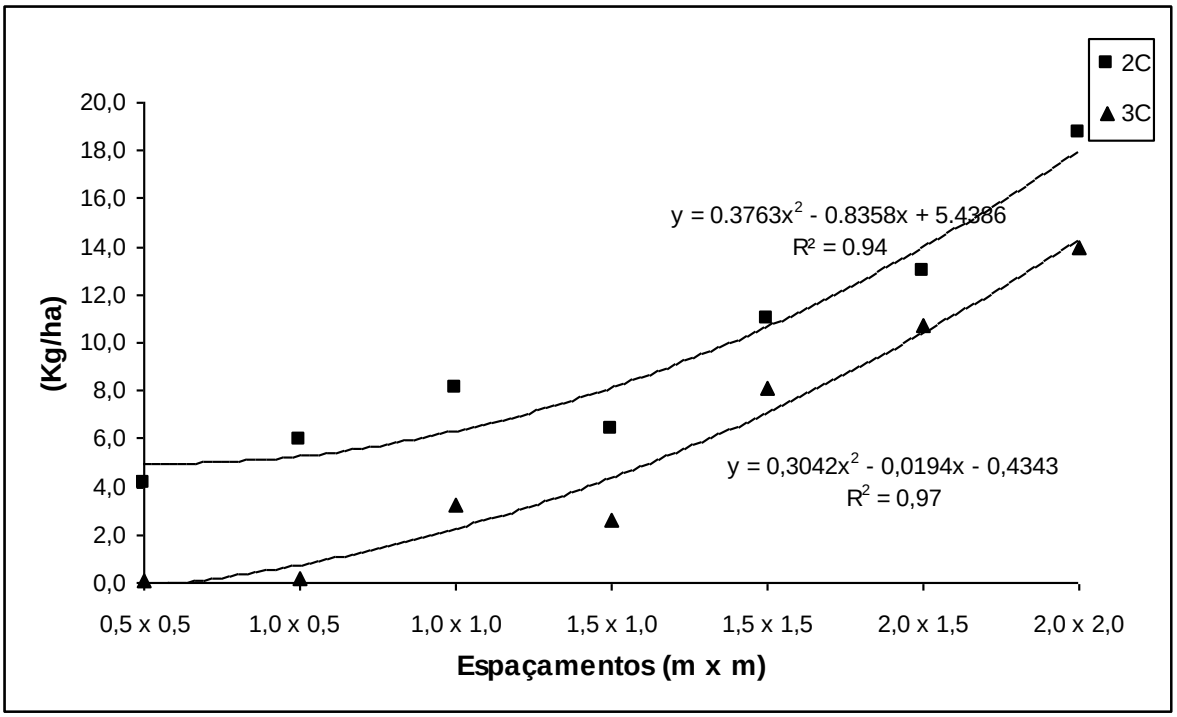

Figura 14. Produção de inflorescências/infrutescências de pimenta-de-macaco (*Piper aduncum* L.) em função de diferentes espaçamentos e épocas de corte. Manaus – AM, 2009.

Não houve interação significativa para os tratamentos por ocasião do C1 para teor de óleo essencial (Tabela 5). O maior teor de óleo essencial foi por ocasião do C2, decrescendo a partir do E5. Para o C3, o teor não tende a cair mesmo com o avanço no espaçamento (Figura 15). Associando-se as condições climáticas de precipitação pluviométrica por ocasião do segundo corte, realizado em dezembro de 2007, denota-se pela Figura 5, que o período anterior de desenvolvimento correspondeu à alta precipitação, alta umidade, fatores importantes para o desenvolvimento dos vegetais.

De acordo com Campos e Canéchio Filho (1975), vários fatores podem causar a variação na porcentagem de óleo obtido, destacando-se a idade da planta, tipo de solo cultivado e a técnica de extração empregada.

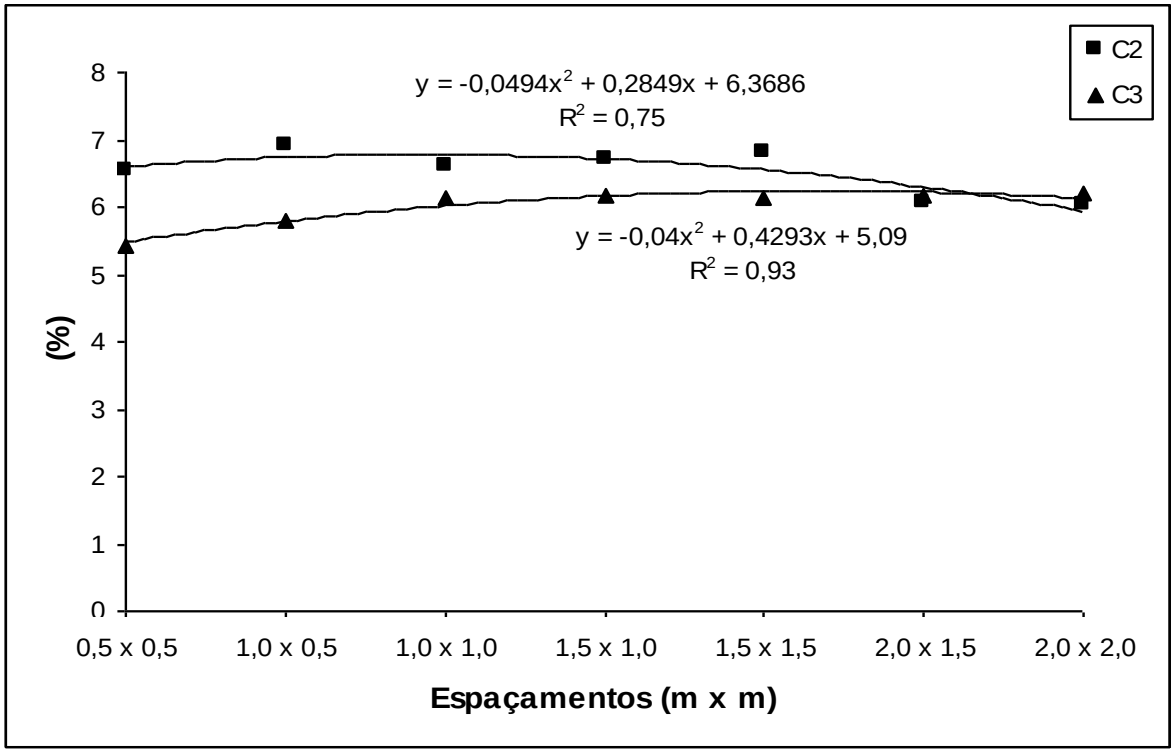

Figura 15. Teor de óleo essencial de pimenta-de-macaco (*Piper aduncum* L.) em função de diferentes espaçamentos e épocas de corte. Manaus – AM, 2009.

Para a variável de produção de óleo essencial (Figura 16), o C2 foi superior aos demais cortes, mostrando um pico de produção no E4. Já C3, apesar de apresentar a menor produção, mostrou-se crescente nos maiores espaçamentos, sendo superior no E7.

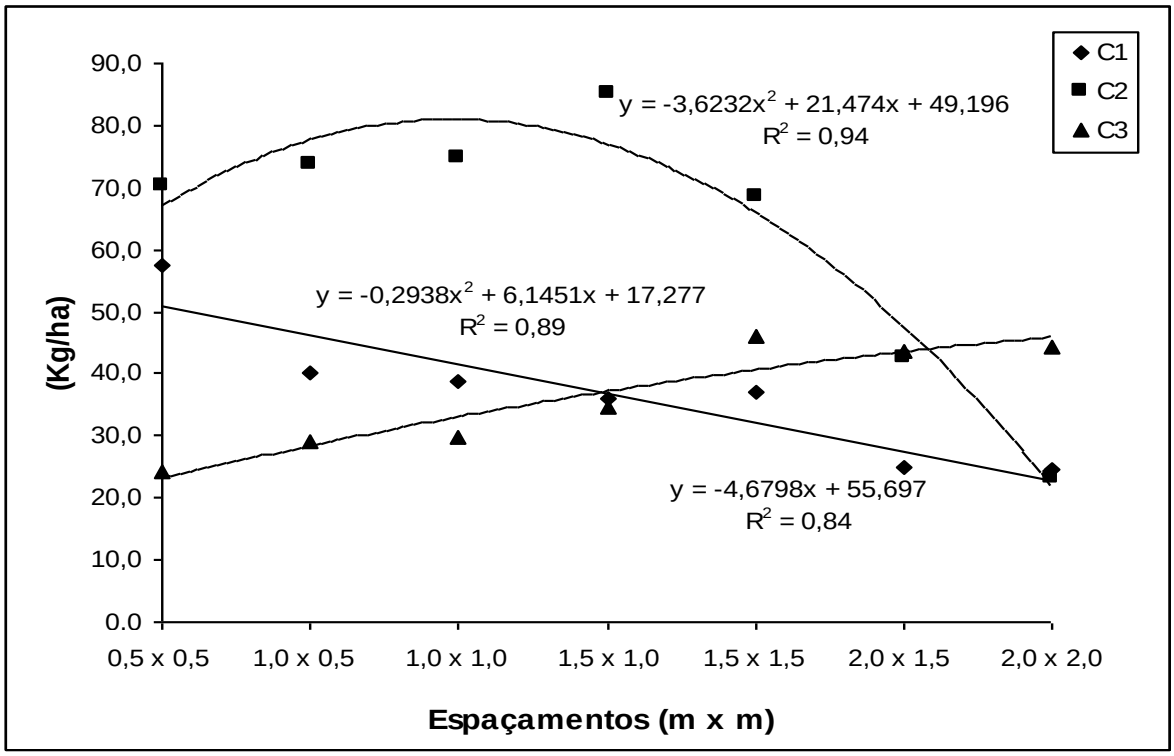

Figura 16. Produção óleo essencial de pimenta-de-macaco (*Piper aduncum* L.) em função de diferentes espaçamentos e épocas de corte. Manaus – AM, 2009.

Tal observação pode ser explicada pelo fato de que, conforme as atividades fisiológicas diminuem em direção ao estádio de senescência, cessa a biossíntese de óleo essencial nessas partes mais velhas, além de ser promovida a reciclagem do óleo para porções mais jovens da planta, o que diminui seu teor nas folhas mais velhas (MING, 1998). No entanto, Santos & Innecco (2004), em experimento com *Lippia alba* (Mill) onde foram realizadas apenas duas colheitas, aos 60 e aos 120 dias, observaram que esta última proporcionou o maior rendimento de óleo. Segundo os autores, tal resultado ocorreu pelo fato da planta estar plenamente estabelecida na segunda colheita.

O C1 mostrou uma queda conforme o aumento dos espaçamentos, sendo sua maior produção no E1. Provavelmente isto pode ter ocorrido devido à redução da precipitação e dos níveis de incidência de radiação solar (Figuras 5 e 6) durante o período desse corte que

induziram a queda dos níveis do metabolismo primário e secundário das plantas (TAIZ e ZEIGER, 1998). Acrescente-se o fato de que na produção de folhas (Figura 7), também foi decrescente e contínuo, influenciando, por conseguinte a produção, visto que ela foi resultante do teor *versus* produção de folhas. Segundo Choudhury (1994), Singh et al. (1988), Fátima et al. (1999), Leal et al. (2001) e Taveira (2003), as épocas de corte, principalmente no que se refere às condições edafoclimáticas do ano, interferem na produção de óleo essencial.

Tansi & Nacar (2000) relatam que plantas de *Ocimum basilicum* L. var. *citriodorum*, colhidas em duas épocas, apresentaram maior teor de óleo essencial na primeira colheita. Além disso, Ming (1998) descreveu que os teores de óleos essenciais de *Lippia alba* variaram com relação à época de colheita, diminuindo à medida em que aumentava o período de colheita com relação à época do plantio.

O óleo essencial de folhas de *P. aduncum*, apresentou os seguintes constituintes: miristicina, beta-cariofileno, cis-ocimeno, trans-ocimeno, mirceno e dilapiol, sendo este último, o componente majoritário desta população, com teores acima de 80%, ficando os demais em torno de 1 a 2,4%. Enquanto o teor de dilapiol foi menor no E7, os demais foram superiores exatamente neste espaçamento (E7). O dilapiol é um composto pertencente à classe dos fenilpropanóides, não tóxico, sinérgico com piretróides, apresenta atividade anti-inflamatória e com propriedades inseticidas (BERNARD et al., 1995; SOUTO, 2006). Bernard et al. (1995) compararam o extrato alcóolico de folhas de dezesseis espécies de *Piper* apontando *P. aduncum* como a de maior atividade inseticida, com 92% de eficiência no controle de larvas de segundo ínstar de *Aedes atropalpus* L., à concentração de 1 ppm. O dilapiol aparece como constituinte principal no óleo essencial de *P. aduncum* variando de 58% a 88,4% (SMITH & KASSIM, 1979; GOTTLIEB et al. 1981).

Pode-se observar a presença de rotas biossintéticas distintas, com a presença de terpenóides como trans-ocimeno, mirceno, cis-ocimeno e beta-cariofileno, que deriva da via

mevalonato, assim como a miristicina e o dilapiol que são derivados do chiquimato (ou ácido chiquímico) (Tabela 6 e Figura 17).

Tabela 6. Valores médios dos constituintes químicos do óleo essencial de pimenta-de-macaco (*Piper aduncum* L.) em função de espaçamentos e épocas de corte. Manaus – AM, 2009.

Espaçamentos	Dilapiol	Mirceno	Cis-ocimeno	Beta-cariofileno	Miristicina
E1	85,17 ab	1,29	0,80 c	1,95	2,09 a
E2	85,84 ab	1,19	0,82 bc	1,90	1,90 ab
E3	86,13 a	1,19	0,88 bc	1,80	1,89 ab
E4	85,18 ab	1,29	0,93 ab	1,85	1,94 ab
E5	85,77 ab	1,20	0,90 abc	1,70	1,67 b
E6	85,50 ab	1,13	0,90 abc	1,98	1,92 ab
E7	83,98 b	1,24	1,01 a	2,20	2,17 a
C.V. (%)	1,60	11,93	8,83	19,39	13,71
D.M.S.	2,00	0,21 n.s.	0,11	0,54 n.s.	0,39

Épocas de Corte	Dilapiol	Mirceno	Cis-Ocimeno	Beta-Cariofileno	Miristicina
C1	85,29	1,30	1,00 a	1,64 b	1,86 b
C2	85,57	1,14	0,72 b	2,37 a	2,08 a
C3	85,23	1,21	0,95 a	1,73 b	1,88 ab
C.V. (%)	1,60	11,93	8,83	0,54	13,17
D.M.S.	1,03 n.s.	0,10 n.s.	0,06	0,28	0,19

n.s = Não significativo ao nível de 5% de probabilidade. Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. (E1 = 0,5 x 0,5 m; E2 = 0,5 x 1,0 m; E3 = 1,0 x 1,0 m; E4 = 1,0 x 1,5 m; E5 = 1,5 x 1,5 m; E6 = 1,5 x 2,0 m; E7 = 2,0 x 2,0 m). Cortes: Cortes: C1 = 6 meses; C2 = rebroto de C1; C3 = rebroto de C2.

Segundo Farias (1999), a localização geográfica, época de coleta, forma de cultivo, condições climáticas, idade do material vegetal, período e condições de armazenamento podem influenciar o perfil químico dos óleos essenciais de plantas. Lawrence (1992) observou em *Ocimum basilicum* L. apreciáveis variações morfológicas e na composição química de óleo essencial em função de variações intraespecíficas de cultivo.

Variação no teor dos princípios ativos influenciado pela época de corte das plantas medicinais e aromáticas foi encontrada por diversos autores como Mattos et al. (2000) em alecrim-pimenta (*Lippia sidoides* Cham.) e Blanco (2001) com alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.).

Nota-se que o comportamento observado em todas as amostras analisadas, evidenciaram que os diferentes espaçamentos em função da época de corte estudadas neste trabalho, não interferiram na qualidade do óleo essencial em relação ao seu principal constituinte.

Yadava (2001) trabalhando com *Cymbopogon flexuosus* (AUTOR) (CPK-25) e Rao (2002), com gerânio, confirmam estes resultados, pois também não obtiveram diferença na qualidade do óleo essencial, pela influência de espaçamentos, épocas de corte e altura de corte.

O percentual de trans-ocimeno nas folhas de *P. aduncum*, submetidas aos diferentes espaçamentos, apresentou uma evolução uniforme nos três cortes (Figura 17).

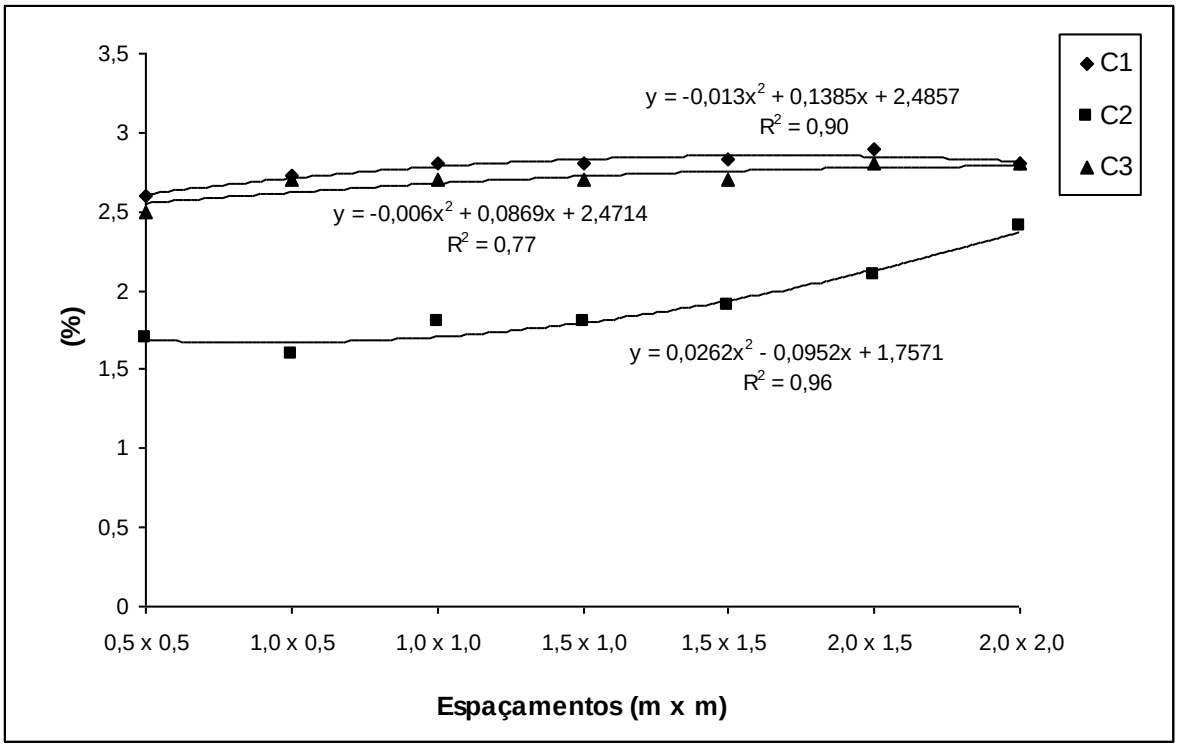

Figura 17. Teor de trans-ocimeno em óleo essencial de pimenta-de-macaco (*Piper aduncum* L.) em função de diferentes espaçamentos e épocas de corte. Manaus – AM, 2009.

O E1 apresentou um menor teor nos três cortes (C1, C2 e C3), mas especificamente no C2, que alcançou um menor valor (1,7%). Se por um lado o teor de trans-ocimeno foi menor do C2, o mesmo não ocorreu para as variáveis agronômicas, que foram maiores no C2.

6. CONCLUSÕES

- ✓ A maior produção de biomassa aérea, teor e produção de óleo essencial em pimenta-de-macaco foram no corte aos 12 meses de idade, em espaçamentos que variaram de 1,0 m x 1,0 m a 1,0 m x 1,5 m;

- ✓ Dilapiol foi o constituinte majoritário do óleo essencial de pimenta-de-macacao, com maior valor no espaçamento de 1,0 m x 1,0 m;

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBOUT, P. I. Comfrey: assessing the low-dose health risk. **The Medical Journal of Australia**, v. 149, 1988.

ALVES, R. **Filosofia da Ciência**. Introdução ao jogo de suas regras. São Paulo: Brasiliense, 199p. 1988.

ANDRADE, F. M.C.Ç.; CASALI, V. W. D. **Plantas medicinais e aromáticas: relação com o ambiente, colheita e metabolismo secundário.** Viçosa, UFV/DFT, 139p. 1999.

ARISMENDI, L. G. **Efeito de métodos de produção de mudas e população no rendimento de repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*).** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1975. 50f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1975.

BARROS, N.F., NOVAIS, R.F., CARDOSO, J.R., NEVES, J.C.L Classificação nutricional de sítios florestais - Descrição de uma metodologia. **Revista Árvore**, v.10, n.1, p.112-120, 1986.

BASTOS, C.N. Efeito do óleo de *Piper aduncum* sobre *Crinipellis perniciosa* e outros fungos fitopatogênicos. **Fitopatologia Brasileira**, v.3, n.22, p.441-443, setembro/1997.

BAUER, K; GARBE, D**.** Common fragrance and flavour materials: preparations, properties and uses**. Weinheim: VCH**, p. 149, 1985.

BERMUDEZ, J. A. Z. **Indústria farmacêutica, estado e sociedade**. São Paulo: Hucitec, p. 204, 1995.

BERNARD, C.B.; KRISHNAMURTY, H.G.; CHAURET, D.; DURST, T.; PHILOGÉNE, B.J.R.; SANCHEZ-VINDAS, P.; HASBUN, C.; POVEDA, L.; SAN ROMÁN, L.; ARNASON, J.T. Insecticidal defenses of Piperaceae from the neotropics. **J Chem Ecol 21**: 801-814. 1995

BERNARDO, A. L. **Crescimento e eficiência nutricional de *Eucalyptus* spp. sob diferentes espaçamentos na região de cerrado de Minas Gerais.** Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 102p. 1995.

BEZERRA, A. M. E. **Desenvolvimento de um sistema de produção para macela (*Egletes viscosa* (L.) Less)**. 125f. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Universidade Federal do Ceará. 2003.

BIZERRIL, M.X.A. & RAW, A. Feeding behaviour of bats the dispersal of *Piper arboretum* seeds in Brazil. **Journal of Tropical Ecology**. 14: 109 – 114. 1998.

BLANCO MCSG. Influência de épocas de colheita na produção de óleo essencial de alecrim. In: JORNADA PAULISTA DE PLANTAS MEDICINAIS, 5. **Anais**... São Paulo. p.74. 2001.

BLANK, A.F.; ALVES, P.B.; Melhoramento de plantas medicinais e aromáticas. **Horticultura Brasileira**, Uberlândia, v. 20, n.2, julho, Suplemento 2,1 CD. Palestra. 2002.

BORRIS, R. P. Natural products research: perspectives from a major pharmaceutical company. **Journal of Ethnopharmacol**, n. 51, p. 29-38, 1996.

BRASIL, MMA. **A Convenção sobre Diversidade Biológica - CDB**, Cópia do Decreto Legislativo nº 2, de 5 de junho de 1992. MMA. Brasília, p.30, 2002.

BRIGADÃO, C. **Dicionário de Ecologia.** Rio de Janeiro: Toop books Editora e Distribuidora Ltda, 344 p. 1992.

BRITO, A. R. M. S.; NUNES, D. S.. Ethnopharmacology and the sustainable development of new plant-derived drugs. **Ciência e Cultura**, v. 49, n. 5/6, p. 402-408, 1997.

BRUNETON, J. **Elementos de Fitoquimica y de Farmacognosia**. Zaragoza: Acribia, p.594. 1991.

BUSTAMANTE, F.M.L. **Plantas medicinales y aromaticas.** Madrid: Mundi Prensa, p.85-88. 1993.

CAMPOS, T., CANÉCHIO FILHO, V. **Principais culturas**. 2ed. Campinas: Instituto Campeiro de Ensino Agrícola v. 02, 633p, 1975.

CASTELLANI, D.C.; CASALI, V.W.D.; SOUZA, A.L.; CECON, P.R.; CARDOSO, C.A.; MARQUES, V.B. Produção de óleo essencial de catuaba (*Trichilia catigua* A. Juss) e negramina (*Siparuna guianensis* Aubl) em função da época de colheita. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Botucatu. V.8, n. 4, p. 62-65, 2006.

CHAVES, F. C. M. **Produção de biomassa, rendimento e composição de óleo essencial de alfavaca-cravo (*Ocimum gratissimum* L.) em função de adubação orgânica e épocas de corte.** Botucatu, SP. 144 p., Tese de doutorado. 2002.

CHAVES, J. L. Pimenta Longa Reativa: O Safrol. **Química e Derivados**, p. 40-41, 1994.

CHOUDHURY, S. N. Effect of clipping heigth on herb and essential oil yield of lemongrass (*Cymbopogon flexuosus*). **Indian J. Agronomy**, v. 39, n. 4, p. 592-598, 1994.

CORRÊA JÚNIOR, C.; MING, L. C.; SCHEFFER, M. C**. Cultivo de plantas medicinais, condimentares e aromáticas**, 2. ed., Jaboticabal: FUNEP, p. 162, 1994.

CORRÊA, M. P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, v.1, p.138. 1984.

COSTA, A.F. **Farmacognosia**. 5. ed. Lisboa: Fundação Calouste Guibenkian, v.3, p. 190-193. 1994.

CRAVEIRO, A. A.; QUEIROZ, D. C. Óleos Essenciais e Química Fina. **Química Nova,** v. 16, n. 3, p. 224-228, 1993.

DI STASI, L.C., HIRUMA-LIMA, C.A., SOUZA-BRITO, A.R.M., MARIOT, A. & SANTOS, C.M. **Plantas medicinais na Amazônia e na Mata Atlântica**. 2ª. Ed. São Paulo SP. Editora UNESP. 2002.

DIAS, B. F.S. **A implementação da convenção sobre diversidade biológica no Brasil: desafios e oportunidades.** Campinas. André Tosello, p. 10. 1996.

DOUROJEANNI, M.J., PÁDUA, M.T.J. **Biodiversidade: a hora decisiva**. Ed. UFPR, Curitiba, 308p., 2001.

FAJARDO, G. et al. Comparative study of the oil and supercritical CO2 extract of Mexican pimento (*Pimenta dioica* Merrill). J. **Essent. Oil Res**. v.9.n 2, p.181-185, 1997.

FARIAS, M. R. Famacognosia da planta ao medicamento: In: SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Avaliação da qualidade de matérias-primas vegetais**. 5. ed. Porto Alegre: UFSC, UFRGS, 1999.

FÁTIMA, S.; FAROOQI, A. H. A.; ANSARI, S. R.; SRIKANT, S. Effect of water stress on growth and essential oil metabolism in *Cymbopogon martini* (palmarosa) cultivars. **Journal of Essential Oil Research.** v. 11, n.4, p. 491-496, 1999.

FIGUEIREDO, R.A.; SAZIMA, M. Pollination Biology of Piperaceae Species in Southeastern Brazil. **Annals of Botany**. 85: 455 – 460. 2000.

FRISCHKORN, C. G. B. & H. E. FRISCHKORN. Cercaricidal activity of some essencial oils of plants from Brazil. **Natturwiss**. 65: 480-483. 1978.

GEISSMANN, T. A.; CROUT, D. H. G**. Organic Chemistry of Secondary Plant Metabolism**, Ed. Freemann, Cooper & Company, USA, p. 136-166, 1969.

GOTTLIEB, O.R.; KOKETSU, M.K.; MAGALHÃES, M.T.; MAIA, J.G.S.; MENDES, P.H.; ROCHA, A.I.; SILVA, M.L.; WILBERG, V.C. Óleos essenciais da Amazônia. VII. **Acta Amazonica**, 11 (1): 143-148. 1981.

GREIG, N. Regeneration mode in neotropical *Piper*: habitat and species comparisons. **Ecology**. 74: 2125-2135. 1993.

HARBONE, J. B., **Introduction to ecological biochemistry**. 3a Ed. London: Academic, 1988.

HIGUCHI, N.; CARVALHO JR., J.A. Fitomassa e conteúdo de carbono de espécies arbóreas da Amazônia. In: EMISSÃO x SEQUESTRO DE CO2 - UMA NOVA OPORTUNIDADE DE NEGÓCIOS PARA O BRASIL, Rio de Janeiro. **Anais.** Rio de Janeiro: Companhia Vale do Rio Doce. p 125-153. 1994.

JARAMILLO, M. A. & MANOS, P. S. Phylogeny and patterns of floral diversity in the genus *Piper* (Piperaceae). **American Journal of Botany**. 88 (4): 706 – 716. 2001.

KRAMER, P. & KOZLOWSKI, T.T. **Fisiologia das árvores**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 742p. 1960.

LAWRENCE, B.M. Chemical components of Labiatea oils and their exploidation. In: Harley, Reynolds, T. (Ed.). **Advance in labiatae science**. Kew: Royal Botanics Gardens, p.399- 36. 1992.

LEAL, P.G.L. **Produção de biomassa e distribuição de nutrientes em *Eucalyptus grandis* influenciadas pela aplicação de fosfato natural em solos de Cerrado**. Viçosa: Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Viçosa. 1988.

LEAL, T.C. A. DE B.; FREITAS, S. DE P.; SILVA, J. F. DA; CARVALHO, A. J. C. de. Avaliação do efeito da variação estacional e horário de colheita sobre o teor foliar de óleo essencial de capim cidreira (*Cymbopogon citratus* (DC) Stapf). **Revista Ceres**, v.48, n.278, p. 445-453, 2001.

LELES, P. S. S. Relações hídricas e crescimento de árvores de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus pellita* sob diferentes espaçamentos na região de cerrado. **Revista Árvore**, v. 22, n. 1, p. 41-50, 1998.

LORENZI, H.; MATOS, F.J.A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas cultivadas.** Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, p.158-159. 2002.

LUCCHESI, A. A.; MINAMI, K.; KALIL FILHO, A. N.; KIRYU, J. N.; PERRI JUNIOR, J. Produtividade do rabanete (*Raphanus sativa* L.) relacionado com a densidade de população. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz,** Piracicaba, v. 33, p. 577-83. 1976.

MAIA, J.G.S., ZOHHBI, M.das G.B., ANDRADE, E.H.A., SANTOS, A.S., da SILVA, M.H.L., LUZ, A.I.R., BASTOS, C.N. Constituints of the essential oil of *Piper aduncum* L. growing wild in the Amazon region. **Flavour and Fragrance Journal**, n.13, p.269-72, 1998.

MARTINELLI, L.A.; MOREIRA, M.Z.; BROWN, I.F.; VICTORIA, R.L. Incertezas associadas às estimativas de biomassa em florestas tropicais. In: EMISSÃO x SEQUESTRO DE CO2 – UMA NOVA OPORTUNIDADE DE NEGÓCIOS PARA O BRASIL, 1994. Rio de Janeiro. **Anais.** Rio de Janeiro: Companhia Vale do Rio Doce, p. 197-221. 1994.

MATOS, F.J.A. Plantas medicinais brasileiras – um desafio para nossos químicos orgânicos. **Desafio,** v.3, p.9, 1990.

MATTOS SH. **Estudos fitotécnicos da *Mentha arvensis* L. var. Holmes como produtora de mentol no Ceará.** Fortaleza: UFC/CCA. 98p. (Tese doutorado), 2000.

MELLO, M.A.R. **Interações entre morcego *Carollia perspicillata* (Linnaeus, 1758) (Chiroptera: Phyllostomidae) e plantas do gênero *Piper* (Linnaeus, 1737) (Piperales: Piperaceae) em uma área de Mata Atlântica.** Tese (Mestrado em ecologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2002.

MING, L.C. Adubação orgânica no cultivo de *Lippia alba* (Mill.) N.E.Br. - Verbenaceae. In: MING, L.C. et al. **Plantas medicinais aromáticas e condimentares**: avanços na pesquisa agronômica. Botucatu: UNESP, p.165-91. 1998.

MONDIN, M. **Influência de espaçamentos, métodos de plantio e de sementes nuas e peletizadas, na produção de duas cultivares de alface (*Lactuca sativa* L.)** Lavras: ESAL, 1997. 59f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, ESAL, Lavras, 1988.

MORS, W.B.; RIZZINI, C.T.; PEREIRA, N.A. **Medicinal plants of Brazil**. Michigan: Reference Publications Incorporation, 501p, 2000.

OLIVEIRA, F., AKISUE, M. K., AKISUE, G. **Farmacognosia.** São Paulo. Atheneu., 127p. 1997.

ORJALA, J.; WRIGHT, A.D.; BEHRENDS, H.; FOLKERS, G.; STICHER, O. Cytotoxic and antibacterial dihydrochalcones from *Piper aduncum.* **Journal of Natural Products**, v57, n.1, p.18-26, 1994.

OVINGTON, S.D. & MADWICK, H.A.I. Distribution of organic matter and plant nutrients in a plantation of scots pine. **Forest Science**, v.5, p. 344-355, 1959.

PAIVA, H. N.; JACOVINE, L. A. G.; REBEIRO, G. T. Cultivo de eucalipto em propriedades rurais. Viçosa – MG: **Aprenda Fácil**. P. 66 – 67. 2001.

PARDÉ, J. Forest Biomass. In: **Forestry Abstracts Review Article,** France. Station de Sylviculture et de Producion, Centre Nacional de Recherches Forestières, v.41, n.8, p. 349; 350; 352. 1980.

POGGIANI, F.;COUTO, H.T.Z. do; SUITER FILHO, W. **Biomass and nutrient estimates in short rotation intensively cultured plantation of *Eucalyptus grandis***. IPEF, Piracicaba, n.23, p. 37-42, 1983.

RAO, B. R. R. Biomass yield, essential oil yield and essential oil composition of rose-scented geranium (*Perlagonium species*) as influenced by row spacings and intercropping with cornmint (*Mentha arvensis* L.f. *piperascens* Malinv. ex. Holmes). **Industrial Crops and Products,** v.16, n2, p. 133-144, 2002.

REBELO, R. A.; ABREU, A. M.; SEVEGNANI, L.; *Piper mikanianum* (Kunth) Steudel from Santa Catarina, Brasil – A new source of Safrole**. Journal Of Essential Oil Research**, 2002.

RIBEIRO, J. E. L. S.; HOPKINS, M. J. G.; VICENTINI, A.; SOTHERS, C. A.; COSTA, M. A. S.; BRITO J. M.; SOUZA, M. A. D.; MARTINS, L. H. P.; LOHMANN, L. G.; ASSUNÇÃO, P. A. C. L; PEREIRA, E. C.; SILVA, C. F.; MESQUITA, M. R.; PROCÓPIO, L. C. **Flora da Reserva Ducke: Guia de Identificação de Plantas Vasculares de uma Floresta de Terra-firme na Amazônia Central**. INPA, Manaus. p. 181-182. 1999.

ROCHA, MARCO AURÉLIO. **Fitoterapia**. Internet. Disponível em: http://geocities.com/Athens/Parthenon/5140/Substveg.html/. Acesso em 09 de julho de 2008.

ROCHA, S.F.R., MING, L.C. Óleos essenciais de *Piper aduncum* do estado de São Paulo, **Relatório de pesquisa**, FAPESP, São Paulo, 15 p. 1999.

RODRIGUES, E.; HEALEY, P. L. **Biology and chemistry of plant trichomes**. New York: Plenum, 1984.

RODRIGUES, T. E. **Levantamento detalhado os solos do IPEAOC, MA-DNPEA-IPEAOC.** Manaus, 63 p. (Boletim técnico). 1972.

ROÍG Y MESA, J. T. **Dicionario botânico de nombres vulgares cubanos**. Habana. La Habana, Ed. cientifico-tecnica, vol. 1 (AL), 599 p.; vol. 2 (Li-Z), 1142 p. 1988.

ROSE, J. **O livro das aromaterapia**: Aplicações e Inalações, Ed. Campus, Rio de Janeiro, 1995.

SAFROL DA AMAZÔNIA. Ciência em Dia. **Ciência Hoje**, n. 97, v. 17, p. 86, 1994.

SALATI, E. Emissão x Seqüestro de CO2- Uma nova oportunidade de negócios para o Brasil. In: EMISSÃO x SEQUESTRO DE CO2 - UMA NOVA OPORTUNIDADE DE NEGÓCIOS PARA O BRASIL,1994. Rio de Janeiro. **Anais.** Rio de Janeiro: Companhia Vale do Rio Doce. p. 15-37. 1994.

SANQUETTA, C.R. Métodos de determinação de biomassa florestal. In: SANQUETTA, C.R.; WATZLAWICK, L.F.; BALBINOT, R.; ZILIOTTO, M.A.B; GOMES, F.S. **As florestas e o carbono.** Curitiba, p.119 -140, 2002.

SANTOS, M.R.A.; INNECCO, R. Adubação orgânica e altura de corte da erva-cidreira brasileira. **Horticultura Brasileira**, v.22, n.2, p.182-5, 2004.

SILVA, M.; BITTNER, M.; HOENÜSEN, M.; BECERRA, L.; CAMPOS, V.; GONZALEZ, F.; CESPEDES, C.; MARAMBIO, O.. Actividad biologica de los triterpenos. **Secretaria General de la Organización**. Estados Americanos. ESTADOS UNIDOS. Washington, D. C., 1992.

SIMÕES, C. M. O. **Farmacognosia : da Planta ao Medicamento**. Porto Alegre/Florianópolis, UFRS/UFSC, p. 14, 328-405, 1999.

SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. Ed. UFRGS, 821p, 1999.

SINGH, K.; SINGH, V.; RAM, P.; KOTHARI, S. K. Response offspring planted citronella java to dates and methods of planting and frequency of harvest. **Indian J. Agronomy**, v. 33, n. 1, p. 64-68, 1998.

SINGH, S.; RAM, M.; RAM, D.; SINGH, V.P.; SHARMA, S. Response of lemongrass (*Cymbopogon flexuosus*) under different levels of irrigation on deep sandy soils. **Irrigation Science,** v.20, n. 1, p.15-21, 2000.

SINGUPTA, S. & RAY, A. B. The chemistry of *Piper* species: A review. **Fitoterapia** 58: 147- 66. 1987.

SMITH, R.M. & KASSIM, H. **The essencial oil of *Piper aduncum* from Fiji**. N. Z. J. Sci. 22: 127-128. 1979.

SOEJARTO, D. D. Biodiversity prospecting and benefit sharing: perspectives from the field. **Journal of Ethnopharmacol**., v. 51, p. 1-15, 1996.

SOSSAE, F.C.; **Plantas Medicinais**. Disponível em: http://educar.sc.usp.br/biologia/prociencias/medicinais.html/. Acesso em 12 de outubro de 2008.

SOULÉ, M. E. Conservation: tactics for a constant crisis. **Science**, n. 253, p. 744-750, 1991.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Secondary metabolism. Terpenes. Phenolic compounds. Nitrogen-Containing compounds. In:___. **Plant physiology**. 2 ed. Sunderlands: Sinauer Associates, p. 349 – 71, 1998.

SOUTO, R.N.P. **Avaliação das atividades repelente e inseticida de óleos essenciais de Piper da Amazônia em *Anopheles marajoara*, *Stegomyia aegypti* e *Solenopsis saevissima***. Belém, 221p. Tese de doutorado: Curso de Pós-Graduação em Zoologia, Universidade Federal do Pará e Museu Paraense Emílio Goeldi. 2006.

TANSI, S.; NACAR, S. First cultivation trials of lemon basil (*Ocimum basilicum* var. *citriodorum*) in Turkey**. Pakistan Journal of Biological Sciences**, v.3, n.3, p.395-7, 2000.

TAVEIRA, F. S. N.; ANDRADE, E. H. A.; LIMA, W. N.; MAIA, J. G. S. Seasonal variation in the essential oil of *Pilocarpus microphyllus* Stapf. **An. Acad. Bras. Ciênc**. vol.75 n.1 Rio de Janeiro Mar. 2003.

THIES, W. & KALKO, E.K.V. Phenology of neotropical pepper plants (Piperaceae) and their association with their main dispersers, two shorttailed fruit bats, *Carollia perspicillata* and *C. castanea* (Phyllostomidae). **Oikos** 104: 326 – 376. 2004.

THOMÉ, V. M. R. **Crescimento, desenvolvimento e rendimento de grãos de uma cultivar de feijoeiro de hábito de crescimento arbustivo determinado, em função da época de semeadura, espaçamento entre linhas e densidade de plantas.** 1985. 140f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1985.

VEIGA JUNIOR, V.F.; PINTO, A.C.; MACIEL, M. A. Plantas Medicinais: A Necessidade de Estudos Multidisciplinares. **Química Nova**, vol.25, 429-438, 2002.

WERMUTH, C. G. **The Practice of Medicinal Chemistry.** Ed. Academic Press, London, p. 101-105, 1996.

YADAVA, A. K. Cultivation of lemon grass (*Cymbopogon flexuosus* 'CPK-25') under Poplar based agroforestry system. **India Forester**, v. 127, n. 02, p. 213 – 223, 2001.

YUNCKER, T.G. The Piperaceae of Brazil. **Hoehnea**. 2:19-366. 1972.

ZAMBONI, S. Óleos Essenciais**. Revista Brasileira de Química**. XCV, v. 11, n. 575, p. 106-10, 1983.