

IZABELLE LUIZA LOPES MARQUES

Dinâmica populacional de andiroba (*Carapa guianensis* Aublet) em Roraima,  
Extremo Norte da Amazônia.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais, da Universidade Federal de Roraima como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Recursos Naturais. Área de concentração: Manejo e conservação de Bacias Hidrográficas. Orientadora: Dra. Carolina Volkmer de Castilho

Boa Vista, RR

2012

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)  
Biblioteca Central da Universidade Federal de Roraima

M357d Marques, Isabelle Luiza Lopes.

Dinâmica populacional de Andiroba (*Carapa Guianensis Aublet*) em Roraima,  
Extremo Norte da Amazônia / Isabelle Luiza Lopes Marques. – Boa Vista, 2013.

57 f. : il.

Orientadora: Profa. Dra. Carolina Volkmer de Castilho.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Roraima, Programa de Pós-  
Graduação em Recursos Naturais.

1 – Manejo sustentável. 2 – Produto florestal não madeireiro. 3 – Modelos de  
matrizes populacionais. 4 – Amazônia. I – Título. II – Castilho, Carolina Volkmer de  
(orientadora).

CDU – 582:630\*1

IZABELLE LUIZA LOPES MARQUES

DINÂMICA POPULACIONAL DE ANDIROBA (*Carapa guianensis* Aublet) EM  
RORAIMA, EXTREMO NORTE DA AMAZÔNIA.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais, da Universidade Federal de Roraima como requisito parcial à obtenção do grau de mestre em Recursos Naturais. Área de concentração: Manejo e conservação de Bacias Hidrográficas. Defendida em 30 de outubro de 2012 e avaliada pela seguinte banca examinadora:

---

Dra. Carolina Volkmer de Castilho  
Orientadora/ Embrapa Roraima

---

Dr. Reinaldo Imbrozio Barbosa  
Membro titular da banca/ INPA, RR

---

Dra. Albanita de Jesus Rodrigues da Silva  
Membro titular da banca/UFRF

---

Dra. Flávia Antunes  
Membro titular da banca/UERR

*A minha querida mãe, meu melhor exemplo de mulher: valente, verdadeira, audaz...*

*Por nunca me permitir desistir, por sempre me apoiar,  
e me “sacudir” quantas vezes fossem necessárias, e principalmente  
por me amar tanto, que nem consigo mensurar;*

*E ao meu amado pai, por me amar de um jeito tão doce e único...*

*Por mover “céus e terras” só pra me fazer sorrir!  
E por eu sempre encontrar em seus braços, aconchego  
e força suficientes para dissipar o medo,  
que por vezes insisti em me consumir.*

*Dedico.*

“Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.”

Art. 225 – Carta Magna da República Federativa do Brasil, 1988.

## AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós Graduação em Recursos Naturais – PRONAT pela oportunidade concedida.

À Universidade Federal de Roraima pela bolsa concedida através de recursos provenientes do Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais – REUNI.

À Embrapa – Roraima pelo financiamento e disponibilização de dados através do projeto Kamukaia - Manejo Sustentável de Produtos Florestais Não Madeireiros na Amazônia.

À Dra. Carolina Castilho pela sugestão do estudo, orientação e amizade, e ao Dr. Aldicir Scariot pela gentileza em me receber e coorientar, mesmo sem obrigação formal de fazê-lo.

Aos colegas da Embrapa Roraima, Anchieta, Telles, Taiguara pelo esmero na coleta de dados e ensinamentos em campo, e a Fabiana da UERR pela coleta de dados e amizade.

Aos amigos do INPA – Roraima, casa que sempre me recebeu e acolheu nos momentos de dúvidas, em especial aos doutores Reinaldo Barbosa e Celso Morato;

Àqueles amigos feitos durante o curso de campo no INPA – Amazonas, pela amizade, abrigo e ajuda, os quais não posso deixar de mencionar Carol e Juliana, amigas queridíssimas que o destino me permitiu dividir o teto e trazer na bagagem boas lembranças e saudades; ao Chico pela gentileza em me ceder seu quarto, no momento em que eu só tinha uma rede pra dormir; Simone pelas experiências trocadas na então formada “república das meninas” e aos “Guerreiros da madrugada” Júlia, André e Jati, pessoas queridas que espero ter a oportunidade de tornar a vê-las e quem sabe conviver um pouco mais.

Aos amigos de mestrado os quais tive o privilégio de conhecer e dividir dois anos da minha vida: Priscila, Lorenza, Vaneza, Érica, Andréia, Karu, Suellen e Julian. Mesmo com destinos tão diversos, cada um fez de mim parte do que hoje me tornei, agradeço por cada conversa, cerveja, ajuda ou desabafo que partilhei com vocês, sem dúvida minha temporada em Boa Vista, não seria tão agradável se não houvesse vocês em meu convívio.

Aos amigos do herbário Edmar, Will, Andrea, e à professora Dra. Albanita pela amizade, convivência e troca de experiências.

Aos amigos da Embrapa – Recursos Genéticos e Biotecnologia, em especial ao amigo de longa data Aécio, e aos novos e bons amigos Natália, Pâmela, Gabi, Pedro, Dudu e Bia, pela descontração e convivência.

Ao bom amigo Xitão, por contribuir com questionamentos importantes na fase de redação desse trabalho, pela ajuda nos meus momentos de pânico frente aos desafios do “R” e por não só me apontar os erros, mas principalmente por me ajudar a resolvê-los.

Aos queridos amigos Aelton e Isabela (Belinha), por terem me estendido à mão no momento em que eu mais precisei, por não hesitarem em me ajudar sempre que solicitados, e por terem a paciência de me explicarem a mesma coisa mais de uma vez... Aos dois, o meu sincero “muito obrigada”! Fiquem certos que parte dessa conquista se deve a vocês.

À amiga Renata por sempre se fazer presente, mesmo estando tão longe, desde a época da faculdade.

Aos meus pais pela força e apoio incondicionais.

Ao meu irmão por me ensinar que “as pessoas só fazem conosco aquilo que permitimos que elas façam”.

A minha cunhada pela ajuda, paciência e abrigo, e aos meus sobrinhos por tornarem meus dias mais “bonitos e divertidos!”.

Ao meu marido, por ter suportado ao meu lado as angústias e ansiedades do mestrado, por adiar planos e sonhos por conta dos meus compromissos, por escutar “não posso!” em várias ocasiões, por lidar com minha impaciência, por minha ausência latente nos nossos dois primeiros anos de casados... Obrigada por me apoiar até aqui.

À Roraima lugar único e de tamanha beleza que me encantou... Banhei-me nas águas do Rio Branco, e hoje me sinto “metade candanga, metade macuxi”.

À Deus pela companhia e fidelidade.

À todos que citei e aos muitos que deixei de mencionar, muito obrigada!

## RESUMO

O extrativismo de Produtos Florestais não Madeireiros - PFNMs surge com a prerrogativa do uso dos produtos da biodiversidade com a manutenção da floresta em pé. No entanto, a coleta desses produtos pode afetar, em diferentes níveis, as taxas vitais dos indivíduos da espécie explorada e comprometer os parâmetros demográficos e genéticos das populações. Para garantir que o extrativismo seja uma atividade sustentável e gere desenvolvimento socioeconômico para os povos da floresta, é imprescindível agregar ao conhecimento tradicional informações sobre a ecologia das espécies e técnicas de manejo adequadas. A andiroba (*Carapa guianensis* Aublet.) é uma árvore de uso múltiplo, fornecendo um dos óleos medicinais mais utilizados na Amazônia e madeira de alta qualidade. Apesar do crescente interesse de mercado, informações sobre a biologia da espécie, aspectos econômicos e ecológicos da coleta das sementes para a extração do óleo e o processamento deste ainda são limitados. Nesse sentido, este estudo teve por objetivo avaliar o potencial produtivo de sementes e a dinâmica populacional de *C. guianensis* em uma população natural, no sul do Estado de Roraima. Em uma parcela de nove hectares, todos os indivíduos de *C. guianensis* com DAP  $\geq 10$  cm foram classificados em estádios de desenvolvimento e tiveram a produção de sementes estimada durante um intervalo de seis anos. Indivíduos com DAP  $< 10$  cm, denominados regenerantes, foram monitorados em 27 subparcelas de 25 x 25m (1,7 ha). Através de modelos matriciais foram avaliados a estrutura da população, estimada a taxa finita de crescimento populacional ( $\lambda$ ) e identificado o parâmetro demográfico prioritário para a persistência populacional. Para propor recomendações de manejo, simulações de diferentes regimes de exploração da espécie foram realizadas. O diâmetro do caule das andirobeiras pode ser utilizado para identificar indivíduos produtivos, sendo as árvores com diâmetro acima de 35 cm as mais produtivas. A população estudada encontra-se estável e, se mantidas as condições atuais, não apresenta risco de declínio populacional. O parâmetro demográfico prioritário para a manutenção da população de *C. guianensis* foi a sobrevivência dos adultos II (DAP  $\geq 35$  cm). Em simulações de manejo a remoção ou incremento de regenerantes, ou a retirada de adultos I ( $10 < \text{DAP} < 35$  cm), não afetou a taxa de crescimento populacional. No entanto, a remoção de apenas dois adultos II, isto é, interferência inferior a 3% na sobrevivência dos indivíduos com maior potencial reprodutivo da população, a taxa de crescimento populacional decaiu ( $\lambda < 1$ ). Assim, mantendo-se as condições atuais, a manutenção da taxa de crescimento da população estudada é compatível com o extrativismo de sementes. O manejo de uso múltiplo da espécie (madeira e sementes) deve evitar o corte de árvore nas classes mais produtivas (DAP  $\geq 35$  cm) para não comprometer o equilíbrio populacional.

Palavras-chave: Amazônia. Produto florestal não madeireiro. Manejo sustentável. Modelos de matrizes populacionais.

## ABSTRACT

The harvest of non-timber forest products is a way of boosting income for poor people in the tropics, and encouraging forest conservation. However, harvesting of such products may change ecological processes of the exploited species at different levels. These changes could affect vital rates of individuals and demographic and genetic parameters of the populations. To ensure that the harvesting is a sustainable activity and generate socio-economic development for the people of the forest, it is essential to add to traditional knowledge information about the ecology of the species and appropriate management techniques. The Andiroba (*Carapa guianensis* Aublet.) is a multipurpose tree, providing one of the most widely used medicinal oils in the Amazon, and high-quality wood. Despite market's growing interest, information on the species' biology, economic, and ecological aspects of the seed harvesting and oil processing remain limited. This study aimed to evaluate seed production and population dynamics of *C. guianensis* in a natural stand in southern Roraima. In a nine-hectare plot, all individuals of *C. guianensis* with DBH  $\geq 10$  cm were classified into developmental stages and tree individual seed production was estimated during a period of six years. Individuals with DBH  $< 10$  cm, named recruits, were monitored in 27 subplots of 25 x 25 m (1.7 ha). Matrix models were used to (i) evaluate population structure, (ii) estimate finite rate of increase ( $\lambda$ ) and (iii) identify priority demographic parameter for population persistence. We used simulations to test different kinds of harvesting intensity to suggest management recommendations. Tree diameter can be used to identify productive individuals; trees with a diameter above 35 cm are the most productive. According to our simulations, the studied population is stable and, if current conditions remain unchanged, there is no risk of population decline. The main population parameter for the maintenance of *C. guianensis* population was the survival of adult II (DBH  $\geq 35$  cm). Simulations of harvesting intensity, regeneration increase, or withdrawal of adults I (10  $<$  DBH  $<$  35 cm), did not affect the rate of population growth. However, removal of only two adult II (or less than a 3% interference in the survival of individuals with higher reproductive potential of the population) results in a decrease of population growth rate ( $\lambda < 1$ ). Thus, maintaining current conditions, the growth rate of the population studied is consistent with seeds harvesting. Multiple uses of this species (wood and seeds) should avoid cutting trees in the most productive classes (DBH  $\geq 35$  cm) to avoid compromising population growth.

Keywords: Amazon. Non-timber forest product. Population matrix models. Sustainable management.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da área onde foi instalada a parcela permanente para estudo de uma população de <i>Carapa guianensis</i> no sul de Roraima, município de São João da Baliza. Em detalhe, a localização e tamanho (diâmetro) das árvores adultas marcadas no interior da parcela permanente.....	21
Figura 2 - Ritidoma de <i>Carapa guianensis</i> com corte indicando a coloração da madeira.....	22
Figura 3 - Folha de <i>Carapa guianensis</i> . ....	22
Figura 4 - (A) Fruto maduro de <i>Carapa guianensis</i> ; (B) Sementes expostas em fruto aberto.	23
Figura 5 - (A) Aspecto externo de semente de <i>Carapa guianensis</i> infestada por larva de inseto; (B) Aspecto interno de semente de <i>C. guianensis</i> com a presença de larva de inseto. ....	24
Figura 6 - Método utilizado para a determinação da produção individual de sementes (peso fresco, kg) de <i>Carapa guianensis</i> . ....	26
Figura 7 - Indivíduo regenerante de <i>Carapa guianensis</i> . ....	28
Figura 8 - Matriz de projeção representando a probabilidade de sobrevivência com permanência de estágio, probabilidade de sobrevivência com passagem de estágio, probabilidade de sobrevivência com retrocesso de estágio, e valores de fecundidade (F). ....	29
Figura 9 - Diagrama esquemático com representação das transições possíveis entre os três estádios. ....	31
Figura 10 - Modelo matricial geral de projeção do tamanho populacional no tempo (t+1)....	31
Figura 11 - Total de indivíduos vivos (barras coloridas) e indivíduos em atividade reprodutiva (barras hachuradas) por classes de DAP de população natural de <i>Carapa guianensis</i> , no sul do Estado de Roraima no intervalo demográfico (2006 – 2011).....	35
Figura 12 - Produção anual de sementes (kg) de <i>Carapa guianensis</i> por classes diamétricas, em uma área de 9 ha no sul do Estado de Roraima. ....	37
Figura 13 - Matriz de projeção com parâmetros demográficos da população de <i>C. guianensis</i> , no intervalo de 2006 – 2011. ....	41
Figura 14 - Taxa finita de crescimento ( $\lambda$ ) estimada a partir de 10.000 aleatorizações do conjunto original de dados do intervalo demográfico 2006 – 2011 de uma população de <i>Carapa guianensis</i> , com intervalo de confiança de 95%. As linhas verticais tracejadas indicam os intervalos de confiança para o valor de ( $\lambda$ ) calculados a partir dos percentis 2,5 e 97% da distribuição. ....	43
Figura 15 - Distribuição de classe estável, projetada pelo modelo de matriz populacional.....	44

Figura 16 - Matriz de elasticidade representando a contribuição específica dos parâmetros demográficos para a taxa de crescimento populacional ( $\lambda$ ).....	45
Figura 17 - Resposta da taxa finita de crescimento populacional ( $\lambda$ ) com intervalo de confiança (IC <sub>95%</sub> ) de <i>Carapa guianensis</i> para simulações de diferentes níveis de exploração através da retirada e incremento de indivíduos no estágio de regenerantes. ....	46
Figura 18 - Resposta da taxa de crescimento populacional ( $\lambda$ ) de <i>Carapa guianensis</i> para simulação de retirada de indivíduos do estágio adultos II.....	47

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Número total de adultos vivos, e em atividade reprodutiva em uma população natural de <i>Carapa guianensis</i> , no sul do Estado de Roraima.....	34
Tabela 2 - Produção de sementes por classes diamétricas em população natural de <i>Carapa guianensis</i> , no sul do Estado de Roraima no intervalo demográfico (2006 – 2011).....	35
Tabela 3 - Produção de sementes por ano em população natural de <i>Carapa guianensis</i> , no sul do Estado de Roraima entre os anos de 2006 a 2011. $\bar{x}$ = média e DP = desvio padrão.....	36
Tabela 4 - Total de sementes (kg) produzidas por ano, entre classes diamétricas (cm), e produção média de sementes (kg) por indivíduo em cada classe ao longo dos 6 anos de monitoramento de uma população natural de <i>Carapa guianensis</i> , no sul do Estado de Roraima. .....	37
Tabela 5 - Número de indivíduos de <i>Carapa guianensis</i> por classe de estágio no tempo (t) e no tempo (t+1). .....	41

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAP	Circunferência a 1,30 metros do solo
DAP	Diâmetro a 1,30 metros do solo
DAP mr	Diâmetro mínimo reprodutivo
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO	Food and Agriculture Organization
GLM	Generalized Linear Model
ha	Hectare
ind. ha <sup>-1</sup>	Indivíduos por hectare
MCT	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
MPOG	Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão
PFNMs	Produtos Florestais Não Madeireiros
(M)	Matriz de projeção
(n)	Vetor populacional
(t)	Tempo
(t+1)	Tempo futuro
$\lambda$	Lambda; Taxa de crescimento populacional
$v$	Valor reprodutivo
$w$	Distribuição de estágio estável

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	19
<b>2.1 Objetivo Geral</b> .....	19
<b>2.2 Objetivos Específicos</b> .....	19
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	20
<b>3.1 Área de estudo</b> .....	20
<b>3.2 Caracterização da espécie – <i>Carapa guianensis</i></b> .....	20
<b>3.2.1 Aspectos econômicos</b> .....	24
<b>3.3 Potencial produtivo</b> .....	25
<b>3.4 Dinâmica populacional</b> .....	27
<b>3.4.1 Perfil das classes de estádios</b> .....	27
<b>3.4.2 Construção da matriz</b> .....	28
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	34
<b>4.1 Potencial produtivo</b> .....	34
<b>4.2 Dinâmica populacional - Análise matricial</b> .....	40
<b>4.2.1 Taxa de crescimento populacional</b> .....	42
<b>4.2.2 Distribuição de estágio estável (<math>w</math>) e valor reprodutivo (<math>v</math>)</b> .....	44
<b>4.2.3 Elasticidade</b> .....	45
<b>4.2.4 Simulações de manejo</b> .....	46
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	49
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	50

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui 13% da área florestal do planeta, ocupando a segunda posição entre os cinco países mais ricos em florestas e possuindo a maior extensão de floresta tropical do globo (FAO, 2011). No entanto, ocupa o primeiro lugar no ranking do desmatamento mundial, mesmo reduzindo a área desmatada de 2,9 milhões de hectares anuais para 2,6 milhões entre os anos 1990 e 2000 (FAO, 2010). Na Amazônia Legal, o índice de desmatamento para o ano de 2011, segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais ficou em 6.418 km<sup>2</sup> (BRASIL. MCT, 2012).

Embora se reconheça o potencial megadiverso do Brasil e, particularmente da Amazônia, não há uma noção clara de quanto se perde economicamente com o desflorestamento e a supressão dos produtos da biodiversidade. Além de perdas ambientais, que incluem a redução da ciclagem da água (e da precipitação) e contribuições para o aquecimento global (BENTES-GAMA et al., 2006; FEARNSSIDE, 2005; JUVENAL; MATTOS, 2002; PHILLIPS et al., 2009), existem perdas sociais e culturais (SUB-REDE, 2007). Com enfoque na preservação dos recursos da biodiversidade e dos serviços ambientais, nas últimas décadas, a necessidade de conservar os remanescentes florestais conduziu ao reconhecimento e valoração dos produtos florestais não madeireiros – PFNMs (BALZON et al., 2004; CASTRO, 2007; FAO, 2011; GAMA et al., 2005; GUERRA, 2009; SANQUETTA et al., 2010; SANTOS et al., 2003).

Shanley et al. (2005) conceituam produtos florestais não-madeireiros (PFNM) como recursos biológicos provenientes de florestas nativas, sistemas agroflorestais e plantações, e incluem plantas medicinais e comestíveis, frutas, castanhas, resinas, látex, óleos essenciais, fibras, forragem, fungos, fauna e madeira para fabricação de artesanato. No Brasil, a maior parte da população extrativista é formada por colonos, índios e seringueiros, comunidades que de fato se mantêm dos recursos provenientes dos lugares onde vivem, tais como remédios, alimentos e abrigo, carregando em suas tradições conhecimento de utilização da biodiversidade, bem como seus benefícios e potencialidades (BALZON et al., 2004; PLOWDEN, 2004; SHANLEY et al., 2005; TICKTIN, 2004).

No entanto, a popularização das propriedades associadas a esses recursos levam ao aumento do consumo e demanda. O conseqüente aumento do valor agregado do produto modifica a natureza da utilização e as intervenções de manejo no ecossistema. Sendo assim, embora se reconheça o extrativismo de PFNMs como econômica e ecologicamente viável, a

coleta desses produtos, pode alterar em diferentes níveis os processos ecológicos da espécie explorada, afetar as taxas vitais dos indivíduos e, comprometer os parâmetros demográficos e genéticos das populações. A sustentabilidade na coleta dos recursos da floresta não é somente essencial para preservar as espécies de plantas, mas também para a sobrevivência das pessoas que delas dependem (FAO, 2010; TICKTIN, 2004).

Enquanto alguns produtos são extremamente importantes para subsistência e para estilos de vida e culturas tradicionais, outros possuem alto valor comercial. O valor referente à extração de produtos florestais não madeireiros em todo o mundo foi de cerca de 18,5 milhões de dólares para o ano de 2005 (FAO, 2010). No entanto, as estatísticas provavelmente abrangem apenas uma fração do valor real total de PFNMs extraídos, por conta da inexistência de documentação por parte de vários países (FAO, 2010).

No Brasil, dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE indicam que o valor da participação de produtos não madeireiros na extração vegetal somou R\$ 778,2 milhões em 2010 contra R\$ 685,4 milhões em 2009 (BRASIL. MPOG, 2012). Os produtos não madeireiros que se destacaram foram coquilhos de açaí (R\$ 179,4 milhões), amêndoas de babaçu (R\$ 154,8 milhões), fibras de piaçava (R\$ 117,7 milhões), erva-mate nativa (R\$ 100,5 milhões), pó cerífero de carnaúba (R\$ 86,2 milhões) e castanha-do-brasil (R\$ 55,2 milhões). Em conjunto, eles somaram 89% do valor total da produção extrativista vegetal não-madeireira (BRASIL. MPOG, 2012). Sendo assim, os demais produtos da biodiversidade brasileira, inclusive os da Amazônia, tais como óleo de copaíba, andiroba, urucum, guaraná, priprioca, murumuru e outros representam somente 10% desse valor, indicando quão grande o potencial de expansão dessa atividade.

Embora os PFNMs tenham potencial para geração de renda, o simples extrativismo não tem conduzido os povos da floresta rumo ao desenvolvimento socioeconômico (KLIMAS et al., 2007). Sem agregar ao conhecimento tradicional informações sobre a ecologia das espécies e técnicas de manejo, não há como conciliar uso e sustentabilidade; usufruto dos recursos e renda compatível e justa pelos mesmos, colocando em risco toda a cadeia produtiva do extrativismo (GUEDES et al., 2008; WADT et al., 2008).

A consequência ecológica mais direta da extração indiscriminada de PFNMs é a alteração nas taxas vitais (crescimento, sobrevivência e reprodução) o que pode afetar a estrutura e a dinâmica das populações (TICKTIN, 2004). Portanto, é de fundamental importância estudos demográficos para avaliar a persistência populacional de espécies florestais fornecedoras de produtos florestais não madeireiros, e nesse sentido, frequente é a

utilização de modelos de matriz populacional para avaliar os impactos decorrentes da atividade de coleta na dinâmica populacional dessas espécies (CASWELL, 2001).

Estudos de dinâmica populacional têm como objetivo entender as mudanças em dada população ao longo do tempo e do espaço (GIBSON, 2002) e permitem determinar o número de indivíduos de uma população a partir do número de nascimentos, mortes, imigração e emigração (GUREVITCH et al., 2009). Nesses estudos um critério comumente utilizado para a sustentabilidade é a taxa de crescimento da população ( $\lambda$ ) obtida a partir de modelos matriciais. O valor de  $\lambda$  indica o possível *status* da população: quando  $\lambda > 1$  a população está em crescimento,  $\lambda < 1$  em declínio numérico, e estável quando apresenta  $\lambda = 1$  (CASWELL, 2001). Esses modelos geram projeções com bases nas taxas vitais da tabela de vida das populações, e são capazes de subsidiar estratégias de manejo, que permitam assegurar a estabilidade de populações em longo prazo, sem perturbar negativamente a dinâmica populacional das espécies exploradas. Os modelos matriciais possibilitam estimar a taxa máxima de coleta sustentável, permitindo avaliar os impactos do extrativismo e identificar os regimes ótimos de coleta através das taxas de crescimento, mortalidade e recrutamento dos indivíduos ao longo do tempo.

Deparando-se com a expansão do mercado e a ausência de subsídios para propor a exploração sustentável de PFNMs, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa desde 2005 desenvolve o projeto “Manejo Sustentável de Produtos Florestais Não Madeireiros na Amazônia”, coordenado por sua unidade no Acre com a participação de todas as unidades da Embrapa localizadas na região norte. Este projeto, também chamado de “Projeto Kamukaia”, permitiu a formação de uma rede de pesquisa para estudar a ecologia de espécies produtoras de PFNM e recomendar estratégias de manejo e de avaliação da sustentabilidade voltadas às necessidades intrínsecas de cada região da Amazônia. Ao final do projeto, espera-se ter informações a respeito das espécies selecionadas para subsidiar planos de manejo sustentáveis e propor estratégias de manejo florestal para pequenas propriedades que incorporem as particularidades regionais. O projeto elegeu seis espécies (castanha-do-brasil, andiroba, unha de gato, copaíba, babaçu e cipó-títica) para estudos de ecologia e manejo nos estados da Amazônia Legal.

Este estudo foi realizado como parte do projeto Kamukaia com o propósito de conhecer a ecologia populacional de *Carapa guianensis* Aublet (andiroba) no Extremo Norte da Amazônia Legal. No estado de Roraima, as áreas com maior ocorrência de andiroba localizam-se no sul do estado, nos municípios de Caracaraí, São João da Baliza, Caroebe e Rorainópolis. Nesses municípios há numerosos projetos de reforma agrária, nos quais a exploração sustentável de produtos florestais tem grande relevância (TONINI et al., 2009).

A andiroba é uma árvore de uso múltiplo, fornecendo um dos óleos medicinais mais utilizados na Amazônia e madeira de alta qualidade (SHANLEY et al., 2005). Apesar do crescente interesse de mercado, informações sobre a biologia da espécie, aspectos econômicos e ecológicos da colheita e processamento do óleo ainda são limitados.

Na literatura, há registros de grande variação na densidade populacional, e produção anual de sementes de andiroba ao longo de sua distribuição geográfica. Conhecer a distribuição espacial e temporal da produção de frutos, os estádios de desenvolvimento e parâmetros demográficos prioritários para a persistência populacional da espécie, e o quanto pode ser explorado sem comprometer a persistência da população são informações essenciais para se propor recomendações técnicas à cadeia produtiva do óleo de andiroba no Estado de Roraima.

Existem poucos estudos com andiroba em Roraima, destacando-se aqueles que tratam da estrutura populacional e distribuição espacial (TONINI et al., 2009), produção de sementes (PEREIRA, 2010; PEREIRA et al., 2011), fenologia (PEREIRA; TONINI, 2012) e sobre o uso do óleo de andiroba nos municípios no Sul do estado de Roraima (TONINI; KAMINSKI, 2009).

Este estudo utilizou modelos matriciais para testar a hipótese de que a persistência da população avaliada de *Carapa guianensis* depende da intensidade da coleta de sementes na área. Associadas a hipótese, formularam-se as seguintes questões:

- i) Como está distribuída temporalmente a produção de sementes em relação ao tamanho (diâmetro) das árvores de *C. guianensis*?
- ii) Quais as taxas de natalidade, mortalidade e sobrevivência da população?
- iii) A população de *C. guianensis* se encontra estável, em crescimento ou em declínio? E qual a tendência populacional para o futuro?
- iv) Qual o processo mais importante para a manutenção da população de *C. guianensis* ao longo do tempo?
- v) Qual o percentual de sementes que pode ser coletado sem colocar em risco a estabilidade populacional?
- vi) Qual o comportamento da população de *C. guianensis* sob diferentes regimes de extrativismo?

A obtenção, sistematização e disponibilização de informações técnico-científicas relacionadas à ecologia e dinâmica populacional de espécies florestais como a andiroba, são indispensáveis na proposição de diretrizes que auxiliem na geração de estratégias adequadas para o manejo e conservação da biodiversidade Amazônica.

## 2 OBJETIVOS

Segue descrição dos objetivos geral e específicos norteadores desse estudo.

### 2.1 Objetivo Geral

Avaliar o potencial produtivo de sementes e a dinâmica populacional de *Carapa guianensis* em uma população natural no sul do Estado de Roraima para a geração de subsídios necessários à proposição de estratégias de manejo e conservação da espécie.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a produção de sementes em relação ao tamanho de indivíduos de *Carapa guianensis* ao longo de uma série temporal de seis anos;
- Avaliar as taxas de mortalidade e sobrevivência dos estádios ontogenéticos de *C. guianensis*;
- Estimar, através de análises matriciais, a taxa finita de crescimento populacional e avaliar as tendências futuras;
- Identificar o parâmetro demográfico prioritário para a persistência da população;
- Estimar a taxa máxima de coleta sustentável de sementes;
- Avaliar a taxa de crescimento populacional futura sob diferentes regimes de extrativismo de sementes de *C. guianensis*.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo baseia-se no monitoramento de longo prazo de uma população natural de *Carapa guianensis* em uma área de floresta de terra-firme no sul de Roraima e representa uma das atividades do projeto “Kamukaia: Manejo de produtos florestais não-madeireiros na Amazônia” executado pelas unidades da Embrapa localizadas na região amazônica. Os dados aqui apresentados referem-se ao período de 2006 a 2011.

#### 3.1 Área de estudo

Esse estudo foi realizado no sul do estado de Roraima, no município de São João da Baliza (Figura 1). A área geográfica do município é de 4284 km<sup>2</sup>, na qual habitam aproximadamente 6.778 habitantes (BRASIL. IBGE, 2012). Os dados foram coletados na área de reserva legal de uma propriedade particular (00° 57' 02" N e 59° 54' 41" O) localizada a 313 km da capital Boa Vista, Roraima. A área possui aproximadamente 100 ha de relevo plano a ondulado e formação vegetal predominante de Floresta Ombrófila Densa (BRASIL, 1975). Na área, a Embrapa Roraima demarcou uma parcela permanente de nove hectares (300 m x 300 m) para investigar a ecologia de espécies fornecedoras de PFMNs, tais como castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* O. Berg) e andiroba (*Carapa guianensis*).

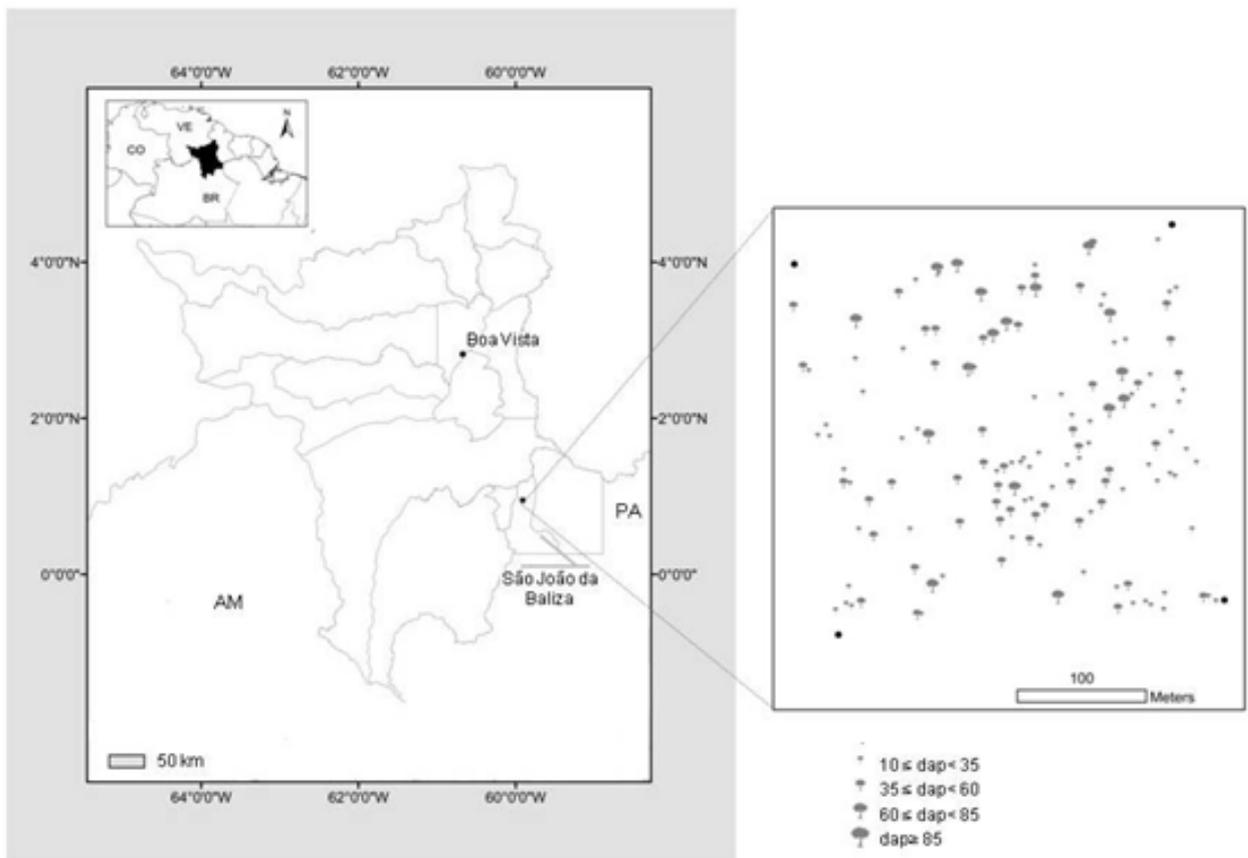
O clima na região é do tipo “Am” (tropical chuvoso com pequeno período de seca na classificação de Köppen), com precipitação média anual entre 1.700 e 2.000 mm (BARBOSA, 1997). A estação seca é bem definida, e a precipitação máxima ocorre de maio a julho, o que corresponde, em média a 40% da precipitação anual (BARBOSA, 1997). A temperatura média anual é de 27° C (BRASIL, 1993).

#### 3.2 Caracterização da espécie – *Carapa guianensis*

*Carapa guianensis* (Meliaceae) é uma árvore popularmente conhecida como andiroba (das palavras indígenas, “landi”, óleo e “rob”, amargo) (KAGEYAMA, et al., 2004). No entanto o mesmo nome vernacular é atribuído a outras três espécies do mesmo gênero: *Carapa megistocarpa* (STYLES, 1981), *Carapa procera* (PENNINGTON, 1981) e *Carapa akuri* (FORGET et al., 2009). Ocorre no norte da América do Sul, na América Central, Antilhas e África Tropical (FERRAZ et al., 2002; LOUREIRO et al., 1979) em diferentes ambientes

(BOUFLEUER, 2004). No Brasil, ocorre na bacia Amazônica, em Várzeas, Igapós, Florestas de Baixo, e em faixas alagáveis próximas ao leito de rios e igarapés, e ocasionalmente em áreas bem drenadas e Florestas de Terra Firme (LORENZI, 1992; McHARGUE; HARTSHORN, 1983).

Figura 1 - Localização da área onde foi instalada a parcela permanente para estudo de uma população de *Carapa guianensis* no sul de Roraima, município de São João da Baliza. Em detalhe, a localização e tamanho (diâmetro) das árvores adultas marcadas no interior da parcela permanente.



A espécie possui fuste reto e cilíndrico podendo atingir até dois metros de diâmetro, ocupa o dossel e o subdossel da floresta, chegando até 55 metros de altura (FERRAZ et al., 2002; SAMPAIO, 2000). O ritidoma desprende-se em placas lenhosas, sendo lenticelado, amargo com coloração castanho-acinzentado-claro com manchas de diversas cores, descamamento lento, avermelhado internamente, quando provenientes de árvores de Terra firme (BRASIL. MAPA, 2011) (Figura 2), tendo cheiro característico. A madeira tem densidade

de 0,60 g/cm<sup>3</sup>, não tendo sido registrado ataques por insetos, mas não é resistente às intempéries (FERRAZ et al., 2002; LORENZI, 1992). A copa é densa, composta por ramos eretos, com ramificações acima dos primeiros dois metros de altura no caule adulto, de tamanho médio e com leve curvatura (MAUÉS, 2006; PENNINGTON et al., 1981).

Figura 2 -Ritidoma de *Carapa guianensis* com corte indicando a coloração da madeira.



As folhas (Figura 3) são grandes, escuras, alongadas, alternas, compostas, de 3 a 10 pares de folíolos, e apresentam nectários extra-florais, que atraem formigas (BOUFLEUR, 2004; FERRAZ et al., 2002).

Figura 3 - Folha de *Carapa guianensis*.

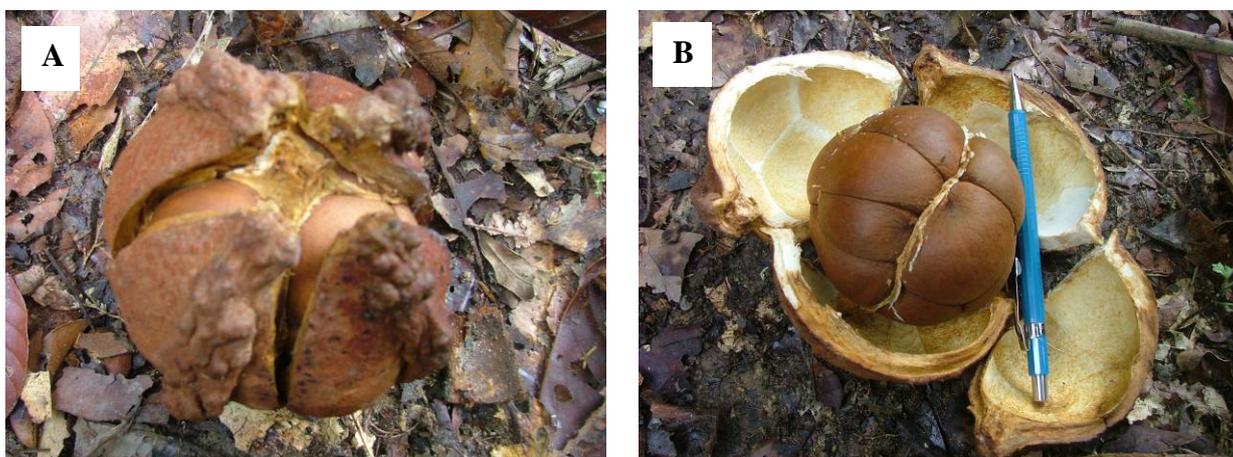


A inflorescência exibe flores unissexuais, de cor branca a creme (FERRAZ, 2003; MAUÉS, 2006). Os frutos (Figura 4) são cápsulas globosas, subglobosas com 4-6 valvas

lenhosas ou sublenhosas, com 5-10 cm de comprimento e 6-8 cm de diâmetro (MAUÉS, 2006), pesando entre 90 e 540g (FERRAZ, 2003), indeiscentes (PENNINGTON et al., 1981) ou deiscentes (LORENZI, 1992), por terem suas valvas partidas com o impacto da queda do fruto ao solo (LOUREIRO et al., 1979).

As sementes são de coloração castanha, 1 a 2 por valva, pesam de 1 a 70 g (FERRAZ, 2003; FISCH et al., 1996), possuindo aproximadamente 4,7 cm de comprimento, 3,9 cm de largura e 3,1 cm de espessura, sendo possível observar em um mesmo fruto, tamanhos variados de sementes (Figura 4) (FERRAZ et al., 2002; MAUÉS, 2006; MELLINGER, 2006). A dispersão primária das sementes é barocórica e a secundária é zoocórica realizada principalmente por catetos (*Tayassu tajacu*), queixadas (*Tayassu pecari*), cotias (*Dasyprocta* sp) e pacas (*Agouti paca*) (McHARGUE; HARTSHORN, 1983). Estes animais se alimentam e enterram as sementes da espécie em um comportamento de estocagem denominado “scatterhoarding” (MORRIS, 1962 apud JANSEN; FORGET, 2001), que pode propiciar a germinação e o recrutamento (FORGET, 1996). A dispersão hidrocórica também pode ocorrer, sendo que, a semente pode vir a germinar enquanto flutua (BOUFLEUR, 2004; McHARGUE; HARTSHORN, 1983; SCARANO et al., 2003). A produção de frutos e sementes varia significativamente entre os anos e entre indivíduos (MELLINGER, 2006), sendo relatado por McHargue e Hartshorn (1983) que um indivíduo pode produzir até 4.000 sementes, ou cerca de 50 a 200 kg de sementes por ano (SHANLEY et al., 2005).

Figura 4 - (A) Fruto maduro de *Carapa guianensis*; (B) Sementes expostas em fruto aberto.

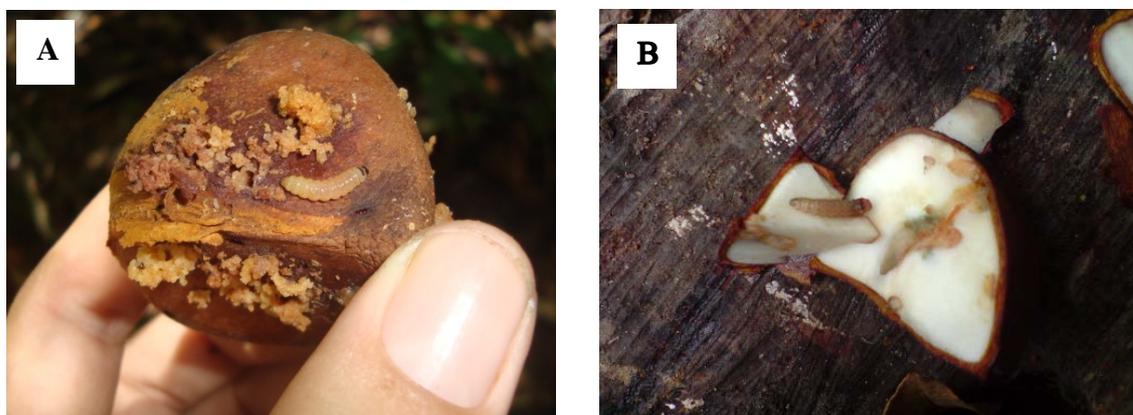


Há grande variação no período de frutificação de *C. guianensis* na região Amazônica, ao longo da distribuição geográfica e em função do habitat (LEITE, 1997; SHANLEY;

MEDINA, 2010). No sul de Roraima, a floração é subanual e sincrônica correlacionando-se negativamente com precipitação, enquanto a frutificação é anual, longa e sincrônica correlacionando-se positivamente com a precipitação (PEREIRA; TONINI, 2012). A queda de frutos, nessa região, ocorre predominantemente entre os meses de abril a agosto (PEREIRA; TONINI, 2012) e a germinação das sementes inicia-se, geralmente, nos seis primeiros dias após a dispersão (FISCH et al., 1996; RIGAMONTE-AZEVEDO, 2009).

As sementes de *C. guianensis* também podem ser predadas por insetos (Figura 5), como as larvas do lepidóptero *Hypsipyla ferrealis* que se alimentam dos cotilédones através de galerias no interior das sementes, reduzindo a germinação das mesmas. A parte apical de indivíduos de *C. guianensis* e de outras espécies da família Meliaceae como o mogno (*Swietenia macrophylla*) são comumente atacadas por larvas de *Hypsipyla grandella* que provocam deformações no tronco e má formação das árvores (FERRAZ et al., 2002; PINTO, 2007; QUERINO et al., 2008). Formigas e coleópteros também podem preda as sementes e plântulas, comprometendo o recrutamento de novos indivíduos (FERRAZ et al., 2002).

Figura 5 - (A) Aspecto externo de semente de *Carapa guianensis* infestada por larva de inseto; (B) Aspecto interno de semente de *C. guianensis* com a presença de larva de inseto.



### 3.2.1 Aspectos econômicos

A madeira de *C. guianensis* é considerada nobre, por possuir excelente qualidade estrutural (dureza e durabilidade) (BOUFLEUER, 2004; NEVES et al., 2004). É bastante utilizada na indústria naval, de móveis e construção civil (FERRAZ et al., 2002; LOUREIRO et al., 1979). As cascas e flores são usadas na medicina popular, pois possuem propriedades anti-diarréica, analgésica, antianêmica. O cerne é fungicida (RODRIGUES, 1989).

A semente é o principal produto não madeireiro da andiroba, dela é extraído um óleo impróprio para a alimentação (SILVA, 2005), mas que apresenta propriedades medicinais e repelentes, amplamente utilizado na indústria de cosméticos (MELLINGER, 2006; PIO CORRÊA, 1931; RODRIGUES, 1989; SHANLEY et al., 1998) e pelas populações tradicionais amazônicas (BOUFLEUR, 2004; LÓPEZ et al., 2008; SHANLEY; MEDINA, 2010). O óleo da andiroba possui propriedades anti-sépticas, anti-inflamatórias, cicatrizantes, antiplasmódicas, inseticidas e acaricidas (FARIAS et al., 2009; FAZOLIN et al., 2000; MIRANDA-JUNIOR, 2010; SHANLEY; MEDINA, 2010).

### 3.3 Potencial produtivo

A produção de sementes de *C. guianensis* foi estimada anualmente, entre 2006 e 2011, para todos os indivíduos adultos com diâmetro a 1,30 m do solo (DAP) igual ou superior a 10 cm ( $DAP \geq 10$  cm) de uma parcela permanente de 300 x 300 m (9 ha). As observações foram realizadas em seis campanhas anuais, com intervalos quinzenais entre os meses de abril a agosto. O peso fresco de sementes dos frutos depositados no chão da floresta, sob a área de projeção da copa, foi obtido para cada indivíduo que se encontrava reprodutivo no momento da coleta. As sementes atribuídas a cada indivíduo foram agrupadas e pesadas com auxílio de uma balança digital (Figura 6). Posteriormente, as sementes foram depositadas no chão da floresta, fora da área de projeção da copa, para não interferir nas avaliações subsequentes.

Para determinar a contribuição de cada classe diamétrica na produção de sementes de *C. guianensis*, as estimativas de produção anual foram relacionadas com as classes de DAP através de estatísticas descritivas, média e desvio padrão. A fim de maximizar o contraste entre as categorias de fecundidade, verificou-se a partir de qual classe de diâmetro ocorreu o incremento no número de indivíduos reprodutivos e a intensificação na produção de sementes. Com base nesta informação, visto que a produção média de sementes por indivíduos com  $DAP < 35$  cm mostrava-se inferior àsquelas de árvores com diâmetro igual ou superior a 35 cm, a população foi dividida em quatro classes de diâmetro, com intervalos de 25 cm. A primeira classe representa indivíduos entre  $10 > 35$  cm e a imediatamente superior com  $35 \geq 60$  cm de diâmetro e assim sucessivamente. A estratificação da população por classes de diâmetro visa subsidiar as análises de dinâmica populacional, uma vez que a produção de sementes associadas ao diâmetro foi um dos critérios adotados nesse estudo para a classificação da população em estádios ontogenéticos.

Figura 6 - Método utilizado para a determinação da produção individual de sementes (peso fresco, kg) de *Carapa guianensis*.



Para avaliar o efeito da classe de diâmetro e do ano e da interação entre classe de diâmetro e ano na produção de sementes de *C. guianensis* (variável resposta) foi utilizado um modelo linear generalizado (GLM), segundo modelo global ajustado com a distribuição binomial negativa:

Variável dependente	Modelo Global
Produção de sementes	~ classes diamétricas + anos + classes diamétricas*anos

O GLM é análogo à análise de variância e permite a análise de dados cuja variância não é constante e/ou quando os erros não têm distribuição normal sem prejuízo ao poder dos testes, ao contrário das análises não-paramétricas (CRAWLEY, 2007).

A comparação de médias foi ajustada pelo teste *post-hoc* de Tukey para múltiplas comparações, ao nível de significância de 5%. A quantificação do potencial produtivo de sementes avaliada neste estudo baseia-se somente nas sementes que estariam disponíveis aos extrativistas, não incluiu aquelas consumidas pela fauna (vertebrados) entre as amostragens quinzenais e as predadas por invertebrados.

### 3.4 Dinâmica populacional

A dinâmica populacional de *C. guianensis* foi analisada na mesma parcela permanente de 300 x 300 m (9 ha) utilizada para quantificar a produção de sementes. Todos os indivíduos de *C. guianensis* com DAP igual ou superior a 10 cm, foram identificados com plaqueta numerada de alumínio, e mapeados por meio do sistema de coordenadas cartesianas. Nestes indivíduos foram realizadas medições anuais de circunferência a 1,30 m do solo (CAP) para o intervalo de 2006 a 2011. Para indivíduos com sapopemas foi utilizada escada de alumínio e a medida de CAP feita 50 cm acima do término das mesmas. As medidas de CAP foram convertidas em DAP.

Os regenerantes, indivíduos de *C. guianensis* que não atingiam o critério de inclusão acima, foram amostrados em 27 subparcelas de 25 x 25 m sorteadas e alocadas dentro da parcela de nove hectares. Nenhuma subparcela foi alocada em áreas com curso d'água, para evitar a remoção das plaquetas e carreamento das sementes pela água. Os regenerantes foram identificados com plaquetas de alumínio e mapeados de acordo com o sistema de coordenadas cartesianas para facilitar a amostragem nos anos subsequentes. Amostras botânicas dos indivíduos monitorados foram realizadas para confirmar a identidade taxonômica da espécie e estão depositadas no herbário da Universidade Federal de Roraima (UFRR 2960, UFRR 2961, UFRR 2962, UFRR 2963 e UFRR 2964).

#### 3.4.1 Perfil das classes de estádios

Todos os indivíduos monitorados foram classificados de acordo com seu tamanho e estado de desenvolvimento, e não pela idade cronológica, tanto pela dificuldade em prever com segurança a idade desses indivíduos (VIEIRA et al., 2005), e por normalmente as taxas de natalidade e mortalidade estarem fortemente relacionadas ao estágio de desenvolvimento das espécies e não à idade (GATSUK et al., 1980; GOTELLI, 2009; PORTELA; SANTOS, 2011). Desta forma, as espécies foram classificadas em três estádios ontogenéticos a partir de critérios biológicos quantitativos como o DAP e qualitativos como o status reprodutivo e a intensidade reprodutiva (GATSUK et al., 1980):

1. Regenerante:  $DAP \leq 10$  cm. Indivíduos que ainda não chegaram à fase reprodutiva (Figura 7);

2. Adultos I:  $10 < \text{DAP} < 35$  cm. Indivíduos que se encontram no início da fase reprodutiva, muitas vezes intercalando períodos de frutificação com períodos de ausência de produção de sementes.

3. Adultos II:  $\text{DAP} \geq 35$ . Indivíduos reprodutivos maduros, que estão no auge da fase reprodutiva, com máxima frutificação.

Figura 7 - Indivíduo regenerante de *Carapa guianensis*.



O estágio de semente não entrou no modelo demográfico proposto para esse estudo, já que a espécie não constitui banco de sementes no intervalo de um ano ao outro. As sementes de *C. guianensis* variam fisiologicamente quanto à quebra de dormência. Algumas sementes germinam logo que caem, outras germinam após dois a cinco meses, dependendo do local da dispersão, visto que, são recalcitrantes e perdem rapidamente o poder germinativo com a desidratação (FERRAZ; SAMPAIO, 1996; SCARANO et al., 2003).

### 3.4.2 Construção da matriz

A partir dos parâmetros demográficos coletados nos anos de 2006 e 2011, em uma população de *C. guianensis*, foi construído um modelo matricial para descrever as alterações do tamanho da população a partir de suas taxas de crescimento, mortalidade e reprodução. A

matriz foi construída considerando os estádios de desenvolvimento e não a estrutura etária dos indivíduos, de acordo com Lefkovitch (1965).

Com base nos estádios de desenvolvimento definidos obteve-se uma matriz quadrada de 3x3 (Figura 8), denominada matriz de projeção M (CASWELL, 2001), em que as colunas representam o estágio-estado no tempo (t) e as linhas o estágio-estado no tempo (t+1). A partir da matriz de projeção (M), é possível projetar a estrutura da população para intervalos em tempo futuro, isto é, assumindo que as taxas de nascimento e sobrevivência permanecem constantes, ao multiplicar o vetor populacional (n), que é a lista composta pela abundância de indivíduos de cada estágio no tempo (t), pela matriz de projeção (M), obtém-se o vetor populacional (n) no tempo (t+1) (Figura10) (GOTELLI, 2009).

Figura 8 - Matriz de projeção representando a probabilidade de sobrevivência com permanência de estágio, probabilidade de sobrevivência com passagem de estágio, probabilidade de sobrevivência com retrocesso de estágio, e valores de fecundidade (F).

$$\mathbf{M} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} \quad \longrightarrow \quad \mathbf{M} = \begin{array}{c|ccc} & \text{Tempo} & \text{Regenerante} & \text{Adulto I} & \text{Adulto II} \\ & (t+1) & & & \\ \hline \text{Regenerante} & P_{11} & F_I & F_{II} \\ \text{Adulto I} & P_{21} & P_{22} & P_{23} \\ \text{Adulto II} & P_{31} & P_{32} & P_{33} \end{array}$$

O número de regenerantes no tempo (t+1) é o resultado do produto do número de regenerantes no tempo (t) com probabilidade dos mesmos permanecerem nesse estágio ( $P_{11}$ ), somado as fecundidades dos indivíduos dos estádios adulto I ( $F_I$ ) e adultos II ( $F_{II}$ ). A taxa de fecundidade -  $F_I$  é calculada a partir do número de adultos I no tempo (t) multiplicado pelo número de regenerantes no tempo (t+1), igualmente, a taxa de fecundidade -  $F_{II}$  é o resultado do produto do número de adultos II no tempo (t) com o número de regenerantes no tempo (t+1):

$$\begin{aligned}
 N \text{ Regenerantes } (t+1) &= \\
 P_{11} * N \text{ Regenerantes } (t) &+ \text{Fecundidade } I * N \text{ adultos } I + \text{Fecundidade } II * N \text{ adultos } II
 \end{aligned}$$

Os elementos da matriz de projeção representam a contribuição dos indivíduos de uma classe para a outra através de um intervalo de tempo (Figura 9), trata-se de incorporar ao modelo

às possibilidades que cada indivíduo de *C. guianensis* tem de permanecer no estágio que se encontrava no ano que foi amostrado (elementos da diagonal principal), retroceder para estágio imediatamente anterior (elementos da diagonal superior), ou avançar para o próximo estágio (elementos da diagonal inferior), considerando a contribuição das classes reprodutivas para o recrutamento de novos indivíduos representado pelas fecundidades  $F_I$  e  $F_{II}$  (linha superior) (CASWELL, 2001).

Igualmente:

$$N \text{ Adultos I } (t+1) = P_{21} * N \text{ Regenerantes } (t) + P_{22} * N \text{ Adultos I } (t) + P_{23} * N \text{ adultos II } (t)$$

O número de Adultos I no tempo (t+1) é o somatório das probabilidades  $P_{21}$  que representa a chance dos indivíduos do estágio de regenerante no tempo (t) sobreviverem e progredirem para o estágio seguinte no tempo (t+1) multiplicada com o número de indivíduos de regenerantes no tempo (t), com a probabilidade  $P_{22}$ , que por sua vez, registra a proporção de adultos II que sobreviverem com permanência no mesmo estágio multiplicada pelo número de indivíduos de adultos I no tempo (t), logo, sem progressão após o intervalo de reamostragem tempo (t+1), adicionado ao produto da probabilidade de indivíduos do estágio adulto II retroceder para adulto I com o número de indivíduos do estágio de adultos II no tempo (t).

E por fim:

$$N \text{ Adultos II } (t+1) = P_{31} * N \text{ Regenerantes } (t) + P_{32} * N \text{ Adultos I } (t) + P_{33} * N \text{ Adultos II } (t)$$

O número de Adultos II no tempo (t+1) é resultado da adição das probabilidades  $P_{31}$  - probabilidade de progressão de indivíduos do estágio de regenerante diretamente para o estágio de adulto II - multiplicada pelo número de regenerantes no tempo (t), à probabilidade  $P_{32}$  - que é a chance dos indivíduos do estágio adulto I sobreviverem e progredirem para o estágio de adulto II - multiplicada ao número de adultos I no tempo (t), por fim à probabilidade  $P_{33}$  - chance dos indivíduos do estágio adultos II do tempo (t) sobreviverem e permanecerem no mesmo estágio na reamostragem seguinte - multiplicada ao número de indivíduos de adultos II no tempo (t) (CASWELL, 2001). Entretanto, como não houve progressão de adulto I para adulto II no intervalo de tempo monitorado, assumiu-se a probabilidade de 0,0001 de progressão entre esses estádios, ficando o valor de  $P_{32} = 0,0001$ , de modo a torná-la uma matriz irredutível (SAMPAIO; SCARIOT, 2010).

Figura 9 - Diagrama esquemático com representação das transições possíveis entre os três estádios.

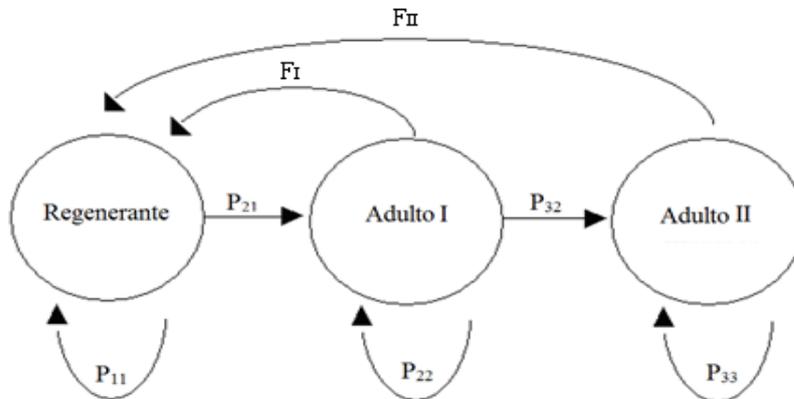


Figura 10 - Modelo matricial geral de projeção do tamanho populacional no tempo (t+1).

$$\begin{array}{ccc}
 \text{Vetor} & & \text{Matriz} \\
 \text{populacional} & & \text{de} \\
 \text{(t+1)} & & \text{projeção} \\
 \begin{pmatrix} R \\ A I \\ A II \end{pmatrix} & = & \begin{pmatrix} P_{11} & F_I & F_{II} \\ P_{21} & P_{22} & 0 \\ 0 & P_{32} & P_{33} \end{pmatrix} \mathbf{X} \begin{pmatrix} R \\ A I \\ A II \end{pmatrix} \\
 \end{array}$$

Ou o mesmo que:

$$n(t+1) = M * n(t)$$

Ao somar todos os indivíduos do vetor populacional  $n(t)$ , tem-se o tamanho total da população, e ao multiplicar pela matriz (M) repetidamente, projetando a abundância populacional para intervalos futuros (t+1), em dado momento a proporção do número de indivíduos em cada estágio tenderá a aumentar a uma taxa constante, a esta taxa dá-se o nome de taxa de crescimento populacional, ou lambda ( $\lambda$ ).

Definida pela equação:

$$n(t+1) = \lambda * n(t) \quad \Longrightarrow \quad \lambda = \frac{n(t+1)}{n(t)}$$

O  $\lambda$  é o *eigenvalue* (autovalor) dominante da matriz, e é considerado uma medida do balanço entre a sobrevivência e a reprodução, e informa aspectos importantes de uma população.  $\lambda > 1$  é indicativo de crescimento populacional,  $\lambda < 1$  de declínio numérico, e de crescimento constante quando é igual a um ( $\lambda = 1$ ) (CASWELL, 2001). A estimativa do intervalo de confiança (IC<sub>95%</sub>) do  $\lambda$ , foi obtida mediante procedimento de repetições “*bootstrap*” com 10 mil aleatorizações, a partir dos  $\lambda$  calculados, o intervalo de confiança foi estimado pelo método de percentil.

No momento em que a proporção de cada estágio passa a ser constante geração após geração, diz-se que a população atingiu uma estrutura estável, ou uma distribuição de estágio estável ( $w$ ). Para testar se havia diferença significativa entre as distribuições de *C. guianensis* observadas em campo e a projetada pelo modelo, foram feitas comparações através do teste “G”, ou teste de razão de verossimilhanças (GOTELLI; ELLISON, 2011). O valor reprodutivo ( $v$ ) também projetado pelo modelo, diz respeito à contribuição de cada indivíduo por estágio para o tamanho populacional futuro, trata-se de uma forma de avaliar a importância demográfica relativa dos três estágios de desenvolvimento (GUREVITCH et al., 2009).

Para identificar o parâmetro demográfico mais importante para a persistência da população foi realizada a análise de sensibilidade que corresponde ao produto da distribuição de classes estável ( $w$ ) (autovetor direito) e valor reprodutivo ( $v$ ) (autovetor esquerdo) (KROON et al, 1986). A análise de sensibilidade traz valores absolutos e, para facilitar a interpretação foi usado o conceito de elasticidade, que expõe como as mudanças proporcionais refletem na taxa de crescimento populacional (ZUIDEMA; BOOT, 2001). Para estimar a taxa máxima de coleta sustentável foram feitas simulações de redução entre 10 e 100%, e posterior incremento entre 10 e 50% no número de regenerantes recrutados, representando indiretamente redução nas taxas de fecundidade (LIMA et al., 2013). A taxa máxima de coleta sustentável indica o percentual de sementes que podem ser coletadas sem significativo decréscimo populacional ( $\lambda < 1$ ). Adicionalmente, simulações foram feitas retirando um a um indivíduos nos estágios de adulto I e II, a redução na taxa de sobrevivência de adultos foi realizada para estimar o impacto da mortalidade dos indivíduos reprodutivos na persistência populacional.

A análise matricial permitiu o cálculo (i) da taxa finita de crescimento populacional no intervalo de cinco anos, (ii) a estrutura futura da população, (iii) o valor reprodutivo de cada estágio de desenvolvimento, (iv) da elasticidade populacional e (v) de simulações nos parâmetros encontrados para população, como, por exemplo redução e incremento da taxa de fecundidade e redução na sobrevivência dos adultos, com o propósito de subsidiar recomendações para o bom manejo da população foco desse estudo.

O modelo adotado neste estudo apresenta limitações por tratar-se de um modelo determinístico. Embora o potencial produtivo tenha sido estimado para todos os anos do intervalo de 2006 a 2011, para a modelagem foi utilizado somente o intervalo entre 2006 e 2011.

Todas as análises foram realizadas no programa R 2.14.2 (R DEVELOPMENT CORETEAM, 2011), com uso dos pacotes psych (REVELLE, 2012), agricolae (MENDIBURU, 2014), car (FOX; WEISBERG, 2011), mass (VENABLES; RIPLEY, 2002), popbio (STUBBEN; MILLIGAN, 2007) e Deducer (FELLOWS, 2012).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Seguem resultados e discussão a respeito do potencial produtivo e dinâmica populacional de *Carapa guianensis* no sul de Roraima.

### 4.1 Potencial produtivo

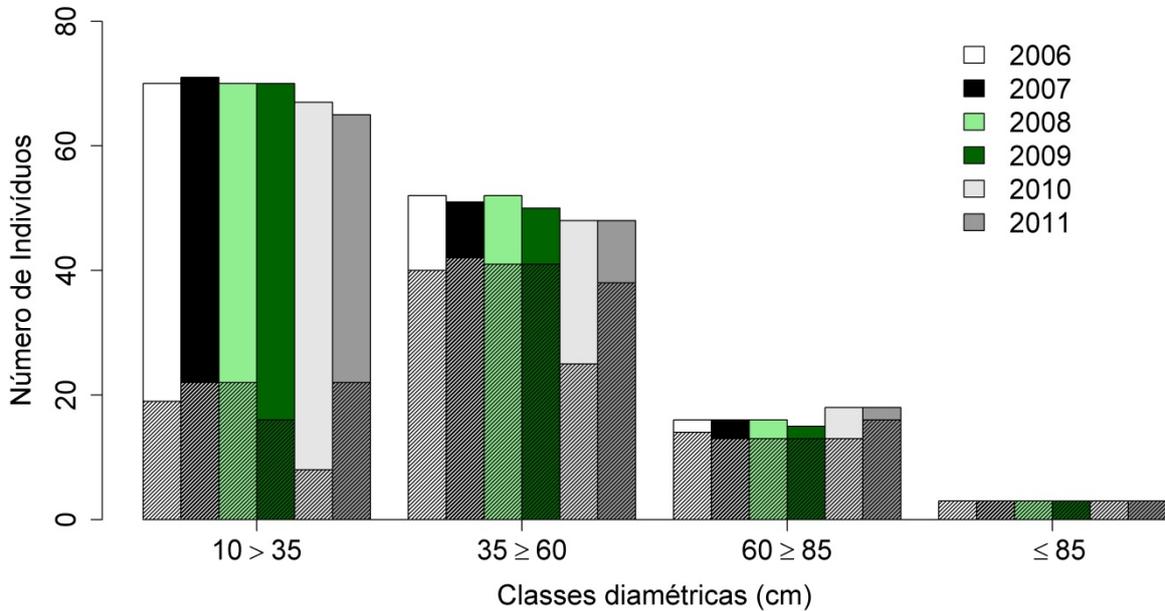
A taxa de reprodução ficou acima dos 50% em cinco dos seis anos avaliados (Tabela 1). O número total de indivíduos foi maior na primeira classe de DAP diminuindo nas classes posteriores, apresentando um padrão típico de “J” invertido (Figura 11). O número de indivíduos reprodutivos em todos os anos mostrou-se reduzido na primeira classe de diâmetro, e aumentou conforme o incremento do DAP (Figura 11).

Tabela 1 - Número total de adultos vivos, e em atividade reprodutiva em uma população natural de *Carapa guianensis*, no sul do Estado de Roraima.

Ano	Nº adultos vivos	Nº de adultos em atividade reprodutiva
2006	141	76 (54%)
2007	141	80 (56%)
2008	141	79 (56%)
2009	138	73 (52%)
2010	136	49 (36%)
2011	134	79 (59%)

O diâmetro mínimo reprodutivo (DAP mr) encontrado neste estudo foi de 10,50 cm. Em todos os anos, a classe de DAP 10 > 35 cm apresentou menos de 34% de indivíduos em atividade reprodutiva ( $\bar{x} = 18,17; \pm 5,53$  indivíduos; amplitude 8 – 22). A classe imediatamente superior mostrou-se duas vezes mais produtiva, no ano de baixa atividade apresentou mais de 50% de seus indivíduos reproduzindo, alcançando 82% em dois dos seis anos monitorados ( $\bar{x} = 37,83; \pm 6,43$  indivíduos; amplitude 25 – 42). A classe com 60  $\geq$  85 cm de DAP ( $\bar{x} = 13,67; \pm 1,21$  indivíduos; amplitude 13 – 16) compreendeu mais de 72% de indivíduos reprodutivos no período amostrado, e a última classe de diâmetro ( $\leq 85$  cm) obteve 100% de atividade produtiva nos seis anos monitorados (Figura 11).

Figura 11 - Total de indivíduos vivos (barras coloridas) e indivíduos em atividade reprodutiva (barras hachuradas) por classes de DAP de população natural de *Carapa guianensis*, no sul do Estado de Roraima no intervalo demográfico (2006 – 2011).



A produção de sementes diferiu entre as classes diamétricas das árvores de *Carapa guianensis* ( $X^2 = 452,59$ ; gl = 3;  $p < 0,001$ ) (Tabela 2 e 5; Figura 12) e entre os anos de monitoramento ( $X^2 = 25,42$ ; gl = 5;  $p < 0,001$ ) (Tabela 3 e 5; Figura 12). No entanto, não houve diferença significativa nas produções dentro das classes entre os anos ( $X^2 = 11,17$ ; gl = 15;  $p = 0,74$ ) (Tabela 4; Figura 12).

Tabela 2 - Produção de sementes por classes diamétricas em população natural de *Carapa guianensis*, no sul do Estado de Roraima no intervalo demográfico (2006 – 2011).

Classes de DAP (cm)	Total (Kg)	$\bar{x} / DP$ (Kg)
10 > 35	277,52	0,67 ± 1,90 <b>d</b>
35 ≥ 60	1.912,81	6,35 ± 9,41 <b>c</b>
60 ≥ 85	1.894,10	19,13 ± 30,75 <b>a</b>
≤ 85	236,57	13,14 ± 13,13 <b>b</b>

Dados seguidos de letras diferentes diferem entre si estatisticamente ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Tabela 3 - Produção de sementes por ano em população natural de *Carapa guianensis*, no sul do Estado de Roraima entre os anos de 2006 a 2011.  $\bar{x}$  = média e DP = desvio padrão.

Ano	Total (Kg)	$\bar{x}$ / DP (Kg)
<b>2006</b>	564,77	4,01 $\pm$ 9,03 <b>c</b>
<b>2007</b>	429,66	3,05 $\pm$ 4,76 <b>d</b>
<b>2008</b>	1.044,76	7,41 $\pm$ 16,47 <b>a</b>
<b>2009</b>	536,58	3,89 $\pm$ 9,92 <b>c</b>
<b>2010</b>	715,25	5,26 $\pm$ 20,36 <b>b</b>
<b>2011</b>	1.029,97	7,6 $\pm$ 14,58 <b>a</b>

Dados seguidos de mesma letra não diferem entre si estatisticamente ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

A primeira classe de diâmetro (10 > 35 cm) apresentou a menor contribuição produtiva respondendo em média, pela produção de menos de 1 kg de sementes por árvore/ano ( $\bar{x}$  = 0,67  $\pm$  1,90 kg/indivíduo/ano) e total de 277,52 kg de sementes nos seis anos investigados. A classe imediatamente superior (35  $\geq$  60 cm) produziu em média aproximadamente dez vezes mais sementes ( $\bar{x}$  = 6,35  $\pm$  9,41 kg/indivíduo/ano) em igual período, totalizando 1.912,81 kg de sementes no intervalo amostrado. A classe de diâmetro entre 60 e 85 cm mostrou-se a de melhor potencial produtivo, produzindo em média 19 kg de sementes por ano ( $\bar{x}$  = 19,13  $\pm$  30,75 kg/indivíduo/ano) um total de 1.894,10 kg de sementes produzidas nos seis anos. A classe  $\leq$  85 cm apresentou produção total próxima à primeira classe (236,57 kg/indivíduo/ano;  $\bar{x}$  = 13,14  $\pm$  13,13 kg/indivíduo/ano), mesmo possuindo apenas três indivíduos (Tabela 4).

Quanto aos anos, além da variação significativa encontrada, parece ocorrer picos de produção em intervalos bianuais (Tabela 3). O ano de 2008 apresentou maior produção total, seguido dos anos de 2011, 2010, 2009, 2006 e por fim 2007, com a menor produção quantificada (Tabela 3). O total da produção estimada nos seis anos foi superior a 4 toneladas (4.320,99 kg;  $\bar{x}$  = 720,16;  $\pm$  262,15 kg/ano), gerando uma média de 80,0 kg de sementes/ha<sup>-1</sup>. Em todo o período investigado, a média de produção não se mostrou inferior a 3,0 kg de sementes/indivíduo/ano (Tabela 3). No ano mais produtivo (2011) a produção média foi de aproximadamente 7,7 kg de sementes por árvore de *C. guianensis*.

Para a produção de sementes por classe nos anos amostrados, a classe 35  $\geq$  60 cm no ano de 2008 apresentou a maior produção registrada nesse estudo, aproximadamente 480 kg de sementes ( $\bar{x}$  = 9,23;  $\pm$  13,72 kg). A classe de 10 < 30 cm de diâmetro produziu aproximadamente 70 kg de sementes em 2008, ano de maior rendimento, média de 1 kg por indivíduo ( $\bar{x}$  = 1,0;  $\pm$

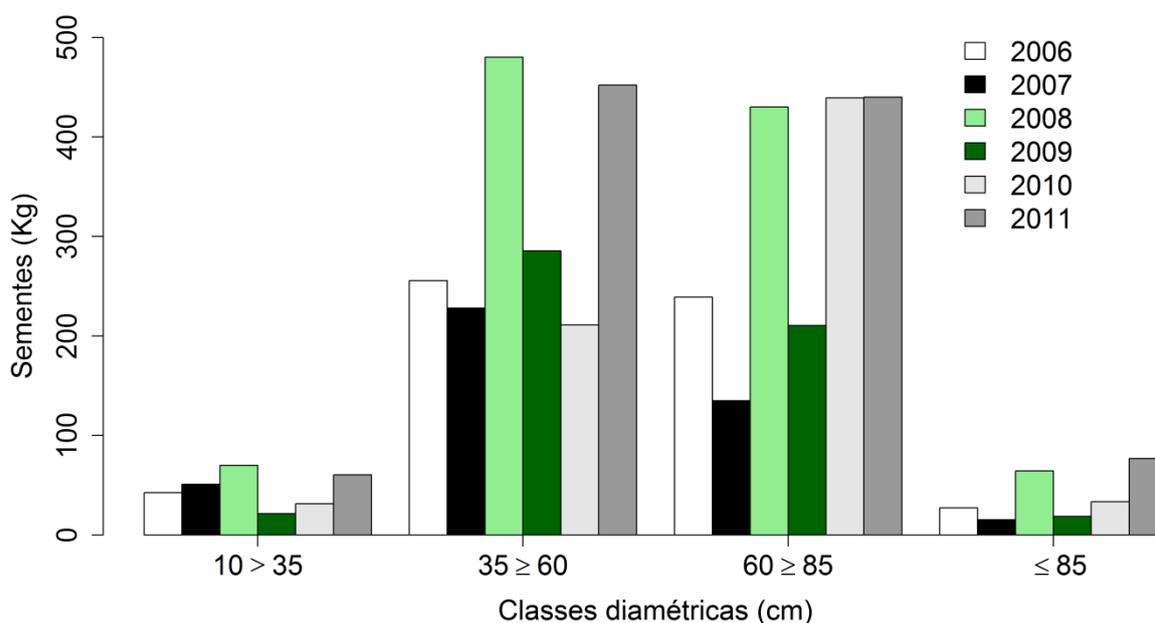
2,38 kg) e apenas 21 kg ( $\bar{x} = 0,31; \pm 0,73$  kg) no ano de menor atividade produtiva (2009). Para as outras classes, ainda quanto aos anos de maior e menor rendimento, temos: classe  $60 \geq 85$  cm produção de 440 kg ( $\bar{x} = 24,45; \pm 26,41$  kg) em 2011 contra 135 kg ( $\bar{x} = 8,44; \pm 8,32$  kg) em 2007; classe  $\leq 85$  cm produção de 77 kg ( $\bar{x} = 25,67; \pm 24,25$  kg) em 2011 contra 15 kg ( $\bar{x} = 5,15; \pm 0,18$  kg) em 2007 (Tabela 4; Figura 12).

Tabela 4 - Total de sementes (kg) produzidas por ano, entre classes diamétricas (cm), e produção média de sementes (kg) por indivíduo em cada classe ao longo dos 6 anos de monitoramento de uma população natural de *Carapa guianensis*, no sul do Estado de Roraima.

Ano	Classe diamétrica				
	Total	10 > 35	35 ≥ 60	60 ≥ 85	≤ 85
2006	564,77 c	0,61 ± 1,70	4,92 ± 7,19	14,95 ± 19,45	9,12 ± 5,41
2007	429,66 d	0,72 ± 1,70	4,47 ± 4,39	8,44 ± 8,32	5,15 ± 0,18
2008	1.044,76 a	1,0 ± 2,38	9,23 ± 13,72	26,88 ± 34,66	21,51 ± 10,80
2009	536,58 c	0,31 ± 0,73	5,71 ± 7,92	14,03 ± 23,49	6,28 ± 2,07
2010	715,25 b	0,47 ± 2,05	4,40 ± 8,22	24,40 ± 50,78	11,13 ± 13,75
2011	1.029,97 a	0,93 ± 2,37	9,42 ± 11,04	24,45 ± 26,42	25,67 ± 24,25
<b>Total</b>		277,52 d	1.912,81 c	1.894,10 a	236,57 b

Letras diferentes simbolizam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os anos e entre as classes pelo teste de Tukey HSD, não houve interação ano\*classe. Os valores de produção média por indivíduos/classe estão acompanhados do desvio padrão.

Figura 12 - Produção anual de sementes (kg) de *Carapa guianensis* por classes diamétricas, em uma área de 9 ha no sul do Estado de Roraima.



### **Indivíduos em atividade produtiva por classe**

Há ampla variação do diâmetro mínimo reprodutivo ao longo da área de distribuição natural de andiroba (DIAS, 2002; GOMES, 2010; PENA, 2007). Apesar do DAP m r ter sido de aproximadamente 10 cm para a população monitorada, a produção associada à primeira classe de diâmetro mostrou-se pouco representativa quando comparada às superiores, tanto por conta do pequeno quantitativo de sementes produzido, tanto pela diminuta porcentagem de indivíduos em atividade reprodutiva. Uma possível explicação reside no fato dos indivíduos pertencentes a menores classes de DAP estarem em desvantagem competitiva principalmente por recursos de luz (DIAS, 2002), investindo a maior parte dos seus subsídios para crescer ao invés de se reproduzir, por conseguinte, conforme esses indivíduos se projetem em direção ao dossel, a maior disponibilidade de luz e outros recursos como o tamanho e posição da copa, fazem com que o investimento se volte para reprodução, o que justificaria as maiores produções das classes de adultos II, visto que há correlação entre disponibilidade de luz e produção de semente (DIAS, 2002; PENA, 2007; LONDRES, 2009). Todavia, a reduzida produção da primeira classe de diâmetro se faz importante do ponto de vista ecológico, visto que representa acréscimo de propágulos disponíveis no chão da floresta (PENA, 2007) aumentando a probabilidade de novos recrutas ingressarem na coorte, retroalimentando e mantendo a população.

Grande é a dificuldade no entendimento a respeito da maturidade dos indivíduos de *Carapa guianensis*, exemplo disto, vê-se no trabalho de Vieira et al. (2005), no qual através de análises com radiocarbono constataram que indivíduos de *C. guianensis*, considerados por vários autores como subadultos (DAP = 17 cm), possuíam idade superior a 700 anos. Em geral, julgam-se indivíduos com DAP  $\geq 10$  cm como a classe inicial para o monitoramento de produção de sementes (GOMES, 2010; KLIMAS et. al., 2007; LONDRES, 2009), não havendo, entretanto, consenso quanto ao DAP de admissão de indivíduos adultos (reprodutivos) de andiroba. Henriques e Sousa (1989), por exemplo, atribuíram status de adulto a indivíduos com DAP  $\geq 16$ , outros autores o atribuíram a classes maior ou igual a 20 cm (MELLINGER, 2006; KLIMAS et al., 2007; PLOWDEN, 2004) ou ainda maiores ou igual a 35 cm (HALL et. al., 1994). Embora divergentes quanto ao tamanho do DAP, esses e outros autores compartilham o mesmo fundamento, baseiam-se no quantitativo de produção ao conferir o status de adulto, averigam a partir de qual diâmetro os indivíduos começam a produzir com abundância (PENA, 2007).

De igual maneira, em estudo com a castanheira do Brasil *Bertholletia excelsa*, Zuidema e Boot (2001) ao categorizarem a população, agruparam os recrutas em classe única

e maximizaram o contraste entre as categorias de fecundidade para o estabelecimento da primeira classe reprodutiva. Procedimento análogo foi utilizado para este estudo, inferiu-se o status de adultos II aos indivíduos com DAP  $\geq 35$  cm, embasado no acréscimo na quantidade de sementes produzidas e na percentagem de indivíduos que alcançaram a maturidade reprodutiva. De certo modo, esse resultado condiz com o encontrado por outros autores, os quais afirmam que o incremento no número de árvores produtivas deu-se a partir dos 30 cm de diâmetro (GOMES, 2010; LONDRES, 2009; PENA, 2007).

### **Produção de sementes por classe**

O tamanho da árvore de *Carapa guianensis*, expresso pelo DAP, geralmente correlacionam-se positivamente com a produção de sementes, que atingi um pico seguido de uma ligeira e gradual diminuição conforme o incremento do diâmetro (LONDRES, 2009; KLIMAS et al., 2012b; PENA, 2007), embora essas relações possam ser fracas ou ausentes (MELLINGER, 2006). Para o presente estudo, não foi observada redução de produção para a maior classe diamétrica, já que a classe  $\leq 85$  cm, dispoendo de apenas três indivíduos, obteve a segunda melhor média produtiva no período analisado.

Ao que parece, esses picos de produção divergem em faixas de diâmetro de acordo com a espécie, local de ocorrência, e tipos de floresta. Neste estudo, a classe 60-85 cm mostrou-se de maior contribuição produtiva, destoando dos 30-50 cm encontrado por Pena (2007) e dos 40-50 descrito em Klimas (2012b), mas condizente com os 82.6 cm registrado em terra firme por Londres (2009) e próximo do apurado por Gomes (2010) e Dias (2002) diâmetros com 50-60 e maiores de 60 cm, respectivamente. Predizer a classe que mais contribui com a produção de sementes é importante para o manejo da espécie no local, e requisito fundamental para subsidiar decisões junto aos extrativistas da comunidade, no entanto, não é seguro extrapolar esse dado para outras áreas de ocorrência da espécie, visto que a *Carapa guianensis* apresenta pronunciada variabilidade na produção de frutos entre indivíduos, compreendendo por vezes intervalos com interrupção de produção, entre os anos (McHARGUE; HARTSHORN, 1983; MELLINGER, 2006; SHANLEY et al., 2005), tipologias florestais (KLIMAS et al., 2007, LONDRES, 2009), e sofre influência de outras variáveis em diferentes escalas tais como tipo de floresta, carga de lianas, área da copa, e variações climáticas (KLIMAS et al., 2012b).

### **Produção de sementes por ano**

A variabilidade anual na produção de sementes ainda é pouco compreendida, podendo ser influenciada pelo número de indivíduos frutificando e o número de sementes produzidas por

indivíduo reprodutivo (MELLINGER, 2006), e pelas múltiplas variáveis interagindo em diferentes escalas (KLIMAS et al., 2012b), além daquelas inerentes ao tipo de floresta (KLIMAS et al., 2007). No período monitorado, houve a ocorrência de eventos climáticos de El Niño fraco nos anos de 2006-2007, 2009-2010; La Niña forte nos anos 2007-2008, 2010-2011 (BRASIL. MCT, 2012b; HIGUCHI et al., 2011) e seca severa na região no ano de 2010 (LEWIS et al., 2010). Em geral, Klimas et al. (2012b) observaram alta produção de frutos de *Carapa guianensis*, no Acre, em anos de La Niña e o contrário foi observado em anos de El Niño. Em Roraima, o mesmo padrão foi observado com anos de menor produção coincidindo com anos de El Niño. No entanto, há a necessidade de mais informações sobre a variação na proporção de indivíduos que periodicamente suspendem a produção para entender os efeitos dos eventos climáticos extremos na produção de frutos (KLIMAS et al., 2012b).

A variabilidade anual na produção de sementes tem implicações econômicas para os extrativistas. Com base em um estudo realizado com extrativistas de Roraima, calcula-se que são necessários  $\pm 22$  kg de sementes para obtenção de um litro de óleo de andiroba (TONINI; KAMINSKI, 2009), como a produção de sementes foi superior a uma tonelada em dois dos seis anos monitorados, em anos mais produtivos a população de *C. guianensis* investigada renderia, ao proprietário da área, aproximadamente de 45 litros de óleo, e cerca de 18 litros nos anos de produção escassa.

#### **4.2 Dinâmica populacional - Análise matricial**

Em 2006 foram amostrados 210 indivíduos, 69 deles regenerantes ( $40,6 \text{ ind. ha}^{-1}$ ), 70 adultos I ( $7,8 \text{ ind. ha}^{-1}$ ) e 71 adultos II ( $7,9 \text{ ind. ha}^{-1}$ ). Em 2011, foram amostrados 232 indivíduos, 97 deles eram regenerantes, dos quais 17 são da coorte de 2006 ( $47 \text{ ind. ha}^{-1}$ ), 66 adultos I ( $7,3 \text{ ind. ha}^{-1}$ ) e 69 adultos II ( $7,7 \text{ ind. ha}^{-1}$ ) (Tabela 5). Dos regenerantes amostrados em 2006, 24,6% permaneceram na mesma classe de desenvolvimento e um deles progrediu para o estágio de adulto I, não havendo progressão de adulto I para adulto II ou retrocessos entre os estágios no período monitorado. A taxa de sobrevivência dos adultos foi de 100% nos três primeiros anos monitorados. Em 2009 um indivíduo de adulto I e dois adultos II morreram, decrescendo a taxa de sobrevivência em 2,1%. Em 2010 foi detectada a morte de dois indivíduos de adultos I (1,4% de mortalidade) e em 2011 novamente dois indivíduos de adulto I morreram, ocasionando decréscimo de 1,4% na taxa de sobrevivência (Tabela 1). Desta forma, ao longo dos seis anos a população de adultos decresceu para 95% da população inicial.

Taxas de fecundidade, sobrevivência com permanência no mesmo estágio e sobrevivência com transição de estágio foram determinadas a partir de uma matriz de projeção para a população de *Carapa guianensis* (Figura 13). A mortalidade dos regenerantes, adultos I e adultos II foi de 74,0%, 7,1% e 2,8% respectivamente (Tabela 5, Figura 13). O estágio que apresentou menor probabilidade de sobrevivência com permanência na classe foi o de regenerante (25%), seguido de adulto I (93%) e adulto II (97%) (Figura 13).

Tabela 5 - Número de indivíduos de *Carapa guianensis* por classe de estágio no tempo (t) e no tempo (t+1).

Tempo (t+1)	Estádios de vida no tempo (t)		
	Regenerante (n = 69)	Adulto I (n = 70)	Adulto II (n = 71)
Morte	51	5	2
Regenerante	97	0	0
Adulto I	1	65	0
Adulto II	0	0	69

Figura 13 - Matriz de projeção com parâmetros demográficos da população de *C. guianensis*, no intervalo de 2006 – 2011.

	Regenerante	Adulto I	Adulto II
Regenerante	0,2464	0,1048	1,2629
Adulto I	0,0145	0,9286	0
Adulto II	0	0,0001	0,9718

Sabe-se que a mortalidade de plântulas é maior quando comparada com as classes de indivíduos estabelecidos, isso se deve em parte pela estratégia reprodutiva de cada espécie. No Acre a sobrevivência de *C. guianensis* com permanência em mesma classe de diâmetro foi maior que 90% para indivíduos com  $DAP \geq 10$  cm (KLIMAS et al., 2012a) chamados neste estudo de adultos I e II. Zuidema e Boot (2001) analisaram a demografia de duas populações de castanha (*B. excelsa*) na Bolívia utilizando modelos matriciais estocástico e determinístico, classificando a população de jovens por critérios de altura e os reprodutivos por DAP. Esses autores verificaram que para as duas localidades analisadas, a probabilidade de sobrevivência

com permanência na mesma classe foi acentuadamente menor para os indivíduos de tamanho menores, cerca de 50% para os recrutados na categoria 1 (< 35 cm de altura) e próximo dos 100% para demais indivíduos da população. O mesmo padrão foi observado, inclusive para as palmeiras, Rocha (2004) encontrou para populações de açazeiro (*Euterpe precatoria*), de terra-firme e baixo, a taxa e a probabilidade de sobrevivência maiores para jovens 2 e adultos do que para plântulas e jovens 1.

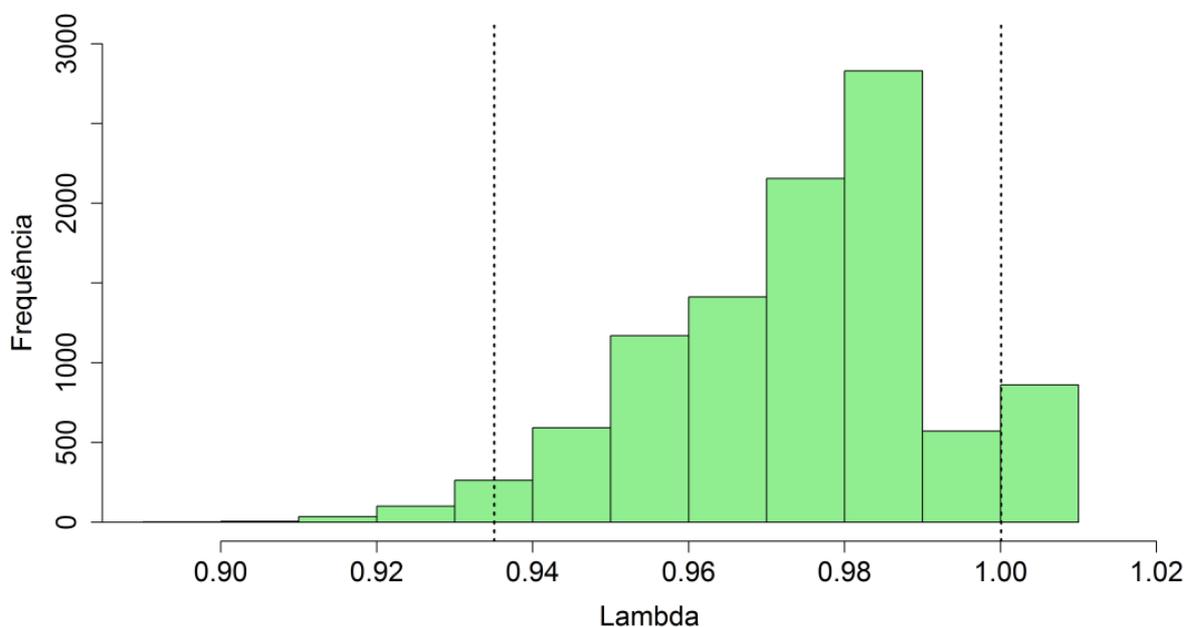
No caso de espécies arbóreas, possivelmente cinco anos represente um curto período para observação de transições entre os estádios, visto se tratar de espécies que podem sobreviver por séculos (KLIMAS et al., 2012a; KLIMAS et al., 2012b; VIEIRA et al., 2005; ZUIDEMA; BOOT, 2001). A ausência de observações de retrocesso talvez se deva à forma de avaliação empregada no monitoramento de regenerantes, na qual só foram avaliados dados de recrutamento e saída da população (morte). O registro do status de plântulas e varetas, como empregado por Klimas et al. (2012a) é melhor para captar o retrocesso entre indivíduos no estágio de regenerantes. Ainda para esse parâmetro, outro ajuste se mostra necessário, o uso de mais de um método para aferição do DAP dos adultos, proporcionando maior exatidão nos registros de DAP, já que é conhecida a dificuldade de monitoramento em longo prazo de populações naturais principalmente no bioma amazônico.

#### 4.2.1 Taxa de crescimento populacional

A taxa de crescimento populacional ( $\lambda$ ) foi de 0,9717 ( $IC_{95\%} = 0,9346 - 1,0001$ ) (Figura 14) indicando que a população segue estável. Sendo assim, a persistência da população de *Carapa guianensis* em São João da Baliza, não se encontra comprometida em longo prazo se mantidas as condições atuais.

Lima et al. (2013) ao estudarem uma população de *Hanconia speciosa* em cerrado no norte de Minas Gerais, verificaram que enquanto 46% dos extrativistas da área acreditavam que a densidade da espécie estava diminuindo por conta da pressão da coleta de frutos e madeira, a taxa de crescimento populacional, obtida por meio de modelos matriciais, indicava que a população seguia estável. Na Amazônia, estudando duas populações de andiroba no Acre, Klimas et al. (2012a) concluíram que a população de terra-firme encontrava-se em declínio, mesmo sem sofrer pressão de coleta de sementes, enquanto a da várzea encontrava-se em crescimento. Esses resultados indicam que variações ambientais podem afetar os parâmetros demográficos da população, o que explica estimativas de declínio populacional em populações ausentes de extrativismo e estabilidade naquelas sob regime de coleta de PFNMs.

Figura 14 - Taxa finita de crescimento ( $\lambda$ ) estimada a partir de 10.000 aleatorizações do conjunto original de dados do intervalo demográfico 2006 – 2011 de uma população de *Carapa guianensis*, com intervalo de confiança de 95%. As linhas verticais tracejadas indicam os intervalos de confiança para o valor de ( $\lambda$ ) calculados a partir dos percentis 2,5 e 97% da distribuição.



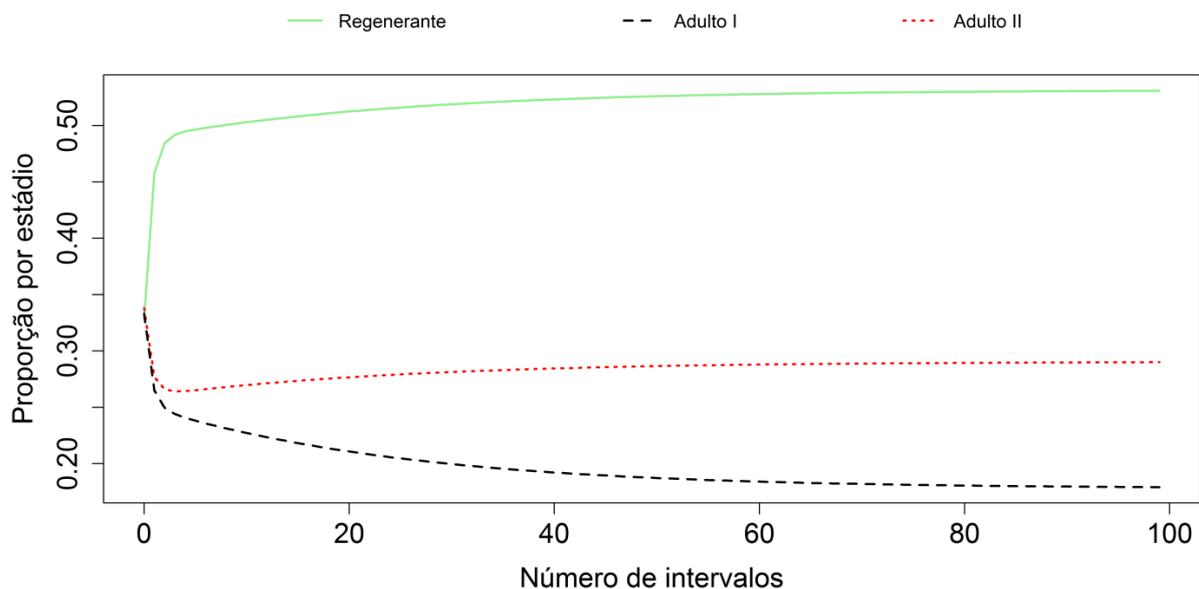
Logo, a ausência de extrativismo ou coleta de sementes de forma incipiente, não garantem estabilidade à população. A dinâmica populacional depende de fatores além daqueles ligados ao extrativismo, tais como a influência da heterogeneidade do ambiente das florestas, fatores climáticos e relações intra e interespecíficas e eventos estocásticos, caso do fogo, tempestades, etc. (KLIMAS, 2012b; SCHMIDT et al., 2011).

A utilização de modelagens matriciais e diagramas de ciclo de vida tem dois propósitos principais: tentar prognosticar o crescimento e a composição populacional em dado momento no futuro ou averiguar o que aconteceria com a população mantidas as condições do tempo presente (GUREVITCH et al., 2009), o qual é o enfoque pretendido nesse estudo. Respostas mais acuradas poderiam ser dadas: i) caso a modelagem realizada considerasse intervalos anuais, com cinco matrizes de projeção, mudanças na dinâmica de *C. guianensis* possivelmente seriam detectadas, permitindo relacionar atributos ambientais ou variáveis e eventos climáticos ocorridos no período; ii) refinar a análise usando modelagem estocástica para simular diferentes frequências de ocorrência de eventos estocásticos ambientais ou demográficos.

#### 4.2.2 Distribuição de estágio estável ( $w$ ) e valor reprodutivo ( $v$ )

A distribuição de estádios estável projetada pelo modelo ( $w = 0,532; 0,178; 0,291$ ) apontou 53% de indivíduos no estágio de regenerante, 18% no estágio de adultos I e 29% de adultos II (Figura 15), diferindo significativamente das distribuições observadas em 2006 (33%, 33%, 34%) ( $G = 20,96; gl = 2; p < 0,0001$ ) e em 2011 (42%, 28%, 30%) ( $G = 8,90; gl = 2, p = 0,0117$ ). A distribuição de estágio estável sugere que a população segue tendendo a atingir estrutura estável, e terá nas plântulas o predomínio proporcional de indivíduos. O estágio de adultos II é o de maior contribuição para os demais estádios de desenvolvimento ( $v$  plântulas = 1,0;  $v$  adulto I = 50,1;  $v$  adulto II = 20639,1).

Figura 15 - Distribuição de classe estável, projetada pelo modelo de matriz populacional.



Como o estágio de adultos II é apresentado pelo modelo como aquele que mais contribuirá com estrutura populacional futura, caso se mantenham as condições atuais, atenção especial deve ser dada ao mesmo nas intervenções de manejo vindouras, visando resguardar a integridade desses indivíduos, e conseqüentemente da própria população.

### 4.2.3 Elasticidade

A análise de elasticidade indicou que a sobrevivência dos adultos II foi o parâmetro demográfico prioritário para a manutenção da população de *C. guianensis*, responsável por cerca de 99% do valor de  $\lambda$  (Figura 16). A taxa de crescimento populacional foi praticamente insensível a variações na fertilidade (0,00006%) e sobrevivência com transição de estágio (0,00142%) (Figura 16).

Figura 16 - Matriz de elasticidade representando a contribuição específica dos parâmetros demográficos para a taxa de crescimento populacional ( $\lambda$ ).

	Regenerante	Adulto I	Adulto II
Regenerante	$2,24 \times 10^{-5}$	$3,19 \times 10^{-6}$	$6,29 \times 10^{-5}$
Adulto I	$6,61 \times 10^{-5}$	$1,42 \times 10^{-3}$	0
Adulto II	0	$6,29 \times 10^{-5}$	$9,98 \times 10^{-1}$

Em levantamento realizado por Tickin (2004) análises de elasticidade de oito estudos utilizando modelos matriciais com espécies arbóreas, trouxeram a sobrevivência das maiores classes de estágio como parâmetro que mais contribuiu com a taxa de crescimento populacional, enquanto a fecundidade pouco influenciou, caso corroborado nesse estudo. Para Lima et al. (2013) o parâmetro demográfico mais importante para a persistência populacional de *H. speciosa* também foi a sobrevivência dos adultos 2. Igualmente para Klimas et al. (2012a) e Zuidema e Boot (2001) as contribuições proporcionais de fecundidade e crescimento com transição de classe tiveram menor contribuição para a taxa de crescimento populacional, logo a maior contribuição para o valor de  $\lambda$ , ficou a cargo da sobrevivência com permanência na mesma classe.

Análises de elasticidade projetam como o lambda se comportaria em resposta a pequenas mudanças nas taxas vitais da população (CASWELL, 2001), são utilizadas adicionalmente ao lambda para prever os efeitos da coleta de PFNMs e sugerir estratégias de manejo para redução dos impactos provenientes da extração desses produtos, logo que, as respostas as colheitas são influenciadas entre outros fatores, pelo histórico, intensidade, e intervalos de coleta, estratégia reprodutiva, especificidade de habitat, taxas de crescimento da

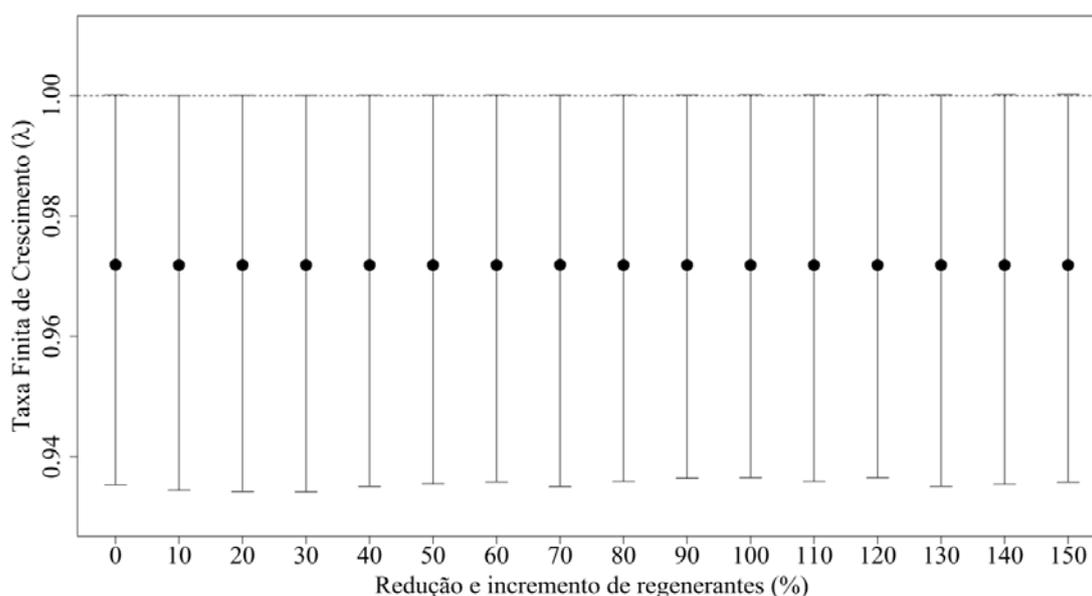
espécie manejada, e variações na gestão do manejo propriamente dito, por conseguinte, diz respeito as atividades realizadas pelos extrativistas em diferentes escalas para gerir os recursos oriundos da floresta (SCHMIDT et al., 2011; TICKIN, 2004).

Aspectos importantes da dinâmica populacional de *Carapa guianensis* no extremo norte da Amazônia, podem ser elucidados a partir da comparação desse estudo com populações naturais com ocorrência em tipologias florestais de baixo ou várzea localizadas no Estado de Roraima.

#### 4.2.4 Simulações de manejo

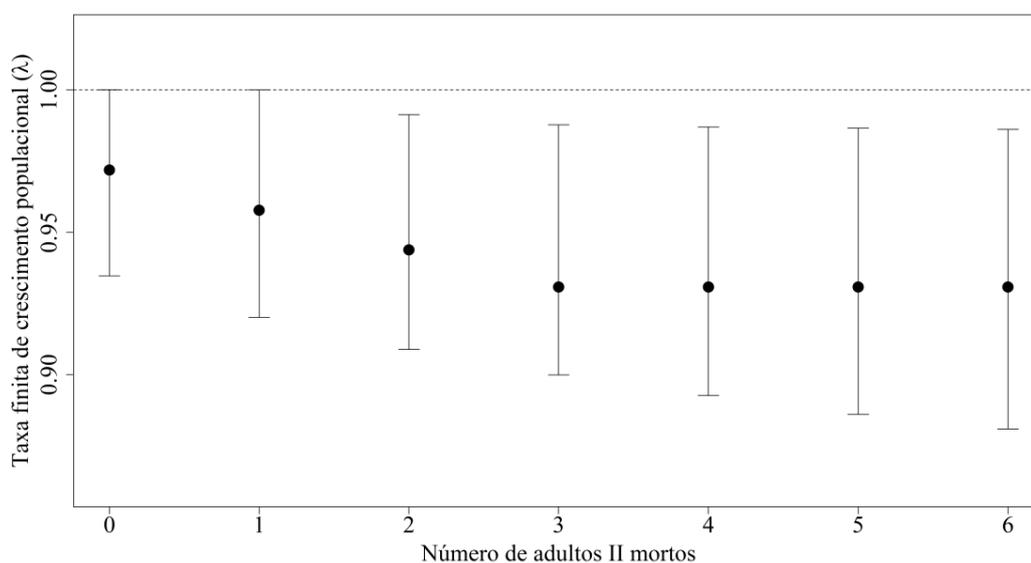
Em resposta as simulações de diferentes níveis de coleta de sementes, o  $\lambda$  foi pouco ou nada influenciado (Figura 17), visto que mesmo depois da retirada de 100% dos regenerantes, a taxa de crescimento populacional não apresentou redução significativa ( $\lambda = 0,9718$ ;  $IC_{95\%} = 0,9353 - 1,0001$ ). O inverso também não resultou em aumento do  $\lambda$ , simulação aumentando em 50% o número de regenerantes não surtiu efeito na taxa de crescimento ( $\lambda = 0,9718$ ;  $IC_{95\%} = 0,9357 - 1,0001$ ). A taxa máxima de coleta sustentável é de mais de 95% das sementes.

Figura 17 - Resposta da taxa finita de crescimento populacional ( $\lambda$ ) com intervalo de confiança ( $IC_{95\%}$ ) de *Carapa guianensis* para simulações de diferentes níveis de exploração através da retirada e incremento de indivíduos no estágio de regenerantes.



A retirada de 10% de adultos I também não interferiu significativamente na taxa de crescimento populacional ( $\lambda = 0,9718$ ;  $IC_{95\%} = 0,9286 - 1,0000$ ). Porém, o  $\lambda$  revelou-se altamente sensível às mudanças no parâmetro de sobrevivência de adulto II. Com a remoção de apenas dois indivíduos desse estágio, que represente interferência inferior a 3% na sobrevivência dos indivíduos com maior potencial reprodutivo da população, o crescimento decaiu ( $\lambda = 0,9438$ ;  $IC_{95\%} = 0,9788 - 0,9913$ ) (Figura 18), o que pode significar alto risco de declínio futuro.

Figura 18 - Resposta da taxa de crescimento populacional ( $\lambda$ ) de *Carapa guianensis* para simulação de retirada de indivíduos do estágio adultos II.



Em simulações estocásticas, a população de *C. guianensis* em área ocasionalmente inundada do Acre apresentou potencial de retirada combinada de 10% de sementes e coleta de duas árvores.ha<sup>-1</sup> com DAP $\geq$  50 cm a cada 50 anos ( $\lambda = 1,0022$ ;  $IC_{95\%} = 1,0001 - 1,0044$ ) (KLIMAS et al., 2012a). Para a população de terra firme, as estimativas foram menos animadoras, a população se mostrou susceptível ao declínio com retirada de apenas 10% das sementes ( $\lambda = 0,9697$ ;  $IC_{95\%} = 0,9670 - 0,9724$ ), reduzindo a taxa de crescimento populacional ainda mais, quando simulada a retirada de 50% de indivíduos com DAP $\geq$ 50 cm com ciclo de corte de 25 anos ( $\lambda = 0,9681$ ;  $IC_{95\%} = 0,9659 - 0,9702$ ) (KLIMAS et al., 2012a). Tanto a população de Roraima quanto a de terra firme do Acre são muito dependentes da sobrevivência

dos adultos de maior diâmetro da população, informação imprescindível para proposição de um plano de manejo em ambas as populações.

Em teoria, a população de Roraima pode ser alvo de intervenções de manejo propiciando a coleta de sementes de todos os indivíduos produtivos no ano, sendo capaz de manter-se estável sob as condições atuais (KLIMAS et al., 2012a; ZUIDEMA; BOOT, 2001). Talvez o fato de ser a semente o produto florestal não madeireiro de maior interesse comercial da andirobeira, e não partes da planta em si como folhas ou cascas, faz com que altos níveis de coleta não comprometam a sobrevivência da espécie ao longo do tempo. Estudos mostram que os efeitos do extrativismo são altamente variáveis em indivíduos e populações, e mediados por diferentes fontes de variação, sejam elas a história de vida da planta, as partes da planta coletada e os danos físicos sofridos, já que dependendo da natureza, da quantidade de nutrientes e capacidade fotossintética do material coletado, o potencial de propagação e a sobrevivência podem ficar comprometidos (TICKIN, 2004). No entanto, considerar apenas os impactos relacionados à coleta é insuficiente para recomendar a proporção de sementes que pode efetivamente ser retirada da população, sem prejuízo a sua estabilidade futura. A floresta é dinâmica e por conta disso, a estocasticidade ambiental quando incorporada ao modelo tende a apresentar resultados mais robustos, garantindo recomendações mais seguras, por exemplo, modelos que incorporem os efeitos dos eventos climáticos extremos no estabelecimento de plântulas, crescimento populacional e produção de sementes de *Carapa guianensis*.

O fato da população de *Carapa guianensis*, alvo deste estudo, ser dependente da sobrevivência de adultos de maior diâmetro coloca em dúvida a sustentabilidade do manejo de uso múltiplo da espécie (madeira e sementes). Portanto, os estudos de dinâmica populacional se fazem necessários, para embasar decisões de manejo acertadas e ancoradas no compromisso de gerir os recursos da biodiversidade de modo seguro e sustentável.

## 5 CONCLUSÕES

- Existe variação na produção de sementes entre os anos, indicando picos de produção em intervalos bianuais;
- O diâmetro do caule das andirobeiras pode ser utilizado para identificar indivíduos produtivos, sendo as árvores com diâmetro acima de 35 cm as mais produtivas.
- A taxa de crescimento populacional foi pouco sensível a variações na fertilidade e sobrevivência com transição de estágio.
- A taxa de crescimento populacional foi altamente sensível às mudanças no parâmetro de sobrevivência no estágio de adulto II.
- A sobrevivência dos adultos II ( $DAP \geq 35$  cm) é o parâmetro demográfico prioritário para a persistência da população de *C. guianensis* estudada.
- Mantendo-se as condições atuais, a manutenção da taxa de crescimento da população estudada é compatível com elevado nível de extrativismo de sementes.
- O manejo de uso múltiplo da espécie (madeira e sementes) deve evitar o corte de árvore nas classes mais produtivas ( $DAP \geq 35$  cm) para não comprometer o equilíbrio populacional.

## REFERÊNCIAS

- BALZON, D. R.; SILVA, J. C. G. L.; SANTOS, A. J. Aspectos mercadológicos de produtos florestais não-madeireiros– análise retrospectiva. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 34, n. 3, p.363-371, set./dez. 2004.
- BARBOSA, R. I. Distribuição das chuvas em Roraima. In: Barbosa, R.I.; FERREIRA, E. J. G.; CASTELLÓN, E. G. **Homem, Ambiente e Ecologia no Estado de Roraima**. Manaus: INPA, 1997. 630 p. p. 325-336.
- BENTES-GAMA, M. de M; LIMA, P. de T. N. A. de; OLIVEIRA, V. B.V. de. **Recursos florestais não madeireiros: experiência e novos rumos em Rondônia**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2006. 16 p.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional da Produção Mineral. **Projeto RADAMBRASIL**. Folha NA 20 Boa Vista e parte das folhas NA 21, Tumucumaque, NB 20 Roraima e NB 21; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1975, 428 p. p. 305-403.
- BRASIL. Fundação do Meio Ambiente Ciência e Tecnologia de Roraima. **O Brasil do hemisfério norte: Diagnóstico científico e tecnológico para o desenvolvimento**. Boa Vista: Ambtec, 1993. 512 p.
- BRASIL. Ministério de Ciência e Tecnologia. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite**. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php>>. Acesso em: 22 ago. 2012.
- BRASIL. Ministério de Ciência e Tecnologia. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Centro de Previsão de tempo e estudos Climáticos. **El Niño e La Niña**. Disponível em: <<http://enos.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 13 ago. 2012b.
- BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura 2011**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pevs/2010/pevs2010.pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2012.
- BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sinopse do Censo Demográfico 2010 Roraima**. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?uf=14&dados=0>>. Acesso em: 26 abr. 2012.
- BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Agência de Informação Embrapa. **Espécies arbóreas da Amazônia Carapa guianensis Aublet**. Disponível em: <[http://dendro.cnptia.embrapa.br/Agencia1/AG01/arvore/AG01\\_32\\_309200411812.html](http://dendro.cnptia.embrapa.br/Agencia1/AG01/arvore/AG01_32_309200411812.html)> Acesso em: 09 abr. 2011.
- BOUFLEUER, N. T. **Aspectos ecológicos da andiroba (Carapa guianensis Aublet. Meliaceae) subsídios para o manejo**. 2004. 90p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais) – Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2004.

CASTRO, D. A. de. Práticas e técnicas com produtos florestais não madeireiros: Um estudo de caso com famílias no Pólo Rio Capim do Proambiente. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**, Belém, v. 2, n. 4, p.159–175, jan./jun. 2007.

CASWELL, H. **Matrix population models: construction, analysis and interpretation**. 2. ed. Sunderland: Sinauer Associates, Inc, 2001. 722 p.

CRAWLEY, M. J. Generalized linear models. In: CRAWLEY, M. J. **The R book**. Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 2007. p. 511–526.

DIAS, A. S., et al. Manejo forestal diversificado em uma comunidad ribereña de La Amazônia brasileña: consideraciones sociales y silviculturales. **Revista Forestal Centroamericana**, v. 38, n.1, p.78-84, 2002.

FARIAS, M.P.O. et al. Potencial acaricida do óleo de andiroba *Carapa guianensis* Aubl. sobre fêmeas adultas ingurgitadas de *Anocentor nitens* Neumann, 1897 e *Rhipicephalus sanguineus* Latreille, 1806. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 61, n.4, p.877-882, jun. 2009.

FAZOLIN, M.; ESTRELA, J. L. V.; PESSOA, J. S. Avaliação do uso do óleo de andiroba *Carapa guianensis* Aubl., no controle da *Ceratomyxa tingonarius* Bechynebem em feijoeiro no Acre. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS NATURAIS, 1, 2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Academia Paraense de Ciências, 2000. 96 p.

FERRAZ, I.D.K., SAMPAIO, P.T.B. Métodos simples de armazenamento das sementes de Andiroba (*Carapa guianensis* Aubl. e *Carapa procera* D.C. – Meliaceae). **Acta Amazonica**, v. 26, n.3, p.137-144. 1996.

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

FERRAZ, I. D. I. **Andiroba *Carapa guianensis* Aubl.** Manaus: Rede de Sementes da Amazônia, 2003. 2 p. Informativo Técnico Rede de Sementes da Amazônia.

FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia brasileira: história, índices e consequências. **Megadiversidade**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p.113-123, jul. 2005.

FELLOWS, I. Deducer: A Data Analysis GUI for R. **Journal of Statistical Software**, v. 49, n. 8, p. 1-15, 2012.

FISCH, S. T. V.; FERRAZ, I .D. K.; RODRIGUES, W. A. Distinguishing *Carapa guianensis* Aubl. from *Carapa procera* D.C. (Meliaceae) by morphology of young seedlings. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 25. n. 3-4, p.193-200, 1996.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **State of the World's Forests 2011**. Rome: FAO, 2011. 164 p.

FORGET, P. M. et al. Removal of seeds of *Carapa procera* (Meliaceae) by rodents and their fate in rainforest in French Guiana. **Journal of Tropical Ecology**, v. 12, n. 1, p.751-761, jan. 1996.

FORGET, P. M. et al. A new species of *Carapa* (Meliaceae) from Central Guyana. **Brittonia**, v. 61, n. 4, p.366–374, dec. 2009.

FOX, J.; WEISBERG, S. **An R Companion to Applied Regression**. 2. ed. California: Sage Publications, 2011. 472 p.

GAMA, J. R.V.; BENTES-GAMA, M. de M.; SCOLFORO, J. R. S. Manejo sustentado para floresta de várzea na Amazônia Oriental. **R. Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 5, p.719-729, 2005.

GATSUK, L. E. et al. Age states of plants of various growth forms - a review. **Journal of Ecology**, v. 68, n. 2, p.675-696, jul. 1980.

GIBSON, D.J. **Methods in Comparative Plant Population Ecology**. New York: Oxford University Press, 2002. 344 p.

GOMES, H.S.R. **Estrutura populacional e produção de andiroba em terra firme e várzea no sul do Amapá**. 2010. 82p. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Tropical) - Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Amapá, Universidade Federal do Amapá, Amapá, 2010.

GOTELLI, N. J. **Ecologia**. Londrina: Editora Planta, 2009. 287 p.

GOTELI, N.; ELLISON, A. M. **Princípios de estatística em Ecologia**. Porto Alegre: Artmed, 2011. 528 p.

GUEDES, M. C. et al. Produção de sementes e óleo de Andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) em área de várzea do Amapá. In: SEMINÁRIO DO PROJETO KAMUKAIA MANEJO SUSTENTÁVEL DE PRODUTOS FLORESTAIS NÃO - MADEIREIROS NA AMAZÔNIA, 1, 2008, Rio Branco. **Anais...** Rio Branco: Embrapa Acre, 2008. 182 p. p. 111-119.

GUERRA, F. G. P. de Q. et al. Quantificação e valoração de produtos florestais não-madeireiros. **Floresta**, v. 39, n. 2, p.431-439, abr./jun. 2009.

GUREVITCH, J.; SCHEINER, S.M.; FOX, G.A. **Ecologia Vegetal**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2009. 592 p.

HALL, P. ORREL, L.; BAWA, K. S. Genetic diversity and mating system in a tropical tree, *Carapa guianensis* (Meliaceae). **American Journal of Botany**. v. 81, n. 9, p.1104-1111, 1994.

HENRIQUES, R. R.; SOUSA, E.C.E.G. de. Population structure, dispersion and micro-habitat regeneration of *Carapa guianensis* in Northeastern Brazil. **Biotropica**, v. 21, n. 3, p.204-209, 1989.

HIGUCHI, N. et al. A Floresta Amazônica e a água da chuva. **Floresta**, v. 41, n. 3, p.427-434, jul./set. 2011.

JANSEN, P. A., FORGET, P. -M. 2001. Scatterhoarding by rodents and tree regeneration in French Guiana. In: **Dynamics and plant-animal interactions in a neotropical rainforest**. Nouragues: Kluwer Academic Publishers, 2001. p 275–288.

JUVENAL, T. L.; MATTOS, R. L. G. O setor florestal no Brasil e a importância do reflorestamento. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 16, p. 3-30, set. 2002.

KAGEYAMA, P. et al. Genetic and ecological aspects of nonwood forest product exploitation in two western Amazonian settlements, p. 149-185, 2004. *In*: VINCETI, B.; AMARAL, W.; MEILLEUR, B. **Challenges in managing forest genetic resources for livelihoods: examples from Argentina and Brazil**. Rome: International Plant Genetic Resources Institute, 2004. 284 p.

KLIMAS, C. A.; KAINER, K. A.; WADT, L. H. O. Population structure of *Carapa guianensis* in two forest types in the southwestern Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, v. 250, n. 3, p.256-265, mai. 2007.

KLIMAS C. A. et al. Viability of combined timber and non-timber harvests for one species: A *Carapa guianensis* case study. **Ecological Modelling**, v. 246, n. 1, p.147–156, ago. 2012a.

KLIMAS, C. A., et al. Control of *Carapa guianensis* phenology and seed production at multiple scales: a five-year study exploring the influences of tree attributes, habitat heterogeneity and climate cues. **Journal of Tropical Ecology**, v. 28, n. 1, p.105–118, jan. 2012b.

KROON, H. de. et al. Elasticity: the relative contribution of demographic parameters to population growth rate. **Ecology**, v. 67, n. 5, p.1427–1431, 1986.

LEFKOVITCH, L. P. The study of population growth in organisms grouped by stages. **Biometrics**, v. 21, n. 1, p.1–18, marc. 1965.

LEITE, A. M. C. **Ecologia de *Carapa guianensis* Aubl. (Meliaceae) “andiroba”**. 1997. 181p. Tese (Doutorado - Biologia Ambiental) – Universidade Federal do Pará/Museu Paraense Emilio Goeldi, Belém, 1997.

LEWIS, S. L. et al. The Amazon Drought. **Science (Brevia)**, v. 331, p.553-554, 2011. Disponível em: <[http://www.rainfor.net/upload/publication-store/2011/itm\\_105/Lewis%20et%20al.%202010%20Amazon%20drought\\_Science2011.pdf](http://www.rainfor.net/upload/publication-store/2011/itm_105/Lewis%20et%20al.%202010%20Amazon%20drought_Science2011.pdf)> Acesso em: 09 dez. 2012.

LIMA, I. L. P.; SCARIOT, A.; GIROLDO, A. B. Sustainable Harvest of Mangaba (*Hancornia speciosa*) Fruits in Northern Minas Gerais, Brazil. **Economic Botany**, v. 67, n. 3, p.234- 243, set. 2013.

LONDRES, M. **Population structure and seed production of *Carapa guianensis* in three floodplain forest types of the Amazon estuary**. 2009. 56p. Thesis (Master - Science) - University of Florida, Gainesville, 2009.

LÓPEZ, C. et al. **Riquezas da Floresta: Frutas, Plantas medicinais e Artesanato na América Latina**. Bogor: CIFOR, 2006. 140 p.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 1 ed. São Paulo: Platarum, 1992, 373 p.

LOUREIRO, A. A.; SILVA, M. F.; ALENCAR, J. C. **Essências madeireiras da Amazônia**. 2 v. Manaus: INPA, SUFRAMA, 1979. 245 p.

MAUÉS, M. M. **Estratégias reprodutivas de espécies arbóreas e sua importância para o manejo e conservação florestal: Floresta Nacional de Tapajós (Belterra – PA)**. 2006. 206p. Tese (Doutorado em Ecologia) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

McHARGUE, L.A.; HARTSHORN, G. S. Seed and seedling ecology of *Carapa guianensis*. **Turrialba**, n. 33, p. 399-404, 1983.

MELLINGER, L. L. **Aspectos da regeneração natural e produção de sementes de *Carapa guianensis* Aubl. (andiroba) na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Amanã (AM)**. 2006. 81p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) Instituto Nacional de Pesquisas Amazônicas/Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2006.

MENDIBURU, F. de. *Agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research*. Disponível em: <<http://CRAN.R-project.org/package=agricolae>> Acesso em: 26 ago. 2014

MIRANDA-JUNIOR, R. N. C. **Avaliação da atividade antiplasmódica in vitro dos óleos de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) e pimenta-de-macaco (*Piper aduncum* L.)**. 2010. 93p. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Instituto de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Pará, Belém, 2010.

NEVES, O. S. C. et al. Crescimento, produção de matéria seca e acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea de mudas de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) cultivadas em solo de várzea, em função de diferentes doses de fósforo. **Revista Árvore**, v. 28, n. 3, p.343-349, 2004.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. **Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010**: Informe principal. Roma: FAO, 2010. 384 p.

PENA, J. W. P. **Frutificação, produção e predação de sementes de *Carapa guianensis* Aubl. (Meliaceae) na Amazônia Oriental Brasileira**. 2007. 67p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2007.

PENNINGTON, T. D.; STYLES, B. T.; TAYLOR, D. A. H. Meliaceae. **Flora Neotropica Monograph**, n.28, 1981. 470 p.

PEREIRA, M. R. N. P.; TONINI, H.; CASTILHO, C. V. de. Variações anuais na produção de sementes de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) e suas implicações para o manejo. In: Congresso de Ecologia do Brasil, X, 2011, São Lourenço. **Resumos...** Disponível em:< <http://www.seb-ecologia.org.br/xceb/resumos/271.pdf>>. Acesso em: 04 abr. 2012

PEREIRA, M. R. N. P. **Fenologia e produção de sementes de andiroba (*Carapa guianensis*) Aubl. e suas implicações para o manejo**. 2010. 82p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Roraima/Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária de Roraima, Boa Vista, 2010.

PEREIRA, M. R. N. P.; TONINI, H. Fenologia da Andiroba (*Carapa guianensis*, Aubl. MELIACEAE) no sul do estado de roraima. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 1, p.47-58, jan.-mar. 2012.

PHILLIPS, O. L. et al. Drought sensitivity of the Amazon rainforest. *Science*, v. 323, p.1344-1347, mar. 2009.

PINTO, A. A. **Avaliação de danos causados por insetos em sementes de Andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) e Andirobinha (*C. procera* DC.) (Meliaceae) na Reserva Florestal Adolpho Ducke em Manaus, AM, Brasil.** 2007. 60p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2007.

PIO CORRÊA, M. **Dicionário de plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas.** Rio de Janeiro: IBDF, 1931 v.2. 707 p. p. 370-375.

PLOWDEN, C. The ecology and harvest of andiroba seeds for oil production in the Brazilian Amazon. *Conservation & Society*, v. 2, n. 2, p.251-272, feb. 2004.

PORTELA, R. de C. Q; SANTOS, A. M. dos S. Caracterização dos estádios ontogenéticos de três espécies de palmeiras: uma proposta de padronização para estudos de dinâmica populacional. *Revista Brasil. Bot.*, v. 34, n. 4, p.523-535, out./dez. 2011.

QUERINO, R. B. et al. **Predação de Sementes de Andiroba (*Carapa* spp.) por *Hypsipyla ferrealis* Hampson (Lepidoptera, Pyralidae).** Boa Vista: Embrapa Roraima, 2008. 19 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento).

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. In. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. 2011.

REVELLE, W. Psych: Procedures for Personality and Psychological Research. Disponível em: <<http://personality-project.org/r/psych.manual.pdf>,1.1.12> Acesso em: 05 mar. 2012.

RIGAMONTE-AZEVEDO, V. et al. Dinâmica da regeneração de *Carapa guianensis* Aublet (andiroba) no período de um ano na reserva florestal da Embrapa Acre. In: Congresso Latino Americano de Ecologia, III, 2009, São Lourenço. **Anais...** Disponível em: <[http://www.seb-ecologia.org.br/2009/resumos\\_clae/166.pdf](http://www.seb-ecologia.org.br/2009/resumos_clae/166.pdf)>. Acesso em: 07 jun. 2011.

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

RODRIGUES, R. M. **A flora Amazônica.** Belém: CEJUPE, 1989. 463 p.

SAMPAIO, P. de T. B. Andiroba (*Carapa guianensis*). In: CLAY, J. W.; SAMPAIO, P. de T. B.; CLEMENT, C. R. **Biodiversidade Amazônica: exemplos e estratégias de utilização.** Manaus: Programa de Desenvolvimento Empresarial e Tecnológico. 2000. p. 243-251.

SAMPAIO, M. B.; SCARIOT, A. 2010. Effects of stochastic herbivory events on population maintenance of an understory palm species (*Geonoma schottiana*) in riparian tropical forest. *Journal of Tropical Ecology*, v. 26, p.151-161, nov. 2010.

SANQUETTA, C. R. et al. Inventário de plantas fornecedoras de produtos não madeireiros da floresta ombrófila mista no Estado do Paraná. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 11, n. 5, p.359-369, set./out. 2010.

SANTOS, A. J. et al. Produtos não madeireiros: conceituação, classificação, valoração e mercados. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 33, n. 2, p.215-224, mar. 2003.

SCARANO, F.R.; PEREIRA, T.S.; RÔÇAS, G. Seed germination during floatation and seedling growth of *Carapa guianensis*, a tree from flood-prone forests of the Amazon. **Plant Ecology**, v. 168, p.291-296, jan. 2003.

SCHMIDT, I. B. et al. What do matrix population models reveal about the sustainability of non-timber forest product harvest? **Journal of Applied Ecology**. v. 48, n. 1, p. 815–826, mar. 2011.

SHANLEY, P.; CYMERIS, M.; GALVÃO, J. **Frutíferas da Mata na Vida Amazônica**. Belém: Supercores, 1998. 125 p.

SHANLEY, P.; PIERCE, A.; LAIRD, S. **Além da Madeira: certificação de produtos florestais não-madeireiros**. Bogor: Center for International Forestry Research, 2005. 155 p.

SHANLEY, P.; MEDINA, G. **Frutíferas e Plantas Úteis na Vida Amazônica**. 2 ed. Bogor: Center for International Forestry Research, 2010. 316 p.

SILVA, C. L. M. **Obtenção de estéres etílicos a partir da transesterificação do óleo de andiroba com etanol**. 2005, 64p. Dissertação (Mestrado em Química) – Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

STYLES, B. T. Swietenioideae. In: PENNINGTON, T. D.; STYLES, B. T.; TAYLOR, D. A. H.. Meliaceae. **Flora Neotropica Monograph**, n.28, 1981. 470 p.

STUBBEN, C.; MILLIGAN, B. Popbio. Estimating and Analyzing demographic Models Using the popbio Package in R. **Journal of Statistical Software**, v. 22, n. 11, set. 2007.

SUB-REDE de Dermocosméticos na Amazônia a partir do uso sustentável de sua biodiversidade com enfoques para as cadeias produtivas da: castanha-do-pará e dos óleos de andiroba e copaíba. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2007. 209 p.

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

TONINI, H.; COSTA, P. da; KAMISKI, P. E. Estrutura, distribuição espacial e produção de sementes de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) no sul do Estado de Roraima. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 3, p.247-255, jul. 2009.

TONINI, H.; COSTA, P. da; KAMISKI, P. E. **Processo Tradicional da Extração e Usos do Óleo da Andiroba em Roraima**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2009. 23 p.

VENABLES, W. N.; RIPLEY, B. D. **Modern Applied Statistics with S**. 4. ed. New York: Springer, 2002. 504 p.

VIEIRA, S. et al. Slow growth rates of Amazonian trees: consequences for carbon cycling. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 102, n. 51, p.18502–18507, dec. 2005.

WADT, L. H. de O. et al. Produção de sementes de Andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) no período de 2004 a 2008, em dois ambientes de floresta natural, em Rio Branco, Acre. In: SEMINÁRIO DO PROJETO KAMUKAIA MANEJO SUSTENTÁVEL DE PRODUTOS FLORESTAIS NÃO - MADEREIROS NA AMAZÔNIA, 1, 2008, Rio Branco. **Anais...** Rio Branco: Embrapa Acre, 2008. 182 p. p. 75-80.

ZUIDEMA, P. A.; BOOT, R. G. A. Demography of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*) in the Bolivian Amazon: impact of seed extraction on recruitment and population dynamics. **Journal of Tropical Ecology**, v. 18, n. 1, p.1–31, abr. 2001.