**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Potencial produtivo e de manejo de dois produtos florestais não madeireiros
no contexto Amazônico - o cipó-titica (*Heteropsis* spp.) e o óleo de copaíba
(*Copaifera* spp.)**

Carine Klauberg Silva

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em
Ciências, Programa: Recursos Florestais. Opção em:
Silvicultura e Manejo Florestal

**Piracicaba
2014**

Carine Klauberg Silva
Engenheira Florestal

Potencial produtivo e de manejo de dois produtos florestais não madeireiros no contexto Amazônico - o cipó-titica (*Heteropsis* spp.) e o óleo de copaíba (*Copaifera* spp.)

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **EDSON JOSÉ VIDAL DA SILVA**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em Ciências, Programa: Recursos Florestais. Opção em: Silvicultura e Manejo Florestal

Piracicaba
2014

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP**

Silva, Carine Klauberg

Potencial produtivo e de manejo de dois produtos florestais não madeireiros no contexto Amazônico - o cipó-titica (*Heteropsis* spp.) e o óleo de copaíba (*Copaifera* spp.) / Carine Klauberg Silva.- - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2014.
145 p: il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2014.

1. Copaífera 2. Floresta Amazônica 3. Heteropsis 4. Manejo 5. Produto florestal não madeireiro I. Título

CDD 634.97323
S586p

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte -O autor"

À minha mãe **Carmen Lúcia Silveira**
Ao meu marido **Carlos Alberto Silva**
Às minhas irmãs **Maira e Lorena**
Aos meus avôs **José Borges e Erotides Silveira**

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força.

À minha família (mãe, irmãs e avós), por todo apoio, incentivo e carinho.

Ao meu marido, por toda paciência, ajuda, incentivo e compreensão (Te amo!!).

Ao orientador Edson Vidal, pela confiança, profissionalismo e ensinamento.

Aos docentes e colegas da “Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz” (ESALQ) e do laboratório de Manejo e Silvicultura Tropical.

A toda equipe e todos os colegas do Instituto Florestal Tropical (IFT) pela ajuda em todo o trabalho, sugestões e auxílios.

À FAPESP pelo auxílio regular para execução do projeto.

À Giovana, que auxiliou sempre em cada dúvida e problema administrativo.

Obrigado a todos.

“Só depois que
a última árvore for derrubada,
o último peixe for morto
e o último rio envenenado,
vocês irão perceber que
dinheiro não se come.

(Pensamento indígena)

SUMÁRIO

RESUMO	12
ABSTRACT	15
1 INTRODUÇÃO GERAL	17
1.1 Introdução	17
1.2 Objetivos Gerais	19
1.3 Hipóteses	19
1.4 Apresentação	20
Referências	20
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	25
2.1 Produtos Florestais Não Madeireiros	25
2.2 Copaíba (<i>Copaifera</i> spp.)	29
2.3 Cipó-titica (<i>Heteropsis</i> spp.)	41
Referências	50
3 PRODUTIVIDADE DE ÓLEO RESINA DE COPAÍBA (<i>COPAIFERA</i> SPP.) SOB DIFERENTES CICLOS DE COLETA.....	65
Resumo	65
Abstract.....	65
3.1 Introdução	65
3.1.1 Objetivos.....	67
3.2 Material e métodos	67
3.2.1 Área de estudo	67
3.2.2 Métodos	67
3.2.3 Análise estatística	69
3.3 Resultados.....	70
3.3.1 Características da população amostrada	70
3.3.2 Fatores que controlam a capacidade de produção ou não de óleo resina	72
3.3.3 Modelo de produção de óleo resina	75
3.4 Discussão	77
3.5 Conclusão	80
Referências	80
4 ANÁLISE DO CICLO ÓTIMO PARA A PRODUÇÃO DE ÓLEO RESINA DE COPAÍBA (<i>COPAIFERA</i> SPP.) SOBRE DIFERENTES CENÁRIOS	85

Resumo.....	85
Abstract	85
4.1 Introdução	86
4.1.1 Objetivos	88
4.2 Material e Métodos	89
4.2.1 Espécie e estudo de caso	89
4.2.2 Variáveis econômicas	90
4.2.3 Dados de campo do estudo.....	90
4.2.4 Análise do ciclo de ótimo.....	92
4.2.5 Simulação de Monte Carlo.....	93
4.3 Resultados	93
4.3.1 Produção do óleo resina de copaíba	94
4.3.2 Ciclo ótimo.....	95
4.4 Discussões.....	97
4.5 Conclusão.....	100
Referências.....	100
5 PRÁTICAS DE COLETA DO CIPÓ-TITICA (<i>HETEROPSIS</i> SPP.) SOB DIFERENTES INTENSIDADES DE COLETA DE RAIZ, PARÁ, BRASIL	105
Resumo.....	105
Abstract	105
5.1 Introdução	106
5.1.1 Objetivos	107
5.2 Material e métodos.....	107
5.2.1 Área de estudo.....	107
5.2.2 Instalação do Experimento.....	108
5.2.3 Coleta de Solo	109
5.2.4 Análise dos dados e Tratamento Estatístico.....	109
5.3 Resultados	110
5.4 Discussão	116
5.5 Conclusão.....	119
Referências.....	120
6 INVENTÁRIO FLORESTAL DO CIPÓ-TITICA (<i>HETEROPSIS</i> SPP.) EM FLORESTA AMAZÔNICA: UMA ABORDAGEM APLICADA À SIMULAÇÃO E AVALIAÇÃO DE MÉTODOS DE AMOSTRAGEM.....	123

Resumo	123
Abstract.....	123
6.1 Introdução.....	123
6.1.1 Objetivos.....	125
6.2 Material e métodos	125
6.2.1 Área de Estudo	125
6.2.2 Coleta de Dados.....	125
6.2.3 Simulação e processamento de dados.....	126
6.2.4 Análise Estatística dos Dados.....	127
6.3 Resultados.....	129
6.4 Discussão.....	135
6.5 Conclusão	137
Referências	138
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	143

RESUMO

Potencial produtivo e de manejo de dois produtos florestais não madeireiros no contexto Amazônico - o cipó-titica (*Heteropsis* spp.) e o óleo de copaíba (*Copaifera* spp.)

O óleo resina de copaíba (*Copaifera* spp.) e as fibras das raízes de cipó-titica (*Heteropsis* spp.) são produtos florestais não madeireiros, de grande importância social e econômica, principalmente para comunidades presentes na região Amazônica. Entretanto, faltam estudos que ajudem a definir e melhorar leis e práticas de manejo. O objetivo deste estudo foi preencher essa lacuna, avaliando os fatores bióticos e abióticos que afetam o desenvolvimento e a produtividade destas espécies. O primeiro capítulo trata de espécies de *Copaifera*, e a produção de óleo resina por árvore e os ciclos de manejo. Com 118 copaibeiras amostradas, sob até três extrações dentro de ciclos de um a cinco anos, foram testados modelos de regressão logística e linear múltiplo para avaliar os fatores correlacionados com a produção. Ainda, foi avaliada a produtividade física (óleo resina), e monetária (valor presente líquido), ao final de cada ciclo, sob os cenários determinístico e estocástico. Como resultado, o diâmetro, a presença de pragas, a qualidade do fuste/copa, as espécies e os ciclos, foram relevantes com relação à probabilidade de produção de óleo resina. A produção também esteve relacionada com o ciclo, a extração e com as espécies, sendo que o ciclo de três anos foi mais viável, tanto na perspectiva monetária quanto de produção, e em ambos os cenários. No segundo capítulo discutimos sobre *Heteropsis* spp. Foi avaliada a produtividade em relação à quantidade e qualidade de suas raízes, após dois anos da colheita, com intensidades de corte de 50% e 100%. Ademais, em outras áreas florestais, foi inventariada outra população de cipó-titica, e testados métodos de amostragem que providenciassem uma maior eficiência, menor erro amostral e melhor estimativa de produção por área. Foi aplicada a regressão de Poisson, para comparar as unidades amostrais entre os períodos (2009-2011) e tratamentos de corte, e a análise de variância para avaliar o efeito dos tratamentos sobre características do solo. Foram realizadas simulações para testar diferentes métodos de amostragem (aleatório e sistemático) com diferentes tamanhos e formatos de parcelas. Em síntese, o ciclo de manejo de até dois anos e extrações das raízes comerciais acima de 50% demonstraram não serem viáveis para garantir a produtividade e a qualidade das raízes de cipó-titica. Logo, amostragem sistemática ou aleatória, com intensidades variando de 15-20%, e parcelas de 250-300 m² produzem boas estimativas de produção, com erros abaixo de 15%.

Palavras-chave: *Copaifera*; Floresta Amazônica; *Heteropsis*; Manejo; Produto florestal não madeireiro

ABSTRACT

Production and management of two potential non-timber forest products in the Amazon context - the cipó-titica (*Heteropsis* spp.) and copaiba (*Copaifera* spp.)

The oleoresin of copaiba (*Copaifera* spp.) and the fibers of the roots of cipó-titica (*Heteropsis* spp.) are non-timber forest products of great social and economic importance, especially for communities in the Amazon region. However, there are few studies that help to define and improve laws and management practices. The aim of this study was to fill this gap by assessing the biotic and abiotic factors that affect the development and productivity of these species. The first chapter deals with the species of *Copaifera*, and oleoresin production per tree, cycles and population structure. With 118 copaibeiras sampled in up to three extractions in cycles of one to five years, logistic regression and multiple linear models were tested to evaluate factors related to the production. Still, the physical productivity (oleoresin) was evaluated, and monetary (net present value) at the end of each cycle, under the deterministic and stochastic scenarios. As a result, the diameter, the presence of pests, the quality of the canopy/trunk, and species cycles were relevant in connection with the probability of bigger production oleoresin. The production was related to the cycle, extraction and species, and the three-year cycle was more feasible, both in the monetary or production perspectives, and in both scenarios. In the second chapter we discuss *Heteropsis* spp. productivity in terms of quantity and quality of roots. It was evaluated after two years of harvest, with cutting intensities of 50% and 100%. Moreover, in other forest areas, we inventoried another population of *Heteropsis*, and tested sampling methods that arrange to higher efficiency, smaller sampling error and better estimation of production per area. Poisson regression was used to compare the sample units between periods (2009-2011) and cutting treatments, and analysis of variance to assess the effect of treatments on soil characteristics. Simulations were performed to test different sampling methods (random and systematic) with different sizes and shapes of plots. In summary, the cycle of handling up to two years and extractions of commercial roots above 50% proved to be not feasible to ensure productivity and quality of the roots of *Heteropsis*. Therefore, systematic or random sampling, with intensities ranging from 15-20%, and plots of 250-300 m² produce good estimates of production, with errors below 15%.

Keywords: Amazon rainforest; *Copaifera*; *Heteropsis*; Management; Non timber forest product

1 INTRODUÇÃO GERAL

1.1 Introdução

Os que usufruem dos benefícios econômicos que as florestas tropicais proporcionam, geralmente enfatizam o produto madeira e com raras exceções, os produtos florestais não madeireiros (PFNMs). Os PFMNs, tais como raízes, casca, semente, tanino, goma, resina, óleo, fruto e cipó, em muitos casos são desvalorizados economicamente por uma série de razões, principalmente por sua oferta (ALMEIDA et al., 2009). Estes produtos caracteristicamente exibem versatilidade e variabilidade quanto ao emprego: alimentício, medicinal, cosmético, como corante, aromatizante, combustível, inseticida e em artesanato. A matéria-prima de muitas indústrias é o PFNM, capaz de movimentar mercados regionais e internacionais, além de possibilitar o incremento de renda para muitas populações tradicionais extrativistas (PATTANAYAK; SILLIS, 2001; BELCHER; SCHRECKENBERG, 2007). E além destes produtos estarem vinculados com o benefício social e econômico, há também o benefício ambiental, proporcionando a preservação tanto da biodiversidade florestal como do solo, nutrientes, água e clima (ANDERSON; IORIS, 1992).

No contexto Amazônico, especialmente em regiões que sofrem forte pressão direta pelos desmatamentos e superexploração, mas também pressão indireta em função de mudanças climáticas e poluição ambiental são vastas as quantidades de PFMNs potenciais (LEARNING..., 1991). Uma pequena fração destes produtos é explorada por populações extrativistas diversas que vivem nesta região, tais como o látex de seringueiras, a castanha-do-brasil, o açaí, o óleo resina de copaíba, as fibras do cipó-titica, entre outros.

O óleo resina de copaíba é popularmente conhecido por suas propriedades medicinais, como anti-inflamatório e bactericida, além de ser empregado como matéria-prima de vários produtos, tais como vernizes e cosméticos (SCUDELLER et al., 2007; SANTOS; GUERRA, 2010). A observação e percepção das propriedades medicinais foi feita pelos índios, reparando que os animais machucados esfregavam suas feridas em troncos de copaibeiras. O óleo resina pode apresentar alta variação em relação à coloração e viscosidade, e é extraído por meio de perfurações feitas no fuste da árvore com auxílio de um trado (CASCON; GILBERT, 2000; RIGAMONTE-AZEVEDO et al., 2004; PACHECO et al., 2006). Possui capacidade de ser explorado comercialmente, sendo nos anos de 1996 a 2001 registradas produções que variaram de 279 t a 414 t de óleo resina de copaíba (FERREIRA, 1999). É

necessário disseminar o conhecimento popular e as práticas de manejo sustentável do óleo resina para muitos grupos extrativistas. Porém, pesquisas técnico-científicas, referentes a toda a cadeia produtiva do manejo e à biologia da espécie (ecologia, fisiologia), ainda precisam ser melhoradas e incentivadas (GUERRA, 2008; HERRERO-JÁUREGUI, 2009; NEWTON et al., 2011). Os fatores que influenciam na produtividade de óleo resina por árvore, por exemplo, não estão elucidados (BARBOSA et al., 2009; HERRERO-JÁUREGUI, 2009; HERRERO-JÁUREGUI et al., 2012).

As raízes do cipó-titica também são um tipo de PFNM, explorado no Brasil, nas Guianas, no Peru e na Venezuela (BENTES-GAMA et al., 2007). É apreciado por apresentar fibras do tipo longa, resistente, flexível, de fácil trabalhabilidade, e valorada economicamente pelo seu uso na confecção de artesanatos, cestos, móveis e na fixação de estruturas de casas (PLOWDEN, 2001; PLOWDEN et al., 2003; BENTES-GAMA et al., 2007). No ano de 2001 foi registrada uma produção de aproximadamente 20 t de cipó, oriundo somente do Parque Nacional do Jaú (Amazonas e Roraima) (DURIGAN; CASTILHO, 2004). Muitos dos grupos que exploram esta fibra fazem-no de maneira predatória, e em muitas florestas esta espécie não existe mais. Há a Instrução Normativa SDS nº. 001/2008, criada pelo Estado do Amazonas, assim como a Lei nº 0631/2001, Resolução COEMA nº05/2002 e Resolução COEMA nº13/2009, todas do Estado do Amapá, que buscam mudar as práticas de coleta anteriormente aplicadas, indo de encontro ao manejo florestal sustentável (AMAPÁ, 2001; 2002, 2009; AMAZONAS, 2008).

A exploração dos PFNMs, tais como o óleo resina de copaíba e as fibras de cipó-titica, é uma prática intrínseca à cultura de muitas populações tradicionais extrativistas e indígenas que vivem dentro ou no entorno de florestas, a exemplo do Norte do país. São produtos que podem ser a fonte de subsistência para estes grupos, podendo proporcionar segurança alimentar para uma grande parte da população de baixa renda, para o gado e outros animais domésticos, particularmente em épocas de seca e escassez, assim como uma fonte alternativa de renda, com seu manejo podendo ser conciliando com a prática de conservação das florestas.

Entretanto, para que haja um aumento da produtividade e obtenham-se matérias-primas em longo prazo, e que a sua obtenção acarrete no menor impacto possível à diversidade biológica e ao meio ambiente, informações ecológicas e análises quantitativas e qualitativas precisam ser investigadas, para boa parte dos PFNMs existentes. Estas informações servirão como pontos-chave do manejo florestal de florestas nativas e a base para a criação de leis.

1.2 Objetivos Gerais

O objetivo geral desse estudo foi analisar os fatores (bióticos e abióticos) e processos para melhorar a compreensão sobre a ecologia das espécies *Copaifera* spp. e *Heteropsis* spp., e auxiliar no aperfeiçoamento das práticas de manejo, do ponto de vista ambiental, social e econômico. Os objetivos específicos foram:

- (i) analisar a produtividade de óleo resina de *Copaifera* sob até três extrações dentro de cinco diferentes ciclos de coleta e os fatores que possam influenciar na produção por árvore;
- (ii) estimar o ciclo ideal a ser adotado para a extração do óleo resina de *Copaifera*, considerando tanto a produção máxima em unidades físicas como os retornos monetários associados a esta produção;
- (iii) avaliar o ciclo de manejo das raízes de cipó-titica (*Heteropsis* spp.) em um período de dois anos, perante diferentes intensidades de colheita;
- (iv) avaliar a acurácia das estimativas de produção de raízes de cipó-titica (*Heteropsis* spp.) obtidas através da simulação e análise de diferentes tipos de amostragem;

1.3 Hipóteses

As hipóteses testadas neste estudo foram:

- (i) O rendimento de óleo resina de copaíba está mais relacionado a espécie do que aos fatores ambientais e fenotípicos da copaíba. E o rendimento de óleo resina reduz a cada sucessiva extração, porém esta taxa de decréscimo é menor a medida que o intervalo entre as coletas é maior, pois maior será o tempo para que a planta sintetize o óleo resina.
- (ii) Presume-se que não haverá diferença em ambos os cenários ótimos (maximização de produção e valor presente líquido), porque os níveis de produção estão diminuindo ao longo do horizonte de planejamento. Outra questão é que os resultados referentes ao ciclo ótimo são os mesmos em relação à duração do ciclo ideal quando considerado um cenário determinístico ou um cenário em que o risco ou a incerteza é introduzido em algumas das variáveis do modelo, tais como o preço do óleo resina.
- (iii) A estimativa de produção das raízes de cipó-titica, assim como a eficiência e o erro amostral são diferentes para os diferentes métodos e intensidades amostrais, tamanho e formato de parcelas. E o uso de amostragem do tipo sistemática,

independente da intensidade e tamanho/formato de parcela a ser considerado para inventário de produto florestal não madeireiro cipó é mais eficiente dos que o tipo aleatório em mesmas condições.

- (iv) Para que a coleta de cipó-titica seja viável economicamente e ecologicamente, é necessário que um ciclo de manejo maior de dois anos seja praticado e não excedendo a extração de 50% do total de raízes de cipó-titica do tipo comercial. E a taxa de crescimento das raízes remanescentes e regenerantes é baixa, sendo que dois anos são insuficientes para completar o ciclo de crescimento do cipó-titica, considerando o seu estabelecimento no hospedeiro até o lançamento de raízes que alcancem o solo florestal.

1.4 Apresentação

O presente trabalho está estruturado em nove capítulos. O primeiro e segundo, correspondem a uma introdução ao tema, passando pelos objetivos gerais e hipóteses, por uma revisão bibliográfica sobre os PFNMs, a copaíba (*Copaifera* spp.) e cipó-titica (*Heteropsis* spp.).

Os capítulos três ao sete correspondem ao cerne do trabalho, e estão relacionados com as espécies *Copaifera* spp. e *Heteropsis* spp. Dois capítulos abordarão temas específicos relacionados à copaíba, tais como: a adoção de diferentes ciclos de manejo do óleo resina de copaíba do ponto de vista econômico e de produção, e os elementos bióticos e abióticos que possam afetar de forma negativa ou positiva a produção por indivíduo; e outros três capítulos associados ao cipó-titica, a respeito da prática de manejo das raízes sob duas intensidades de coleta, e dos processos de amostragem e dos tipos de unidades amostrais que melhor estimam a produção do cipó-titica de forma eficiente e representativa.

Por fim, no capítulo oito, ocorre o desfecho do trabalho, destacando os principais apontamentos levantados nas discussões e conclusões dos capítulos quatro ao oito, bem como as hipóteses que foram testadas em cada um dos estudos correspondentes aos subcapítulos.

Referências

ALMEIDA, A.N. de; BITTENCOURT, A.M.; SANTOS, A.J. dos; EISFELD, C.L.; SOUZA, V.S. de. Evolução da produção e preço dos principais produtos florestais não madeireiros extrativos do Brasil. **Cerne**, Lavras, v. 15, n. 3, p. 282-287, jul./set. 2009.

AMAPÁ. **Lei nº 0631, 21 de novembro de 2001.** Dispõe sobre procedimentos, transporte e comercialização de espécies vegetais produtoras de fibra Cipó Titica (*Heteropsis* spp.) e similares em todo o Estado do Amapá. Disponível em: <http://al.ap.gov.br/exibir_integra.php?iddocumento=1459>. Acesso em: 05 ago. 2013.

_____. **Resolução COEMA nº 05, de 29 de abril de 2002.** Dispõe sobre os critérios e diretrizes para a extração racional de espécies produtoras de fibra tipo Cipó Titica (*Heteropsis* spp.), Cipó Cebolão (*Clusia* spp.) e similares em todo o Estado do Amapá e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.sema.ap.gov.br/download/coema/resolucoes/05.pdf>>. Acesso em: 05 ago. 2013.

_____. **Resolução COEMA nº 13, 30 de julho de 2009.** Dispõe sobre os procedimentos técnicos para elaboração, apresentação, execução e avaliação técnica de Planos de Manejo Florestal de Cipós. Disponível em: <<http://www.sema.ap.gov.br/download/coema/resolucoes/13.pdf>>. Acesso em: 05 ago. 2013.

AMAZONAS. IN 001, 11 de fevereiro de 2008. Dispõe sobre os procedimentos básicos relativos à utilização sustentável da coleta de cipó-titica (*Heteropsis* spp) no Estado do Amazonas. Disponível em: <<http://www.sds.am.gov.br/2011-09-27-04-22-47/downloads/category/2-serie-tecnica?download=8:serie-tecnica-14-cipo>>. Acesso em: 05 ago. 2013.

ANDERSON, A.B.; IORIS, E.M. The logic of extraction: resource management and income generation by extractive producers in the amazon. In: REDFORD, K.H.; PADOCH, C. **Conservation of neotropical forests.** New York: Columbia University, 1992. chap. 3, p. 175-199.

BARBOSA, K.S.; SCUDELLER, V.V.; ROSA, A.L. Potencial de produção de óleo resina de *Copaifera multijuga* Hayne nos dois períodos climáticos amazônicos na Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Tupé, Manaus-AM. In: SANTOS-SILVA, E.N.; SCUDELLER, V.V. (Org.). **Biotupé: meio físico, diversidade biológica e sociocultural do Baixo Rio Negro, Amazônia Central.** Manaus: UEA Edições, 2009. v. 2, cap. 12, p.143-153.

BELCHER, B.; SCHRECKENBERG, K. Commercialisation of non-timber forest products: a reality check. **Development Policy Review**, London, v. 25, n. 3, p. 355-377, May. 2007.

BENTES-GAMA, M.M.; VIEIRA, A.H.; ROCHA, R.B.; SILVA, A.P.F.F. da. **Principais espécies arbóreas hospedeiras de cipó-titica (*Heteropsis flexuosa*) em Rondônia.** Porto Velho: Embrapa Porto Velho, 2007. 6 p. (Circular Técnica, 96).

CASCON, V.; GILBERT, B. Characterization of the chemical composition of oleoresins of *Copaifera multijuga* Hayne. **Phytochemistry**, Pullman, v. 55, n. 7, p. 773-778, Dec. 2000.

FERREIRA, L.A. **Potencial de extração e comercialização do óleo-resina de copaíba (*Copaifera* spp.): um estudo de caso na Floresta Estadual do Antimary, Acre.** 1999. 56 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais) - Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 1999.

GUERRA, F.G.P.Q. **Contribuição dos produtos florestais não madeireiros na geração de renda na Floresta Nacional do Tapajós – Pará.** 2008. 133 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

HERRERO-JÁUREGUI, C. **Gestión integrada de los recursos forestales en la Amazonía Oriental: ecología de dos especies de uso múltiple**. 2009. 243 p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Facultad de Biología, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 2009.

HERRERO-JÁUREGUI, C.; SIST, P.; CASADO, M.A. Population structure of two low-density neotropical tree species under different management systems. **Forest Ecology and Management**, Fort Collins, v. 280, n. 15, p. 31-39, July 2012.

LEARNING to see the forest through the trees. **Unasylva**, Rome, v. 42, n. 165, p. 2, Sept. 1991.

NEWTON, P.; WATKINSON, A.R.; PERES, C.A. Determinants of yield in a non-timber forest product: *Copaifera* oleoresin in Amazonian extractive reserves. **Forest Ecology and Management**, Fort Collins, v. 261, n. 2, p. 255-264, Jan. 2011.

PACHECO, T.A.R.C.; BARATA, L.E.S.; DUARTE, M.C.T. Antimicrobial activity of copaíba (*Copaifera* spp.) balsams. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 8, p. 123-124, Fev. 2006.

PATTANAYAK, S.K.; SILLS, E.O. Do tropical forests provide natural insurance? The microeconomics of non-timber forest product collection in the brazilian Amazon. **Land Economics**, Madison, v. 77, n. 4, p. 595-612, Nov. 2001.

PLOWDEN, C. **The ecology, management and marketing of non-timber forest products in the alto rio Guamá indigenous reserve (Eastern Brazilian Amazon)**. 2001. 253 p. Thesis, (PhD in Philosophy) - The Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania, 2001.

PLOWDEN, C.; UHL, C.; OLIVEIRA, F.A. The ecology and harvest potential of titica vine roots (*Heteropsis flexuosa*: Araceae) in the eastern Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, Fort Collins, v. 182, n. 1/3, p. 59-73, Sept. 2003.

RIGAMONTE-AZEVEDO, O.C.; WADT, P.G.S.; WADT, L.H.O. **Copaíba: ecologia e produção de óleo resina**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2004. 28 p. (Documentos, 91).

SCUDELLER, V.V.; ROSA, A.L.; BARBOSA, K.S. Viabilidade econômica da extração do óleo-resina de *Copaifera multijuga* Hayne na Amazônia Central. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 753-755, jul. 2007.

SANTOS, A.J. dos; GUERRA, F.G.P.Q. Aspectos econômicos da cadeia produtiva dos óleos de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) e copaíba (*Copaifera multijuga* Hayne) na Floresta Nacional do Tapajós – Pará. **Floresta**, Curitiba, v. 40, n. 1, p. 23-28, jan./mar. 2010.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Produtos Florestais Não Madeireiros

Quando se trata do aproveitamento e análise econômica das florestas tropicais, como a Amazônica, tradicionalmente enfoca-se nos animais, madeira e conversão de terra para a agricultura (CASTELLANI, 2010; SANTOS; GUERRA, 2010). Porém, as florestas proporcionam muitos outros produtos e benefícios (SANTOS et al., 2001; 2003; SANTOS; GUERRA, 2010), os quais devem ser reconhecidos e valorizados.

Negligencia-se, muitas vezes, o valor dos chamados produtos florestais não madeireiros (PFNMs), que há anos são conhecidos, porém apresentam valor comercial agregado comumente baixo (TICKTIN, 2004).

O que é PFNM?

São produtos vegetais e correlatos (que não a madeira), que podem ser coletados em áreas florestais nativas, ou por intermédio de plantações florestais e de árvores isoladas (FAO, 1995). De acordo com a FAO (1995), produtos de origem animal e serviços sociais e ambientais (sequestro de carbono, conservação genética, e outros benefícios procedentes da manutenção da floresta) podem ser incluídos neste termo. A quantidade, versatilidade e variação no uso final destes são grandes (SANTOS et al., 2001, 2003), podendo ser classificados, conforme a empregabilidade, em alimentício, fármaco, cosmético, corante, aromatizante, combustível, artesanato, inseticida e outros (BRITO, 2003; LEONI; MARQUES, 2008). Como exemplos se têm as cascas, cogumelos (fungos), cipós, fibras, frutos, gomas, musgos, látex, óleos, raízes, resinas, samambaias, sementes e taninos (NEPSTAD; SCHWARTZMAN, 1992).

Nas décadas de 80 e 90, o termo PFNM começou a ganhar mais força, principalmente com pesquisas como as realizadas em áreas florestais no Peru, onde se mostrava a vantagem do uso sustentável de certas áreas em relação à exploração madeireira e agricultura local (CASTRO, 2006). E no Brasil, em 1988, a ideia do extrativismo vegetal foi lançada como uma alternativa ao controle do desmatamento e das queimadas na Amazônia (HOMMA, 2012), e tema de estudos como os de Peters et al. (1989), Peters (1994) e Grimes et al. (1994). E em 1992, durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, foi incluída na Agenda 21 a ideia do PFNM como uma ferramenta para impulsionar a questão da sustentabilidade das florestas, ainda que sejam necessárias medidas para a melhoria das práticas de manejo destes (HAMMET, 1999).

Importância Social

Nos últimos anos, comunidades, indústrias e o governo vêm despertando interesse pelos PFNMs, sendo que os benefícios que estes recursos florestais podem representar para a humanidade são percebidos de modo diferente de acordo com a cultura de cada pessoa (NEPSTAD; SCHWARTZMAN, 1992).

Em 1991, a FAO estabeleceu o programa “Promotion and Development of Non-Wood Forest Products” como uma maneira de contribuir tanto para o manejo sustentável das florestas mundiais, como para a conservação da biodiversidade de animais e vegetais, e também na melhoria das fontes de renda e alimento de muitas populações que residem dentro ou nas proximidades das florestas (SANTOS et al., 2003). No Brasil, especialmente no contexto amazônico, esta percepção dos PFNMs foi vista como uma alternativa endógena que concilia conservação e uso dos recursos, promovendo a inclusão social e econômica de comunidades locais, tendo em vista a pressão dos “commodities” exógenos (soja e gado) que contribuem no desmatamento das florestas (BECKER, 2001).

Para muitas populações, a exemplo do norte do país, a exploração de PFNMs agregados à prática de pesca e agricultura, além de serem atividades intrínsecas à cultura, é potencial fonte de subsistência (RUEDA, 2010; PAES-DE-SOUZA et al., 2011), e podem proporcionar segurança alimentar para uma grande parte da população de baixa renda, para o gado e outros animais domésticos, particularmente em épocas de seca e escassez (SANTOS et al., 2003; FACHINELLO, 2010). E até mesmo para a população urbana que compra estes produtos, seja para consumo próprio ou comercialização (ZAMORA, 2001). No mundo, até 25% da renda de cerca de um bilhão de pessoas é proveniente dos PFNMs (SANTOS; GUERRA, 2010). No Brasil, cerca de 6% da população que vive na região da Amazônia Legal tem o PFNM como uma das fontes de renda (PASTORE JUNIOR; BORGES, 1999).

Importância Econômica

Os PFNMs se fazem presentes nos mercados regionais e internacionais, constituindo-se importante matéria-prima para várias indústrias (AFONSO; ANGELO, 2009; SANTOS; GUERRA, 2010). Apesar disso, a ordenação e a veracidade de grande parte das informações sobre a quantidade, o valor econômico, os processos de produção (manejo e conservação), industrialização e comercialização de PFNMs ainda é um desafio (SANTOS et al., 2003, FIEDLER et al., 2008). No uso para fins comerciais, estima-se haver mais de quatro mil PFNMs (IQBAL, 1993), mas não se pode estimar o número de espécies de PFNMs. No

Brasil, a maior parte dos produtos extrativistas vegetais comercializados é representada por 82 espécies de plantas (WUNDER, 1999). E, de acordo com o último levantamento feito pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2011, foi registrada uma produção de cerca de 964 mil toneladas de PFNMs, correspondendo aos produtos: alimentícios, aromáticos, borracha, ceras, corantes, fibras, gomas não elásticas, medicinais, oleaginosas, tanantes e tóxicos (IBGE, 2011)

A cadeia de produção e comercialização no mercado nacional apresenta alguns problemas, como a concentração de parte da renda nos intermediários, pois muitas vezes a exploração do PFNM é feita de modo rudimentar, com perda de matéria-prima por desperdício e falta de qualidade, o que reflete no preço do produto e no retorno para o produtor (CONFORTE, 2000). E a cadeia produtiva de muitos PFNMs não reage conforme o mercado, favorecendo que o preço de venda seja determinado por atravessadores, e muitas vezes os extratores não possuem informações sobre o mercado do produto em questão (PASTORE JÚNIOR; BORGES, 1998).

Características como a sazonalidade e variabilidade da produção e do mercado desafiam a elaboração de estratégias de mercado e conservação a médio e longo prazo, e o planejamento de políticas sociais principalmente para os extratores (FIEDLER et al., 2008; VIANA, 2010).

Importância Ambiental e Manejo

A partir dos anos 70, iniciativas procedentes do meio acadêmico, na forma de discussões, tinham como foco a relação sociedade/ambiente, ou seja, traziam à tona a situação de desequilíbrio ecológico que vinha acontecendo em função do modelo capitalista de crescimento econômico. Estas iniciativas foram a base para a criação de políticas públicas com respeito ao uso dos recursos naturais de forma equilibrada, e que promovesse a conservação da biodiversidade (MOREIRA, 2000).

As unidades de conservação (UCs) e suas inúmeras categorias são frutos das políticas públicas, com intuito de se estabelecer áreas florestais com a finalidade de proteção ambiental e/ou o uso dos recursos naturais de forma sustentável, tais como a Reserva Extrativista (RESEX) (MOREIRA et al., 2011). E a exploração de PFNMs é uma das fontes de renda de populações extrativistas que vivem dentro de RESEX, assim como dentro ou no entorno de outras categorias de áreas florestais. Entretanto, atividades com maior impacto negativo sobre a floresta, como a agricultura e o manejo madeireiro, vêm sobressaindo quando comparado com a exploração de PFNMs (MARTINS, 2008; MOREIRA et al., 2010).

A exploração de PFNMs se dá pelo extrativismo, que é o método mais usual na maioria dos casos, segundo Castellani (2010). De acordo com este mesmo autor, um dos critérios do manejo no momento da colheita neste sistema é a facilidade de acesso na floresta, desconsiderando-se os efeitos técnicos ecológicos, assim como a capacidade produtiva sustentável. Da mesma forma, alguns autores consideram o extrativismo como uma atividade inviável do ponto de vista econômico, tendo em vista a produtividade declinante (SILVA et al. 2013). Algumas das causas do declínio são: o crescente custo da extração, considerando a redução ou perda de áreas florestais; o esgotamento das reservas naturais; a crescente demanda; a ampliação da fronteira agrícola; a geração de alternativas econômicas; novos produtos substitutos; e o aumento do custo de oportunidade de trabalho do meio rural, entre outras causas (HOMMA, 2012). O extrativismo por si só não pode aumentar a renda monetária ou mitigar a condição de pobreza (PROCÓPIO, 2007).

Para que o mercado dos PFNMs se mantenha e as causas da inviabilidade econômica sejam mitigadas, e assim os consumidores possam ter acesso a estes produtos ou a seus derivados, é importante que se pense sobre o manejo sustentável do recurso em suas áreas florestais (SILVA et al., 2011). E, para a melhoria do manejo dos PFNMs, é necessária a criação de políticas públicas relacionadas a estes. Ainda hoje, há a necessidade de se determinar taxas de extração que proporcionem o menor impacto possível sobre as populações sujeitas ao manejo, e ao mesmo tempo a viabilidade econômica da prática de extração (LAFRANKIE, 1994; BOOT, 1997; SILVA et al., 2011). E para que esta se mantenha a longo prazo, informações ecológicas, análises quantitativas, e projeções de planos de manejo adequados à conservação contribuem na avaliação da potencialidade do manejo do produto (ROCHA, 2004). Além disso, precisa-se elaborar inventários, que condicionam informações sobre a espécie de interesse, desde a dispersão à escassez, enriquecimento em áreas compatíveis (BRAZ et al., 2005), densidade, estrutura diamétrica, avaliação do potencial genético (CASTELLANI, 2010), abundância, distribuição, ecologia, biologia floral, métodos de propagação tradicionais e novos, e práticas de cultivo e uso (WICKENS, 1991).

Políticas Públicas / Certificação

A importância que os PFNMs possuem para as populações extrativistas e povos indígenas é a mesma ao longo dos anos, entretanto, as políticas públicas para desenvolvimento do uso e comercialização dos PFNMs, tendo em vista a demanda por estes, não avançam na mesma proporção (SILVA et al., 2011). Um dos problemas apontados por Brondízio (2004) e Silva et al. (2011) é a falta de informações e estatísticas oficiais sobre as

centenas de espécies classificadas como PFSM que são comercializadas diariamente em mercados locais e regionais. O IBGE iniciou a inclusão de alguns PFSMs em seus levantamentos somente a partir de 2007 (SILVA et al., 2011).

Apesar da carência de dados oficiais sobre PFSMs e sua cadeia de produção e fatores negativos sobre a viabilidade econômica, em um levantamento sobre o Manejo Florestal Comunitário Familiar (MFCF), conduzido pelo Instituto do Homem e do Meio Ambiente da Amazônia (Imazon) em 2009 a 2010, foram identificados 325 iniciativas com PFSMs nos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Maranhão, Pará e Rondônia (PEREIRA et al., 2010). As propostas de políticas para o manejo comunitário podem ser aumentadas ainda mais quando do aumento da organização comunitária, assim como o direito de acesso aos recursos naturais, terras e serviços, e o impedimento da desvalorização da floresta (AMARAL et al., 2005).

A certificação do produto florestal e a criação de mercados verdes podem ser um incentivo à valorização econômica do PFSM (HOMMA, 2012; NEWTON et al., 2012), refletindo em maior interesse pelas populações extrativistas. De acordo com Pereira et al. (2010), até 2010, aproximadamente 6 milhões de hectares de área sob manejo florestal no Brasil estavam certificadas pelo FSC, e deste total, 25% de áreas com manejo de PFSMs.

2.2 Copaíba (*Copaifera* spp.)

A família Fabaceae (Leguminosae) está representada por aproximadamente 18 mil espécies e mais de 650 gêneros, sendo uma das maiores famílias botânicas (SOUZA; LORENZI, 2008). O gênero *Copaifera* (subfamília Caesalpinioideae) é um dos representantes desta família, com cerca de 16 espécies endêmicas no Brasil, das 82 espécies totais (VEIGA JÚNIOR; PINTO, 2002; BRUM et al., 2007).

Na região Amazônica e no centro oeste brasileiro, onde se encontra o cerrado, naturalmente são encontrados exemplares das espécies de *Copaifera*. Como exemplos: *C. officinalis* L. (Colômbia, El Salvador, Roraima e Venezuela); *C. guianensis* Desf. (Amazônia, Guianas); *C. reticulata* Ducke, *C. multijuga* Hayne *C. glycyarpa* Ducke, *C. martii* Hayne, *C. paupera* (Herzog) Dwyer, *C. piresii* Ducke, *C. duckei* Dwyer (Amazônia); *C. confertiflora* Bth (PiauÍ); *C. langsdorffii* Desf. (Argentina, Brasil e Paraguai); *C. coriacea* Mart. (Bahia); *C. cearensis* Huberg ex Ducke (Ceará) (VEIGA JÚNIOR; PINTO, 2002; MARTINS-DASILVA et al., 2008).

Entretanto, muitas outras espécies podem ocorrer nestas regiões que ainda não foram registradas. A identificação botânica em nível de espécie é difícil, pois, muitas vezes, têm-se como base, para a identificação, caracteres dendrológicos, tais como casca e folhas

(FERREIRA, 1999; LEITE et al., 2001; PLOWDEN, 2001, 2003; VEIGA JUNIOR; PINTO, 2002). Até mesmo o óleo resina, oriundo do tronco, é utilizado na identificação da espécie, conforme a consistência, cor e sabor (SOUZA, 2010). Chaves de identificação vêm sendo propostas para facilitar este trabalho de campo (MARTINS-DA-SILVA et al., 2008).

Não só o número de espécies, mas também as denominações populares são diversas. São conhecidos como pau d'óleo, copaíba-preta, copaíba-branca, copaíba-vermelha, copaíba-mari-mari, copaíba, copaibeira, bálsamo de copaíba, canime, kurruma, cabimbo, karakay (VEIGA JUNIOR; PINTO, 2002; PLOWDEN, 2004; MARTINS-DA-SILVA et al., 2008). O principal nome popular normalmente utilizado no Brasil é copaíba, e deriva da palavra indígena Tupi “cupa-yba”, que quer dizer “árvore depósito”, provavelmente por causa do óleo resina estocado no interior do seu caule (VEIGA JUNIOR; PINTO, 2002; RAMOS, 2006).

Forma de vida

As copaibeiras podem ser arbustos ou árvores, e tem crescimento lento ($\sim 0,26 \text{ cm} \cdot \text{ano}^{-1}$) (RAMIREZ; ARROYO, 1990). Quando árvores podem atingir de 25 a 40 m de altura e até 2 metros de diâmetro (VEIGA JUNIOR; PINTO, 2002; MARTINS-DA-SILVA et al., 2008). Normalmente apresenta fuste reto, casca áspera, aromática, coloração variando de cinza claro a mais escuro, e pode apresentar pequenas pontuações (VEIGA JUNIOR; PINTO, 2002). Sua copa é densa e pode atingir o dossel superior (VEIGA JUNIOR; PINTO, 2002).

As folhas de copaíba são compostas, paripinadas, alternas a espiraladas, pecioladas e penuladas. Os frutos são secos, do tipo vagem monospérmica e deiscente, com uma semente em formato ovoide e preta, coberta abundantemente por um arilo amarelo, rico em lipídios. E suas flores possuem tamanho pequeno, são apétalas, hermafroditas, zigomorfas e as inflorescências arrançadas em panículas terminais ou multiflorais, de cor creme (PIO CORRÊA, 1932; ALENCAR, 1981; CRESTANA; KAGEYAMA, 1989; LORENZI, 1992; FREITAS; OLIVEIRA, 2002).

Reprodução e fenologia

A troca das folhas pode ocorrer de forma gradual, mantendo folhas ativas ao longo de todo ano (semicaducifolia). Porém, a espécie *C. langsdorffii* é caracterizada como perenifólia (SARMIENTO; MANASTERIO, 1983).

A floração e frutificação são variáveis conforme a espécie, região, e clima (FREITAS; OLIVEIRA, 2002; PEDRONI et al., 2002). Em plantios foi constatado início de floração a partir dos 5 anos de idade. Quanto à periodicidade, a floração pode ser anual regular, supra-

anual, bianual ou, ainda, a cada quatro anos (ALENCAR, 1988; NEWSTROM et al., 1994; RESENDE et al., 1997; PEDRONI et al., 2002) e ainda variar conforme a espécie. Com relação ao período do ano, Alencar (1979) observou, para *C. multijuga*, floração de janeiro a abril, e frutificação de março a agosto. Em *C. officinalis* e *C. pubiflora*, a floração tem início em setembro, e a frutificação ocorre de novembro a março (ANDRADE JR.; FERRAZ, 2000). Em *C. reticulata*, foi verificada floração de janeiro a março, e frutificação de março a agosto (ROCHA, 2001). E para *C. langsdorffii*, floração de dezembro a fevereiro e frutificação de março a outubro (PEDRONI et al., 2002).

Ecologia: dispersão/estágio sucessional

As copaíbas são classificadas como espécie secundária tardia a clímax (CARVALHO, 1994; FERRAZ et al., 2002), e oportunista (SOUZA, 2010). Indivíduos jovens de copaíba podem ser encontrados em áreas abertas ou em vegetação secundária (LEITE, 1998).

As espécies de *Copaifera* são alógamas e podem apresentar alto grau de autoesterilidade (FREITAS; OLIVEIRA, 2002; OLIVEIRA et al., 2002). São plantas nectíferas, sendo os principais polinizadores as abelhas da espécie *Trigona* sp. e *Apis mellifera* (CRESTANA; KAGEYAMA, 1989).

O processo de dispersão pode ser barocórico (pela força da gravidade), entretanto, são observados animais também agindo neste processo. Os principais dispersores das sementes de copaíba são as aves, por exemplo: papagaio, arara, tucano, jacu, curica e nambú (MOTTA JÚNIOR, 1990). Ao atingir o solo as sementes germinam rapidamente, podendo formar um temporário banco de plântulas no pé da árvore mãe. As sementes podem apresentar uma alta taxa de germinação (cerca de 87%) e vitalidade, como verificado para *C. multijuga* (ALENCAR, 1981) em testes de laboratório. Entretanto, o armazenamento pode causar perda da viabilidade, sugerindo que estas apresentam certo grau de recalcitrância (PEREIRA et al., 2009), recomendando-se a utilização de sementes recém-colhidas quando da confecção de mudas (PEREIRA et al., 2009).

A formação de banco de sementes e plântulas pode ser prejudicada devido ao fato de estas serem altamente predadas, na maioria dos casos por animais mamíferos, tais como: cotia, gogó de sola, macaco da noite, macaco prego, paca, porquinho do mato, quatipuru, queixada, tatu e veado (MOTTA JÚNIOR, 1990; LEITE, 1998; LEITE et al., 2001; RESENDE et al., 2003). A proporção de depredação é de 30 a 50% debaixo da copa da copaibeira, sendo que à medida que se afasta desta as proporções são reduzidas (RAMIREZ; ARROYO, 1987). Devido à alta atratividade de suas plântulas, frutos e ao cheiro de cumarina

nas sementes, a copaíba é conhecida como um lugar de “tocaia” na prática de caça, pelos integrantes de populações extrativistas e povos indígenas (LEITE, 1998; VEIGA JUNIOR; PINTO, 2002).

A distribuição populacional de copaíba conforme o diâmetro é do tipo exponencial negativo (J-invertido) (RESENDE et al., 2003; RIGAMONTE-AZEVEDO, 2004; BENTES-GAMA et al., 2008). A distribuição espacial dos indivíduos regenerantes (jovens e plântulas) é do tipo agregada. E os indivíduos adultos apresentam distribuição do tipo aleatória (ALENCAR, 1984; RIGAMONTE-AZEVEDO, 2004).

A densidade de indivíduos adultos de copaíba pode ser considerada como rara, podendo variar conforme a espécie e a região de 0,1 a 3,6 indivíduos por hectare (SOUZA, 2010; HERRERO-JÁUREGUI et al., 2012; NEWTON et al., 2012).

Ocorrência/densidade

As espécies de copaíba estão presentes em florestas da África (4 espécies); América Central (4 espécies); América do Sul (~37 espécies); e, provavelmente, na Ásia (1 espécie) (PLOWDEN, 2004; MARTINS-DA-SILVA, 2006). Estas espécies tem grande plasticidade ecológica, ou seja, adaptam-se a uma grande variedade de habitats, tais como: cerrado, caatinga/mata-seca, campos gerais/campos rupestres, campinarana, floresta ombrófila densa e mista, floresta semidecidual, encraves vegetacionais do nordeste, terras alagadas, margens de lagos e igarapés, e nos campos altos arbóreos do Paraguai (ALENCAR et al., 1979; CARVALHO, 1994; SHANLEY et al., 1998; SAMPAIO, 2000).

As copaibeiras fazem-se presentes em regiões com altitude variando de 50 a 1.600 m, precipitação média anual variando de 750 a 2.000 mm, e regime pluviométrico uniforme. Ocasionalmente são encontradas em regiões com acentuado período de seca, mas preferem solos com drenagem boa a regular e textura argilosa a arenosa (CARVALHO, 1994).

Anatomia da madeira

Em princípio, óleo resina de copaíba foi descrito como alojado em pequenas bolsas, em forma de canais organizados verticalmente e interconectados dentro do fuste, e prolongando-se até o lenho (PIO CORRÊA, 1932; ALENCAR, 1982; SAMPAIO, 2000). E os canais presentes em determinadas zonas não possuiriam ligação, e, assim, poder-se-ia extrair óleo resina em distintos pontos do caule (CORRÊA, 1984). Porém, Martins-da-Silva (2006), confirma a inexistência de bolsas de óleo resina, mas sim que há canais secretores dispostos

na mesma faixa parenquimática. Estes canais se interligam por anastomose, formando uma rede de ramificações.

A função do óleo é, ainda, duvidosa, mas é descrito como um produto da desintoxicação da planta e funciona, também, como defesa contra animais, fungos e bactérias (ALENCAR, 1982).

Matérias-primas: madeira e óleo resina

A madeira de copaíba apresenta superfície lisa e lustrosa, textura média e uniforme, resistência mecânica média, durável e de alta resistência ao ataque de xilófagos, e de baixa permeabilidade (CARVALHO, 1994). Pode ser utilizada na confecção de móveis, compensados e laminados, na construção civil (caibros, vigas, tábuas, peças torneadas), naval, e em coronhas de armas (LOUREIRO et al., 1979; ALENCAR, 1982; CARVALHO, 1994). Somente nos estados do Amazonas, Amapá e Acre não é praticado o manejo madeireiro de copaíba. No Peru, *C. paupera* tem grande apreço madeireiro (PENNINGTON et al., 2004).

O óleo resina de copaíba é um líquido consistente, com uma grande quantidade de óleos voláteis (sesquiterpenos), resinas não voláteis e pequenas quantidades de ácidos diterpenos, e uma parte sólida (de 55 a 60%) (ALENCAR, 1982; CASCON; GILBERT, 2000; VEIGA JUNIOR; PINTO, 2002). É, também, insolúvel em água (OLIVEIRA et al., 2006; MEDEIROS; VIEIRA, 2008). As características físicas e químicas do óleo resina de copaíba podem variar conforme ambiente edáfico, tipologia florestal, espécies de *Copaifera* e tamanho da árvore (RIGAMONTE-AZEVEDO et al., 2004). De acordo com Veiga Junior e Pinto (2002), foram identificados 72 diferentes tipos de sesquiterpenos e 27 tipos de dipertenos presentes do óleo resina.

A composição química, coloração, odor, turbidez e viscosidade se diferenciam entre espécies de *Copaifera*, e em função da idade e período de coleta (CASCON; GILBERT, 2000; RIGAMONTE-AZEVEDO et al., 2004; PACHECO et al., 2006). O óleo resina de *C. duckei* e *C. reticulata* varia de marrom a amarelado, com cheiro desagradável (LE COINTE, 1947). *Copaifera multijuga* possui óleo resina amarelado e cheiro agradável (LE COINTE, 1947; CASCON; GILBERT, 2000). Em *C. langsdorffii* o óleo resina possui uma consistência de óleo de oliva (SAYRE, 1906; FURNEMORE, 1926). E *C. guianensis* possui óleo fino, escuro e cheiro acentuado de cumarina (LE COINTE, 1947).

O óleo resina de copaíba é produzido nas folhas, casca, galhos e no interior do fuste (PLOWDEN, 2004). Pode ser usado puro (*in natura* ou destilado), ou como componente na preparação de outros produtos (RIGAMONTE-AZEVEDO et al., 2006). O óleo resina pode

ser utilizado pela indústria de vernizes e tintas, para a revelação de filmes, como biodiesel e como fixador de odor em cosmético (sabonete, xampu, loção pós-barba) (ALENCAR, 1982; SHANLEY; MEDINA, 2005; SCUDELLER et al., 2007; MARTINS-DA-SILVA et al., 2008). O principal meio de consumo é como produto medicinal, por possuir propriedades que agem como anti-inflamatórios, cicatrizantes, antissépticos e antipiréticos (SCUDELLER et al., 2007; SANTOS; GUERRA, 2010), sendo usado contra a leishmaniose (SANTOS et al., 2013), em problemas respiratórios (bronquite), urinários e doenças de pele, para herpes, gonorreia, câncer, reumatismo, picada de cobra, como contraceptivo, diurético, vermífugo, inseticida e repelente (FLEURY, 1997; BANDEIRA et al., 2000; VEIGA JUNIOR; PINTO, 2002; VAN DEN BERG, 2010).

Quem pratica o manejo de óleo resina de copaíba

Povos indígenas e populações extrativistas, na sua maioria, exploram a madeira e o óleo resina de copaíba. No estado do Pará, foi registrado manejo do óleo resina na Floresta Nacional (FLONA) do Tapajós (GUERRA, 2008; HERRERO-JÁUREGUI, 2009; SANTOS; GUERRA, 2010). Desde o ano de 1999, comunidades do Acre realizam este manejo (LEITE et al., 2001). Um exemplo é a associação de moradores e produtores da Reserva Extrativista (RESEX) Chico Mendes de Xapuri, em Xapuri (AC). No Amazonas, moradores da Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS) do Tupé, vêm realizando o manejo em *C. multijuga*, o qual mostra ser uma atividade em pequena escala, mas viável e satisfatória do ponto de vista econômico (SCUDELLER et al., 2007; BARBOSA et al., 2009). E, no estado de Rondônia, as populações Arara Karo e Gavião Ikolen na Terra Indígena Igarapé Lourdes, tem demonstrado potencial na extração de óleo resina, que vem ocorrendo desde o ano de 2001 (SOUZA, 2010).

Legislação

Algumas legislações de cunho nacional e estadual foram criadas com o objetivo de promover o manejo de Copaifera (madeira ou óleo resina) de forma a minimizar os impactos negativos sobre suas populações. No ano de 2005, a Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do estado do Amazonas, criou o decreto nº 25.044. O propósito desta lei é de proibir o licenciamento de corte, transporte e comercialização da madeira de copaíba. Em 2006, a fim de controlar a coleta de sementes e a produção de óleo resina de copaíba, foi criada a Instrução Normativa (IN) do Ministério do Meio Ambiente (MMA) nº 5, pelo Ministério do Meio Ambiente. Concomitante a esta IN, se faz necessário o cadastro

técnico federal como meio de informar ao órgão ambiental estadual em questão, sobre o processo de manejo (IN SDS/IPAAM nº5/2008). E, caso necessite transporte do produto, tais como o óleo resina, se faz necessário o Documento de Origem Florestal (DOF), previsto pela IN IBAMA nº112/2006.

Processo de extração do óleo resina de copaíba

O processo de extração de óleo resina, anos atrás, se dava pela derrubada total da árvore, com um machado (PITTIER, 1926; LEITE et al., 2001). Este meio de obtenção de óleo resina mudou, e hoje se adotam métodos menos impactantes, mas uma legislação específica sobre os procedimentos a serem adotados na extração do óleo resina de copaíba é ainda inexistente. Entretanto, os trabalhos publicados por Leite et al. (2001) e Alechandre et al. (2005) vêm servindo como base para muitas comunidades extrativistas e povos indígenas que realizam esta atividade.

O óleo resina é extraído através de perfurações feitas no fuste da árvore, a alturas de 0,3 a 1 m em relação ao solo, com auxílio de um trado, até atingir o centro da árvore. Porém, a altura do furo pode depender de cada grupo, pois, segundo Souza (2010), foi observado em uma reserva indígena que algumas pessoas estavam de pé e outras de joelho, ao perfurarem a copaibeira. Além disso, um segundo furo, chamado de “suspiro”, pode ser feito logo acima do primeiro furo, sem atingir o centro da árvore. Este procedimento pode favorecer o escoamento do óleo resina. O tipo de trado recomendado é de 1” de espessura e 1 m de comprimento.

Caso seja verificada a presença de óleo resina, pode ser introduzido no furo um pedaço de cano de PVC ou um pedaço de mangueira plástica para facilitar o escoamento. O cano ou mangueira devem ser conectados a um recipiente de coleta. O período de coleta pode variar de poucos minutos a 24 horas, dependendo do planejamento de campo, e da viscosidade do óleo resina. Uma maior viscosidade pode demandar mais tempo para completar, total ou parcialmente, o recipiente de coleta. Após a perfuração ou coleta, havendo óleo resina ou não, estes orifícios são estancados com pedaços de madeira, obtidos no próprio local, ou ainda, uma rosca na extremidade do cano de PVC, ou mesmo argila, com o intuito de vedação. A vedação é necessária para que se evite a infestação de patógenos e pragas (fungos, cupins), e ainda para barrar o potencial escoamento de óleo resina (LEITE et al., 2001; PLOWDEN, 2004, 2001; ALECHANDRE et al., 2005).

Rendimento e beneficiamento

O óleo resina obtido do manejo é levado, pelos extrativistas, até um local de armazenamento. O transporte deste produto até o destino é feito com auxílio de animais, ou carregado nas costas pelos próprios extrativistas. O óleo resina muitas vezes é misturado, peneirado e filtrado para a retirada das impurezas. Após, este óleo é armazenado em embalagens plásticas de vidro, onde receberão dois destinos: o consumidor final (turistas, vizinhos) ou a associação (SANTOS; GUERRA, 2010). Por intermédio da associação será feita a venda para a rede atacadista ou varejo, onde o produto será revendido ao consumidor final. A rede de varejo poderá ser formada por: farmácias, laboratórios, feiras populares, lojas de produtos naturais, como também empresas que fazem refino dos óleos resina.

De todo este processo, Santos e Guerra (2010) identificaram alguns problemas na cadeia deste produto. O primeiro problema seria o baixo valor agregado, onde boa parte da matéria-prima comercializada é por empresas privadas, e estas agregam um alto valor quando da venda do óleo resina. A certificação do produto poderia aumentar o seu valor em até cinco vezes (NEWTON et al., 2012). Um segundo ponto seria a falta de qualidade do óleo resina e o baixo grau de beneficiamento. Muitas vezes, estes óleos resina são misturados entre si, independente dos fatores químicos e físicos (cor, viscosidade, cheiro) e sem a diferenciação da espécie de *Copaifera*, ou com outro tipo de óleo, de soja, por exemplo (RIGAMONTE-AZEVEDO et al., 2004a; BARBOSA et al., 2006). E um outro problema seria a sazonalidade da produção, que impede a oferta regular deste produto.

Recomendações para manejo de óleo resina de copaíba

A produção média de óleo resina por árvore é muito variável entre e dentro de espécies, e pode ser por causa de fatores genéticos, de extração (se primeira, segunda, terceira), ciclo, fatores ambientais e climáticos (ALENCAR, 1982; CASCON; GILBERT, 2000; FERREIRA; BRAZ, 2001; LEITE et al., 2001; PLOWDEN, 2003; RIGAMONTE-AZEVEDO, 2004). Tem-se registro de que uma única árvore pode produzir de 40 a 50 litros (MATTA, 1913; GRIEVE, 1994). As copaibeiras a serem eleitas para iniciar o manejo do óleo resina, devem possuir diâmetro à altura do peito (DAP) maior que ou igual a 40-50 cm, e não estarem ocadas (LEITE et al., 2001; ALECHANDRE et al., 2005; SDS, 2010). Apesar de o diâmetro não parecer estar correlacionado, de forma linear, com a produção (ALENCAR, 1982; FERREIRA, 1999; LEITE et al., 2001; PLOWDEN, 2003; RIGAMONTE-AZEVEDO et al., 2006; BARBOSA et al., 2009; HERRERO-JÁUREGUI, 2009; HERRERO-JÁUREGUI et al., 2012), verifica-se uma maior produção nas árvores com diâmetro entre 40 a 75 cm

(MEDEIROS, 2006; BARBOSA et al., 2009; SOUZA, 2010; HERRERO-JÁUREGUI et al., 2012), e as copaibeiras menos produtivas apresentam diâmetro variando de 25 a 44 cm (PLOWDEN, 2003; MEDEIROS; VIEIRA, 2008; SOUZA, 2010). Contudo, árvores com menores diâmetros podem se recuperar em menor tempo, com a relação a produção de óleo resina, do que as árvores de maior diâmetro (MEDEIROS; VIEIRA, 2008).

A época de coleta (estação seca e chuvosa) é um dos fatores que podem estar relacionados com a produção, dependendo da espécie, e ser um fator a ser considerado quando do planejamento do manejo (LE COINTE, 1947; DWYER, 1951; GUENTHER, 1952; ALENCAR, 1982). Alguns outros autores discordam disso (PLOWDEN, 2003; MEDEIROS; VIEIRA, 2008; HERRERO-JÁUREGUI, 2009). Apesar das contradições, no sudeste do estado do Acre foi verificada uma maior proporção de árvores produtivas no período seco (julho a agosto), do que no período de chuvas (outubro a novembro) (FERREIRA; BRAZ, 2001). No estado do Pará, ao contrário, foi registrada uma maior proporção de árvores produtivas na estação de chuvas do que na estação seca (BAIMA et al., 1999). Entretanto, nos meses de setembro e outubro, foi observada uma maior produção para *C. reticulata*, e de setembro a novembro para *C. duckei*, coincidindo com época de menor volume de chuvas em Moju, Pará (OLIVEIRA et al., 2006). A estação do ano a ser considerada pode estar agindo de forma conjunta com outros fatores, e não de forma isolada, conforme observação feita por Martins et al. (2013). Estes mesmos autores supõem que na estação chuvosa, a alta umidade pode favorecer a infestação de fungos e ataque de herbívoros, o que poderia favorecer a produção de óleo resina, considerando que a copaíba agiria em sua autoproteção.

O intervalo de coleta entre cada extração, definido como ciclo, não está bem definido, apesar das recomendações de Leite et al. (2001) e Pinto et al. (2010) para a adoção de um ciclo de 3 a 4 anos. Ciclos variáveis, de 0,5 a 5 anos vêm sendo testado em vários estudos (CALVIN, 1983; LEITE et al., 2001; MEDEIROS; VIEIRA, 2008). Intervalos variando de 12 a 18 meses podem ser insuficientes para que a produção de óleo resina em uma próxima extração seja satisfatória, do ponto de vista econômico (MARTINS et al., 2013). Entretanto, como se trata de populações naturais, não há um controle sobre a idade das copaibeiras, e o estado fisiológico pode ser muito variável, afetando, de forma diferenciada, os indivíduos, e não sendo viável a recomendação de um ciclo (MARTINS et al., 2013).

O número de extrações efetuadas dentro de um ciclo qualquer pode influenciar na produção obtida. No estudo feito por Alencar (1982), a produção média de óleo resina em cinco extrações variou de 235 ml a 34 ml, da primeira para a quinta extração,

respectivamente. Medeiros e Vieira (2008) registraram uma produção média de 762 ml por copaibeira na primeira extração, e de 256 ml por árvore, na segunda extração. A hipótese de Plowden (2001, 2004) para a questão do decréscimo na produção em relação as subseqüentes extrações, independente do ciclo a ser adotado, é de que a árvore vem acumulando durante anos, no seu interior, o óleo resina. E, a partir disso, espera-se que a produção média, nas extrações seguintes, seja menor do que a obtida na primeira extração. Esta produção, obtida após haver a primeira extração, pode ter sido em função de uma nova produção de óleo resina feita pela árvore; ou ainda, ser óleo resina acumulado por anos no fuste da copaíba, tendo em vista que a primeira extração não foi executada até a exaustão (estoque) (PLOWDEN, 2004; NEWTON et al., 2011).

As espécies vêm sendo apontadas como fatores que influenciam a produção de óleo resina, sendo que umas podem produzir mais e outras menos óleo resina por árvore, assim a coloração, viscosidade e odor podem ser distintos entre espécies (PIO CORRÊA, 1931; RIGAMONTE-AZEVEDO, 2004; MARTINS et al., 2013). No estudo feito por Rigamonte-Azevedo (2004), a copaíba preta foi significativamente mais produtiva dos que os demais morfotipos estudados.

A possibilidade de todas as copaibeiras serem produtivas na primeira extração não é de 100%. Muitas vezes só será obtida produção, ou esta será maior, após a segunda ou terceira extração (ALENCAR, 1982; NEWTON et al., 2011; MARTINS et al., 2013). As árvores improdutivas se tornarem produtivas pode ser em função do estresse físico causado pelas primeiras perfurações, de acordo com a hipótese proposta por Plowden (2003). Este mesmo autor descreve que o estímulo físico pode promover a lisigenia (processo que provoca a desintegração das células secretoras que formam os espaços lisígenos) de canais para criar cavidades preenchidas com óleo resina no cerne. No estado do Acre, na Floresta Estadual de Antimary, foi registrada uma proporção média de árvores produtivas de 56% (FERREIRA; BRAZ, 2001). Leite et al. (2001), para o mesmo estado, verificou uma proporção de 25%. No Pará, região do Tapajós, Plowden (2003) observou cerca de 62% de árvores produtivas. No Amazonas, a proporção de árvores produtivas na estação de chuvas foi de 44%, reduzindo para 6% na estação seca (BARBOSA et al., 2009).

A proporção de árvores produtivas pode variar também conforme a espécie. Para a espécie *C. reticulata*, foi verificado que 57% produziram qualquer quantidade de óleo resina (Pará) (HERRERO-JÁUREGUI, 2009). Para esta mesma espécie, no Acre, Rigamonte-Azevedo (2004) verificou-se a proporção média de árvores produtivas de 30%. Diferenças também foram verificadas entre populações da espécie *C. multijuga*, sendo 75% (ALENCAR,

1982) e 63% (MEDEIROS; VIEIRA, 2008) de árvores produtivas. Em uma população de *C. paupera*, foi verificado que cerca de 81% das copaibeiras perfuradas foram produtivas (RIGAMONTE-AZEVEDO, 2004).

A região geográfica (município), tipologia florestal e ambiente edáfico (terra firme ou sujeitas a inundação) onde estão as copaibeiras parecem não influenciar na produtividade de óleo resina (ALENCAR, 1982; LEITE et al., 2001; PLOWDEN, 2003; RIGAMONTE-AZEVEDO, 2004; RIGAMONTE-AZEVEDO et al., 2006; MARTINS et al., 2013).

Outro fator que pode afetar a proporção de copaibeiras produtivas, assim como afetar de forma negativa a produção de óleo resina, é a presença de ocos no fuste. A ocorrência do oco nas copaíbas não está bem clara. O que há são suposições de que estes são formados pelo estado de senescência do indivíduo arbóreo, o que poderia ser relacionado com a presença de ocos em árvores de maior diâmetro, e fatores bióticos, tais como incêndios florestais, podem favorecer a formação destes (PLOWDEN, 2004; MARTINS et al., 2013).

Comprador e consumidor

O Brasil é um dos grandes fornecedores e exportadores de óleo resina de copaíba, juntamente com a Colômbia, Guiana, Suriname e Venezuela (GUENTHER, 1952; ARCTANDER, 1960; DUCKE, 1986). Foram registradas produções que variou entre 279 t a 414 t de 1996 a 2001, respectivamente (FERREIRA, 1999). O volume exportado variou de 47 a 114 t de 1981 a 1992 (LEITE; PASTORE JUNIOR, 2003). Os principais importadores são os Estados Unidos da América, a França, Alemanha, Inglaterra e o Japão (LEITE, 1998; ARAÚJO, 2006).

Os estados da região norte do Brasil são os maiores produtores de óleo resina de copaíba dentro do país. O estado do Amazonas se destaca como o maior produtor, contribuindo com cerca de 93% da produção total de óleo resina, segundo dados do IBGE de 2006 (GUERRA, 2008). O Pará é o segundo, contribuindo com aproximadamente 5% da produção. No ano de 1994, o Amazonas exportou cerca de 120 t de óleo resina, mas em média o volume exportado gira em torno de 89 t por ano (LEITE, 1998). Rondônia e Amapá também contribuem com produções de óleo resina de copaíba (BRASIL, 1998). Entre os anos de 2006 a 2008, na Terra Indígena Igarapé Lourdes (RO), a produção anual variou em cerca de 800 kg (CARDOZO; VALE JR., 2012).

Quanto vale o óleo resina de copaíba

O preço do óleo resina de copaíba é muito variável, conforme a época, região e local de venda (GUERRA, 2008). No estudo feito por Santos e Guerra (2010), estes autores reportam o preço de 15 reais o litro de óleo resina de copaíba *in natura*, quando o comércio é feito diretamente com o extrativista. E o preço de 30 reais o litro, quando o comércio é feito por intermédio da associação para o atacadista. O preço de venda do litro, no atacado, pode chegar a 200 reais, e, no varejo, a 300 reais (GUERRA, 2008).

Os custos, em função do manejo, são variáveis, podendo chegar a R\$ 6,56 por litro de óleo resina (GUERRA, 2008). Em um estudo feito em 2006, com 24 famílias, no estado do Pará, 44% dos custos forma impostos, 40% diárias dos extratores, 12% com materiais de coleta e armazenamento do óleo resina, e 4% com frete. A receita líquida obtida foi de cerca de R\$ 33,83 mensal por família (SANTOS; GUERRA, 2010).

Problemas no manejo do óleo resina

O conhecimento sobre a ecologia, fisiologia e morfologia das espécies de *Copaifera* ainda não está bem consolidado, e são necessários mais estudos para a compreensão e descrição destes, e assim a melhoria do manejo do óleo resina do ponto de vista econômico e de produção.

Os principais problemas presentes em toda a cadeia do processo de obtenção e venda do óleo resina são:

- (i) Dificuldades de identificação dos indivíduos de *Copaifera* em nível de espécie (MARTINS-DA-SILVA et al., 2008);
- (ii) A questão econômica, relacionada ao preço praticado e à sazonalidade da oferta da matéria prima, deixam o óleo resina sujeito à substituição por produtos sintéticos (HOMMA, 1993);
- (iii) A falta de qualidade da matéria prima pela mistura do óleo resina obtido de diferentes espécies, idades e locais, assim como a falta de processos de beneficiamento. Este problema tem sido uma barreira para a aceitação do produto no mercado nacional e internacional (FERREIRA, 1999; TAPPIN et al., 2004; GUERRA, 2008);
- (iv) Não estarem claros quais fatores (bióticos e abióticos) influenciam na produção e na variação desta produção de óleo resina, o que dificulta a elaboração de planos de manejo e de comercialização (BARBOSA et al., 2009; HERRERO-JÁUREGUI, 2009; HERRERO-JÁUREGUI et al., 2012);

- (v) Problemas na comercialização do produto pela falta de conhecimento sobre a demanda e não agregação de valor ao óleo resina (GUERRA, 2008; NEWTON et al., 2011);
- (vi) Não serem conhecidos a intensidade de extração e o ciclo a ser praticado para que o manejo do óleo resina seja sustentável a longo prazo (HERRERO-JÁUREGUI, 2009).

2.3 Cipó-titica (*Heteropsis* spp.)

A família Araceae compreende nove subfamílias, 107 gêneros e cerca de 3.750 espécies. É uma família pouco estudada taxonomicamente e poucas vezes, em levantamentos florísticos e fitossociológicos, são incluídas espécies representantes desta família (TEMPONI et al., 2006). No Brasil ocorrem 30 gêneros e aproximadamente 350 espécies desta família, com ocorrência em todo território nacional. O gênero *Heteropsis* está representado por 17 espécies e estas se distribuem tanto pela América Central quanto pela América do Sul (HAIGH, 2009; SOARES et al., 2009), em regiões com elevação que varia de 30 a 2.000 metros, e áreas onde não ocorrem inundações (DURIGAN, 1998; KNAB-VISPO et al., 2003; BALCÁZAR-VARGAS; VAN ANDEL, 2005; MORAIS, 2008; SCIPIONI et al., 2012;). Em território brasileiro, espécies deste gênero predominam nas florestas que compreendem a Bacia Amazônica e a zona da Mata Atlântica (HAIGH, 2009; SOARES et al., 2009).

Aspectos biológicos: crescimento e dispersão

O estudo feito por Hoffman (1997), que incluiu revisão de literatura e pesquisa em herbários, atribuiu a nomenclatura de hemiepífita para as espécies do gênero *Heteropsis*. Este se deve ao tipo de hábito que a planta apresenta, onde a germinação ocorre no solo da floresta; após, a planta vai se desenvolvendo e crescendo e assim inicia a busca por um hospedeiro (forófito). O hospedeiro é apenas um suporte, não sendo prejudicado (FERREIRA; BENTES-GAMA, 2004). Ao encontrar a planta hospedeira, o cipó começa a subir pelo tronco da árvore até se estabelecer na parte inferior da copa ou no fuste e produzir suas primeiras folhas (fase juvenil) e novas raízes, posteriormente ocorrendo o amadurecimento. As novas raízes liberadas pela planta mãe crescem em direção ao solo, até alcançarem este, e, concomitantemente, a primeira conexão da planta com o solo é rompida. A reprodução pode ocorrer tanto por meio sexuado (sementes) ou via assexuada, onde o cipó emite novos ramos, em direção ao solo ou não, em busca de outro hospedeiro, e, quando estabelecido, rompe a

conexão com a planta original e um novo indivíduo inicia o ciclo de forma independente (BALCÁZAR-VARGAS et al., 2012).

A maneira como as espécies de *Heteropsis* buscam um hospedeiro é debatida, havendo duas teorias a respeito deste processo, sendo ela o tipo escototropismo e a aleatoriedade. Segundo Durigan (1998), o escototropismo também é observado em *Monstera gigantea* (Araceae), hemiepífita, onde a sua orientação inicial se dá por regiões com baixa luminosidade (fototropismo negativo), e, ao encontrar o hospedeiro, o desenvolvimento e crescimento pelo fuste se dá em direção à luz (fototropismo positivo) (KERBAUY, 2004). Por outro lado, Balcázar-Vargas et al. (2012) descrevem a procura por hospedeiro como um processo aleatório, de tentativa e erro. Foi observado que brotos vegetativos oriundos da planta mãe se dispersavam em todas as direções em busca de um indivíduo hospedeiro, sem que tenha ocorrido um estímulo como mudança de condição de luz ou obstáculo físico. Até mesmo em herbáceas, mudas, ervas e plantas mortas havia inicialmente a presença de *Heteropsis*, classificados como hospedeiros não adequados. A mudança de hospedeiro pode ser desencadeada quando este não é adequado para o seu desenvolvimento, seja pelo porte baixo ou outra condição biológica (BRAAM, 2005).

O estabelecimento da planta-mãe geralmente ocorre no fuste do indivíduo hospedeiro, logo abaixo da copa, podendo indicar a preferência por locais com luminosidade intermediária, assim como é verificado que a presença de outros cipós não inibe o seu estabelecimento e desenvolvimento (BENTES-GAMA et al., 2007; SCIPIONI et al., 2012; BENTES-GAMA et al., 2013). Os indivíduos pertencentes ao gênero *Heteropsis* apresentam duas maneiras de crescimento: o tipo monopodial (raízes), e o tipo simpodial quando na fase de reprodução (a inflorescência surge em ramos laterais com disposição horizontal) (DURIGAN; CASTILHO, 2008). As raízes são dimórficas, podendo ser de absorção (ou alimentares adventícias) que geralmente crescem diretamente em direção ao solo, ou ainda de fixação (ou grampiformes) que circundam o fuste do indivíduo hospedeiro (HOFFMAN, 1997; FERREIRA; BENTES-GAMA, 2004). O comprimento das raízes varia conforme a altura do hospedeiro e onde está estabelecida a planta-mãe (WALLACE; FERREIRA, 2000). Estas ainda podem sofrer injúrias ocasionadas por ataque de herbívoros (por exemplo, formigas) ou aborto espontâneo. E na região do dano forma-se uma calosidade, chamada também de nó, podendo vir a nascer outra raiz na lateral deste ponto danificado (HOFFMAN, 1997; PLOWDEN et al., 2003).

Reprodução e Processos fenológicos

Entre as espécies do gênero *Heteropsis* pode haver diferenças em relação ao comportamento, como quanto ao período de início do processo de maturação e reprodutivo. Quanto a maturidade, estima-se mais de 60 anos para que indivíduos de *Heteropsis* alcancem este patamar e tenham raízes aéreas classificadas como comerciais (HOFFMAN, 1997). O período que inicia a produção de flores e frutos pode estar ligado à altura que a planta-mãe alcançou no hospedeiro. Estes órgãos vegetativos estarão presentes em ramos de *Heteropsis* classificados como plagiotrópicos (KNAB-VISPO et al., 2003). Foi observado para *H. macrophylla* que houve produção de flores quando esta atingiu 10 metros de altura, e em *H. oblogifolia* ao alcançar 1,5 metros (BALCÁZAR-VARGAS et al., 2012). A área de ocorrência da espécie também irá determinar a ocorrência dos processos fenológicos (floração e frutificação), sendo prevista a ocorrência de floração entre os meses de setembro a maio, e frutificação entre os meses de março a novembro (WALLACE et al., 2005). De acordo com Sánchez (1999), *H. spruceana* apresenta intensidade de floração e frutificação em épocas úmidas. Os principais polinizadores de *Heteropsis* são os besouros e abelhas, sendo os pássaros, roedores e macacos os dispersores (HOFFMAN, 1997). Porém, o macaco aranha (*Ateles paniscus*), em alguns casos, pode ser caracterizado como predador (DURIGAN; CASTILHO, 2008).

Habitat e Hospedeiro

Fatores bióticos, como a composição da floresta, sua estrutura, assim como fatores abióticos, tais como o clima, podem significativamente influenciar não só na reprodução, mas na presença, e na produtividade dos indivíduos de *Heteropsis* (PLOWDEN et al., 2003). Um fator que pode levar à morte uma população de hemiepífitas é a exposição a ambientes com alta taxa de luz (clareiras ocasionadas por fogo ou exploração), por conta da sua arquitetura hidráulica não ser adaptada a este tipo de condição ambiental (LÓPEZ-PORTILLO et al., 2000). Predominantemente são encontradas em florestas bem conservadas ou primárias (BALCÁZAR-VARGAS; VAN ANDEL, 2005). Apesar desta particularidade, as hemiepífitas são relativamente abundantes em florestas tropicais e suas raízes facilmente exploradas (BALCÁZAR-VARGAS; VAN ANDEL, 2005), não sendo registrada a preferência por tipos de hospedeiros (HOFFMAN, 1997; WALLACE; FERREIRA, 2000; KNAB-VISPO et al., 2003; BENTES-GAMA et al., 2013). A densidade de indivíduos hospedeiros de *Heteropsis* por hectare pode variar de 143 a 453 (HOFFMAN, 1997; PLOWDEN et al., 2003). Foi constatada uma média de cerca de 6,6 a 10,5 raízes de *H. flexuosa* por árvore hospedeira

(HOFFMAN, 1997; DURIGAN, 1998; PLOWDEN, 2001), e de 9,4 raízes de *H. spruceana* por hospedeiro (ROMERO, 1993). O tipo de distribuição espacial que estes estabelecem no meio onde estão estabelecidos é contraditório, sendo verificado o tipo aleatório e agregado (DURIGAN; CASTILHO, 2008), assim como relatos nos quais afirmam haver certos locais onde populações de *Heteropsis* estão mais concentradas e em outros mais dispersas (Ferreira e BENTES-GAMA, 2004).

Não só de maneira global, mas as variações no micro-habitat podem afetar de forma pontual as espécies do gênero *Heteropsis*, pois estas apresentam plasticidade vegetativa (mudanças heteroblásticas). Isso ocasiona mudanças na largura dos entrenós, no comprimento e no tamanho da folha, o que dificulta a distinção entre espécies em campo (HOFFMAN, 1997; MORAIS, 2008). Poucas vezes será feita a distinção entre as espécies por populações extrativistas quando se executar o manejo. A identificação de algumas espécies de *Heteropsis* é difícil no campo e mesmo no herbário, se as amostras não são férteis e em excelente estado (KNAB-VISPO et al., 2003; SOARES et al., 2013). A denominação popular é que predomina, mas que recebe inúmeras variações também conforme a região. Na Guiana, os cipós do gênero *Heteropsis* são conhecidos popularmente como nibbi (HOFFMAN, 1997). No Peru é conhecido como tamshi (BALUARTE; TORRES, 2001). No Equador é piquigua (FADIMAN, 2004), na Venezuela mamure (RANGEL, 2003), e na Colômbia chamado de kirio, yare, mimbre, bejucos (BALCÁZAR-VARGAS; VAN ANDEL, 2005). No Brasil, na região sul e sudeste, o cipó é denominado como junco ou rattan; no nordeste como vime; e na região norte é popularmente conhecido como cipó-titica, titicão (SCIPIONI et al., 2012).

Mercado de fibras de cipó-titica

A América do Sul (principalmente no Brasil, Guianas, Peru e Venezuela) é um grande mercado de produtos feitos com fibras das raízes do cipó-titica (BENTES-GAMA et al., 2007). O uso conferido a este tipo de fibra (raiz) é fruto do conhecimento de populações nativas das regiões florestais amazônicas (FERREIRA; BENTES-GAMA, 2004). De maneira geral, o cipó-titica é usado na confecção de móveis, artesanato (cestos, paneiros), armadilhas para a caça de mamíferos ou pesca de peixes, vassouras, amarração de casas, cercas e telhados, moldura de espelho, chapéu, brinquedos e uso medicinal (PAZ y MIÑO et al., 1995; WALLACE; FERREIRA, 2000; BALUARTE; TORRES, 2001; RANGEL, 2003; BALCÁZAR VARGAS; VAN ANDEL, 2005; OLIVEIRA et al., 2006; DURIGAN; CASTILHO, 2008). Há décadas, algumas comunidades indígenas, na Guiana, têm usado as raízes de *H. flexuosa* para confeccionar móveis (HOFFMAN, 1997). No Brasil, os maiores

produtores são os estados do Amapá, Pará, Amazonas e Rondônia (BENTES-GAMA et al., 2007). Comunidades extrativistas que vivem no Parque Nacional do Jaú (Amazonas e Roraima) registraram produções em torno de 300 kg·ano⁻¹, sendo que nos anos de 1993, 1995 e 2001 a produção foi de aproximadamente 36,6; 32,7 e 19,8 toneladas (DURIGAN; CASTILHO, 2008). Usado também como moeda de troca, principalmente entre 1992 a 2011 (DURIGAN; CASTILHO, 2008). É uma fibra apreciada para diversos fins por ser de fácil trabalhabilidade, resistente, de coloração clara e sua casca (córtex e epiderme) facilmente removível após a colheita (PLOWDEN, 2001; PLOWDEN et al., 2003; BENTES-GAMA et al., 2007). São relatadas diferenças físicas entre as espécies, como por exemplo, comunidades indígenas na Colômbia afirmam que *H. flexuosa* apresenta uma qualidade superior em relação às demais espécies de *Heteropsis*, além de caracteristicamente ser de melhor trabalhabilidade e durabilidade quando exposto em condições de umidade e ao ar livre (BALCÁZAR-VARGAS; VAN ANDEL, 2005). Os cipós de *H. spruceana* possuem raízes mais finas e frágeis, não sendo adequado quando submetido à força, como por exemplo, cadeira e cesto (BALCÁZAR-VARGAS; VAN ANDEL, 2005). Morais (2008) estudando espécies de *H. flexuosa*, *H. tenuispadix*, *H. spruceana* e *H. steyermarkii*, a densidade média obtida das raízes foi de 0,5294 g.cm⁻³, sendo comparável a espécies madeireiras amazônicas utilizadas na indústria de móveis, civil e naval, o que permite maior confiabilidade na designação do uso e confecção de artesanatos e móveis, com relação a resistência.

Quem pratica o manejo do cipó-titica

A coleta das raízes de cipó-titica é praticada principalmente por povos indígenas e habitantes da região amazônica (tanto para uso próprio como venda para terceiros), e esta matéria-prima deriva de florestas naturais, ou seja, não há plantios de *Heteropsis* spp. (FERREIRA; BENTES-GAMA, 2004). Os extratores podem explorar o cipó-titica de suas terras ou de áreas vizinhas, caso permitido, ou fazer a extração em áreas onde algumas árvores serão derrubadas e queimadas, ou ainda quando é feita a retirada de cipós para a construção de infraestruturas em área de manejo (pátios, estradas) (FERREIRA; BENTES-GAMA, 2004). O cipó-titica é um produto que apresenta baixo custo e facilidade de exploração, o que está acarretando em superexploração e seletividade de populações desta espécie. Os grupos sociais envolvidos na cadeia exploratória e produtiva desta fibra devem ser instruídos para o uso de boas práticas de manejo, como forma de garantir a manutenção de populações desta espécie, assim como formas de agregar valor aos produtos manufaturados, que são mais valorados do que a matéria-prima pura (SCIPIONI et al., 2012).

Legislação

Não sendo diferente de muitos outros PFNM, informações quanto a ecologia, potencial produtivo e impacto que a exploração ocasiona nas populações de espécies de *Heteropsis* spp. são poucas (KNAB-VISPO et al., 2003; PLOWDEN et al., 2003). A base para a elaboração de diretrizes, seja de um plano de manejo ou legislação, são os estudos de ecologia das espécies e experimentos quanto às potenciais formas e técnicas de manejo. O que se percebe é que desde a década de 90 vem se intensificando os estudos relacionados com as espécies de *Heteropsis* spp. (SCIPIONI et al., 2012) e somente a partir da década de 2000 algumas regulamentações quanto ao manejo foram propostas. E algumas leis, com relação às diretrizes de exploração do cipó-titica de forma comercial, foram criadas pelo estado do Amapá (Lei nº 631/2001; COEMA resolução nº 13/2009; 05/2002) e pelo estado do Amazonas (IN nº 01/2008) (AMAPÁ, 2001, 2002, 2009; AMAZONAS, 2008). Abaixo, o Quadro 1 traz o resumo das respectivas leis.

Legislação	Pontos principais
Lei nº 0631/2001 (Amapá)	Para extração, transporte e comercialização são exigidos: licença ambiental (extração), autorização ambiental pelo órgão estadual (transporte na região do AP); licença ambiental (comercialização fora do AP); A quantidade extraída, área, mês/empreendedor será definida pelo órgão estadual do meio ambiente; Produto na fase <i>in natura</i> é proibido de sair do estado.
Resolução COEMA nº 05/2002 (Amapá)	A área a ser explorada deverá ser dividida em 5 parcelas iguais e área de até 50 ha; Ciclo de exploração de 5 anos; Autorização ambiental será concedida anualmente; Permite-se explorar até 200 kg·ha ⁻¹ ; Proibida extração entre janeiro e abril, pois é época de floração e frutificação.
Resolução COEMA nº 13/2009 (Amapá)	Necessita plano de manejo; Conversão do peso verde sem casca para peso seco sem casca é pela multiplicação de 0,5; Não extrair fios verdes ou imaturos e nem os enrolados ao tronco; Extrair por poda ou tração cada fio; Ciclo de 3 anos; Fazer inventário diagnóstico com precisão mínima de 80%; Fator de conversão de 44,66 g por metro linear do cipó verde com casca.
IN 001/2008 (Amazonas)	Não coletar os fios verdes; Não coletar os fios enrolados ao tronco; Árvores com - 20 fios – retirar 1/2; Árvores com + 20 fios – retirar 2/3; Coleta do fio por meio de poda ou torção; Não coletar quando houver somente um fio maduro; No mínimo 3 anos de pousio; Marcação das árvores com placas; Acompanhar recuperação das plantas; Exigências: plano de manejo e ficha de coleta.

Quadro 1 – Leis com respeito à forma de proceder à exploração do cipó-titica (*Heteropsis* spp.) comercialmente

Práticas de manejo do cipó-titica

Na maioria dos casos, a obtenção de fibras de *Heteropsis* é por meio de exploração e não com manejo, o que pode ocasionar a perda da fonte de renda de muitas populações extrativistas e até mesmo a extinção da espécie em seu local de ocorrência; e contribuindo para a redução da biodiversidade (HOFFMAN, 1997; BALCÁZAR-VARGAS; VAN ANDEL, 2005; SCIPIONI et al., 2012). Entretanto, o cipó-titica apresenta determinadas características ecológicas que tornam possível que se execute o manejo, tais como a elevada densidade desta liana em determinadas áreas florestais: a floresta é sua base e necessita estar de pé e não degradada; e uma proporção das raízes poder ser colhida sem provocar a morte da planta mãe (WHITEHEAD; GODOY, 1991). Antes de se estabelecer o manejo das raízes de *Heteropsis* spp., a identificação correta da espécie é necessária para se monitorar o impacto que as extrações possam causar em populações naturais (SOARES et al., 2011). Um estudo feito por SOARES et al. (2011) avaliaram meios de distinguir espécies de *Heteropsis* spp. por meio de medidas quantitativas da forma de folhas. Foi um estudo preliminar, porém cinco espécies estudadas foram distinguidas, parcialmente, por comparação de informações quantitativas de suas folhas, já que é difícil a coleta de frutos e flores por causa da altura em que estas se encontram e do desconhecimento exato do período fenológico (KNAB-VISPO et al., 2003). Estima-se que mais de 14 espécies de *Heteropsis* são exploradas por grupos indígenas na Amazônia Colombiana, que fazem a diferenciação através de características das raízes como a textura e cor do córtex, a presença ou ausência de látex, e a qualidade, diâmetro e resistência da raiz (BALCÁZAR-VARGAS; VAN ANDEL, 2005).

Feito o inventário e avaliado o potencial da área com relação ao cipó-titica, algumas recomendações, adicionais às previstas nas legislações, devem ser observadas como forma de garantir a perpetuidade das populações e da atividade de manejo no decorrer de um período. Tratamentos silviculturais, como alternativas ao cultivo desta planta em meio florestal se tornam interessantes, pois as populações não necessitariam percorrer grandes distâncias em busca desta matéria-prima e contribuiria para evitar a perda de biodiversidade (SALDAÑA ROJAS; HUAYLLAHUA, 2012). Em um estudo feito por Saldaña Rojas e Huayllahua (2012), em condições controladas de viveiro, estacas de *Heteropsis flexuosa* com comprimento de 10 a 15 cm e de 15 a 20 cm apresentaram uma rebrotagem menor que 50%, não havendo diferença em relação ao comprimento da estaca. Não foi verificado o surgimento de raízes, mas a presença de folhas é um estimulante no crescimento de raízes na planta, pois as folhas são produtoras de auxinas, e os carboidratos transportados por estas contribuem na formação de raízes (HARTMANN et al, 2002). Em outro estudo, realizado por Sánchez

(1999), um maior índice de propagação foi observado em estacas de *H. spruceana* sem folhas e em ambiente com sombra (SÁNCHEZ, 1999). Com relação à coleta, alguns estudos (HOFFMAN, 1997; DURIGAN; CARVALHO, 2004) indicam que não se deve coletar mais de 50% das raízes dos indivíduos de *Heteropsis*. Acima desta quantidade, é proporcionalmente crescente o aumento de estresse entre as plantas, a perda de inflorescências e a decorrente mortalidade dos indivíduos remanescentes, inibindo a manutenção da população local. A época de exploração também é importante de ser considerada, pois no caso de períodos de seca (estresse hídrico), e alta proporção de raízes extraídas (fonte de alimentação da planta após sua primeira ligação com o solo ser interrompida) podem estar afetando a capacidade de resiliência das plantas e regeneração e a produção em nível comercial destes após a intervenção (BENTES-GAMA et al., 2007; SCIPIONI et al., 2012). Na região que abrange o Parque Nacional do Jaú, as coletas do cipó-titica são realizadas no período de cheia, pois o barco facilita alcançar áreas distantes onde ainda há este cipó (DURIGAN; CASTILHO, 2008). O ciclo de coleta a ser utilizado pode variar de acordo com a intensidade de exploração e o número de indivíduos presentes na área, assim como a legislação pertinente, sendo praticado intervalo de dois a cinco anos para o manejo (PEREIRA et al., 2007).

A coleta do cipó-titica é feita manualmente, primeiro cortando a ligação da raiz com o solo e após torcendo este até que haja a quebra. Caso a raiz seja puxada, a planta-mãe pode se desprender da árvore ou ocorrer acidentes pela queda de galhos e animais peçonhentos (WALLACE; FERREIRA, 2000). O ideal seria o corte da raiz nas proximidades do caule da planta, com auxílio de tesoura ou podão de cabo extensivo, pois menor dano possível seria provocado (SCIPIONI et al., 2012). As raízes a serem coletadas são denominadas de “fios ou pernas maduras”, pois são firmes ao serem manuseadas, o córtex sai facilmente ao ser feito um corte, e a extremidade está ligada ao solo (DURIGAN; CASTILHO, 2008). Do contrário, são chamadas de “fios ou pernas verdes” quando são imaturas, são maleáveis, não atingiram em sua totalidade o solo e ao serem dobradas provocam um ruído (DURIGAN; CASTILHO, 2008). Algumas deformações nas raízes podem ser encontradas, e geralmente são ocasionadas pela infestação de uma larva de mariposa parasita, porém é uma forma de controle natural da população, não sendo ameaçador para a atividade de colheita desta fibra (KNAB-VISPO et al., 2003).

Rendimento

Um dia de coleta pode render, em média, de 20 a 100 kg de cipó bruto, dependendo do local de coleta e da distância percorrida para se chegar ao local (PEREIRA et al., 2006; DURIGAN; CASTILHO, 2008). Bem como, dependendo das características geográficas da região e da população de cipó-titica, o rendimento pode ser em torno de 250 a 448 kg·ha⁻¹ de cipó *in natura* (com casca) (PLOWDEN et al., 2003; PEREIRA et al., 2006). Ao finalizar a atividade de coleta, os cipós são dispostos em rolos, de forma a facilitar o transporte; também os nós, ou até mesmo as cascas podem ser removidas para reduzir o peso a ser carregado (BALUARTE; TORRES, 2001).

Beneficiamento

O beneficiamento do cipó coletado é feito no mesmo dia, no máximo um dia após a coleta das raízes na floresta, e armazenado de forma adequada, longe do sol para que não resseque. Ao longo do tempo, ao perderem água, as raízes podem reduzir de 40% a 60% seu peso inicial, o que seria ruim do ponto de vista econômico tendo em vista que a comercialização desta matéria-prima se dá pelo seu peso (WALLACE; FERREIRA, 2000). Alguns artesãos fazem um beneficiamento final na fibra para confeccionar móveis e objetos. É um trabalho caracteristicamente familiar, onde se retira os nós com auxílio de um facão, por meio de torções a casca desprende e o descascamento é feito manualmente. Posteriormente, é executada a uniformização da espessura e alisamento, com auxílio de um raspadeiro (placa de metal com orifícios de diversos diâmetros) (WALLACE; FERREIRA, 2000). Os fios são padronizados pelo comprimento, diâmetro e qualidade, e organizados em forma de feixes, também chamados de “piraíba” (DURIGAN; CASTILHO, 2008). A qualidade comercial do cipó-titica é atribuída à quantidade de nós presentes ao longo do comprimento da fibra e à não presença de brocas (ou gorgulhos) (PLOWDEN et al., 2003; BALCÁZAR-VARGAS; VAN ANDEL, 2005). De maneira geral, o tamanho mínimo de cipó-titica aceito no mercado, ou seja, o comprimento de fibra entre dois nós, é de 1,5 m, com circunferência variando de 2 a 6 cm (PEREIRA et al., 2007; AMAPÁ, 2009). Feixes de 40 cm geralmente são usados na fabricação de vassouras (Durigan e Castilho, 2008). Quando as fibras (raízes) estão secas, estas são imersas em água de dois a três dias para recuperarem a umidade e facilitar a trabalhabilidade (BALCÁZAR-VARGAS; VAN ANDEL, 2005). Na presença de manchas, que podem ser decorrentes de mau armazenamento, um banho de soda cáustica é executado para o clareamento da fibra (WALLACE; FERREIRA, 2000; BALCÁZAR-VARGAS; VAN ANDEL, 2005; WALLACE et al., 2005). As fibras podem valer de R\$0,80 a R\$2,50 ou

R\$3,00 o quilo (PEREIRA et al., 2006), dependendo do tratamento que recebeu (com casca, sem casca, padronizada).

Quanto vale o cipó-titica?

Finalizando todas as etapas de beneficiamento, a matéria-prima oriunda do cipó-titica está pronta para que possa ser trabalhada e valorada na forma de móveis e artesanatos, de maneira geral. Para a confecção de um móvel, são utilizados cerca de 3,5 a 5 quilos de fibra seca, e para um porta-espelho e uma cadeira, aproximadamente de 1 a 5 quilos de cipó seco (BALUARTE; TORRES, 2001; WALLACE et al., 2005). O valor atribuído pode variar de região para região e dependendo da qualidade do produto, como exemplo, os mesmos móveis feitos com cipó-titica podem valer em torno de R\$ 350,00 no Amapá e R\$ 4.500,00 no estado de São Paulo (WALLACE et al., 2005). Geralmente os produtos são expostos, por artesões, em feiras de grande acesso, ou são vendidos em parceria com alguma loja, porém a maior parte das vendas ocorrem em datas comemorativas (Páscoa, Dia das Mães, Natal, aniversário) e por meio de encomendas (FERREIRA; BENTES-GAMA, 2004).

Apesar de ser possível e vantajoso o manejo das raízes de cipó-titica e o valor agregado ao produto poder ser bem alto, tem se verificado que populações de espécies do gênero *Heteropsis*, em florestas localizadas perto de populações tradicionais ou extrativistas, vêm decrescendo com longo dos anos por causa da degradação que estes meios florestais vêm sofrendo e da extração de forma desordenada e excessiva destes indivíduos (SALDAÑA ROJAS; HUAYLLAHUA, 2012).

Referências

AFONSO, S.R.; ÂNGELO, H. Mercado dos produtos florestais não madeireiros do Cerrado brasileiro. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 3, p. 315-326, jul./set. 2009.

ALECHANDRE, A.; LEITE, A.; AZEVEDO, K.; CAMPOS, C.A.; SILVA, E.F.; DA MELO, T.; SOUZA, N.M.D.; ROLA, L. Manejo de produtos florestais não madeireiros por moradores da Reserva Extrativista Chico Mendes. In: OLIVEIRA M.A. (Ed.). **Pesquisa sócio bioparticipativa na Amazônia Ocidental: aventuras e desventuras**. Rio Branco: EDUFAC, 2005. p. 15–76.

ALENCAR, J.C. Produção de óleo-resina de *Copaifera multijuga* Hayne–Leguminosae, numa população natural na Amazônia Central. In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 31., 1979, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBPC, 1979. p. 1-19.

_____. Estudos silviculturais de uma população natural de *Copaifera multijuga* Hayne – Leguminosae, na Amazônia Central. 1-Germinação. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 11, n. 1, p. 3-11, jan./mar. 1981.

_____. Estudos silviculturais de uma população natural de *Copaifera multijuga* Hayne – Leguminosae, na Amazônia Central. 2-Produção de óleo-resina. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 12, n. 1, p. 75-89, jan./mar. 1982.

_____. Estudos silviculturais de uma população natural de *Copaifera multijuga* Hayne – Leguminosae, na Amazônia Central. 3-Distribuição espacial da regeneração natural pré-existente. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 14, n. 1-2, p. 225-279, jan./jun. 1984.

_____. Estudos silviculturais de uma população natural de *Copaifera multijuga* Hayne – Leguminosae, na Amazônia Central. IV- Interpretação de dados fenológicos em relação a elementos climáticos. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 18, n. 3-4, p. 199-209, jan./jun. 1988.

ALENCAR, J.C.; ALMEIDA, R.A.; FERNANDES, N. P. Fenologia de espécies florestais em floresta tropical úmida de terra firme na Amazônia Central. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 9, n. 1, p. 163-198, jan./mar. 1979.

AMAPÁ. **Lei nº 0631, 21 de novembro de 2001**. Dispõe sobre procedimentos, transporte e comercialização de espécies vegetais produtoras de fibra Cipó Titica (*Heteropsis* spp.) e similares em todo o Estado do Amapá. Disponível em: <http://al.ap.gov.br/exibir_integra.php?iddocumento=1459>. Acesso em: 05 ago. 2013.

_____. **Resolução COEMA nº 05, de 29 de abril de 2002**. Dispõe sobre os critérios e diretrizes para a extração racional de espécies produtoras de fibra tipo Cipó Titica (*Heteropsis* spp.), Cipó Cebolão (*Clusia* spp.) e similares em todo o Estado do Amapá e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.sema.ap.gov.br/download/coema/resolucoes/05.pdf>>. Acesso em: 05 ago. 2013.

_____. **Resolução COEMA nº 13, 30 de julho de 2009**. Dispõe sobre os procedimentos técnicos para elaboração, apresentação, execução e avaliação técnica de Planos de Manejo Florestal de Cipós. Disponível em: <<http://www.sema.ap.gov.br/download/coema/resolucoes/13.pdf>>. Acesso em: 05 ago. 2013.

AMARAL, P.; KRAMER, F.; AMARAL-NETO, M. (Org.). **Oficina de manejo comunitário e certificação florestal na América Latina: resultados e propostas**. Belém: Imazon; GTZ; IEB, 2005. 43p.

AMAZONAS. **IN 001, 11 de fevereiro de 2008**. Dispõe sobre os procedimentos básicos relativos à utilização sustentável da coleta de cipó-titica (*Heteropsis* spp) no Estado do Amazonas. Disponível em: <<http://www.sds.am.gov.br/2011-09-27-04-22-47/downloads/category/2-serie-tecnica?download=8:serie-tecnica-14-cipo>>. Acesso em: 05 ago. 2013.

_____. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Amazonas. **Plano de gestão da Reserva de Desenvolvimento Sustentável de Uacari**. Carauari: SDS, 2010. 2v. (Série Técnica Planos de Gestão).

ANDRADE JÚNIOR, M.A. de; FERRAZ, I.D.K. Eventos fenológicos de copaíba (*Copaifera officinalis* L.-Caesalpiniaceae) em mata de galeria do Rio Branco, Boa Vista / Roraima, Brasil: Uma primeira aproximação. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 30, n. 4, p. 523-533, out./dec. 2000.

ARAÚJO, C. **Copaíba vira fonte de emprego e renda na Amazônia**. 2006. Disponível em <<http://www.rondonoticias.com.br/ler.php?id=60244>>. Acesso em: 15 dez. 2013.

ARCTANDER, S. **Perfume and flavor materials of natural origin**. 1960. 736p. Disponível em: <<http://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=mdp.39015000804453;view=1up;seq=1>>. Acesso em: 16 set. 2013.

BAIMA, A.M.V.; SANTOS, L.S.; NUNES, D.S.; CARVALHO, J.O.P. de. **Produção de óleo de copaíba na região do Tapajós**. Belém: EMBRAPA, CPATU, 1999. 3 p. (Comunicado Técnico, 103).

BALCÁZAR-VARGAS, M.P., PEIUELA-MORA, M.C., van ANDEL, T.R., ZUIDEMA, P.A. The quest for a suitable host: Size distributions of host trees and secondary hemiepiphytes search strategy. **Biotropica**, Zurich, v. 44, n. 1, p.19-26, Jan. 2012.

BALCÁZAR-VARGAS, M.P.; van ANDEL, T. The use of hemiepiphytes as craft fibres by Indigenous communities in the Colombian Amazon. **Ethnobotany Research & Applications**, Manoa, v. 3, p. 243-260, Jan. 2005.

BALUARTE, J.; TORRES, D.C. Tamshi: otro producto no maderable de los bosques Amazónicos con importancia económica. **Folia Amazónica**, Loreto, v. 12, n. 1/2, p. 155-160, 2001.

BANDEIRA, M.F.; OLIVEIRA, M.R.B.; PIZZOLITTO, A.C.; BENATTIN, C. Antibacterial activity of the copaiba oil associated to the Ca (OH)₂ and the zinc oxide. **Journal of Dental Research**, Michigan, v. 79, p. 1070, May 2000.

BARBOSA, K.S.; SCUDELLER, V.V.; ROSA, A.L. Potencial de produção de óleo resina de *Copaifera multijuga* Hayne nos dois períodos climáticos amazônicos na Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Tupé, Manaus-AM. In: SANTOS-SILVA, E.N.; SCUDELLER, V.V. (Org.). **Biotupé: meio físico, diversidade biológica e sociocultural do Baixo Rio Negro, Amazônia Central**. Manaus: UEA Edições, 2009. v. 2, cap. 12, p. 143-153.

BARBOSA, K.S.; YOSHIDA, M.; SCUDELLER, V.V. Variabilidade química de constituintes voláteis de espécimens nativas de *Copaifera multijuga* Hayne da Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Tupé. Resumos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA, 57., 2006, Manaus. **Anais...** Manaus: SBPC, 2006. p. 1-2.

BECKER, B. Revisão das políticas de ocupação da Amazônia: é possível identificar modelos para projetar cenários? **Parcerias Estratégicas**, Belém, v. 12, p. 135-159, set. 2001.

BENTES-GAMA, M.M.; VIEIRA, A.H.; ROCHA, R.B. Ecological features of titica vine (*Heteropsis flexuosa* (Kunth) GS Bunting) in Rondônia State, Northwest Brazilian Amazon. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 85, n. 3, p. 1117-1125, Sept. 2013.

BENTES-GAMA, M.M.; VIEIRA, A.H.; WADT, L.H.O. Contribuições sobre a ecologia do cipó-titica (*Heteropsis flexuosa* (H.B.K.) G. G. Bunting) em floresta Ombrófila Aberta, Machadinho do Oeste, Rondônia, Brasil. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 8., 2007, Caxambu. **Anais...** Caxambu: SEB, 2007. p. 1-2.

BENTES-GAMA, M.M.; SILVA, A.P.F.F. da; VIEIRA, A.H.; ROCHA, R.B. Regeneração natural de copaíba (*Copaifera* spp.) em floresta ombrófila aberta em Rondônia. In: SEMINÁRIO MANEJO SUSTENTÁVEL DE PRODUTOS FLORESTAIS NÃO-MADEIREIROS NA AMAZÔNIA, 1., 2008, Rio Branco. **Anais...** Rio Branco: Embrapa Acre, 2008. p. 75-79.

BENTES-GAMA, M.M.; VIEIRA, A.H.; ROCHA, R.B.; SILVA, A.P.F.F. da. **Principais espécies arbóreas hospedeiras de cipó-titica (*Heteropsis flexuosa*) em Rondônia**. Porto Velho: Embrapa, 2007. 4 p. (Circular Técnico, 96).

BOOT, R.G.A. Extraction of non-timber forest products from tropical rainforests. Does diversity come at a price? **Netherlands Journal of Agricultural Science**, Wageningen, v. 45, n. 4, p. 439-450, Dec. 1997.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Coordenação da Amazônia; Grupo de Trabalho Amazônica; SEBRAE - Serviço Brasileira de Apoio as Micro e Empresas. **Produtos potenciais da Amazônia: Copaíba (series)**. Brasília, 1998. 37p.

BRAZ, E.M.; PASSOS, C.A.M.; OLIVEIRA, L.C.; OLIVEIRA, M.V.N. d'. **Manejo e exploração sustentável de florestas naturais tropicais: opções, restrições e alternativas**. Colombo: Embrapa Florestas, 2005. 42 p. (Documentos, 110).

BRITO, J.O. Produtos florestais não madeireiros: um importante potencial nas florestas. **Boletim Informativo ARESB**, Avaré, v. 47, p. 1-4, mar./abr. 2003.

BRONDÍZIO, E.S. From staple to fashion food: shifting cycles and shifting opportunities in the development of açai palm fruit economy in the Brazilian estuary. In: ZARIN, D.; ALAVALAPATI, J.R.R.; PUTZ, F.E.; SCHMINK, M. (Ed.). **Working forests in the neotropics: conservation through sustainable management?** New York: Columbia University Press, 2004. chap. 19, p. 339-365.

BRUM, H.D.; MESQUITA, M.R.; FERRAZ, I.D.K. Descrição comparativa dos propágulos e plântulas de *Copaifera multijuga* Hayne e *C. officinalis* Jacq. (Fabaceae). **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 351-353, jul. 2007.

CALVIN, M. New sources for fuel and materials. **Science**, New York, v. 219, n. 4580, p. 24-26, Jan. 1983.

CANALEZ, G.G. de. **Produtos florestais não madeireiros: aráceas epífitas na Reserva Extrativista Auatí-Paraná**. 2009. 56 p. Dissertação (Mestrado em Manejo Florestal) - Instituto Nacional de Pesquisas Amazônicas, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2009.

CARDOZO, I.B.; VALE JÚNIOR, I.C. (Org.). **Diagnóstico etnoambiental participativo, etnozoneamento e plano de gestão Terra Indígena Igarapé Lourdes**. Porto Velho: Kanindé, 2012. v. 1, 92 p.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso de madeira**. Colombo: EMBRAPA, CNPF, 2003. 640 p.

CASCON, V.; GILBERT, B. Characterization of the chemical composition of oleoresins of *Copaifera multijuga* Hayne. **Phytochemistry**, Pullman, v. 55, n. 7, p. 773-778, Dec. 2000.

CASTELLANI, D.C. **Plantas medicinais e aromáticas: produtos florestais não madeireiros (PFNM)**. Universidade Estadual do Mato Grosso. Disponível em: <<http://www.ufmt.br/etnoplan/artigos/Plantas%20medicinais%20e%20arom%20eticas%20-%20produtos%20florestais%20n%20E3o%20madeireiros.pdf>>. Acesso em: 17 jun. 2013.

CASTRO, D.A. de. **Práticas e técnicas agroextrativistas: um estudo de caso com famílias no polo Rio Capim do PROAMBIENTE**. 2006. 126 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Familiar e Desenvolvimento Sustentável) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Pará, Belém, 2006.

CONFORTE, D. **Acceso de pequeños productores a mercados dinámicos de productos forestales no maderables: experiencias y lecciones**. Wageningen: Fundación Tropenbos, 2000. 40 p.

CORRÊA, P.M. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1984. 6 v.

CRESTANA, C.S.M.; KAGEYAMA, P.Y. Biologia de polinização de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae Caesalpinioideae), o óleo-de-copaíba. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 201-214, jul. 1989.

DUKE, J.A. **Isthmian Ethnobotanical Dictionary**. 3rd ed. Jodhpur: Scientific Publ., 1986. 205 p. Disponível em: <www.ars-grin.gov/duke/>. Acesso em: 19 set. 2013.

DURIGAN, C.C. **Biologia e extrativismo do cipó-titica (*Heteropsis* spp. - Araceae): Estudo para avaliação dos impactos da coleta sobre a vegetação de terra firme no Parque Nacional do Jaú**. 1998. 52 p. Dissertação (Mestrado em Biologia Tropical e Recursos Naturais) – Instituto Nacional de Pesquisas Amazônicas, Manaus, 1998.

DURIGAN, C.C.; CASTILHO, C.V. O extrativismo de cipós (*Heteropsis* spp. Araceae) no Parque Nacional do Jaú. In: BORGES, S.H.; IWANAGA, S.; DURIGAN, C.C.; PINHEIRO, M.R. (Ed.). **Janelas para a biodiversidade no Parque Nacional do Jaú: uma estratégia para o estudo da biodiversidade na Amazônia**. Manaus: Fundação Vitória Amazônica, 2004. cap. 15, p. 231-245.

DWYER, J.D. The Central American, West Indian and South American species of *Copaifera* (Caesalpiniaceae). **Brittonia**, New York, v. 7, n. 3, p. 143–172, Jan. 1951.

FACHINELLO, D.T. **Produtos florestais não-madeiráveis (PFNM) no Estado de Rondônia e as visões sobre desenvolvimento, sustentabilidade e extrativismo**. 2010. 99 p. Dissertação (Mestrado em Administração) - Programa de Pós-Graduação Mestrado em Administração, Fundação Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, 2010.

FADIMAN, M.G. **Fibers from the forest: Mestizo, Afro-Ecuadorian and Chachi Ethnobotany of Piquigua (*Heteropsis ecuadorensis*, Araceae) and Mocora (*Astrocaryum standleyanum*, Arecaceae) in Northwestern Ecuador**. 2003. 240 p. Thesis (PhD in Philosophy) -The University of Texas at Austin, Austin, 2003.

FAO. **Non-wood forest products for rural income and sustainable forestry**. Rome, 1995. 127 p. (FAO Technical Papers. Series Non Wood Forest Products, 7).

FERRAZ, I.D.K.; CAMARGO, J.L.C.; SAMPAIO, P.T.S. Sementes e plântulas de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl. e *Carapa procera* D.C.): aspectos botânicos, ecológicos e tecnológicos. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 32, n. 4, p. 647-661, out./dez. 2002.

FERREIRA, L.A. **Potencial de extração e comercialização do óleo-resina de copaíba (*Copaifera* spp.): um estudo de caso na Floresta Estadual do Antimary, Acre**. 1999. 56 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais) - Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 1999.

FERREIRA, L.A.; BRAZ, E.M. Evaluation of the potential of the extraction and marketing of copaíba's oleoresin (*Copaifera* spp.) **Advances in Economic Botany**, New York, p. 1-22, 2001.

FERREIRA, M.G.R.; BENTES-GAMA, M.M. **Ecologia e formas de aproveitamento econômico do cipó-titica (*Heteropsis flexuosa* (H.B.K.) G.S. Bunting)**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2004. 21 p. (Série Técnica, 95).

FIEDLER, N.C.; SOARES, T.S.; SILVA, G.F. da. Produtos florestais não madeireiros: Importância e manejo sustentável da floresta. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Irati, v. 10, n. 2, p. 263-278, jul/dez 2008.

FLEURY, M. On medicinal role of copahu balsan. **Acta Botanica Gallica**, Paris, v. 144, n. 4, p. 473–479, Mar. 1997.

FREITAS, C.V.; OLIVEIRA, P.E. Biologia reprodutiva de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae, Caesalpinioideae). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 25, n. 3, p. 311-321, set. 2002.

FURNEMORE, H. **The essential oils**. 1st ed. London: Ernest Benn Ltd., 1926. 880 p.
GRIEVE, M. **A modern herbal**. London: Tiger Books International, 1994. 921p.

GRIMES, A.; LOOMIS, P.; JAHNIGE, M.; BURNHAM, K.; ONTHANK, R.; ALACON, W.; PALACIOS, C.; CERN, M.; NEILL, D.; BALICK, B.; BENNET, B.; MENDELSON, R. Valuing the rain forest: the economic value of nontimber forest products in Ecuador. *Ambio*, Stockholm, v. 23, n. 7, p. 405-410, Nov. 1994.

GUENTHER, E. **The essential oils**. New York: D. Van Nostrand, 1952. 6.v.

GUERRA, F.G.P.Q. **Contribuição dos produtos florestais não madeireiros na geração de renda na Floresta Nacional do Tapajós – Pará**. 2008. 133 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

HAIGH, A. Neotropical Araceae. In: MILLIKEN, W., KLITGARD, B.; BARACAT, A. **Neotropikey**: interactive key and information resources for flowering plants of the Neotropics. 2009. Disponível em: <<http://www.kew.org/science/tropamerica/neotropikey/families/Araceae.htm>>. Acesso em: 01 out. 2013.

HAMMET, T. Special forest products: identifying opportunities for sustainable forest-based development (part 1). **Virginia Forest Landowner Update**, Virginia, v. 13, n. 1, Jan. 1999. Disponível em: <<http://www.cnr.vt.edu/forestupdate/Volume13/13.1.1.htm>>. Acesso em: 21 maio 2013.

HERRERO-JÁUREGUI, C. **Gestión integrada de los recursos forestales en la Amazonía Oriental**: ecología de dos especies de uso múltiple. 2009. 243 p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Facultad de Biología, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 2009.

HERRERO-JÁUREGUI, C.; SIST, P.; CASADO, M.A. Population structure of two low-density neotropical tree species under different management systems. **Forest Ecology and Management**, Fort Collins, v. 280, p. 31–39, July 2012.

HOFFMAN, B. **The biology and use of nibbi *Heteropsis flexuosa* (Araceae): the source of an aerial root fiber product in Guyana**. 1997. 148 p. Thesis (Master in Sciences in Biological Sciences) - Florida International University, Miami, 1997.

HOMMA, A.K.O. **Extrativismo vegetal na Amazônia**: limites e oportunidades. Brasília: EMBRAPA, CPATU, 1993. 202 p.

HOMMA, A.K.O. Extrativismo vegetal ou plantio: qual a opção para a Amazônia? **Estudos avançados**, São Paulo, v. 26, n. 74, p. 167-186, maio 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da extração vegetal e da silvicultura em 2011**. Acesso em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pevs/2011/default_xls_gr_e_uf.shtm>. Disponível em: 29 dez. 2013.

IQBAL, M. **International trade in non-wood forest products**: an overview. Rome: FAO, 1993. Working Paper. Acesso em: <<http://www.fao.org/docrep/x5326e/x5326e0h.htm#6.coordination>>. Disponível em: 29 dez. 2013.

KNAB-VISPO, C.; HOFFMAN, B.; MOERMOND, T.; VISPO, C. Ecological observations on *Heteropsis* spp. (Araceae) in southern Venezuela. **Economic Botany**, Fullerton, v. 57, n. 3, p. 345-353, Aug, 2003.

LAFRANKIE, J.V. Population dynamics of some tropical trees that yields non-timber forest products. **Economic Botany**, Fullerton, v. 48, n.3, p. 301-309, May 1994.

LE COINTE, P. **Amazônia brasileira III: árvores e plantas úteis**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1947. (Biblioteca Pedagógica Brasileira, Serie 5, v. 251). Disponível em: <<http://www.brasiliana.com.br/brasiliana/colecao/obras/241/amazonia-brasileira-vol-3-arvores-e-plantas-uteis>>. Acesso em: 16 set. 2013.

LEITE, A.; ALECHANDRE, A.; RIGAMONTE-AZEVEDO, O.C.; OLIVEIRA, A. **Recomendações para o manejo sustentável do óleo de copaíba**. Rio Branco: UFAC; SEF, 2001. 38 p. (Série: Manejo Sustentável de Florestas Tropicais).

LEITE, A.C.P. **Estudo de mercado e comercialização do óleo de copaíba em São Paulo, Rio Branco e Porto Velho**: Projeto SAF's e Turismo Ecológico. Xapuri: [s.n.], 1998. 53 p.

LEITE, F.H.F.; PASTORE JÚNIOR, F. **Projeto ITTO PD 31/99 Rev. 3 (I): "Produção não-madeireira e desenvolvimento Sustentável na Amazônia"**. Análise e crítica tecnológica: Copaíba. Brasília: ITTO; UnB, 2003. 22 p.

LEONI, J.M; MARQUES, T.S. Conhecimento de artesãos sobre plantas utilizadas na produção de artefatos - Reserva de Desenvolvimento Sustentável Amanã. **Uakari**, Tefé, v. 4, n. 2, p. 67-77, dez. 2008.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 352 p.

LOUREIRO, A.A.; SILVA, M.F. da; ALENCAR, J. da C. **Essências madeireiras da Amazônia**. Manaus: INPA; CNPq, 1979. v. 1, 125 p.

MARTINS, D.P. **Novos caminhos e antigas práticas**: acordos de comunidades com empresas para o manejo florestal, o caso da Reserva Extrativista Rio Preto Jacundá em Machadinho D'Oeste – RO. 2008. 84 p. Dissertação (Mestre em Agriculturas Familiares e Desenvolvimento Sustentável) - Universidade Federal do Pará; Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Amazônia Oriental, Belém, 2008.

MARTINS, K.; HERRERO-JÁUREGUI, C.; COSTA, P. da; TONINI, H.; BENTES-GAMA, M. de M.; VIEIRA, A.H.; WADT, L.H. de O. Interspecific differences in the oleoresin production of *Copaifera* L. (Fabaceae) in the Amazon rainforest. **Annals of Forest Science**, France, v. 70, n. 3, p. 319-328, May 2013.

MARTINS-DA-SILVA, R.C.V. **Taxonomia das espécies de *Copaifera* L. (Leguminosae-Caesalpinioideae) ocorrentes da Amazônia brasileira**. 2006. 258 p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

MARTINS-da-SILVA, R.C.V.; VIEIRA, G. Sustainability of extraction and production of copaiba (*Copaifera multijuga* Hayne) oleoresin in Manaus, AM, Brazil. **Forest Ecology and Management**, Fort Coliins, v. 256, p. 282-288, Apr. 2008.

MARTINS-DA-SILVA, R.C.V.; PEREIRA, J.F.; LIMA, H.C. de. O gênero *Copaifera* (Leguminosae – Caesalpinioideae) na Amazônia brasileira. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 59, n. 3, p. 455-476, jul. 2008.

MATTA, A.A. da. **Flora Medica Braziliense**. Manaus: Secção de Obras da Imprensa Oficial, 1913. 318 p.

MEDEIROS, R.S. **Sustentabilidade de extração, produção e características químicas de óleo-resina de copaíba (*Copaifera multijuga* Hayne), Manaus-AM**. 2006. 83 p. Dissertação (Mestre em Ciências de Florestas Tropicais) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia; Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2006.

MORAIS, M.L.C. S. **Sistemática e ecologia de *Heteropsis* Kunth (Araceae Juss.) com destaque especial nas espécies ocorrentes na Reserva Florestal Adolpho Ducke, Manaus - Amazonas, Brasil**. 2008. 206 p. Tese (Doutorado em Botânica) - Instituto Nacional de Pesquisas Amazônicas, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Manaus, 2008.

MOREIRA, A.C.C. **Reserva Extrativista do Bairro Mandira: a viabilidade de uma incerteza**. São Paulo: Annablume, 2000. 184 p.

MOREIRA, R.C.S.; MÜLLER, C.A.S.; LEITE, C.T. Descrição da cadeia produtiva do látex e do óleo de copaíba produzidos no Estado de Rondônia. **Revista de Administração e Negócios da Amazônia**, Porto Velho, v. 3, n. 2, p. 14-22, maio/ago. 2011.

MOREIRA, R.C.S.; MÜLLER, C.A.S.; SIENA, O. Análise da viabilidade econômica da Reserva Extrativista Rio Preto Jacundá sob o enfoque da renda média nominal mensal da população tradicional. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 48, 2010, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SOBER, 2010. p. 1-17.

MOTTA JUNIOR, J.C.; LOMBARDI, J.A. Aves como agentes dispersores de copaíba (*Copaifera langsdorffii*, Caesalpinaceae) em São Carlos, estado de São Paulo. **Ararajuba**, São Paulo, v. 1, p. 105-106, ago. 1990.

NEPSTAD, D.C.; SCHWARTZMAN, S. **Non-timber products from tropical forests: evaluation of a conservation and development strategy**. New York: New York Botanical Garden Pr Dept, 1992. 164 p. ((Advances in Economic Botany, 9).

NEWSTROM, L.E.; FRANKIE, G.W.; BAKER, H.G. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. **Biotropica**, Zurich, v. 26, n. 2, p. 141-159, June 1994.

NEWTON, P.; WATKINSON, A.R.; PERES, C.A. Determinants of yield in a non-timber forest product: *Copaifera* oleoresin in Amazonian extractive reserves. **Forest Ecology and Management**, Fort Collins, v. 261, n. 2, p. 255-264, Oct. 2011.

_____. Spatial, temporal, and economic constraints to the commercial extraction of a non-timber forest product: Copaíba (*Copaifera* spp.) Oleoresin in Amazonian Reserves. **Economic Botany**, Fullerton, v. 66, n. 2, p. 165-177, Apr. 2012.

NEWTON, P.; PERES, C.A.; DESMOULIÈRE, S.J.M.; WATKINSON, A.R. Cross-scale variation in the density and spatial distribution of an Amazonian non-timber forest resource. **Forest Ecology and Management**, Fort Collins, v. 276, p. 41–51, Apr. 2012.

OLIVEIRA, A.F.; CARVALHO, D.; ROSADO, S.C.S. Taxa de cruzamento e sistema reprodutivo de uma população natural de *Copaifera langsdorffii* Desf. na região de Lavras (MG) por meio de isoenzimas. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 25, n. 3, p. 331-338, set. 2002.

OLIVEIRA, E.C.P.; LAMEIRA, O.A.; ZOGHBI, M.G.B. Identificação da época de coleta do óleo-resina de copaíba (*Copaifera* spp.) no município de Moju, PA. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Botucatu, v. 8, n. 3, p. 14-23, jan. 2006.

OLIVEIRA, J.; POTIGUARA, R.C. V.; LOBATO, L.C.B. Fibras vegetais utilizadas na pesca artesanal na microrregião do Salgado, Pará. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas**, Belém, v. 1, n. 2, p. 113-127, maio/ago. 2006.

PACHECO, T.A.R.C.; BARATA, L.E.S.; DUARTE, M.C.T. Antimicrobial activity of copaíba (*Copaifera* spp.) balsams. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Botucatu, v. 8, p. 123-124, ago. 2006.

PAES-DE-SOUZA, M.; SILVA, T.N. da; PEDROZO, E.A.; SOUZA FILHO, T.A. de. O Produto Florestal Não Madeirável (PFNM) Amazônico açaí nativo: proposição de uma organização social baseada na lógica de cadeia e rede para potencializar a exploração local. **Revista de Administração e Negócios da Amazônia**, Porto Velho, v. 3, n. 2, p. 44-57, maio/ago. 2011.

PASTORE JUNIOR, F.; BORGES, V. **Produtos florestais não-madeireiros: processamento, coleta e comercialização**. Brasília: ITTO; FUNATURA; UnB; IBAMA, 1998. 138 p.

_____. **Extração florestal não-madeireiro na Amazônia: armazenamento e comercialização**. Brasília: ITTO; FUNATURA; IBAMA; Lateq-UNB, 1999. 54 p.

PAZ Y MIÑO, C.G.; BALSLEV, H.; VALENCIA, R. Useful lianas of the Siona-Secoya Indians from Amazonian Ecuador. **Economic Botany**, Fullerton, v. 49, n. 3, p. 269-275, July/Sep.t, 1995.

PEDRONI, F.; SANCHEZ, M.; SANTOS, F.A.M. Fenologia da copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf. – Leguminosae, Caesalpinioideae) em uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 183-194, jun. 2002.

PENNINGTON, T.D.; REYNEL, C.; DAZA, A. **Illustrated guide of the trees of Peru**. Sherborne: D.H., 2004. 848p.

PEREIRA, D.; SANTOS, D.; VEDOVETO, M.; GUIMARÃES, J.; VERÍSSIMO, A. **Fatos florestais da Amazônia 2010**. Belém: Imazon, 2010. 122 p.

PEREIRA, J.F.; GUEDES, M.C. Crescimento de raízes e sanidade de cipó-titica (*Heteropsis flexuosa* Buring) submetido à exploração no estado do Amapá. In: SEMINÁRIO DO

PROJETO KAMUKAIA: MANEJO SUSTENTÁVEL DE PRODUTOS FLORESTAIS NÃO-MADEIREIROS NA AMAZÔNIA, 1., 2008, Rio Branco. **Anais...** Rio Branco: Embrapa, CPAFAC, 2008. p. 143-149.

PEREIRA, L.A.; VIEIRA, A.R.R.; REIS, M.J. O conhecimento tradicional dos agroextratores de cipó-titica do Amapá: uma abordagem etnoecológica. **Revista Brasileira Agroecologia**, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 1-5, fev. 2007.

PEREIRA, R. S.; SANTANA, D.G. de; RANAL, M.A. Emergência de plântulas oriundas de sementes recém colhidas e armazenadas de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Caesalpinioideae), Triângulo Mineiro, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 643-652, jul./ago. 2009.

PETERS, C. M. **Sustainable harvest of non-timber plant resources in tropical moist forest**: an ecological primer. Washington: Biodiversity Support Program, 1994. 45 p.

PETERS, C.M.; BALICK, M.J.; KAHN, F.; ANDERSON, A.B. Oligarchic forest of economic plants in Amazonia: utilization and conservation of an important tropical resource. **Conservation Biology**, Melbourne, v. 3, n. 4, p. 341-349, Aug. 1989.

PINTO, A.; AMARAL, P.; GAIA, C.; OLIVEIRA, W. **Boas práticas para manejo florestal e agroindustrial de produtos florestais não madeireiros**: açaí, andiroba, babaçu, castanha-do-brasil, copaíba e unha-de-gato. Belém; Manaus: Imazon; SEBRAE, 2010. 180 p.

PIO CORRÊA, M. **Dicionário das plantas úteis do Brasil**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1931. 370 p.

PIO CORRÊA, M. **Dicionários de plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: Ministério da agricultura, IBDF, Imprensa Nacional, 1932. v. 2, 375 p.

PITTIER, H. **Manual de las plantas usuales de Venezuela**. Caracas: Ed. Elite, 1926. 458 p.

PLOWDEN, C. Production ecology of copaíba (*Copaifera* spp.) oleores in the eastern Brazilian Amazon. **Economic Botany**, Fullerton, v. 57, n. 4, p. 491-501, Feb. 2003.

_____. The ethnobotany of copaíba (*Copaifera*) oleoresin in the Amazon. **Economic Botany**, Fullerton, v. 58, n. 4, p. 729-739, Dec. 2004.

PLOWDEN, C.; UHL, C.; OLIVEIRA, F.A. The ecology and harvest potential of titica vine roots (*Heteropsis flexuosa*: Araceae) in the eastern Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, Fort Collins, v. 182, p. 59-73, Sept. 2003.

PLOWDEN, J.C. **The ecology, management and marketing of non-timber forest products in the alto rio Guamá indigenous reserve (eastern Brazilian Amazon)**. 2001. 264 p. Thesis (PhD in Philosophy) - The Pennsylvania State University, University Park, 2001.

PROCÓPIO, A. **Subdesenvolvimento sustentável**. Curitiba: Juruá, 2007. 335 p.

RAMIREZ, R.; ARROYO, M.K. Variación espacial y temporal en la depredación de semillas de *Copaifera pubiflora* Benth. (Leguminosae: Caesalpinioideae) en Venezuela. **Biotropica**, Zurich, v. 19, n. 1, p. 32-39, Mar. 1987.

_____. Estructura poblacional de *Copaifera pubiflora* Benth. (Leguminosae - Caesalpinioideae) en los Altos Lianos Centrales de Venezuela. **Biotropica**, Zurich, v. 22, n. 2, p. 124-132, June 1990.

RAMOS, M.F.S. **Desenvolvimento de microcápsulas contendo a fração volátil de copaíba por spray-drying**: estudo de estabilidade e avaliação farmacológica. 2006. 132 p. Tese (Doutorado em Ciências Farmacêuticas) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2006.

RANGEL, J.A.R. Temas etnobotánicos vocablos piaroa de algunas artesanías de origen forestal del estado Amazonas, Venezuela. **Revista Forestal Latinoamericana**, Mérida, v. 18, n. 34, p. 71-86, jul./dec. 2003.

RESENDE, J.C.; SCHIAVINI, I.; KLINK, C.A. Ecological aspects of a *Copaifera langsdorffii* population in a gallery forest of central Brazil. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ASSESSMENT AND MONITORING OF FOREST IN TROPICAL DRY REGIONS WITH SPECIAL REFERENCE TO GALLERY FOREST, 1997, Brasília. **Proceedings...** Brasília: Universidade de Brasília, 1997. p. 147-156.

RESENDE, J.C.F.; KLINK, C.A.; SCHIAVINI, I. Spatial heterogeneity and its influence on *Copaifera langsdorffii* Desf. (Caesalpinaceae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 46, n. 3, p. 405-414, June 2003.

RIBEIRO, J.E.L.; HOPKINS, M.J.G.; VINCENTINI, A.; SOTHERS, C.A.; COSTA, M.A. da S.; BRITO, J.M. de, SOUZA, M.A.D. DE; MARTINS, L.H.P.; LOHMANN, L.G.; ASSUNÇÃO, P.A.C.L.; PEREIRA, E.C.; SILVA, C.F. da; MESQUITA, M.R.; PROCÓPIO, L.C. **Flora da Reserva Ducke**: Guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central. Manaus: INPA, 2002. 816 p.

RIGAMONTE-AZEVEDO, O.C. **Copaíba**: estrutura populacional, produção e qualidade do óleo-resina em populações nativas do sudoeste da Amazônia. 2004. 94 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais) - Departamento de Ciência da Natureza, Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2004.

RIGAMONTE-AZEVEDO, O.C.; WADT, P.G.S.; WADT, L.H.O. **Copaíba**: ecologia e produção de óleo resina. Rio Branco: Embrapa Acre, 2004. 28 p. (Documentos, 91).

_____. Potencial de produção de óleo-resina de copaíba (*Copaifera* spp.) de populações naturais do sudoeste da Amazônia. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 583-591, jul./ago. 2006.

RIGAMONTE-AZEVEDO, O.C.; WADT, P.G.S.; WADT, L.H.O.; VEIGA JUNIOR, V.F. da; PINTO, A.C.; REGIANI, A.M. Variabilidade química e física do óleo-resina de *Copaifera* spp. no sudoeste da Amazônia Brasileira. **Revista brasileira de Oleaginosas Fibrosas**, Campina Grande, v. 8, n. 2/3, p. 851-861, maio/dez. 2004.

ROCHA, A.A. da. **Análise do transecto-trilha**: uma abordagem rápida e de baixo custo para avaliar espécies florestais em florestas tropicais. 2001. 77 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Manejo dos Recursos Naturais) – Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2001.

ROCHA, E. Potencial ecológico para o manejo de frutos de açazeiro (*Euterpe precatoria* Mart.) em áreas extrativistas no Acre, Brasil. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 34, n. 2, p. 237–250, maio 2004.

ROMERO, G.A. **Biología del mamure**. Puerto Ayacucho: S.A.D.A. Amazonas; M.A.R.N.R.; Manaus: Estado Amazonas, 1994. 38 p.

RUEDA, R.P. **Evolução histórica do extrativismo**. Disponível em:
<<http://www.ibama.gov.br/resex/historia.htm>>. Acesso em: 24 jun. 2013.

SAMPAIO, P.T.B. Copaíba. In: CLAY, W.; SAMPAIO, P.T.; CLEMENT, C.R. **Biodiversidade amazônica: exemplos de estratégia de utilização**. Manaus: INPA, 2000. p. 207-215.

SANTOS, A.J. dos; GUERRA, F.G.P.Q. Aspectos econômicos da cadeia produtiva dos óleos de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) e copaíba (*Copaifera multijuga* Hayne) na Floresta Nacional do Tapajós – Pará. **Floresta**, Curitiba, v. 40, n. 1, p. 23-28, jan./mar. 2010.

SANTOS, A.J. dos; HILDEBRAND, E.; PACHECO, C.H.P.; PIRES, P.T.L.; ROCHADELLI, R. Produtos não madeireiros: conceituação, classificação, valoração e mercados. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 33, n. 2, p. 215-224, mar. 2003.

SANTOS, A.O. dos; IZUMI, E.; UEDA-NAKAMURA, T.; DIAS-FILHO, B.P.; VEIGA-JÚNIOR, V.F. da; NAKAMURA, C.V. Anti leishmanial activity of diterpene acids in copaiba oil. **Mem Inst Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, v. 108, n. 1, p. 59-64, Feb. 2013.

SANTOS, J.C. dos; LEITE, A.C.P.; WADT, L.H.O.; BORGES, K.H.; ANDRADE, F.G. de; MENEZES, R.S. de; MUNIZ, P.S.B. **Demandas tecnológicas para o sistema produtivo de óleo de Copaíba (*Copaifera* spp.) no Estado do Acre**. Rio Branco: Embrapa Rio Branco, 2001. 21 p. (Documentos, 69).

SARMIENTO, G.; MONASTERIO, M. Life forms and phenology. In: BOULIERE, F. (Ed.). **Ecosystems of the world: tropical savannas**. Amsterdam: Elsevier Science, 1983. p. 79-108.

SAYRE, L.E. **A manual of organic materia medica and pharmacognosy**. Philadelphia: P. Blakiston's, 1906. Disponível em:
<<https://archive.org/stream/amanualmateriam00culbgoog#page/n3/mode/2up>>. Acesso em: 17 set. 2013.

SCIPIONI, M.C.; ALVES, C.G.; DURIGAN, C.C.; MORAIS, M.L.C. S. Exploração e manejo do cipó-titica (*Heteropsis* spp.). **Ambiência**, Guarapuava, v. 8 n. 1, p. 139-153, jan./abr. 2012.

SCUDELLER, V.V.; ROSA, A.L.; BARBOSA, K.S. Viabilidade econômica da extração do óleo-resina de *Copaifera multijuga* Hayne na Amazônia Central. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 753-755, jul. 2007.

SHANLEY, P.; MEDINA, G. (Ed.). **Frutíferas e plantas úteis na vida amazônica**. Belém: CIFOR; Embrapa Amazônia Oriental, Imazon, 2005. 304 p.

SHANLEY, P.; CYMERYS, M.; GALVÃO, J. **Frutíferas da mata na vida amazônica**. Belém: Ed. Supercorres, 1998. 127 p.

SILVA, A.A.; SANTOS, M.K.V.; GAMA, J.R.V.; NOCE, R.; LEÃO, S. Potencial do extrativismo da castanha-do-pará na geração de renda em comunidades da mesorregião Baixo Amazonas, Pará. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 4, p. 500-509, out./dez. 2013.

SILVA, M.S.; FANTINI, A.C.; SHANLEY, P. L. Látex de Amapá (*Parahancornia fasciculata* (Poir) Benoist, Apocynaceae): remédio e renda na floresta e na cidade. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas**, Belém, v. 6, n. 2, p. 287-305, maio/ago. 2011.

SOARES, M.L.; MAYO, S.J.; GRIBEL, R. A preliminary taxonomic revision of *Heteropsis* (Araceae). **Systematic Botany**, Delaware, n. 38, v. 4, p. 925–974. Dec. 2013.

SOARES, M.L.; MAYO, S.J.; CROAT, T.B.; GRIBEL, R. Two new species and a new combination in Amazonian *Heteropsis* (Araceae). **Kew Bulletin**, Richmond, v. 64, p. 263-270, June 2009.

SOUZA, F.D.R. de. **O manejo do óleo-resina de *Copaifera* spp. realizado pelas etnias Arara (Karo rap) e Gavião (Ikolen) na Terra Indígena Igarapé Lourdes, Rondônia**. 2010. 86 p. Dissertação (Mestrado em Ciências de Florestas Tropicais) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2010.

SOUZA, V.C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática**: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. 640 p.

TAPPIN, M.R.; PEREIRA, J.F.G.; LIMA, L.A.; SIANI, A.C.; MAZZEI, J.L.; RAMOS, M.F.S. Análise química quantitativa para a padronização do óleo de copaíba por cromatografia em fase gasosa de alta resolução. **Química Nova**, São Paulo, v. 27, n. 2, p. 236-40, out. 2004.

TEMPONI, L.G.; GARCIA, F.C.P.; SAKURAGUI, C.M.; CARVALHO-OKANO, R.M. de. Araceae do Parque Estadual do Rio Doce, MG, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, Feira de Santana, v. 20, n. 1, p. 87-103, jan. 2006.

TICKTIN, T. The ecological implications of harvesting non-timber forest products. **Journal of Applied Ecology**, Toronto, v. 41, n. 1, p. 11-21, Feb. 2004.

VAN DEN BERG, M.E. **Plantas medicinais na Amazônia**: contribuição ao seu conhecimento sistemático. 3. ed. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2010. 268 p.

VEIGA JUNIOR, V.F.; PINTO, A.C. O gênero *Copaifera* L. **Química Nova**, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 273-286, abr./maio 2002.

VIANA, M.C.M. **O custo social da depredação do cerrado brasileiro**: o caso de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). 2010. 55 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

VIEIRA, A.H.; BENTES-GAMA, M. M.; ROCHA, R.B. Sobrevivência de cipó-titica (*Heteropsis flexuosa* Bunting) após diferentes intensidades de corte em Machadinho do Oeste, Rondônia. In: SEMINÁRIO DO PROJETO KAMUKAIA MANEJO SUSTENTÁVEL DE PRODUTOS FLORESTAIS NÃO-MADEIREIROS NA AMAZÔNIA, 1., 2008, Rio Branco, **Anais...** Rio Branco: Embrapa Acre, 2008. p. 151-156.

WICKENS, G.E. Management issues for development of non-timber forest products. **Unasylva**, Rome, v. 42, n. 165, p. 3-8, Sept. 1991.

WUNDER, S. **Value determinants of plant extractivism in Brazil**. Rio de Janeiro: IPEA, 1999. 64 p. (Texto para Discussão, 682).

ZAMORA, M. **Análise de la información sobre productos forestales no madereros em América Latina**. San Tiago: FAO, 2001. 88 p.

3 PRODUTIVIDADE DE ÓLEO RESINA DE COPAÍBA (*COPAIFERA* SPP.) SOB DIFERENTES CICLOS DE COLETA

Resumo

Os fatores (bióticos e abióticos) que influenciam na geração de óleo resina de *Copaifera* e afetam na maior ou menor produção não estão claros. Desta maneira, o objetivo do presente estudo foi avaliar os rendimentos de óleo resina de copaíba sob diferentes intervalos de coleta, assim como verificar as variáveis que possam influenciar na produção por árvore. Além da estatística descritiva, utilizaram-se a regressão logística e regressão linear múltipla para avaliar os dados. Utilizou-se como variável resposta a produção de óleo resina, e como variáveis explicativas a espécie (*C. reticulata* e *C. duckei*), a qualidade de copa e fuste, as pragas, o DAP, a altura total, o ciclo (1 a 5 anos), e as extrações (1^a a 3^a). A estimativa média de produção foi de 2,18, 0,18 e 0,12 l·árv⁻¹, na 1^a, 2^a e 3^a extração, respectivamente. O volume total obtido em cada ciclo foi de 5,0 l (1 ano), 33,8 l (2 anos), 41,7 l (3 anos), 6,9 l (4 anos) e 27,5 (5 anos). Excetuando-se altura e extração, as demais variáveis foram significativas quanto à probabilidade da presença de óleo resina. E as espécies, ciclos e extrações foram relevantes com relação à produção. Dentre os fatores avaliados em estudos anteriores, deveria ser enfatizado o DAP e a espécie quando da definição do ciclo e do potencial número de extrações a serem consideradas no manejo de *Copaifera*.

Palavras-chave: Ciclo; *Copaifera*; Óleo resina; Produto florestal não madeireiro

Abstract

Factors (biotic and abiotic) that influence the production of *Copaifera*'s oleoresin are not clear. Thus, the aim of this study was to evaluate the yields of oleoresin under different collection intervals, as well as checking the variables that can influence the yield per tree. Besides descriptive statistics, we used logistic and multiple linear regressions to assess the data. We used the quantity of oleoresin as the output variable, and as explanatory variables the species (*C. reticulata* and *C. duckei*), the quality of canopy and trunk, pests, diameter at breast height total height, the cycle (1 to 5 years), and extractions (1st to 3rd). The average production estimate was 2.18, 0.18 and 0.12 l·tree⁻¹ in the 1st, 2nd and 3rd extraction, respectively. The total volume obtained in each cycle was 5.0 l (1 year), 33.8 l (2 years) and 41.7 l (3 years), 6.9 l (4 years) and 27.5 l (5 years). Except for height and extraction, the remaining variables were significant for the probability of the presence of oleoresin. And the species, cycles and extractions were relevant with respect to production. Among the factors evaluated in previous studies, it should be emphasized diameter and species when defining the cycle and the potential number of extractions to be considered in the management of *Copaifera*.

Keywords: *Copaifera*; Cycle; Oleoresin; non timber forest product

3.1 Introdução

O Instituto do Homem e Meio Ambiente (Imazon), identificou cerca de 325 iniciativas com produtos florestais não madeireiros (PFNM) executadas por meio do manejo florestal comunitário familiar (MFCF) (PINTO et al., 2011). Há muitos casos de sucesso do

manejo florestal, entretanto muitos ainda esbarram em alguns entraves como a complexidade e heterogeneidade dos ecossistemas florestais tropicais (BRAZ et al., 2005), dificultando na definição de algumas estratégias de manejo pela falta de conhecimento sobre a biologia e ecologia de muitas espécies (RIGAMONTE-AZEVEDO et al., 2004). É necessária a determinação das taxas de extração que proporcionem uma relação entre o menor impacto possível sobre a população florestal sujeita ao manejo, e a viabilidade produtiva e econômica da prática da extração (LAFRANKIE, 1994).

A copaíba ou copaibeira, como é popularmente designada, pertence à espécie do gênero *Copaifera* spp. (Leguminosae: Caesalpinioideae) e é um PFSM importante para muitas comunidades amazônicas. Além da madeira, esta espécie fornece uma valiosa matéria prima: o óleo resina (PLOWDEN, 2004). Esse óleo resina é muito utilizado na medicina natural, e pela indústria farmacêutica e de cosméticos (VEIGA JUNIOR; PINTO, 2002; RIGAMONTE-AZEVEDO et al., 2006) por possuir propriedades cicatrizantes, anti-inflamatórias, antissépticas e antipiréticas (VEIGA JUNIOR; PINTO, 2002; SANTOS; GUERRA, 2010). No Brasil foi registrada uma produção de 580 t no ano de 2010, contra 214 t no ano de 2011 (IBGE, 2011). A região norte do país é responsável pela maior parte da produção de óleo resina de copaíba (cerca de 99,5%), tendo os estados do Amazonas (78,87%), Pará (15,02%) e Rondônia (5,63%) as maiores contribuições (IBGE, 2011).

A extração é diretamente na copaibeira por meio de perfurações no fuste, com auxílio de um trado, e o óleo resina é drenado (MEDEIROS; VIEIRA, 2008; SANTOS; GUERRA, 2010). Estima-se uma produção média em torno de 2,5 a 20 litros de óleo resina por árvore (NEWTON et al., 2011; MARTINS et al., 2012), sendo que o intervalo entre extrações varia de 6 meses a 5 anos (LEITE et al., 2001; MARTINS et al., 2012), e o diâmetro mínimo para início do manejo de 25 a 50 cm (LEITE et al., 2001; ; SHANLEY; MEDINA, 2005; NEWTON et al., 2012). Porém, não há estudos que confirmem o melhor período de espera entre extrações (MARTINS et al., 2012), assim como quanto se poderia extrair sem causar danos aos processos ecológicos e fisiológicos, e quais fatores potencialmente manejáveis poderiam proporcionar uma maior produção (PLOWDEN, 2003, 2004; MEDEIROS; VIEIRA, 2008). O não entendimento destes aspectos, agregado a alguns problemas na cadeia, como a produção sazonal e o baixo grau de beneficiamento realizado pelas comunidades, dificulta a oferta regular do óleo resina e enfraquece o mercado (SANTOS; GUERRA, 2010).

3.1.1 Objetivos

O objetivo deste estudo foi analisar o rendimento do óleo resina de copaíba após sucessivas extrações, com diferentes intervalos de coleta, e de acordo com características fenotípicas (características do fuste e copa). Os objetivos específicos foram:

- (i) Verificar as variáveis que influenciam na produção ou não de óleo resina;
- (ii) Identificar diferenças no rendimento de óleo resina em diferentes intervalos de coleta; e
- (iii) Propor um modelo para prever a produção.

3.2 Material e métodos

3.2.1 Área de estudo

O estudo foi conduzido em uma área florestal com cerca de cinco mil hectares, localizada no centro de treinamento “Roberto Bauch”, sob administração do Instituto Floresta Tropical (IFT), no município de Paragominas, estado do Pará. A floresta é classificada como Ombrófila Densa de terra firme (BRASIL, 1988), com média pluviométrica local de 2.200 mm, com maior concentração de chuvas nos meses de janeiro a junho (cerca de 80%). O clima da região é do tipo mesotérmico e úmido, com temperatura média anual de 25°C (ALVARES et al., 2013). O relevo local é moderadamente ondulado, predominando solos do tipo latossolo amarelo (RADAMBRASIL, 1983).

3.2.2 Métodos

O estudo foi conduzido, inicialmente, com 118 copaibeiras escolhidas de forma aleatória com base no mapa do censo, onde são avaliadas todas as árvores com diâmetro a altura do peito (DAP) maior/igual a 40 cm. As copaibeiras estavam identificadas apenas como copaíba preta e copaíba branca.

Foram definidos cinco ciclos de coleta, com intervalos variando de um a cinco anos entre cada extração. Para o ciclo de 1 ano foram escolhidas 18 copaíbas (2011-2012-2013); para o ciclo de 2 anos 44 copaíbas (2009-2011-2013); para o de 3 anos 22 copaíbas (2006-2009-2012); 4 anos, 11 copaíbas (2009-2013) e 5 anos, 23 copaíbas (2006-2011).

A extração de óleo resina consistiu em perfurações feitas no tronco da árvore, com auxílio de um trado manual, cerca de 0,3 a 0,9 m acima do nível do solo, atingindo aproximadamente o centro do fuste. Quando detectada a presença de óleo resina, era feito um segundo furo logo acima do primeiro, para facilitar o escoamento do óleo resina, sendo chamado popularmente de “suspiro”. Para a coleta do óleo resina, foi introduzida a

extremidade de uma mangueira plástica no primeiro orifício do fuste, e a outra extremidade foi acoplada a uma garrafa plástica. Após 24 h do início deste procedimento, retornou-se a campo para coletar o recipiente com o óleo resina extraído. Os orifícios no fuste foram fechados com pedaços de galhos obtidos no próprio local, para impedir a infestação de pragas, e evitar que o óleo resina continuasse escoando.

As subseqüentes extrações de óleo resina na mesma árvore, após completar um ciclo (de um a cinco anos), foram feitas utilizando-se o mesmo orifício da extração anterior, quando houve presença de óleo resina. Quando não houve, foi efetuado um novo furo do lado oposto ao furo anterior e foram cumpridos os mesmos procedimentos de coleta descritos. O número de furos por árvore, sem contabilizar o chamado “suspiro”, não pode exceder três por árvore (observação pessoal). Quando não verificada a presença de óleo resina, mesmo após ter efetuado novos furos, todos os furos foram vedados, retornando para a próxima extração depois de completado o ciclo estimado. Quando constatado que a árvore de copaíba estava ocada, ao executar a perfuração, esta foi desconsiderada do manejo. O óleo coletado foi quantificado por meio de uma proveta. Todos os procedimentos aplicados para a extração do óleo resina de copaíba seguiu a experiência de campo e trabalhos realizados concomitantemente com populações tradicionais extrativistas.

A cada ocasião de extração de óleo resina de copaíba estas árvores foram avaliadas. Foi mensurado o DAP com auxílio de uma fita diamétrica, a altura total foi estimada visualmente, foi verificada a presença de pragas (cupim/formiga) no fuste, a presença de oco, e feita a classificação da qualidade de fuste (QF) e qualidade de copa (QC). Para ambos os parâmetro, QF e QC, foi atribuído uma nota, que varia de 1 a 4. Sendo para QF 1: fuste cilíndrico e reto, 2: fuste levemente tortuoso, 3: fuste tortuoso ou cônico, inviabilizando o aproveitamento econômico da madeira, 4: presença de oco. Em relação a QC 1: copa completa, sem danos e bem distribuída, 2: cerca de 25% da copa danificada e parcialmente distribuída, 3: cerca de 50% da copa danificada e parcialmente distribuída, 4: mais de 75% da copa danificada.

Nos meses de outubro e novembro de 2011 foi constatado que todas as copaibeiras adultas estavam com flores e frutos. Amostras de material botânico foram coletadas, prensadas e encaminhadas para o laboratório de identificação da Embrapa Amazônia Oriental, em Belém, PA.

3.2.3 Análise estatística

Foi utilizada a estatística descritiva, o teste de correlação de Spearman (ρ), modelo logístico e modelo de regressão linear múltiplo, com o uso do programa R 3.0.2 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2013).

A variável resposta foi o rendimento de óleo resina de copaíba por indivíduo arbóreo. As variáveis explicativas foram: o diâmetro da copaibeira (DAP), a altura total estimada, a espécie, a presença/ausência de pragas (formiga/cupim), a qualidade do fuste (QF), a qualidade da copa (QC), o ciclo de manejo (de 1 a 5 anos), e o número de extrações dentro de um ciclo (1 a 3). Dois passos básicos foram seguidos para a análise estatística: O primeiro passo consistiu em identificar quais são as variáveis que podem estar determinando ou não a produção de óleo resina em cada indivíduo. Desta maneira, a variável explicativa foi transformada em binária (0=ausência de óleo resina; 1=presença de óleo resina), e assim submetida à análise pela regressão logística. Para a seleção sequencial das variáveis independentes que melhor explicam a variação utilizou-se o método *Forward Stepwise*. Para avaliar o quanto o modelo é apropriado, foi utilizado o critério de informação estatístico de Akaike corrigido (AICc), devido ao tamanho da amostra ser relativamente pequeno ($n/p < 40$) (HURVICH; TSAI, 1989), além dos índices R^2 Cox & Snell e R^2 McFadden, também chamados de “pseudo R^2 ” para representar o ajuste geral do modelo (HAIR et al., 2005). E a estatística de Hosmer & Lemeshow, que tem por hipótese nula que os valores esperados são iguais aos observados, sendo esta hipótese rejeitada quando o p-valor é menor que o nível de significância (p-valor $< 0,05$) (HOSMER et al., 2013).

O segundo passo foi a criação de um modelo de predição de produção de óleo resina pelas características da árvore e do manejo. Foram consideradas, no modelo, somente as árvores que produziram no mínimo 1 ml (MARTINS et al., 2013). As condições para aplicação da regressão linear múltipla foram verificadas testando-se a normalidade da distribuição dos resíduos e a homocedasticidade da variância, e, para isto, a variável dependente foi transformada em logaritmo para que atendesse os pressupostos. Para a seleção das variáveis independentes que melhor explicam a variação na produção de óleo resina, utilizou-se o método de “regsubset”. Este método realiza uma busca exaustiva para a seleção das melhores combinações das variáveis independentes, e rearranja-as em subconjuntos que posteriormente poderão dar origem aos modelos selecionados (HUDAK et al., 2006). Uma vez selecionadas as variáveis explicativas, foi escrito o modelo global que inclui todas as variáveis, e diferentes modelos com diferentes combinações das variáveis explicativas. Os modelos foram avaliados quanto à precisão pelos seguintes parâmetros estatísticos da regressão: coeficiente de

determinação ajustado (R^2_{aju}) e raiz quadrada do erro quadrático médio absoluto e percentual (RMSE e RMSE%). Para a comparação entre os modelos criados, foi utilizado o critério de informação estatístico de Akaike corrigido (AICc). O melhor modelo foi escolhido com base no menor valor de AICc e no maior valor de R^2_{aju} .

Para ambas as regressões, logística e linear múltipla, foram formados dois grupos de dados de produção de óleo: primeira extração e segunda/terceira extração. Ao contrário da primeira extração, assume-se a hipótese de que na segunda/terceira extração a árvore já sofreu um estresse anterior pela perfuração e na primeira perfuração pode ter exaurido todo o óleo resina acumulado por anos. No mais, a árvore pode responder de forma diferente com relação à produção de óleo resina, conforme o intervalo de tempo (anos) que a árvore permaneceu sem interferência antrópica até que seja efetuada a próxima extração, ou seja, o tempo de ciclo.

3.3 Resultados

3.3.1 Características da população amostrada

Foram identificados botanicamente 53 copaíbas-branca (*Copaifera reticulada* Ducke), 60 copaíbas-preta (*Copaifera duckei* Dwyer), e 5 outros indivíduos sem definição do epíteto específico (*Copaifera* spp.).

A produção média de óleo resina, considerando somente os indivíduos produtivos, foi de 1,11 ($\pm 1,93$) l·árv⁻¹, sendo o máximo observado de 16,46 l·árv⁻¹. Em relação a cada extração, a produção média por copaíba foi de 2,18, 0,18 e 0,12 l·árv⁻¹, para a 1^a, 2^a e 3^a extração, respectivamente. Valores médios de produção foram próximos ao observado por espécie (Tabela 1). De forma geral, na 2^a extração houve um decréscimo de ~12 vezes em relação à 1^a extração da produção média por árvore. E na 3^a extração um decréscimo de ~1,5 vezes em relação à 2^a extração.

Tabela 1 - Produção de óleo resina, em litros, por diferentes espécies de copaíba, e a frequência das copaibeiras conforme produtividade e morte/ocada

Espécie	Extração	Total	Média*	Desvio padrão	Máximo	Árv. produtiva	Árv. não produtiva	Árv. morta/oca
							%	
<i>Copaifera duckei</i>	1º	62,81	2,09	2,66	12,00	50,0	40,0	10,0
	2º	1,41	0,13	0,30	1,00	18,3	56,7	25,0
	3º	0,97	0,14	0,15	0,40	22,6	61,3	16,1
<i>Copaifera reticulata</i>	1º	40,89	2,40	4,03	16,46	32,1	66,1	1,9
	2º	3,79	0,25	0,38	1,44	28,3	67,9	3,8
	3º	2,20	0,20	0,37	1,00	39,6	56,2	4,2

Nota: a média de produção de óleo resina por árvore corresponde somente às árvores que foram produtivas

Em cada um dos cinco diferentes ciclos, a produção média por copaíba foi variável, assim como o número de árvores produtivas, obtendo-se em média $0,39 \text{ l} \cdot \text{árv}^{-1}$ (1 ano), $0,94 \text{ l} \cdot \text{árv}^{-1}$ (2 anos), $1,49 \text{ l} \cdot \text{árv}^{-1}$ (3 anos), $0,87 \text{ l} \cdot \text{árv}^{-1}$ (4 anos) e $1,45 \text{ l} \cdot \text{árv}^{-1}$ (5 anos). Em relação à produção média por árvore em cada ciclo, da 1ª para a 2ª extração, foi verificado um decréscimo de 60,84% (1 ano), 94,16% (2 anos), 89,05% (3 anos), 99,99% (4 anos) e 98,19% (5 anos). Considerando da 2ª para a 3ª extração, houve um decréscimo de 69,99% (1 ano), 82,78% (2 anos) e um acréscimo de 76,23% (3 anos) (Tabela 2).

O total de óleo resina obtido na 1ª extração, sem considerar os ciclos, foi de 106,70 l, para a 2ª extração um total de 5,23 l, e 3,10 l na 3ª extração. Foi verificado um decréscimo de 95,10% da produção na 2ª extração com relação à 1ª, e de 40,60% da 2ª para a 3ª extração (Tabela 2).

Em cada extração realizada, independente do ciclo a ser adotado, aproximadamente 60% das copaíbas perfuradas não foram produtivas, sendo observado na 1ª, 2ª e 3ª extrações uma proporção de 52,10, 63,86 e 60,49% de não produtivas, respectivamente. A parcela de indivíduos ocados ou mortos foi de 6,72, 9,91 e 7,41% para a 1ª, 2ª e 3ª extração, nessa ordem. Estas proporções diferem quando analisados os dados considerando a espécie (Tabela 1). De todos os indivíduos ocos ou mortos, em torno de 52% apresentavam $\text{DAP} > 70 \text{ cm}$. Entretanto, em uma copaibeira com DAP igual a 40 cm foi verificada a presença de oco, quando na 2ª extração.

Tabela 2 - Estatística descritiva dos indivíduos de copaíba (*Copaifera* spp.) em relação à produtividade (número de indivíduos e produção de óleo resina), em relação aos diferentes ciclos (1 a 5 anos) e ao número de extrações efetuadas dentro de cada ciclo

Ciclo [ano (s)]		1			2			3			4		5	
Extração		1º	2º	3º	1º	2º	3º	1º	2º	3º	1º	2º	1º	2º
Nº	Nº indivíduos	18	16	15	44	44	44	22	22	22	11	11	23	17
	Ind. Produtivo	22,2	18,8	40,0	34,1	11,4	36,4	59,1	50,0	18,2	33,3	33,3	56,5	35,3
%	Ind. Não produtivo	66,7	75,0	46,7	65,9	88,6	54,5	40,9	50,0	81,8	66,7	12,2	17,4	41,2
	Ind. Ocado/morto	11,1	6,3	13,3	0,0	0,0	9,1	0,0	0,0	0,0	0,0	54,5	26,1	23,5
Litros (l) l·árv ⁻¹	Total	3,41	1,00	0,60	32,86	0,64	0,35	36,20	3,36	2,15	6,94	$7,30 \cdot 10^{-4}$	27,29	0,23
	Média*	0,85	0,33	0,10	2,19	0,13	0,02	2,78	0,31	0,54	1,74	$1,83 \cdot 10^{-4}$	2,10	0,04
	Desvio padrão	0,82	0,58	0,17	4,25	0,17	0,06	2,54	0,42	0,45	1,59	$3,45 \cdot 10^{-4}$	3,12	0,08
	Máximo	2,05	1,00	0,20	16,46	0,41	0,20	9,00	1,44	1,00	3,68	$7,00 \cdot 10^{-4}$	12,00	0,21

Nota: *volume médio de óleo resina por árvore (l·árv⁻¹) corresponde somente aos indivíduos produtivos

O diâmetro médio das copaibeiras avaliadas foi de 68,4 ($\pm 14,94$) cm, sendo o máximo registrado de 138 cm. Cerca de 31% dos indivíduos apresentaram diâmetro entre 60-70 cm. A altura média estimada foi de 17,24 ($\pm 3,21$) m, e o máximo obtido de 25 m.

A correlação entre as produções de óleo resina com relação ao DAP das copaibeiras, segundo o teste de correlação de Spearman (ρ), foi baixa e negativa ($\rho = -0,027$, $p = 0,798$). Entretanto, foi observada uma maior produtividade de óleo resina, em qualquer das extrações, sem diferenciação do ciclo, nas copaibeiras com diâmetro variando de 50 a 90 cm de diâmetro.

A qualidade de copa (QC) com nota 1, foi observada em 66,67% dos indivíduos, com nota 2 em 25% dos indivíduos e com nota 3, em 8,33%. A nota 4, para QC não foi observada entre os indivíduos avaliados. A pior nota atribuída à copa, sendo 3 neste caso, foi observada somente em indivíduos com DAP > 60 cm. Com relação ao fuste, houve predominância de indivíduos com boa qualidade de fuste (QF=1), perfazendo 62,96% do total, com nota 2 sendo registrada em 19,44%, nota 3 em 0,93% e nota 4 em 16,67% dos indivíduos. O pior tipo de fuste (QF=4) ocorreu em todas as categorias diamétricas.

Um pouco mais da metade das copaibeiras (57,8%) apresentaram infestação de pragas ao longo do fuste, não havendo predominância em determinada classe diamétrica.

3.3.2 Fatores que controlam a capacidade de produção ou não de óleo resina

As Tabelas 4 e 5 contêm as variáveis que revelaram capacidade de estimar a probabilidade de ocorrência de óleo resina de copaíba (*Copaifera* spp.), selecionadas pelo

método “stepwise forward” para a regressão logística, para a primeira extração e para a segunda/terceira extração.

Tabela 4 - Estimativas dos parâmetros referentes ao modelo logístico aplicado aos dados sobre a presença de óleo resina de copaíba (*Copaifera* spp.) na primeira extração

Efeitos	Estimativa	Valor z	Pr(> z)
Constante	2,0138	1,7460	0,0808.
DAP	-0,0398	-2,4060	0,0161*
QC2	-0,6908	-1,2360	0,2163
QC3	-3,0196	-2,5430	0,0110*
QF2	-1,2329	-1,9280	0,0539.
QF3	-16,3150	-0,0110	0,9911
QF4	-1,3315	-1,9860	0,0470*
praga	2,1939	3,8610	0,0001***

Nota: QC: qualidade de copa (1 a 3); QF: qualidade de fuste (1 a 4).

Significância: ‘***’ 0,01 ‘*’ 0,05 ‘.’ 0,1

Tabela 5 - Estimativas dos parâmetros referentes ao modelo logístico aplicado aos dados sobre a presença de óleo resina de copaíba (*Copaifera* spp.) na segunda ou terceira extração

Efeitos	Estimativa	Valor z	Pr(> z)
Constante	-0,1023	-0,2050	0,8377
ciclo2	-0,4698	-0,9280	0,3536
ciclo3	-0,2190	-0,3610	0,7181
ciclo4	0,6382	0,9040	0,3660
ciclo5	2,1467	3,1820	0,0015**
especie2	-1,1085	-2,4330	0,0149*
QC2	-0,5379	-1,1480	0,2508
QC3	-1,7738	-2,0480	0,0406*
QF2	-0,4125	-0,9480	0,3429
QF3	-17,1635	-0,0170	0,9867
QF4	-1,5448	-2,6300	0,0085**
praga	0,6614	1,6370	0,1016

Nota: QC:qualidade de copa (1 a 3); QF: qualidade de fuste (1 a 4).

Significância: ‘***’ 0,01 ‘**’ 0,05 ‘.’ 0,1.

Os índices para a análise do ajuste do modelo são descritos na tabela abaixo (Tabela 6). Os índices de Cox & Snell e de McFadden apresentam valores intermediários, tendo em vista que o primeiro alcança o máximo de 0,75, e o segundo, quando seus valores ficam entre 0,2 e 0,4, demonstram que o modelo em questão é satisfatório (NOGUEIRA, 2008). Em ambos os modelos, os valores obtidos pelo índice de Hosmer & Lemeshow foram não significativos, ou seja, não há diferença entre os valores observados e estimados.

Tabela 6 - Análise da estatística de desempenho dos modelos elegidos para prever a possibilidade de ocorrência de óleo resina de copaíba (*Copaifera* spp.)

Modelo	AIC	R ² Cox & Snell	R ² McFadden	Hosmer & Lemeshow (χ^2)	Hosmer & Lemeshow (p-valor)
1: 1º extração	131,20	0,233	0,193	12,722	0,122 ^{ns}
2: 2º/3º extração	242,74	0,166	0,140	4,437	0,816 ^{ns}

¹óleo=DAP+QC+QF+praga. ²óleo=ciclo+ espécie+QC+QF+praga

Os modelos definitivos para a produção de óleo resina obtidos na primeira extração, e obtidos na segunda ou terceira extração, em ciclos de 1 a 5 anos, podem ser descritos como segue:

$$Po1 = \frac{1}{1 + e^{(2,01 - 0,04dap - 0,69QC2 - 3,02QC3 - 1,23QF2 - 16,32QF3 - 1,34QF4 + 2,19praga)}}$$

$$Po2 = \frac{1}{1 + e^{(-0,10 - 0,47ciclo2 - 0,22ciclo3 + 0,64ciclo4 + 2,15ciclo5 - 1,11sp2 - 0,54QC2 - 1,77QC3 - 17,16QF3 - 1,54QF4 + 0,66praga)}}$$

Po1= probabilidade de óleo resina de copaíba na primeira extração; Po2= probabilidade de óleo resina de copaíba na segunda ou terceira extração, dentro de um ciclo que pode variar de 1 a 5 anos; e=base do logaritmo natural (~2,718); sp=espécie: 1: *Copaifera reticulata*, 2: *Copaifera duckei*; dap=diâmetro a altura do peito (cm); QC=qualidade de copa (variando de 1 a 4); QF=qualidade de fuste (variando de 1 a 4); praga=presença ou ausência de pragas (formiga/cupim); ciclo=ciclo de extração de óleo resina de copaíba (de 1 a 5 anos).

De acordo com o modelo de probabilidade de óleo resina para a primeira extração (Po1), dentre as variáveis independentes, as que estão vinculadas com maior probabilidade são presença/ausência de pragas (praga) e diâmetro à altura do peito (DAP). Com a presença de pragas há 8,97 vezes mais chance de encontrar óleo resina do que nas árvores sem pragas. Com o aumento de uma unidade de diâmetro, a chance de ocorrência de óleo resina aumenta em 0,96 vezes. Em relação a qualidade de copa (QC), a probabilidade de haver óleo resina decresce em 0,50 e 0,05, para QC2 e QC3, em relação a QC1, respectivamente. E para a qualidade de fuste (QF), as probabilidades são em torno de 0,29, $8,2 \cdot 10^{-8}$ e 0,26 vezes menos chance de óleo resina para QF2, QF3 e QF4, do que para árvores com QF1.

No modelo de probabilidade de óleo resina na segunda ou terceira extração (Po2), dentro de um ciclo que pode variar de 1 a 5 anos, a variável independente “ciclo” foi a mais significativa em relação à maior probabilidade de presença de óleo resina. De acordo com o ciclo a ser adotado, a probabilidade de óleo resina é de 0,62 e 0,80 vezes menos nos ciclos de 2 e 3 anos. E de 1,89 e 8,56 vezes mais em ciclos de 4 e 5 anos, do que em ciclo de 1 ano. Em

se tratando da qualidade de copa (QC), a probabilidade de óleo reduz em 0,58 e 0,17, para QC2 e QC3, respectivamente, em relação a QC1. E para a qualidade de fuste (QF), as probabilidades são em torno de 0,66, $3,5 \cdot 10^{-8}$ e 0,21 vezes menos chance de óleo resina para QF2, QF3 e QF4, do que para árvores com QF1. A *C. duckei* (especie2) tem probabilidade de 0,33 vezes menos chance de produção de óleo resina do que a *C. reticulata* (especie1). E a presença de pragas (formiga/cupim) aumenta em 1,94 vezes a chance de óleo resina ser obtido quando comparado com árvores sem pragas.

3.3.3 Modelo de produção de óleo resina

As combinações das melhores variáveis independentes obtidas pelo “regsubset” proporcionou a construção de 10 modelos.

Para os dados da primeira extração de óleo resina de copaíba, os 10 modelos construídos apresentaram um baixo valor quanto ao coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{aju} < 0,07$) (Tabela 7). A variável independente “praga” foi a única a apresentar significância entre os modelos testados. Desta forma, os modelos testados apresentaram um baixíssimo poder de explicação para a primeira extração, explicando, em média, 4,4% da variabilidade encontrada na produção de óleo resina por copaíba.

Com relação aos dados de óleo resina obtidos na 2ª/3ª extração, para cinco diferentes ciclos de coleta, os 10 modelos construídos apresentaram um valor de coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aju}) mais elevado do que para os dados de primeira extração. O R^2_{aju} variou de 0,54 a 0,60 (Tabela 8). As variáveis independentes “espécie”, “extração” e “ciclo” foram significativas, a um nível de 10% ou 5%, em todos os modelos testados. Dentre os modelos analisados, as variáveis independentes testadas apresentaram um médio poder de explicação quanto à variável resposta “quantidade de óleo resina”, pois expressam, em média, 58% da variabilidade encontrada na quantidade de óleo resina por copaibeira.

Tabela 7 - Modelos candidatos correspondentes à variável resposta quantidade de óleo resina por copaibeira (*Copaifera* spp.) na primeira extração, em ordem crescente conforme o valor do critério de Akaike corrigido (AICc)

Nº modelo	Variáveis explanatórias do modelo	R ²	R ² _{ajus}	RMSE (ml·árv ⁻¹)	RMSE (%)	AICc
1	Pragas	0,08	0,06	3301,83	147,36	167,02
2	DAP Pragas	0,09	0,04	3271,88	146,03	168,83
3	DAP QC Pragas	0,14	0,06	3262,37	145,60	171,06
4	DAP QF QC Pragas	0,19	0,06	3270,14	145,95	174,06
5	DAP*h QC QF Pragas	0,23	0,07	3197,62	142,71	176,34
6	Espécie DAP h QC Pragas	0,14	0,01	3263,05	145,63	176,49
7	Espécie h QF QC Pragas	0,19	0,04	3269,05	145,90	176,87
8	DAP h QF QC Pragas	0,19	0,04	3274,21	146,13	176,88
9	Espécie DAP QF QC Pragas	0,19	0,04	3170,11	145,95	177,00
10	Espécie DAP h QF QC Pragas	0,19	0,02	3274,50	146,14	178,86

Nota: DAP: diâmetro a altura do peito (1,30m); QC: qualidade de copa (1 a 3); QF: qualidade de fuste (1 a 4); h: altura total estimada

Tabela 8 - Modelos candidatos correspondentes à variável resposta quantidade de óleo resina por copaibeira (*Copaifera* spp.) na segunda/terceira extração, em ordem crescente conforme o valor do critério de Akaike corrigido (AICc)

Nº modelo	Variáveis explanatórias do modelo	R ²	R ² _{ajus}	RMSE (ml·árv ⁻¹)	RMSE (%)	AICc
1	Ciclo Espécie Extração	0,63	0,60	1553,49	252,13	348,86
2	Extração Ciclo h Espécie	0,63	0,59	1545,09	250,77	351,16
3	Espécie h QC Pragas Extração Ciclo	0,64	0,58	1513,62	245,66	358,42
4	Ciclo Espécie DAP h QF Pragas Extração	0,65	0,59	1553,11	252,07	359,08
5	Ciclo Espécie DAP h QF QC Extração	0,66	0,59	1534,41	249,03	361,33
6	Ciclo Espécie DAP h QC Pragas Extração	0,65	0,58	1544,34	250,65	361,55
7	Ciclo Espécie DAP QF QC Pragas Extração	0,66	0,58	1543,45	250,50	362,75
8	Ciclo Espécie h QF QC Pragas Extração	0,65	0,57	1472,02	238,91	365,14
9	Ciclo Espécie DAP h QF QC Pragas Extração	0,66	0,58	1528,37	248,05	365,60
10	Ciclo DAP h QF QC Pragas Extração	0,62	0,54	1646,69	267,26	368,23

Nota: DAP: diâmetro a altura do peito (1,30m); QC: qualidade de copa (1 a 3); QF: qualidade de fuste (1 a 4); h: altura total estimada

O melhor modelo empregado para a estimativa de produção de óleo resina de copaíba por árvore, na segunda/terceira extração, foi o modelo composto por três variáveis independentes (Tabela 8). Este modelo foi escolhido pois apresentou o menor AIC e o maior valor de R²_{ajus}, quando comparado com os demais modelos testados. Desta forma, o modelo final ($F=17,89$, $p=6,5 \cdot 10^{-12}$) é dado por:

$$\text{Log}(\hat{y}_i) = 2,31 - 0,74\text{ciclo2} + 4,49\text{ciclo3} + 0,91\text{ciclo4} + 1,23\text{ciclo5} + 2,91\text{sp2} - 4,26\text{extracao3}$$

Onde o $\hat{y}_i$ = volume de óleo resina de copaíba por árvore (ml); ciclo=ciclo de extração de óleo resina de copaíba (de 1 a 5 anos); sp=espécie: 1: *Copaifera reticulata*, 2: *Copaifera duckei*; extração=número de extrações de óleo resina dentro de um ciclo que pode variar de 1 a 5 anos (2ª ou 3ª extração).

3.4 Discussão

Neste estudo, o rendimento médio de óleo resina para *C. reticulata* foi maior quando comparado com a *C. duckei*. A *C. reticulata* vem sendo citada como uma espécie muito produtiva em relação a outras espécies, com produção média de 0,25 a 3,85 l·árv⁻¹ (RIGAMONTE-AZEVEDO, 2004; OLIVEIRA et al., 2006; HERRERO-JÁUREGUI, 2009). Variações quantitativas e qualitativas com relação ao óleo resina podem ocorrer entre e dentro das espécies de copaíba (ALENCAR, 1982; FERREIRA; BRAZ, 2001; PLOWDEN, 2003; RIGAMONTE-AZEVEDO et al., 2006; OLIVEIRA et al., 2006; MEDEIROS; VIEIRA, 2008; MARTINS et al., 2013). É pressuposto que estas variações ocorram por causa do fator genético (ALENCAR, 1982; CASCON; GILBERT, 2000).

De modo geral, pode-se obter, de copaibeiras produtivas, um volume de óleo resina variando de 0,23 a 3,84 l·árv⁻¹ na primeira extração (FERREIRA; BRAZ, 2001; MEDEIROS; VIEIRA, 2008, BARBOSA et al., 2009). Ocasionalmente, uma grande quantidade de óleo resina pode ser obtida, chegando a 30 l·árv⁻¹ (RIGAMONTE-AZEVEDO et al., 2006). Nas extrações seguintes, geralmente observa-se um decréscimo na produção, sendo registrado 0,256 a 0,034 l·árv⁻¹ na segunda (ALENCAR, 1982; MEDEIROS; VIEIRA, 2008), e 0,454 l·árv⁻¹ na terceira extração (ALENCAR, 1982). A redução na produção entre sucessivas extrações, independente do ciclo a ser adotado, é esperada (MEDEIROS; VIEIRA, 2008; NEWTON et al., 2011). Entretanto, há registros de uma maior produção na segunda extração quando comparado com a primeira (ALENCAR, 1982; NEWTON et al., 2011).

Considerando o fato de que a copaibeira é uma árvore que cresce cerca de 5 cm por ano, o óleo resina em seu interior possivelmente foi estocado durante muitos anos, até que os indivíduos atingissem o diâmetro recomendado para início da extração, que pode variar de 25 a 50 cm (LEITE et al., 2001; PLOWDEN, 2003; ALECHANDRE et al., 2005; NEWTON et al., 2011). Maiores volumes de óleo resina podem ser obtidos na primeira extração, e o volume de óleo obtido em uma posterior extração pode ser oriundo de dois meios: ou ter sido sintetizado pelo indivíduo, mesmo que na extração anterior a árvore não tenha sido manejada até a exaustão (PLOWDEN, 2004), ou, ainda, ser resquício da extração anterior (NEWTON et

al., 2011). Quando da renovação do óleo resina, este processo pode levar anos até que se tenha um volume próximo ao obtido na primeira extração (MARTINS et al., 2013).

A proporção de copaibeiras produtivas, não produtivas e mortas/ocadas foi muito variável em nível de espécie e de forma geral em cada ciclo. A proporção média de indivíduos produtivos de *C. reticulata* neste estudo está entre os valores encontrados por Rigamonte-Azevedo (2004) e Herrero-Jáuregui (2009), variando de 22 a 47%. Outros estudos com diferentes espécies de copaíba têm reportado frequência média de árvores produtivas de 61 a 82% (ALENCAR, 1982; FERREIRA; BRAZ, 2001; LEITE et al., 2001; PLOWDEN, 2003; MEDEIROS; VIEIRA, 2008). Ambiente edáfico, localização geográfica e tipologia florestal não mostraram ser influentes com relação à frequência de árvores produtivas (RIGAMONTE-AZEVEDO et al., 2006).

A frequência de árvores ocadas neste estudo foi próxima aos valores obtidos por Rigamonte-Azevedo et al. (2006) e Newton et al. (2011), que são proporções inferiores às relatadas por Plowden (2001), que observou que 48% das copaibeiras estavam ocas ou com podridão, sendo estas apresentando $DAP > 60$ cm, em ambas as espécies. Apesar de maior ocorrência de indivíduos ocados de *C. duckei*, Plowden (2004) também registrou em um dos morfotipos esta maior frequência, porém não verificou diferença entre estes. A presença de oco neste gênero (*Copaifera*) ainda é muito discutida. Este autor atribui este fato à ocorrência de fogo na área, à presença de pragas, assim como à senescência da árvore (PLOWDEN, 2004).

O diâmetro das copaibeiras não foi correlacionado de forma linear com a produção de óleo resina, corroborando com o relatado em outros estudos (RIGAMONTE-AZEVEDO et al., 2006; BARBOSA et al., 2009; HERRERO-JÁUREGUI, 2009). Entretanto, a variável “DAP” ser significativa quando da possibilidade da copaibeira ter óleo resina ou não, de acordo com o modelo logístico, pode ser pelo fato da produção ser registrada, frequentemente, em determinadas classes diamétricas. Copaibeiras com diâmetro entre 55 e 70 cm apresentaram maior produção média por árvore, quando comparadas com árvores em classes diamétricas superior ou inferior a este limiar (PLOWDEN, 2003; RIGAMONTE-AZEVEDO et al., 2006; MEDEIROS; VIEIRA, 2008; HERRERO-JÁUREGUI, 2009; SOUZA, 2010), em todos os ciclos e extrações. Indivíduos de menor diâmetro ($DAP < 41$ cm) podem ser mais hábeis na recuperação da quantidade de óleo resina, do que indivíduos de maior tamanho (MEDEIROS; VIEIRA, 2008).

As características fenotípicas, avaliadas por meio da qualidade de copa e do fuste, foram variáveis significativas no modelo relacionado com a chance ou não de se obter óleo

resina, o que estaria de acordo com alguns estudos onde demonstram que o tamanho da árvore está atrelado à produtividade (ALENCAR, 1982; FERREIRA; BRAZ, 2001; PLOWDEN, 2003; OLIVEIRA et al., 2006; RIGAMONTE-AZEVEDO et al., 2006; MEDEIROS; VIEIRA, 2008; SOUZA, 2010). Árvores dominantes e com boa formação de copa estariam mais expostas à luminosidade, que é um fator, segundo Langenheim (1990), que pode influenciar na quantidade de óleo resina. Assim como a melhor qualidade do fuste está relacionada com a ausência de tortuosidades, rachaduras, ocos, e a um bom estado fitossanitário. O fator "praga", que foi significativo em ambos os tipos de modelos testados, poderia agir como estímulo a produção de óleo resina como mecanismo de defesa (VIEIRA; MEDEIROS, 2008; MARTINS et al., 2013). Entretanto, ocos poderiam surgir, e estes influenciam de forma negativa a produção de óleo resina (ALENCAR, 1982; PLOWDEN, 2003; RIGAMONTE-AZEVEDO et al., 2006; HERRERO-JÁUREGUI, 2009; NEWTON et al., 2011; MARTINS et al., 2013).

A variável "ciclo" foi significativa nos dois tipos de modelos testados. No caso de árvores a serem perfuradas pela primeira vez, a potencial produção a ser obtida independe do ciclo a ser adotado. Entretanto, quando na segunda e terceira extrações, o intervalo de tempo entre cada extração pode afetar a quantidade a ser produzida de óleo resina. Parte-se do pressuposto que um maior intervalo de tempo entre extrações proporcionaria um maior tempo para a árvore prover um acúmulo de óleo resina que pudesse ser aproveitado comercialmente. Apesar disso, há muitas incertezas, pois o manejo de óleo resina de copaíba ocorre em populações naturais, e estes indivíduos estão sujeitos a variações de idade e estágios fisiológicos (MARTINS et al., 2013).

Neste estudo, a discrepância entre o número de indivíduos avaliados dentro de cada grupo dos cinco ciclos foi grande, tendo como uma das causas a alta frequência de árvores mortas/ocadas que foram identificadas nas extrações subsequentes. A maior parte das árvores com diâmetro maior que 65 cm, independente o ciclo adotado e da espécie, quando executada a segunda ou terceira extração, não apresentaram óleo resina ou estavam ocadas/mortas. Copaibeiras com diâmetro maior que 65 cm, embora estejam no grupo de árvores produtivas, ao mesmo tempo se encontram no grupo de indivíduos onde a presença de ocos são mais frequentes, como também reportado por Martins et al. (2013). De fato, o que foi verificado é que a maioria dos indivíduos com diâmetro menor que 65 cm, produziram alguma quantidade de óleo resina, assim como a taxa de ocadas ou mortas foi baixa.

3.5 Conclusão

O diâmetro, a presença de pragas, a qualidade do fuste e da copa, a espécie e o ciclo de manejo, foram variáveis significativas relativamente à probabilidade de encontrarmos óleo resina nas duas espécies de copaíba analisadas. Os diferentes ciclos e extrações foram relevantes no modelo de produção de óleo resina, assim como a espécie.

A *Copaifera reticulata* apresentou uma maior produção média de óleo resina por árvore, e menor proporção de árvores produtivas e de árvores mortas/ocadas, em relação a espécie *C. duckei*.

Considerando a produção total obtida em cada ciclo, o de 3 anos seria o mais viável do ponto de vista de produção. Entretanto, seria necessário um maior período de avaliação e um maior número de árvores por grupo a ser testado para se ter conclusões mais robustas.

A prática de manejo de copaíba poderia levar em conta não só a espécie, mas também o diâmetro da árvore. Dependendo do diâmetro mínimo a ser considerado para iniciar o manejo de óleo resina nas copaíbas, de acordo com nossos dados, ciclos maiores que 4 ou 5 anos não seriam viáveis, pois na próxima extração o indivíduo poderia não produzir por problemas fitossanitários e presença de ocos. Do contrário, ao iniciar o manejo com árvores de menor diâmetro, ciclos mais longos poderiam favorecer o indivíduo a ter um intervalo maior para produção de óleo resina, e mais de três extrações poderiam ser viáveis do ponto de vista de produção.

Referências

- ALECHANDRE, A.; LEITE, A.; AZEVEDO, K.; CAMPOS, C.A.; SILVA, E.F.; DA MELO, T.; SOUZA, N.M.D.; ROLA, L. Manejo de produtos florestais não madeireiros por moradores da Reserva Extrativista Chico Mendes. In: OLIVEIRA, M.A. (Ed.). **Pesquisa sociobioparticipativa na Amazônia Ocidental: aventuras e desventuras**. Rio Branco: EDUFAC, 2005. p. 15–76.
- ALENCAR, J.C. Estudos silviculturais de uma população natural de *Copaifera multijuga* Hayne – Leguminosae, na Amazônia Central. 2 - Produção de óleo-resina. **Acta Amazonia**, Manaus, v. 12, n. 1, p. 75-89, jan./mar. 1982.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, Dec. 2013.

BARBOSA, K.S.; SCUDELLER, V.V.; ROSA, A.L. Potencial de produção de óleo resina de *Copaifera multijuga* Hayne nos dois períodos climáticos amazônicos na Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Tupé, Manaus-AM. In: SANTOS-SILVA, E.N.; SCUDELLER, V.V. (Org.). **Biotupé: meio físico, diversidade biológica e sociocultural do Baixo Rio Negro, Amazônia Central**. Vol. 2. Manaus: UEA, 2009. cap. 12, p.143-153.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Mapa de vegetação do Brasil**. Brasília: IBGE; Ministério da Agricultura, 1988.

BRAZ, E.M.; PASSOS, C.A.M.; OLIVEIRA, L.C.; OLIVEIRA, M.V.N.; MATTOS, P.P. Management of precision: a new step aiming at tropical natural forest sustainability. In: IUFRO WORLD CONGRESS, 22, 2005, Brisbane. **Forest in the balance: linking tradition and technology: program & abstracts**. Viena: IUFRO, 2005. 1 CD ROM.

CASCON, V; GILBERT, B. Characterization of the chemical composition of oleoresins of *Copaifera guianensis* Desf., *Copaifera duckei* Dwyer, *Copaifera multijuga* Hayne. **Phytochemistry**, Pullman, v. 55, n. 7, p. 773-778, Dec. 2000.

FERREIRA, L.A.; BRAZ, E.M. **Avaliação do potencial de extração e comercialização do óleo-resina de Copaíba (*Copaifera* spp.)**. New York; Rio Branco: The New York Botanical Garden; Universidade Federal do Acre, 2001. Disponível em: <<http://www.nybg.org/bsci/acre/www1/evaluation.html>>. Acesso em: 15 set. 2013.

GRAYBILL, F.A. **Theory and application of the linear model**. Massachusetts: Ouxburg Press, 1976. 704 p.

HAIR JR., J.F.; BLACK, W.C.; BABIN, B.J., ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L. **Análise multivariada de dados**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 593 p.

HERRERO-JÁUREGUI, C. **Gestión integrada de los recursos forestales en la Amazonía Oriental: ecología de dos especies de uso múltiple**. 2009. 243 p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Facultad de Biología, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 2009.

HOSMER, D.W.; LEMESHOW, S.; STURDIVANT, R.X. **Applied logistic regression**. 3rd ed. New York: Wiley, 2013. 528 p.

HUDAK, A.T.; CROOKSTON, N.L.; EVANS, J.S.; FALKOWSKI, M.J.; SMITH, A.M.S.; GESSLER, P.E. Regression modeling and mapping of coniferous forest basal area and tree density from discrete-return LiDAR and multispectral satellite data. **Canadian Journal of Remote Sensing**, Ottawa, v. 32, n. 2, p. 126-138, Jan. 2006.

HURVICH, C.M.; TSAI, C.L. Regression and time series model selection in small samples. **Biometrika**, London, v. 76, n. 2, p. 297-307, June 1989.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da extração vegetal e da silvicultura**. Rio de Janeiro, 2011. v. 26, p. 1-55.

LAFRANKIE, J. Population dynamics of some tropical trees that yield non-timber forest products. **Economic Botany**, Fulertton, v. 48, n. 3, p. 301-309, May 1994.

LEITE, A.; ALECHANDRE, A.; RIGAMONTE-AZEVEDO, C.; CAMPOS, C. A.; OLIVEIRA, A. **Recomendações para o manejo sustentável do óleo de copaíba**. Rio Branco: Universidade Federal do Acre; Secretaria Executiva de Floresta e Extrativismo, 2001. 38 p.

LEITE, H.G.; OLIVEIRA, F.L.T. Statistical procedure to test the identity of analytical methods. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Athens, v. 33, n. 7/8, p. 1105-1118, Aug. 2002.

MARTINS, K.; HERRERO-JÁUREGUI, C.; COSTA, R. da; TONINI, H.; BENTES-GAMA, M.M.; VIEIRA, A.H.; WAD, L.H.O. Interspecific differences in the oleoresin production of *Copaifera* L. (Fabaceae) in the Amazon rainforest. **Annals of Forest Science**, Paris, v. 70, p. 319-328, May 2013.

MEDEIROS, R.S.; VIEIRA, G. Sustainability of extraction and production of copaiba (*Copaifera multijuga* Hayne) oleoresin in Manaus, AM, Brazil. **Forest Ecology and Management**, Fort Collins, v. 256, p. 282–288. 2008.

NEWTON, P.; PERES, C.A.; DESMOULIÈRE, S.J.M.; WATKINSON, A.R. Cross-scale variation in the density and spatial distribution of an Amazonian non-timber forest resource. **Forest Ecology and Management**, Fort Collins, v. 276, p. 41–51, July 2012.

NEWTON, P.; WATKINSON, A.R., PERES, C.A. Determinants of yield in a non-timber forest product: *Copaifera* oleoresin in Amazonian extractive reserves. **Forest Ecology and Management**, Fort Collins, v. 261, p. 255–264, 2011.

NOGUEIRA, H. **Os lugares e a saúde**. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2008. 240 p.

OLIVEIRA, E.C.P.; LAMEIRA, O.A.; ZOGHBI, M.G.B. Identificação da época de coleta do óleo-resina de copaíba (*Copaifera* spp.) no município de Moju, PA. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 8, n. 3, p. 14-23, jan. 2006.

PINTO, A.; AMARAL, P.; AMARAL, M. **Iniciativas de manejo florestal comunitário e familiar na Amazônia brasileira 2009/2010**. Belém; Brasília: Imazon; IEB; GIZ; SFB, 2011. 84 p.

PLOWDEN, J.C. **The ecology, management and marketing of non-timber forest products** in the alto Rio Guamá indigenous reserve (eastern Brazilian Amazon). 2002. 264 p. Thesis (PhD in Philosophy) - The Pennsylvania State University, University Park, 2001.

PLOWDEN, C. Production ecology of copaiba (*Copaifera* spp.) oleoresin in the eastern Brazilian Amazon. **Economic Botany**, Fullerton, v. 57, n. 4, p. 491-501. 2003.

_____. The ethnobotany of copaíba (*Copaifera*) oleoresin in the Amazon. **Economic Botany**, Fullerton, v. 58, n. 4, p. 729–739, Dec. 2004.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2013. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 01 jan. 2013.

RADAMBRASIL. **Projeto RADAMBRASIL: 1973–1983. Levantamento de Recursos Naturais.** Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, Departamento Nacional de Produção Mineral, 1983. 23 v.

RIGAMONTE-AZEVEDO, O.C. **Copaíba: estrutura populacional, produção e qualidade do óleo-resina em populações nativas do sudoeste da Amazônia.** 2004. 94 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais) - Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2004.

RIGAMONTE-AZEVEDO, O.C.; WADT, P.G.S.; WADT, L.H.O. **Copaíba: ecologia e produção de óleo-resina.** Rio Branco: EMBRAPA, MAPA, 2004. 28 p.

_____. Potencial de produção de óleo-resina de copaíba (*Copaifera* spp.) de populações naturais do sudoeste da Amazônia. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 30, n. 4, p. 583-591, jul./ago. 2006.

RIGAMONTE-AZEVEDO, O.C.; WADT, P.G.S.; WADT, L.H. O.; VEIGA JUNIOR, V.F. da; PINTO, A.C.; REGIANI, A.M. Variabilidade química e física do óleo-resina de *Copaifera* spp. no sudoeste da Amazônia Brasileira. **Revista Brasileira de Oleaginosas Fibrosas**, Campina Grande, v. 8, n. 2/3, p. 851-861, maio/dez. 2004.

SANTOS, A.J. dos; GUERRA, F.G.P.Q. Aspectos econômicos da cadeia produtiva dos óleos de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) e copaíba (*Copaifera multijuga* Hayne) na Floresta Nacional Do Tapajós – Pará. **Floresta**, Curitiba, v. 40, n. 1, p. 23-28, jan./mar. 2010.

SHANLEY, P.; MEDINA, G. **Frutíferas e plantas úteis na vida Amazônica.** Belém: CIFOR;Imazon, 2005. 300 p.

SOUZA, F.D.R. de. **O manejo do óleo-resina de *Copaifera* spp. realizado pelas etnias Arara (Karo rap) e Gavião (Ikolen) na Terra Indígena Igarapé Lourdes, Rondônia.** 2010. 86 p. Dissertação (Mestrado em Biologia Tropical e Recursos Naturais da Amazônia) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 2010.

VEIGA JUNIOR, V.F.; PINTO, A.C. O gênero *Copaifera* L. **Química Nova**, São Paulo, n. 2, p. 273-286, abr./maio 2002.

4 ANÁLISE DO CICLO ÓTIMO PARA A PRODUÇÃO DE ÓLEO RESINA DE COPAÍBA (*COPAIFERA* SPP.) SOBRE DIFERENTES CENÁRIOS

Resumo

O óleo resina da copaíba (*Copaifera* spp.) é um produto medicinal usado principalmente por suas propriedades anti-inflamatórias e analgésicas. O óleo resina é extraído em ciclos periodicamente repetidos no tronco da árvore através de orifícios realizados por trado perfurador. Até o momento, o ciclo de extração ótimo e os fatores que influenciam a produção de óleo resina são desconhecidos. Portanto, o principal objetivo deste estudo foi procurar o ciclo ótimo, buscando obter o máximo de produção de óleo resina ou o máximo valor presente líquido associado a esta produção. O estudo foi realizado em Paragominas, Pará (Brasil), e, de acordo com as informações disponíveis, foi criado um horizonte de planejamento de 10 anos com um conjunto de dados para os ciclos de 1 a 5 anos. Para estas análises, dois contextos foram descritos utilizando a simulação de Monte Carlo: um determinístico e outro estocástico na qual se assume que algumas variáveis apresentam comportamento não determinístico. Com base nos dados disponíveis, foram propostos três cenários, que se diferenciaram de acordo com a hipótese utilizada para estimar a produção em anos na qual não haviam dados de campo coletados sobre a produção de óleo resina. De acordo com as análises deste trabalho, os resultados mostram que, independentemente dos contextos e cenários apresentados, o ciclo ideal para a extração de óleo resina de copaíba é de três anos, o que é consistente com algumas recomendações publicadas anteriormente. Finalmente, em princípio, o custo de oportunidade de não escolher o ciclo ótimo parece não ser muito alto.

Palavras-chave: Amazônia; *Copaifera*; Monte Carlo; Produto florestal não madeireiro, Simulação

Abstract

Copaíba (*Copaifera* spp.) oleoresin is a medicinal product used for its healing and anti-inflammatory properties. This oleoresin is obtained using a borer through holes drilled in the trunk, in periodically repeating cycles. To date, the optimal harvesting cycle and the factors that influence the oleoresin production are unknown. Therefore, the main objective of this study was to search the optimal cycle, seeking to obtain the maximum oleoresin production or the maximum net present value associated with this production. The case under study took place in Paragominas, Pará (Brazil), and with the data available, a set of alternatives for 1- to 5-year cycles, with a planning horizon of 10 years, was created. For this analysis, two contexts were described: a deterministic one and another in which it is assumed that some variables exhibit non-deterministic behavior, using a Monte Carlo simulation for this purpose. Based on the available data, three scenarios were proposed, which differ according to the hypothesis used to estimate production in those years for which no measurements are available. The results show that regardless of the contexts and scenarios presented, the optimal cycle for copaíba oleoresin is three years, which is consistent with some previously published recommendations. Finally, in principle, the opportunity cost of not choosing the optimal cycle does not seem to be very high.

Keywords: Amazonia; *Copaifera*; Monte Carlo; Non-timber forest product; Simulation

4.1 Introdução

Exsudatos (gomas, resinas e óleos), assim como cascas, raízes e tubérculos, representam uma grande proporção dos produtos florestais não madeireiros (PFNMs) comerciais obtidos em ambientes naturais (TICKTIN, 2004). Dentre os produtos explorados, e de significativa importância local para habitantes das regiões que compreendem a bacia Amazônica, está o óleo resina de copaíba (NEWTON et al., 2012a), o qual é caracterizado por ser um produto não perecível e com elevado preço por unidade (NEWTON et al., 2011). Este produto é utilizado para vários fins, mais notavelmente na indústria farmacêutica, por suas propriedades anti-inflamatórias e antibacterianas, e na indústria de cosméticos, na fabricação de sabões, xampus e loções. Além disso, de acordo com as estatísticas oficiais (IBGE, 2011), são estimadas cerca de 2,13 milhões de pessoas que pertencem a comunidades tradicionais e a outras comunidades onde pelo menos alguns de seus membros extrai este produto em áreas florestais do estado do Pará. Essas populações utilizam estes PFNMs tanto para a subsistência (autoconsumo), quanto como um meio de obtenção de dinheiro ou outros produtos através da troca (BELCHER; SCHRECKENBERG, 2007). Em última análise, estes produtos são utilizados como um complemento para o crescimento e desenvolvimento das comunidades tradicionais e famílias desfavorecidas (PATTANAYAK; SILLS, 2001; BELCHER; SCHRECKENBERG, 2007). Por fim, as estatísticas oficiais no Brasil registraram uma produção de 580 t de óleo resina de copaíba em 2010, decrescendo para 214 t em 2011 (IBGE, 2011), estando estas produções concentradas principalmente nos estados do Amazonas (78,87%), Pará (15,02%) e Rondônia (5,63%).

Muitas vezes é assumido que determinados PFNMs da Amazônia podem ser manejados em busca de uma maior compatibilidade com a produção de madeira (DUCHELLE et al., 2012; SHANLEY et al., 2012.). Porém, esta hipótese não é a abordada neste estudo: nenhuma produção conjunta de óleo resina de copaíba e madeira é contemplada. Em resumo, consideramos apenas a produção de óleo resina de copaíba sem incluir análise das potenciais receitas associadas à madeira. Além disso, em alguns estados da Amazônia, há lei que proíbe o corte de árvores de copaíba (KLUPPEL et al., 2010). Até o momento, não há modelos biométricos que permitem estimar o ciclo ideal quando se consideram os dois tipos de produções (madeira e óleo resina). Ou seja, ao contrário de outros PFNMs da Amazônia, como *Carapa guianensis* Aubl. (KLIMAS et al., 2012), não se sabe com que idade a produção de óleo resina de copaíba é maximizada, nem existe um modelo de produção do óleo resina ao longo da vida de uma árvore individual. Este problema não foi relacionado com a perspectiva

espacial (ALBERS; ROBINSON, 2013), pois informações sobre a tomada de decisão dos coletores não está disponível. Essa limitação é uma questão de preocupação para a espécie, pois sua densidade é geralmente muito baixa. Por exemplo, Herrero-Jáuregui et al. (2012) relataram densidades entre 0,11 e 0,21 árvores por hectare com indivíduos com diâmetro à altura do peito (DAP) acima de 45 cm, enquanto que Newton et al. (2012a) relatou densidades entre 0,01 e 1,69 árvores por hectare, com DAP variando 10-45 cm.

Embora o corte da árvore de copaíba já tenha sido usado para extrair o óleo resina, nos últimos anos tem-se estabelecido que o óleo resina de copaíba pode ser extraído diretamente do fuste das árvores destas espécies (*Copaifera* spp.) através de perfurações feitas no tronco com um trado, ou a reabertura de perfurações anteriores, que foram vedadas por um pedaço de madeira. Esta técnica de extração pode ser repetida periodicamente em ciclos, embora deva ser notado que nem todas as árvores perfuradas produzem óleo resina na primeira e nas subsequentes extrações. Em última análise, os fatores bióticos e abióticos que têm influência sobre a produção deste óleo resina ainda não são conhecidos (PLOWDEN, 2003; RIGAMONTE-AZEVEDO et al., 2006; MEDEIROS; VIEIRA, 2008; NEWTON et al., 2011; MARTINS et al., 2012). A definição de um ciclo de produção é um elemento crucial para a gestão dessa espécie, e o ciclo deve atender a dois critérios básicos: evitar prejudicar a planta e proporcionar um maior ganho em termos de produtividade desse óleo resina. Atualmente, algumas recomendações com base em dados empíricos sugerem ciclos de três anos (LEITE et al., 2001).

De acordo com Peters (1996), o manejo do óleo resina de copaíba pode ser considerado como um manejo florestal sustentável ideal, porque nenhuma alteração ocorre no dossel da floresta, nenhum espécime é cortado e as sementes não são removidas. A extração geralmente é feita por membros de grupos indígenas e comunidades tradicionais extrativistas que vivem dentro ou no entorno da floresta. No entanto, para fins comerciais, a produção de óleo resina de copaíba é uma prática relativamente recente, e, por isso, estudos científicos e técnicos relacionados com todo o processo de produção deste PFNM estão em seus estágios iniciais. Esta é uma espécie de difícil domesticação, como alguns autores relatam (PLOWDEN, 2001; HOMMA, 2012). Além disso, em relação ao mercado, os mecanismos para agregar valor a este produto não foram otimizados, o que tem limitado a geração de uma maior renda para os extratores (SANTOS; GUERRA, 2010).

A copaíba tem atraído interesse crescente de pesquisadores em diferentes áreas. Alguns estudos analisaram os aspectos da distribuição populacional, densidade e estrutura entre diferentes espécies e condições ambientais (ALENCAR, 1982; RAMIREZ; ARROYO,

1990; PLOWDEN, 2004, RIGAMONTE-AZEVEDO et al., 2006; MEDEIROS; VIEIRA, 2008; HERRERO-JÁUREGUI et al., 2012; MARTINS et al., 2012; NEWTON et al., 2012a, b), e outros o diâmetro das árvores com relação a maior produção (PLOWDEN, 2003). Do ponto de vista econômico, alguns autores têm tentado estimar o número de árvores produtivas e o valor da extração em dois ciclos, fornecendo dados sobre os preços deste produto em diferentes estágios da cadeia de valor, e insistindo em um aumento gradual do nível de preços para este produto (NEWTON et al., 2012a). Finalmente, há uma série de estudos que analisam as características químicas desse óleo resina (LIMA et al., 2006; SANTOS et al., 2008).

Em relação à produção deste PFNM, alguns autores estimam uma produção média que pode variar entre 2,5 e 20 litros de óleo resina por árvore (NEWTON et al., 2011; MARTINS et al., 2012). O intervalo entre as duas extrações consecutivas pode variar, sendo que foram testados intervalos entre 6 meses e 5 anos (LEITE et al., 2001; PLOWDEN, 2003; MARTINS et al., 2012). Um dos primeiros estudos sobre este assunto foi o de Alencar (1982), que realizou cinco extrações em um intervalo de menos de dois anos. No entanto, não houve nenhum estudo conclusivo para determinar o melhor período de espera entre duas extrações consecutivas, ou seja, o melhor ciclo (MARTINS et al., 2012). Também é desconhecido o quanto pode ser removido sem causar danos aos processos ecológicos e fisiológicos das espécies, bem como as práticas de manejo que poderiam fornecer maior produção (PLOWDEN, 2003, 2004; MEDEIROS; VIEIRA, 2008), ou qual a quantidade que pode ser extraída sustentavelmente. No entanto, alguns autores (HERRERO-JÁUREGUI et al., 2011) argumentam que a extração de óleo resina de copaíba não afeta a regeneração da espécie.

4.1.1 Objetivos

De acordo com esse contexto, o principal objetivo deste estudo é estimar o ciclo ideal que deve ser adotado para a extração do óleo resina de copaíba, considerando tanto a produção máxima em unidades físicas, quanto os mais altos retornos monetários associados com esta produção. Além dos dados de produção de óleo resina, algumas variáveis econômicas, bem como o preço do óleo resina de copaíba, foram incluídas na análise.

A primeira pergunta que queremos testar é se o ciclo ótimo quando é otimizada a quantidade de óleo resina extraído é o mesmo de quando é maximizado o valor presente líquido (VPL) para esta produção. De acordo com alguns autores, a última estratégia é a política ótima para alguns tipos de recursos naturais (ROMERO, 2012). Em princípio, a hipótese presume que não haverá diferença, porque os níveis de produção estão diminuindo ao longo do horizonte de planejamento, mas não existem estudos que confirmam a

coincidência de ambos os cenários ótimos (maximização de produção e VPL). Outra questão que foi considerada é se os resultados são os mesmos em relação à duração do ciclo ideal quando considerado um cenário determinístico ou considerado um cenário em que o risco ou a incerteza é introduzido em algumas das variáveis do modelo, tais como o preço do óleo resina. Neste caso, a hipótese é de que não há nenhuma evidência para assumir, a priori, o resultado para possíveis variações no ciclo ótimo.

4.2 Material e Métodos

4.2.1 Espécie e estudo de caso

O gênero *Copaifera* pertence à família Fabaceae e é representada no Brasil por 16 espécies endêmicas (VEIGA JUNIOR; PINTO, 2002). Este gênero é bem conhecido na região amazônica e também pode ser encontrado desde a região do Cerrado até a Mata Atlântica, indicando certa plasticidade em relação ao seu habitat (VEIGA JUNIOR; PINTO, 2002; CARVALHO, 2003). Especificamente, na área de estudo, duas espécies foram encontradas: *Copaifera reticulata* Ducke (copaíba branca) e *Copaifera duckei* Dwyer (copaíba preta).

O estudo foi realizado no Centro de Manejo Florestal "Roberto Bauch" localizado na "Fazenda Cauaxi", pertencente ao Instituto Floresta Tropical (IFT). Este centro está localizado na cidade de Paragominas, estado do Pará (Brasil), e a área de estudo abrange 929 ha, dos 5.000 ha de área total (Figura 1). O clima é mesotérmico úmido, com uma temperatura média anual de 25° C (ALVARES et al., 2013), sendo a tipologia florestal classificada como floresta tropical densa de terra firme (BRASIL, 1988), com uma precipitação média mensal local de 2.200 milímetros, concentrados principalmente entre janeiro e junho (80%). O terreno local é moderadamente acidentado, e o tipo de solo predominante é o latossolo amarelo (RADAMBRASIL, 1983). Na área de estudo, existem 53 unidades de trabalho (UTs), onde a colheita da madeira é realizada anualmente. Seu conjunto abrange uma área total de 3.000 ha, onde cada UT tem uma área que varia de 40 a 100 ha. Para cada ciclo definido, um total de 11 UTs foram selecionadas aleatoriamente e obtidas as informações sobre o censo realizado nestas UTs do estudo, onde foram medidas todas as árvores com diâmetro superior a 35 cm de DAP a 1,3 m. Nessas UTs, as copaibeiras foram identificadas com base no mapa do censo, foram mensuradas, e seu óleo resina foi extraído. A densidade de copaíba por UT foi calculada com base em um censo obtido a cada ano até o ano de 2013. Em outros estudos, o DAP mínimo adotado para iniciar as atividades de extração de óleo resina de copaíba foi de 30 cm (PLOWDEN, 2003).

Figura 1 - Localização da área florestal do Instituto Floresta Tropical em Paragominas, estado do Pará, Brasil

4.2.2 Variáveis econômicas

Para calcular o VPL, foi utilizada uma taxa de desconto de 8%, escolhida com base na literatura relacionada com este tipo de ecossistema no Brasil (DIAZ-BALTEIRO; RODRIGUEZ, 2006). No entanto, a cadeia de valor do produto não é conhecida com precisão, por isso não há informações confiáveis sobre o valor da árvore de copaíba em pé. Portanto, o preço por litro do óleo resina de copaíba foi obtido como uma média a partir da informação semanal disponível em um banco de dados feito pelo Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (Imazon) em 2009 - 2013. Especificamente, seguindo as instruções dos pesquisadores do Imazon, o valor da moda das vendas do óleo resina de copaíba, registrado semanalmente para a cidade de Breves, foi eleito porque esta cidade é considerada como sendo a mais próxima da área de estudo. Os preços foram padronizados em função da inflação observada ao longo dos anos, e um preço médio por litro de R\$ 33,09 foi obtido. Finalmente, não foi assumido custo associado com a extração do óleo resina.

4.2.3 Dados de campo do estudo

Abaixo, os principais fatores que foram incluídos neste estudo foram especificados, assim como as principais hipóteses consideradas. Em primeiro lugar, como já discutido anteriormente, este estudo irá considerar apenas a produção de óleo resina de copaíba e não outros produtos, como a madeira. Duas espécies estão presentes na área de estudo; no entanto, em contraste com outros trabalhos (NEWTON et al., 2011; MARTINS et al., 2012), os

resultados não serão diferenciados ao nível de espécie. Várias razões justificam esta decisão: a distinção não foi feita durante o censo, onde somente após as medições e avaliações as espécies foram identificadas. Porém, os resultados de produção entre as espécies foram bastante semelhantes. Além disso, os intermediários que compram o óleo resina das comunidades não diferenciam esta matéria-prima por espécie. Esta circunstância não permite a atribuição de preços diferenciados, em função da qualidade do produto do óleo resina pertencente a cada uma das espécies. A consequência deste fato é que não podemos atribuir algumas variáveis relacionadas à qualidade do produto em cada medição, porque o óleo resina dentre as espécies é misturado.

Com um horizonte de planejamento de 10 anos, e com os dados de campo, foram analisadas cinco alternativas possíveis de manejo, cada uma correspondendo aos ciclos que variaram entre 1 e 5 anos, tal como mostrado na Figura 2. Foi também assumido que a quantidade de óleo resina de copaíba extraído na primeira extração deve ser maior do que o obtido em uma extração subsequente, independente do ciclo. Alguns estudos sustentam esta hipótese (PLOWDEN, 2003; MEDEIROS; VIEIRA, 2008).

Figure 2 - Extração de óleo resina (*Copaifera* spp.) de acordo com os diferentes ciclos de produção (1-5 anos) e horizonte de planejamento de 10 anos. Nota: “n” é o número de copaibeiras. Símbolo sólido=dados de campo; Símbolo vazio=sem dados de campo

Em função da produção extraída para todos os ciclos não ser conhecida, hipóteses simples para estimar a produção de óleo resina de copaíba ao longo de todo o horizonte de planejamento foram elaboradas, mesmo que na literatura não hajam estudos que permitam a validação dessas hipóteses. Especificamente, foram definidos três cenários. No primeiro cenário, (i) assume-se que o número de árvores que produzem óleo resina de copaíba é constante, porém uma diminuição na produção é adotada, de acordo com os últimos dados

disponíveis para cada ciclo. Em contraste, no segundo caso, (ii) presume-se que a produção de cada ciclo é constante, mas que o número de árvores produtivas diminui, também de acordo com os últimos dados disponíveis para cada ciclo. Finalmente, o terceiro cenário (iii) inclui uma redução tanto do número de árvores produtivas quanto da produção, seguindo o mesmo padrão de redução que nos dois cenários anteriores.

4.2.4 Análise do ciclo de ótimo

Uma vez que o ciclo foi definido, a produção de óleo resina das copaíbas estudadas foi calculada de duas maneiras.

Na primeira, a produção física (mililitros de óleo resina) ao longo de 10 anos será correlacionada a cada um dos cinco ciclos definidos na Figura 2. A probabilidade de uma árvore produzir óleo resina quando perfurada foi observada e calculada para cada extração em cada ciclo, pois nem todas as árvores produzem óleo resina quando perfuradas.

A outra maneira de calcular a produção de óleo resina de copaíba foi medindo a produção em termos monetários, ou seja, através do cálculo de rentabilidade ao longo do horizonte de planejamento considerado. Para esta abordagem, o VPL associado com a extração do óleo resina de copaíba foi calculado. Este valor é um indicador dos retornos de investimento absolutos, amplamente utilizado em estudos florestais. No entanto, algumas vezes variações são introduzidas em casos de avaliação de PFNMs para analisar o resultado do VPL (KLIMAS et al., 2012), ou considerar a hipótese de Faustmann na análise (BALICK; MENDELSON, 1992). Nesta hipótese busca-se o ciclo ideal, que seria aquele que maximiza a rentabilidade para um número infinito de rotações (DIAZ-BALTEIRO et al., 2014). Neste caso, nós descartamos isso porque a análise é realizada em nível de árvore, e não com base na área ou nível florestal. A expressão matemática do VPL é resumida na seguinte eq. (1):

$$VPL = \sum_{j=1}^{j=10} ac_j * p * \alpha_j * exp^{-i*j} \quad (1)$$

Onde o VPL é o valor presente líquido, j é o ano correspondente ao ciclo em que a extração ocorre, ac_j é a quantidade de óleo resina obtida no correspondente ano de extração j , p é o preço do óleo resina, α_j é a probabilidade de que uma árvore produzirá óleo resina no ano de extração correspondente j , e i é a taxa de desconto aplicada.

4.2.5 Simulação de Monte Carlo

O método de Monte Carlo tenta resolver problemas matemáticos simulando valores de certas variáveis aleatórias (SOBOL, 1994). Este método pode ser aplicado tanto em situações de risco (quando as funções de densidade de probabilidade para certas variáveis são conhecidas) quanto em situações de incerteza (quando essas probabilidades são desconhecidas). Neste último caso, o método de Monte Carlo é semelhante a uma análise de sensibilidade. O processo é conduzido como segue: começando a partir do conhecimento dessas funções de densidade de probabilidade, o método obtém uma amostra aleatória de valores gerados com essas funções, e esse processo continua através de várias simulações até que o modelo converge para resultados estáveis. O resultado final é tomado como uma média ao longo das observações obtidas em todas as simulações (10.000). Um exemplo da aplicação deste método a um problema no manejo florestal foi relatado por Rodriguez e Diaz-Balteiro (2006). As variáveis que foram consideradas em um ambiente não determinístico foram (i) a produção de óleo resina de copaíba na primeira e segunda extração em todos os cinco ciclos e (ii) o preço das mesmas. As variáveis utilizadas na simulação estão apresentadas na Tabela 1. Para calcular estas simulações, foi utilizado o software @ Risk (PALISADE CORPORATION, 2012).

Tabela 1 - Variáveis usadas nas simulações de Monte Carlo

	Produção por extração (l)		Preço do óleo resina de copaíba
	Primeira	Segunda	(R\$/l)
Média	2,178	0,187	33,09
Mediana	1,100	0,050	31,08
Máximo	12,000	0,650	53,01
Mínimo	0,020	0,001	20,00
Desvio padrão	3,166	0,355	6,79
Observações	48*	24*	82

Fonte: Produção de óleo resina: Dados de campo; Preço do óleo resina de copaíba: dados Imazon.

* refere-se às árvores que produziram óleo resina

4.3 Resultados

Primeiramente, apresentam-se os resultados dos dados de campo das árvores de copaíba. Em seguida, apresentam-se os resultados para os diferentes ciclos e cenários considerados.

4.3.1 Produção do óleo resina de copaíba

Os dados da extração de óleo resina de copaíba foram coletados por sete anos (2006 - 2013), tendo 118 árvores como amostra. A Figura 3 mostra a relação da produção das árvores produtivas, na primeira extração, em função do seu DAP.

Figure 3 - Produção de óleo resina de copaíba na primeira extração de acordo com o diâmetro à altura do peito das árvores produtivas na área de estudo

Com ênfase na produção de óleo resina de copaíba obtida, é importante notar que a produção na primeira extração é altamente variável, independentemente do ciclo adotado. Enquanto algumas árvores talvez tenham sido submetidas a várias extrações, outras ainda não tinham produzido óleo resina. Além disso, a densidade das árvores amostradas no censo foi de 0,17 árvores / ha. De acordo com os dados apresentados na Tabela 2, os volumes médios de produção de cada árvore de copaíba produtora foram 2.177,5; 187,3 e 25,4 ml por árvore na primeira, segunda e terceira extração, respectivamente (independentemente do ciclo), quando considerada a produção média de óleo resina por árvore produtiva. A Tabela 2 apresenta as porcentagens de árvores que estavam ocadas ou mortas quando realizadas as medições, bem como as árvores que não foram produtivas em extrações sucessivas. Algumas árvores não produziram óleo resina na primeira extração, porém foram produtivas nas extrações seguintes. A Tabela 2 também mostra que o número de árvores de copaíba que produziram óleo resina foi menor na segunda e terceira extrações do que na primeira. Deve-se também notar que a produção na segunda e terceira extrações foi acentuadamente inferior à da primeira. Por fim, a Tabela 3 mostra a produção de óleo resina em cada ciclo.

Tabela 2 - Síntese dos resultados das diferentes extrações consideradas

	Extração		
	Primeira	Segunda	Terceira
Nº de árvores amostradas	118	110	81
Produção média das árvores produtivas (ml)	2.177,5	187,3	25,4
Árvores produtivas (%)	41,5	22,9	30,9
Árvores mortas/ocadas (%)	5,1	16,1	10,7
Árvores produtivas e não produtivas durante as prévias extrações (%)		10,1	24,0
Árvores em que a produção cresceu (%)		0,0	9,3
Árvores em que a produção decresceu (%)		18,2	5,3
Árvores em que a produção inicial foi zero (%)		28,3	16,0
Árvores que mantiveram a produção zero (%)		35,6	44,1
Árvores que mantiveram produção zero desde a primeira extração (%)			34,5

Tabela 3 - Produção de óleo resina por ciclo

Ciclo [anos (s)]		1			2			3			4		5	
Extração		1º	2º	3º	1º	2º	3º	1º	2º	3º	1º	2º	1º	2º
Nº	Nº de árvores amostradas	18	16	15	44	44	44	22	22	22	11	11	23	17
	Árvores produtivas	22,2	18,8	40,0	34,1	11,4	36,4	59,1	50,0	18,2	33,3	33,3	56,5	35,3
%	Árvores não produtivas	66,7	75,0	46,7	65,9	88,6	54,5	40,9	50,0	81,8	66,7	16,7	17,4	41,2
	Árvores mortas/ocadas	11,1	6,3	13,3	0,0	0,0	9,1	0,0	0,0	0,0	0,0	50,0	26,1	23,5
litros (l) /árvore	Total	3,41	1,00	0,60	32,86	0,64	0,35	36,2	3,36	2,15	6,94	$7,30 \cdot 10^{-4}$	27,29	0,23
	Média*	0,85	0,33	0,10	2,19	0,13	0,02	2,78	0,31	0,54	1,74	$1,83 \cdot 10^{-4}$	2,10	0,04
	Desvio padrão	0,82	0,58	0,17	4,25	0,17	0,06	2,54	0,42	0,45	1,59	$3,45 \cdot 10^{-4}$	3,12	0,08
	Mínimo	2,05	1,00	0,20	16,46	0,41	0,20	9,00	1,44	1,00	3,68	$7,00 \cdot 10^{-4}$	12,00	0,21

Nota: * árvores produtivas.

4.3.2 Ciclo ótimo

Na Tabela 4 são apresentados o resultado da produção de óleo resina e o VPL para os cinco ciclos e os três cenários considerados, de acordo com a hipótese apresentada anteriormente sobre a probabilidade de uma árvore produzir óleo resina, e sobre a produção durante a extração para a qual não estão disponíveis dados de campo ao longo de todo o horizonte de planejamento em um contexto determinista. Os resultados apresentaram a mesma solução nos três cenários de previsão: o ciclo ideal foi de três anos, independentemente da maximização da produção por árvore ou independentemente do VPL. Além disso, o segundo melhor ciclo foi de um ano. No entanto, deve notar-se que as

diferenças entre os três cenários são muito pequenas, sem dúvida impulsionadas pelo peso que os dados da primeira extração tiveram sobre os resultados.

Tabela 4 - Resultados para os três cenários considerados e análise dos ciclos em um contexto determinístico

Cenário	Ciclo (anos)	Óleo resina de copaíba (l/árvore)*	VPL (R\$)
1	1	1,00	32,83
	2	0,93	30,53
	3	1,17	36,20
	4	0,90	29,92
	5	0,91	30,14
2	1	1,08	34,57
	2	0,93	30,60
	3	1,19	36,46
	4	0,90	29,92
	5	0,92	30,20
3	1	1,01	32,91
	2	0,93	30,53
	3	1,16	36,00
	4	0,90	29,92
	5	0,91	30,14

* quantidade média produzida por ciclo multiplicado pela probabilidade de uma árvore produzir óleo resina

Considerando-se sob um contexto incerto, os resultados, de acordo com os três cenários e os cinco ciclos considerados neste estudo, estão apresentados na Tabela 5. Observa-se que tanto o VPL quando o rendimento médio por árvore aumentou ligeiramente, porém os ciclos ótimos foram os mesmos que no contexto determinista.

Tabela 5 – Resultados para os três cenários considerados e os ciclos analisados em um contexto não determinístico

Cenário	Ciclo (anos)	Óleo resina (l/árvore) *	VPL (R\$)
1	1	1,08	35,03
	2	1,03	33,61
	3	1,23	37,91
	4	1,06	34,13
	5	1,05	33,76
2	1	1,16	36,77
	2	1,04	33,69
	3	1,25	38,22
	4	1,06	34,13
	5	1,05	33,82
3	1	1,08	35,11
	2	1,03	33,61
	3	1,22	37,71
	4	1,06	34,13
	5	1,05	33,77

* Quantidade média produzida por ciclo multiplicado pela probabilidade de uma árvore produzir óleo resina

4.4 Discussões

Este estudo tentou definir o ciclo de extração ideal para a produção de óleo resina de copaíba com base em 118 árvores amostradas. Apesar da análise do ciclo ótimo ser realizada no nível da árvore, um resultado que chamou a atenção foi a baixa densidade de copaibeiras na área de estudo. Os resultados de outros autores (SCHULZE et al., 2008; NEWTON, 2012b) mostram densidades mais elevadas do que no presente estudo, variando 0,25 a 1,13 árvores por hectare. Apenas Phillips et al. (1994) relataram uma densidade próxima (0,14 árvores por hectare) à encontrada na área de estudo.

Deve-se considerar que este PFNM pode tornar-se uma renda adicional para as comunidades locais, compatibilizando essa extração com outras atividades como a caça (NEWTON, 2012a), pois sabe-se que nem todas as copaibeiras perfuradas pela primeira vez produzirão uma quantidade significativa de óleo resina. A probabilidade de que uma árvore de copaíba, com um diâmetro maior que 25 cm e que não foi perfurada anteriormente, de produzir óleo resina, pode variar entre 40 e 63% (MEDEIROS; VIEIRA, 2008; NEWTON et al., 2011). No nosso caso, essa afirmação foi confirmada, uma vez que 41,5% das árvores produziram óleo resina na primeira extração. Além disso, a variabilidade da produção, na

primeira extração, foi muito elevada (Tabela 1), quando comparada com outros estudos (NEWTON et al., 2011, 2012a). No entanto, é preciso lembrar que, ao contrário de outros estudos, neste estudo árvores produtivas e não produtivas não foram misturadas ao calcular estatísticas básicas.

Além disso, a literatura suporta a hipótese de que a maior produção é obtida na primeira extração (MEDEIROS; VIEIRA, 2008; NEWTON et al., 2012a), a qual foi confirmada no nosso estudo (Tabela 2), independente do ciclo adotado para cada extração. A única exceção a essa afirmação tem sido o estudo de Alencar (1982), onde os volumes mais elevados de óleo resina foram coletados na segunda extração ao invés de na primeira. Em resumo, e como em outros estudos, a produção diminuiu na segunda extração quando as árvores medidas produziram óleo resina apenas uma vez (PLOWDEN, 2003; MEDEIROS; VIEIRA, 2008). O decréscimo da produção pode ser bastante abrupto, assim como encontrado neste e em outros estudos (NEWTON et al., 2012a).

Além disso, de acordo com os resultados, a grande importância da extração inicial do óleo resina de copaíba foi comprovada. De fato, entre 84 e 94% da quantidade produzida nos diferentes ciclos é devida à extração inicial. Este padrão sugere que o coletor deve considerar que as diferentes extrações da mesma árvore produzirão retornos bem inferiores da primeira extração e, geralmente tendendo a diminuir (MARTINS et al., 2012).

Árvores de copaíba ocas e mortas são comuns, tanto antes como depois de extrações, embora não haja um esclarecimento sobre o aparecimento dessas cavidades (PLOWDEN, 2003). Este estudo registrou a existência de certo número de árvores que não são mais produtivas, e um número de árvores que não têm produzido desde a primeira extração, embora estes números não sejam tão altos; estas proporções não tem a mesma ordem de grandeza que outros estudos (MEDEIROS; VIEIRA, 2008).

Os resultados obtidos no presente estudo podem ser considerados, até certo ponto, como preliminares, uma vez que, como discutido acima, não temos informações de todas as extrações de óleo resina associadas aos cinco diferentes ciclos considerados dentro do horizonte de planejamento. Uma conclusão imediata do presente estudo é que o ciclo ideal para a extração de óleo resina de copaíba não muda muito se a produção é calculada ao longo do ciclo com base em VPL ou produção física. Esta situação é explicada pela importância de os dados estarem associados com a primeira extração (que é sempre superior a 77 % do valor total), independentemente do cenário considerado (determinístico ou estocástico). Esta situação implica que as variações em parâmetros como a taxa de desconto não tem uma influência significativa no ciclo ideal. No entanto, se o ponto de partida fossem as árvores

previamente perfuradas, a conclusão relativa ao ciclo ótimo do óleo resina não precisaria ser exatamente a mesma. A fim de combinar outras possibilidades para a definição do ciclo ideal, uma opção foi considerada para permitir alternativas com diferentes ciclos durante o horizonte de planejamento usando programação dinâmica (DIAZ-BALTEIRO; RODRIGUEZ, 2006), mas essa possibilidade foi descartada devido a deficiências nas informações em relação a todas as combinações possíveis que podem ocorrer entre diferentes ciclos ao longo de 10 anos.

Além disso, para ambos os critérios, o ciclo mais adequado é de três anos, como já tem se apresentado em outros estudos empíricos (LEITE et al., 2001; PINTO et al., 2010), apesar de Newton et al. (2011) não concordar com este intervalo mínimo de três anos entre extrações sucessivas. Alguns trabalhos sugerem ciclos maiores (8 anos em HERRERO-JÁUREGUI et al., 2011). Em resumo, anterior a esta pesquisa, não há na literatura consenso sobre o ciclo ideal para o manejo do óleo resina de copaíba.

Os resultados referentes ao ciclo ideal de óleo resina de copaíba são invariáveis para um contexto determinístico ou não determinístico. No entanto, essa coincidência não ocorre se medimos a rentabilidade. Como esperado, o rendimento diminui, e os resultados são muito diferentes entre o cenário determinístico e não determinístico. Por outro lado, a consideração de não determinístico é referente às três variáveis consideradas. Neste sentido, se tivesse um maior banco de dados sobre a produção do óleo resina de copaíba disponível, poderia ser introduzido um cenário não determinístico para outras variáveis não consideradas neste estudo, como a probabilidade de uma árvore perfurada produzir óleo resina.

É interessante notar que os resultados obtidos neste estudo podem ajudar os gestores a determinar o custo de oportunidade, tanto em unidades físicas quanto monetárias, e de escolher corretamente o ciclo ideal. Devido à grande importância do valor da extração inicial, o custo de oportunidade parece baixo. Além disso, neste artigo, não foram considerados os custos de extração na análise. Se estes custos fossem conhecidos e introduzidos nos cenários anteriores, os resultados mudariam em termos de VPL, mas possivelmente não em termos do ciclo ideal. No entanto, neste caso hipotético, sabemos que há variação de custo entre extrações sucessivas durante os ciclos planejados. Se esta variação não existir (os custos diretamente relacionados com a extração de óleo resina de copaíba seriam os mesmos para todos os ciclos), o ciclo ideal não mudaria (apenas a rentabilidade seria modificada), e não seria necessário o cálculo destes custos. De acordo com alguns autores (GUERRA, 2008; SANTOS; GUERRA, 2010), parece que há uma ligeira variação dos custos (2,3%) a cada cinco anos, então essa hipótese não deve ser descartada.

4.5 Conclusão

A densidade populacional observada na área de estudo foi de 0,17 copaibeiras por hectare. E no momento da primeira extração, independente do ciclo adotado, são obtidas as maiores produções e a maior proporção de copaibeiras produtivas. Observou-se também que o ciclo de três anos foi o selecionado como ótimo, tendo como base o valor presente líquido e a produção física de óleo resina de copaíba, quando considerado um horizonte de planejamento de 10 anos, tanto no contexto determinístico como no não determinístico.

Acreditamos que os resultados desta pesquisa podem ser úteis para as pessoas das comunidades locais, a fim de prever a quantidade do óleo resina de copaíba que pode-se extrair. Além disso, esta informação podem ajudar a otimizar a extração de produtos florestais não madeireiros, uma vez que a extração seria mais eficiente. No entanto, é preciso lembrar que não temos modelos espaciais do comportamento de pessoas que extraem o óleo resina de copaíba e outros produtos florestais não madeireiros em nosso estudo de caso, por isso não podemos otimizar aspectos como a distância para os mercados ou as decisões de localização dentro da área florestal. Em resumo, podemos otimizar o ciclo de extração ao longo do tempo, mas não explicitamente incorporar o espaço no âmbito de decisão. Finalmente, essas questões espaciais, como a integração de outros produtos florestais não madeireiros nesta análise poderia ser uma futura linha de pesquisa.

Referências

ALBERS, H.J., ROBINSON, E.J.Z. A review of the spatial economics of non-timber forest product extraction: Implications for policy. **Ecological Economics**, Viena, v. 92, p. 87-95, Jan. 2013.

ALENCAR, J. Estudos silviculturais de uma população natural de *Copaifera multijuga* Hayne - Leguminosae, na Amazônia central. 2 – produção de óleo resina. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 12, n. 1, p. 79-82, jan./mar. 1982.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711–772, Dec. 2013.

BALICK, M.J.; MENDELSON, R. Assessing the economic value of traditional medicines from tropical rain forests. **Conservation Biology**, Melbourne, v. 6, n. 1, p. 128-130, Mar. 1992.

BELCHER, B.; SCHRECKENBERG, K. Commercialisation of non-timber forest products: a reality check. **Development Policy Review**, London, v. 25, n. 3, p. 355-377, May 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Mapa de vegetação do Brasil**. Brasília: IBGE; Ministério da Agricultura, 1988.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies florestais brasileiras**: recomendações silviculturais, potencialidades e uso de madeira. Colombo: EMBRAPA, CNPF, 2003. 640 p.

DIAZ-BALTEIRO, L.; RODRIGUEZ, L.C.E. Optimal rotations on *Eucalyptus* plantations including carbon sequestration: a comparison of results in Brazil and Spain. **Forest Ecology and Management**, Fort Collins, v. 229, n. 1/3, p. 247–258, July 2006.

DIAZ-BALTEIRO, L.; ROMERO, C.; RODRIGUEZ, L.C.E.; NOBRE, S.; BORGES, J.G. Economics and management of industrial forest plantations. In: BORGES, J.G.; DIAZ-BALTEIRO, L.; MCDILL, M.; RODRIGUEZ, L.C.E. (Ed.). **The management of industrial forest plantations**. theoretical foundations and applications. Madrid: Springer, 2014. In press.

DUHELLE, A.E.; GUARIGUATA, M.R.; LESS, G.; ALBORNOZ, M.A.; CHAVEZ, A.; MELO, T. Evaluating the opportunities and limitations to multiple use of Brazil nuts and timber in Western Amazonia. **Forest Ecology and Management**, Fort Collins, v. 268, p. 39-48, Mar. 2012.

HERRERO-JÁUREGUI, C.; GARCÍA-FERNÁNDEZ, C.; SIST, P.; CASADO, M.A. Recruitment dynamics of two low-density neotropical multiple-use tree species. **Plant Ecology**, Perth, v. 212, p. 1501–1512, May 2011.

HERRERO-JÁUREGUI, C.; SIST, P.; CASADO, M.A. Population structure of two low-density neotropical tree species under different management systems. **Forest Ecology and Management**, Fort Collins, v. 280, p. 31-39, Sept. 2012.

HOMMA, A.K.O. Plant extractivism or plantation: what is the best option for the Amazon? **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 26, n. 74, p. 167-185, jan. 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2011. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=pa#>>. Acesso em: 08 out. 2013.

KLIMAS, C.A.; KAINER, K.A.; WADT, L.H.O. The economic value of sustainable seed and timber harvests of multi-use species: an example using *Carapa guianensis*. **Forest Ecology and Management**, Fort Collins, v. 268, p. 81-91, Mar. 2012.

KLUPPEL, M.P.; FERREIRA, J.C.P.; CHAVES, J.H.; HUMMEL, A.C. Case study: in search of regulations to promote the sustainable use of NTFPs in Brazil. In: LAIRD, S.A.; MCLAIN, R.; WYNBERG, R.J. (Ed.). **Wild governance**: finding policies that work for non-timber forest products. London: Earthscan, 2010. p. 43-52.

LEITE, A.; ALECHANDRE, A.; RIGAMONTE-AZEVEDO, C.; CAMPOS, C.A.; OLIVEIRA, A. **Recomendações para o manejo sustentável do óleo de copaíba**. Rio Branco: UFAC; SEFE, 2001. 38 p.

LIMA, M.R.F.D.; LUNA, J.S.; SANTOS, A.F.D.; ANDRADE, M.C.C.D.; SANTANA, A.E.G.; GENET, J.P.; MARQUEZ, B.; NEUVILLE, L.; MOREAU, N. Anti-bacterial activity of some Brazilian medicinal plants. **Journal of Ethnopharmacology**, Denmark, v. 105, n. 1/2, p. 137–147, Apr. 2006.

MARTINS, K.; HERRERO-JÁUREGUI, C.; COSTA, P. da; TONINI, H.; BENTES-GAMA, M.; VIEIRA, A.H.; WADT, L.H. de O. Interspecific differences in the oleoresin production of *Copaifera* L. (Fabaceae) in the Amazon rainforest. **Annals of Forest Science**, Paris, v. 70, n.3, p. 319-328, Dec. 2012.

MEDEIROS, R.D.; VIEIRA, G. Sustainability of extraction and production of copaíba (*Copaifera multijuga* Hayne) oleoresin in Manaus, AM, Brazil. **Forest Ecology and Management**, Fort Collins, v. 256, n. 3, p. 282-288, July 2008.

NEWTON, P.; WATKINSON, A.R.; PERES, C.A. Determinants of yield in a non-timber forest product: *Copaifera* oleoresin in Amazonian extractive reserves. **Forest Ecology and Management**, Fort Collins, v. 261, n. 2, p. 255-264, Jan. 2011.

_____. Spatial, temporal, and economic constraints to the commercial extraction of a non-timber forest product: Copaíba (*Copaifera* spp.) oleoresin in Amazonian reserves. **Economic Botany**, Fullerton, v. 66, n. 2, p. 165-177, June 2012.

NEWTON, P.; PERES, C.A.; DESMOULIÈRE, S.J.M; WATKINSON, A.R. Cross-scale variation in the density and spatial distribution of an Amazonian non-timber forest resource. **Forest Ecology and Management**, Fort Collins, v. 276, p. 41-51, July 2012.

PATTANAYAK, S.K.; SILLS, E.O. Do tropical forests provide natural insurance? The microeconomics of Non-Timber Forest Product collection in the Brazilian Amazon. **Land Economics**, Madison, v. 77, n. 4, p. 595-612, Nov. 2001.

PALISADE CORPORATION. @**RISK**: Risk analysis and simulation add-in for Microsoft® Excel. Ithaca, 2012.

PETERS, C.M. **The ecology and management of non-timber forest resources**. World Bank Washington: World Bank, 1996. 172 p. (Technical Paper, 322).

PHILLIPS, O.; GENTRY, A.H.; REYNEL, C.; WILKIN, P.; GALVEZDURAND, C. Quantitative ethnobotany and Amazonian conservation. **Conservation Biology**, Melbourne, v. 8, n. 1, p. 225–248, Mar. 1994.

PINTO, A.; AMARAL, P.; GAIA, C.; OLIVEIRA, W. **Boas práticas para manejo florestal e agroindustrial - produtos florestais não madeireiros**. Belém: Imazon, SEBRAE, 2010. 180 p.

PLOWDEN, C. Production ecology of copaíba (*Copaifera* spp.) oleoresin in the Eastern Brazilian Amazon. **Economic Botany**, Fullerton, v. 57, n. 4, p. 491-501, Feb. 2003.

_____. The ethnobotany of copaíba (*Copaifera*) oleoresin in the Amazon. **Economic Botany**, Fullerton, v. 58, n. 4, p. 729–739, Dec. 2004.

PLOWDEN, J.C. **The ecology, management and marketing of non-timber forest products in the alto rio Guamá indigenous reserve (eastern Brazilian Amazon)**. 2001. 264 p. Thesis (PhD in Philosophy) - The Pennsylvania State University, University Park, 2001.

RADAMBRASIL. **Projeto RADAMBRASIL: 1973–1983**. Levantamento de Recursos Naturais. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, Departamento Nacional de Produção Mineral. 1983. 23 v.

RAMIREZ, N.; ARROYO, M.A. Estructura poblacional de *Copaifera pubiflora* Benth. (Leguminosae; Caesalpinioideae) en los Altos Llanos Centrales de Venezuela. **Biotropica**, Zurich, v. 22, n. 2, p. 124-132, June 1990

RIGAMONTE-AZEVEDO, O.C.; WADT, P.G.S.; WADT, L.H. de O. Potencial de produção de óleo-resina de copaíba (*Copaifera* spp.) de populações naturais do sudoeste da Amazônia. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 583-591, abr. 2006.

RODRIGUEZ, L.C.E.; DIAZ-BALTEIRO, L. Régimen óptimo para plantaciones de eucalipto en Brasil: Un análisis no determinista. **Interciencia**, Caracas, v. 31, n. 10, p. 739-744, Oct. 2006.

ROMERO, C. Economics of natural resources: in search of a unified theoretical framework. **Spanish Journal of Agricultural Research**, Madrid, v. 10, n. 1, p. 29-33, Jan. 2012.

SANTOS, A.O.; NAKAMURA, T.U.; DIAS FILHO, B.P.; VEIGA JUNIOR, V.F.; PINTO, A.C.; NAKAMURA, C.V. Effect of Brazilian copaiba oils on *Leishmania amazonensis*. **Journal of Ethnopharmacology**, Leiden, v. 120, n. 2, p. 204–208, Nov. 2008.

SANTOS, A.J. dos; GUERRA, F.G.P.Q. Aspectos econômicos da cadeia produtiva dos óleos de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) e copaíba (*Copaifera multijuga* Hayne) na Floresta Nacional do Tapajós – Pará. **Floresta**, Curitiba, v. 40, n. 1, p. 23-28, jan./mar. 2010.

SCHULZE, M.; GROGAN, J.; LANDIS, R.M.; VIDAL, E. How rare is too rare to harvest? Management challenges posed by timber species occurring at low densities in the Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, Fort Collins, v. 256, p. 1443–1457, Feb. 2008.

SHANLEY, P.; SILVA, M.S. da; MELO, T.; CARMENTA, R.; NASI, R. From conflict of use to multiple use: Forest management innovations by small holders in Amazonian logging frontiers. **Forest Ecology and Management**, Fort Collins, v. 268, p. 70-80, July 2012.

SOBOL, I.M. **A primer in Monte Carlo method**. Boca-Raton: CRC Press, 1994. 300 p.

TICKTIN, T. The ecological applications of harvesting non-timber forest products. **Journal of Applied Ecology**, Toronto, v. 41, n. 1, p. 11-21, Feb. 2004.

VEIGA JUNIOR, V.F.; PINTO, A.C. O Gênero *Copaifera* L. **Química Nova**, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 273-286, abr./maio 2002.

5 PRÁTICAS DE COLETA DO CIPÓ-TITICA (*HETEROPSIS* SPP.) SOB DIFERENTES INTENSIDADES DE COLETA DE RAIZ, PARÁ, BRASIL

Resumo

Os objetivos deste estudo foram avaliar o ciclo de dois anos para o manejo de raízes de cipó-titica (*Heteropsis* spp. - Araceae) sob diferentes taxas de extração de raízes (50%, 100% e testemunha), e o desenvolvimento da regeneração em área testemunha. Em ambos os inícios de período (2009 e 2011), foi realizado inventário quantitativo e qualitativo do cipó dentro de seis blocos com área de 1,5 ha cada, em todos os hospedeiros com $DAP \geq 10$ cm. Foi feita, também, coleta de solo dentro destes blocos, e avaliadas as propriedades químicas e físicas. À parte, em outras três parcelas com 1,5 ha cada, foi inventariada toda a regeneração de *Heteropsis* no final dos períodos (2011 e 2013), sem critério de diâmetro mínimo para os hospedeiros. Para avaliar os efeitos do tempo e dos tratamentos sobre a produção de cipó-titica nos blocos, foi utilizada a análise de regressão de Poisson, e a análise de variância com delineamento em blocos ao acaso com repetição, para avaliar o efeito do solo sobre os tratamentos. De modo preliminar, somente o corte de 100% foi significativamente diferente, em relação à estimativa de cipó-titica, após dois anos do manejo. Em relação à qualidade do cipó, no ano de 2009, havia predominância de cipó do tipo imaturo. E em 2011, predominou cipó não comercial. O peso médio bruto de cipó colhido nas áreas manejadas foi de $7,2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, reduzido para $0,9 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ após o beneficiamento. A taxa média de crescimento dos indivíduos regenerantes foi de $1,8 (\pm 2,7) \text{ cm} \cdot \text{mês}^{-1}$. Tendo em vista a quantidade, qualidade e taxa de crescimento do cipó-titica, um ciclo de manejo menor que dois anos não é viável do ponto de vista produtivo e econômico.

Palavras-chave: Amazônia; Coleta; *Heteropsis*; Produto florestal não madeireiro

Abstract

The objective of this study was to evaluate the two-year cycle for the management of the roots of the cipó-titica (*Heteropsis* spp. - Araceae) under different rates of extraction of roots (50%, 100% and control), and the development of regeneration in the control area. In both early periods (2009 and 2011), it was conducted quantitative and qualitative inventory of vines within six blocks with an area of 1.5 ha each, in all hosts with diameter at breast height greater than or equal to 10 cm. It was also made a collection of soil within these blocks, and the physical and chemical properties were evaluated. Separately, three other parcels of 1.5 ha each, all *Heteropsis* regeneration were inventoried in the late periods (2011 and 2013), with no criterion of minimum diameter for the hosts. To assess the effects of time and treatment on the production of cipó-titica on the blocks, the Poisson regression analysis, and analysis of variance with randomized block design with replication was used to assess the effect of treatments on soil. In a preliminary way, only the 100% cut was significantly different for the estimate of cipó-titica regeneration, after two years of management. Regarding the quality of the vine, in 2009, there was a predominance of an immature type of vine. And in 2011, it prevailed a noncommercial vine. The average gross weight of vines harvested in managed areas was $7.2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, reduced to $0.9 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ after processing. The average growth rate of regenerating individuals was $1.8 (\pm 2.7) \text{ cm} \cdot \text{month}^{-1}$. Given the quantity, quality and rate of growth of *Heteropsis*, a shorter handling than those two years is not feasible from a productive and economical view.

Keywords: Amazon; *Heteropsis*; Management; Non timber forest product

5.1 Introdução

As espécies do gênero *Heteropsis* (Araceae) se distribuem tanto pela América Central quanto pela América do Sul (HAIGH, 2009; SOARES et al., 2009). Em território brasileiro, *Heteropsis* spp. predomina em florestas que compreendem a Bacia Amazônica e a zona da Mata Atlântica (HAIGH, 2009; SOARES et al., 2009). A identificação botânica em campo entre as diferentes espécies é dificultada por estes apresentarem plasticidade vegetativa (mudanças heteroblásticas). Desta forma, suas espécies recebem inúmeras variações de nomes populares conforme a região. São conhecidos popularmente como nibbi (Guiana) (HOFFMAN, 1997), tamshi (Peru), piquigua (Equador) (FADIMAN, 2003), mamure (Venezuela) (RANGEL, 2003), e kirio, yare, bejucos (Colômbia) (BALCÁZAR-VARGAS; VAN ANDEL, 2005). No Brasil, na região sul e sudeste, o cipó é denominado como junco ou rattan; no nordeste como vime; e na região norte é popularmente conhecido como cipó-titica ou titicão (PEREIRA; GUEDES, 2008; SCIPIONI et al., 2012).

O cipó-titica é uma hemiepipífita, pois germina no solo da floresta e, após, se desenvolve e cresce em busca de um hospedeiro (forófito) (HOFFMAN, 1997). O hospedeiro é apenas um suporte, não sendo prejudicado (FERREIRA; BENTES-GAMA, 2004). Ao encontrar o potencial hospedeiro, o cipó começa a subir pelo tronco do indivíduo até se estabelecer na parte inferior da copa ou no fuste (BENTES-GAMA et al., 2013), para posterior amadurecimento. As novas raízes liberadas pela planta mãe crescem em direção ao solo, até alcançarem este, e concomitantemente, a primeira conexão da planta com o solo é rompida (PLOWDEN et al., 2003). E são estas raízes emitidas em direção ao piso da floresta que são colhidas.

A fibra da raiz é apreciada para diversos fins por ser de fácil trabalhabilidade, resistente, de coloração clara, e sua casca (córtex e epiderme) é facilmente removida após a colheita (PLOWDEN et al., 2003; BENTES-GAMA et al., 2007). A América do Sul (principalmente Brasil, Guianas, Peru e Venezuela) é um grande mercado de produtos feitos com fibras das raízes do cipó-titica. No Brasil, os maiores produtores são os estados do Amapá, Pará, Amazonas e Rondônia (BENTES-GAMA et al., 2007). De maneira geral, o cipó é usado na confecção de móveis, artesanatos, armadilhas, vassouras, amarração e uso medicinal (PAZ y MIÑO et al., 1995; KNAB-VISPO et al., 2003; RANGEL, 2003; BALCÁZAR-VARGAS; VAN ANDEL, 2005; DURIGAN; CASTILHO, 2008).

O manejo é praticado principalmente por povos indígenas e populações extrativistas da região amazônica (tanto para uso próprio como venda para terceiros), e esta matéria-prima

deriva apenas de florestas naturais e em bom estado de conservação, ou seja, não há plantios de *Heteropsis* spp. (FERREIRA; BENTES-GAMA, 2004; DURIGAN e CASTILHO, 2008). Os extratores podem explorar o cipó-titica tanto de suas terras quanto de áreas vizinhas, caso permitido, ou fazer a extração em áreas onde serão derrubadas árvores para construção de infraestrutura em área de manejo (pátios e estradas) (FERREIRA; BENTES-GAMA, 2004). O cipó-titica é um produto que apresenta baixo custo e facilidade de exploração, o que está acarretando em superexploração e seletividade de populações desta espécie. Os grupos sociais envolvidos na cadeia exploratória e produtiva desta fibra devem ser instruídos para o uso de boas práticas de manejo, como forma de garantir a manutenção de populações desta espécie, e sobre formas de agregar valor aos produtos manufaturados, que são mais valorados do que a matéria-prima pura (SCIPIONI et al., 2012).

5.1.1 Objetivos

Diante deste contexto, o objetivo geral deste estudo é avaliar a intensidade de extração das raízes de cipó-titica em um período de dois anos de monitoramento, sob diferentes intensidades de colheita e regeneração dos indivíduos. Os objetivos específicos são:

- (i) Avaliar a produção de raízes de cipó-titica comercial após corte de 100% e 50% do total e a qualidade dos cipós após o manejo;
- (ii) Avaliar as características físicas e químicas do solo nas áreas onde aplicados os tratamentos e verificar se o solo pode estar influenciando no desenvolvimento dos indivíduos de *Heteropsis* spp.;
- (iii) E, avaliar o crescimento, mortalidade e recrutamento dos indivíduos regenerantes em áreas não manejadas.

5.2 Material e métodos

5.2.1 Área de estudo

O estudo foi conduzido em uma área florestal de cerca de 5.000 ha, onde se encontra o Centro de Manejo Florestal “Roberto Bauch”, pertencente ao Instituto Floresta Tropical (IFT), município de Paragominas, estado do Pará (entre 3°35’ e 3°45’ S e 48°15’ e 48°25’ O Greenwich). A floresta é classificada como ombrófila úmida densa de terra firme (BRASIL, 1988). O clima da região é do tipo mesotérmico e úmido, com temperatura média anual de 25°C, com média pluviométrica local de 2.000 mm. O relevo local é moderadamente ondulado, no qual predominam solos do tipo latossolo amarelo (RADAMBRASIL, 1983).

5.2.2 Instalação do Experimento

A área do Centro de Manejo Florestal “Roberto Bauch” é designada para treinamento em manejo florestal madeireiro. Desta forma, a área florestal deste centro do IFT é subdividida em unidades de trabalho (UTs) que variam de 40 a 100 ha cada. No ano de 2009, foram selecionadas duas UTs consideradas como testemunha, pois não sofreram manejo florestal para a produção de madeira. Em cada uma destas UTs foi instalado, de forma aleatória, três blocos de 1,5 ha cada (100x150 m), totalizando 6 blocos que contemplam 9 ha. Cada bloco foi subdividido em seis parcelas de 0,25 ha (50x50 m). Procedeu-se o inventário, em todos os seis blocos, de todos os indivíduos (árvores e palmeiras) com $DAP \geq 10$ cm e que hospedasse o cipó-titica (*Heteropsis* spp.). O diâmetro dos hospedeiros foi mensurado com auxílio de uma fita diamétrica e a altura estimada visualmente. Com relação ao *Heteropsis*, estes foram avaliados quantitativamente (número de raízes por hospedeiro) e qualitativamente, conforme a presença de nós nas raízes [raiz comercial (enrolado no fuste e suspenso), não comercial, imaturo, morto, regenerante]. A identificação dos hospedeiros e do cipó foi realizada em campo por um parabolânico e, quando necessário, feita a coleta de amostra reprodutiva (ramos com flor e/ou fruto) para identificação em herbário especializado. Foram identificadas três espécies de cipó-titica na área: *Heteropsis flexuosa* (Kunth) G.S. Bunting, *Heteropsis oblongifolia* Kunth e *Heteropsis tenuispadix* G.S. Bunting.

Após o inventário, cada bloco recebeu três tratamentos: 1 – corte de 50% das raízes de cipó-titica do tipo comercial em cada hospedeiro; 2 – corte de 100% das raízes de cipó-titica do tipo comercial em cada hospedeiro; 3 – testemunha, sem cortes. Cada tratamento foi sorteado e repetido duas vezes dentro de cada bloco. As raízes coletadas foram avaliadas de acordo com a quantidade extraída, o comprimento (m) e o peso (kg), com auxílio de uma balança de gancho, com precisão de 100g. As raízes foram pesadas em quatro etapas: após a coleta (verde), após retirar os nós, após o descascamento e após serem secas (prontas para serem utilizadas). Dois anos depois, em 2011, foi refeito o inventário de *Heteropsis* nos seis blocos que receberam os tratamentos, considerando as mesmas observações da primeira avaliação e o mesmo identificador botânico.

Outras três parcelas (100x150 m cada) adicionais foram instaladas, também em UT testemunha, no período de 2011, para avaliação da regeneração da *Heteropsis*. Nestas, foi avaliada a regeneração em todos os hospedeiros, independente do seu diâmetro. A altura dos indivíduos regenerantes foi mensurada com auxílio de uma trena e uma vara graduada, e demarcada com placas de alumínio, no ponto onde o indivíduo estava subindo ou a raiz descendo (antes de alcançar o solo) do hospedeiro. Dois anos após, em 2013, foram avaliados

os regenerantes. Foi verificada a taxa de incremento do crescimento em comprimento dos indivíduos remanescentes ($\text{cm} \cdot \text{mês}^{-1}$), e feita a quantificação de mortalidade, dos remanescente e o recrutamento, expressos pelo número de indivíduos presentes em cada uma destas três categorias.

5.2.3 Coleta de Solo

A fim de caracterizar o solo onde foi instalado o experimento de intensidade de corte de cipó-titica, foi coletada uma amostra composta em cada parcela (50x50 m), com profundidade de 20 cm, usando o trado holandês, totalizando 36 amostras compostas. As amostras foram acondicionadas em embalagens plásticas, identificadas e encaminhadas ao laboratório onde se procedeu à análise física [argila e silte (%) e areia total] e química [P ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$), pH (CaCl_2), K ($\text{mmolc} \cdot \text{dm}^{-3}$), Ca ($\text{mmolc} \cdot \text{dm}^{-3}$), Mg ($\text{mmolc} \cdot \text{dm}^{-3}$), H+Al ($\text{mmolc} \cdot \text{dm}^{-3}$), Soma de Bases (SB - $\text{mmolc} \cdot \text{dm}^{-3}$), Capacidade de Troca Catiônica (T - $\text{mmolc} \cdot \text{dm}^{-3}$), Saturação de Bases (V - %)].

5.2.4 Análise dos dados e Tratamento Estatístico

De acordo com as características observadas, as seguintes metodologias estatísticas foram consideradas:

i) *Análise de regressão Poisson*

Para comparar as unidades amostrais do estudo nos dois diferentes períodos (2009 e 2011), sob os diferentes tratamentos de corte (testemunha, 50% e 100%), e verificar as possíveis fatores que possam estar ocasionando diferenças na produção de raízes de cipó-titica após um ciclo de dois anos, foi aplicado um modelo de regressão. Entretanto, a produção de raízes de cipó-titica foi caracterizada como o número de raízes de cipó por hospedeiro, sendo, portanto, um dado de contagem. Em geral, dados de contagem assumem uma distribuição assimétrica, e assim, indicativa de que o modelo de regressão normal não pode ser utilizado, pois as pressuposições deste não são atendidas. Logo, uma forma adequada para analisar dados com essa característica é utilizar um modelo de regressão de Poisson, assim como tabelas de contingência. Nesse contexto, o número de raízes de cipó, que representa a característica em estudo, assume a distribuição de Poisson, e o logaritmo do seu valor esperado pode ser definido como uma função linear dos períodos e dos tratamentos (HILBE, 2011).

ii) Análise de variância

Para avaliar o efeito dos tratamentos (tipo de cortes) sobre as características físicas e químicas do solo foi realizada uma análise de variância (ANOVA, $p < 0,05$) após executado os testes de homogeneidade e normalidade dos dados, seguindo o delineamento em blocos ao acaso com repetições dentro dos blocos. Quando detectadas diferenças significativas, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Todas as análises foram realizadas no *software* R 3.0.2 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2013).

5.3 Resultados

Os inventários feito em 2009 (antes da aplicação dos tratamentos) e em 2011 (após a aplicação dos tratamentos) apresentaram valores de estimativa de cipó total por área próximas, sendo 278 raízes cipó-titica·ha⁻¹ (2009) e 280 raízes cipó-titica·ha⁻¹ (2011). Para cada um dos três tratamentos observam-se duas diferentes situações em relação à quantidade total de raízes de cipó por bloco, em que a porção de cipós em 2011 foi maior ou menor em relação ao ano de 2009 (Tabela 1). Nas áreas testemunhas, no total, o número de raízes de *Heteropsis*, entre os anos, permaneceu próximo, diferente do verificado nas áreas que receberam o corte das raízes comerciais (intensidade de 50% e 100%) (Tabela 1). Entretanto, é possível observar indicativos de que existe uma diferença na quantidade de cipó-titica inventariado do corte 100% em relação aos demais tratamentos nos dois anos.

Tabela 1 - Número de raízes de cipó-titica por bloco em relação a cada tratamento e ao ano do inventário

Bloco	Ano	Tratamento				Testemunha	Balanço (%)	Total
		Corte 100%	Balanço (%)	Corte 50%	Balanço (%)			
1	2009	233	- 49	172	+ 116	248	- 65	653
	2011	114		199		162		475
2	2009	181	- 98	298	- 62	231	- 69	710
	2011	177		184		160		521
3	2009	75	- 85	95	+ 112	91	- 87	261
	2011	64		106		79		249
4	2009	108	+ 188	115	+191	105	+ 193	328
	2011	203		220		203		626
5	2009	119	+109	77	+ 131	117	+ 161	313
	2011	130		101		189		420
6	2009	85	+ 100	89	-89	70	- 97	244
	2011	85		79		68		232
Total	2009	801	-96	846	+105	862	- 99	2509
	2011	773		889		861		2523

De acordo com a classificação atribuída para as raízes de *Heteropsis* durante os inventários, num primeiro momento (2009), independente do tipo de tratamento, havia uma maior proporção de cipós do tipo comercial, diferente do registrado no segundo inventário (2011) onde os cipós do tipo não comercial sobressaíram (Tabela 2). Dentro da classe comercial, o do tipo enrolado ao fuste estava mais presente no inventário de 2009, ao contrário do registrado em 2011. O segundo tipo de cipó mais observado no inventário de 2009 foi do tipo imaturo. Este tipo teve uma baixa representatividade em 2011, sendo registrada uma quantidade 32 vezes menor quando comparado ao ano de 2009 (Tabela 2).

Tabela 2 – Número de raízes de cipó-titica por classe em relação ao tratamento e ao ano do inventário

Tratamento	Ano	Comercial		Não Comercial	Imaturo	Regeneração	Morto
		Suspenso	Enrolado				
Corte 100%	2009	134	220	58	268	121	50
	2011	135	53	507	12	66	16
Corte 50%	2009	165	205	80	321	75	48
	2011	178	33	607	12	59	20
Testemunha	2009	133	263	75	285	106	40
	2011	150	52	604	02	53	17
Total	2009	432	688	213	874	302	138
	2011	463	138	1718	26	178	53

A média de raízes de cipó-titica por hospedeiro foi semelhante entre os três tratamentos e os dois anos, sendo que a média variou de 3,30 a 3,90 ($\pm 2,48$ a 3,09) raízes cipó-hospedeiro⁻¹ (Figura 1). O máximo de raízes registrado em um hospedeiro foi de 25.

Figura 1 – Número de raízes de cipó-titica (*Heteropsis* spp.) por hospedeiro em relação ao tratamento e ao ano de inventário. Nota: A: testemunha; C100: corte 100%; C50: corte 50%. As caixas mostram 25º e 75º percentil e são segmentadas por uma linha horizontal correspondente à mediana; sobre as caixas uma linha vertical à direita que corresponde aos desvios; e o asterisco corresponde a média; o caractere em forma de “T” indica 10º e 90º percentil

As estimativas dos parâmetros do modelo de Poisson são apresentadas na Tabela 3. Por meio dessa tabela, observamos que não existe diferença entre os inventários de 2009 e 2011 no número esperado de raízes de cipó-titica. Em relação aos tratamentos, há indícios de que não existe diferença significativa entre o corte de 50% com a testemunha no número esperado de raízes de cipó-titica, enquanto que nas áreas que receberam corte de 100% há um decréscimo de aproximadamente 8,5% ($1 - \exp^{(-0,089)}$) em relação a área testemunha no número de cipós viáveis para o manejo.

Tabela 3 - Estimativas dos parâmetros do modelo de regressão de Poisson ajustado aos dados do número de raízes de cipó-titica nos inventários de 2009 e 2011

Efeitos	Estimativa	Erro padrão	p-valor
Constante	1,288	0,028	<0,001
Ano2011	0,018	0,028	0,507
Corte de 100%	-0,089	0,035	0,011*
Corte de 50%	0,058	0,034	0,085

De acordo com a análise de variância, não foram observadas diferenças significativas dentro dos blocos com os tratamentos. Entretanto, diferenças significativas foram verificadas entre os blocos em relação a quase todos os fatores físicos e químicos do solo (Tabela 4, 5). Pelo teste de Tukey, para a maioria dos fatores do solo analisados, há a formação de 3-4 diferentes grupos de blocos, ou seja, agrupamentos em relação a semelhantes características do solo.

Tabela 4 – Valores médios das propriedades químicas do solo para os seis blocos do estudo, e resultado do teste de Tukey

Bloco	Trat.	P	pH	K	Ca	Mg
		mg·dm ⁻³	CaCl ₂		mmolc·dm ⁻³	
1	C100	2,59±0,75 Aa	3,67±0,04 Ba	0,78±0,19 Aa	3,56±1,62 Ba	1,28±0,08 BCa
	C50	1,74±0,06 Aa	3,66±0,06 Ba	0,71±0,10 Aa	3,50±0,05 Ba	1,63±0,06 BCa
	A	2,17±0,28 Aa	3,61±0,04 Ba	0,67±0,05 Aa	2,60±2,28 Ba	1,42±0,91 BCa
2	C100	2,03±0,59 Aa	3,67±0,04 Ba	0,75±0,05 Aa	2,42±0,33 Ba	1,22±0,04 Ca
	C50	1,86±0,00 Aa	3,67±0,05 Ba	0,57±0,10 Aa	1,21±0,93 Ba	0,89±0,47 Ca
	A	1,54±0,17 Aa	3,66±0,02 Ba	0,28±0,00 Aa	1,60±0,59 Ba	0,80±0,18 Ca
3	C100	2,37±0,73 Aa	3,69±0,03 Ba	0,71±0,00 Aa	3,36±0,95 Ba	1,27±0,16 Ca
	C50	2,90±1,48 Aa	3,73±0,13 Ba	0,53±0,25 Aa	1,81±0,83 Ba	1,21±0,52 Ca
	A	1,68±0,25 Aa	3,69±0,01 Ba	0,67±0,15 Aa	4,32±0,85 Ba	1,21±0,11 Ca
4	C100	1,13±0,92 Aa	3,90±0,06 Aa	0,57±0,20 Aa	6,88±6,58 Aa	4,56±1,86 Aa
	C50	1,05±0,31 Aa	3,94±0,07 Aa	0,67±0,15 Aa	6,55±4,12 Aa	3,91±0,42 Aa
	A	1,58±0,00 Aa	3,94±0,08 Aa	0,53±0,25 Aa	8,62±6,75 Aa	3,95±1,55 Aa
5	C100	1,52±0,48 Aa	3,91±0,06 Aa	0,64±0,10 Aa	3,24±1,14 ABa	3,46±0,57ABa
	C50	1,34±0,17 Aa	3,88±0,01 Aa	0,50±0,00 Aa	7,14±6,10 ABa	1,95±0,33 ABa
	A	1,52±0,08 Aa	3,85±0,06 Aa	0,43±0,00 Aa	2,89±0,18 ABa	2,97±0,14 ABa
6	C100	1,26±0,45 Aa	3,87±0,07 Aa	0,60±0,05 Aa	1,97±0,08 Ba	2,73±0,59 Ba
	C50	1,54±0,34 Aa	3,84±0,06 Aa	0,67±0,05 Aa	3,33±0,25 Ba	2,67±0,28 Ba
	A	2,86±0,53 Aa	3,86±0,01 Aa	0,57±0,20 Aa	3,20±2,74 Ba	2,71±1,36 Ba

(continua)

Tabela 4 – Valores médios das propriedades químicas do solo para os seis blocos do estudo, e resultado do teste de Tukey

					(conclusão)
Bloco	Trat.	H+Al	SB	T	V
		mmolc·dm-3			%
1	C100	51,50±11,31CDa	5,63±1,60 BCa	57,13±9,72 Ca	10,24±4,54 ABa
	C50	44,75±1,77 CDa	5,84±0,01 BCa	50,59±1,77 Ca	11,56±0,39 ABa
	A	62,50±0,00 CDa	4,70±3,25 BCa	67,20±3,25 Ca	6,89±4,50 ABa
2	C100	43,50±0,00 Da	4,39±0,33 Ca	47,89±0,33 Ca	9,16±0,63 Ba
	C50	45,25±2,47 Da	2,68±0,35 Ca	47,93±2,83 Ca	5,58±0,14 Ba
	A	46,00±0,00 Da	2,68±0,78 Ca	48,68±0,78 Ca	5,50±1,51 Ba
3	C100	47,25±1,77 Da	5,34±0,79 BCa	52,59±0,98 Ca	10,17±1,69 ABa
	C50	57,25±22,98 Da	3,56±1,60 BCa	60,81±24,58 Ca	5,79±0,29 ABa
	A	45,25±2,47 Da	6,20±0,81 BCa	51,45±3,29 Ca	12,03±0,81 ABa
4	C100	71,75±2,47 BCa	12,01±8,64 Aa	83,76±6,16 ABa	14,00±9,28 Aa
	C50	66,50±9,90 BCa	11,14±4,69 Aa	77,64±5,21 ABa	14,59±7,02 Aa
	A	64,00±8,49 BCa	13,11±8,55 Aa	77,11±0,06 ABa	16,99±11,07 Aa
5	C100	70,00±10,61 Ba	7,35±0,47 Ba	77,35±10,14 Ba	9,62±1,86 ABa
	C50	68,00±2,83 Ba	9,59±6,43 Ba	77,59±9,26 Ba	11,95±6,86 ABa
	A	71,50±14,85 Ba	6,29±0,04 Ba	77,79±14,88 Ba	8,23±1,53 ABa
6	C100	98,50±11,31 Aa	5,31±0,55 BCa	103,81±11,87 Aa	5,12±0,05 Ba
	C50	87,25±4,60 Aa	6,68±0,48 BCa	93,93±5,08 Aa	7,11±0,13 Ba
	A	80,50±7,78 Aa	6,48±4,31 BCa	86,98±12,09 Aa	7,18±3,96 Ba

*Extratores: pH: Sol. CaCl₂; P: fósforo; K: potássio; Ca: cálcio; Mg (magnésio): Resina; Al (alumínio): KCl; H+Al: Tampão SMP; SB: Soma de Bases; T: Capacidade de Troca Catiônica; V: Saturação de Bases. Médias não seguidas por mesma letra (maiúscula ou minúscula) diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Nota: A: testemunha; C100: corte 100%; C50: corte 50%

Tabela 5 – Valores médios das propriedades físicas do solo para os seis blocos do estudo, e resultado do teste de Tukey

Bloco	Tratamento	Argila	Silte	Areia Total
		%		
1	C100	265,33±29,24 Ca	66,72±16,07 Aa	667,95±13,18 Ba
	C50	296,37±14,24 Ca	44,63±4,34 Aa	659,00±9,90 Ba
	A	234,69±43,29 Ca	80,34±12,22 Aa	684,97±31,07 Ba
2	C100	224,24±0,35 Ca	57,97±6,42 Aa	717,79±6,77 Aa
	C50	244,90±28,86 Ca	39,59±14,72 Aa	715,51±14,14 Aa
	A	234,58±14,59 Ca	50,72±8,52 Aa	714,70±6,08 Aa
3	C100	234,68±14,09 Ca	30,01±8,70 Aa	735,31±5,39 Aa
	C50	255,00±43,84 Ca	53,15±24,37 Aa	691,85±19,47 Aa
	A	255,10±14,43 Ca	36,65±5,60 Aa	708,24±8,83 Aa
4	C100	888,20±13,80 Aa	86,17±20,28 Aa	25,62±6,48 Ca
	C50	887,48±14,82 Aa	87,83±11,93 Aa	24,69±2,89 Ca
	A	907,71±15,08 Aa	67,82±15,67 Aa	24,48±0,59 Ca
5	C100	909,09±14,45 Aa	62,61±13,43 Aa	28,29±1,01 Ca
	C50	907,71±15,08 Aa	68,57±15,47 Aa	23,72±0,39 Ca
	A	887,77±15,71 Aa	86,93±15,46 Aa	25,00±0,69 Ca
6	C100	825,25±42,63 Ba	70,61±4,23 Aa	104,14±38,40 Ca
	C50	878,01±29,51 Ba	39,20±18,45 Aa	82,79±11,06 Ca

* Médias não seguidas por uma mesma letra (maiúscula ou minúscula) diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Dados apresentados como média±desvio-padrão. Nota: A: testemunha; C100: corte 100%; C50: corte 50%

Em relação à quantidade total de raízes de cipó-titica extraídas, verificou-se não haver diferença estatística entre os blocos ($F=2,942$; $P=0,058$; $GL=5$) e entre as parcelas ($F=0,807$; $P=0,387$; $GL=1$) que receberam tratamentos de corte. Nas parcelas que receberam o corte de 100%, foram colhidas cerca 62 raízes $\text{cipó}\cdot\text{ha}^{-1}$, e uma média de 15,50 ($\pm 14,61$) raízes $\text{cipó}\cdot\text{parcela}^{-1}$. E nas parcelas com corte 50%, foram obtidas em torno de 47 raízes $\text{cipó}\cdot\text{ha}^{-1}$, média de 11,83 ($\pm 9,72$) raízes $\text{cipó}\cdot\text{parcela}^{-1}$. O comprimento médio das raízes extraídas foi de 2,24 ($\pm 1,42$) m, variando de 0,9 a 9,93 m.

O peso bruto das raízes colhidas na área de estudo foi de 7,21 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, reduzindo para 0,920 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ após ser beneficiado e estar seco, ou seja, uma redução em torno de oito vezes em relação ao peso inicial. A estimativa do peso de cada raiz extraída foi por volta de 0,132 $\text{kg}\cdot\text{raiz}^{-1}$. Para cada tratamento, o número de raízes colhidas, assim como o peso, também variaram em cada etapa do beneficiamento (Tabela 6).

Tabela 6 - Peso das raízes de cipó-titica (*Heteropsis* spp.) colhido em cada tratamento, e de acordo com a etapa do beneficiamento aplicado

Tratamento	Peso Bruto	Peso sem Nó	Peso sem Casca	Peso Seco
	kg			
Corte 50%	17,50	12,30	3,50	1,66
Corte 100%	25,80	20,15	5,90	3,84
Total	43,30	32,45	9,40	5,51

Com relação aos indivíduos da regeneração de *Heteropsis*, que foram avaliados em uma área separada de onde foram aplicados os tratamentos de corte, foi registrado um total de 181 indivíduos (26,22 indivíduos regenerantes·ha⁻¹), em 2011. Dois anos após este primeiro inventário (em 2013) foram registrados 115 indivíduos (25,56 indivíduos regenerantes·ha⁻¹). Comparando os períodos (2011 e 2013), foi observado que 71 indivíduos regenerantes morreram, 110 indivíduos permaneceram crescendo, e 5 são novos indivíduos se estabelecendo no fuste do hospedeiro. Todas as raízes de cipó-titica que estavam descendo o fuste (em 2011), um total de 13, secaram antes de alcançarem o solo da floresta (em 2013). A taxa de crescimento médio foi de 1,80 ($\pm 2,75$) cm·mês⁻¹, e o máximo de crescimento registrado foi de 20,83 cm·mês⁻¹.

5.4 Discussão

As estimativas totais de raízes de cipó-titica obtidas nos inventários de 2009 e 2011 são muito baixas se comparadas com outros estudos, tais como Plowden et al. (2003) (Brasil) que observaram em torno de 544 raízes de cipó·ha⁻¹ (área manejada) e 1748 raízes de cipó·ha⁻¹ (área não manejada), e Hoffman (1997), na Guiana, que registrou de 997 a 1.170 raízes de cipó·ha⁻¹. Entretanto, a quantidade média de raízes de cipó por hospedeiro está próxima da constatada por Durigan e Castilho (2008) ($2,96 \pm 1,68$ raízes de cipó·hospedeiro⁻¹) e por Plowden et al. (2003) ($3,6 \pm 0,2$ raízes de cipó·hospedeiro⁻¹) em área manejada. Em área não manejada, Plowden et al. (2003) verificaram valores maiores, em torno de $5,8 \pm 0,4$ raízes de cipó·hospedeiro⁻¹. Relações maiores de quantidade de raízes por hospedeiro são observadas quando consideradas especificamente espécies do gênero *Heteropsis*. O estudo de Durigan (1998) e Hoffman (1997) com *H. flexuosa* relatou cerca de 6,6 a 10,5 raízes de cipó·hospedeiro⁻¹, e 9,4 raízes de cipó·hospedeiro⁻¹ de *H. spruceana* foram observadas por Romero (1994). A diferença relatada em relação à abundância de *Heteropsis* em diferentes áreas florestais pode ser em função do tipo de floresta, o que influencia no número e nas

espécies de indivíduos (árvores, arvoretas, palmeiras) estabelecidos no meio, e de potenciais hospedeiros. Hoffman (1997) investigou floresta mista (bem e pobremente drenada) e do tipo ripária, e a porcentagem de hospedeiros variou de 28 a 41% em relação às árvores totais. Ainda, o mesmo autor, comparando duas áreas florestais, uma com menor número de árvores por hectare que a outra, achou que a porcentagem de colonização entre ambas as áreas foi a mesma.

Por outro lado, as espécies de *Heteropsis* podem apresentar preferência por determinados ambientes, o que pode favorecer ou não o estabelecimento e desenvolvimento de populações. São verificadas diferenças quanto a distribuição entre *H. oblongifolia* e *H. flexuosa* (região do Neotrópico), ocorrência mais restrita para *H. ecuadorensis* e *H. boliviana* (região andina), e da mesma forma para *H. duckeana*, *H. reticulata*, *H. rigifolia* e *H. salcifolia* (florestas brasileiras) e *H. longispathacea* (ocasionalmente na Amazônia Central) (MORAIS, 2008). Porém, o histórico da região deve ser investigado, pois intervenções na floresta sejam de caráter antrópico ou natural, podem afetar taxa de mortalidade, crescimento e recrutamento dos indivíduos de cipó-titica (ROMERO, 1994; HOFFMAN, 1997).

A diferença entre a quantidade total de raízes de cipó-titica após dois anos da execução do corte de 100% das raízes comerciais, em relação à quantidade de cipó nas áreas com corte de 50% e testemunha, era esperada, devido a maior intervenção com 100% de corte, ocasionando maior estresse à planta-mãe. E o fator solo não apontou ser determinante. Este poderia ocasionar diferença na resposta do cipó nas distintas áreas que receberam tratamentos, pois as características físicas e químicas analisadas foram estatisticamente diferentes apenas entre os blocos. Em estudo feito por Hoffman (1997), foram aplicadas várias intensidades de extração (100%, 80%, 50-80% e menos de 50%) de raízes de cipó por árvore. Foi observado que, onde foi realizado extração acima de 50%, a planta-mãe ou os ramos remanescentes morriam, ou começavam a apresentar sinais de estresse (amarelamento). O mesmo foi observado por Romero (1994), Durigan (1998), Plowden et al. (2003) e Pereira e Guedes (2008), recomendando a exploração de cipó no limite de 50% por planta.

A sustentabilidade do manejo só pode ocorrer quando a produção (crescimento), no caso das raízes, for igual ou superar a quantidade colhida (PETERS, 1994) após o período do ciclo considerado. A produção deve ser analisada não só em quantidade, mas também em qualidade. Neste caso, no segundo inventário, independente do tratamento adotado, foi constatada uma maior predominância de raízes não desejáveis do ponto de vista de produção, ou seja, do tipo não comercial e comercial enrolado ao tronco, que geralmente apresentam uma grande quantidade de nós por comprimento e má formação. Em uma próxima extração

poderá não haver cipó comercial suficiente para atender a demanda dos coletores. A sustentabilidade econômica também deve ser considerada para que a prática do manejo acarrete em benefícios para as populações tradicionais que muitas vezes tem parte da renda familiar baseada nos produtos oriundos da floresta, principalmente os produtos florestais não madeireiros.

A quantidade média de raízes comerciais que foram colhidas em ambos os tratamentos ($7,21 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) foi muito inferior à descrita por Plowden et al. (2003) também em florestas naturais no estado do Pará, onde variou de 36 a $88 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Posteriormente à colheita, as raízes brutas de *Heteropsis* foram beneficiadas, perdendo, além de biomassa, a água das fibras, sendo que a taxa de redução do peso pode variar conforme o manuseio aplicado. Verificou-se a eliminação de cerca de 78% da biomassa, diferente de Durigan e Castilho (2008) que observaram uma perda de biomassa de 52%. Após a secagem, a redução do peso total das raízes foi de 87%, enquanto a verificada por Plowden et al. (2003) foi de 80%. A diferença observada na quantidade de raízes de cipó-titica comercial colhidos por área, por estar relacionada às distintas densidades de cipó encontrado em várias regiões e seus tipos (comercial, não comercial, imaturo, regenerante), possivelmente ocorre pela diferença entre as florestas em relação a sua composição, estrutura e clima, e que influenciam na produtividade dos indivíduos de *Heteropsis* (PLOWDEN et al., 2003).

Verificou-se uma redução no número de regenerantes quando comparados os dois períodos (2009-2011 e 2011-2013). O mesmo é observado por Hoffman (1997) após o manejo de cipó-titica em algumas áreas (3-4 anos), onde ocorreu uma queda na taxa de recrutamento de mudas, e uma significativa queda no número de raízes comerciais. Apesar deste decréscimo, segundo este mesmo autor, o manejo não estará ocasionando a dizimação de populações de *Heteropsis* se não estiver ocorrendo a redução no número de cipós maduros, no número total de raízes e nem na capacidade de recrutamento da população, podendo ser a capacidade de resiliência a resposta da planta à perturbação que ocorreu no meio.

A taxa média de crescimento de indivíduos regenerantes de *Heteropsis* foi muito baixa e variável entre os indivíduos avaliados ($1,80 \pm 2,75 \text{ cm} \cdot \text{mês}^{-1}$), sendo o crescimento máximo registrado de $20,8 \text{ cm} \cdot \text{mês}^{-1}$. Considerando as raízes em seu crescimento natural, Hoffman (1997) verificou uma taxa média de crescimento de $26 \text{ cm} \cdot \text{mês}^{-1}$. Em raízes que foram cortadas e estão rebrotando, foram observadas várias taxas de crescimento: $16 \text{ cm} \cdot \text{mês}^{-1}$ (PEREIRA; GUEDES, 2008), $20 \text{ cm} \cdot \text{mês}^{-1}$ (HOFFMAN, 1997) e $29,7 \text{ cm} \cdot \text{mês}^{-1}$ (PLOWDEN et al., 2003). O fato de serem observadas distintas taxas de crescimento, considerando indivíduo e suas raízes, pode ser devido a diferenças genéticas entre e dentro

das espécies de *Heteropsis* e/ou fatores ambientais, que podem estar atuando de forma diferenciada no crescimento e estabelecimento dos indivíduos.

Considerando a altura média de estabelecimento da planta-mãe de cipó-titica em 10,05 m (PEREIRA; GUEDES, 2008; BENTES-GAMA et al., 2013), e as estimativas de crescimento de um indivíduo regenerante verificados neste estudo, presume-se que seria necessário cerca de 37-93 anos para um indivíduo subir o fuste do hospedeiro, se estabelecer e suas primeiras raízes alcançarem o solo. E após a extração das raízes comerciais, considerando a taxa média de crescimento observada em outros estudos (HOFFMAN, 1997; PLOWDEN et al., 2003; PEREIRA; GUEDES, 2008), em um período estimado de 4 anos as raízes que rebrotaram e se desenvolveram poderiam alcançar o estado de maturidade. Tendo em vista este cenário hipotético, em que a espécie demonstra ter um longo ciclo de vida, e considerando fatores que possam intervir (ambiental, genético, antrópico), estudos de longo prazo se fazem necessários para que se compreenda melhor o desenvolvimento e estabelecimento desta espécie após execução do manejo de suas raízes, para que se mantenha a sustentabilidade ecológica e econômica do local.

5.5 Conclusão

Embora fosse esperado que o corte de 100% das raízes comerciais de *Heteropsis* apresentasse resultado significativamente diferente na avaliação do pós-colheita em relação ao corte de 50% e à área testemunha, verificou-se que houve um decréscimo no número de regenerantes e um aumento do número de raízes não comerciais em todos os tratamentos, após dois anos. Os fatores químicos e físicos do solo não são fatores que possam explicar o decréscimo em relação à qualidade das raízes pois seus resultados foram significativamente diferentes somente entre os blocos avaliados.

A intensidade de corte das raízes comerciais é recomendada abaixo de 50%, evitando a redução da população de cipó-titica na área. Entretanto, ciclos de manejo maiores que 4 anos devem ser recomendados tendo em vista a taxa de crescimento das raízes, assim como o monitoramento a longo prazo para verificar se a proporção de raízes comerciais atenderão à sustentabilidade econômica.

A regeneração de *Heteropsis*, avaliada em área florestal testemunha, teve uma taxa de mortalidade de aproximadamente 40% em dois anos, e o crescimento médio dos indivíduos remanescentes foi de 1,80 ($\pm 2,75$) cm·mês⁻¹.

Possivelmente, dois anos de avaliação pós-colheita e de regeneração seja um período curto, em relação à expectativa do ciclo de vida do cipó-titica entre 37-93 anos. É necessário

estender o período de investigação para se obter informações mais consolidadas, além de mais estudos com relação à ecologia e biologia da planta, e a qualidade das raízes pós colheita. Essas informações são importantes em análise e previsão de crescimento e produção da área, contribuindo também na definição do melhor ciclo e forma de coleta das raízes, auxiliando na definição de diretrizes (leis) e plano de manejo.

Referências

BALCÁZAR-VARGAS, M.P.; van ANDEL, T. The use of hemiepiphytes as craft fibres by Indigenous communities in the Colombian Amazon. **Ethnobotany Research & Applications**, Manoa, v. 3, p. 243-260, Jan. 2005.

BENTES-GAMA, M. M.; VIEIRA, A.H.; ROCHA, R.B. Ecological features of titica vine (*Heteropsis flexuosa* (Kunth) GS Bunting) in Rondônia State, Northwest Brazilian Amazon. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 85, n. 3, p. 1117-1125, Sept. 2013.

BENTES-GAMA, M.M.; VIEIRA, A.H.; ROCHA, R.B.; SILVA, A.P.F.F. da. **Principais espécies arbóreas hospedeiras de cipó-titica (*Heteropsis flexuosa*) em Rondônia**. Porto Velho: Embrapa, 2007. 4 p. (Circular Técnica, 96).

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Mapa de vegetação do Brasil**. Brasília: IBGE; Ministério da Agricultura, 1988.

DURIGAN, C.C. **Biologia e extrativismo do cipó-titica (*Heteropsis* spp. - Araceae):** Estudo para avaliação dos impactos da coleta sobre a vegetação de terra firme no Parque Nacional do Jaú. 1998, 52 p. Dissertação (Mestrado em Biologia Tropical) – Instituto Nacional de Pesquisas Amazônicas, Manaus, 1998.

DURIGAN, C.C.; CASTILHO, C.V. O extrativismo de cipós (*Heteropsis* spp. Araceae) no Parque Nacional do Jaú. In: BORGES, S.H.; IWANAGA, S.; DURIGAN, C.C.; PINHEIRO, M.R. (Ed.). **Janelas para a biodiversidade no Parque Nacional do Jaú: uma estratégia para o estudo da biodiversidade na Amazônia**. Manaus: Fundação Vitória Amazônica, 2004. cap. 15, p. 231-245.

FADIMAN, M.G. **Fibers from the forest: Mestizo, Afro-Ecuadorian and Chachi** Ethnobotany of Piquigua (*Heteropsis ecuadorensis*, Araceae) and Mocora (*Astrocaryum standleyanum*, Arecaceae) in Northwestern Ecuador. 2003. 240 p. Thesis (PhD in Phylosophy) -The University of Texas at Austin, Austin, 2003.

FERREIRA, M.G.R.; BENTES-GAMA, M.M. **Ecologia e formas de aproveitamento econômico do cipó-titica (*Heteropsis flexuosa* (H.B.K.) G.S. Bunting)**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2004. 21 p. (Série Técnica, 95).

HAIGH, A. Neotropical Araceae. In: MILLIKEN, W., KLITGARD, B.; BARACAT, A. **Neotropikey**: interactive key and information resources for flowering plants of the Neotropics. 2009. Disponível em: <<http://www.kew.org/science/tropamerica/neotropikey/families/Araceae.htm>>. Acesso em: 01 out. 2013.

HILBE, J.M. **Negative binomial regression**. 2nd ed. New York: Cambridge University Press. 2011. 569 p.

HOFFMAN, B. **The biology and use of nibbi *Heteropsis flexuosa* (Araceae): the source of an aerial root fiber product in Guyana**. 1997. 148 p. Thesis (Master in Sciences in Biological Sciences) - Florida International University, Miami, 1997.

KNAB-VISPO, C.; HOFFMAN, B.; MOERMOND, T.; VISPO, C. Ecological observations on *Heteropsis* spp. (Araceae) in southern Venezuela. **Economic Botany**, Fullerton, v. 57, n. 3, p. 345-353, Aug. 2003.

MORAIS, M.L.C.S. **Sistemática e ecologia de *Heteropsis* Kunth (Araceae Juss.) com destaque especial nas espécies ocorrentes na Reserva Florestal Adolpho Ducke, Manaus - Amazonas, Brasil**. 2008. 206 p. Tese (Doutorado em Botânica) - Instituto Nacional de Pesquisas Amazônicas, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2008.

PAZ y MIÑO, C.G.; BALSLEV, H.; VALENCIA, R. Useful lianas of the Siona-Secoya Indians from Amazonian Ecuador. **Economic Botany**, Fullerton, v. 49, n. 3, p. 269-275, July/Sept., 1995.

PEREIRA, J.F.; GUEDES, M.C. Crescimento de raízes e sanidade de cipó-titica (*Heteropsis flexuosa* Buting) submetido à exploração no estado do Amapá. In: SEMINÁRIO DO PROJETO KAMUKAIA: MANEJO SUSTENTÁVEL DE PRODUTOS FLORESTAIS NÃO-MADEIREIROS NA AMAZÔNIA, 1., 2008, Rio Branco. **Anais...** Rio Branco: Embrapa, CPAFAC, 2008. p. 143-149.

PETERS, C.M. **Sustainable harvest of non-timber plant resources in tropical moist forest**: an ecological primer. Washington: Biodiversity Support Program; World Wildlife Fund, 1994. 48 p.

PLOWDEN, C.; UHL, C.; OLIVEIRA, F. de A. The ecology and harvest potential of titica vine roots (*Heteropsis flexuosa*: Araceae) in the eastern Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, Fort Collins, v. 182, p. 59-73, Sept. 2003.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R**: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2013. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 01 jan. 2013.

RADAMBRASIL. **Projeto RADAMBRASIL: 1973-1983** - Levantamento de Recursos Naturais. Vols. 1-23. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, Departamento Nacional de Produção Mineral, 1983.

RANGEL, J.A.R. Temas etnobotánicos vocablos piaroa de algunas artesanías de origen forestal del estado Amazonas, Venezuela. **Revista Forestal Latinoamericana**, Mérida, v. 18, n. 34, p. 71-86, jul./dec. 2003.

ROMERO, G.A. **Biología del mamure**. Venezuela: S.A.D.A. Amazonas, M.A.R.N.R., Puerto Ayacucho, Estado Amazonas, 1994. 38 p.

SCIPIONI, M.C.; ALVES, C.G.; DURIGAN, C.C.; MORAIS, M. de L. da C. S. Exploração e manejo do cipó-titica (*Heteropsis* spp.). **Ambiência**, Guarapuava, v. 8 n. 1, p. 139-153, jan./abr. 2012.

SOARES, M. L.; MAYO, S.J.; CROAT, T.B.; GRIBEL, R. Two new species and a new combination in Amazonian *Heteropsis* (Araceae). **Kew Bulletin**, Richmond, v. 64, p. 263–270, Jun. 2009.

6 INVENTÁRIO FLORESTAL DO CIPÓ-TITICA (*HETEROPSIS* SPP.) EM FLORESTA AMAZÔNICA: UMA ABORDAGEM APLICADA À SIMULAÇÃO E AVALIAÇÃO DE MÉTODOS DE AMOSTRAGEM

Resumo

O objetivo do presente estudo foi o de comparar a acurácia das estimativas de produção de raízes de cipó-titica por área, através de simulações com base em um inventário em área de floresta natural amazônica. Utilizaram-se os processos aleatório e sistemático, com uma intensidade amostral de 5, 10, 15 e 20% para 11 tamanhos e formas de parcelas. A estimativa de produção, o erro de amostragem e a eficiência relativa foram utilizados para comparar os tratamentos entre si e com o inventário base. A estimativa média de produção para o processo aleatório foi de 570 raízes cipó·ha⁻¹, e para o processo sistemático de 595 raízes de cipó·ha⁻¹. Sendo observado para a área base uma produção de 500 (±215) raízes de cipó·ha⁻¹. Dos 88 tratamentos avaliados, apenas 15 apresentaram um erro amostral menor que 15%. Dentre estes tratamentos elegidos, unidades amostrais com área de 250 ou 300m², com intensidade amostral maior que 15%, e para ambos os processos de amostragem, foram mais eficientes. Desta maneira, seis tratamentos, que abrangeram uma área amostral variando de 2,6 a 3,7 hectares apresentaram boas estimativas, menor erro amostral, e maior eficiência para inventariar o cipó-titica, quando comparados ao inventário base feito em 18 ha.

Palavras-chave: *Heteropsis*; Inventário; Produto florestal não madeireiro; Simulação

Abstract

The aim of this study was to compare the accuracy of the estimates of root production from cipó-titica by area, using simulations based on an inventory in the Amazonian natural forest area. We used the random and systematic process with a sampling intensity of 5, 10, 15 and 20% to 11 sizes and shapes of plots. The estimated production, sampling error and relative efficiency were used to compare treatments with each other and with the basic inventory. The average production estimate for the random process was 570 vine roots·ha⁻¹, and in the systematic process was of 595 vine roots·ha⁻¹. It was observed for the base area a production of 500 (± 215) vine roots·ha⁻¹. Of the 88 treatments evaluated, only 15 had a smaller sampling error than 15%. Among these selected treatments, sample units with area of 250 or 300m², with sampling intensity greater than 15%, and for both sampling procedures were more efficient. Thus, six treatments, which covered a sample area ranging from 2.6 to 3.7 hectares had good estimates, smaller sampling error, and greater efficiency to inventory the cipó-titica when compared to the base inventory done in 18 ha.

Keywords: *Heteropsis*; Inventory; Non timber forest product; Simulation

6.1 Introdução

O cipó-titica ou titicão, como é popularmente conhecido, é uma hemiepipífita pertencente ao gênero *Heteropsis* (Araceae) (PLOWDEN et al., 2003; SHANLEY; MEDINA, 2005; TEMPONI et al., 2006). Tem predominância em todo o território brasileiro nas florestas naturais situadas na região da Bacia Amazônica e na Mata Atlântica (SOARES et al.,

2009b; BENTES-GAMA et al., 2013), sua ocorrência está diretamente relacionada ao estado de conservação da floresta (WHITEHEAD; GODOY, 1991).

As raízes suspensas do cipó-titica, comumente designadas como “pernas”, fornecem uma valiosa matéria prima, que é uma fibra resistente, de fácil trabalhabilidade, de coloração clara e sua casca (córtex e epiderme) é facilmente removida após a colheita (SHANLEY; MEDINA, 2005). Em função das características físicas citadas acima, as raízes do cipó-titica são destinadas para diversos fins, sendo que os principais usos desta matéria-prima são a confecção de móveis, artesanato (cestas, paneiros), vassouras, amarrações e uso medicinal (PAZ y MIÑO et al., 1995; DURIGAN; CASTILHO, 2004; OLIVEIRA et al., 2006).

Atualmente, na maioria dos casos, a extração de fibras de cipó-titica é por meio de exploração predatória, o que pode ocasionar a extinção da espécie em seus locais de ocorrência natural (PEREIRA; GUEDES, 2008; VIEIRA et al., 2008; SCIPIONI et al., 2012).

Em regiões onde o manejo do cipó-titica é empregado, as raízes são coletadas respeitando um limite inferior a 50% do total de raízes maduras, denominadas de raízes comerciais, promovendo, desta forma, a perpetuação da atividade exploratória sem provocar o estresse das plantas, seguido da potencial morte, e promovendo a sustentabilidade da espécie no seu habitat de ocorrência natural (HOFFMAN, 1997; DURIGAN; CASTILHO, 2004; PEREIRA; GUEDES, 2008; VIEIRA et al., 2008).

Dados que demonstrem a sustentabilidade da exploração do cipó-titica e de outros produtos florestais não madeireiros (PFNM) de modo geral, assim como os efeitos sobre a estrutura do indivíduo e os reflexos no ecossistema, são poucos, e não disponíveis na literatura (BOOT, 1997; BELCHER; SCHRECKENBERG, 2007). Os estudos com enfoque no tipo de amostragem para inventário de PFNM também são escassos, e, nos estudos presentes, a abordagem normalmente é voltada para análises e processos ecológicos - avaliação fenológica ou regeneração (GAMA et al., 2001; d'EÇA-NEVES; MORELLATO, 2004) e/ou, ao estoque de madeira em florestas naturais (UBIALLI et al., 2009a, 2009b; CAVALCANTI et al., 2009, 2011; PIQUÉ et al., 2011) e plantadas (MELLO et al., 2009; DRUSZCZ et al., 2010; FICK, 2011).

Portanto, para a categoria de PFNM do tipo cipó, são importantes os estudos que avaliem tamanhos, formas de parcelas e tipos de amostragem - aleatória ou sistemática, e que apresentem uma maior precisão das estimativas de produção (GAMA et al., 2001).

6.1.1 Objetivos

Este estudo tem como objetivo avaliar a acurácia nas estimativas de produção de cipó-titica obtidas através da simulação e análise de dois diferentes processos de amostragem; avaliar a melhor intensidade de amostragem, bem como o tamanho e formato de parcela ótimo; e propor um esquema amostral eficiente e de menor custo para o inventário de um PFNM cipó, em florestas da região Amazônica.

6.2 Material e métodos

6.2.1 Área de Estudo

A área de estudo está localizada no estado do Pará, município de Paragominas, entre 3° 35' e 3° 45' de latitude sul e 48° 15' e 48° 25' de longitude oeste e faz parte da área florestal do Centro de Manejo “Roberto Bauch”, com aproximadamente 5 mil hectares, utilizada para fins de demonstração e treinamento de manejo de impacto reduzido na Amazônia, e administrada pelo Instituto Floresta Tropical (IFT).

A floresta predominante é classificada como Floresta Ombrófila Densa de terra firme (BRASIL, 1988), e o relevo local é moderadamente ondulado, predominando solos do tipo Latossolo Amarelo Distrófico (RADAMBRASIL, 1983). O clima é caracteristicamente mesotérmico e úmido, com temperatura média anual variando em torno de 25°C, e precipitação média local de 2.200 mm, que se concentram entre os meses de janeiro e junho (ALVAREZ et al., 2013).

6.2.2 Coleta de Dados

Os dados base do presente estudo foram obtidos por meio de inventário do cipó-titica em doze parcelas aleatoriamente distribuídas, com dimensão de 100 x 150 m cada, totalizando 18 hectares de área amostral. Dentro das parcelas foram medidos, mapeados e identificados todos os indivíduos arbóreos com DAP $\geq$ 10 cm que hospedavam cipó-titica.

A medição do diâmetro a 1,30 m do solo (DAP) foi realizada com auxílio de uma fita diamétrica, a altura total (Ht) das árvores foi estimada com base em uma vara graduada em escala centimétrica, e a identificação da espécie foi realizada em campo por um parabolânico capacitado pelo IFT. Os indivíduos de cipó-titica foram quantificados com relação ao número de “pernas” (raízes emitidas pela planta mãe) (SHANLEY; MEDINA, 2005).

6.2.3 Simulação e processamento de dados

Para a simulação dos tipos de amostragem (aleatório e sistemático), por intermédio do programa ArcGIS 9.3®, um mapa foi elaborado com base nas 12 parcelas inventariadas, representando a distribuição espacial das árvores hospedeiras medidas em campo.

Para cada parcela espacializada, empregando a ferramenta *Hawth's Analysis*, um “grid” com subparcelas com dimensões previamente estabelecidas foi criado e sobreposto aos dados espacializados para cada uma das 12 parcelas inventariadas.

Para as simulações do processo de amostragem aleatório simples, utilizando a ferramenta *Intersect* presente no ArcGIS 9.3®, os “grids” foram interligados com os dados de inventário previamente espacializados, e 11 arquivos foram extraídos com as informações de inventário associadas aos números de subparcelas presentes no *grid*. De acordo com o número de parcelas estabelecidas para cada simulação, um sorteio em R 3.0.2 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2010) foi realizado para a seleção das subparcelas a serem incluídas em cada simulação.

Para a amostragem do tipo sistemático de estágio único, as simulações foram feitas diretamente no programa ArcGIS 9.3®. Utilizando novamente a ferramenta *Intersect*, os *grids* foram interligados com os dados de inventário previamente espacializados, e utilizando a ferramenta *Hawth's Analysis*, foi aleatorizado um ponto para cada simulação sobre o grid, e a partir deste ponto as subparcelas presentes no *grid* foram selecionadas em todas as direções, utilizando a distância de $1k$, em que k corresponde a uma unidade amostral.

Em ambos os processos de amostragem, foram utilizados 11 tipos de parcelas, estando estas variando apenas quanto ao formato (retangular e quadrado) e ao tamanho (área). O número de parcelas empregadas em cada simulação foi determinado através da intensidade amostral de 5, 10, 15 e 20% em relação a 18 hectares (Tabela1).

Desta forma a combinação do tipo e formato de parcela, bem como o processo de amostragem proporcionou a elaboração de 88 diferentes tipos de simulações, que foram denominadas por tratamento. Para cada tratamento foram aplicadas 30 repetições de modo que fornecesse informações suficientes para as análises estatísticas. No total foram obtidas 2640 parcelas, sendo 1320 para cada processo de amostragem.

Tabela 1 - Quantidade de parcelas testadas por processo de amostragem (aleatório simples e sistemático de único estágio) de acordo com a área e dimensão da parcela e intensidade de amostragem

Nº	Parcela		Processo e intensidade de amostragem							
			Aleatório				Sistemático			
	Área (m²)	Dimensões	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%
1	250	10x25	36	72	108	144	36	72	108	144
2	300	15x20	30	60	90	120	30	60	90	120
3	300	10x30	30	60	90	120	30	60	90	120
4	500	20x25	18	36	54	72	18	36	54	72
5	600	40x15	15	30	45	60	15	30	45	60
6	600	20x30	15	30	45	60	15	30	45	60
7	900	30x30	10	20	20	40	10	20	20	40
8	900	6x150	10	20	30	40	10	20	30	40
9	1000	10x100	9	18	27	36	9	18	27	36
10	1500	10x150	6	12	18	24	6	12	18	24
11	3000	20x150	3	6	9	12	3	6	9	12

6.2.4 Análise Estatística dos Dados

Após a realização das simulações e obtidas as informações de produção do cipó-titica (raízes de cipó·ha⁻¹) para cada tipo de simulação empregada, foram realizadas análises estatísticas com o intuito de comparar as estimativas de produção entre si e com a estimativa obtida através do inventário base. As estatísticas aplicadas e a avaliação da produção entre os tratamentos, de acordo com o proposto por Péllico Netto e Brena (1997), Queiroz (1998) e Soares et al. (2006) foram:

(i) *Variância (s²)*

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} \quad (1)$$

Onde o $\bar{x}$ =média aritmética da série; n=tamanho da população; x_i=dado da série.

(ii) *Desvio padrão (s)*

$$s = \sqrt{s^2} \quad (2)$$

(iii) *Erro padrão da média (S_{ya})* para populações infinitas, em amostragens aleatórias simples:

$$S_{ya} = \sqrt{\frac{s^2}{n}} \quad (3)$$

(iv) *Erro padrão da média* de uma amostragem sistemática (S_{ys}):

$$S_{ys} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - x_{y+1})^2}{2n(n-1)}} \quad (4)$$

Em que x_i =valor da característica de interesse na i -ésima unidade de amostra; n =número de unidades amostrais.

Para comparação da eficiência entre os diferentes grupos de amostragem e em relação ao inventário base, além da comparação da estimativa de produção por hectare, foi utilizado o erro de amostragem (PÉLLICO NETTO; BRENA, 1997) e o método da eficiência relativa (HUSCH et al., 1972).

(v) *Erro de amostragem* (E%)

$$E = \left(\frac{S_y * t}{\bar{y}} \right) * 100 \quad (5)$$

Onde t =distribuição de Student, a 95% de probabilidade e $n-1$ graus de liberdade; $\bar{y}$ =média aritmética da variável tomada para comparação.

Quanto menor o erro de amostragem, maior a precisão do inventário (PÉLLICO NETTO; BRENA, 1997). Em se tratando de florestas tropicais, em virtude da grande heterogeneidade de espécies, complexa distribuição espacial, e destacando-se o grande número de espécies raras, os erros de amostragem podem ser bastante elevados (UBIALLI et al., 2009a, b). Comparativamente, para o manejo madeireiro, o erro de amostragem admitido, de acordo com o IBAMA, é 10% (CAVALCANTI et al., 2009), sendo que erro máximo admitido no inventário diagnóstico de *Clusia* spp. e *Heteropsis* spp., de acordo com Resolução COEMA nº 013/2009, do estado do Amapá, é de 20% (AMAPÁ, 2009). Considerando que se trata de um PFNM do tipo cipó, apresenta uma alta variabilidade e sazonalidade de produção, e buscando se avaliar métodos de amostragem que resultassem em um maior nível de precisão, o valor máximo do erro amostral considerado foi de 15%.

(vi) *Método de Eficiência Relativa* (e%), proposto por Husch et al (1972), que estabelece:

$$e = \frac{(s_{y1})^2 * t_1}{(s_{y2})^2 * t_2} * 100 \quad (6)$$

Onde o s_{y1} =erro padrão em percentagem para o tamanho da unidade de amostra a ser comparada; s_{y2} =erro padrão em percentagem para o outro tamanho da unidade de amostra; t_1 =custo do inventário (instalação de parcelas, avaliação) para o tamanho e forma de

referência; t_2 = custo para outro tamanho e forma. Se $e=100$, então a amostra 2 é 100% eficiente quando comparada à amostra 1.

O custo monetário de se executar um inventário na floresta Amazônica teve como base os valores adotados pelo IFT para um técnico de apoio e ajudante de campo, sendo US\$ $10,76 \cdot \text{ha}^{-1}$, e a produtividade de $1,36 \text{ ha} \cdot \text{h}^{-1}$ (HOLMES et al., 2002).

(vii) ANOVA, *esquema fatorial triplo*

Com base nos valores do erro de amostragem (E%) calculados, primeiramente foi realizada a filtragem dos melhores tratamentos, considerando o E% igual ou inferior a 15%. Para comparar os melhores tratamentos elegidos, foi realizada em seguida uma análise de variância (ANOVA) em um esquema fatorial triplo [$2 \times 4 \times 11$, (dois níveis de processo de amostragem, quatro níveis de intensidade amostral e onze níveis de tamanho de parcelas)], com 30 repetições, e E% como fator resposta. As pressuposições de homogeneidade das variâncias e normalidade foram satisfeitas, quando testadas, respectivamente, a 5% de significância pelo teste de Bartlett e pelo teste de Lilliefors, baseado no teste modificado de Kolmogorov–Smirnov. Quando rejeitado a H_0 de igualdade de tratamentos, utilizou-se o teste de Tukey (ZAR, 1999) para comparar quais tratamentos são estatisticamente diferentes ao nível de significância de 5%. As análises foram feitas utilizando o programa R 3.0.2 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2013).

6.3 Resultados

A área-base de 18 ha apresentou um total de 2771 árvores hospedeiras, com densidade média de $154 \text{ árvores hospedeiras} \cdot \text{ha}^{-1}$, um total de 9002 raízes de cipó-titica, e uma densidade média de $3,25 (\pm 2,74) \text{ cipós} \cdot \text{hospedeiro}^{-1}$. Tanto para os tratamentos testados pertencentes ao processo de amostragem aleatória quanto para sistemática, o número médio observado de raízes de cipó-titica por árvore hospedeira variou de 2,55 a 4,25.

A estimativa de produção média para o processo aleatório foi $570,26 \text{ raízes cipó} \cdot \text{ha}^{-1}$, com um intervalo variando de 538,63 a $606,35 \text{ raízes cipó} \cdot \text{ha}^{-1}$, enquanto que para o processo sistemático a produção média foi $595,28 \text{ raízes cipó} \cdot \text{ha}^{-1}$, com um intervalo variando entre 540,96 e $681,37 \text{ raízes cipó} \cdot \text{ha}^{-1}$ (Figura 1). O número encontrado na área-base foi $500 (\pm 215) \text{ raízes cipó} \cdot \text{ha}^{-1}$.

A estimativa da produção média de raízes de cipó por hectare para os tratamentos pertencentes ao processo de amostragem aleatório mostrou-se mais uniforme do que os tratamentos pertencentes ao processo de amostragem sistemático (Figura 1). Verificou-se

também que os tratamentos com a intensidade amostral de 10% e 15% foram os que tiveram em média a menor e a maior estimativa de produção de raízes de cipó por hectare para o processo de amostragem aleatório, enquanto que os tratamentos com intensidade amostral de 10% foram os que tiveram em média a menor e a maior estimativa de produção para o processo de amostragem sistemático.

Os tratamentos com tamanho de parcela de 40x15m e 30x30m, amostragem aleatória e sistemática respectivamente, tiveram, em média, a menor estimativa de produção. E tratamentos com parcelas de 6x150m e 20x150m, aleatória e sistemática, nessa ordem, tiveram, em média, a maior estimativa de produção. Entretanto, ambos os processos de amostragem apresentaram valor de produção muito próximos entre si e entre a estimativa obtida na área-base (Figura 1).

Figura 1 – Estimativa de produção de cipó-titica (*Heteropsis* spp.) por hectare segundo os diferentes processos de amostragem em relação à intensidade amostral e cada formato de parcela (m x m) testado. Barras verticais representam o desvio padrão entre repetições. Nota: A) Processo Aleatório e B) Processo Sistemático

Os erros amostrais obtidos pelo processo de amostragem aleatório, para a maioria dos 11 tratamentos, apresentaram valores superiores ao erro de amostragem máximo admitido de 15%. A média do erro amostral para este processo foi 22,20%, com intervalo variando entre 13,22% e 37,93%. Por outro lado, os tratamentos do processo de amostragem sistemático apresentaram valores mais variáveis de erro amostral, com intervalo de 10,71% a 46,61% e média de 21,50% (Tabela 2). Observou-se também que os valores mais elevados para o erro

de amostragem estiveram associados com a intensidade amostral de 5% tanto para o processo de amostragem aleatório quanto para o sistemático.

De acordo com a Tabela 2, em ambos os processos de amostragem testados, quando adotado parcelas do tipo transecto, o erro de amostragem mostrou-se superior ao máximo assumido. De maneira geral, os menores tamanhos de parcelas (250, 300, 500, 600 e 900 m²) estiveram associados com os menores E%, atingindo também maiores precisões da estimativa de produção quando ampliada a intensidade de amostragem de 5% para 20% (Tabela 2).

De acordo com o critério de seleção dos melhores tratamentos com base nos menores valores de E%, de um total de 88 tratamentos avaliados neste estudo, apenas 15 deles foram eleitos como os melhores (Tabela 2).

Tabela 2 - Erro de amostragem (%) segundo os diferentes processos de amostragem em relação a cada formato de parcela e intensidade amostral testada. Nota: em negrito erro amostral menor ou igual ao erro máximo admitido para o estudo (15%)

Processo de amostragem	Intensidade amostral (%)	Parcela (m x m)										
		10x100	10x150	10x25	10x30	15x20	20x150	20x25	20x30	30x30	40x15	6x150
Aleatório	5	27,96	37,93	24,89	27,63	27,78	37,93	28,27	31,79	32,64	29,22	35,11
	10	23,51	27,24	18,31	18,64	19,26	27,24	20,77	23,42	24,06	21,62	21,30
	15	18,81	24,66	15,44	16,05	15,61	24,66	17,69	18,50	19,16	18,02	19,62
	20	16,43	20,85	13,22	13,71	13,44	20,85	15,11	15,59	16,94	15,92	17,65
Sistemático	5	34,35	46,01	20,18	24,47	24,03	23,26	24,30	28,15	31,10	26,89	37,30
	10	27,99	31,53	15,88	17,54	17,43	20,30	16,12	18,58	20,45	18,04	30,00
	15	23,71	26,15	12,44	14,37	13,88	33,92	14,95	16,10	16,71	14,58	23,01
	20	19,31	24,19	10,71	12,53	11,98	31,43	12,35	13,60	14,39	12,50	20,26

Houve diferença significativa entre os processos de amostragem aleatório e sistemático (GL=1, F=431,32, $p=2 \cdot 10^{-16}$), entre as intensidades amostrais 15% e 20% (GL=1, F=368,85, $p=2 \cdot 10^{-16}$) e entre os sete tipos de parcelas (GL=6, F=302,88, $p=2 \cdot 10^{-16}$) sobre a resposta do erro amostral em cada inventário simulado. Por outro lado, verificou-se que não houve interação significativa entre os três fatores testados (GL=6, F=1,19, $p=0,27$), indicando que os processos amostrais, intensidades amostrais e tipos de parcelas agem de modo independente sobre o erro amostral. Conforme a Figura 2, dentro do grupo dos 15 tratamentos eleitos, quatro grupos estatisticamente semelhantes, em relação ao erro amostral máximo admitido, puderam ser formados.

Figura 2 - Erro amostral médio (E%) da média de cipó e o desvio padrão entre as repetições, por processo de amostragem, intensidade e por tipo de parcelas para os 15 tratamentos elegidos como os melhores, conforme o erro amostral (E%). Barras verticais representam o desvio padrão entre repetições. Nota: 15 e 20 correspondem às intensidades de 15% e 20%. Letras diferentes indicam diferenças significativas

A estimativa de produção média por hectare para os 15 tratamentos com o erro amostral abaixo do admitido, foi 525,51 raízes de cipó·ha⁻¹, com intervalo variando de 381,94 a 606,94 raízes de cipó·ha⁻¹, sendo que o tratamento com o tipo de parcela de 15x20 m esteve associado com o menor valor da estimativa, e o tipo de parcela de 20x30 m com o maior valor da estimativa, ambos para o processo sistemático e intensidade de 20%. O tratamento que apresentou a estimativa de produção mais próxima da estimativa encontrada no inventário base foi o tipo aleatório, 20% e parcela de 10x30 m, com valor médio de 501,67 raízes de cipó·ha⁻¹. De maneira geral, a média da estimativa de produção para os melhores tratamentos selecionados esteve dentro do intervalo da estimativa de produção encontrado para o inventário base, garantido uma boa precisão na estimativa (Figura 3).

Figura 3 - Estimativa de produção de cipó-titica (*Heteropsis* spp.) por hectare segundo os diferentes processos de amostragem em relação a cada intensidade amostral e formato de parcela (m x m) testada, para os 15 tratamentos selecionados de acordo com o erro amostral máximo admitido. Barras verticais representam o desvio padrão entre repetições. Nota: 15 e 20 correspondem às intensidades de 15% e 20%

Com relação à eficiência (e%), o tratamento considerado como base foi o processo sistemático, intensidade de 20% e parcela tipo 10x25 m, por apresentar o menor valor de erro amostral (E%) (Figuras 2 e 4). A partir desta referência, foram eleitos os melhores tratamentos com base no valor de eficiência acima de 50%. Assim, outros quatro, dos 15 tratamentos, foram eleitos. Dentre estes, o processo sistemático para a parcela de 10x25 m e intensidade de 15%, com 91,6% de eficiência, e a parcela de 15x20 m, intensidades de 15 e 20%, e eficiência de 56,49 e 53,26%. Sem considerar a e%, estes dois últimos tratamentos não apresentaram diferença significativa a 5% de probabilidade, em relação ao E% calculado, se comparado aos outros seis tratamentos. O mesmo ocorreu para o tratamento aleatório, parcela de 10x25 m e intensidade de 20%, com eficiência de 62,36% (Figura 4). Estes quatro tratamentos diferiram em si com relação ao E%, estando agregados em três distintos grupos, conforme Figura 2.

Os menores valores de eficiência foram de 9,74% e 4,11%, relacionado ao tratamento sistemático, intensidade de 20%, com parcelas de 20x30m e 30x30m, respectivamente (Figura 4). Estes dois tratamentos formam um único grupo, de acordo com a ANOVA (Figura 2).

Figura 4 – Eficiência relativa (e %) em relação ao tratamento mais eficiente (intensidade de 20%/u.a.10x25m), segundo os diferentes processos de amostragem em cada intensidade amostral e formato de parcela (m x m) testada, para os 15 tratamentos selecionados de acordo com o erro amostral máximo admitido. Nota: 15 e 20 correspondem às intensidades de 15% e 20%

6.4 Discussão

A definição de um método como uma ferramenta útil de amostragem para um PFNM do tipo cipó tem sido sugerida para avaliação do potencial da área e da produtividade da espécie. Essa definição, da forma das unidades amostrais e abrangência da população, permite uma economia de tempo na coleta de informações e de recursos a serem utilizados (UBIALLI et al., 2009a, 2009b).

Para os 88 tratamentos analisados, a estimativa de raízes de cipó-titica por árvore hospedeira variou de 2,55 a 4,25, corroborando outros estudos com a mesma espécie na região amazônica, onde os resultados variaram de 3,85 a 5,26 raízes cipó·hospedeiro⁻¹ (PLOWDEN et al., 2003; PEREIRA et al., 2007; BENTES-GAMA et al., 2013). A estimativa de produção de cipó por área para os 44 tratamentos do tipo sistemático mostrou tendência de superestimação em relação ao inventário base (18 ha) e aos resultados obtidos com os tratamentos do tipo aleatório. Essa situação possivelmente pode ser explicada pela menor abrangência da distribuição das unidades amostrais na área, e também possivelmente pode ter ocorrido um número baixo de hospedeiros dentro das unidades amostrais, até pela

proximidade destas (SOARES et al., 2009a), onde muitas vezes as áreas florestais não são contínuas e regiões de clareiras se fazem presentes.

Apesar da tendência de superestimação da produção de raízes de cipó por hectare detectado no processo sistemático, a estimativa de produção, obtida em ambos os processos de amostragem, esteve dentro do intervalo esperado. Em comparação ao aleatório, o sistema de amostragem sistemático permite distribuir as unidades amostrais de maneira mais uniforme sobre a área (SOARES et al., 2006), podendo representar melhor a população a ser estudada, além de captar gradientes, e salientar perfis dentro de uma população, relacionados à declividade do terreno, fertilidade do solo e outros. Na prática a aplicação da amostragem sistemática é mais simples, estando isenta de tendência, e é menos onerosa quanto à alocação das unidades amostrais e facilidade de localização quando previstas atividades de reavaliação e monitoramento (HUSCH, 1971; KREBS, 1999).

Os erros amostrais calculados para os tratamentos que envolvem o processo sistemático se mostram mais discrepantes entre tratamentos quando comparados ao processo aleatório. A uniformidade na abrangência das unidades amostrais do processo sistemático, obtendo muitas vezes parcelas com nenhum indivíduo, podem ter ocasionado maiores discrepâncias entre os valores obtidos de erro amostral, que está associado com a maior variância dos dados, refletindo nos valores de produção média (VASQUES, 1988; HUSCH et al., 1972). E à medida que aumentava a intensidade amostral, consequentemente com mais unidades amostrais a serem alocadas, o erro amostral sofria decréscimo. Possivelmente, um menor número de unidades amostrais e, por conseguinte, o valor de “t” de *Student* elevado, induziu a um maior erro padrão, repercutindo no erro amostral.

Em estudos feitos por Silva et al. (2007), Mello et al. (2009) e Ubialli et al. (2009a, 2009b), a intensidade amostral igual ou inferior a 10% mostrou-se suficiente para obtenção de uma boa precisão na estimativa de produção de madeira. Ao contrário, neste estudo a estimativa de produção do cipó-titica por hectare associada com menor E% esteve relacionada aos tratamentos com intensidades amostrais de 15 e 20%, que ocupam áreas inferiores a quatro hectares. E permitiu uma boa estimativa da produção de cipó-titica por hectare quando comparado ao inventário base.

De modo geral, os resultados indicaram que o melhor esquema de amostragem para o cipó-titica, o qual não apresenta um tipo de distribuição espacial definida, variando de aleatório a agregado (DURIGAN; CASTILHO, 2004; FERREIRA; BENTES-GAMA, 2004), foi o processo sistemático com pequenas parcelas (menores que 900 m²), apresentando os melhores resultados em relação à estimativa de produção e erro amostral.

Isso pode estar de acordo com o que Silva (1980) menciona em que o sistema de amostragem a ser eleito, considerando o tamanho e a forma das unidades amostrais, é influenciado pelo tipo de distribuição espacial da espécie a ser investigada. Da mesma forma, as características de uma estimativa por área são afetadas pelo tamanho e forma das unidades amostrais (HUSCH et al., 1972). Do ponto de vista estatístico, as parcelas de dimensões pequenas oferecem maiores vantagens, e com mais repetições podem prover maior eficiência e precisão (MESAVAGE; GROSENBAUGH, 1956; LOETSCH, 1957). Do contrário, ao se utilizar parcelas grandes pode haver uma perda de eficiência, causada pela tendência das espécies a certo tipo de associação ou gregarismo (OGAYA, 1977).

A eficiência relativa pôde ser aumentada à medida que o tamanho da unidade amostral decresce, conseqüentemente o tempo ou custo de alocação também, assim como quando menores erros amostrais são obtidos da estimativa. Os 15 tratamentos eleitos tiveram a área de sua unidade amostral variando de 600 a 250 m², com intensidades de 15 a 20%. Dos cinco tratamentos eleitos por apresentarem eficiência relativa maior que 50%, possivelmente o tamanho da unidade amostral, que variou de 250 a 300 m², e o baixo erro padrão da média, parecem ter influenciado esse resultado, indicando a necessidade de adição de unidades amostrais para satisfazer a intensidade de 15 ou 20%. Não foi levado em consideração o tempo ou custo de deslocamento entre uma unidade amostral e outra, o que seria uma vantagem quando se trata do processo de amostragem sistemático.

6.5 Conclusão

Com base nos resultados encontrados neste trabalho, conclui-se que para estimativa de produção de cipó-titica por hectare o sistema de amostragem sistemático, com intensidade de 15 a 20% e com parcelas de 250 m² (10x25 m) a 300 m² (15x20 m), bem como o sistema de amostragem aleatório, com intensidade de 20% e parcela do tipo 10x25 m (250 m²) são os melhores métodos para estimativas precisas de produção de cipó-titica em floresta amazônica.

Quando comparado ao inventário base de 18 ha, os dois esquemas amostrais selecionados proporcionaram boas estimativas, apresentando menor erro amostral, além de maior eficiência por demandar menos tempo e custo para inventariar uma área florestal com cipó-titica.

Referências

- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, Dec. 2013.
- AMAPÁ. **Resolução COEMA nº 13, 30 de julho de 2009**. Dispõe sobre os procedimentos técnicos para elaboração, apresentação, execução e avaliação técnica de Planos de Manejo Florestal de Cipós. Disponível em: <<http://www.sema.ap.gov.br/download/coema/resolucoes/13.pdf>>. Acesso em: 05 ago. 2013.
- BALUARTE, J.; TORRES, D. DEL C. Tamshi: Otro producto no maderable de los bosques Amazónicos con importancia económica. **Folia Amazónica**, Loreto, v. 12, n. 1/2, p. 155-160, 2001.
- BENTES-GAMA, M.M.; VIEIRA, A.H.; ROCHA, R.B. Ecological features of titica vine (*Heteropsis flexuosa* (Kunth) GS Bunting) in Rondônia State, Northwest Brazilian Amazon. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 85, n. 3, p. 1117-1125, Sept. 2013.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Mapa de vegetação do Brasil**. Brasília: IBGE; Ministério da Agricultura, 1988.
- BOOT, R.G.A. Extraction of non-timber forest products from tropical forests. Does diversity come at a price? **Netherlands Journal of Agricultural Science**, Wageningen, v. 45, p. 439-450, Dec. 1997.
- CAVALCANTI, F.J.B.; MACHADO, S.A.; HOSOKAWA, R.T. Tamanho de unidade de amostra e intensidade amostral para espécies comerciais da Amazônia. **Revista Floresta**, Viçosa, v. 39, n. 1, p. 207-214, set./out. 2009.
- CAVALCANTI, F.J.B.; MACHADO, S.A.; OSOKAWA, R.T.; CUNHA, U.S. da. Comparação dos valores estimados por amostragem na caracterização da estrutura de uma área de floresta na Amazônia com as informações registradas no censo florestal. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 5, p. 1061-1068, set./out. 2011.
- D'EÇA-NEVES, F.F.; MORELLATO, L.P.C. Métodos de amostragem e avaliação utilizados em estudos fenológicos de florestas tropicais. **Acta Botânica Brasileira**, Feira de Santana, v. 18, n. 1, p. 99-108, jan./mar. 2004.
- DRUSZCZ, J.P.; NAKAJIMA, N.Y.; PÉLLICO NETTO, S.; YOSHITANI JÚNIOR, M. Comparação entre os métodos de amostragem de bitterlich e de área fixa com parcela circular em plantação de *Pinus taeda*. **Floresta**, Curitiba, v. 40, n. 4, p. 739-754, out./dez. 2010.
- DURIGAN, C.C.; CASTILHO, C.V. O extrativismo de cipós (*Heteropsis* spp. Araceae) no Parque Nacional do Jaú. In: BORGES, S. H.; IWANAGA, S.; DURIGAN, C.C.; PINHEIRO, M.R. (Ed.). **Janelas para a biodiversidade no Parque Nacional do Jaú: uma estratégia para o estudo da biodiversidade na Amazônia**. Manaus: Fundação Vitória Amazônica, 2004. cap. 15, p. 231-245.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. **ArcGIS Desktop**: release 10. Redlands, 2011. 1 CD-ROM.

FERREIRA, M.G.R.; BENTES-GAMA, M.M. **Ecologia e formas de aproveitamento econômico do cipó-titica (*Heteropsis flexuosa* (H.B.K.) G.S. Bunting)**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2004. 21 p. (Série Técnica, 95).

FICK, T.A. Amostragem para inventário florestal em sistemas silvipastoris. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 5, p. 1033-1038, set./out.2011.

GAMA, J. R. V.; BOTELHO, S. A.; BENTES-GAMA, M. de M.; SCOLFORO, J.R.S. Tamanho de parcela e suficiência amostral para estudo da regeneração natural em floresta de várzea na Amazônia. **Revista Cerne**, Lavras, v. 7, n. 2, p. 1-11, abr./jun. 2001.

HOFFMAN, B. **The biology and use of nibbi *Heteropsis flexuosa* (Araceae): the source of an aerial root fiber product in Guyana**. 1997. 148 p. Thesis (Master in Sciences in Biological Sciences) - Florida International University, Miami, 1997.

HOLMES, T.P.; BLATE, G.M.; ZWEEDE, J.C.; PEREIRA JUNIOR, R.; BARRETO, P.; BOLTZ, F. **Custos e benefícios financeiros da exploração de impacto reduzido em comparação à exploração florestal convencional na Amazônia Oriental**. 2. ed. Belém: Fundação Floresta Tropical, 2002. 66 p.

HUSCH, B. **Planning a Forest inventory**. Rome: FAO, 1971. 120 p.

HUSCH, B.; MILLER, C.I.; BEERS, T.W. **Forest mensuration**. 2nd ed. New York: The Ronald Press, 1972. 410 p.

KREBS, C.J. **Ecological methodology**. 2nd ed. Menlo Park: Addison Wesley Longman, 1999. 620 p.

LOETSCH, F. **Report to the Government of Tailand on inventory methods for tropical forests**. Rome: FAO, 1957. pt. 1, 49 p. (FAO Report).

MELLO, J.M. de; DINIZ, F.S.; OLIVEIRA, A.D. de; SCOLFORO, J.R.S.; ACERBI JÚNIOR, F.W.; THIERSCH, C.R. Métodos de amostragem e geoestatística para estimativa do número de fustes e volume em plantios de *Eucalyptus grandis*. **Floresta**, Curitiba, v. 39, n. 1, p. 157-166, jan./mar. 2009.

MESAVAGE.C; GROSENBAUGH, L.R. Efficiency of several cruising designs of small tracts in North Arkansas. **Journal of Forestry**, Beijing, v. 3, n. 9, p. 569-576, Jan. 1956.

OGAYA, N. **Sobre a influência del tamaño de las parcelas en los errors de muestreo en inventários forestales tropicales**. Mérida: Univeridad de los Andes, Facultad de Ciencias Forestales, Centro de Estúdios Forestales de Post-Grado, Instituto de Silvicultura, 1977. 153 p.

OLIVEIRA, J.; POTIGUARA, R.C.V.; LOBATO, L.C.B. Fibras vegetais utilizadas na pesca artesanal na microrregião do Salgado, Pará. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas**, Belém, v. 1, n. 2, p. 113-127, maio/ago. 2006.

PAZ Y MIÑO, C.G.; BALSLEV, H.; VALENCIA, R. Useful lianas of the Siona-Secoya Indians from Amazonian Ecuador. **Economic Botany**, Fullerton, v. 49, n. 3, p. 269-275, July/Sept., 1995.

PÉLLICO NETTO, S.; BRENA, D.A. (Ed.). **Inventário florestal**. Curitiba: UFPR, 1997. v. 1, 316 p.

PEREIRA, J.F.; GUEDES, M.C. Crescimento de raízes e sanidade de cipó-titica (*Heteropsis flexuosa* Buting) submetido à exploração no estado do Amapá. In: SEMINÁRIO DO PROJETO KAMUKAIA: MANEJO SUSTENTÁVEL DE PRODUTOS FLORESTAIS NÃO-MADEIREIROS NA AMAZÔNIA, 1., 2008, Rio Branco. **Anais...** Rio Branco: Embrapa, CPAFAC, 2008. p. 143-149.

PEREIRA, L.A.; VIEIRA, A.R.R.; REIS, M.J. O conhecimento tradicional dos agroextratores de cipó-titica do Amapá: uma abordagem etnoecológica. **Revista Brasileira Agroecologia**, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 1-5, fev. 2007.

PIQUÉ, M.; OBON, B.; CONDÉS, S.; SAURA, S. Comparison of relascope and fixed-radius plots for the estimation of forest stand variables in northeast Spain: an inventory simulation approach. **European Journal Forest Research**, Freising, v. 130, n. 5, p. 851-859, Sept. 2011.

PLOWDEN, C.; UHL, C.; OLIVEIRA, F.A. The ecology and harvest potential of titica vine roots (*Heteropsis flexuosa*: Araceae) in the eastern Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, Fort Collins, v. 182, p. 59-73, Sept. 2003.

QUEIROZ, W.T. **Técnicas de amostragem em inventário florestal nos trópicos**. Belém: FCAP, Serviço de Documentação e Informação, 1998. 147 p.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2013. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 01 jan. 2013.

RADAMBRASIL. **Projeto RADAMBRASIL: 1973-1983** - Levantamento de Recursos Naturais. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, Departamento Nacional de Produção Mineral, 1983. 23 v.

RANGEL, J.A.R. Temas etnobotánicos vocablos piaroa de algunas artesanías de origen forestal del estado Amazonas, Venezuela. **Revista Forestal Latinoamericana**, Mérida, v. 18, n. 34, p. 71-86, jul./dec. 2003.

SCIPIONI, M.C.; ALVES, C.G.; DURIGAN, C.C.; MORAIS, M.L.C.S. Exploração e manejo do cipó-titica (*Heteropsis* spp.). **Ambiência**, Guarapuava, v. 8 n. 1, p. 139-153, jan./abr. 2012.

SHANLEY, P., MEDINA, G. **Frutíferas e plantas úteis na vida Amazônica**. Belém: CIFOR; Imazon, 2005. 300 p.

SILVA, G.F. da; XAVIER, A.C.; RODRIGUES, F.L.; PETERNELLI, L.A. Análise da influência de diferentes tamanhos e composições de amostras no ajuste de uma relação hipsométrica para *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 685-694, jul./ago. 2007.

SILVA, J.N.M. **Eficiência de diversos tamanhos e formas de unidades de amostras aplicadas em inventário florestal na região do baixo Tapajós**. 1980. 83 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1980.

SOARES, C.P.B.; PAULA NETO, F. de; SOUZA, A.L. de. **Dendrometria e inventário florestal**. Viçosa: Ed. UFV, 2006. 276 p.

SOARES, C.P.B.; RODELLO, C.M.; SOUZA, A.L. de; LEITE, H.G.; SOARES, V.P.; SILVA, G.F. da. Comparação entre procedimentos de amostragem para espécies florestais raras e padrão de distribuição espacial agregado. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 3, p. 545-553, abr. 2009a.

SOARES, M. L.; MAYO, S.J.; CROAT, T.B.; GRIBEL, R. Two new species and a new combination in Amazonian *Heteropsis* (Araceae). **Kew Bulletin**, Richmond, v. 64, p. 263–270, Jun. 2009b.

TEMPONI, L.G.; GARCIA, F.C.P.; SAKURAGUI, C.M.; CARVALHO-OKANO, R.M. de. Araceae do Parque Estadual do Rio Doce, MG, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, Feira de Santana, v. 20, n. 1, p. 87-103, jan. 2006.

UBIALLI, J.A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; MACHADO, S.A.; ARCE, J.E. Comparação de métodos e processos de amostragem para estudos fitossociológicos em uma floresta ecotonal na região norte matogrossense. **Floresta**, Curitiba, v. 39, n. 3, p. 511-523, jul./set. 2009a.

_____. Comparação de métodos e processos de amostragem para estimar a área basal para grupos de espécies em uma floresta ecotonal da região norte matogrossense. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 39, n. 2, p. 305–314, abr./jun. 2009b.

VASQUES, A.G. **Método de amostragem em linhas: desenvolvimento e aplicação de uma floresta implantada com *Pinus taeda* L.** 1988. 97 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1988.

VIEIRA, A.H.; BENTES-GAMA, M.M.; ROCHA, R.B. Sobrevivência de cipó-titica (*Heteropsis flexuosa* Bunting) após diferentes intensidades de corte em Machadinho do Oeste, Rondônia. In: SEMINÁRIO DO PROJETO KAMUKAIA MANEJO SUSTENTÁVEL DE PRODUTOS FLORESTAIS NÃO-MADEIREIROS NA AMAZÔNIA, 1., 2008, Rio Branco, **Anais...** Rio Branco: Embrapa Acre, 2008. p. 151-156.

WHITEHEAD, B; GODOY, R. The extraction of rattan-like lianas in the new world tropics: A possible prototype for sustainable forest management. **Agroforestry Systems**, Columbia, v. 16, p. 247-255, Dec. 1991.

ZAR, J.H. **Biostatistical analysis**. 4th ed. New Jersey: Prentice-Hal, 1999. 663 p.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta tese foi escrita em formato de diferentes artigos científicos enfocando a análise do ciclo de manejo do óleo resina de copaíba do ponto de vista de produção e econômico, os fatores que influenciam na produção de óleo resina por copaibeira, a avaliação do ciclo de manejo das raízes de cipó-titica, métodos de amostragem de cipós e a geoestatística na análise da distribuição espacial da produção. Esses artigos mostraram o quão é complexa esta tentativa de se tentar analisar e compreender os fatores bióticos e abióticos relacionados a duas espécies importantes para comunidades extrativistas, a *Copaifera* spp. e o *Heteropsis* spp. Esses estudos poderão implicar na criação ou melhoria das práticas de manejo, do ponto de vista ambiental e econômico. Levando-se em consideração os objetivos específicos desta tese, abaixo selecionamos as principais descobertas:

I. *Copaifera* spp.:

- Variáveis, tais como o diâmetro, presença de pragas, qualidade do fuste e copa, espécie e o ciclo de manejo, foram relacionadas com a probabilidade de obtenção de óleo resina. Sendo que no modelo de produção de óleo resina, a maior ou menor produção a ser obtida poderá depender de qual ciclo a ser adotado e se dentro deste ciclo está sendo praticado a primeira, segunda ou terceira extração. E de maneira geral, o ciclo de três mostra ser o melhor na questão de ganho de produção em relação aos demais períodos de ciclos adotados, no qual a *Copaifera reticulata* proporciona maiores produções médias e a menor proporção de árvores mortas, ocadas e não produtivas.
- Ao ser avaliado diferentes ciclos de manejo, variando de 1 a 5 anos, e que dentro destes intervalos foram praticadas de duas a três extrações, considerando um horizonte de planejamento de 10 anos, as maiores produções de óleo resina sempre são obtidas na primeira extração. E o ciclo de três anos mostra ser o mais viável tanto do ponto de vista de produção física quanto da questão monetária, quando considerado o valor presente líquido como fator de avaliação.

II. *Heteropsis* spp.:

- O ciclo de manejo de dois anos para as raízes de cipó-titica não mostra ser viável, do ponto de vista ecológico e econômico, mesmo que praticado extração das raízes comerciais em proporções de 50%. O número de indivíduos regenerantes reduziu e de raízes não comerciais aumentou neste período. Além disso, em áreas onde não

ocorreram intervenções antrópicas, em observações realizadas durante um período de dois anos, foi verificada uma taxa de mortalidade de cerca de 40% e o crescimento das raízes a uma taxa média de $1,80 (\pm 2,75) \text{ cm} \cdot \text{mês}^{-1}$.

- A estimativa de produção de raízes de cipó-titica por hectare em floresta amazônica, considerando a maior eficiência e um erro amostral abaixo de 15%, é obtida por meio de amostragem do tipo aleatória ou sistemática, com intensidade amostral variando de 15 a 20%, e parcelas com 250 a 300 m².

Em relação às hipóteses do estudo, verifica-se que:

- O rendimento de óleo resina de copaíba está mais relacionado a espécie do que aos fatores ambientais e fenotípicos da copaíba. E o rendimento de óleo resina reduz a cada sucessiva extração, porém esta taxa de decréscimo é menor a medida que o intervalo entre as coletas é maior, pois maior será o tempo para que a planta sintetize o óleo resina: **corroborada parcialmente, já que o diâmetro, a qualidade da copa e do fuste, presença de pragas influenciam na probabilidade da presença de óleo resina, e o ciclo intermediário (de 3 anos) foi o melhor quando comparado ao ciclos variando de 1 a 5 anos.**

- Presume-se que não haverá diferença em ambos os cenários ótimos (maximização de produção e valor presente líquido), porque os níveis de produção estão diminuindo ao longo do horizonte de planejamento. Outra questão é que os resultados referentes ao ciclo ótimo são os mesmos em relação à duração do ciclo ideal quando considerado um cenário determinístico ou um cenário em que o risco ou a incerteza é introduzido em algumas das variáveis do modelo, tais como o preço do óleo resina: **corroborada integralmente.**

- A estimativa de produção das raízes de cipó-titica, assim como a eficiência e o erro amostral são diferentes para os diferentes métodos e intensidades amostrais, tamanho e formato de parcelas. E o uso de amostragem do tipo sistemática, independente da intensidade e tamanho/formato de parcela a ser considerado para inventário de produto florestal não madeireiro cipó é mais eficiente dos que o tipo aleatório em mesmas condições: **corroborada parcialmente, já que um tratamento do tipo aleatório apresentou bom resultado em relação à estimativa de produção, eficiência e erro amostral.**

- Para que a coleta de cipó-titica seja viável economicamente e ecologicamente, é necessário que um ciclo de manejo maior de dois anos seja praticado e não excedendo a extração de 50% do total de raízes de cipó-titica do tipo comercial. E a taxa de crescimento das raízes remanescentes e regenerantes é baixa, sendo que dois anos são insuficientes para completar o ciclo de crescimento do cipó-titica, considerando o seu estabelecimento no hospedeiro até o lançamento de raízes que alcancem o solo florestal: **corroborada integralmente.**