

**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM**

**Sustentabilidade de Extração, Produção e Características Químicas
do óleo-resina de Copaíba (*Copaifera multijuga* Hayne), Manaus-AM.**

Raquel da Silva Medeiros

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa Integrado de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais do convênio INPA/UFAM, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências de Florestas Tropicais.

**Manaus-AM
2006**

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM

**Sustentabilidade de Extração, Produção e Características Químicas
do óleo-resina de Copaíba (*Copaifera multijuga* Hayne), Manaus-AM.**

Raquel da Silva Medeiros

Orientador: Dr. Gil Vieira

Co-orientador: Dr. Jamal da Silva Charar

Fonte Financiadora: Fundação de Apoio a Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM. Bolsista CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa Integrado de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais do convênio INPA/UFAM, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências de Florestas Tropicais.

Manaus-AM

2006

Medeiros, Raquel da Silva

Sustentabilidade de Extração, Produção e Características Químicas do óleo-resina de Copaíba (*Copaifera multijuga* Hayne) em Manaus-AM, 2006.

83 p.

Dissertação de Mestrado INPA/UFAM

1. Óleo-resina 2. Copaíba 3. Sustentabilidade de Extração

4. Composição Química 5. Produto Florestal Não madeireiro. I Título

CDD

Sinopse

Foi realizado um monitoramento da produção de óleo-resina de *Copaifera multijuga* Hayne, para verificar se a extração do óleo-resina é sustentável ecológicamente. Foi avaliado também se a esta produção sofre efeitos de alguns fatores ambientais e bióticos como sazonalidade de coleta, teor de argila do solo, diâmetro da árvore, infestação de térmitas e intensidade de competição. Foi realizado também análises de composição química do óleo-resina e averiguado se sua composição química sofre influência de fatores como sazonalidade, teor de argila do solo e infestação de térmitas no fuste da árvore.

Palavras chaves: copaíba, óleo-resina, composição química, sustentabilidade.

Dedico às pessoas mais importantes da minha vida, meus pais Manoel Gonçalves Medeiros e Raimunda Medeiros, aos meus irmãos e cunhadas Mauro, Marcelo, Regina e Luiza; aos meus adorados sobrinhos Victor e Fernanda e à minha querida tia Maria de Nazaré Medeiros (in memória).

“O mais importante da vida não é a situação em que estamos, mas a direção para a qual nos movemos”.

Oliver Wendell Holmes

Agradecimentos

Agradeço a Deus por guiar os meus passos e por me carregar em seus braços nos momentos de prova e sofrimento.

A minha família pelo amor e confiança a mim dedicados.

Ao meu orientador, Dr. Gil Vieira, pelos ensinamentos repassados, apoio e confiança.

Ao meu Co-orientador, Dr. Jamal da Silva Char, pela colaboração.

A FAPEAM por financiar o projeto de pesquisa

A Capes pela Bolsa de mestrado concedida.

Ao Curso de Ciências de Florestas Tropicais pela oportunidade.

Ao Ms. Samuel Almeida pelo incentivo, carinho e ensinamentos repassados.

Ao Dr. Valdir Veiga Jr. pela paciência e imensa colaboração.

Aos meus amigos das turmas de mestrado 2004 e 2005 pela amizade.

Às amigas do futebol feminino, Patty, Pauletto, Renata, Dalva, Adriana e Juliana pela amizade e cumplicidade.

Aos meus amigos de república, em especial, Ralph e Daniel pelo carinho e paciência no início do mestrado.

À Alex Bruno Maciel, Alexandre Pirani e Juliana Peixoto pela ajuda de campo.

À Larice Silva de Moraes e Orlando Cruz pela colaboração nas análises de solo.

Aos bolsistas do laboratório de Pesquisas e Ensaio Combustíveis da UFAM, Luciana Saraiva, Daniel Rocha e Diana Lima pela paciência e colaboração.

À minha querida amiga Keuris Kelly Silva de Souza pelo carinho e apoio nos momentos difíceis.

Sumário

Resumo	12
Abstract	13
Introdução Geral.....	14
Capítulo I	16
Resumo	17
Abstract	18
1. Introdução.....	19
2. Hipótese	21
3. Objetivos.....	22
3.1. Objetivo geral	22
3.2. Objetivos específicos.....	22
4. Material e Métodos	23
4.1 Descrição da área	23
4.2. Seleção de matrizes	25
4.3. Extração de óleo-resina.....	25
4.3.1. Processo de extração	25
4.4. Sustentabilidade da extração do óleo-resina.....	27
4.5. Fatores que podem influenciar na Produção	28
4.5.1. Intensidade de Competição Interespecífica.....	28
4.5.2. Teor de argila no solo	30
4.5.3. Infestação por térmitas (Cupim)	31
4.6. Análise Estatística	31
5. Resultados e Discussões	33
5.1. Monitoramento da produção de óleo-resina	33

5.2. Produção de Óleo-resina versus Sazonalidade.....	38
5.3. Infestação por Térmitas (Cupim)	40
5.4. Relação Produção – DAP.....	42
5.5. Relação Produção – Teor de argila no solo.....	44
5.6. Relação Produção <i>versus</i> Intensidade de competição	47
6. Conclusões.....	50
7. Referências Bibliográficas	51
8. Anexos.....	56
Capítulo II	58
Resumo	59
Abstract	60
1. Introdução.....	61
2. Hipótese	63
3. Objetivos.....	63
3.1. Objetivo Geral.....	63
3.2. Objetivos específicos.....	63
4. Material e Métodos	64
4.1. Seleção de matrizes (amostras).....	64
4.2. Preparação das amostras.....	64
4.3. Análise de infravermelho	65
4.4. Análise cromatográfica	65
4.5. Índice de retenção	65
4.6. Fatores que podem contribuir para variação da composição química do óleo-resina.....	66
4.7. Características físico-químicas.....	67

4.8. Análise estatística.....	67
5. Resultados e Discussões	68
5.1. Características Físico-químicas.....	68
5.2. Composição química	68
5.3. Influência da sazonalidade sobre a composição química do óleo-resina	71
5.4. Influência do tipo de solo sobre a composição química do óleo-resina.....	73
5.5. Influência da Infestação de térmitas na composição química do óleo-resina.....	74
6. Conclusão.....	76
7. Referencias Bibliográficas	77
8. Anexos.....	80
Considerações Finais	82
Referências Bibliográficas Gerais.....	83

Lista de Tabelas

Tabela 1 - 01: Avaliação fitossanitária das matrizes e sua relação com a produtividade.	41
Tabela 1 - 02: Percentagem de árvores produtoras de óleo-resina de Copaíba por classe de diâmetro e classe de produção.	43
Tabela 1 - 03. Descrição do comportamento das matrizes quanto à produção de óleo-resina em relação ao teor de argila no solo.....	45
Tabela 1 - 04. Distribuição das matrizes nos diferentes tipos de solos (teor de argila) de acordo com a classe diamétrica.	46
Tabela 1 - 05. Influência da intensidade de competição sobre a produção de óleo-resina.....	47
Tabela 2 - 01. Comparação das médias de produção dos compostos secundários presentes no óleo-resina de <i>C. multijuga</i> entre os períodos de maior e menor precipitação.(DP= desvio padrão)	72
Tabela 2 - 02. Comparação das médias percentuais das quantidades de constituintes químicos presentes no óleo-resina de <i>C. multijuga</i> em solos com diferentes teores de argila (DP=desvio padrão).....	73
Tabela 2 - 03. Comparação das médias percentuais dos constituintes químicos presentes no óleo-resina de <i>C. multijuga</i> em relação ao estado fitossanitário da matriz (presença e ausência de térmitas).....	74

Lista de Figuras

Figura 1 - 01. Imagem Land-SAT, mapa de trilhas da Reserva Florestal Adolpho Ducke.	24
Figura 1 - 02. (A) Perfuração do fuste; (B) Escoamento do óleo-resina; (C) Coleta do óleo-resina; (D) Cessamento do escoamento de óleo-resina; (E) Fechamento do orifício.....	26
Figura 1 - 03. Armazenamento do óleo-resina	27
Figura 1 - 04. Divisão das matrizes em grupos e subgrupos e suas respectivas coletas.....	28
Figura 1 - 05. Diferenças na continuidade de produção de óleo-resina ao longo do tempo entre classes de DAP (CD1: $30 \leq \text{DAP} < 40,9$ cm; CD2 $\text{DAP} \geq 40,9$ cm). N = 43; <i>C. multijuga</i> . Reserva Florestal Adolpho Ducke, Manaus- AM.).....	33
Figura 1 - 06. Comportamento da produção total de óleo-resina entre classes diamétricas (CD1: $30 \leq \text{DAP} < 40,9$ cm; CD2: $\text{DAP} \geq 40,9$ cm) ao longo do tempo. (n=37, <i>C. multijuga</i> , Reserva Florestal Adolpho Ducke, Manaus-AM, Brasil).....	37
Figura 1 - 07. Comparação das médias de precipitação local e produção de óleo-resina.....	39
Figura 1 - 08. Comparação das médias de produção de óleo-resina com o teor de argila no solo.	46
Figura 2 - 01. Gradiente de cor de amostras de óleo-resina de <i>C. multijuga</i>	68
Figura 2 - 02. Cromatograma padrão do óleo-resina de <i>C. multijuga</i>	69
Figura 2 - 03. Cromatogramas de amostras de óleo-resina de <i>C. multijuga</i>	70
Figura 2 - 04. Coloração da matriz A (A); Coloração da matriz B (B).	71

Resumo

Este estudo teve por objetivo avaliar a sustentabilidade ecológica da extração do óleo-resina de *Copaifera multijuga* Hayne, como também os fatores que podem influenciar na sua produção e composição química. Na Reserva Florestal Adolpho Ducke, Manaus-AM, Brasil (2° 57' 43" Sul e 59° 55' 38" Oeste) foram selecionadas 43 matrizes de copaíba, utilizando como critérios de seleção: árvores sem perfuração para extração de óleo-resina e com DAP ≥ 30 cm. Foi realizado um monitoramento da produção de óleo-resina após a 1ª extração. Foram feitas análises químicas (qualitativa) do óleo-resina, utilizando o método de cromatografia em fase gasosa. Avaliou-se o comportamento da produção e a composição química do óleo-resina em relação ao tipo de solo, sazonalidade e estado fitossanitário da matriz. A produção também foi avaliada em relação ao tempo de repouso, DAP da árvore, e intensidade de competição. Em 12 meses de monitoramento verificou-se que árvores com DAP $< 40,9$ cm recuperaram 100 % da produção inicial, enquanto que árvores com DAP $\geq 40,9$ cm recuperaram apenas 28 %. 91 % do óleo-resina é constituído por hidrocarbonetos sesquiterpenos, porém a composição química não sofreu influência dos fatores analisados. A produção apresentou correlação positiva com o DAP, dominância relativa da matriz e teor de argila, porém não significativa para a última. Ocorreu uma pequena variação na produção com a sazonalidade, não sendo significativa. A produção sofreu influência do estado fitossanitário da matriz. Árvores com DAP $\geq 40,9$ cm apesar de apresentar maior produção inicial, a reposição do óleo é muito mais lenta que nas árvores com DAP $< 40,9$ cm. Porém um monitoramento maior é necessário para verificar este padrão.

Abstract

Sustainability of extraction and production and chemical characteristics of *Copaifera multijuga* Hayne oil in Manaus, Amazonas.

This study aimed to evaluate the ecological sustainability of oilresin extraction from the of *Copaifera multijuga* Hayne and the factors that may influence its production and chemical composition. 43 copaíba seed trees were selected at the Forest Reserve Adolpho Ducke in Manaus, Amazonas, Brazil (2° 57 ' 43" South and 59° 55 ' 38 " West) using as selection criteria trees without perforation for oilresin extraction and with DAP \geq 30 cm. Oilresin production after the first extraction was observed. Chemical analyses (qualitative) of the oilresin, using the chromatography method in gaseous phase were carried out. The productivity and chemical composition of oilresin in relation to the soil type, seasonality and phytossanitarian conditions of seed trees were evaluated. The productivity was also evaluated in relation to rest interval, DBH and competition intensity. It was verified that trees with DBH < 40,9 cm recovered 100% of the initial production, while trees with DAP \geq 40,9 cm recovered only 28%. 91% of the oilresin are constituted by sesquiterpene hydrocarbons, but chemical composition was not influenced by the analyzed factors. The production showed positive correlation with DBH, relative dominance of the seed trees, but being no significative for clay content. There was little variation in the production with seasonality being no significant. The production experienced influence of the phytossanitarian conditions of seed trees. In spite of presenting larger initial production, trees with DBH \geq 40,9 showed replacement much slower than trees with DBH < 40,9 cm, although it is necessary to check this pattern.

Introdução Geral

A sustentabilidade do uso dos recursos florestais sejam eles madeireiros ou não madeireiros, tem sido amplamente discutida em todo o mundo. Existe atualmente uma grande preocupação com a exploração exacerbada e com a forma indiscriminada que estes produtos vêm sofrendo. No entanto, estudos técnico-científicos relacionados ao sistema de produção, principalmente em relação ao manejo de grandes áreas de coleta e sobretudo estudos referentes à sustentabilidade desta extração, ainda são muito poucos ou inexistentes, deixando uma lacuna em termos de conhecimentos científicos. Principalmente, no que se refere ao manejo de produtos florestais não madeireiros (PFNM), seja ele em escala comunitária ou empresarial. Assim as grandes questões são: i) até que ponto podemos extrair estes recursos sem exauri-los? ii) até que ponto sua sustentabilidade é viável?

De acordo com o Decreto de lei nº 1.282, de 19.10.95 o manejo florestal sustentável é definido como sendo a administração de uma floresta para obtenção de benefícios econômicos e sociais, respeitando-se os mecanismos de sustentação do ecossistema objeto de manejo.

O uso e comercialização de PFNM como frutos, fibras, sementes e óleos essenciais provenientes da região amazônica é cada vez mais crescente em todo o mundo. A utilização desses produtos nas indústrias de perfumaria, cosméticos e farmacêutica e o marketing utilizado sobre os produtos naturais da Amazônia fizeram com que a extração desses produtos acelerasse. Economicamente o aumento da demanda destes produtos no mercado nacional e internacional é benéfico. Mas pode trazer grandes conseqüências ecológicas, visto que pouco se sabe sobre a ecologia e regeneração destas espécies. Muitos estudos já foram feitos em várias espécies

produtoras de óleo-resina e muitas hipóteses sobre a indução da formação destes óleos-resina já foram levantadas. No entanto, a maioria dos autores tem considerado que a produção é induzida por pressões defensivas contra agentes bióticos (Lincon & Couvet, 1989; Philips & Croteau, 1999; Langenheim, 2003).

Apesar de existirem estudos realizados por Alencar (1982), Plowden (2003) e demais autores sobre a produção do óleo-resina de copaíba, o mecanismo de produção, sustentabilidade de extração e origem da variabilidade química presente no óleo-resina ainda é uma incógnita.

Estudos relacionados com a composição química do óleo-resina também têm sido realizados em algumas espécies de copaíba. No entanto, um dos grandes problemas é que geralmente os trabalhos publicados não indicam a procedência do óleo-resina, época de coleta e nem a espécie em questão. Muitos destes estudos são feitos com óleos provenientes de mercados e feiras livres, sendo identificados apenas como “Copaíba comercial”. Neste caso, além de não se conhecer a espécie, na maioria das vezes o óleo-resina de copaíba é misturado com outros tipos de óleos vegetais como, por exemplo, óleo de soja, o que pode comprometer sua caracterização química (Maciel *et al.*, 2002).

Com o objetivo de colaborar para um melhor esclarecimento dessas discussões, este estudo propõe avaliar a sustentabilidade ecológica da extração do óleo-resina de *C. multijuga*, como também analisar a composição química do óleo-resina e sua relação com os fatores ambientais.

Capítulo I

Sustentabilidade de Extração e Produção de óleo-resina
de *Copaifera multijuga* Hayne, Manaus-Amazonas

Resumo

Este estudo teve por objetivo avaliar a sustentabilidade ecológica da extração do óleo-resina de *Copaifera multijuga* Hayne, como também os fatores que podem influenciar na sua produção. Na Reserva Florestal Adolpho Ducke, Manaus-AM, Brasil (2° 57' 43" Sul e 59° 55' 38" Oeste) foram selecionadas 43 matrizes de copaíba, utilizando como critérios de seleção: árvores sem perfuração para extração de óleo-resina e com DAP \geq 30 cm. A extração foi realizada utilizando-se trado metálico. Para verificar a sustentabilidade da extração realizou-se um monitoramento da produção de óleo-resina após a 1ª extração, fazendo-se duas novas coletas de óleo-resina (6 e 12 meses após a 1ª). Avaliou-se o comportamento da produção em relação ao tempo de repouso, DAP da árvore, período de coleta; teor de argila no solo, intensidade de competição e infestação por térmitas. 62% das árvores selecionadas produziram óleo-resina, com produção total de 28,29 litros. 57% das árvores que produziram apresentam DAP \geq 40,9 cm, produzindo 94,51% da produção total. Em 12 meses de monitoramento verificou-se que árvores com DAP $<$ 40,9 cm recuperaram 100 % da produção inicial, enquanto que árvores com DAP \geq 40,9 cm recuperaram apenas 28 %. A produção de óleo-resina apresentou correlação positiva com o DAP, dominância relativa da matriz e teor de argila, porém não significativa para a última. Observou-se uma pequena variação da produção com a sazonalidade, porém não significativa. Houve diferenças significativas entre árvores que produziram e não produziram óleo-resina com a presença e ausência de infestação. A produção de óleo-resina parece estar muito mais relacionada com fatores bióticos do que com fatores edáficos. Apesar das árvores com DAP \geq 40,9 cm terem apresentado maior produção inicial, a reposição do óleo foi muito mais lenta que nas árvores com DAP $<$ 40,9 cm. Porém um monitoramento maior é necessário para verificar este padrão.

Abstract

Sustainability of extraction and production and chemical characteristics of *Copaifera multijuga* Hayne oil in Manaus, Amazonas State.

This study aimed to evaluate ecological sustainability of oleoresin of *Copaifera multijuga* Hayne and factors that may influence its production. 43 seed trees were selected at Adolpho Ducke Forest Reserve, Manaus - AMAZONAS, Brazil (2° 57' 43" South and 59° 55' 38" West) considering the following criteria: trees with DBH \geq 30 cm without perforation to extract oilresin. The extraction was carried out with increment borer. The oil production after first extraction was monitored to verify sustainability of extraction by collecting two new samples of oilresin (6 and 12 months after the first one). The production behavior related to rest interval, tree DBH, collection period, soil clay content, intensity of competition and infestation by termites were evaluated. 62% of the selected trees produced oil being total production 28,29 liters. 57% of them showed DBH \geq 40,9 cm making 94,51% of total production. During 12 months, it was verified that trees with DBH $<$ 40,9 cm recovered 100% of initial production, while trees with DBH \geq 40,9 cm recovered only 28%. The oilresin production presented positive correlation with DBH, relative dominance of seed tree and clay content, although the last one is not significative. It was observed a light variation in production with seasonality, being not significative. There are significative difference between trees that produced and trees that did not produce with presence and absence of infestation. The oilresin production seems to be more related to biotic factors than edaphic ones. Trees with DBH \geq 40,9 cm, in spite of larger initial production, presented oil restitution slower than trees with DBH $<$ 40,9 cm, even though it is necessary to monitor in order to check this pattern.

1. Introdução

A extração de óleos essenciais durante muito tempo foi realizada de forma tradicional e em pequena escala. No entanto, a procura por estes produtos, principalmente o óleo-resina de copaíba, cresceu tanto que sua extração ganhou escala comercial. Isto tem gerado preocupações quanto à sua sustentabilidade; principalmente devido à extração de óleo-resina para uso doméstico e abastecimento de mercado local ser na maioria das vezes realizada de forma predatória. Para que haja sustentabilidade dos recursos naturais, é necessário que as taxas de extração não ultrapassem a capacidade das populações substituírem o que foi extraído (Hall & Bawa, 1993). O manejo sustentável dos recursos florestais, além de promover a conservação dos ecossistemas florestais, pode fornecer benefícios para as populações tradicionais que dependem destes recursos (Grimes *et al.*, 1994).

Muitos estudos têm abordado diversos parâmetros que podem estar influenciando na produção de óleo-resina de diversas espécies de *Copaifera* como: diâmetro da árvore, altura, tamanho da copa, período de coleta e modo de extração (Alencar, 1982; Ferreira & Braz, 2001; Plowden, 2003; Rigamonte-Azevedo, 2004). Isto se deve principalmente a grande importância econômica adquirida por estas espécies ao longo dos anos, em virtude da ampla utilização do óleo-resina por elas produzido, tanto na medicina popular como na indústria de cosméticos e farmacêuticos.

No estado do Amazonas, Brasil, políticas governamentais têm sido adotadas para incentivar a produção e comercialização de produtos florestais não madeireiros (PFNM), como forma de geração de renda para populações rurais da Amazônia. Como, por exemplo, a criação da Zona Franca Verde e Pólo de Cosméticos. Além de

incentivar e financiar projetos de Manejo Florestal Comunitário em áreas de assentamento rural, tanto de cunho científico como tecnológico.

A extração de PFNM pode ser economicamente sustentável se o valor ajustado pela inflação aumenta ou permanece constante, porém, sustentabilidade econômica nem sempre é compatível com sustentabilidade ecológica (Hall & Bawa, 1993).

Apesar da extração de PFNM ser freqüentemente considerada de impacto ecológico pequeno ou inexistente, a extração de partes de plantas (não madeiras) pode alterar processos biológicos em diversos níveis (Ticktin, 2004). Em espécies que produzem látex, gomas e resinas, esta atividade provavelmente estaria em conformidade com o que se espera como forma de uso ideal de um recurso natural sustentado. Isto por não alterar o dossel da floresta, matar árvores ou retirar sementes de seu sítio. Porém, na prática, quando mal conduzida, esta atividade pode ser bastante destrutiva (Ferreira & Braz, 2001).

Para Ferreira & Braz (2001), o óleo-resina de copaíba é um recurso florestal que pode ser manejado dentro do conceito de sustentabilidade, sendo uma alternativa viável de diversificação dos PFNM. No entanto, até que ponto sua extração é realmente sustentável e quais técnicas de manejo podem ser empregadas para garantir ou contribuir para esta sustentabilidade?

Visando contribuir para o entendimento destas questões este estudo tem como meta avaliar a sustentabilidade desta extração, através de um monitoramento da produção de óleo-resina ao longo do tempo e também em função de fatores que possam influenciar esta produção.

2. Hipótese

➤ Hipótese 1

H_0 – A extração de óleo-resina de *C. multijuga* não é sustentável ecologicamente.

H_1 - A extração de óleo-resina de *C. multijuga* é sustentável ecologicamente.

➤ Hipótese 2

H_0 – A produção de óleo-resina de *C. multijuga* sofre efeito dos fatores do meio ambiente.

H_1 – A produção de óleo-resina de *C. multijuga* não sofre efeito dos fatores do meio ambiente.

3. Objetivos

3.1. Objetivo geral

Avaliar a sustentabilidade ecológica da extração do óleo-resina de *C. multijuga*, como também os fatores que podem estar influenciando na sua produção.

3.2. Objetivos específicos

- Avaliar o comportamento da produção de óleo-resina de *C. multijuga* em relação ao tempo de repouso entre duas coletas sucessivas.
- Determinar o diâmetro ideal para se extrair o óleo-resina, levando-se em consideração não só a quantidade de óleo-resina produzido, mas também o tempo de reposição do mesmo.
- Avaliar se a produção de óleo-resina sofre efeito da competição existente entre a matriz de copaíba e indivíduos que estão sob a sua copa.
- Avaliar a produção de óleo-resina em relação ao teor de argila no solo.
- Verificar se existe relação entre a produção de óleo-resina e infestação de térmitas no fuste da matriz.

4. Material e Métodos

4.1 Descrição da área

Este estudo foi realizado na Reserva Florestal Adolpho Ducke, no município de Manaus, Amazonas, Brasil (2° 57' 43" Sul e 59° 55' 38" Oeste). A área possui clima do tipo Afi, (classificação de Köppen). Seu relevo é ondulado com variação altitudinal de 80 m entre os platôs originais e as partes mais baixas. A vegetação é composta por floresta de terra-firme, onde são identificados quatro tipos de habitats, os quais são definidos de acordo com o relevo e tipo de solo: floresta de platô, floresta de vertente, floresta de campinarana e floresta de baixio, sob solos argilosos (latossolo amarelo-álco) nos platôs (habitat preferencial da espécie estudada, (Loureiro & Silva, 1968)) e arenosos (podzóis e areias quartzosas) nas partes mais baixas (Ribeiro *et al.*, 1999).

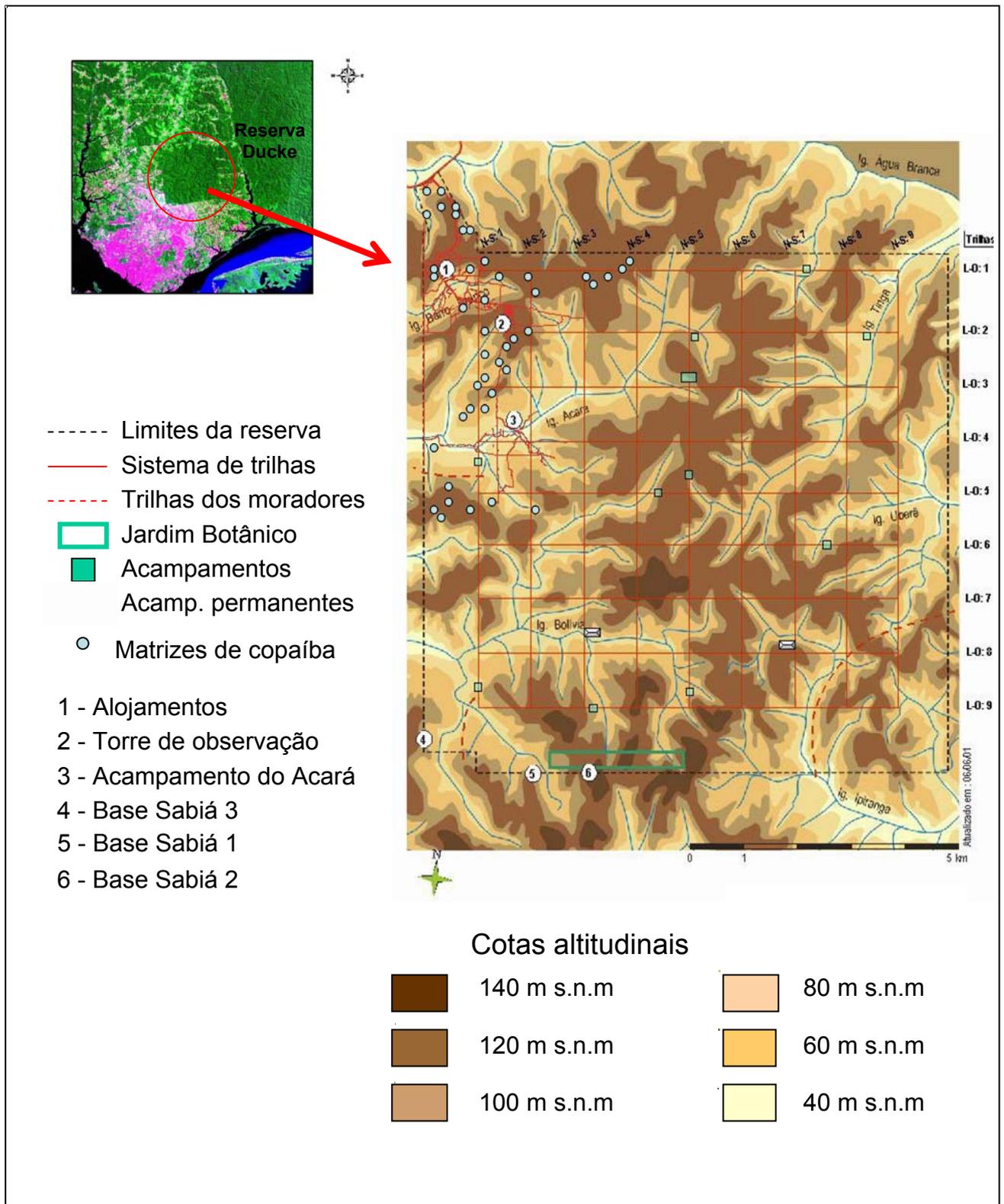


Figura 1 - 01. Imagem Land-SAT, mapa de trilhas da Reserva Florestal Adolpho Ducke.

4.2. Seleção de matrizes

Foram selecionadas 43 matrizes de *C. multijuga*, tendo sido utilizados dois critérios de seleção:

- Árvores com diâmetro maior ou igual a 30 cm. A utilização deste diâmetro foi em função de alguns trabalhos científicos (Alencar, 1982; Leite *et al.*, 2001) que mostram indicações para um diâmetro ideal de extração de óleo-resina.
- Árvores intactas, ou seja, sem perfurações para extração de óleo-resina, sendo que árvores ocas foram descartadas.

Durante a seleção de matrizes foi observada a existência ou não de injúrias mecânicas na casca da árvore.

4.3. Extração de óleo-resina

A seleção de matrizes e a primeira extração de óleo-resina foram realizadas simultaneamente. O método de extração de óleo-resina adotado foi o mesmo utilizado por Alencar (1982), com trado metálico, porém, seguindo as recomendações de Leite *et al.* (2001).

No processo de extração do óleo foram utilizados: (a) trado metálico de $\frac{3}{4}$ de polegada; (b) cano de PVC de $\frac{1}{2}$ polegada com 20 cm de comprimento, feito rosca nas duas extremidades do cano; (c) tampa de PVC de $\frac{1}{2}$ polegada e (d) fita veda rosca.

4.3.1. Processo de extração

Com o trado foi feita uma perfuração no fuste da árvore a uma altura de aproximadamente 1 m do solo.

Ao atingir o centro do fuste, o trado foi retirado e coletado todo o óleo-resina contido na árvore (tudo que escorrer). Após cessar o escoamento de óleo-resina foi introduzido o cano de PVC hermeticamente fechado com a tampa de PVC, fechando assim o orifício aberto no fuste da árvore. O cano só foi aberto na segunda coleta de óleo-resina (Figura 1 - 02).



Figura 1 - 02. (A) Perfuração do fuste; (B) Escoamento do óleo-resina; (C) Coleta do óleo-resina; (D) Cessamento do escoamento de óleo-resina; (E) Fechamento do orifício.

Em algumas árvores não se conseguiu extrair o óleo-resina em uma única perfuração. Neste caso foi realizada uma segunda perfuração no fuste, porém em um outro lado e em uma outra altura (aproximadamente 10 cm abaixo ou acima do primeiro furo). Depois de realizadas as duas perfurações e não ocorrendo escoamento de óleo-resina, foi escolhida uma das perfurações para colocar o cano de PVC, fechando a outra com um torno de madeira. O torno foi cortado rente ao fuste, impedindo a entrada de agentes causadores de doenças. No campo, o óleo-resina foi coletado em potes plásticos e enrolado em papel alumínio para evitar a oxidação causada pela luz. O volume de óleo-resina coletado foi quantificado em laboratório (utilizando proveta graduada) e transferido para recipientes de vidro escuro (Figura 1 - 03).

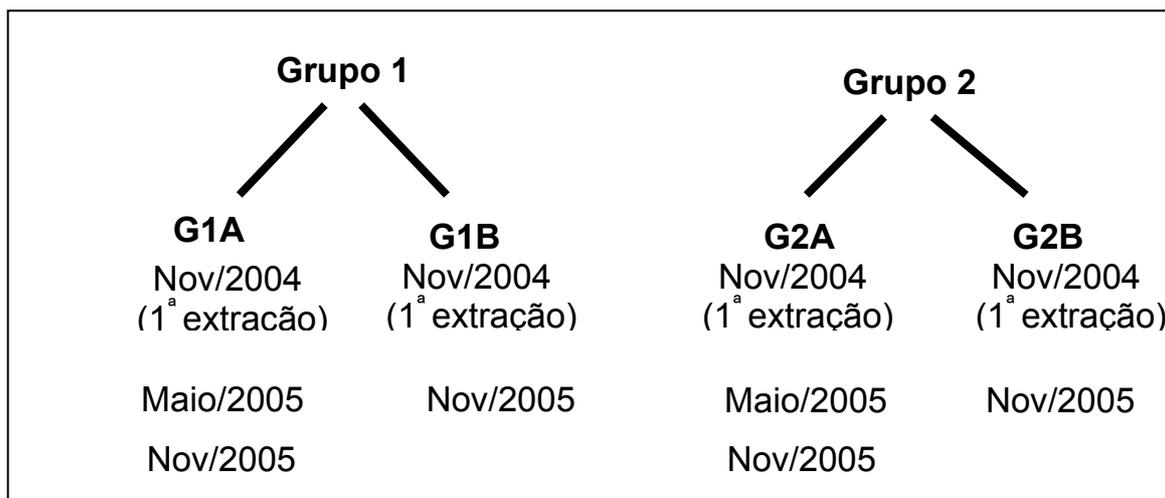


Figura 1 - 04. Divisão das matrizes em grupos e subgrupos e suas respectivas coletas.

Nos subgrupos G1A e G2A, além de avaliar a produção de óleo-resina (volume por unidade de tempo), pôde-se analisar se esta produção sofreu algum efeito devido à disponibilidade de água, uma vez que as coletas foram realizadas em duas épocas distintas: mais chuvosa (maio/2005) e menos chuvosa (novembro/2005). A produção foi avaliada também em relação ao diâmetro das árvores.

4.5. Fatores que podem influenciar na Produção

Foram analisados os possíveis efeitos de alguns fatores (bióticos e ambientais) na produção de óleo-resina.

4.5.1. Intensidade de Competição Interespecífica

Para avaliar a intensidade de competição foi determinado o diâmetro médio da copa das 43 matrizes. Em função do diâmetro médio da copa foi determinado o raio (r) de ação da competição entre a árvore de copaíba e os demais indivíduos existentes nas proximidades de cada matriz, fazendo-se uma parcela circular, onde



Figura 1 - 03. Armazenamento do óleo-resina

4.4. Sustentabilidade da extração do óleo-resina

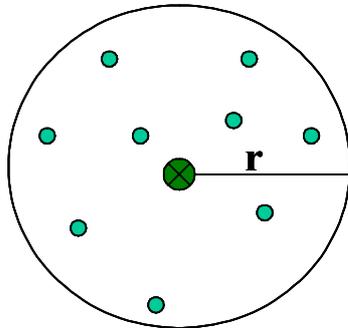
Para verificar a sustentabilidade da extração de óleo-resina foi feito um monitoramento da produção após a 1ª extração (Coleta 1), a qual foi realizada em novembro de 2004. Para isso, as matrizes foram distribuídas em dois grupos (G1 – Indivíduos com $30 \leq \text{DAP} < 40,9$ cm e G2 – Indivíduos com $\text{DAP} \geq 40,9$ cm), e cada grupo subdividido em dois subgrupos (G1A e G1B; G2A e G2B).

O Grupo 1 constou de 22 indivíduos (matrizes), com 11 indivíduos em cada subgrupo. O grupo 2 constou de 21 indivíduos, sendo o subgrupo G2A com 11 indivíduos e o G2B com 10 indivíduos.

O monitoramento da produção de óleo-resina foi realizado da seguinte forma:

Nos subgrupos G1A e G2A foram realizadas duas novas coletas de óleo-resina após a primeira extração, com intervalos de seis meses entre elas. Nos subgrupos G1B e G2B foi efetuada uma única nova coleta, 12 meses após a primeira extração (Figura 1 - 04).

foi mensurado o diâmetro de todos os indivíduos com DAP acima de 10 cm, dentro desta parcela.



- Indivíduos que estão realizando competição
- Matriz

Com base no DAP dos indivíduos foi calculada a área basal total dos indivíduos de todas as espécies amostrados dentro de cada parcela, a qual foi comparada com a área basal de sua respectiva matriz, averiguando assim a dominância relativa da matriz.

Fórmula Área Basal utilizada:

$$AB = \sum \left[\frac{\pi DAP^2}{4} \right]$$

Fórmula de Dominância Utilizada:

$$DoA_i = \frac{AB_i}{A} \quad DoR_i = \frac{DoA_i}{\sum_{i=1}^p DoA_i} \times 100$$

Onde, DoA_i (Dominância Absoluta); AB (Área Basal); A (Área da parcela); DOR_i (Dominância Relativa da Matriz); DoA_i (Dominância Absoluta da Matriz); $\sum_{i=1}^p DoA_i$ (Dominância absoluta da Parcela).

Utilizando-se a equação de biomassa desenvolvida por Higuchi (1998) e colaboradores, foi calculada a biomassa da matriz e a biomassa total de cada parcela.

$$\ln P = -0,151 + 2,170 \ln DAP$$

A biomassa total da parcela foi comparada com a produção de óleo-resina de sua respectiva matriz. Avaliando, se a intensidade de competição entre a matriz de copaíba e os demais indivíduos ao seu redor, pelos recursos existentes no solo (água e nutrientes), está influenciando na produção de óleo-resina.

Levou-se em consideração que, quanto maior a biomassa total da parcela mais intensa seria a competição existente entre a matriz de copaíba e os demais indivíduos amostrados.

A produção foi avaliada também em relação ao número de indivíduos de cada parcela.

4.5.2. Teor de argila no solo

Utilizando-se trado metálico, foram coletadas 20 amostras simples de solo para cada matriz de copaíba, sendo 10 amostras na profundidade de 0 a 20 cm e 10 na profundidade de 20 a 40 cm. Destas amostras simples foram retiradas três amostras compostas para cada profundidade, totalizando seis amostras compostas por matriz. Estas foram submetidas a análises granulométricas, através do método de decantação. As análises foram realizadas no Laboratório Temático de Plantas e Solos da Coordenação de Pesquisas de Ciências Agronômicas (CPCA) do INPA.

As amostras foram coletadas sob a área de cobertura da copa de cada matriz, obedecendo a uma distância mínima de 2m do tronco da árvore, sendo que as mesmas foram distribuídas de forma homogênea, de modo a representar toda a área de cobertura.

4.5.3. Infestação por térmitas (Cupim)

Durante a seleção de matrizes e coleta de óleo-resina foi verificada a existência de ataques de cupim no fuste de cada matriz. Com base nos dados foi gerado uma planilha de ausência e presença de cupim, a qual foi comparada com a produção e não produção de óleo-resina.

4.6. Análise Estatística

➤ Foram realizadas análises de variância (ANOVA) para verificar se houve diferença significativa na produção de óleo-resina entre as duas classes de diâmetro. Para realizar esta análise foram consideradas duas coletas:

Coleta 1: Tempo 0 (zero)

Coleta 2: 12 meses após coleta1

Nos subgrupos em que foram realizadas coletas com intervalos de seis meses, somou-se a produção das duas coletas (6 meses + 6 meses = 12 meses).

Foi verificada a existência de diferença entre as médias de produção entre coleta 1 e coleta 2, para cada grupo, através de análise de variância (ANOVA). Nesta análise não foram incluídas árvores que nunca produziram.

As árvores que produziram apenas a partir da segunda coleta foram analisadas separadamente.

a) Para verificar se a produção de óleo sofreu influência da disponibilidade de água no solo, os dados de produção de óleo-resina referentes aos subgrupos G1A e G2A foram comparados com os dados de precipitação local. Foi realizada uma análise de variância (ANOVA) para verificar a existência de diferenças significativas entre as médias de produção de óleo-resina para os períodos de menor e maior precipitação.

b) Para averiguar a significância das diferenças existentes entre árvores infestadas com cupim e árvores não infestadas foi aplicado o teste Qui-quadrado.

c) Para verificar a influência do DAP, intensidade de competição e teor de argila foram aplicados testes de correlação linear de Pearson. Para analisar o teor de argila foi calculada a média das duas profundidades utilizadas.

d) Para averiguar se houve diferença significativa entre a quantidade de árvores produtivas e não-produtivas nos diferentes tipos de solo (arenoso e argiloso), foi realizado o teste Qui-quadrado. O mesmo teste foi aplicado para a análise das classes diamétricas nos dois tipos de solo.

O programa estatístico utilizado foi o SISTAT 8.0.

5. Resultados e Discussões

As matrizes de copaíba estudadas apresentaram rendimento variado e comportamentos diferentes em relação aos fatores analisados.

5.1. Monitoramento da produção de óleo-resina

Das 43 matrizes de *C. multijuga* selecionadas, nem todas produziram óleo-resina, mostrando divergências entre as árvores em termos de continuidade de produção (Figura 1 - 05).

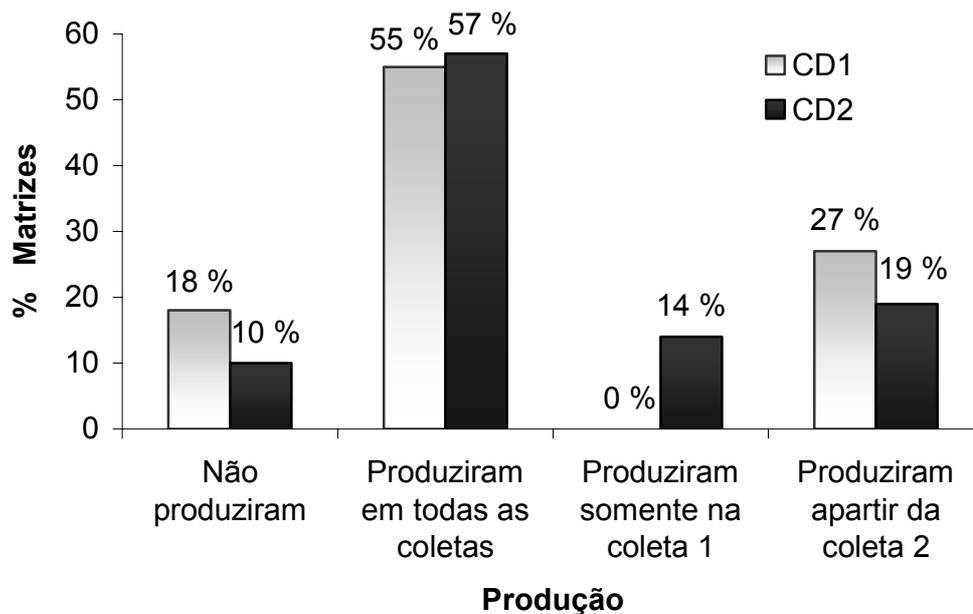


Figura 1 - 05. Diferenças na continuidade de produção de óleo-resina ao longo do tempo entre classes de DAP (CD1: $30 \leq \text{DAP} < 40,9$ cm; CD2 $\text{DAP} \geq 40,9$ cm). N = 43; *C. multijuga*. Reserva Florestal Adolpho Ducke, Manaus- AM.).

Algumas árvores nunca produziram óleo-resina, contudo mais de 50 % das árvores produziram óleo-resina em todas as coletas realizadas em ambas as classes de diâmetro. Árvores que possuem os menores DAP mostraram maior continuidade

na produção de óleo-resina, visto que após a produção inicial de óleo todas as árvores produziram em todas as demais coletas. Ao contrário das árvores com diâmetro maiores, que tiveram uma perda de 14 % após a primeira coleta.

Árvores mais jovens (menor DAP) geralmente apresentam maior atividade fisiológica do que árvores mais velhas, fato que pode explicar esta maior continuidade de produção no decorrer do tempo. Apesar dos constituintes do óleo-resina serem produtos resultantes do metabolismo secundário da planta, derivam de carboidratos produzidos fotossinteticamente (metabolismo primário) (Langenheim, 2003). Outro fato importante também deve ser considerado: árvores que apresentam maior DAP (DAP \geq 40,9 cm) já se encontram em fase reprodutiva. Isto pode estar contribuindo para uma menor continuidade na produção de óleo-resina, uma vez que seus esforços fisiológicos devem estar concentrados na produção de flores, frutos e sementes.

Alguns terpenos (principal constituinte dos óleos-resina) são conhecidos por desempenharem papel vital no crescimento e desenvolvimento de plantas. Existe um sesquiterpeno que é precursor do ácido abicísico, outro diterpeno é um intermediário na síntese do ácido giberélico (Langenheim, 1981; Langenheim, 2003). Estes agem diretamente na floração e maturação de sementes. Os níveis de ácido abicísico, por exemplo, podem aumentar até 100 vezes em poucos dias durante o desenvolvimento de sementes. Atuando tanto no acúmulo de proteínas de reserva, como também mantendo o embrião maduro em um estado de dormência até que as condições do meio sejam favoráveis ao seu crescimento (Taiz & Zeiger, 2004). Logo, a árvore pode estar deixando de produzir outros terpenos que funcionariam para defesa da planta contra organismos externos para produzir compostos necessários à produção de frutos e sementes, como estratégia ecológica de perpetuação da espécie.

Algumas árvores que não haviam produzido na primeira coleta passaram a produzir na segunda coleta, em ambas as classes de DAP. Porém este percentual foi maior para as árvores com menores DAP. Isto pode ser um indicativo de que a hipótese proposta por Plowden (2001) pode estar certa, uma vez que estas árvores sofreram duas perfurações na tentativa de se extrair óleo-resina. De acordo com a hipótese de Plowden, estresses físicos sofridos pela planta são necessários para estimular a produção de óleo-resina no alburno, promovendo a lizigenia de canais para formar grandes cavidades de resina no cerne da madeira. O óleo-resina é sintetizado nas células do parênquima, que delimitam as cavidades ou canais secretores. Estes podem ser resultados de dois processos: lizigenia e esquizogenia ou ambos os processos combinados. A lizigenia envolve a dissolução ou desintegração de células secretoras, formando as chamadas cavidades ou espaços lisígenos, enquanto que a esquizogenia consiste na separação de células do parênquima, formando espaços intracelulares, chamados de espaços esquizógenos (Langenheim, 1973; Esau, 1974; Langenheim, 2003). No entanto, existem algumas árvores produtoras de resina que aparentemente respondem muito mais ao ataque de insetos e patógenos que à simples injúrias mecânicas (Phillips & Croteau, 1999). Em algumas espécies do gênero *Dracaena*, como *Dracaena cochinchinensis*, por exemplo, a produção de resina pode ser induzida pela infecção de fungos (Langenheim, 2003).

A produção de óleo-resina variou entre coletas e entre classes de diâmetro: 62 % das árvores selecionadas produziram óleo-resina, com produção inicial total de 28,2 litros. 57 % das árvores que produziram apresentam $DAP \geq 40,9$ cm, representando 94,49 % da produção total, contra 5,51 % das árvores com $DAP < 40,9$ cm. Após 12 meses de monitoramento verificou-se que árvores com $30 < DAP < 40,9$

cm recuperaram totalmente o que foi extraído na primeira coleta. Enquanto que árvores com $DAP \geq 40,9$ cm recuperaram apenas 27,98 %. As árvores que apresentaram maior produção de óleo-resina produziram cerca de 5,5 litros e 7,2 litros, com 68,8 cm e 61,4 cm de DAP, respectivamente, ambas na primeira extração. Em estudos realizados em uma reserva indígena no Estado do Pará, cerca de 61 % das árvores mostraram-se produtivas (Plowden, 2003). No entanto, estudos realizados no Estado do Acre divergem quanto à produtividade de óleo-resina: Leite *et al.* (2001), estima que apenas 25 % das árvores adultas são produtivas, enquanto que Ferreira & Braz (2001) relatam que 40,9 % das copaibeiras estudadas na Floresta Estadual do Antimari produziram alguma quantidade de óleo. Apesar dos estudos citados terem sido todos realizados na Amazônia, deve-se considerar que a Amazônia não é um bioma homogêneo, divergindo quanto ao tipo solo, florestas (platô, baixio, várzea, etc.), diversidade de espécies, regime pluviométrico, dentre outros. Logo, estes fatores podem estar contribuindo para estes diferentes resultados.

Ocorreu uma grande variabilidade de produção de óleo-resina ao longo do tempo. Na coleta 1 as árvores de maior diâmetro produziram cerca de 16 vezes mais que as árvores menores, apresentando uma diferença altamente significativa ($F = 7,8$; $p = 0,009$) (Figura 1 - 06). Porém esta produção declinou na extração seguinte, passando a ser apenas 7,5 litros de óleo-resina, diferença esta que foi significativa ao nível de 5 % de probabilidade ($F = 4,456$; $p = 0,044$).

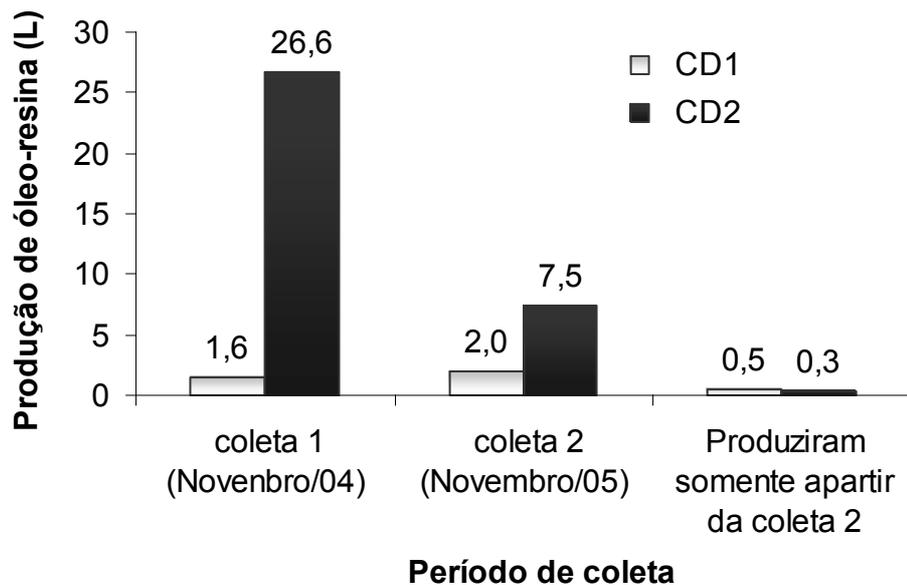


Figura 1 - 06. Comportamento da produção total de óleo-resina entre classes diamétricas (CD1: $30 \leq \text{DAP} < 40,9$ cm; CD2: $\text{DAP} \geq 40,9$ cm) ao longo do tempo. (n=37, *C. multijuga*, Reserva Florestal Adolpho Ducke, Manaus-AM, Brasil).

Nas árvores do grupo 1 ($30 < \text{DAP} < 40,9$) aconteceu o inverso das árvores do grupo 2 ($\text{DAP} \geq 40,9$ cm), ocorrendo um pequeno aumento de produção na coleta 2 em relação à coleta 1, no entanto não foi significativo ($F = 0,4$; $p = 0,522$). Apesar de ter ocorrido um aumento de produção de óleo-resina na coleta 2 para as árvores do grupo 1 e ter ocorrido um decréscimo no grupo 2, a diferença de produção entre os dois grupos continuou sendo significativa ($F = 4,8$; $p = 0,035$) (Figura 1 - 06).

Para as árvores que só produziram a partir da coleta 2 a produção foi levemente maior no grupo 1, porém não significativa ($F = 0,13$; $p = 0,731$) (Figura 1 -06).

Outros estudos já foram realizados no intuito de entender como funciona o mecanismo de produção. Resultados obtidos por Alencar (1982) e Plowden (2003) observaram que após a primeira extração de óleo-resina, a produção do mesmo também declinou em extrações seguintes. No estudo de Alencar (1982), a média de

produção de óleo-resina por árvore variou de 235 ml a 34 ml entre a primeira e última extração.

Este declínio na produção de óleo-resina entre a primeira e segunda coleta é esperado, uma vez que as árvores vêm acumulando este óleo-resina no cerne da madeira ao longo dos anos (Plowden 2003). No entanto, após a segunda extração espera-se que a produção se mantenha constante. Estudos realizados por Vieira (2003) em florestas tropicais das regiões de Manaus, Rio Branco e Santarém mostraram que há uma tendência de que árvores com maiores DAPs sejam cronologicamente mais velhas. Em função disto, a produção de óleo-resina em árvores com grandes DAPs torna-se mais gradual quando comparada com a produção de árvores com diâmetros menores. Estas por serem fisiologicamente mais ativas, responderiam mais rápido contra agentes bióticos externos e as injúrias mecânicas sofridas durante o processo de extração. Em coníferas, por exemplo, a resposta da planta para uma injúria causada por insetos depende tanto da densidade de ataque como da condição fisiológica geral da árvore (Trapp & Croteau, 2001). Isto explicaria este leve aumento de produção na segunda coleta para as árvores do grupo 1.

5.2. Produção de Óleo-resina versus Sazonalidade

A produção de óleo-resina variou com a intensidade de precipitação, sendo levemente maior no período de maior precipitação (Figura 1 - 07). Esta variação na produção não foi estatisticamente significativa. Contudo, a diferença na quantidade de chuva precipitada entre os períodos de maior e menor precipitação também não foram estatisticamente significativos, apesar desta diferença ser evidente. Isto sugere que apesar da diferença na produção não ter sido significativa, a mesma pode estar

sendo influenciada pela disponibilidade de água, diretamente ou não. Durante o período chuvoso, os microorganismos como fungos e bactérias têm suas atividades favorecidas pelo aumento da umidade. A herbivoria ocasionada por insetos também é intensificada neste período. Estudos realizados por Nummelin (1989) em uma floresta tropical em Uganda, revelaram uma correlação positiva entre abundância de insetos e índice pluviométrico. Para o autor a herbivoria causada por insetos é sincronizada com a estação chuvosa, período em que a produtividade e crescimento das plantas são altos. Para Kasenene & Roininem (1999), o índice pluviométrico parece ser um dos principais fatores que regulam e influenciam na herbivoria de insetos. Os autores encontraram uma correlação positiva entre área foliar atacada e índice pluviométrico. Assim, a planta pode estar investindo na produção de óleo-resina, como forma de defesa contra estes agentes externos. Logo, a precipitação pode estar contribuindo indiretamente para este acréscimo na produção, e não somente pelo simples aumento na disponibilidade de água.

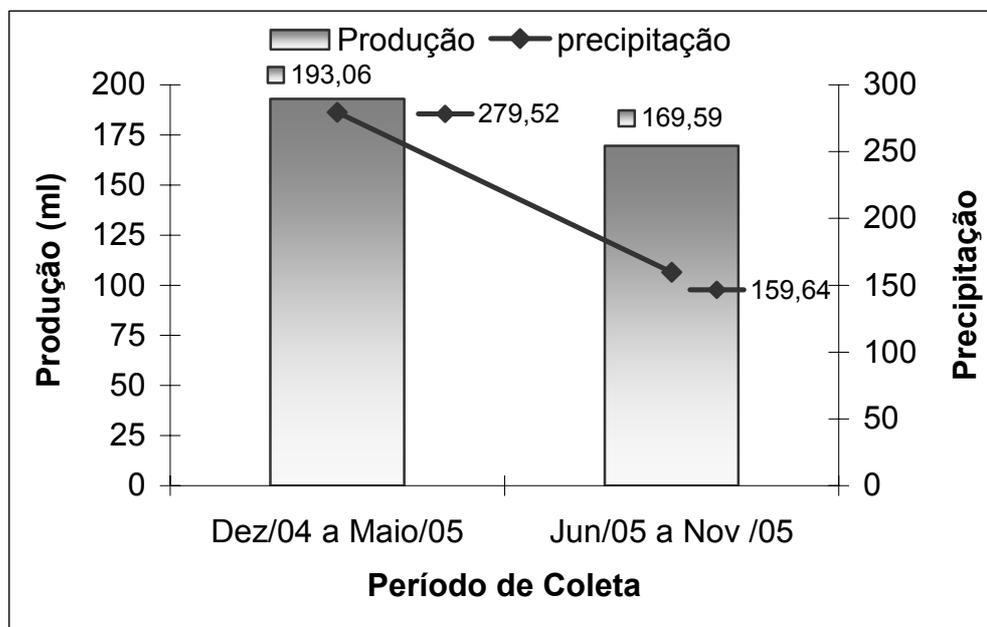


Figura 1 - 07. Comparação das médias de precipitação local e produção de óleo-resina.

Alguns trabalhos têm analisado esta possível relação da intensidade de precipitação com a produção de óleo-resina. Nos estudos de Alencar (1982) em Manaus (estado do Amazonas) e de Plowden (2003) no Alto Rio Guamá, estado do Pará (PA), as maiores produções de óleo-resina ocorreram no período chuvoso. O mesmo foi observado por Baimam *et al.* (1999) na região do Tapajós (PA). Contraditoriamente a estes resultados, Ferreira & Braz (2001) obtiveram maior produtividade de óleo-resina durante o período seco. Porém, algumas questões devem ser consideradas, neste trabalho: (1) os autores não utilizaram as mesmas matrizes para realizar tal comparação, visto que, inicialmente extraíram óleo-resina de 44 árvores no início do período chuvoso. Em seguida no próximo período seco extraíram óleo-resina de outras 18 árvores e compararam as médias de produção. Assim muitos outros fatores podem estar contribuindo para esta diferença de produção, não só o fator genético, como também fatores edáficos; (2) utilizaram a produção da primeira extração, logo não poderiam fazer este tipo de comparação, uma vez que a árvore vem armazenando este óleo-resina durante muito tempo. Não podendo, portanto, afirmar em que período ele foi produzido.

Contudo, um monitoramento por um período de tempo maior é necessário para que se possa averiguar se esta relação entre a produção e a precipitação é verdadeira.

5.3. Infestação por Térmitas (Cupim)

A grande maioria das árvores que apresentaram produção de óleo-resina estava infestada por térmitas (cupim). No entanto, a classe de maior DAP apresentou maior percentual de árvores infestadas que a classe de menor DAP, indicando que árvores muito grandes têm aparentemente maior predisposição ao ataque. Algumas

hipóteses têm relacionado o ataque de insetos com vigor da planta. Alguns insetos herbívoros, por exemplo, atacam preferencialmente plantas mais robusta, existindo segundo Price (1991) uma ligação segura entre adultos ovopositores e larvas com locais de nutrição. Por outro lado, árvores que nunca produziram óleo-resina não apresentaram infestação de cupim em ambas as classes de diâmetro avaliadas (tabela 1 - 01). Verificou-se que houve diferenças significativas entre árvores que produziram e não produziram com a presença e ausência de infestação, através do teste quiquadrado ($X^2_{cal} 10,68 > X^2_{tab} 6,63$; $p < 0,01$).

Tabela 1 - 01: Avaliação fitossanitária das matrizes e sua relação com a produtividade.

DAP < 40,9	Com Infestação (Cupim)	Sem Infestação (Cupim)	Sem infestação e com Injúria mecânica
Nunca Produziram	0,00%	100,00%	0,00%
Produziram (pelo menos 1 coleta)	50,00%	50,00%	0,00%
Produziram em todas as coletas	66,67%	33,33%	0,00%
DAP ≥ 40,9			
Nunca Produziram	0,00%	100,00%	0,00%
Produziram (pelo menos 1 coleta)	85,71%	14,29%	0,00%
Produziram em todas as coletas	75,00%	8,33%	16,67%

Os resultados mostram uma possível relação da produção com o ataque de cupins, indicando que esta produção pode estar funcionando como um mecanismo de defesa da planta contra estes agentes. Fungos patógenos, térmitas e outros insetos podem ser responsáveis pelo apodrecimento do cerne da árvore e formação de oco (Lindenmayer *et al.* 2000).

Lincon & Couvet (1989) sugerem que a produção abundante de resina pode ser influenciada por pressões defensivas. Vários estudos têm relacionado a indução da síntese de compostos secundários como consequência de injúrias de ataques fúngicos e herbivoria de insetos (Litvak & Monson, 1998; Phillips & Croteau, 1999; Cornelissen & Fernandes, 2001; Langenheim, 2003). A herbivoria aumenta a síntese de monoterpenos em espécies de coníferas. Resultados obtidos por Litvak & Monson, (1998), mostraram que em *Pinus ponderosa*, tanto a herbivoria simulada quanto herbivoria real aumentam a biossíntese de monoterpenos. A fração turpentina (monoterpeno, C₁₀ e sesquiterpeno, C₁₅), constituinte dos óleos-resina, contém uma classe de toxinas (para insetos e microbios) que agem dissuadindo a predação insetívora (Phillips & Croteau, 1999). A resina produzida por plantas pode ser usada também por outros organismos: abelhas, por exemplo, coletam estas resinas para construir casas, utilizando como defesa contra agentes fúngicos e térmitas (Langenheim, 2003). Alfazairy (2004) reporta a atividade fungicida e termiticida presente em alguns óleos essenciais extraídos de plantas medicinais.

5.4. Relação Produção – DAP

Nas 43 árvores amostradas o diâmetro variou entre 30 e 70 cm, onde as árvores mais produtivas apresentaram os maiores diâmetros (tabela 1 - 02).

Tabela 1 - 02: Percentagem de árvores produtoras de óleo-resina de Copaíba por classe de diâmetro e classe de produção.

Classes de Produção - CP (ml)	Classes de DAP	
	30 < DAP < 40,9	DAP ≥ 40,9
Coleta 1		
CP1 (1 – 99)	58,34%	20%
CP2 (100 – 299)	33,33%	20%
CP3 (300 – 499)	0%	13,33%
CP4 (500 – 999)	8,33%	0%
CP5 (≥ 1000)	0%	46,67%
Coleta 2		
CP1 (1 – 99)	44,44%	31,25%
CP2 (100 – 299)	50%	31,25%
CP3 (300 – 499)	5,56%	6,25%
CP4 (500 – 999)	0%	12,50%
CP5 (≥ 1000)	0%	18,75%

Na classe 30 <DAP< 40,9 a maioria das árvores apresentaram uma produção inferior a 300 ml (classe de produção 1 e 2) tanto para a coleta 1 quanto para a coleta 2. Enquanto que na classe DAP≥40,9 quase 50 % das árvores apresentaram produção superior a 1000 ml na coleta 1. Na coleta 2 esta porcentagem caiu para apenas 18,25 %.

Apesar desta redução na produção de óleo-resina da coleta 1 para a coleta 2 nas árvores com DAP≥40,9, a produção de óleo-resina e o DAP apresentaram uma correlação positiva tanto para a coleta 1 quanto para coleta 2, sendo altamente significativa para coleta 1 e significativa para a coleta 2 (Coleta 1: $r = 0,614$; $p < 0,001$; Coleta 2: $r = 0,331$; $p = 0,030$).

De acordo com os resultados de Plowden (2003), árvores com DAP entre 25 e 44 cm não são produtivas ou pouco produzem. O autor ainda acrescenta que o tamanho ideal para se extrair óleo-resina seria entre 45 e 65 cm de DAP, onde se obtém as maiores produções de óleo-resina.

Alguns autores não consideram o DAP como sendo um fator determinante na produção de óleo-resina (Ferreira & Braz, 2001; Rigamonte-Azevedo, 2004). No entanto resultados obtidos por Alencar (1982) mostraram uma correlação positiva da produção de óleo-resina com o DAP e a altura da árvore, porém não significativo estatisticamente. Segundo o autor, árvores com diâmetros extremos (muito pequenos e muito grandes) não produzem óleo-resina. Contudo deve-se ressaltar que em angiospermas a produção de óleo-resina é mínima ou inexistente em árvores muito grandes, em particular por muitas árvores com diâmetros elevados estarem ocas (Plowden, 2003). Deve-se, portanto, tomar cuidado ao se fazer análise de produção de óleo-resina, pois a inclusão de árvores ocas pode alterar os resultados, gerando informações errôneas. Contudo, é importante que se quantifique o total de árvores ocas durante a extração de óleo-resina. Esta informação pode ajudar a inferir sobre a percentagem de árvores produtivas em uma determinada região, auxiliando sobre tudo no manejo e planejamento da extração de óleo-resina.

5.5. Relação Produção – Teor de argila no solo

O percentual de árvores produtivas variou de acordo a textura do solo, a qual se apresentou de muito arenosa (0 - 30 % de argila) a extremamente argilosa (> 80 % de argila) (tabela 1 - 03).

Tabela 1 - 03. Descrição do comportamento das matrizes quanto à produção de óleo-resina em relação ao teor de argila no solo.

Teor de Argila do solo (%)	Árvores Produtivas (%)	Árvores não produtivas (%)
0 -30	29,63	31,25
30-50	7,41	6,25
50-70	18,52	18,75
70-80	22,22	12,50
> 80	22,22	31,25
Total	100	100

Cerca de 45 % das árvores que produziram óleo-resina encontravam-se em solos com alto teor de argila (acima de 70 %), enquanto que a quantidade de árvores não produtivas foi igual para solos com teores extremos de argila. Analisando a distribuição diamétrica das árvores verificou-se que mais de 1/3 das árvores que apresentam os menores diâmetros encontra-se em solos extremamente arenosos.

Mais de 50 % das árvores com DAP superior a 40,9 cm encontra-se em solos muito argilosos, porém não houve diferença significativa pelo teste qui-quadrado (nível de 10% de probabilidade), tanto para as árvores produtivas e não produtivas como para as duas classes diamétricas em relação ao tipo de solo (tabela 1 - 04).

Tabela 1 - 04. Distribuição das matrizes nos diferentes tipos de solos (teor de argila) de acordo com a classe diamétrica.

Teor de argila do solo (%)	% Árvores com 30 < DAP < 40,9	% Árvores com DAP ≥ 40,9
0 -30	36,36	23,81
30-50	9,09	4,76
50-70	18,18	19,05
70-80	13,64	23,81
> 80	22,73	28,57
Total	100	100

No estudo de Alencar (1982), foi encontrado um maior percentual de árvores produtivas sobre solos argilosos do que sobre solos arenosos, 38 % e 24 % respectivamente, porém estes resultados não foram testados estatisticamente.

A produção de óleo-resina variou de acordo com o teor de argila do solo, onde a maior produção foi em solos com alto teor de argila, com média de 1,7 litros de óleo-resina por árvore (Figura 1 - 08). A produção de óleo-resina não apresentou correlação com o teor de argila no solo.

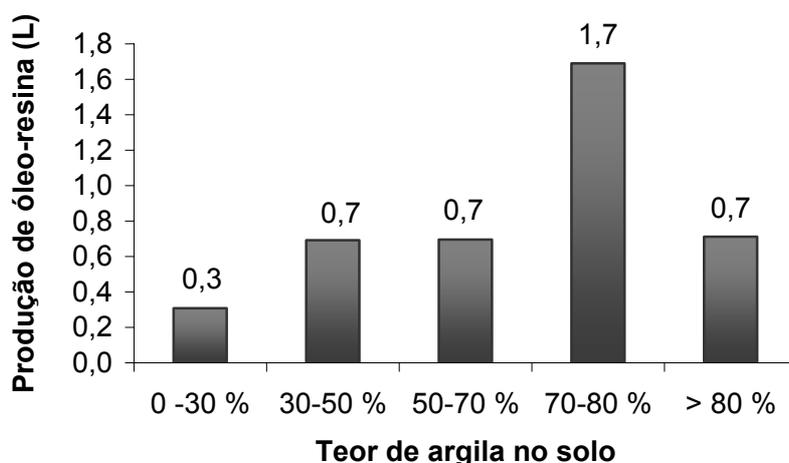


Figura 1 - 08. Comparação das médias de produção de óleo-resina com o teor de argila no solo.

5.6. Relação Produção versus Intensidade de competição

Apesar de se considerar a competição entre indivíduos causadora de efeitos negativos sobre uma população, os resultados obtidos sugerem inicialmente que a intensidade de competição influenciou positivamente na produção de óleo-resina. Isto quando analisamos esta intensidade através da biomassa total da parcela, que apresentou uma correlação positiva com a produção de óleo-resina. No entanto, quando a intensidade de competição é analisada através do número total de indivíduos da parcela, esta influência sobre a produção de óleo-resina passa a ser negativa, porém não significativa estatisticamente. Contudo, a produção de óleo-resina e a dominância relativa da matriz de copaíba apresentaram uma correlação positiva e significativa, o que poderia explicar esta aparente influência positiva (tabela 1 - 05).

Tabela 1 - 05. Influência da intensidade de competição sobre a produção de óleo-resina.

Formas de medição da intensidade de competição	Coefficiente de Correlação (r)	Probabilidade (p)
Coleta 1		
Biomassa Total da Parcela	0,646	$p < 0,001$
Número Total de Indivíduos da parcela	-0,149	$p = 0,341$
Dominância Relativa da Matriz	0,357	$p = 0,019$
Coleta 2		
Biomassa Total da Parcela	0,297	$p = 0,05$
Número Total de Indivíduos da parcela	-0,026	$p = 0,869$
Dominância Relativa da Matriz	0,423	$p = 0,005$

Em alguns estudos realizados sobre intensidade de competição, os efeitos desta competição sobre indivíduos grandes têm sido mínimos, sugerindo que a importância desta competição como um fator determinante no crescimento de árvores pode variar de acordo com o tamanho do indivíduo (Cannel *et al.*, 1984; McLellan *et al.* 1997). O modo de competição tem sido usualmente definido com respeito à partição de recursos entre indivíduos de diferentes tamanhos. A quantidade de recursos disponíveis para indivíduos dominantes pode ser afetada pela competição. Contudo, o tamanho dos indivíduos tem sido frequentemente relacionado com a capacidade de capturar recursos, principalmente, em locais onde a partição dos recursos é desigual (competição assimétrica) (Schwinning & Weiner, 1998). Isto pode sugerir que árvores dominantes são mais hábeis na captura dos recursos naturais. Esta habilidade de capturar recursos pode estar sendo um fator determinante na performance das matrizes, quanto à produção de óleo-resina e não a competição em si. Contudo, a habilidade de capturar recursos está intimamente relacionada com a fisiologia e plasticidade da planta, principalmente com a magnitude e eficiência do sistema radicular (Schwinning & weiner, 1998; Bliss *et al.*, 2002). Outro fator importante é a associação simbiótica que ocorre em espécies da família leguminosae e bactérias do gênero *Rizhobium*, que facilita a captura de nitrogênio. Resultados obtidos por D' Amato & Puettmann (2004) mostraram que a dominância relativa de espécies influencia nas interações entre indivíduos vizinhos em uma comunidade florestal. Assim, o resultado obtido através da análise de biomassa pode estar sendo mascarado pela dominância relativa da matriz. Para Cannel *et al.* (1984), a competição também pode ser mascarada pela heterogeneidade do ambiente.

Alguns autores têm considerado a alelopatia como sendo uma habilidade de competição da planta (Olofsdotter *et al.*, 2002). A alelopatia consiste na liberação de substâncias químicas no ambiente, as quais podem agir de forma benéfica ou maléfica sobre outros organismos (Ferreira & Áquila, 2000). Em plantas a liberação de aleloquímicos no ambiente pode afetar o estabelecimento e o desenvolvimento de outras plantas, como, por exemplo, inibir o prolongamento de raízes de espécies que estão competindo pelos mesmos recursos (Ferreira & Áquila, 2000; Friedman, 1995). Desta forma, uma possível ação aleloquímica dos constituintes do óleo-resina da copaíba sobre os indivíduos próximos pode estar ocorrendo, o que também explicaria este efeito positivo da competição sobre a produção de óleo-resina.

De um modo geral todos os estudos referentes à produção de óleo-resina de copaíba têm sido extremamente importantes para auxiliar o manejo desta espécie. Principalmente, quando se fala em manejo florestal comunitário, pois este PFCM tem sido cada vez mais comercializado pelas comunidades rurais. A comercialização do óleo-resina de copaíba tem representado uma alternativa de incremento da renda familiar para muitas populações tradicionais que vivem do extrativismo vegetal na Amazônia (Santos *et al.*, 2001). De acordo com pesquisas realizadas por Ferreira & Braz (2001), no estado do Acre vendedores ambulantes comercializam 100 ml de óleo à U\$ 3,93. Atualmente, no estado do Amazonas, algumas comunidades têm comercializado 10 ml de óleo-resina a U\$ 3,06, valor este que pode ser elevado, principalmente quando esta comercialização é baseada no chamado “Mercado Justo Internacional”.

6. Conclusões

Com base nos resultados obtidos pôde-se concluir que a produção de óleo-resina está muito mais relacionada com fatores bióticos (infestação de térmitas) e com a capacidade de competição da árvore (dominância) do que com fatores edáficos (teor de argila).

O diâmetro ideal para realizar extração de óleo-resina é acima de 40 cm, em termos de quantidade de óleo-resina produzido. No entanto, quando levamos em consideração o tempo de reposição deste óleo-resina, percebemos que árvores com diâmetros inferiores são mais indicadas para se realizar esta extração.

Árvores com DAP $\geq 40,9$ cm apesar de apresentarem maior produção inicial, a reposição do óleo-resina é muito mais lenta que nas árvores com DAP $< 40,9$ cm. Estas conseguem recuperar 100 % do óleo-resina extraído em apenas um ano de repouso, enquanto que árvores com diâmetros maiores requerem um período de repouso muito maior. Desta forma, a extração de óleo-resina parece ser sustentavelmente ecológica apenas para árvores com diâmetros menores. Porém um monitoramento maior e mais prolongado da produção de óleo-resina é necessário para verificar se isto é verdadeiro.

7. Referências Bibliográficas

- Alencar, J.C. 1982. Estudos Silviculturais de uma População de Copaifera multijuga Hayne – Leguminosae, na Amazônia Central. 2 – Produção de óleo-resina. **Acta Amazônica**, 12 (1): 75 –89.
- Alfazairy, A.A.M. 2004. Antimicrobial activity of certain essential oils against hindgut symbionts of the drywood termite *kalotermes flavicollis* Fabr. End prevalent fungi on térmita-infested wood. **Blackwell Verlag, Berlin**, 128 (8): 554-560.
- Baima, A.M.V.; Santos, L.S.; Nunes, D.S.; Carvalho, J.O. P. de. 1999. Produção de óleo de Copaíba na Região de Tapajós. (Comunicado Técnico, 103). **EMBRAPA**, Belém. 3pp.
- Bliss, K.M.; Jones, R.H.; Mitchell, R.J.; Mou, P.P. 2002. Are competitive interactions influenced by spatial nutrient heterogeneity and root foraging behavior? **New Phytologist**, 154, p 409-417.
- Cannel, M.G.R.; Rothery, P.; Ford, E.D. 1984. Competition within stands of *Picea sitchensis* and *Pinus contorta*. **Annals of Botany**, 53: 49-362.
- Cornelissen, T.G.; Fernandes G.W. 2001. Induced defenses in the neotropical tree *Baihinia brevipes* (vog) to herbivory: effects of damage-induced changes on leaf quality and insect attack. **Trees Structure and Function**, 15 (4): 236-241.
- D'Amato, A.W.; Puettmann, K.J. 2004. The relative dominance hypothesis explains interaction dynamics in mixed species *Alnus rubra* / *Pseudotsuga menziesii* stands. **Journal of Ecology**, 92: 450-463.
- Esau, K. 1974. Anatomia das Plantas com Sementes. De Morred, L. B. São Paulo, Edgard Blucher, reimpressão, 293 p.

Ferreira, A.G.; Aquila, M.E.A. 2000. Alelopatia: Uma área elementar da ecofisiologia.

Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal, 12: 175-204, (edição especial).

Ferreira, L.A.; Braz, E.M. 2001. Avaliação do Potencial de Extração e Comercialização do óleo-resina de Copaíba (*Copaifera* spp.). **The New York Botanical Garden/** Universidade Federal do Acre.

Fridman, J. 1995. Allelopathy, Autotoxicity, and Germination. In: Kigel, J.; Galili, G. (eds). **Seed Development and Germination**. New York. p. 629-644.

Grimes, A.; Loomis, S.; Jahnige, P.; Burnham, M.; Onthank, K.; Alarcon, N.R.; Cuenca, W.P.; Martinez, C.C.; Neill, D.; Balick, M.; Benneth, B.; Mendelsohn, R. 1994. Valuing the Rain Forest: the Economic value of Nontimber Forest Products in Ecuador. **Ambio**, 23 (7): 405-410.

Hall, P.; Bawa, K. 1993. Methods to Assess the Impact of Extraction of Non-Timber Tropical Forest Products on Plant Populations. **Economic Botany**, 47 (3): 234 – 247.

Higuchi, N.; Santos, J.; Ribeiro, R.J.; Minette, L.; Biot, Y. 1998. Biomassa da Parte Aérea da Vegetação da Floresta Tropical Úmida de Terra-Firme da Amazônia Brasileira. **Acta Amazonica**, 28 (2): 153-166.

Kasenene, J.M. & Roininen, H. 1999. Seasonality of insect herbivory on the leaves of *Neoboutonia macrocalyx* in the kibale National Park, Uganda. **African Journal Ecology**, 37: 61-68.

Langenheim, J.H. 1973. Leguminous Resin-producing trees in Africa and South America. In: Meggers, S.B.J.; Ayensu, E.S.; Duckworth, W.D. (eds). Tropical forest Ecosystems in Africa and South America: a comparative review. Smithsonian Institution Press, Washington, DC. p. 89-104.

- Langenheim, J.H. 1981. Terpenoids in the leguminosae. In:Advances in legume systematics. In: Polhill, R. M. & Raven, P. H. Royal Botanic gardens. p. 627-655.
- Langenheim, J.H. 2003. Plant Resins: Chemistry, Evolution, Ecology and Ethnobotany. Timber Press, USA. 586 p.
- Leite, A.; Alechandre, A.; Azevedo, C.R.; Campos, C.A.; Oliveira, A. 2001. Recomendações Para o Manejo Sustentável do Óleo de Copaíba. Série: Manejo Sustentável de Florestas Tropicais por Populações Tradicionais. Universidade Federal do Acre – UFAC.
- Lincon, D.E.; Couvet, D. 1989. The effect of carbon supply on allocation to allelochemicals and caterpillar consumption of peppermint. **Oecologia**, 78: 112-114.
- Lindenmayer, D.B.; Cunningham, R.B.; Pope, M.L.; Gibbons, P.; Donnelly, C.F. 2000. Cavity sizes and types in Australian eucalypts from wet and dry forest types-a simple of rule of thumb for estimating size and number of cavities. **Forest Ecology and Management**, 139: 139-150.
- Litvak, M.E.; Monson, R.K. 1998. Patterns of induced and constitutive monoterpene production in conifers needles in relation to insect herbivory. **Oecologia**, 114: 531-540.
- Loureiro, A.A.; Silva, M.F. 1968. Catálogo das madeiras da Amazônia. V.1, SUDAM, Belém-PA, Brasil.
- McLellan, A.J.; Law, R.; Fitter, A.H. 1997. Response of Calcareous grassland plant species to diffuse competition: Results from a removal experiment. **Journal of Ecology**, 85: 479-490.

- Nummelin, M. 1989. Seasonality and effects of forestry practices forest floor arthropods in the Kibale, Forest, Uganda. **Fauna Norvegica**, Série B, 27: 17-25.
- Olofsdotter, M; Jensen, L. B.; Courtois, B. 2002. Improving crop competitive ability using allelopathy – an example from rice. **Plant Breeding**, 121: 1-9.
- Phillips, M.A.; Croteau, R.B. 1999. Resin-based defenses in conifers. **Trends in Plant Science**, 4 (5): 184-190.
- Plowden, M.C. 2001. The ecology, management, and marketing of non-tinber forest products in the Rio Guamá Reserve (eastern Brazilian Amazon). Tese de Doutorado, Pennsylvania State University, State College.
- Plowden, M.C. 2003. Production Ecology of Copaíba (*Copaifera* spp.) Óleo-resin in the Eastern Brazilian Amazon. **Economic Botany**, 57 (4): 491 – 501.
- Price, P. W. 1991. The plant vigor hypothesis and herbivore attack. **Oikos**, 62: 244-251.
- Ribeiro, J.E.L.; Hopkins, M.J.G.; Vicentini, A.; Sothers, C.A.; Costa, M.A. Da 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. 1999. Flora da Reserva Ducke: Guia de Identificação das Plantas vasculares de uma Floresta de Terra-firme na Amazônia Central. : INPA. Manaus.
- Rigamonte-Azevedo, O.C. 2004. Copaíba: Estrutura Populacional, Produção e Qualidade do olé-resina em Populações Nativas do sudoeste da Amazônia. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Acre, rio Branco – Acre, 102 p.
- Santos, J.C.; Leite, A.C.P.; Wadt, L.H.O.; Borges, K.H.; Andrade, F.G.; Menezes, R.S.; Muniz, P.S.B. 2001. Demandas Tecnológicas para o Sistema Produtivo de

Óleo de Copaíba (*Copaifera spp*) no Estado do Acre. EMBRAPA , Acre (Documentos, 69).

Schwinning, S.; Weiner, J. 1998. Mechanisms determining the degree of size asymmetry in competition among plants. **Oecologia**, 113: 447-455.

Taiz, L. & Zeiger, E. 2004. Fisiologia Vegetal, 3^a edição. Porto Alegre. Editora Artmed, 615 p.

Tlicktin, T. 2004. The Ecological Implications of harvesting Non-Timber forest products. **Journal of Applied Ecology**, 41: 11 – 21.

Trap, S.; Croteau, R. 2001. Defensive Resin Biosynthesis in Conifers. **Plant Physiological**, 52: 689-724.

Vieira, S. A. 2003. Mudanças Globais e Taxa de Crescimento Arbóreo na Amazônia. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 103 p.

8. Anexos

- Análise de variância entre Grupo 1 e Grupo 2, Coleta 1.

Variável dependente: Produção de óleo-resina N = 32

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Grupo	1	1,96439E+07	1,96439E+07	7,826	0,009
Erro	30	7,53054E+07	2510179,729		

- Análise de variância entre Grupo 1 e Grupo 2, Coleta 2.

Variável dependente: Produção de óleo-resina N = 32

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Grupo	1	925140,031	925140,031	4,876	0,035
Erro	30	5691787,188	189726,240		

- Análise de variância entre grupo 1 e grupo 2, árvores que produziram somente na coleta 2.

Variável dependente: Produção de óleo-resina N = 10

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Grupo	1	340,817	340,817	0,127	0,731
Erro	8	21442,083	2680,26		

- Análise de variância entre coleta 1 e coleta 2, Grupo 1.

Variável dependente: Produção de óleo-resina N = 24

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Coleta	1	7350,000	7350,000	0,423	0,522
Erro	22	381911,833	17359,629		

- Análise de variância entre coleta 1 e coleta 2, Grupo 2.

Variável dependente: Produção de óleo-resina N = 30

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Coleta	1	1,23021E+07	1,23021E+07	4,456	0,044
Erro	28	7,73012E+07	2760756,462		

- Análise de variância entre período seco e período chuvoso.

Variável dependente: Produção de óleo-resina

N = 34

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	F	P
período	1	4682,382	4682,382	0,064	0,802
Erro	32	2337915,059	73059,846		

- Análise de variância entre período seco e período chuvoso.

Variável dependente: quantidade de chuva precipitada

N = 12

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	F	P
período	1	43117,24	43117,24	2,189	0,17
Erro	10	196955,459	19695,546		

Capítulo II

Características Químicas do Óleo-resina de *Copaifera multijuga* Hayne e
Sua Relação Com o Meio Ambiente

Resumo

Este estudo teve por objetivo analisar a composição química do óleo-resina de *Copaifera multijuga* Hayne e sua relação com fatores ambientais. Foram selecionadas 38 amostras de óleo-resina de 16 matrizes provenientes da Reserva Florestal Adolpho Ducke (2° 57' 43" Sul e 59° 55' 38" Oeste), no município de Manaus, Amazonas, Brasil. Foram realizadas análises qualitativas das amostras através do método de Cromatografia em Fase Gasosa, tendo sido calculado o índice de retenção de cada substância e quantificados o percentual dos grupos químicos de cada amostra. A composição química do óleo-resina foi relacionada com o tipo de solo (teor de argila), sazonalidade (período de maior e menor precipitação pluviométrica) e estado fitossanitário da matriz (ausência e presença de infestação de térmitas). Algumas características físicas foram analisadas. O óleo-resina apresentou densidade de 0,89 g/ml com coloração variando do amarelo claro ao marrom escuro, tendendo ao preto. A análise cromatográfica mostrou três regiões distintas: hidrocarbonetos sesquiterpênicos, sesquiterpenos oxigenados e ácidos diterpênicos, sendo que cerca de 91 % do óleo-resina é constituído por hidrocarbonetos sesquiterpênicos; 6,16 % de sesquiterpenos oxigenados e apenas 2,91 % de ácidos diterpênicos. A composição química do óleo-resina não sofreu influência de nenhum dos fatores ambientais analisados, indicando que a extração do óleo-resina pode ser realizada em qualquer período, independentemente da quantidade de chuvas e tipo de solo.

Abstract

Chemical characteristics of oilresin of *Copaifera multijuga* Hayne and its relation with environment.

This study aimed to analyze the oilresin chemical composition in *Copaifera multijuga* Hayne and its relationship with environmental factors. 38 samples oilesin collected from 16 seed trees of the Adolpho Ducke Forest Reserve were assessed (2° 57 ' 43 " South and 59° 55 ' 38 " West), in Manaus, Amazonas, Brazil. Qualitative analyses of the samples were accomplished through the method of Chromatography in Gaseous Phase, retention index of of each substance and percentage of chemical groups an each sample were measured. The chemical composition of the oilresin was related with soil type (clay content), seasonality (longer and shorter pluviometric precipitation period) and phytossanitarian conditions of mature trees (absence and presence of termite infestation). Some physical characteristics were analyzed. oilresin presented density of 0,89 g/ml with coloration varying from the light yellow to the dark brown tending to black. Cromatographical analysis showed that three different areas: sesquiterpenes hidrocarbons, sesquiterpenes oxygenated and diterpenes acid, and about 91% of the oil-resin is constituted by sesquiterpenes hidrocarbons; 6,16 % of sesquiterpenes oxygenated and only 2,91% of diterpenes acid. The chemical composition of the oilresin werenot influenced by any of the analyzed environmental factors, Indicating that the extraction of the oilresin can be accomplished in any period without considering rainfall and soil type.

1. Introdução

A utilização de plantas medicinais é uma das práticas mais antigas entre populações tradicionais de todo o mundo, principalmente em locais onde o acesso à medicina convencional e aos remédios industrializados é restrito. No início da década de 90 a Organização Mundial de Saúde (OMS) divulgou que 65-80 % da população de países em desenvolvimento dependiam das plantas medicinais como única forma de acesso aos cuidados básicos de saúde (Barreto Jr. *et al.*, 2005).

Dentre as muitas espécies vegetais utilizadas com fins medicinais na Amazônia, a copaíba possui uso tão extenso que ela se destaca como sendo a planta medicinal mais utilizada e conhecida pela população. A região Amazônica é a principal fornecedora de óleo-resina de copaíba usado e comercializado no Brasil e no mundo (Cascon & Gilbert, 2000).

Dentre as propriedades medicinais do óleo-resina de copaíba as mais estudadas são a antiinflamatória e a antitumoral (Maciel *et al.*, 2002; Veiga Jr. & Pinto, 2002). Além do uso medicinal, outras aplicações do óleo-resina são descritos na literatura como fixador de perfumes, fabricação de xampus, sabonetes, tintas e vernizes (Ferreira & Braz, 2001; Veiga Jr. & Pinto 2002)

A designação correta para o óleo de copaíba é de óleo-resina, visto que se trata de um exudato constituído de ácidos resinosos e compostos voláteis (Veiga Jr. & Pinto, 2002). O óleo-resina de copaíba é constituído de misturas de sesquiterpenos e diterpenos. Os sesquiterpenos são responsáveis pelo aroma e também pela atividade antiinflamatória do óleo-resina (Barreto Jr. *et al.*, 2005), fato este que tem despertado o interesse da indústria de cosméticos e farmacêutica. Concentrados de sesquiterpenos de copaíba podem chegar a custar até 600 vezes mais que o óleo "in

natura” (Barreto Jr. *et al.*, 2005). No entanto, a extração de óleo-resina de copaíba possui algumas características originárias de seu manejo, que definem as possibilidades de suas aplicações industriais, estabelecendo um padrão de qualidade para o mercado. Uma delas refere-se à mistura de óleos de espécies e locais diferentes, o que dificulta o seu emprego na indústria farmacêutica, uma vez que a composição química, coloração e viscosidade do óleo-resina de copaíba variam entre espécies e regiões.

Algumas espécies de *Copaifera* têm sua composição química descrita na literatura, dentre elas *Copaifera multijuga* Hayne. Porém a maioria dos estudos realizados tem se restringido a caracterizar quimicamente o óleo-resina. Poucos estudos científicos têm se preocupado em estudar as causas da variação na composição química do óleo-resina.

Assim, na tentativa de entender as causas desta variação este estudo tem por finalidade caracterizar e avaliar o comportamento da composição química do óleo-resina de *C. multijuga* em relação a alguns fatores ambientais.

2. Hipótese

- Ho - A composição química do óleo-resina de *C. multijuga* sofre efeito de fatores edáficos-climáticos.
- H1 - A composição química do óleo-resina de *C. multijuga* não sofre efeito de fatores edáficos-climáticos.

3. Objetivos

3.1. Objetivo Geral

Analisar a composição química do óleo-resina de *C. multijuga* e relacionar com o meio ambiente em que se encontra cada matriz.

3.2. Objetivos específicos

- Caracterizar o óleo-resina quanto à densidade e cor.
- Qualificar e quantificar os constituintes químicos presentes no óleo-resina.
- Avaliar se a composição química do óleo-resina varia com o tipo de solo.
- Verificar se o estado fitossanitário da matriz influencia na composição química do óleo-resina.
- Avaliar se a composição química do óleo-resina sofre efeito da sazonalidade climática.

4. Material e Métodos

4.1. Seleção de matrizes (amostras)

Foram selecionadas 38 amostras de óleo-resina de *C. multijuga*, pertencentes a 16 matrizes provenientes da Reserva Florestal Adolpho Ducke (2° 57' 43" Sul e 59° 55' 38" Oeste), no município de Manaus, Amazonas, Brasil.

Utilizou-se como critério de seleção das amostras:

- (a) Amostras de matrizes que produziram óleos-resinas com diferentes características (cor);
- (b) Amostras de matrizes que produziram em diferentes períodos (seco/chuvoso);
- (c) Amostras de matrizes com diâmetros e produtividade diferentes.

4.2. Preparação das amostras

Com a finalidade de eliminar os grupos ácidos, as amostras foram esterificadas através do método de metilação de ácidos graxos: (a) em um tubo de ensaio foram pipetados 50 µL da amostra e 500 µL de solução de NaOH metanólica à 0,5 N; o qual foi aquecido em banho-maria até completa dissolução dos glóbulos de gordura, ficando a solução transparente; (b) esfriou-se o tubo em água corrente, adicionando em seguida 625 µL de reagente esterificante (BF₃/ MeOH), agitando o tubo e aquecendo em banho de água fervente por 5 minutos; (c) o tubo foi novamente esfriado, adicionando-se 500 µL de solução de NaCl saturada e 500 µL de hexano; (d) agitou-se vigorosamente o tubo por aproximadamente 30 segundos, deixando-o em repouso; (e) em um vial foi pipetado 50 µL da solução sobrenadante, adicionando 1000 µL de hexano, para análise cromatográfica; (f) o restante da alíquota foi utilizada na análise de infravermelho.

4.3. Análise de infravermelho

Para verificar a eficiência da esterificação foi realizada análise de infravermelho das amostras, antes e depois da esterificação. O aparelho utilizado foi um espectro de infravermelho por transformação de Fourier, modelo Spectrum 2000 (Perkin/Elmer).

4.4. Análise cromatográfica

Foi realizada análise qualitativa das amostras através do método de cromatografia em fase gasosa.

➤ Equipamento utilizado: Cromatógrafo à Gás Varian CP 3800, com detector por Ionização de Chamas, 120 V (FID); Injetor tipo split/splitless 1177, com auto-amostrador 8410, com controle de fluxo programável utilizando seringa de 10 µL; Coluna Chrompack CP Sil-5 CB com dimensões de 15 m x 0,25 mm x 0,25 µm, utilizando como fase móvel gás Hélio (He).

➤ Condições analíticas: Temperatura do injetor 270 °C; split 1:10; fluxo da coluna em 2,0 mL min⁻¹; temperatura do detector 300 °C; com rampa de temperatura iniciando-se em 120 °C até 150 °C com razão de aquecimento de 3 °C min⁻¹, 150 °C até 280 °C com razão de aquecimento de 8 °C min⁻¹ e isoterma de 280 °C por 5 min e tempo de corrida 31,25 min.

4.5. Índice de retenção

Com base nos dados da cromatografia gasosa de alta resolução, foi calculado o índice de retenção de cada composto, através da fórmula:

$$I = 100N + 100 (t'R (S) - t'R (N)) / t'R(N+1) - t'R (N)$$

Onde, I (índice de retenção dos constituintes do óleo-resina de copaíba); N (número de moléculas de carbono dos hidrocarbonetos padrão utilizado); t'R (S) (tempo de retenção ajustado de cada constituinte); t'R (N) e t'R (N+1) (tempo de retenção do hidrocarboneto).

A identificação dos constituintes químicos do óleo-resina foi feita através de comparação dos índices de retenção calculado com os índices de retenção encontrados na literatura, (Adams, 1995; Davies, 1990).

Foram quantificados os percentuais dos grupos químicos de cada amostra.

4.6. Fatores que podem contribuir para variação da composição química do óleo-resina

Foram avaliados alguns fatores que podem estar afetando a composição química do óleo-resina.

(a) Teor de argila no solo: foi comparada a composição química de amostras de óleo-resina de 14 matrizes em solos com diferentes teores de argila: 0-30 % de argila (sete matrizes) e 60 -100% de argila (sete matrizes).

(b) Ausência e presença de infestação por térmitas: foi observado se a presença de infestação de térmitas no fuste da árvore afeta a composição química do óleo-resina. Utilizou-se amostras de 13 matrizes com infestação e três matrizes sem infestação.

(c) Sazonalidade de coleta: através de comparações de amostras de óleo-resina coletadas nos períodos de maior e menor precipitação pluviométrica (maio e novembro/2005 respectivamente), foi observado a possível influência da sazonalidade na composição química do óleo-resina. Foram utilizadas as mesmas matrizes para fazer a comparação, excluindo assim o efeito da variação genética.

Foram coletadas nove amostras de óleo-resina para cada período (maio de 2005 e novembro de 2005).

4.7. Características físico-químicas

O óleo-resina foi caracterizado quanto à cor e densidade. A densidade foi obtida através do método massa/volume (pesagem de 1ml de óleo-resina em balança analítica).

4.8. Análise estatística

Foi calculada a média do percentual de cada grupo químico e seus respectivos desvios padrões.

Para verificar a existência de diferenças significativas entre os percentuais dos grupos químicos foram realizadas análises de Variância (ANOVA) para todos os parâmetros avaliados (Sazonalidade, teor de argila e infestação por térmitas).

O programa estatístico utilizado foi o SISTAT 8.0.

5. Resultados e Discussões

5.1. Características Físico-químicas

O óleo-resina de *C. multijuga* apresentou densidade média 0,89 g/ml e sua coloração variou do amarelo claro ao marrom escuro, tendendo ao preto (Figura 2 - 01). Gottlieb & Iachan (1945), encontraram a mesma densidade.



Figura 2 - 01. Gradiente de cor de amostras de óleo-resina de *C. multijuga*.

5.2. Composição química

A análise dos cromatogramas das amostras do óleo-resina de *C. multijuga* revelou três regiões distintas: região dos sesquiterpenos não oxigenados (R1), sesquiterpenos oxigenados (R2) e diterpenos (R3) (Figura 2 - 02).

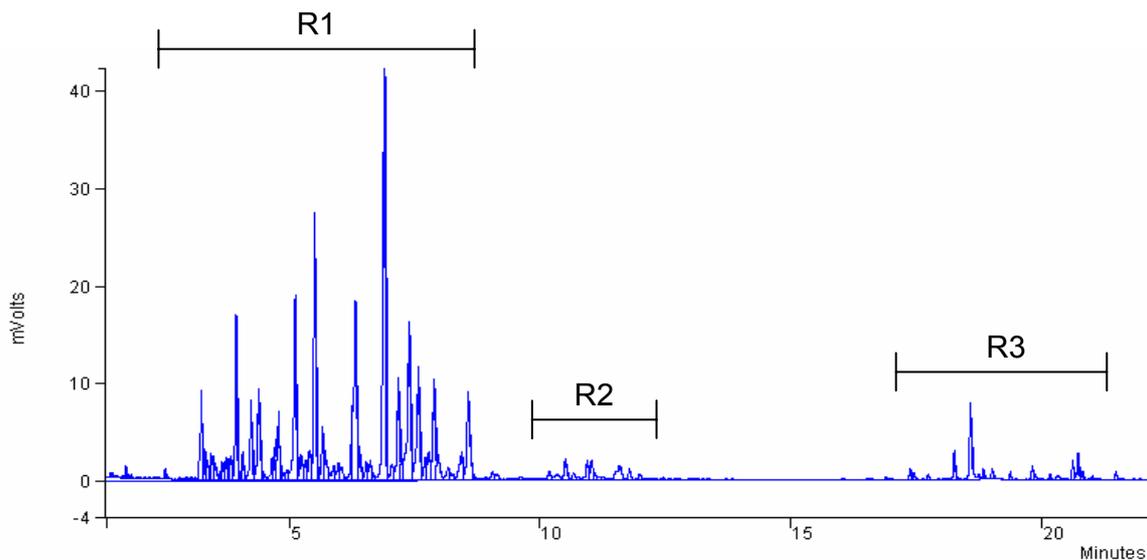


Figura 2 - 02. Cromatograma padrão do óleo-resina de *C. multijuga*.

Cerca de 91 % do óleo-resina de *Copaifera multijuga* Hayne é composto por sesquiterpenos hidrocarbonados (R1); 6,16 % de sesquiterpenos oxigenados (R2) e 2,91 % de ácidos diterpênicos.

Cascon & Gilbert (2000), analisando amostras de óleo-resina de *C. multijuga*, provenientes da região de Manaus-AM, encontraram um percentual de apenas 80 % para a fração de hidrocarbonetos sesquiterpenos. Tendo como constituintes predominantes o α -copaeno, α -bergamoteno, α -humuleno, δ -cadineno e β -cariofileno. Para Langenheim (1981) o percentual da fração sesquiterpênica pode variar de 50 a 90 %. Análises de cromatografia em fase gasosa realizadas em amostras de óleo-resina de copaíba provenientes das regiões do Baixo Amazonas, Transamazônia e Baía de Portel (Pará) indicaram a fração sesquiterpênica como sendo predominante no óleo-resina (Tappin *et al.*, 2004).

Duas matrizes apresentaram características um pouco diferentes das demais, tanto nas características físicas (cor) quanto na análise cromatográfica (Figura 2 - 03).

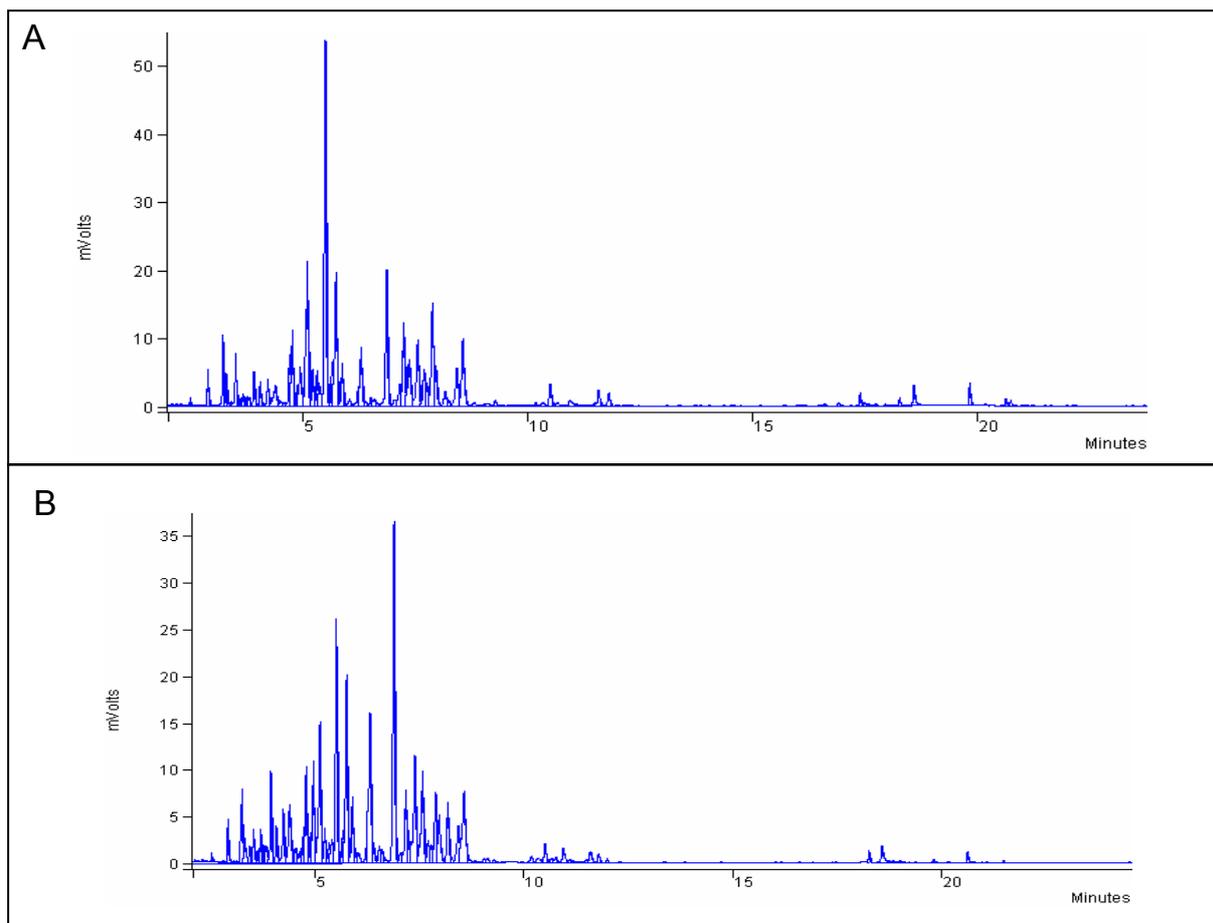


Figura 2 - 03. Cromatogramas de amostras de óleo-resina de *C. multijuga*.

A matriz A apresentou um óleo-resina de coloração avermelhada (Figura 2 - 04A). Seu cromatograma mostrou maior quantidade de picos na região dos diterpenos que as demais matrizes, fugindo um pouco do que se considera padrão para *C. multijuga*.

A Matriz B apresentou coloração mais escura tendendo ao preto (Figura 2 - 04B), com cerca de 95% do óleo-resina constituído por hidrocarbonetos sesquiterpênicos.

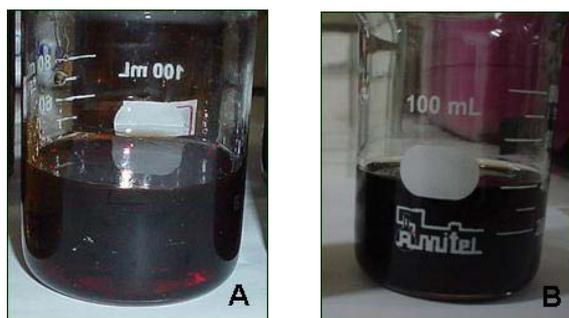


Figura 2 - 04. Coloração da matriz A (A); Coloração da matriz B (B).

Esta variação no padrão cromatográfico e na cor pode ter ocorrido em função do tipo de solo em que se encontram as matrizes (Matriz A – solo com alto teor de argila – 79 %; Matriz B – solo com baixo teor de argila – 31%); agentes bióticos (ataque de fungos patógenos e insetos herbívoros na copa da matriz); ou simplesmente por variação genética. Alguns autores tem relacionado a variação na composição química do óleo-resina com fatores bióticos externos, como danos causados por insetos e fungos (Veiga Jr. & Pinto, 2002). Estudos realizados por Rigamonte-Azevedo (2004), sobre as características físicas do óleo-resina de três espécies de *Copaifera* não indicaram nenhuma tendência de coloração do óleo-resina em relação ao o tipo de solo. Entretanto variou com o tipo de floresta e tamanho das árvores, indicando que esta variação na coloração está mais relacionada à luminosidade e idade das árvores que com fatores edáficos.

5.3. Influência da sazonalidade sobre a composição química do óleo-resina

Foi observada uma pequena variação na composição química do óleo-resina entre os períodos de maior e menor precipitação. A média percentual dos três grupos de constituintes químicos presentes no óleo-resina foi levemente maior no período de menor precipitação, porém não foram estatisticamente significativos (Tabela 2 - 01).

Tabela 2 - 01. Comparação das médias de produção dos compostos secundários presentes no óleo-resina de *C. multijuga* entre os períodos de maior e menor precipitação.(DP= desvio padrão)

Compostos secundários/sazonalidade	Média percentual ± DP	F	p
Sesquiterpenos não Oxigenados			
Período Chuvoso	90,37 ± 0,040	0,23	0,63
Período Seco	91,24 ± 0,037		
Sesquiterpenos Oxigenados			
Período Chuvoso	6,53 ± 0,022	1,88	0,18
Período Seco	5,07 ± 0,023		
Diterpenos			
Período Chuvoso	3,11 ± 0,033	0,15	0,70
Período Seco	3,69 ± 0,031		

Em estudos de variação sazonal da composição química do óleo-resina de *Copaifera duckei* Dwyer realizados no estado do Amapá no período de abril de 1997 a maio de 1999, não foi encontrada variação qualitativa entre os constituintes das amostras analisadas. No entanto ocorreram grandes variações em suas proporções (Cascon & Gilbert, 2000). Apesar de ter ocorrido esta variação nas proporções dos constituintes químicos do óleo-resina ao longo do tempo, ela não demonstrou relação com a intensidade de chuvas. Embora estes resultados sejam importantes, os autores utilizaram amostras de uma única árvore. Logo, não se pode considerar esta variação como sendo padrão para a espécie, necessitando replicar o estudo em um número maior de exemplares.

Estas pequenas variações na composição química do óleo-resina de *C. multijuga* ocorridas entre os dois períodos estudados, podem ter sido em função de outros fatores como fase de crescimento da matriz, variações na intensidade de

irradiação solar, fenofases, dentre outros (Cascom & Gilbert, 2000; Langenheim, 1981). Langenheim *et al.* (1981) mostraram que sob condições controladas e condições de campo, diferenças nas intensidades de irradiação podem afetar a composição sesquiterpênica em espécies de *Hymenaea* e *Copaifera*.

5.4. Influência do tipo de solo sobre a composição química do óleo-resina

Analisando as médias percentuais dos grupos de constituintes químicos, foi observado que a fração de sesquiterpenos não oxigenados e a fração de ácidos diterpênicos são levemente maiores em solos com teores de argila acima de 60%. Enquanto que a fração de sesquiterpenos oxigenados foi maior em solos com teor de argila abaixo de 30%, porém estas diferenças não foram significativas (Tabela 2 - 02).

Tabela 2 - 02. Comparação das médias percentuais das quantidades de constituintes químicos presentes no óleo-resina de *C. multijuga* em solos com diferentes teores de argila (DP=desvio padrão).

Compostos secundários/Teor de argila	Média ± DP	F	p
Sesquiterpenos não Oxigenados			
0-30 % de argila	89,54 ± 0,036	1,36	0,26
60-100 % de argila	91,64 ± 0,031		
Sesquiterpenos Oxigenados			
0-30 % de argila	7,55 ± 0,035	0,026	0,87
60-100 % de argila	5,25 ± 0,011		
Diterpenos			
0-30 % de argila	2,91 ± 0,021	2,74	0,12
30-60 % de argila	3,12 ± 0,027		

Algumas propriedades físicas do solo, como a textura, podem afetar a disponibilidade de nutrientes (Caldwell & Pearcy, 1994). A argila confere ao solo

importantes características, não só no que concerne a suas propriedades físicas, mas também do ponto de vista químico, sendo a parte do solo de maior dinamismo (Vieira, 1988). Solos com alto teor de argila são mais ricos em nutrientes e possuem maior capacidade de troca catiônica (Nascimento & Langenheim, 1986). Isto pode estar contribuindo para esta pequena variação na composição química do óleo-resina em relação ao teor de argila no solo. Diferenças no crescimento e desenvolvimento da espécie em relação ao tipo de solo têm sido descritas. Em estudos realizados por Alencar (1982) as médias de diâmetro e altura das árvores de *C. multijuga* foram maiores em solos arenosos. Janzen (1974) sugere que plantas que estão sobre solos pobres em nutrientes (solos arenosos) possuem mais compostos químicos secundários que plantas que estão sobre solos ricos. No entanto, Nascimento & Langenheim (1986), estudando a produção de metabólitos secundários em folhas de árvores adultas de *C. multijuga*, não encontraram diferenças significativas na produção de compostos sesquiterpenos em relação ao tipo de solo.

5.5. Influência da Infestação de térmitas na composição química do óleo-resina

A composição química do óleo-resina não apresentou diferenças significativas em relação à ausência e presença de infestação de térmitas (Tabela 2 - 03).

Tabela 2 - 03. Comparação das médias percentuais dos constituintes químicos presentes no óleo-resina de *C. multijuga* em relação ao estado fitossanitário da matriz (presença e ausência de térmitas).

Compostos secundários	C/ infestação	S/ infestação	F	p
Sesquiterpenos não oxigenados	90,41	92,74	1,057	0,32
Sesquiterpenos Oxigenados	6,63	4,16	2,25	0,15
Diterpenos	2,96	3,10	0,007	0,93

Os constituintes sesquiterpenos também não apresentaram diferenças significativas em suas proporções quanto à ausência e presença de infestação. Outros fatores bióticos podem estar contribuindo para esta variação na composição sesquiterpênica, como, por exemplo, a herbivoria foliar causada por insetos e injúrias causadas por fungos patógenos. Cypereno e γ -muuroleno, por exemplo, tem mostrado efeito adverso ao sucesso e comportamento alimentar de alguns insetos herbívoros; cariofileno e óxido de cariofileno inibem o crescimento de fungos, sendo também efetivos contra lepidópteros (Langenheim *et al.*, 1986; Macedo & Langenheim, 1989). Experimentos laboratoriais demonstraram diferenças na mortalidade de larvas de lepidópteros com a variação na composição química de resina de folhas de *Hymenaea courbaril* (Langenheim, 2003).

6. Conclusão

A fração predominante do óleo-resina é constituída por hidrocarbonetos sesquiterpênicos.

A composição química do óleo-resina de *C. multijuga* não sofre influência da sazonalidade, quando se leva em consideração os períodos de maior e menor precipitação pluviométrica, indicando que a coleta do óleo-resina desta espécie pode ser feita em ambos os períodos.

As proporções das frações de sesquiterpenos e de diterpenos permaneceram inalteradas em relação ao teor de argila, mostrando não sofrer efeito dos diferentes tipos de solo.

A variação na composição química do óleo-resina de *C. multijuga* parece não estar relacionada com a infestação de térmitas, porém estudos envolvendo um número maior de amostras de diferentes matrizes são necessários, para confirmar estes resultados.

7. Referencias Bibliográficas

- Alencar, J.C. 1982. Estudos Silviculturais de uma População de *Copaifera multijuga* Hayne – Leguminosae, na Amazônia Central. 2 – Produção de óleo-resina. **Acta Amazônica**, 12 (1): 75 –89.
- Adams, R.P.1995. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectroscopy. USA.
- Barreto Jr., A.G.; Biscacia Jr., E.C.; Veiga Jr, V.F.; Pinto, A.C.; Carvalhaes, S.F.; Maciel, M.A. 2005. Cromatografia de troca-iônica aplicada ao isolamento da fração ácida do óleo de copaíba (*Copaifera multijuga*) e da sacaca (*Croton cajucara*). **Química Nova**, 28 (4).
- Caldwell, M.M.; Pearcy, R.W. 1994. Exploitation of Environmental Heterogeneity by Plantas: Ecophysiological Processes Above- and Belowground. Academic Press Limited, California.
- Cascon, V.; Gilbert, B. 2000. Characterization of the Chemical composition of Oleoresins of *Copaifera guianensis* Desf., *Copaifera duckei* Dwyer and *Copaifera multijuga* Hayne. **Phytochemistry**, 55: 773 – 778.
- Davies, N.W. 1990. Gas chromatographic retention indices of monoterpenes and sesquiterpenes on methyl silicone and carbowax 20M phases. **Journal of Chromatography**, 503: 1-24.
- Ferreira, L.A.; Braz, E.M. 2001. Avaliação do Potencial de Extração e Comercialização do óleo-resina de Copaíba (*Copaifera* spp.). **The New York Botanical Garden/ Universidade Federal do Acre**.
- Gottlieb, O.R.; Iachan, A. 1945. Estudo do bálsamo de copaíba. **Revista de Química Industrial**, 163.

- Janzen, D.H. 1974. Tropical blackwater rivers, animals and mast fruiting by the dipterocarpaceae. **Biotropica**, 6: 69-103.
- Langenheim, J.H. 1981. Terpenoids in the leguminosae. In:Advances in legume systematics. In: Polhill, R. M. & Raven, P. H. Royal Botanic gardens. p. 627-655.
- Langenheim, J.H.; Arrhenius, S.; Nascimento, J.C. 1981. Relationship of light intensity to leaf resin composition and yield in the tropical leguminous genera *Hymenaea* and *Copaifera*. **Biochemical Systematics and Ecology**, 9: 27-37.
- Langenheim, J.H.; Convis, C.L.; Macedo, C.A.; Stubblebine, W.H. 1986. *Hymenaea* and *Copaifera* leaf sesquiterpenes in relation to lepidopteran herbivory in southeastern Brazil. **Biochemical Systematics and Ecology**, 14: 41-49.
- Langenheim, J.H. 2003. Plant Resins: Chemistry, Evolution, Ecology and Ethnobotany.
- Macedo, C.A.; Langenheim, J.H. 1989. Intra- and interplant leaf sesquiterpene variability in *Copaifera langsdorfii*: Relation to microlepidopteran herbivory. **Biochemical Systematics and Ecology**, 17 (7/8): 551-557.
- Maciel, M.A.M.; Pinto, A.C.; Veiga Jr, V.F. 2002. Plantas Medicinais: A Necessidade de Estudos Multidisciplinares. **Química Nova**, 25 (3): 429 – 438.
- Nascimento, J.C.; Langenheim, J.H. 1986. Leaf sesquiterpenes and phenolics in *Copaifera multijuga* on contrasting soil types in a Central Amazonian rain forest. **Biochemical Systematics and Ecology**, 14 (6): 615-624.
- Rigamonte-Azevedo, O.C. 2004. Copaíba: Estrutura Populacional, Produção e Qualidade do óleo-resina em Populações Nativas do sudoeste da Amazônia. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Acre, Rio Branco – Acre.

- Tappin, M.R.R.; pereira, J. F.G.; Lima, L.A.; Siani, A. C.; Mazzei, J.L.; Ramos, M.F.S. 2004. Análise química quantitativa para padronização do óleo de copaíba por cromatografia gasosa de alta resolução. **Química Nova**, 27(2).
- Veiga Jr, F.V.; Pinto, A. 2002. O Gênero Copaifera L. **Química Nova**, 25 (2): 273 – 286.
- Vieira, L.S. 1988. Manual da Ciência do Solo: Com Ênfase aos Solos Tropicais. Cap. 10, São Paulo, Ed. Agronômica Ceres.

8. Anexos

- Análise de variância entre período seco e período chuvoso.

Variável dependente: % de Hidrocarbonetos sesquiterpênicos N = 18

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	P
Período	1	0,000	0,000	0,234	0,635
erro	16	0,023	0,001		

- Análise de variância entre período seco e período chuvoso.

Variável dependente: % de sesquiterpenos oxigenados N = 18

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	P
Período	1	0,001	0,001	1,888	0,188
erro	16	0,008	0,001		

- Análise de variância entre período seco e período chuvoso.

Variável dependente: % de ácidos diterpênicos N = 18

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	P
Período	1	0,000	0,000	0,15	0,704
erro	16	0,016	0,001		

- Análise de variância tipos de solo (teor de argila).

Variável dependente: % de Hidrocarbonetos sesquiterpênicos N = 14

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	P
Teor de argila	1	0,002	0,002	1,363	0,266
erro	12	0,014	0,001		

- Análise de variância tipos de solo (teor de argila).

Variável dependente: % de sesquiterpenos oxigenados

N = 14

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	P
Teor de argila	1	0,002	0,002	2,741	0,124
erro	12	0,008	0,001		

- Análise de variância tipos de solo (teor de argila).

Variável dependente: % de ácidos diterpênicos

N = 14

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	P
Teor de argila	1	0,000	0,000	0,026	0,875
erro	12	0,007	0,001		

- Análise de variância tipos de solo (teor de argila).

Variável dependente: % de Hidrocarbonetos sesquiterpênicos

N = 16

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	P
Infestação	1	0,001	0,001	1,057	0,321
erro	14	0,017	0,001		

- Análise de variância tipos de solo (teor de argila).

Variável dependente: % de sesquiterpenos oxigenados

N = 16

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	P
Infestação	1	0,001	0,001	2,257	0,155
erro	14	0,009	0,001		

- Análise de variância tipos de solo (teor de argila).

Variável dependente: % ácidos diterpênicos

N = 16

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	P
Infestação	1	0	0	0,007	0,933
erro	14	0,009	0,001		

Considerações Finais

Os vários estudos realizados referentes à produção de óleo-resina de espécies de *Copaifera* e os resultados obtidos neste estudo em particular, mostram que os mecanismos de indução da produção, sustentabilidade de extração e a variabilidade na composição química do óleo-resina são muito mais complexos do que se imagina. Pesquisas relacionadas à ecologia das espécies e um monitoramento envolvendo um número maior de exemplares e por um período de tempo mais prolongado que o utilizado neste estudo são necessários. Entretanto, a utilização de recursos do manejo florestal, como adoção de sistema de rodízio para extração e seleção de matrizes (DAP) dentre outros, parece ser o caminho para que se tenha uma produção sustentada.

Referências Bibliográficas Gerais

- Alencar, J.C. 1982. Estudos Silviculturais de uma População de *Copaifera multijuga* Hayne – Leguminosae, na Amazônia Central. 2 – Produção de óleo-resina. **Acta Amazônica**, 12 (1): 75 –89.
- Langenheim, J.H. 2003. Plant Resins: Chemistry, Evolution, Ecology and Ethnobotany.
- Lincon, D.E.; Couvet, D. 1989. The effect of carbon supply on allocation to allelochemicals and caterpillar consumption of peppermint. **Oecologia**, 78: 112-114.
- Maciel, M.A.M.; Pinto, A.C.; Veiga Jr, V.F. 2002. Plantas Medicinais: A Necessidade de Estudos Multidisciplinares. **Química Nova**, 25 (3): 429 – 438.
- Phillips, M.A.; Croteau, R.B. 1999. Resin-based defenses in conifers. **Trends in Plant Science**, 4 (5): 184-190.
- Plowden, M.C. 2003. Production Ecology of *Copaíba* (*Copaifera* spp.) Óleo-resin in the Eastern Brazilian Amazon. **Economic Botany**, 57 (4): 491 – 501.