

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZONIA – INPA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

ECOLOGIA E EXTRATIVISMO DA CASTANHEIRA
(*BERTHOLLETIA EXCELSA*, LECYTHIDACEAE) EM DUAS
REGIÕES DA AMAZÔNIA BRASILEIRA

RICARDO SCOLES

Manaus, Amazonas
Junho 2010

RICARDO SCOLES

**ECOLOGIA E EXTRATIVISMO DA CASTANHEIRA
(*BERTHOLLETIA EXCELSA*, LECYTHIDACEAE) EM DUAS
REGIÕES DA AMAZÔNIA BRASILEIRA**

Orientador: Dr. ROGÉRIO GRIBEL

Tese apresentada ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Biologia (Ecologia).

Manaus, Amazonas
Junho 2010

S422 Scoles, Ricardo
Ecologia e extrativismo da castanheira (*Bertholletia excelsa*,
Lecythidaceae) em duas regiões da Amazônia brasileira. / Ricardo Scoles. ---
Manaus: [s.n.], 2010. xv, 193 f. : il.

Tese (doutorado)-- INPA, Manaus, 2010
Orientador: Rogério Gribel Soares Neto
Área de concentração: Ecologia

1. Ecologia humana. 2. Demografia. 3. Produtos florestais não
madeireiros.
4. Regeneração florestal – Amazônia. 5. Capanã Grande, Lago (AM).
6. Trombetas, Rio. 7. *Bertholletia excelsa*. I. Título.

CDD 19. ed. 597.92045

Sinopse: Estudou-se a ecologia e demografia de populações naturais de castanheira em relação à atividade extrativista com o intuito de conhecer quais são os fatores ecológicos e/ou antrópicos que influenciam na regeneração da espécie.

Palavras-chave: Ecologia humana, demografia, regeneração florestal, produtos florestais não madeireiros, Trombetas, Capanã Grande.

Dedico

Ao meu filho Eros, aos meus pais Carlo e Angeles, aos Irmãos Mario e Maria, a sobrinha Sofia, a tia Chicchi, aos tios Antonio e Dolores e a todas as pessoas envolvidas com a coleta de castanha.

In Memoriam

Al nonno Mario e ao amigo Massimo.

AGRADECIMENTOS

A mãe Natureza por ter permitido o desenvolvimento satisfatório do trabalho de campo sem grandes contratempos.

Ao meu filho Eros pela sua vitalidade e pela compreensão com as longas ausências do pai. A toda minha família e as verdadeiras amigas por ser fontes de motivação.

Ao orientador e amigo Dr. Rogério Gribel pela suas contribuições intelectuais, paciência e confiança no meu trabalho, além de suas mostras de solidariedade e apoio nas minhas estadias em Manaus e Rio de Janeiro. Agradecimento que faço extensiva a toda sua família.

Ao Gilmar Nicolau Klein pela inestimável apoio logístico nas atividades de campo em Trombetas, pela participação ativa em algumas expedições de campo, pelos diálogos e discussões relacionados com a ecologia e o extrativismo da castanheira em Porto Trombetas, Cachoeira Porteira e Manaus, e pela elaboração dos mapas ilustrativos que figuram em dois artigos da tese.

Ao amigo Paulo Mauricio Alencastro Graça pelas suas sugestões no desenho amostral e pela elaboração desinteressada de dois mapas.

Aos amigos Salvador Pueyo e David Bertran por ter dedicado tempo e esforço intelectual em alguns tratamentos de dados da tese.

As equipes humanas de ICMBio do Porto de Trombetas e Manicoré, em especial a Vivian, Altemar, Valmir Raimundo, Carlos Augusto, Antônio, José Risonei, Marília, Geovane, Baixo, Josenildo, Cinho, DuFlair e Emerson.

Aos funcionários do viveiro da Mineração do Rio Norte em Porto Trombetas.

A todas as famílias quilombolas do Rio Trombetas e Rio Erepecuru pela atitude amistosa, receptiva e solidária com as equipes de pesquisa durante as expedições de campo.

A todas as famílias ribeirinhas do Lago do Capanã Grande pela receptividade e apoio às equipes de pesquisa durante as atividades de campo.

A todos os auxiliares de campo sem os quais não tivesse sido possível a realização das teses, em especial, pelo maior tempo de convivência, à Manoel de Oliveira Rego, Manoel José de Araújo, Raimundo Gomes Filho, Laura Peixoto de Freitas, Edelson de Souza Vieira, Manoel Dileno dos Santos, Dometilo Xavier Vieira, Raimundo Valeiro Cordeiro, J. Raimundo Beltrão, Vivaldo Melo dos Santos, Abelardo Figueiredo de Oliveir, Josimar Rodrigues da Silva, Valdelina Vieira Viana, Lucivaldo Vieira do Carmo, Edward de Sousa

Araujo, Jocelino Silva dos Santos, Ruberval Melo dos Santos, Francisco Melo do Souza, M. Profeta Melo dos Santos e Antônio Almeida de Souza.

A Coordenadora da Pós-Graduação em Pesquisas Ecológicas do INPA, Dra. Claudia Keller, e as secretárias Beverly e Rose.

A Paulo Coutinho e Rodrigo da Silva, coordenadores do LBA-INPA em Santarém durante os dois anos da minha moradia em Santarém (2007-2009), pelo apoio na infraestrutura e receptividade institucional.

A Charles Clement e André Junqueira por ter facilitado literatura relacionada com ecologia histórica.

Aos funcionários e estagiários do Laboratório Temático do Plantas e Solos do INPA pela execução das análises físico-químicas das amostras de solo coletadas.

Ao Marcelo Lima de Queiroz e Ricardo Leme.

Aos estagiários e funcionários do GTI-INPA do campus V8.

Aos funcionários da Biblioteca do Museu Paraense de Emílio Goeldi.

A todos/as os professores/as das disciplinas creditadas no curso de pós-graduação de Ecologia. A Dra. Albertina Lima por ser a primeira pessoa em ouvir e aceitar minha candidatura ao doutorado. Aos cinco doutores da banca da aula de qualificação realizada em dezembro de 2006.

Aos colegas de pós-graduação do INPA em especial à Daniel, Ricardo, Marcelo, Camila, Fernando, Franci, Mahatma, Milene, Paulo, Rato, Rosa, Melissa, Virgínia, José Julio, Thiago, Duka, Nete, David, Pedro, Jaime, Jean, Fabiana, Luiz Henrique.

As entidades financiadoras, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Programa de Áreas Protegidas da Amazônia, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), Programa Beca do Instituto Internacional de Educação do Brasil, Amazônia-Assemblea de Solidaritat e Projeto 'Banco de Germoplasma da Castanheira' do INPA/MRN/IBAMA.

Em especial, a Sabrina, Síría, Raissa, Claudiele, Kelly, Jéssica, Bel e Bia.

RESUMO

A castanheira, *Bertholletia excelsa*, Lecythidaceae, é uma espécie arbórea emergente que forma aglomerações (castanhais) em florestas de terra firme da Amazônia. As áreas de maior concentração de *B. excelsa* são visitadas sazonalmente por ‘castanheiros’ (coletores de castanha) para exploração das sementes da espécie, importante fonte de renda para as famílias rurais da região. O presente trabalho teve como objetivo analisar aspectos da ecologia da castanheira e sua estrutura demográfica em duas regiões da Amazônia Brasileira, com diferentes históricos de ocupação e formas de exploração: região do Rio Trombetas (Baixo Amazonas, Pará) e Lago do Capanã Grande (Rio Madeira, Amazonas). Os dados demográficos foram obtidos de 35 castanhais, 25 na região de Trombetas e 10 na região do Capanã Grande em parcelas compridas de 50 x 1.000 m, que cortavam os castanhais aproximadamente ao longo das trilhas percorridas pelos castanheiros. Os indicadores de regeneração foram correlacionados com possíveis variáveis explicativas relacionadas a fatores ecológicos, demográficos e extrativistas. De forma complementar, realizou-se um experimento de plantação de mudas juvenis de castanheira em três *habitats* (roçado, capoeira, castanhal) com a finalidade de monitorar o desempenho da planta em ambientes onde ela se estabelece de forma natural e/ou induzida, com diferentes condições de entrada de luz. A comparação entre as duas regiões de estudo sugere que a estrutura demográfica das populações é condicionada por fatores antrópicos pretéritos e contemporâneos. No Trombetas, região em que dados históricos sugerem um esvaziamento demográfico a partir do século XVI até um passado recente, a distribuição da população de *B. excelsa* é dominada por árvores de tamanho intermediário a grande, com pouca presença de jovens. Em contraste, no Rio Madeira, os castanhais apresentam a população de *B. excelsa* mais jovem, adensada e com maior número de recrutamentos, especialmente naqueles mais próximos aos assentamentos humanos. Os plantios experimentais de castanheira mostraram desenvolvimento muito superior das mudas em ambientes de pleno sol (roçados) do que no ambiente semi-sombreado (capoeira) ou sombreado (sub-bosque do castanhal). Os dados do presente estudo sugerem que a estrutura mais envelhecida no Trombetas seja consequência das poucas chances de regeneração desta espécie heliófita em florestas densas e maduras, com alto sombreamento. A castanheira, espécie pioneira de longa vida e produtora de sementes comestíveis, parece ser favorecida por atividades agrícolas e extrativistas passadas e/ou recentes. No Trombetas, testou-se também a influência das atividades de remoção de sementes por castanheiros na regeneração da espécie. Os resultados não mostraram diferenças significativas entre os sítios com diferentes intensidades de coleta. Em Capanã Grande, igualmente não há qualquer evidência de que áreas mais visitadas e coletadas apresentem menor regeneração de *B. excelsa*. Por tanto, não se pode afirmar que a remoção de sementes é prejudicial para a regeneração da espécie em ambas as regiões. Sugere-se que a dinâmica populacional da castanheira depende mais da longevidade dos adultos produtivos que das taxas de recrutamento das sementes produzidas. Nas regiões onde as populações de *B. excelsa* estão mais envelhecidas, recomenda-se adoção de medidas compensatórias como o enriquecimento com mudas de castanheira em áreas florestais abertas e semi-abertas para favorecer o rejuvenescimento das populações.

ABSTRACT

The Brazil nut tree, *Bertholletia excelsa* (Lecythidaceae), is an emergent tree species that occurs in stands called ‘castanhais’ in non-flooded, upland forests of the Amazon. The ‘castanhais’ are seasonally visited by ‘castanheiros’ (nut harvesters) during the period of fruit fall. The Brazil nut represents an essential income source for local communities living near the ‘castanhais’. This study aimed to examine the population ecology and the demographic structure of ‘castanhais’ located in two regions of the Brazilian Amazon, with different historical occupation and contemporary exploitation regimes: the region of the Trombetas River (Lower Amazon, Pará State), and the Lake Capanã Grande (Madeira River, Middle Amazon, Amazonas State). Demographic and regeneration data were obtained from 35 stands, 25 in the Trombetas region and 10 in Capanã Grande, by means of long transects (50 x 1,000 m) placed approximately along the walking trails of harvesters. Three regeneration categories (seedlings, saplings, and juveniles) were correlated with possible explanatory variables related to ecological, demographic, and extractive factors. Additionally, we carried out a field trial planting Brazil nut saplings in three habitats (open field, early secondary vegetation, and forest understorey) in order to monitor the saplings’ performance in different light conditions. The contrasting population structure found between Trombetas and Capanã Grande populations suggest that ancient and contemporary anthropogenic activities have played important roles in shaping the demographic and regeneration patterns of *B. excelsa* in these regions. In Trombetas, a region in which historical data suggest the occurrence of a rapid human depopulation from the XVI century until the recent past, the *B. excelsa* stands are dominated by medium- and large-sized trees, with little presence of juveniles or seedlings. In contrast, in the Madeira River, the stands exhibit a younger and denser structure, with higher recruitment, especially those near human settlements. The experimental plantations showed a highly significant difference between treatments, with higher rates among saplings planted in the open fields than in the semi-shaded secondary growth or in the understorey. The data suggest that the older structure in Trombetas resulted from the limited chances of regeneration in the dense, stable, and mature forest of this region. On the other hand, regeneration of Brazil nut trees, a long-lived pioneer tree, seems to be favored by agricultural and extractive activities such as those occurring in the Capanã Grande region during the last decades. There was no evidence, for either study site, of decreasing regeneration in more intensely visited and harvested areas. The data suggest that the long term maintenance of the ‘castanhal’ regeneration and productivity depends on some level of human-mediated forest disturbances. In the areas with very mature forests and ancient populations of *B. excelsa*, such as in the Trombetas region, the adoption of enrichment measures to compensate the low regeneration rate is recommended. In these areas, Brazil nut saplings should be planted in strategic sites such as large gaps, along of the forest edges, and in cleared areas nearby the local communities. However, the success of these initiatives, depends on the awareness and participation of the local communities in all of their phases, such as the planning, germplasm selection, nursery, sapling production, planting and monitoring of juvenile survivorship and development.

SUMARIO

Listas de tabelas	x
Listas de figuras	xiii
Introdução	1
1. Taxonomia, distribuição e ecologia da espécie.....	1
2. Extrativismo e regeneração	4
3. Objetivos, metodologia e estruturação da tese.....	6
Artigo 1. Crescimento e sobrevivência de mudas de castanheira (<i>Bertholletia excelsa</i>, Lecythidaceae) em diferentes condições ambientais na região do Rio Trombetas, Oriximiná, Pará	9
Resumo.....	10
1. Introdução	12
2. Material e Métodos	14
3. Resultados	19
4. Discussão	28
5. Conclusão.....	33
Referências.....	35
Artigo 2. Estrutura demográfica de duas populações de castanheira (<i>Bertholletia excelsa</i>, Lecythidaceae) com diferentes históricos de ocupação e exploração na Amazônia Brasileira	48
Resumo.....	49
1. Introdução	50
2. Material e métodos.....	54
3. Resultados	60

4. Discussão	62
5. Conclusão.....	69
Referências.....	71
Artigo 3. Regeneração da castanheira (<i>Bertholletia excelsa</i>, Lecythidaceae) em populações exploradas da Resex Lago do Capanã Grande, Manicoré, Amazonas, Brasil.....	83
Resumo.....	84
1. Introdução	85
2. Material e métodos.....	91
3. Resultados	98
4. Discussão	104
5. Conclusões	109
Referências.....	111
Artigo 4. Podemos coletar castanha? A regeneração da (<i>Bertholletia excelsa</i>, Lecythidaceae) em relação à a intensidade de coleta na região do Rio Trombetas, Amazônia Setentrional	131
Resumo.....	132
1. Introdução	133
2. Material e Métodos	139
3. Resultados	147
4. Discussão	152
Referências.....	160
Conclusões.....	181
Referências Bibliográficas.....	183

LISTAS DE TABELAS

Artigo 1

Tabela 1. Procedência geográfica e quantidades das mudas de <i>B. excelsa</i> plantadas nas áreas experimentais do Rio Trombetas	16
Tabela 2. Proporção da abertura do dossel por tratamentos e repetições.	19
Tabela 3. Propriedades de textura dos solos dos plantios experimentais de Trombetas por tratamento. Valores médios de proporção de partículas \pm variação.	20
Tabela 4. Propriedades químicas dos solos dos plantios experimentais de Trombetas por tratamento. Valores médios \pm desvio padrão (σ) das variáveis químicas do solo.	21
Tabela 5. Número de mudas de <i>B. excelsa</i> por tratamento e incidências. Plantios experimentais de Trombetas.	22

Artigo 2

Tabela 1. Análise comparativa da estrutura populacional (valores médios e desvios padrões, quando %, mínimo e máximo) de <i>B. excelsa</i> em duas regiões da Amazônia Brasileira: Região do Rio Trombetas e Lago do Capanã Grande.	78
Tabela 2. Densidades de árvores DAP > 10 cm de <i>B. excelsa</i> (nº de árvores ha ⁻¹) em diferentes regiões da Bacia Amazônica, ordenadas em valores crescentes.	79

Artigo 3

- Tabela 1.** Características diferenciais das unidades amostrais a partir do tempo de uso, grau de acessibilidade e distância mínima em relação às residências comunitárias. Agrupação dos castanhais em ‘naturais’ (n=6) e ‘humanizados’ (n=4). 118
- Tabela 2.** Listagem das variáveis potencialmente explicativas analisadas (x) para cada indicador do estudo: atividade de dispersão e/ou predação de cutia (densidade de ‘bocas de cutia’), regeneração potencial (densidade de plântulas), regeneração pré-estabelecida (densidade de juvenis), regeneração estabelecida (densidade de jovens). 119
- Tabela 3.** Estatística das correlações de Pearson por pares entre densidade de ‘bocas de cutia’ e variáveis ecológicas potencialmente explicativas. Unidades de amostragem (n=10). 120
- Tabela 4.** Estatística das correlações por pares entre o indicador de regeneração potencial (densidade de plântulas) e variáveis ecológicas potencialmente explicativas..... 120
- Tabela 5.** Estatística das correlações por pares entre o indicador de regeneração pré-estabelecida (densidade de juvenis) e as variáveis potencialmente explicativas..... 121
- Tabela 6.** Estatística das correlações por pares entre o indicador de regeneração estabelecida (densidade de jovens) e variáveis potencialmente explicativas..... 121
- Tabela 7.** Estatísticas de comparação de variáveis populacional (valores médios e desvios padrões, quando %, mínimo e máximo) entre castanhais ‘naturais’ e ‘humanizados’ na Resex Lago do Capanã Grande. 122
- Tabela 8.** Densidades de plântulas e razão plântulas/adultos em diferentes regiões da Bacia Amazônica, ordenadas em valores crescentes de densidade. 123
- Tabela 9.** Estimativa de regeneração estabelecida (% jovens, DAP 10-40 cm) em diferentes regiões da Bacia Amazônica, ordenadas em valores crescentes. 124

Artigo 4

Tabela 1. Indicadores de extrativismo nas unidades de amostragem da Região de Trombetas: Bacia do Rio Trombetas (T) e Bacia do Rio Erepecuru (E).....	168
Tabela 2. Listagem das variáveis explicativas analisadas (x) para cada indicador do estudo: atividade de dispersão e/ou predação de cutia (densidade de ‘bocas de cutia’), regeneração potencial (densidade de plântulas), regeneração pré-estabelecida (densidade de juvenis), regeneração estabelecida (densidade de jovens).	169
Tabela 3. Estrutura demográfica das 25 unidades de amostragem: densidade de adultos (DAP > 40 cm) e jovens (DAP, 10-40 cm), tamanho médio (DAP) e normalidade das distribuições de tamanho (teste K-S, $\alpha=0,05$). Região do Rio Trombetas.....	170
Tabela 4. Estatística das correlações por pares entre densidade de ‘bocas cutia’ e variáveis ecológicas potencialmente explicativas.....	171
Tabela 5. Estatística das correlações por pares entre o indicador de regeneração potencial (densidade de plântulas) e variáveis ecológicas potencialmente explicativas. Região do Rio Trombetas.	171
Tabela 6. Estatística das correlações por pares entre o indicador de regeneração pré-estabelecida (densidade de juvenis) e variáveis ecológicas potencialmente explicativas. Região do Rio Trombetas.	172
Tabela 7. Estatística das correlações por pares entre o indicador de regeneração estabelecida (n° de jovens ha^{-1}) e variáveis ecológicas potencialmente explicativas. Região do Rio Trombetas. Unidades de amostragem ($n=10$).....	173
Tabela 8. Densidades de plântulas e razão plântulos e adultos em diferentes regiões da Bacia Amazônica, ordenadas em valores crescentes de densidade.	174
Tabela 9. Estimativa de regeneração estabelecida (% jovens, DAP 10-40 cm) em diferentes regiões da Bacia Amazônica, ordenadas em valores crescentes.	175

LISTAS DE FIGURAS

Artigo 1

- Figura 1.** Mapa da área de estudo. Localização das parcelas das mudas por tratamentos e repetições. Comunidade de Tapagem. Rio Trombetas40
- Figura 2.** Seqüência de episódios de morte das mudas de *B. excelsa* nos plantios experimentais de Trombetas.....40
- Figura 3.** Comparação gráfica das taxas médias de crescimento em altura (TMC_h) entre mudas normais (barras escuras) e rebrotadas (barras claras) nos três tratamentos dos plantios experimentais de Trombetas.....40
- Figura 4.** Incrementos médios do crescimento em a) altura (ICM_h) e b) diâmetro (ICM_d) por tratamentos nos plantios experimentais de Trombetas.....40
- Figura 5.** Regressão entre entrada de luz (nº de pixels não obscurecidos) e crescimento das mudas em altura em dois anos.....40
- Figura 6.** Regressão entre entrada de luz (nº de pixels não obscurecidos) e crescimento das mudas em diâmetro em dois anos.....40
- Figura 7.** Diferenças interanuais de crescimentos médios em a) altura (ICM_h) e b) diâmetro (ICM_d) por tratamentos nos plantios experimentais de Trombetas. 1º ano (barra clara), 2º ano (barra escura).40
- Figura 8.** Série temporal bimestral de precipitação e crescimento da altura média (a) e diâmetro médio (b) das mudas por tratamentos.....40
- Figura 9.** Diferenças de crescimento de mudas de *B. excelsa* entre o tratamento de roçado (alta exposição de luz, foto a direita) e o do castanhal (baixa exposição à luz, foto a esquerda).40

Artigo 2

- Figura 1.** Localização das duas regiões de estudo em relação à Amazônia Brasileira..... 80
- Figura 2.** Distribuição da população de *B. excelsa* DAP > 10 cm em intervalos de classe de diâmetro de 10 cm, região do Rio Trombetas (barras pretas) e Lago do Capanã Grande (barras brancas)..... 80
- Figura 3.** Castanheiras ‘velhas’ da região do Rio Trombetas: a) árvore com DAP de 4,61 m, igarapé de Jaurí, medido em julho de 2008, foto maio 2007; b) árvore com DAP > 2 m, Leonardinho, foto de dezembro 2008..... 80

Artigo 3

- Figura 1.** Mapa da área de estudo, Resex Lago do Capanã Grande, Rio Madeira, Manicoré. Amazonas. Localização das unidades de amostragem: R-A1 (Taracuã), R-B1 (Fraternidade), R-C1 (Castanhalzinho), R-D1 (Porto Alto), R-E1 (Lembrança), R-F1 (Santo Antônio), R-G1 (Laranjal), R-H1 (São Julião), R-J1 (Vale Quem Tem) e R-K1 (Vitoriano)..... 125
- Figura 2.** Frequência de registros por intervalos de 1 % da abertura de dossel na área total pesquisada. Resex Lago do Capanã Grande..... 125
- Figura 3.** Abertura média de dossel (%) por unidade de amostragem. Resex Lago do Capanã Grande. 125
- Figura 4.** Estimativa de atividade de cutia através de cálculo da densidade média de ouriços roídos (n° de ‘bocas de cutia’ ha^{-1}) em cada unidade de amostragem. Resex Lago do Capanã Grande. 125
- Figura 5.** Distribuição de frequências dos registros de abertura de dossel no total de sub-parcelas (a) e naquelas onde foram detectadas plântulas e/ou juvenis (b). Intervalo usado 1% de abertura de dossel. Resex Lago do Capanã Grande..... 125
- Figura 6.** Densidade de jovens (barras brancas) e adultos (barras pretas) por unidade de amostragem. A ordenação de esquerda a direita dos castanhais é por valores crescentes do número de jovens. Resex Lago do Capanã Grande. 125

Figura 7. Distribuição da população de *B. excelsa* por classes diamétricas em castanhais ‘naturais’ (barras pretas) e ‘humanizados’ da Resex Lago do Capanã Grande..... 125

Artigo 4

Figura 1. Mapa da área de estudo, região do Rio Trombetas, Baixo Amazonas, Pará, Brasil. 176

Figura 2. Distribuição total de árvores de *B. excelsa* (DAP > 10 cm), em intervalos de classe de diâmetro de 10 cm. Região do Rio Trombetas. 176

Figura 3. Frequência de registros por intervalos de 1% da abertura de dossel na área total pesquisada, os números representados mostram extremo maior do intervalo (ex: 1= 0-1%; 2=1-2 %). Região do Rio Trombetas..... 176

Figura 4. Estimativa de atividade de cutia através de cálculo da densidade média de ouriços roídos (nº de ‘bocas de cutia’ ha⁻¹) por unidade de amostragem. Região do Rio Trombetas. 176

Figura 5. Representação gráfica das densidades de plântulas (nº de plântulas ha⁻¹) nos castanhais da região do Rio Trombetas com presença de plântulas..... 176

Figura 6. Porcentagem de jovens (nº de jovens / nº de árvores DAP>10 cm) nas unidades de amostragem da região do Rio Trombetas..... 176

INTRODUÇÃO

1. Taxonomia, distribuição e ecologia da espécie

A castanheira (*Bertholletia excelsa* H & B, Lecythidaceae) é uma árvore tropical de grande tamanho e longa vida que se distribui de forma descontínua pela Bacia Amazônica. Ela é considerada uma espécie ícone de Hiléia, tanto pela sua envergadura e presença nas florestas de terra firme, como por produzir sementes comestíveis (as castanhas) de apreciável valor no mercado internacional de frutos secos e importante fonte de renda para as comunidades locais.

A castanheira é o único representante do gênero *Bertholletia* da família Lecythidaceae, grupo taxonômico formado majoritariamente por árvores de distribuição neo-tropical. A espécie foi originalmente descrita em 1807 por Humboldt e Bonpland numa coleção feita por estes na Venezuela. Em 1825, Poieau foi o primeiro cientista que deu o status de família a Lecythidaceae, removendo cinco gêneros, entre eles *Bertholletia*, pertencentes então as Myrtaceae, para este novo grupo taxonômico (Mori e Prance, 1990).

A espécie ocorre em florestas de terra firme das Guianas e da Bacia Amazônica. Sua distribuição é ampla, mas irregular, estendendo-se desde o Alto Beni (Bolívia, 14° S) ao Alto Orinoco (5° N). Os países de maior ocorrência de castanheiras são Brasil, Bolívia, Peru e as Guianas. Na Amazônia Brasileira, encontram-se *Bertholletia excelsa* principalmente nos estados de Pará, Rondônia, Amazonas e Acre, mas também no Amapá, Roraima, Maranhão e Mato Grosso (Müller, 1981). De acordo com Diniz e Bastos (1974), a castanheira ocorre em áreas com temperaturas médias entre 24 a 27 °C, pluviometria anual entre 1400 e 2800 mm, e umidade relativa de 79% a 86%, sendo tolerante a períodos de estiagem (< 60 mm mês⁻¹), entre 2 a 7 meses por ano.

B. excelsa é uma árvore emergente que pode atingir alturas superiores a 50 metros e diâmetros altura do peito (DAP) maiores que 300 cm (Zuidema e Boot, 2002; Salomão, 2009). Na floresta madura, o tronco da árvore é retilíneo, ausente de galhos até perto do seu topo. A copa é formada por galhos bem separados, que podem alcançar comprimentos > 20 m cada um deles. Seu fruto é pesado (0,5-2,5 kg), lenhoso e redondo (diâmetro, 11-15 cm). O ouriço ou pixídio alberga uma média de 10-25 sementes comestíveis que têm forma angular e estão recobertas de tegumento lenhoso protetor (Mori e Prance, 1990).

A castanheira é a única espécie da família Lecythidaceae com frutos funcionalmente indeiscentes, ou seja, eles não se abrem para liberar as sementes, as quais amadurecem dentro do próprio ouriço (Mori e Prance, 1990). A primeira fase de dispersão de fruto é gravitacional, destacando-se a capacidade dos frutos pesados de cair no chão sem quebrar-se a estrutura lenhosa (Zuidema e Boot, 2002). Na região amazônica, o início do período de chuvas marca o começo do desprendimento de frutos que se prolonga por mais de um semestre, com um pico de quedas que varia entre três e quatro meses. O desprendimento do ouriço, mais freqüente depois de fortes chuvas e/ou quando aumenta a temperatura do dossel (meio dia), tem provocado acidentes entre os coletores de castanha, ainda que o fenômeno é incomum (Mori e Prance, 1990; Ortiz, 1995; Scoles e Gribel, obs. pes.).

A segunda fase, disseminação horizontal das sementes, pode ocorrer pela rolagem dos ouriços no solo ou pela atividade de acumulação e predação de roedores caviomorfos da família de Dasyproctidae, principalmente as cutias (*Dasyprocta spp.*), fato extensamente descrito na literatura (Huber, 1910; Ortiz, 1995; Peres & Baider, 1997; Zuidema & Boot, 2002; Tuck Haugaasen *et al.*, 2010). O comportamento destes roedores de armazenar e enterrar as sementes em outro lugar após ficar saciadas (“scatter-hoarding”) é o principal mecanismo de dispersão de sementes de castanheira quando estas não são mais encontradas ou são esquecidas por estes roedores.

Outro possível animal predador e/ou dispersor de castanha é a cotiara (*Myoprocta spp.*), representante de menor tamanho da mesma família. De acordo com Peres e Baider (1997), estas duas espécies são os únicos roedores conhecidos capazes em abrir frutos lenhosos intactos. Ainda assim, a partir de depoimentos com castanheiros, vários trabalhos levantam a possibilidade de que outros mamíferos, tais como macaco prego (*Cebus apella*), quatipuru (*Sciurus spadiceus*) e paca (*Agouti paca*), estejam capacitados em abrir o ouriço lenhoso da castanheira (Mori e Prance, 1990; Peres e Baider, 1997; Viana *et al.*, 1998; Tuck Haugaasen *et al.* 2010). Entretanto, não há discussão em considerar as cutias as principais responsáveis da dispersão natural de sementes de castanheira (Peres *et al.* 1997; Zuidema e Boot, 2002; Ortiz, 2002).

Uma vez ocorrida a germinação, a sobrevivência da plântula é garantida pela grande quantidade de reserva da semente e o crescimento da plântula é promovido por condições favoráveis de luz, geralmente aproveitando clareiras dentro da floresta. A castanheira é uma espécie heliófita (Salomão, 1991) que se comporta como uma pioneira de longa vida (Zuidema, 2003), não se desenvolvendo bem em condições de alto sombreamento (Kainer *et*

al. 1998; Myers *et al.*; 2000; Peña-Claros *et al.*, 2002). Neste trabalho, por ‘pioneiras de longa vida’ se entende aquele grupo ecológico de árvores que precisa condições altas de luz para alcançar o tamanho de adultos, mas é capaz de persistir por longos períodos sob o dossel maduro, em contraposição a maioria das pioneiras que não resistem às condições de sombreamento (Swaine e Hall, 1983).

A estrutura populacional de *B. excelsa* caracteriza-se por formar aglomerações (castanhais) entre 75-150 árvores de DAP > 10 cm (Peres e Baider, 1997), com densidades altas para os padrões das florestas tropicais úmidas (5-20 indivíduos ha⁻¹), alternando-se com áreas florestais onde a concentração é muito baixa, de até uma árvore a cada seis hectares (Mori e Prance, 1990). Os castanhais podem ser consideradas florestas mono-dominantes onde uma única espécie de árvore (em este caso, *B. excelsa*), domina, de forma desproporcional, o espaço e/ou luz do ambiente florestal. Dominância marcante que freqüentemente supera outras medidas relativas (freqüência e densidade) na determinação da importância ecológica da espécie no dossel (Balée e Campbell, 1990).

Os estudos demográficos da espécie destacam uma tendência a baixa proporção de árvores não reprodutoras (Salomão, 1991; Nepstad *et al.*, 1992, DHV, 1993) e o domínio das classes intermédias de diâmetro na distribuição das populações naturais de *B. excelsa* (Zuidema e Boot, 2002; Peres *et al.*, 2003; Salomão, 2009).

As altas densidades de castanheiras em forma de ‘manchas’ ou ‘reboladas’ e a dominância das árvores de tamanho intermediário na estrutura demográfica da espécie têm sido explicada na literatura de três maneiras distintas, não necessariamente antagônicas: 1) as ‘reboladas’ de castanheiras seriam consequência da dependência de esta espécie heliófita por grandes clareiras para seu crescimento juvenil (Mori & Prance, 1990; Salomão, 1991), 2) a característica social de *B. excelsa* seria fruto do abandono de roçados ameríndios em tempos históricos, o que teria permitido o desenvolvimento de árvores de tamanhos similares de forma concentrada (Ducke, apud, Tupiassú e Oliveira, 1967; Posey *et al.*, 1985; Balée, 1989), 3) os aglomerados de castanheira podem ser explicados por um padrão de remoção de curta distância promovida por cutias, sendo raros os casos de dispersão a longa distância (Peres e Baider, 1997).

2. Extrativismo e regeneração

A castanheira produz sementes comestíveis que são um dos principais produtos florestais não madeireiros (PFNM) comercializados na região amazônica, de grande importância econômica para numerosas populações rurais do Brasil (IBGE, 2008), Bolívia (Stoian, 2004) e Peru (Ortiz, 2002). Trata-se da única semente comercializada internacionalmente cuja coleta é feita com exclusividade em áreas florestais naturais (Clay, 1997). A maior parte das sementes é vendida para o mercado internacional, sendo baixo o consumo em nível local ou regional (Mori e Prance, 1990).

A coleta das castanhas realiza-se de forma intensiva em florestais ricas em árvores produtivas de *B. excelsa*. A coleta das sementes pode representar até 93% de remoção dos frutos nos castanhais explorados (Zuidema e Boot, 2002). As atividades de coleta realizam-se tanto em áreas próximas como afastadas das comunidades, a escolha depende da disponibilidade de tempo e recursos, além da produtividade sazonal do castanhal. Quando as florestas mais produtivas encontram-se muito distanciadas das moradias, os extrativistas (castanheiros) fazem acampamentos temporais (barracos) nas proximidades do castanhal durante o período da safra.

Concomitantemente à remoção intensiva de sementes nas florestas exploradas, os castanheiros costumam caçar animais silvestres durante a safra da castanha, entre eles as cutias, especialmente quando às atividades de coleta requerem tempos prolongados de permanência no castanhal (Ortiz, 1995; Rumiz e Maglianesi, 2001; Zuidema, 2003; Scoles e Gribel, obs. pes.).

A remoção intensiva de castanhas (embriões de futuras árvores) e a caça de cutias (principal dispersor natural de sementes) têm despertado o interesse em biólogos e conservacionistas, preocupados pelos possíveis efeitos negativos do extrativismo sobre a regeneração da castanheira. Alguns levantamentos de avaliação ambiental de atividades extrativas têm mostrado baixo impacto ambiental, a curto e meio prazo, da coleta de frutos e sementes nas florestas e populações exploradas, desconhecendo-se, porém, os efeitos a mais longo prazo (Boot e Gullison, 1994; Ticktin *et al.*, 2004). Em contraste, um estudo abrangente de Peres *et al.* (2003), usando dados de 23 populações naturais de *B. excelsa* espalhadas por toda a Amazônia, encontrou que o histórico de extrativismo era o principal fator determinante da estrutura demográfica da castanheira, destacando a pouca presença de árvores não

reprodutivas (jovens) em áreas com altos níveis de intensidade de coleta. Estudo, enfim, que alerta sobre um possível colapso demográfico de *B. excelsa* nas florestas naturais com exploração permanente e a necessidade de adoção de políticas reguladoras que neutralizem os riscos de uma atividade não sustentável, ainda hoje não visível pela grande longevidade dos adultos da espécie.

Entretanto, pesquisas menos abrangentes, porém, mais detalhadas e localizadas, tem chegado a conclusões diferentes às da meta-análise de Peres *et al.* (2003). No sudoeste da Amazônia Brasileira (Acre), alguns estudos provam existência de regeneração da castanheira em áreas florestais com histórico de extrativismo e constataam uma estrutura demográfica distribuída aproximadamente em forma de “J” invertida, com maior presença de indivíduos nas categorias menores de tamanho (Viana *et al.* 1998; Wadt *et al.* 2008). Na Bolívia, usando modelos de dinâmica de populações a partir da distribuição de frequências observadas em duas regiões diferentes, Zuidema & Boot (2002) chegaram à conclusão que a disponibilidade de sementes influencia pouco na dinâmica populacional da castanheira, condicionada em grande parte pela longevidade e alta sobrevivência das árvores reprodutivas, tal como já foi evidenciado em outras espécies de longa vida (Silvertown *et al.*, 1993).

Na realidade, a relação entre as populações humanas e a castanheira é bem complexa e interligada. Não obstante parecer obvio que a intensa remoção de sementes deve fazer diminuir às taxas de recrutamento de *B. excelsa*, os coletores podem, a sua vez, favorecer a regeneração da espécie. Em primeiro lugar, os castanheiros, como as cutias, são dispersores involuntários de sementes durante suas atividades de coleta, como abertura do fruto, transporte, lavagem e armazenagem das castanhas (Ortiz, 2002; Zuidema, 2003; Scoles & Gribel, obs. pes.). Além disso, conhecendo o caráter heliófito de *B. excelsa*, o aumento de pequenas perturbações inerentes às atividades humanas pode favorecer o estabelecimento e crescimento de plântulas e juvenis devido ao incremento da entrada de luz nas clareiras ou trilhas (Cotta *et al.*, 2008).

Em relação à pressão de caça, se a cutia não é extinta localmente, fato não relatado nas florestas exploradas (Rumiz e Maglianesi, 2001; Ortiz, 2002; Rosas, 2006), as atividades cinegéticas poderiam não ser prejudiciais para a regeneração de *B. excelsa*. Isto porque menores níveis de concorrência intra-específica resultantes das atividades cinegéticas favoreceriam a saciedade das cutias, aumentando assim as possibilidades de maior número de sementes serem armazenadas e enterradas (Ortiz, 2002; Zuidema, 2003).

Retomando a discussão sobre as origens dos castanhais, a relação entre a castanheira e as populações humanas vai além das atividades de coleta. A relação mutuamente benéfica entre a castanheira e as populações humanas pode ser evidenciada tanto em tempos pretéritos como presentes. Atualmente, é comum a ocorrência de filhotes de castanheiras em áreas de lavoura abandonadas e/ou em período de pouso (Scoles & Gribel, obs. pess.), chegando a apresentar maior densidade de plântulas e juvenis que em castanhais adjacentes (Cotta *et al.*, 2008). Também é sabido que o crescimento juvenil de *B. excelsa* é maior em áreas de capoeira que em florestas fechadas (Kainer *et al.* 1998; Peña-Claros *et al.*, 2002). Além disso, detecta-se frequentemente filhote de *B. excelsa* nas proximidades dos acampamentos temporais (barracos) dos castanheiros (Scoles & Gribel, obs. pes.).

Em diversos levantamentos fitossociológicos realizados em áreas com perturbação humana pretérita, *Bertholletia excelsa* aparece frequentemente como espécie indicadora de distúrbios passados (Balée, 1989; Balée & Campbell, 1990; Roosevelt, 2000; Balée, 2006). Na América Latina, numerosas florestas tropicais atuais, com presença dominante de espécies úteis, são resultado de atividades de manejo e enriquecimento agroflorestal por parte de sociedades pré-colombianas (Balée, 1989; Anderson, 1990; Peters, 2000; Campbell *et al.*, 2006). De este modo, a castanheira, espécie pioneira de longa vida e produtora de sementes comestíveis, poderia ter ampliado sua distribuição original com a participação direta e/ou indireta de populações ameríndias já que suas características ecológicas são favorecidas pelas atividades agroextrativistas das comunidades tradicionais. Com isso, este trabalho da tese abrange a idéia de que os castanhais são florestas mono-dominantes de origem antrópico (Ducke, apud, Tupiassú e Oliveira, 1967; Posey *et al.*, 1985; Balée, 1989) e mostra algumas evidências de ecologia histórica ao longo da dissertação.

3. Objetivos, metodologia e estruturação da tese

A questão ecológica central deste trabalho centra-se no impacto da intensidade de coleta na estrutura demográfica e regeneração da castanheira. O objetivo da tese é fundamentalmente responder duas perguntas interligadas: 1) O extrativismo e outras atividades humanas na mata afetam a regeneração da castanheira? Como? 2) Quais são os principais fatores ecológicos que favorecem a regeneração da espécie?

Para estudar os fatores naturais e antrópicos que afetam a regeneração natural de *B. excelsa* nas florestais onde ela se distribui e concentra, foi preciso fazer um estudo detalhado e

comparativo da estrutura de populações de castanheiras em áreas selecionadas com diferenças nos níveis de intensidade de coleta e históricos de ocupação. Procurou-se sempre mensurar quantitativamente todas as variáveis de estudo, tanto as demográficas como as ecológicas. Usaram-se indicadores de regeneração, de níveis de extrativismo e de atividade de remoção de sementes por cutias, como formas estimativas da intensidade destes fatores na natureza.

A coleta de dados ecológicos e demográficos da espécie estudada foi executada dentro das florestas mono-dominantes de castanheira (castanhais) após mapeamento das áreas de estudo. A escolha das unidades de amostragem (parcelas compridas de 50 x 1.000 m) seguiu critérios de representatividade geográfica e características do histórico de coleta. O trabalho foi desenvolvido em duas áreas da Amazônia Brasileira distantes cerca de 750 km: 1) região do Rio Trombetas, Baixo Amazonas e 2) Lago do Capanã Grande, Rio Madeira, Amazonas. As atividades de campo se desenvolveram em 241 dias efetivos de campo, 193 na região do Rio Trombetas, 48 no Rio Madeira, entre novembro de 2006 e julho de 2009.

Grande parte do trabalho de campo foi executado em florestas de castanhais com a finalidade de obter informações ecológicas, demográficas e extrativistas que permitissem analisar a estrutura populacional da castanheira e seus níveis de regeneração. De forma complementar, a tese inclui também um trabalho experimental de plantação de mudas de *B. excelsa* em três tratamentos ambientais com objetivo de conhecer o crescimento e sobrevivência da espécie em relação à intensidade de luz que recebe a planta.

A presente tese de doutorado foi estruturada em forma de artigos científicos que estão ou vão ser submetidos à publicação em revistas científicas, tal como recomenda a Coordenação de Pós-Graduação de Pesquisas Ecológicas do INPA e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES). Cada artigo tem uma formatação específica e diferenciada de acordo com as normas da revista. Após a dissertação destes, enumeram-se, em forma de itens, as principais conclusões da tese.

O primeiro artigo apresenta os resultados de um trabalho experimental de monitoramento do crescimento e sobrevivência de mudas de castanheira em diferentes condições ambientais de luminosidade por um período de dois anos. O experimento foi conduzido nos arredores da comunidade quilombola de Tapagem (Rio Trombetas), dentro da Floresta Nacional de Saracá-Taquera. A finalidade do estudo foi diferenciar o desempenho das mudas em três ambientes distintos (floresta, capoeira, roçado) onde a castanheira se estabelecer em condições naturais e/ou induzidas. Os resultados mostraram uma espetacular diferença no desenvolvimento entre castanheiras expostas a pleno sol em relação aquelas

submetidas a algum sombreamento e confirmaram que a castanheira é uma espécie pioneira de longa vida com altas taxas de sobrevivência após o período de absorção do endosperma por parte da planta.

O segundo ensaio compara a estrutura demográfica de duas populações de *B. excelsa* distantes geograficamente e com diferenças no histórico de ocupação e exploração. O estudo comparativo permitiu observar grandes contrastes entre as populações do Rio Trombetas e Rio Madeira. A densidade de árvores, dominância de classes diamétricas e níveis de regeneração poderiam ser explicadas, desde uma perspectiva de ecologia histórica, pela influência pretérita e contemporânea das populações humanas nesses castanhais.

O terceiro artigo analisa a regeneração potencial, preestabelecida e estabelecida na Reserva Extrativista Lago do Capanã Grande (Rio Madeira, Manicoré) em castanhais explorados de forma permanente, mas com certa diferenciação nos tempos de uso e distância das residências. Os resultados evidenciaram que os castanhais mais próximos das comunidades e mais frequentemente visitados, tinham condições mais favoráveis à regeneração e apresentavam uma estrutura demográfica mais jovem e com maior densidade de árvores.

Por sua vez, o quarto ensaio analisou a regeneração potencial e estabelecida na região do Rio Trombetas (Baixo Amazonas), rica em castanhais e explorada nos dois últimos séculos por comunidades tradicionais, quilombolas especialmente. O principal objetivo foi estudar os três níveis de regeneração da castanheira em sítios com diferentes condições de intensidade extrativa. Os resultados mostraram poucas diferenças significativas em relação ao extrativismo, evidenciando nula influência na estrutura demográfica da castanheira, em geral, dominada por árvores de tamanho intermediário e com tendência ao envelhecimento. O artigo acaba discutindo as prováveis causas da pouca presença de jovens nestes castanhais, rebatendo as conclusões do trabalho de Peres *et al.* (2003) e indicando medidas compensatórias para favorecer o rejuvenescimento das populações de *B. excelsa* nessa região.

**ARTIGO 1. CRESCIMENTO E SOBREVIVÊNCIA DE MUDAS DE
CASTANHEIRA (*BERTHOLLETIA EXCELSA*, LECYTHIDACEAE) EM
DIFERENTES CONDIÇÕES AMBIENTAIS NA REGIÃO DO RIO
TROMBETAS, ORIXIMINÁ, PARÁ¹**

Growth and survival de Brazil nuts saplings (*Bertholletia excelsa*, Lecythidaceae) in different environmental conditions in ther region of Trombetas River, Oriximiná, Pará, Brazil.

Scoles², Ricardo; Gribel³, Rogério; Klein⁴, Gilmar Nicolau

¹ Artigo submetido no Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Naturais (ISSN: 19818114)

² Coordenação de Pesquisas em Ecologia, Instituto Nacional de Pesquisas. Caixa Postal 478, CEP: 69011-070, Manaus, Amazonas, Brasil. E-mail: ricardscoles@yahoo.es.

³ Diretoria de Pesquisas, Instituto de Pesquisas do Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Rua Pacheco Leão 915, Jardim Botânico, CEP 22460-030, Rio de Janeiro-RJ, Brasil. E-mail: rgribel@jbrj.gov.br.

⁴ Coordenação de Pesquisa do Instituto Chico Mendes para a Conservação da Biodiversidade do Rio Trombetas. Praça Feirinha s/n, CEP: 68275.-000, Porto Trombetas, Oriximiná, Pará, Brasil. E-mail: kleinkla@yahoo.com.br

**CRESCIMENTO E SOBREVIVÊNCIA DE MUDAS DE CASTANHEIRA
(*BERTHOLLETIA EXCELSA*, LECYTHIDACEAE) EM DIFERENTES
CONDIÇÕES AMBIENTAIS NA REGIÃO DO RIO TROMBETAS,
ORIXIMINÁ, PARÁ**

Growth and survival de Brazil nut saplings (*Bertholletia excelsa*, Lecythidaceae) in different environmental conditions in the region of Trombetas River, Oriximiná, Pará, Brazil

Resumo

Este estudo analisa o crescimento e sobrevivência da castanheira (*Bertholletia excelsa*) em diferentes condições ambientais a partir de plantios experimentais na região do Rio Trombetas. Plantaram-se 144 mudas num delineamento experimental de blocos ao acaso, com três tratamentos de exposição à luz: roçados de mandioca (100% abertura de dossel), capoeiras jovens (20-80%) e sub-bosque de castanhais (< 10%). Durante dois anos, a cada dois meses, mediram-se a altura e o diâmetro do colo de todas as plantas, e anotaram-se as incidências de mortalidade e rebrotamento. Diferenças significativas no desempenho das mudas de castanheira foram observadas entre os três tratamentos, especialmente favorável ao de maior luminosidade. As mudas de roçado cresceram em altura 13 vezes mais do que as de capoeira e quase 30 vezes mais que as do castanhal. O crescimento em diâmetro das plantas no roçado foi 4,4 vezes maior que na capoeira e 7,7 vezes maior que no castanhal. Independente das condições luminosas, a castanheira mostrou alto índice de sobrevivência e capacidade de rebrote. Conclui-se que a castanheira se desenvolve melhor em condições de plena luminosidade, o que contraria a idéia de que a espécie é indicada para enriquecimento de capoeiras e clareiras florestais. Nas experiências de enriquecimento ou reflorestamento, deve-se limpar periodicamente ao redor das mudas, evitando sombreamentos da parte aérea, garantindo assim altas taxas de crescimento.

Palavras Chave: *Bertholletia excelsa*, castanheira, sobrevivência, crescimento árvores, plantios de enriquecimento, abertura de dossel.

Abstract

This study examines the growth and survival of Brazil nut saplings (*Bertholletia excelsa*, Lecythidaceae) in different environmental conditions in experimental plantations in the Trombetas River valley. One hundred and forty four saplings were planted in a random blocks design, with three natural light treatments: manioc crop field (100% canopy removal), in young fallow (20-80% canopy cover) and Brazil nut dominant forest understorey (< 10% canopy opening). Every two months for two years, each plant's height and stem diameter were measured, and mortality and regrowth were noted. There were significant differences in performance of Brazil nut saplings between treatments, especially at higher luminosity. The open field saplings grew 13 times more in height than those planted in fallows and nearly 30 times those in the understorey. The open field saplings grew 4.4 times more in diameter than those planted in fallows and 7.7 times more than those in the understorey. Regardless of light treatment, the Brazil nut saplings had high survival rates and excellent regrowth from damage. Brazil nut performs better in full daylight conditions, in contrast to the assertion that the species is indicated for enrichment of fallows and forest gaps. In enrichment or reforestation plantings, vegetation around plants should be cleared frequently to avoid shading the crown and guarantee high growth rates.

Key words: *Bertholletia excelsa*, Brazil nut, survival, enrichments plantings, crown tree, canopy gap.

1. Introdução

A castanheira (*Bertholletia excelsa* H. & B.), da família Lecithydaceae, é uma árvore nativa da Amazônia, que se distribui por toda a região de forma desigual, abundante em algumas áreas, e ausente em outras. As sementes comestíveis da castanheira são de grande importância econômica para as comunidades locais por ser uma das principais fontes de renda, especialmente durante o período chuvoso do ano (Ortiz, 2002). A produção da castanha é obtida, quase exclusivamente, de atividade extrativa florestal, sendo as plantações pouco significativas em termos quantitativos (Zuidema, 2003).

A castanha é um dos produtos não madeireiros mais importantes da economia florestal da Amazônia. Trata-se da única semente comercializada internacionalmente cuja coleta é feita com exclusividade em áreas florestais naturais (Clay, 1997). Além disso, maior parte das sementes é vendida para o mercado internacional, poucas são consumidas a nível local ou regional (Mori & Prance, 1990). Segundo IBGE (2008), a castanha é o segundo produto florestal não madeireiro em termos comerciais na região Norte do Brasil, perdendo somente para o fruto de açaí (*Euterpe* SP). Desde a década de 1990, a Bolívia é o principal produtor mundial de castanha (Bojanic, 2001; Stoian, 2004), sendo atualmente o primeiro produto florestal exportado em importância econômica desse país (IBCE, 2010).

A castanheira ocorre em florestas de terra firme, onde pode formar aglomerações (castanhais) com densidades entre 15-20 indivíduos por hectare (Mori & Prance, 1990). A Região do Rio Trombetas, na Amazônia Setentrional, é conhecida por abrigar importantes áreas de castanhais, territórios freqüentados desde tempos pretéritos por comunidades tradicionais, ribeirinhos, indígenas e quilombolas, com a finalidade de coletar a castanha durante a estação chuvosa (Acevedo & Castro, 1998; IBAMA, 2004).

Bertholletia excelsa é uma espécie emergente de grande porte. Seu caráter longo e dominante não é incompatível com seu comportamento heliófito durante as primeiras etapas da vida (Salomão, 1991), dependendo de clareiras para o crescimento vertical das plântulas germinadas (Mori & Prance, 1990; Myers *et al.*, 2000). Estudos experimentais de curta duração e em condições diversas de intensidade luz sugerem que as plântulas de *B. excelsa* têm crescimentos melhores quando as condições luminosas são intermédias, entre 25-50% de abertura de dossel, entretanto os aumentos de biomassa são proporcionais com a disponibilidade de luz (Zuidema *et al.*, 1999; Hayashida-Oliver *et al.*, 2001). No Norte da Bolívia, um estudo experimental de dois anos de duração em diferentes tratamentos de

abertura de dossel (16-55%), comprovou que o desempenho das plântulas de castanheira melhorava com o tamanho da clareira (Peña-Claros *et al.*, 2002).

Conforme Zuidema (2003), *B. excelsa* poderia ser considerada uma espécie ‘pioneira de longa vida’, terminologia usada por Swaine & Hall (1983), para definir uma das três categorias de classificação de árvores. Este grupo ecológico precisa condições altas de luz para alcançar o tamanho de adultos, mas é capaz de persistir por longos períodos sob o dossel maduro, em contraposição a maioria das pioneiras que não resistem às condições de sombreamento.

A castanheira é uma árvore com altas taxas de sobrevivência, a exceção das etapas iniciais da vida, quando ainda tem endosperma, reserva da semente, mas também recurso alimentar para cutias (*Dasyprocta spp.*) e outros mamíferos terrestres. A predação do endosperma, parte integrante do caule, causa a morte da plântula, especialmente quando a reserva não está lignificada (Oliveira, 2000; Ortiz, 2002; Zuidema, 2003). Segundo estudo de dinâmica populacional na Bolívia, a probabilidade de sobrevivência das plântulas de *B. excelsa* é relativamente alta, inclusive para os tamanhos menores (altura < 35 cm), com pelo menos 50% de sobreviventes por ano. A partir de 70 cm de altura, as plântulas passam a ter um índice de sobrevivência próximo a 100% (Zuidema & Boot, 2002).

A distribuição desigual de *B. excelsa* nas diferentes regiões da Amazônia, as limitações produtivas decorrentes de produtos extraídos da floresta pouco ou nada manejadas (Homma, 1993; Anderson, 1994) e as dificuldade de acesso a alguns castanhais produtivos, incentiva a necessidade de enriquecer áreas próximas às comunidades humanas com castanheiras. Nestas áreas predominam habitats antropizados devido às práticas tradicionais de agricultura itinerante (“shifting cultivation”), que resultam em roçados em uso e capoeiras em diferentes estágios da sucessão secundária. Algumas capoeiras são novamente derrubadas para abertura de roçados, mas outras são definitivamente abandonadas e estas se prestam bem aos plantios de castanheiras. Vários estudos experimentais de enriquecimento já foram desenvolvidos no oeste da Amazônia Brasileira (Estado do Acre) e Norte de Bolívia (Departamento de Beni) em diferentes condições de abertura de dossel, com resultados positivos quanto ao crescimento de *B. excelsa* em grandes clareiras (Oliveira, 2000; Peña-Claros *et al.*, 2002) e áreas humanizadas e abertas (Kainer *et al.*, 1998).

Além disso, a proliferação de áreas degradadas na região amazônica por causas antrópicas recomenda medidas compensatórias de recuperação da cobertura vegetal, como uso de árvores nativas para plantios de regeneração florestal, onde *B. excelsa* pelas sua

idiossincrasia ecológica e importância socioeconômica, pode ocupar papel protagonista (Salomão *et al.*, 2006, Tonini *et al.*, 2008). Existem alguns exemplos documentados de plantações experimentais de castanheira bem sucedidas seja em consórcio com outras frutíferas (Vieira *et al.*, 1998), seja em monocultura (Fernandes & Alencar, 1993; Tonini *et al.*, 2008; Souza *et al.*, 2008).

A finalidade deste trabalho é mostrar as diferenças de desempenho de mudas de castanheira localizadas na Floresta Nacional (FLONA) de Saracá-Taquera, na baça do Rio Trombetas com diferentes tratamentos naturais de luz, após dois anos de monitoramento. Realizaram-se medições periódicas de altura e diâmetro do colo em todos os indivíduos plantados e anotaram-se os episódios de mortalidade e alterações morfológicas e fisiológicas dos indivíduos. Os resultados aqui apresentados reafirmam a importância da luz direta como variável ecológica fundamental para o bom desenvolvimento inicial de *B. excelsa*, que mostra, também, um alto índice de sobrevivência e grande capacidade de rebrotar.

2. Material e Métodos

2.1 Área de estudo

As plantações experimentais de castanheira estavam situadas nas proximidades da comunidade de Tapagem, no interior da FLONA de Saracá-Taquera, na parte inferior da bacia do Rio Trombetas, no município de Oriximiná, oeste do Estado do Pará. O Rio Trombetas é afluente setentrional do Rio Amazonas, com cerca de 760 Km de extensão (IBAMA, 2004). No montante, a bacia hidrológica do Rio Trombetas alberga grandes áreas de floresta tropical úmida, delimitadas por áreas indígenas e de titulação coletiva (quilombola) e unidades de conservação federal e estadual. A área de estudo situa-se dentro das áreas ocupadas por quilombolas do Rio Trombetas, na região de uso comunitário da localidade de Tapagem, no interior da FLONA de Saracá-Taquera (figura 1) e faz parte do entorno da Reserva Biológica do Rio Trombetas, unidade de conservação de uso indireto onde *B. excelsa* é uma das espécies arbóreas mais abundantes (IBAMA, 2004).

O clima da região é equatorial e úmido, temperatura média de 26 °C e precipitação média anual que varia entre 2.000 e 2.500 mm. A umidade relativa do ar normalmente é superior a 80%. Evidencia-se uma sazonalidade pluviométrica com picos de chuva nos meses

de março, abril e maio e períodos de estiagem, de agosto a novembro, onde a precipitação é menor de 100 mm por mês (SUDAM, 1984; IBAMA, 2004). Os dados de precipitação mensal relativos ao período do estudo foram obtidos 'on line' da Estação Meteorológica de Porto Trombetas (INPE/CPTEC/PCD, 2010).

Os solos da região são de natureza ácida e quimicamente pobres em nutrientes, classificados predominantemente como Podzólico Vermelho-Amarelo Álico e Latossolo Vermelho-Amarelo Álico (Venturieri *et al.*, 2001). O relevo é suave e altitude é baixa (< 50 m ao nível do mar).

2.2 Desenho experimental

Em março de 2007 foram plantadas 144 mudas de castanheira provenientes do projeto Banco de Germoplasma de Castanheira, coordenado pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) e com produção de mudas no viveiro da Mineração Rio Norte (MRN), Porto Trombetas, Oriximiná (PA). A plantação contou com a participação direta do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) de Porto Trombetas e autorização de pesquisa emitido pelo Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBIO) nº 15.234, mais a autorização expressa da Coordenação da Comunidade Quilombola de Tapagem.

As mudas de castanheira foram dispostas num delineamento experimental por blocos ao acaso, em três tratamentos com quatro repetições cada um deles. Para cada parcela ou repetição, desenhou-se uma grade de 20 x 30 m, onde foram plantadas 12 mudas de *B. excelsa* em espaçamentos de 10 x 10 m. Ao todo, em cada tratamento foram colocados 48 indivíduos. As mudas foram transplantadas em sacos de plásticos entre 25-30 cm de altura e 10-12 cm de diâmetro. As covas da plantação tinham 35-40 cm de profundidade e 20 cm de largura. No momento da retirada do plástico durante a plantação, as raízes enroladas não foram podadas. O estresse provocado pelo transplante das mudas do viveiro até as áreas experimentais foi compensado com incorporação inicial de adubo orgânico na cova de plantação. Ao longo dos dois anos de monitoramento essa foi a única alteração artificial promovida, além do corte de lianas enroladas no caule e galhos das mudas e eliminação física de ervas invasoras da área basal das mudas.

A procedência geográfica das mudas é diversificada, segundo mostra a tabela 1. O critério de seleção usado foi à disponibilidade de indivíduos do viveiro em março de 2007, além da homogeneidade da altura das mudas (80-120 cm). O início da plantação das mudas coincidiu com o período mais chuvoso do ano (março), quando o balanço hídrico é favorável para as plantas. As variedades foram distribuídas de forma eqüitativa nos três tratamentos.

Tabela 1. Procedência geográfica e quantidades das mudas de *B. excelsa* plantadas nas áreas experimentais do Rio Trombetas.

Nome Castanhal	Município	Estado Federal	Nº de mudas
Açaizal	Laranjal de Jarí	Amapá	12
Ademar Gomes	Costa Marques	Rondônia	12
Fartura	Oriximiná	Pará	20
Moura	Oriximiná	Pará	20
Mutuca	Costa Marques	Rondônia	10
Pão de açúcar	Costa Marques	Rondônia	11
Purão	Laranjal de Jarí	Amapá	18
Tauarí	Oriximiná	Pará	21
Veado	Oriximiná	Pará	19
Total			143*

* Durante o transporte, perdeu-se uma placa de identificação da muda (143+1=144).

A idade das mudas plantadas em março de 2007, calculadas a partir da data de repicagem, variou entre os 11 e 40 meses de idade. A proporção de indivíduos plantados por idade foi: 0-11 meses (n=10, 7,0%), 12-23 meses (n=43, 30,1%), 24-35 meses (n=84, 58,7%) e 36-40 meses (n=6, 4,2%). A altura média das mudas plantadas em março de 2007 era de mais de 1 metro (média: 107,6±15,8 cm) e o diâmetro médio da base do colo era de quase 8 mm (média 7,9±2,1 mm). Com essa idade e altura, as mudas têm altas probabilidades de sobrevivência por já terem absorvido as reservas do endosperma. O endosperma das sementes de *B. excelsa* é um recurso alimentar para mamíferos silvestres, os principais responsáveis de

mortalidade das plântulas durante o primeiro ano de vida na natureza (Oliveira, 2000; Ortiz, 2002; Zuidema, 2003).

As mudas selecionadas foram plantadas em três tratamentos ambientais que tanto representam lugares onde a regeneração de castanheira pode ocorrer em condições naturais, como potenciais situações de enriquecimento florestal com *B. excelsa* na área de estudo. Os três tratamentos diferem entre si principalmente pelas diferenças de abertura de dossel ou exposição à luz das mudas: a) áreas de lavoura de mandioca (*Manihot esculenta*), com praticamente 100% de entrada de luz, b) áreas de capoeira baixa (entre 2-5 anos de pouso) com abertura de dossel variável entre o 20 e o 80%, c) sub-bosque de áreas florestais dominadas por indivíduos adultos de *B. excelsa* (> 10 árvores ha^{-1}), com alto sombreamento ($< 10\%$ de entrada de luz). Para manter as mudas de roçado a pleno sol, foi preciso realizar atividades periódicas de manutenção e limpeza ao redor das mudas a cada dois meses, com objetivo de evitar sombreamentos na parte apical da planta.

As áreas selecionadas para as quatro repetições dos tratamentos de roçado e capoeira encontram-se muito próximas às residências da localidade de Tapagem. As quatro parcelas de alto sombreamento localizam-se na margem direita do igarapé Saco das Armas, dentro do castanhal que recebe o mesmo nome do curso de água, a cerca de 3 km de distância do centro comunitário de Tapagem (figura 1).

Depois do plantio em março de 2007 realizaram-se doze visitas bimestrais nas áreas experimentais até março 2009 com objetivo de coletar dados métricos e informações relacionadas com episódios de alteração visível da planta, tais como secagem, cortes, rebrota ou morte. As medições periódicas incluíam mensuração de altura em centímetros e diâmetro na base do colo em milímetros. O instrumental usado foi fita métrica, varas padronizadas e paquímetro. As mudas que não apresentaram alterações visíveis significativas na estrutura aérea da planta (ex. rebrote) foram usadas para as análises comparativas de crescimento. Todas as análises estatísticas realizaram-se com nível de significância (α) de 0,05.

2.3 Cálculos da entrada de luz

A entrada de luz que alcança as mudas foi medida de forma indireta através de imagens fotográficas do dossel florestal (Engelbrecht & Herz, 2001) e usando a metodologia de contagens de pixels não obscurecidos sobre o total numa escala de grises de 0 a 256. Para

este método foi usada uma câmera digital Ricoh GX100 com uma lente de grande angular (19 mm). As fotos foram feitas a uma altura de 1,30 m da base da planta com auxílio do tripé, a primeira hora do dia e com a câmera focando verticalmente para o céu ou dossel florestal. As imagens digitais foram processadas com o programa Miramón 6.0, calculando-se, para cada fotograma, a proporção de áreas não obscurecidas pela vegetação, posteriormente transformadas em graus de arcoseno para análise estatística (Zar, 1999).

2.4 Análises de solo

Coletaram-se doze amostras compostas de solo provenientes da camada de solo de 0-40 cm de profundidade aproveitando as covas das plantações das mudas. A distribuição das amostras seguiu o delineamento experimental dos plantios, quatro repetições (parcelas) por três tratamentos. Realizaram-se análises físicas (textura do solo) e químicas do solo (pH, carbono, nutrientes) no Laboratório Temático de Plantas e Solos do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), sediado em Manaus (AM). Antes das análises, as amostras foram secas, destorroadas e passadas em peneira fina de 2 mm de diâmetro. As partículas primárias foram divididas em três grupos de tamanho: areia (2,00-0,05 mm), silte (0,05-0,002 mm) e argila (< 0,002 mm) para o posterior cálculo das proporções granulométricas seguindo a metodologia de EMBRAPA (1997).

As variáveis químicas analisadas foram: pH em água, carbono, nutrientes (nitrogênio, cálcio, potássio, fósforo, magnésio, ferro, manganês, zinco) e alumínio trocável. A metodologia usada seguiu os princípios e determinações recomendados por EMBRAPA (1999). As concentrações dos elementos químicos foram expressas em mg/kg, a exceção do alumínio, calculado em centimol de carga por quilo ($\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$). A partir dos teores de cátions foram calculadas, com as devidas transformações, a capacidade de troca de cátions efetiva (CTC_i), porcentagem de saturação por alumínio (m %) e porcentagem de saturação por bases (V %). A matéria orgânica foi expressa em percentuais e calculada mediante o método de Walkley-Black a partir da concentração de carbono no solo (EMBRAPA, 1997). Para a comparação das variáveis físico-químicas dos três tratamentos usou-se o teste de Kruskal-Wallis (K-W), nível de significância ($\alpha=0,05$). As proporções foram transformadas em graus de arcoseno para análise estatística (Zar, 1999).

3. Resultados

3.1 Fatores ambientais: análise da luz entrante

Os três tratamentos escolhidos diferenciam-se pela intensidade luminosa que recebem as mudas. A partir das análises das imagens digitalizadas do dossel das mudas, evidenciou-se que as áreas de capoeira tiveram grande variação do padrão de luminosidade, tanto dentro como entre as parcelas (tabela 2). Analisando o total das 48 mudas de capoeira de forma conjunta, a percentagem média de luz entrante foi de 52,5%, com mínimo de 6,6% e máximo de 99,6%. Considerando as variações das médias entre repetições, o gradiente da abertura de dossel variou de 16,6% a 83,5%. As parcelas de castanhal confirmaram-se como as áreas de alto sombreamento com uma percentagem média de abertura de dossel para o total das mudas de 7,0%, mínima de 3,9% e máxima de 10,9 %. Neste caso, o intervalo das variações das médias entre repetições foi pequeno, de 5,8% a 8,9%.

Tabela 2. Proporção da abertura do dossel por tratamentos e repetições.

Tratamento e nº parcela	Média de abertura de dossel (%)	Varição da % média
Roçados 1-4	100	-
Capoeira 1	62,0	20,0
Capoeira 2	41,3	24,4
Capoeira 3	65,1	18,4
Capoeira 4	41,4	24,8
Castanhal 1	6,5	0,8
Castanhal 2	7,2	1,0
Castanhal 3	7,5	1,4
Castanhal 4	6,9	1,3

3.2 Fatores ambientais: solo

Na classificação proposta por Embrapa (2006), os solos de roçado e capoeira seriam médios e os de castanhal, argilosos. O tratamento de roçado teve os valores proporcionais mais altos de areia (> 50%) e os mais baixos em silte e argila. Os solos dos castanhais foram os mais argilosos (> 40%). Entretanto, as diferenças granulométricas entre tratamentos não foram significativas (tabela 3).

Tabela 3. Propriedades de textura dos solos dos plantios experimentais de Trombetas por tratamento. Valores médios de proporção de partículas \pm variação.

Partículas	Roçado	Capoeira	Castanhal	Teste K-W
Argila	28,5 \pm 12,0	33,0 \pm 4,0	42,0 \pm 10,6	p=0,064
Silte	14,8 \pm 3,8	27,8 \pm 6,7	25,2 \pm 9,4	p=0,050
Areia	56,7 \pm 12,8	39,2 \pm 7,0	32,8 \pm 6,1	p=0,199

Nota: Para silte ($p \leq 0,05$) foram feitas comparações múltiplas por pares mediante procedimento de Dunn, sem mostrar diferenças significativas entre tratamentos, com nível de significância corrigido de Bonferroni de 0,0167.

As análises químicas não mostraram diferenças significativas entre os tratamentos para a maioria de variáveis estudadas (pH, matéria orgânica, CTC_t, nutrientes). A única exceção foi o cálcio e manganês extraído, que apresentaram concentrações muito baixa nas parcelas de castanhal em relação às áreas de capoeira e roçado. Ainda assim, as comparações múltiplas por pares somente confirmou diferenças significativas entre os tratamentos de capoeira e castanhal para o teor de manganês (tabela 4).

Em termos de toxicidade por alumínio, a porcentagem média de saturação de alumínio nos solos de castanhal foi de 77%, mais alta que a dos solos de roçado (47%) e capoeira (41%), ainda assim as diferenças não foram significantes por pequena margem ($p=0,058$). De forma complementar, os solos de capoeira tiveram a mais alta porcentagem de saturação por bases (59%), seguidos pelos de roçado (53%) e castanhal (23%).

Tabela 4. Propriedades químicas dos solos dos plantios experimentais de Trombetas por tratamento. Valores médios \pm desvio padrão (σ) das variáveis químicas do solo.

Propriedades químicas	Roçado	Capoeira	Castanhal	Teste K-W (p)
pH em H ₂ O	3,9 \pm 0,4	4,0 \pm 0,3	3,9 \pm 0,1	0,664
Carbono (g/kg)	11,7 \pm 3,7	10,6 \pm 2,5	13,9 \pm 2,3	0,174
Nitrogênio (g/kg)	0,9 \pm 0,2	0,9 \pm 0,2	1,2 \pm 0,2	0,138
C/N	12,4 \pm 1,4	11,8 \pm 0,6	11,2 \pm 1,2	0,298
Matéria Org. (%)	2,0 \pm 0,6	1,8 \pm 0,4	2,4 \pm 0,4	0,196
Fósforo mg/kg	14,6 \pm 7,0	29,2 \pm 46,5	12,4 \pm 2,2	0,551
Cálcio (mg/kg)	134,4 \pm 91,3 ^a	133,0 \pm 61,1 ^a	27,4 \pm 10,6 ^b	0,025
Magnésio (mg/kg)	29,9 \pm 24,8	23,6 \pm 6,2	20,0 \pm 3,7	0,694
Potássio (mg/kg)	33,1 \pm 20,4	27,0 \pm 6,9	34,3 \pm 2,4	0,232
Alumínio (cmol _c /kg)	0,9 \pm 0,58	0,7 \pm 0,3	1,3 \pm 0,3	0,138
CTC _i efetiva (cmol _c /kg)	1,93 \pm 1,0	1,61 \pm 0,2	1,71 \pm 0,4	0,940
Saturação Bases (V %)	53,2 \pm 22,0	58,7 \pm 19,7	23,0 \pm 3,5	0,058
Saturação Alumínio (m %)	46,8 \pm 21,9	41,3 \pm 20,0	77,1 \pm 3,5	0,058
Ferro (mg/kg)	147,8 \pm 21,7	117,0 \pm 42,2	159,0 \pm 39,3	0,491
Manganês (mg/kg)	10,2 \pm 7,0 ^a	15,1 \pm 7,0 ^a	1,6 \pm 0,4 ^b	0,018
Zinco (mg/kg)	0,63 \pm 0,3	0,7 \pm 0,6	0,9 \pm 0,3	0,569

Nota: Quando ($p \leq 0,05$) foi feito comparações múltiplas por pares mediante procedimento de Dunn, as letras diferentes (a, b) em sobrescrito mostram diferenças significativas entre tratamentos, com nível de significância corrigido de Bonferroni de 0,0167.

3.3. Performance das mudas

Das 144 mudas plantadas, 11 (7,6%) morreram no transcurso dos dois anos de monitoramento. Destas, sete morreram por causas naturais. Das 133 sobreviventes, 28 (21,1%) sofreram alterações fisiológicas (secagem) e/ou morfológicas (corte do caule) que desaceleraram os processos de crescimento vertical e provocaram regeneração secundária por rebrote. Do total de mudas plantadas, 105 (72,9%) não tiveram alterações visíveis significativas na estrutura aérea da planta (tabela 5).

Tabela 5. Número de mudas de *B. excelsa* por tratamento e incidências. Plantios experimentais de Trombetas.

Tratamento	Normais	Rebrotos	Mortas	Total
Roçado	39	5	4	48
Capoeira	35	11	2	48
Castanhal	31	12	5	48
Total	105	28	11	144

3.3.1 Sobrevivência

Considerando somente as mortes naturais, o índice de sobrevivência das mudas variou de 89-100% dependendo do tratamento. Nas parcelas de roçado não houve mortes naturais, somente dois nas de capoeira e cinco nas de castanhal. Ainda assim, as diferenças entre os três tratamentos não foram significativas (Teste $\chi^2_{5,99}=5,70$, $p=0,056$).

Conforme figura 2, os episódios de mortes naturais se concentraram quase todos no segundo ano da plantação (85%), principalmente durante o segundo semestre do ano 2008. As parcelas de castanhal foram responsáveis por 71% das mortes totais das mudas, 60% das quais aconteceram entre setembro e novembro de 2008, período onde o balanço hídrico é menos favorável às plantas. Tendo em conta a procedência geográfica, as mudas originais do castanhal de Pão de Açúcar, município de Costa Marques (RO) foram as únicas que tiveram

um índice de sobrevivência (72,7%) significativamente menor ao esperado (Teste $\chi^2_{3,84}=2,33$, $p=0,0005$). Ressalta-se, que todas as variedades procedentes da região do Rio Trombetas, tiveram sobrevivência de 100%.

3.3.2. Rebrotamento

Ao longo de dois anos, foram identificadas 28 casos de rebrotamento em todos os plantios (19,4%). As freqüências de rebrota variaram com o tratamento, sendo menores no roçado (10,4% das mudas) e maiores na capoeira (22,9%) e no castanhal (25%). Apesar disso, as diferenças não foram significativas entre as situações ambientais (Teste Kruskal-Wallis, $p=0,24$). As causas das alterações fisiológicas e morfológicas que desencadearam os rebrotamentos foram majoritariamente naturais ($n=20$, 71,4%). Não obstante, nos tratamentos de roçado e capoeira se deram episódios onde a ação humana prejudicou as mudas, principalmente cortando ou queimando a planta de forma involuntária durante as atividades de lavoura.

A capacidade de rebrote das mudas é medida pela razão entre freqüências de rebrote e somatório de número de mortes e rebrotamentos detectados. Em Trombetas, a capacidade chegou ao 71,79%, o seja das 39 mudas que sofreram alterações morfológicas ou fisiológicas, quase 3/4, não resultaram em morte (figura 3). Ao contrário, os indivíduos conseguiram sobreviver e revigorar-se em termos de crescimento vertical. Por tratamento, a capoeira foi o que teve a maior capacidade de rebrote (84,6%), superior à do castanhal (70,6%) e roçado (55,5%), no entanto as diferenças entre eles não foram significativas, provavelmente devido ao pequeno número amostral (Teste Kruskal-Wallis: $p=0,73$).

As plantas que sofreram episódios de rebrote após alterações morfológicas e/ou fisiológicas (28% sobre o total) tiveram um desempenho diferente em relação às mudas normais. Em primeiro lugar, as mudas rebrotadas cresceram, em termos relativos, mais rapidamente que seus vizinhos do mesmo tratamento após o fenômeno de rebrotamento, apresentando as seguintes taxas médias de crescimento em altura (TMC_h): roçado ($n=5$, $TMC_h=14,0\pm 12,0$ cm $mês^{-1}$), capoeira ($n=11$, $TMC_h = 4,1\pm 4,0$ cm $mês^{-1}$) e castanhal ($n=12$, $TMC_h=8,9\pm 10,6$ cm $mês^{-1}$). Observou-se neste grupo específico de mudas que a taxa de crescimento mensal foi mais alta no castanhal que na capoeira. Ainda assim as diferenças entre tratamentos não foram significativas (ANOVA, $F_{3,38}=2,24$, $p=0,1266$). Em contraste,

conforme mostra a figura 3, comparando a TMC_h após rebrote com as mudas normais por tratamentos, as médias são significativamente díspares na capoeira (test T, $p=0,0168$) e castanhal (test T, $p=0,0170$), mas não no roçado (Test T, $p=0,37$).

Em termos absolutos, as únicas mudas com rebrote que alcançaram incrementos médios de crescimento em altura (ICM_h) positivos em dois anos de plantio foram as de roçado ($n=5$, $ICM_h = 58,2 \pm 57,2$ cm, máx=131 cm e mín= -25 cm). As outras rebrotas sofreram diminuição na altura como consequência dos traumas acontecidos: capoeira ($n=11$, $ICM_h = -24,1 \pm 57,0$ cm, máx: 45 cm, mín: -96 cm) e castanhal ($n=12$, $ICM_h = -37,4 \pm 36,3$ cm, máx=11 cm, mín= -85 cm).

3.3.3 Crescimento

As análises comparativas do crescimento em altura e diâmetro das mudas de *B. excelsa* realizaram-se com as plantas que não morreram nem sofreram rebrotamentos ao longo dos dois anos de monitoramento ($n=105$, 72,9%). As diferenças de altura e diâmetro das mudas no começo e final do período do estudo foram calculadas e posteriormente verificadas sua distribuição normal com o teste Kolmogorov-Smirnov crescimento em altura ($D=0,089$, $p=0,902$, $\alpha=0,05$) e crescimento em diâmetro ($D=0,091$, $p=0,888$, $\alpha=0,05$).

Os resultados do crescimento em altura são díspares e dependente da situação ambiental onde foram colocadas (figura 4a). No tratamento de roçado, o aumento do crescimento médio em altura (ICM_h) foi de $204,4 \pm 115,4$ cm em dois anos, máximo de 463 cm e mínimo de 7 cm. Nos outros dois tratamentos, o ICM_h foi consistentemente menor: capoeira ($ICM_h = 15,5 \pm 18,2$ cm, máx=89 cm, mín=0 cm) e castanhal ($ICM_h = 6,8 \pm 5,5$ cm, máx=21 cm, mín=0 cm). As diferenças entre os três tratamentos foram estatisticamente comprovada com ANOVA com altíssima significância ($F_{3,08}=89,92$, $p<0,0001$). Nas comparações das médias por duplas mediante o teste Tukey, as diferenças entre as três situações ambientais foram confirmadas para as mudas plantadas em áreas de roçado ($\alpha=0,05$). No entanto, o teste não confirmou diferenças significativas de crescimento das plantas entre as parcelas de capoeira e castanhal.

Ressalta-se que 41,7% das mudas de roçado ($n=20$) tiveram um altíssimo desempenho em altura, com $ICM_h > 1 \text{ m ano}^{-1}$, chegando alcançar valores superiores aos 2 m ano^{-1} em três

plantas. Comparando este grupo de alto rendimento ('top 20'), com o conjunto de mudas normais em roçado, as diferenças de ICM_h são altamente significativas (test t, $p=0,0002$).

O engrossamento das mudas de castanheira foi avaliado a partir do crescimento médio em diâmetro do colo (ICM_d) nos dois anos de monitoramento. Como ocorreu com o desempenho em altura, o incremento do crescimento em diâmetro variou com o tratamento (figura 4b). Novamente, as parcelas de roçado apresentaram crescimento maior ($ICM_d = 40,8 \pm 14,4$ mm, máx: 73 mm, mín: 8 mm), seguidas a distância pelas de capoeira ($ICM_d = 9,1 \pm 2,7$ mm, máx: 15 mm, mín: 3,5 mm) e castanhais ($ICM_d = 4,9 \pm 1,8$ mm, máx: 8 mm, mín: 0 mm). As diferenças entre os três tratamentos foram altamente significativas (ANOVA, $F_{3,06}=120,43$, $p < 0,0001$). Comparando as médias por duplas com o teste de Tukey, as diferenças unicamente deixaram de ser significativas entre as áreas de capoeira e castanhal ($\alpha=0,05$).

Efeito Luz

A análise de regressão mostra que o crescimento vertical das mudas é significativamente relacionado à luz para o conjunto de todas as plantas (figura 5), independentemente do tratamento e repetição ($r=0,65$, $r^2=0,43$, $p<0,0001$). Esta situação de forte correlação entre a variável independente (luz) e a dependente (crescimento) não se repete quando se aplicam as regressões lineares simples por tratamentos. Assim, nas parcelas de capoeira, com grande variação na exposição à luz das mudas, não se observa correlação entre as duas variáveis ($p=0,35$). No tratamento de castanhal, também não há correlação significativa entre crescimento e a entrada de luz ($p=0,81$). No roçado não foi aplicada a regressão separadamente por inexistência de variação na entrada de luz (100%).

Esta mesma situação repete-se ao elaborar regressões entre entrada de luz e crescimento em diâmetro (figura 6). Há correlação forte e positiva entre estas duas variáveis quando analisadas para o conjunto das mudas ($r=0,71$, $r^2=0,50$, $p<0,0001$). Ao contrário, separadas por situações ambientais, as regressões não são significativas: capoeira ($p=0,82$) e castanhal ($p=0,12$).

Efeito procedência das mudas

A escolha de mudas de oito procedências distintas parece não ter afetado os resultados gerais obtidos. Assim, comparando os crescimentos em altura dos três tratamentos por variedades de *B. excelsa* utilizadas, se mantêm as diferenças significativas entre o roçado e os outros dois tratamentos para a maioria das plantas (84%): Açaizal (n=11, $F_{4,46}=7,19$, $p=0,016$), Fartura (n=18, $F_{3,74}=11,65$, $p=0,001$), Moura (n=14, $F_{3,98}=27,53$, $p<0,0001$), Purão (n=12, $F_{4,26}=14,84$, $p=0,0014$), e Tauarí (n=17, $F_{3,74}=14,43$, $p=0,0004$), Veado (n=16, $F_{3,81}=116,63$, $p<0,0001$). No resto das mudas (16%), originárias de Ademar Gomes, Mutuca e Pão de Açúcar, os testes estatísticos não foram aplicados por falta de amostragem suficiente em alguns dos três tratamentos.

Analisadas as diferenças entre as variedades por tratamentos, estas nunca foram significativas (ex. roçado, ANOVA, $F_{2,44}=0,99$, $p=0,45$). No roçado, as variedades que tiveram melhor desempenho em altura com $ICM_h > 1 \text{ m ano}^{-1}$ procediam de castanhais da região do próprio Rio Trombetas: Veado (n=5, $ICM_h = 311,2 \pm 56,7 \text{ cm}$), Fartura (n=6, $ICM_h = 247,7 \pm 160,4 \text{ cm}$) e Tauarí (n=6, $ICM_h = 213,7 \pm 116,8 \text{ cm}$).

Igualmente, no crescimento em diâmetro, evidenciam-se diferenças altamente significativas entre o roçado e os outros dois tratamentos para as seguintes procedências: Açaizal (n=11, $F_{4,46}=6,70$, $p=0,0195$), Fartura (n=18, $F_{3,68}=22,52$, $p<0,0001$), Moura (n=14, $F_{3,98}=49,40$, $p<0,0001$), Purão (n=16, $F_{34,26}=13,21$, $p=0,0021$), Tauarí (n=17, $F_{3,74}=28,51$, $p<0,0001$), Veado (n=16, $F_{3,80}=83,35$, $p<0,0001$).

Efeitos da idade das mudas

O desenvolvimento em altura dos plantios não foi influenciado pela idade inicial das mudas. Fazendo regressões entre o crescimento em altura e idade para cada um dos tratamentos, os resultados não foram significativos nas três condições ambientais estudadas (roçado: $p=0,27$; capoeira, $p=0,76$, castanhal, $p=0,88$). Da mesma forma, o engrossamento do diâmetro tampouco foi afetado pela idade inicial da muda (roçado, $p=0,25$; capoeira, $p=0,43$; castanhal, $p=0,38$)

Diferença de desempenho interanual

O desempenho das mudas teve um comportamento diferenciado entre o primeiro (março 2007-março 2008) e o segundo ano (março 2008-março 2009) da plantação, e sua relevância e magnitude variou com o tratamento (figura 7a). Usando o teste T para amostras dependentes e pareadas, observou-se diferença significativa interanual no tratamento de roçado ($p < 0,0001$) e capoeira ($p=0,015$). Em contraste, no castanhal as diferenças não foram estatisticamente confirmadas ($p=0,178$). Para os três tratamentos, o ICM_h foi maior no segundo ano. Na capoeira o aumento foi de mais de 500% (ICM_h de 1,9 para 11,4 cm), no roçado foi de 184% (de 53,2 para 151,3 cm) e no castanhal foi de 50% (2,8 para 4,3 cm).

O crescimento em diâmetro também variou de um ano para outro, aumentando ou diminuindo segundo o tratamento (figura 7b). Nas áreas de roçado se manteve a tendência observada no crescimento em altura, o ICM_d foi maior no segundo ano (35% a mais). Em contraste, nos outros dois tratamentos, o ICM_d concentrou-se praticamente todo no primeiro ano da plantação. Analisando os dados com o teste t de amostras dependentes e pareadas, as diferenças de crescimentos interanuais são altamente significativas ($p < 0,0001$) nas três situações.

Taxa de crescimento

A taxa média de crescimento bimestral em altura ($TMCB_h$) é calculada a partir das diferenças de altura das plantas entre dois períodos de medição e informa sobre as tendências de desempenho ao longo do tempo. Assim como ocorreu com o ICM_h , a $TMCB_h$ variou com tratamento. As parcelas de roçado tiveram em média uma taxa significativamente maior: $TCBM_h=17,6 \pm 10,3$ cm, máximo de 37,5 cm e mínimo de 4,5 cm. Em contraposição, as mudas plantadas na capoeira e castanhal tiveram uma $TCBM_h$ menor: $1,5 \pm 1,2$ cm e $0,8 \pm 0,7$ cm, respectivamente (figura 8a).

A taxa média de crescimento em diâmetro teve um comportamento similar à da altura. No roçado observa-se uma tendência ao incremento da taxa média de crescimento bimestral ($TMCB_d$), especialmente a partir do segundo ano da plantação com uma única queda no intervalo entre novembro 2008 a janeiro 2009. O comportamento da $TMCB_d$ nos tratamentos de capoeira e castanhal é mais constante, sem grandes ascensões e com uma pronunciada queda no terceiro mês da plantação (figura 8b).

A época chuvosa foi mais favorável ao crescimento em altura das mudas no tratamento com maior (roçado) e pior desempenho (castanhal), não se cumprindo este fenômeno nas áreas de capoeira, onde as taxas de crescimento foram um pouco maiores nos meses de julho e novembro de 2008 (estiagem). Em relação ao diâmetro, o desempenho das mudas foi melhor durante o segundo semestre de 2008, correspondente o período menos chuvoso do ano, para os tratamentos de roçado e capoeira, não se observando tendências relevantes nas parcelas de castanhal (figura 8).

4. Discussão

O crescimento em altura e diâmetro das mudas plantadas na região do Rio Trombetas ao longo de dois anos dependeu do tipo de tratamento natural de luz ao que foram submetidos os indivíduos de *B. excelsa*. As áreas de roçado se destacaram como as parcelas onde as mudas se desenvolveram melhor, com diferenças significativas quando comparadas com os outros dois tratamentos (figura 9). Assim, em média, as mudas de roçado cresceram em altura 13 vezes mais ($ICM_h=102,1 \text{ cm ano}^{-1}$) que as de capoeira ($ICM_h=7,8 \text{ cm ano}^{-1}$) e quase 30 vezes mais que as de castanhal ($ICM_h=3,4 \text{ cm ano}^{-1}$). As mudas de roçado cresceram em diâmetro 4,4 vezes mais ($ICM_d=19,3 \text{ mm ano}^{-1}$) que as de capoeira ($ICM_d=4,4 \text{ mm ano}^{-1}$) e 7,7 vezes mais que as de castanhal ($ICM_d=2,5 \text{ mm ano}^{-1}$). Ressalta-se que as diferenças de desempenho entre as áreas de castanhal e capoeira não são estatisticamente significantes, havendo, no entanto, uma clara tendência favorável ao tratamento de capoeira.

Em geral, o solos das plantações de Trombetas caracterizaram-se por ser muito ácidos ($\text{pH}<4,5$), com baixa capacidade de troca de cátions ($\text{CTC}_t < 2,0 \text{ cmolc kg}^{-1}$), baixa percentagem de matéria orgânica (entre 1,8 e 2,4%), ricos em ferro e alumínio, e pobres na maioria de nutrientes analisados (Lopes e Guilherme, 1992). Estes resultados não diferem muito de outros estudos de solo em áreas de terra firme da região amazônica, caracterizados pela alta acidez, intemperismo intenso, déficit de fertilidade, baixa capacidade de troca catiônica e alta saturação de alumínio (Cochrane & Sánchez, 1982; Schubart *et al.*, 1984; Vieira & Santos, 1987). Os solos de roçado apresentaram textura mais arenosa e menos argilosa que os de castanhal. Os solos de capoeira situaram-se numa situação intermédia. Isto se deve, provavelmente, à maior remoção da argila da camada superficial dos roçados e capoeira em relação ao ambiente florestal, uma vez que os solos nas áreas antropizadas ficam expostos diretamente às chuvas e à erosão superficial.

As provas estatísticas de comparação entre amostras de solo somente mostraram diferenças significativas entre os tratamentos de castanhal e capoeira em relação ao manganês extraído. O tratamento do castanhal apresentou teores baixos ($< 2,0 \text{ mg kg}^{-1}$) de manganês em relação aos outros dois tratamentos, que apresentaram concentrações adequadas ($> 5,0 \text{ mg kg}^{-1}$) para desenvolvimento agrônômico. Não obstante as diferenças de toxicidade por alumínio entre tratamentos (77 de m% em castanhal, 49% roçado, 43% capoeira), todos eles superaram o valor máximo de tolerância de saturação de alumínio para solos agriculturáveis, estimado em 40% (Lopes e Guilherme, 1992).

Os solos de castanhal mostraram algumas diferenças químicas (maior toxicidade de alumínio, menor teor de cálcio e manganês) e físicas (mais argiloso) em relação aos outros dois tratamentos, ainda que na maioria dos casos não tenham sido significativas. Essas diferenças não explicam, no entanto, a extraordinária diferença no desempenho médio das mudas da capoeira e do castanhal em relação às do roçado.

É destacável a grande similaridade nas propriedades químicas dos solos de roçado e capoeira em todas as variáveis analisadas. A extraordinária diferença em termos de crescimento das mudas de *B. excelsa* no roçado e na capoeira, ambientes com solos apresentando características físico-químicas similares, sugere fortemente que outro fator ambiental de natureza não edáfica influenciou significativamente o desenvolvimento das mudas. De fato, as diferenças de crescimento em altura e diâmetro entre roçado e os outros dois tratamentos, localizados na mesma área climática e descartadas influências determinantes das propriedades do solo, idade e procedência das mudas, somente podem ser explicadas pela exposição direta ao sol das mudas, muito mais favorável com abertura total de dossel.

Os resultados obtidos nas plantações experimentais de Trombetas seguem a tendência observada em algumas experiências de enriquecimento com mudas de castanheira, onde o grau de exposição à luz foi determinante para o melhor desempenho da planta, aumentando o crescimento com o tamanho da abertura de dossel (Peña-Claros *et al.*, 2002). O caráter promissor de *B. excelsa*, como espécie ideal de regeneração de áreas florestais pela elevada taxa de crescimento em condições de alta luminosidade e ausência de problemas fitossanitários (Yared *et al.*, 1993), é confirmada também neste trabalho.

Comparando o crescimento em altura das mudas de *B. excelsa* nas áreas de roçado de Trombetas com plantações de castanheiras em áreas limpas, o ICMh anual é um pouco inferior (ICMh=1,0±0,6), já que nesses plantios experimentais os valores variaram entre 1,2 m/ano em Machadinho d'Oeste, Rondônia (Yared *et al.*, 1993) e 1,6 m ano⁻¹ em Cantá,

Roraima (Tonini *et al.*, 2008). No entanto, analisando o desempenho em altura das castanheiras com maior rendimento em Trombetas ($ICM_h = 1,5 \text{ m ano}^{-1}$) ou de todas no seu conjunto durante o segundo ano da plantação ($ICM_h = 1,5 \text{ m ano}^{-1}$), o crescimento vertical se iguala ou supera a media da maioria das experiências de plantios de *B. excelsa* consultadas na literatura científica.

Quanto ao crescimento em diâmetro, o resultado obtido no tratamento de alta luminosidade de Trombetas ($ICM_d = 20,4 \text{ mm ano}^{-1}$) é comparável aos plantios experimentais de Rondonia ($ICM_d = 20,7 \text{ mm ano}^{-1}$) e superior aos localizados no Estado de Roraima ($= 17,30 \text{ mm ano}^{-1}$) e Amazonas: $ICM_d = 12,00 \text{ mm ano}^{-1}$, Km 29, AM-010 (Souza *et al.*, 2008), e $ICM_d = 13,9 \text{ mm/ano}$ Km 45, BR-163 (Fernandes & Alencar, 1993). Tendo em consideração somente o segundo ano, as parcelas de roçado do Trombetas ocupariam o primeiro lugar com $ICM_d = 22,2 \text{ mm ano}^{-1}$, de igual forma, ocorreria com as vinte mudas de alto rendimento ($ICM_d = 30,8 \text{ mm ano}^{-1}$).

Neste trabalho experimental, o crescimento médio em altura do tratamento florestal foi muito baixo ($ICM_h = 6,8 \text{ cm}$ em dois anos), inferior aos 68 cm em 4 anos obtidos no norte de Bolívia em parecidas condições de luz (Peña-Claros *et al.*, 2002). No Trombetas, as diferenças de desempenho em altura e diâmetro entre as mudas de roçado e castanhal são grandes, o que sugere uma grande disparidade de comportamento das mudas em situações opostas de exposição de luz, muito mais vantajosa no extremo luminoso. Com isso, reafirma-se a necessidade de altos requerimentos de luz dos juvenis de *B. excelsa* para estimular o seu crescimento vertical (Myers *et al.*, 2000).

O comportamento das mudas de *B. excelsa* nas áreas de capoeira dos plantios de Trombetas, com desempenho muito inferior ao do tratamento de roçado e somente um pouco superior ao de castanhal, são surpreendentes em relação a outros estudos de enriquecimento realizados com a espécie, sejam controlados e de curta duração (Zuidema *et al.*, 1999), sejam mais prolongados e simulando diversas situações ambientais (Kainer *et al.*, 1998, Oliveira, 2000; Peña-Claros *et al.*, 2002).

Os resultados de Trombetas diferem de maneira expressiva daqueles mostrados por Kainer *et al.* (1998) na Reserva Chico Mendes (Acre), onde o tratamento de capoeira (“shifting cultivation”, 64% de luz incidente) obteve melhores desempenhos que o tratamento com maior luminosidade ambiental (pastagens, 71% luz) e o de menor abertura de dossel (“forest gap”, 21,5% de luz). A possível explicação residiria nas características edáficas das áreas florestais convertidas em pastagens, geralmente com solos mais adensados, compactos e

erodidos (Reiners *et al.*, 1994), o que os diferencia de outros habitats alterados, como os roçados abandonados, apesar de ter similares condições de exposição à luz.

De igual maneira, o baixo crescimento em altura e diâmetro das mudas de castanheira nas áreas de capoeira em Trombetas, com disponibilidade intermediária de luz (média de 52,46% de abertura de dossel), não coincide com os resultados de desempenho, bem mais elevados, de dois trabalhos de enriquecimento com *B. excelsa* em clareiras de áreas florestais, com exposição parcial à luminosidade. Numa área experimental de floresta secundária no Norte de Bolívia, as castanheiras cresceram em quatro anos de acordo com a disponibilidade de luz dos tratamentos desenhados. Os menores incrementos de altura (0,86 m) deram-se na situação de mais sombreamento, com 16% de abertura de dossel. Entretanto, os maiores crescimentos verticais de *B. excelsa* (3,86 m) localizaram-se no tratamento de clareiras com maior tamanho, 54,7% de abertura de dossel (Peña-Claros, *et al.*, 2002).

Assim mesmo, numa área experimental do Estado do Acre (Brasil), as plântulas de *B. excelsa* cresceram em média, 2,85 metros em altura e 1,51 cm em diâmetro em cinco anos em clareiras florestais de tamanho diverso (100-800 m²) formadas por atividades de exploração madeireira (Oliveira, 2000). Apesar da similar disponibilidade intermediária de luz dos três tratamentos, o crescimento médio das plântulas foi substancialmente mais baixo no tratamento de capoeira em Trombetas, com $ICM_h=0,156$ m. e $ICM_d=0,45$ cm em dois anos. Por isso, a alta correlação positiva entre crescimento (em altura e diâmetro) das mudas e exposição de luz, observada para o conjunto dos indivíduos de *B. excelsa* nos plantios de Trombetas, não é confirmada quando analisadas separadamente nos dois tratamentos sem abertura total de dossel.

O crescimento em altura das plantas foi mais elevado durante o segundo ano da plantação, especialmente nas áreas de roçado. Neste tratamento pode-se observar uma clara tendência ascendente na taxa de crescimento durante os dois anos, não confirmada nas outras duas situações ambientais. Em relação ao crescimento em diâmetro, o desenvolvimento das mudas foi mais alto no segundo ano nas áreas de roçado. Nas parcelas de capoeira e castanhal, o pouco crescimento observado se concentrou no primeiro ano, mais concretamente nos primeiros quatro meses. A explicação dessa alta taxa de crescimento inicial seria o estímulo promovido pela adubação inicial da cova antes do plantio.

Ainda que a diversidade de procedências de mudas escolhidas não tenha interferido nos resultados comparativos entre os três tratamentos, cabe destacar que as plantas autóctones

da região de estudo foram as que tiveram maior desempenho em altura e diâmetro, além de máximos índices de sobrevivência.

A sobrevivência das mudas de castanheira nos plantios de Trombetas em dois anos de monitoramento foi muito alta, entre 89-100%, dependendo do tratamento. Comparado com outros experimentos similares com *B. excelsa*, as mudas plantadas neste estudo tiveram as taxas de mortalidade mais baixas. No Estado do Acre (Brasil), por exemplo, nos plantios agrícolas experimentais, o índice de sobrevivência rondou o 40% após dois anos (Kainer *et al.*, 1998). Entretanto, nas áreas de enriquecimento em florestas com exploração madeireira, a mortalidade concentrou-se no primeiro ano com uma taxa de 82,7% (Oliveira, 2000). Na Bolívia, após quatro anos, a sobrevivência variou entre 59 e 94% dependendo do tratamento (Peña-Claros *et al.*, 2002).

Os menores índices de sobrevivência destes experimentos em relação às plantações de Trombetas provavelmente devem-se ao tipo de muda usada no delineamento amostral. No presente estudo foram plantados indivíduos juvenis (“saplings”), com altura > 1 metro e endosperma já totalmente absorvido. Em contraste, nos outros três, os indivíduos plantados eram tipo “seedling”, com alturas entre 7 cm e 23 cm, dependendo da experiência, e com presença de endosperma ainda na sua estrutura basal e, portanto, altamente vulneráveis à predação por cutias e outros mamíferos terrestres (Zuidema, 2003).

Em Trombetas, o alto índice de sobrevivência em áreas de roçado é também destacável quando comparado com plantios de castanheira em áreas abertas. No campo experimental de Embrapa Amazônia Ocidental, por exemplo, a sobrevivência de *B. excelsa* foi de 75% em três anos (Souza *et al.*, 2008).

Neste trabalho, a sobrevivência das plantas variou com o tratamento, sendo mais favorável em áreas com maior abertura de dossel, como no caso do roçado onde não houve casos de morte natural. Não obstante, as diferenças entre as três situações ambientais não foram significativas, ainda que se evidenciasse uma tendência a maiores taxas de mortalidade em áreas florestais e durante o período menos chuvoso do ano.

Os valores comparativos dos índices de sobrevivência por tratamentos em Trombetas, não contradizem os dois outros experimentos similares de *B. excelsa*. No Acre, por exemplo, a sobrevivência não teve diferenças significativas entre os tratamentos após os seis primeiros seis meses (Kainer *et al.* 1998). Por outro lado, na Bolívia, observou-se um gradiente parecido ao de Trombetas, com uma maior taxa de mortalidade em áreas intocadas de vegetação e mais

baixa em parcelas abertas. Para Peña-Claros *et al.* (2002), há duas causas que explica esta tendência: (a) ataque de predadores naturais de sementes, e (b) baixa luminosidade.

O elevado índice de sobrevivência da castanheira nos três tratamentos, mais alta que à observada em outras árvores tropicais em situações experimentais similares (Peña-Claros *et al.*, 2002), inclusive em situações de baixo desempenho em altura e diâmetro, reafirma *B. excelsa* como uma espécie pioneira de longa vida, capaz de sobreviver como plântula em ambientes florestais durante tempo prolongado até aproveitar alguma grande clareira para se desenvolver.

Os plantios experimentais de Trombetas mostraram uma alta capacidade de rebrote (71%) da castanheira após episódios traumáticos (secagem, corte) nos três tratamentos de luz, maior em áreas de capoeira (80%) e castanhal (70%) que em roçado (55%). Na maioria dos casos, o aparecimento do rebrote gerou uma situação favorável ao crescimento em altura da planta, notando-se significativos incrementos das taxas médias de crescimento bimestral nos meses seguintes ao rebrote. Apesar de ser notória, a capacidade de rebrotar da castanheira não tem sido estudada em termos quantitativos.

5. Conclusão

O trabalho de monitoramento dos plantios experimentais na região do Rio Trombetas mostrou um melhor desempenho significativo das mudas plantadas em áreas abertas (roçados de lavoura de mandioca) em comparação às situadas em áreas florestais ou capoeiras jovens. Com isso, o estudo confirma a castanheira como uma árvore nativa com excelente resposta de crescimento em condições de alta luminosidade. O trabalho não evidenciou estatisticamente diferenças significativas de crescimento das mudas entre os tratamentos de alto sombreamento (< 10% de luz incidente) e de luz intermédia (28-77% de abertura de dossel), apesar de haver tendência de melhor desempenho no segundo tratamento. De fato, o ensaio contradiz outros trabalhos quanto ao desempenho da castanheira em capoeiras jovens, já que aqui o crescimento em dois anos foi significativamente menor ao esperado, muito inferior aos dos roçados, apesar da proximidade espacial e similaridade do solo. Com isso, o estudo alerta sobre possíveis medidas de enriquecimento em áreas semi-abertas com *B. excelsa*, recomendando-se a limpeza periódica da área próxima da muda com objetivo de manter alta disponibilidade de luz e evitar sombreamento da parte aérea da planta.

De igual forma, este trabalho evidenciou o alto índice de sobrevivência da castanheira, independentemente do tratamento diferencial de luz, ainda que a taxa de mortalidade tenha sido um pouco maior nas áreas florestais. Mesmo assim, o estudo reafirma a necessidade de usar mudas com alturas acima de 1 metro e sem endosperma em todas as experiências de reflorestamento com *B. excelsa*, como garantia de eficiência na sobrevivência de indivíduos. Por último, revela-se a castanheira como uma espécie com alta capacidade de rebrote e de recuperação de desempenho após episódios traumáticos de natureza fisiológica (secagem da planta) ou estrutural (corte de caule). Trata-se, portanto, de espécie de grande potencial para reflorestamentos, recuperação de ambientes degradados e enriquecimentos de capoeiras, desde que, neste caso, haja os devidos cuidados culturais para manter a parte aérea exposta à luz solar direta.

Agradecimentos

Agradecemos o apoio financeiro e logístico do Programa de Áreas Protegidas da Amazônia (ARPA), Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade do Porto Trombetas, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Programa Beca do Instituto Internacional de Educação do Brasil. Agradecemos também ao Projeto ‘Banco do Germoplasma da Castanheira’, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA)/ Mineração Rio Norte (MRN) / Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais (IBAMA), pelo gentil fornecimento de mudas de *Bertholletia excelsa*, cultivadas no viveiro da MRN do Porto Trombetas. Somos gratos também ao Laboratório Temático de Plantas e Solos do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia pela execução das análises físico-químicas das amostras de solo coletadas. Os mais sinceros agradecimentos a todas as famílias quilombolas da comunidade de Tapagem, à equipe humana do ICMBio do Porto Trombetas e aos funcionários do Viveiro da MRN em Porto Trombetas pela ajuda desinteressada neste trabalho. Com especial ênfase, agradecemos a Dometilo Xavier, Manoel Dileno, Josenildo, Junho, Raimundo, Cleunildo, Edelson, Vivaldo, João Raimundo e Josimar, moradores da Tapagem e outras comunidades vizinhas, pela participação direta na plantação e coleta de dados de campo ao longo dos dois anos de trabalho.

Referências

- ACEVEDO, R. E. & E. CASTRO, 1998. **Negros do Trombetas: guardiães de matas e rios:** 1-262. CEPUJ (2ª ed.), Belém, Pará.
- ANDERSON, A. B., 1994. Extrativismo vegetal e reservas extrativistas. In: ANDERSON, A.B *et al.* (Eds.) **O destino da floresta:** reservas extrativistas e desenvolvimento sustentável na Amazônia: 227-245. Relume-Dumará, Rio de Janeiro.
- BOJANIC, A. J. H., 2001. **El balance es hermoso: desarrollo sostenible y los bosques de la Amazonas Boliviana.** PROMAB (Serie Científica 3), Santa Cruz, Bolivia.
- CLAY, J. W., 1997. Brazil nuts. The use of a keystone species for conservation and development. In: FREESE, C.H. (Ed.), **Harvesting wild species. Implications for biodiversity conservation:** 169-185. The John Hopking University Press, Baltimore and London.
- COCHRANE, T. T. & P. A. SÁNCHEZ, 1982. Recursos de tierras, suelos y su manejo en la región amazónica: informe acerca del estado de conocimientos. In: HECHT, S.B. (Ed.): **Amazonia. Investigación sobre agricultura y usos de sus tierras:** 169-185. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.
- EMBRAPA –Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias, 1997. **Manual de Métodos de Análise de Solo:** 1-212. EMBRAPA-CNPS, Rio de Janeiro, Brasil.
- EMBRAPA –Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias, 1999. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes:** 1-270. Embrapa Solos, Brasília, Brasil.
- EMBRAPA –Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias, 2006. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos:** 1-306. EMBRAPA-CNPS (2ª ed.), Rio de Janeiro, Brasil.
- ENGELBRECHT, B. M. J. & H. M. HERZ, 2001. Evaluation of different methods to estimate understory light conditions in tropical forest. **Journal of Tropical Forest** 17: 207-224.

FERNANDES, N. P. & J. C. ALENCAR, 1993. Desenvolvimento de árvores nativas em ensaios de espécies. 4. Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* H. B. K.), dez anos após o plantio. **Acta Amazonica** 23, 191-198.

HAYASHIDA-OLIVER, Y., R. G. A. BOOT & L. POORTER, 2001. Influencia de la disponibilidad de agua y luz en el crecimiento y la morfología de plantines de *Swietenia macrophylla*, *Cedrela odorata* e *Bertholletia excelsa*. **Ecología en Bolivia** 35: 51-60.

HOMMA, A. K. O., 1993. **Extrativismo vegetal na Amazônia: limites e oportunidades**: 1-202. Embrapa-CPATU, Belém; Embrapa-SPI, São Paulo.

IBAMA –Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais. 2004. **Plano de Manejo da Reserva Biológica do Rio Trombetas**. Ministério de Meio Ambiente, Brasília.

IBCE –Instituto Boliviano de Comercio Exterior, 2010. Disponível em <<http://www.ibce.do.bov>>. Acesso em: 26/05/2010.

IBGE –Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2008. Produção de extração vegetal e da silvicultura. Volume 23: 1-44. **Ministério de Planejamento, Orçamento e Gestão, Rio de Janeiro, Brasil**.

INPE/CPTEC/PCD –Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos. Plataforma de Coleta de Dados, 2010. Disponível em <<http://satelite.cptec.inpe.br/PCD>>. Acesso em: 20/05/2010.

LOPES, A. S. & L. R. G. GUILHERME, 1992. Interpretação e Análise do Solo: Conceitos e Aplicações. 3ª edição: 1-48. **Associação Nacional para Difusão de Adubos, São Paulo, Brasil**.

KAINER, K. A., M. L. DURYEY, N. COSTA DE MACEDO & K. WILLIAMS, 1998. Brazil nut seedling establishment and autoecology in an extractive reserve in Acre, Brazil. **Ecological Applications** 8: 397-410.

MORI, S. A. & G. T. PRANCE, 1990. Taxonomy, ecology, and economy botany of Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Humb. e Bonpl.: Lecythidaceae). **Advances in Economic Botany** 8: 130-150.

MYERS, G., A. C. NEWTON & O. MELGAREJO, 2000. The influence of canopy gap size on natural regeneration of Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) in Bolivia. **Forest Ecology and Management** 127: 119-128.

OLIVEIRA, M. V. T. Artificial regeneration in gaps and skidding trails after mechanized forest exploitation in Acre, Brazil. **Forest Ecology and Management** 127: 67-76.

ORTIZ, E. G. 2002. Brazil nuts (*Bertholletia excelsa*). In: SHANLEY, P., A. R. PIERCE, S.A. LAIRD & A. GUILLEN (Eds.): **Tapping the Green Market: Certification & Management of Non-Timber Forest Products**: 61-74. Earthsan Publications Ltd., London.

PEÑA-CLAROS, M., R.G.A. BOOT, J. DORADO-LORA & A. ZONTA, 2002. Enrichment planning of *Bertholletia excelsa* in secondary forest in the Bolivian Amazon: effect of cutting line width on survival, growth and crown traits. **Forest Ecology and Management** 161: 159-168.

PERES, C. A., C. BAIDER, P. A. ZUIDEMA, L. H. O. WADT, K. A. KAINER, D. A. P. GOMES-SILVA, R. P. SALOMÃO, L. L. SIMÕES, E. R. N. FRANCISIOSI, F.C. VALVERDE, R. GRIBEL, G.H. SHEPARD JR., M. KANASHIRO, P. COVENTRY, D. W. YU, A. R. WATKINSON & R. P. FRECKLETON, 2003. Demographic threat to the sustainability of Brazil nut exploitation. **Science** 302: 2112-2114.

REINERS, W. A., A. F. BOUWMAN, W. F. J. PARSONS & M. KELLER, 1994. Tropical forest conversions of pasture: changes in vegetation and soil properties. **Ecological Applications** 4: 363-377.

SALOMÃO, R. P. 1991. Estrutura e densidade de *Bertholletia excelsa* H. e B. ('Castanheira') nas regiões de Carajas, e Marabá, Estado do Pará. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Serie Botânica** 7: 47-68.

SALOMÃO, R. P., N. A. ROSA, A. CASTILHO & K. A. C. MORAIS, 2006. Castanheira-do-Brasil recuperando áreas degradadas e provendo alimento e renda para comunidades de Amazônia Setentrional. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais** 2: 65-78.

SCHUBART, H. O. R., W. FRANKEN & F. J. LUIZÃO, 1984. Uma floresta sobre solos pobres. **Ciência Hoje** 2: 26-32.

SOUZA, C. R., R. M. B. LIMA, C. P. AZEVEDO & L. M. B. ROSSI, 2008. Desempenho de espécies florestais de uso múltiplo. **Scientia Forestalis** 77: 7-14.

SUDAM –Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia, 1984. Projeto de Hidrologia e Climatologia da Amazônia. **Atlas Climatológico da Amazônia Brasileira**: 1-125. SUDAM / PHCA, Belém, Pará, Brasil.

STOIAN, D., 2004. Cosechando lo que cae: la economía de la castaña (*Bertholletia excelsa* H. B. K.) en la Amazonía boliviana. In: ALEXIADES, M. N. & P. SHANLEY (Eds.): **Productos forestales, medios de subsistencia y conservación**: estudios de caso sobre sistemas de manejo de productos forestales no maderables. Vol. 3, América Latina: 89-116. CIFOR, Bogor, Indonesia.

SWAINE, M. D. & J. B. HALL, 1983. Early succession on cleared forest land in Ghana. **Journal of Ecology** 71: 601–627.

TONINI, H., M. M. C. OLIVEIRA JR. & D. SCHWENGBER, 2008. Crescimento de espécies nativas da Amazônia submetidas ao plantio no estado de Roraima. **Ciência Florestal** 2: 151-158.

VENTURIERI, A., O. S. WATRIN, M. A. VALENTE, A. G. S. CAMPOS & P. S. SILVA NETO, 2000. **Zoneamento agroecológico nas terras quilombolas Trombetas e Erepecuru**: 1-46. ARQMO/Comissão Pró-Índio de São Paulo/ Embrapa Amazônia Oriental, São Paulo.

VIEIRA, L. S. & P. C. T. C. SANTOS, 1987. **Amazônia, seus solos e outros recursos naturais**: 1-416. Ed. Agronômica Ceres, São Paulo.

VIEIRA, A. H., M. LOCATELLI & V. F. SOUZA, 1998. **Crescimento de castanha-do-brasil em dois sistemas de cultivo**: 1-13. EMBRAPA-CPAF Rondônia (Boletim de Pesquisa 22), Porto Velho.

YARED, J. A. G., M. KANASHIRO, L. M. VIANA, T. C. A. CASTRO & J.R. PANTOJA, 1993. Comportamento silvicultural de castanheira (*Bertholletia excelsa* H. & B.) em diversos locais da Amazônia. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO 1; CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO 7, Curitiba, **Anais...SBS**, Curitiba.

ZAR, J. H. 1999. **Biostatistical Analysis**: 1-663. Ed. Prentice Hall (Fourth Edition), New Jersey.

ZUIDEMA, P. A., 2003. **Demografía y manejo del árbol de castaña (*Bertholletia excelsa*)**: 1-117. PROMAB (Serie Científica 6), Riberalta, Bolivia.

ZUIDEMA, P.A & R.G.A. BOOT, 2002. 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** 18: 1-31.

ZUIDEMA, P. A., W. DIJKMAN & J. VAN RIJSOORT, 1999. Crecimiento de plantines de *Bertholletia excelsa* H.B.K. en función de su tamaño y la disponibilidad de luz. **Ecología en Bolivia** 33: 23-36.

Legenda de figuras

Figura 1. Mapa da área de estudo. Localização das parcelas das mudas por tratamentos e repetições. Comunidade de Tapagem. Rio Trombetas.

Figura 2. Seqüência de episódios de morte das mudas de *B. excelsa* nos plantios experimentais de Trombetas.

Figura 3. Comparação gráfica das taxas medias de crescimento em altura (TMC_h) entre mudas normais (barras escuras) e rebrotadas (barras claras) nos três tratamentos dos plantios experimentais de Trombetas.

Figura 4. Incrementos médios do crescimento em a) altura (ICM_h) e b) diâmetro (ICM_d) por tratamentos nos plantios experimentais de Trombetas.

Figura 5. Regressão entre entrada de luz (nº de pixels não obscurecidos) e crescimento das mudas em altura em dois anos.

Figura 6. Regressão entre entrada de luz (nº de pixels não obscurecidos) e crescimento das mudas em diâmetro em dois anos.

Figura 7. Diferenças interanuais de crescimentos médios em a) altura (ICM_h) e b) diâmetro (ICM_d) por tratamentos nos plantios experimentais de Trombetas. 1º ano (barra clara), 2º ano (barra escura).

Figura 8. Série temporal bimestral de precipitação e crescimento da altura média (a) e diâmetro médio (b) das mudas por tratamentos.

Figura 9. Diferenças de crescimento de mudas de *B. excelsa* entre o tratamento de roçado (alta exposição de luz, foto a direita) e o do castanhal (baixa exposição à luz, foto a esquerda).

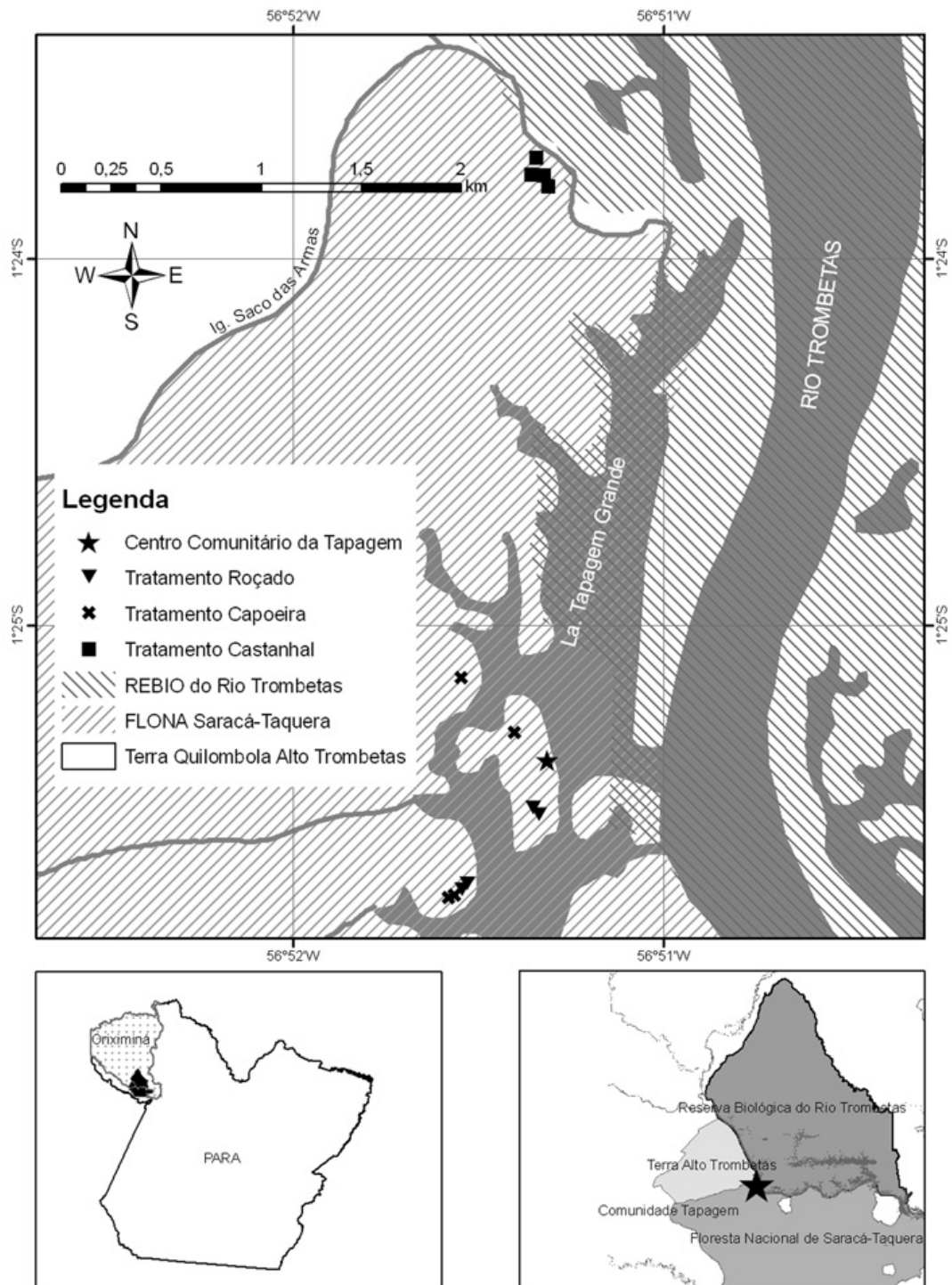


Fig. 1.

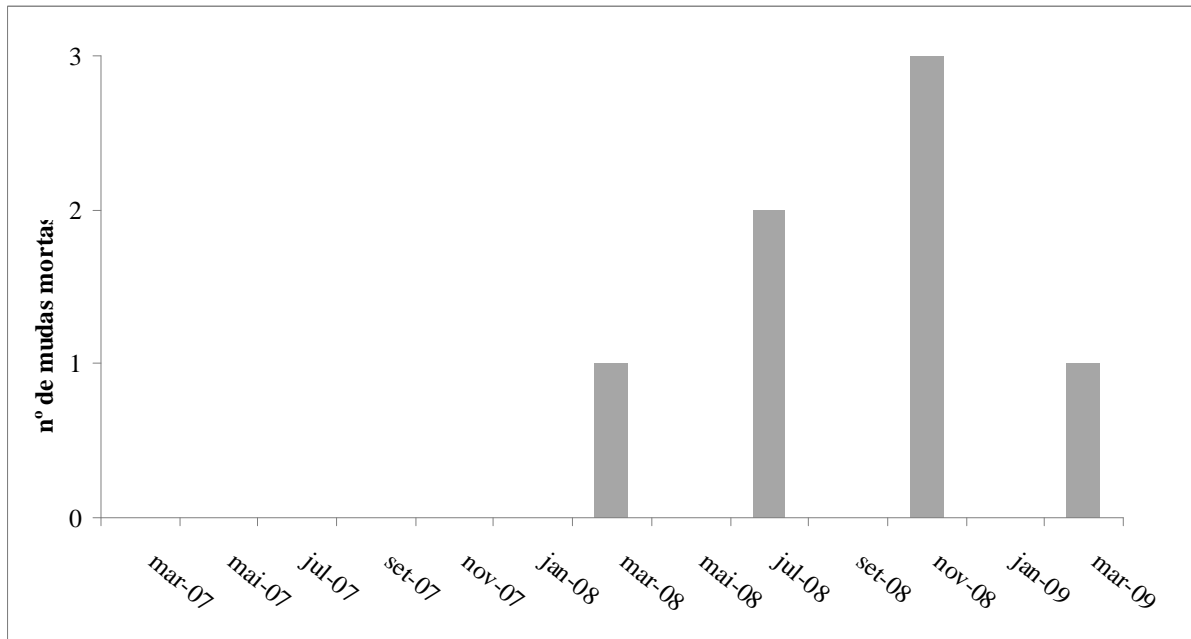


Fig. 2.

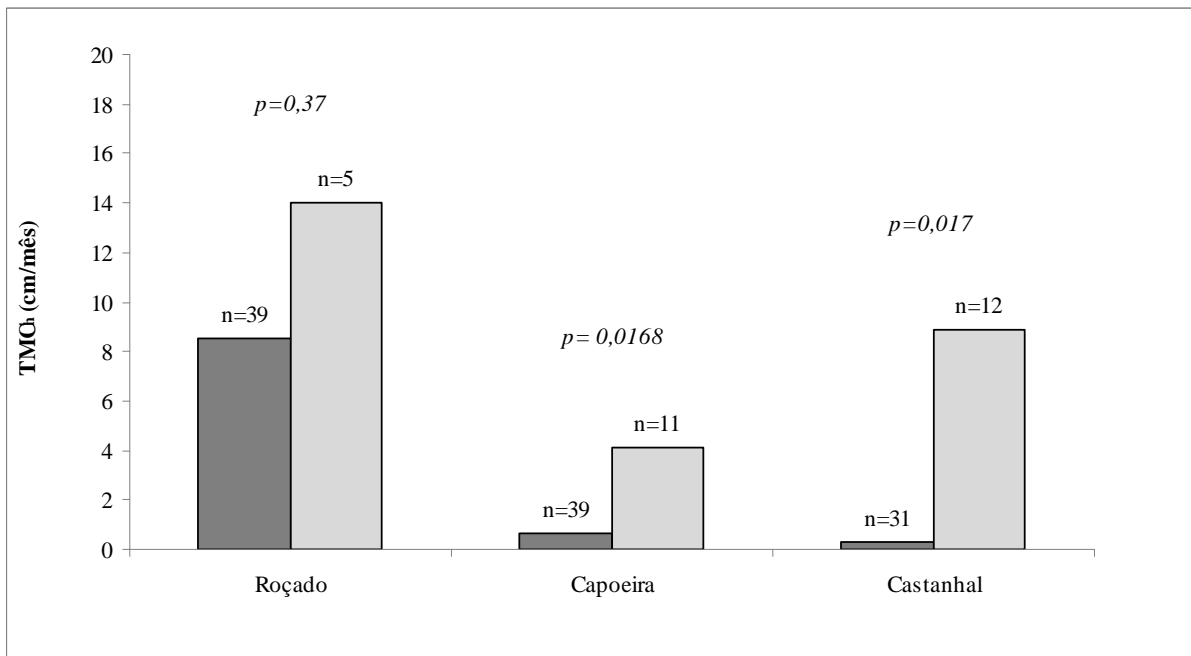


Fig. 3

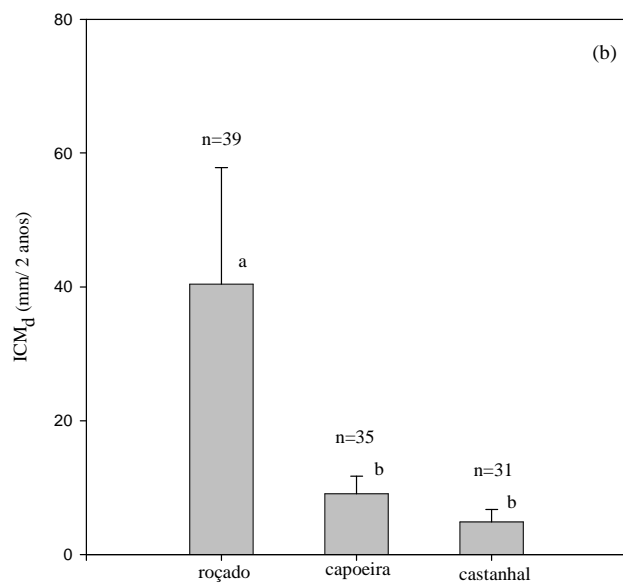
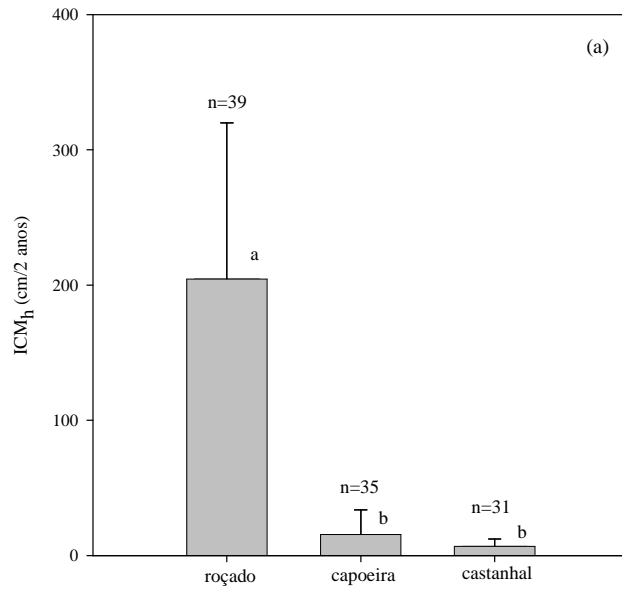


Fig. 4: a) e b)

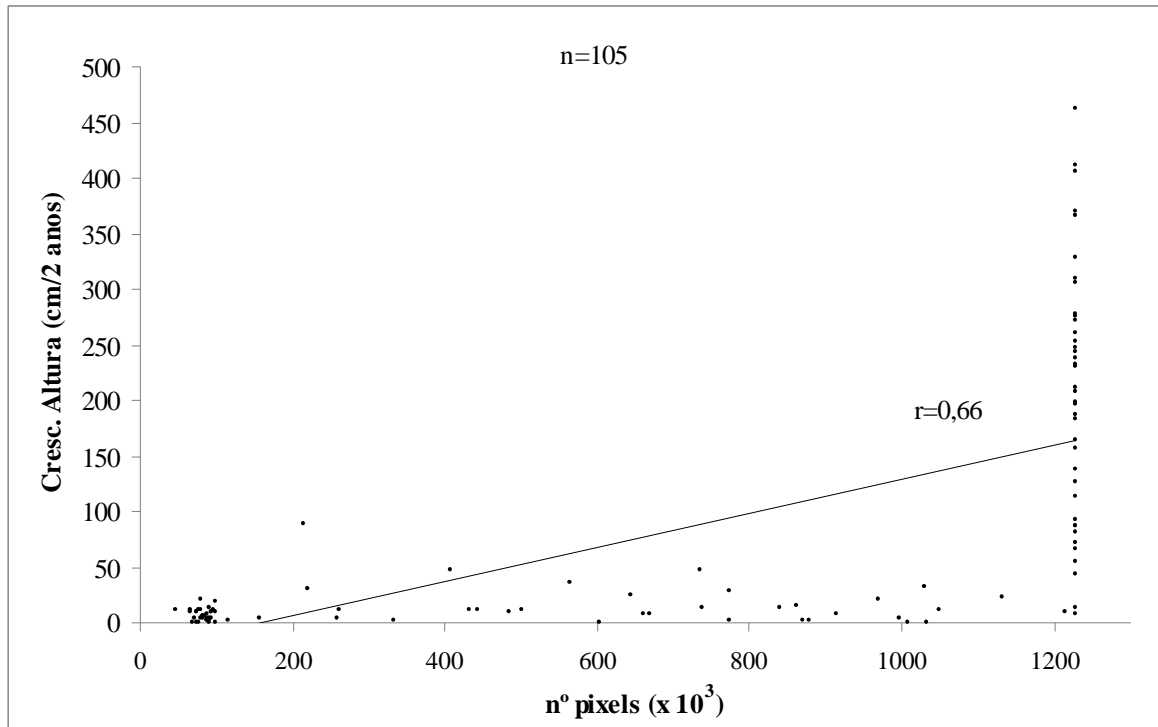


Fig. 5

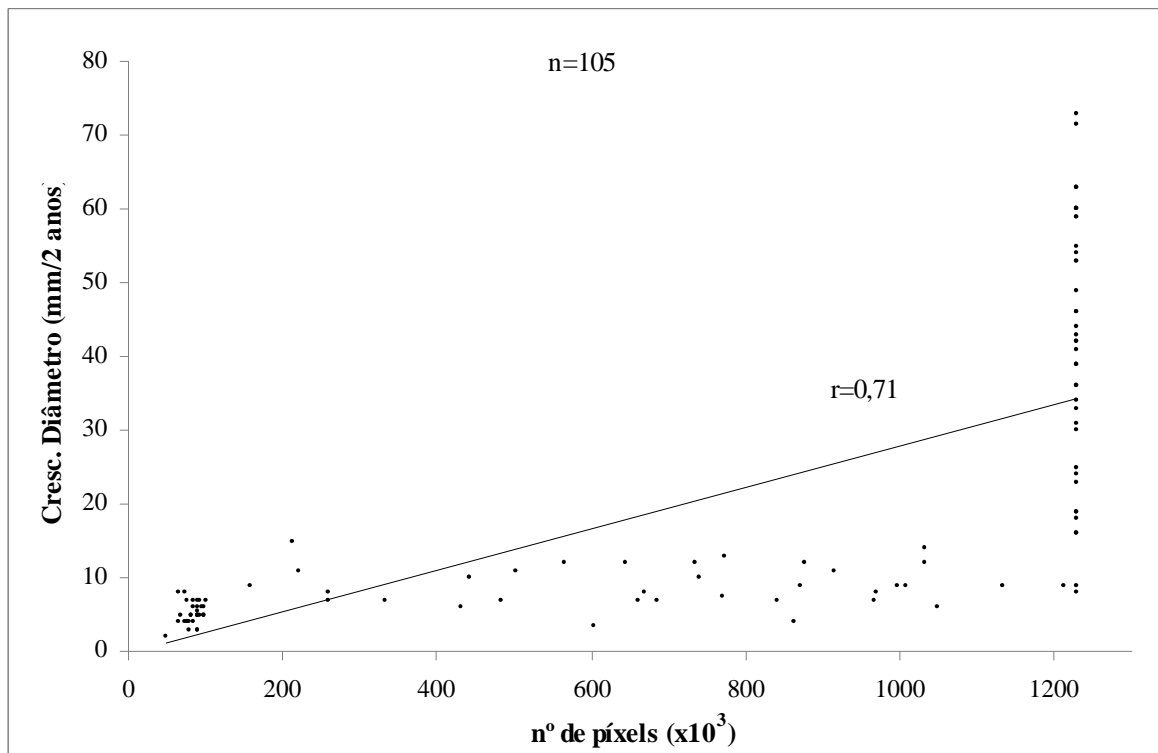


Fig. 6

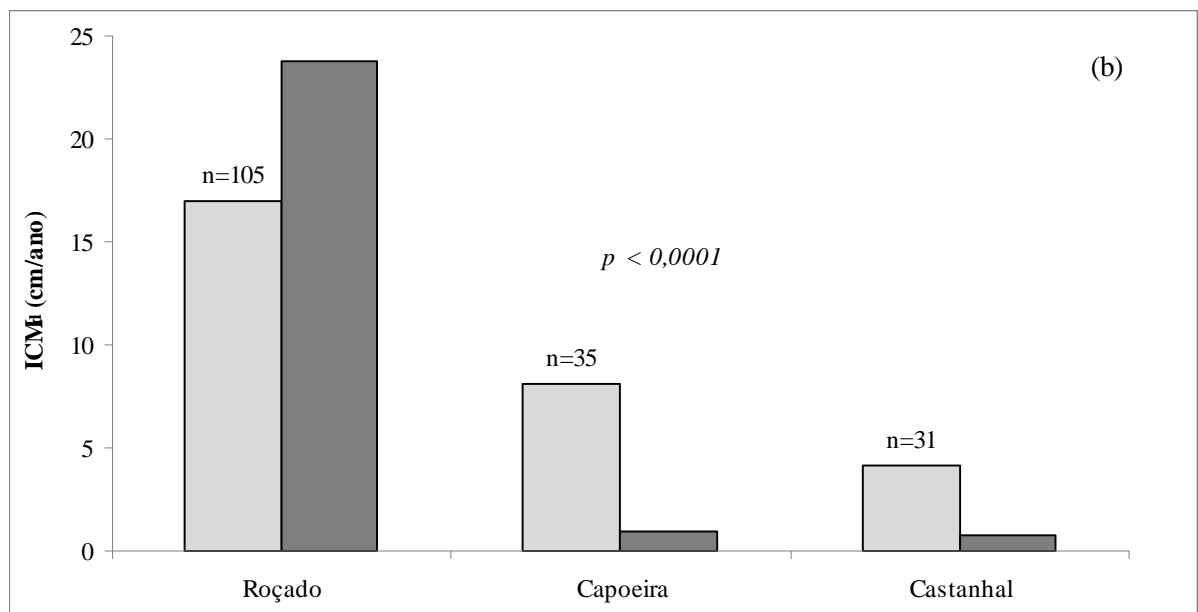
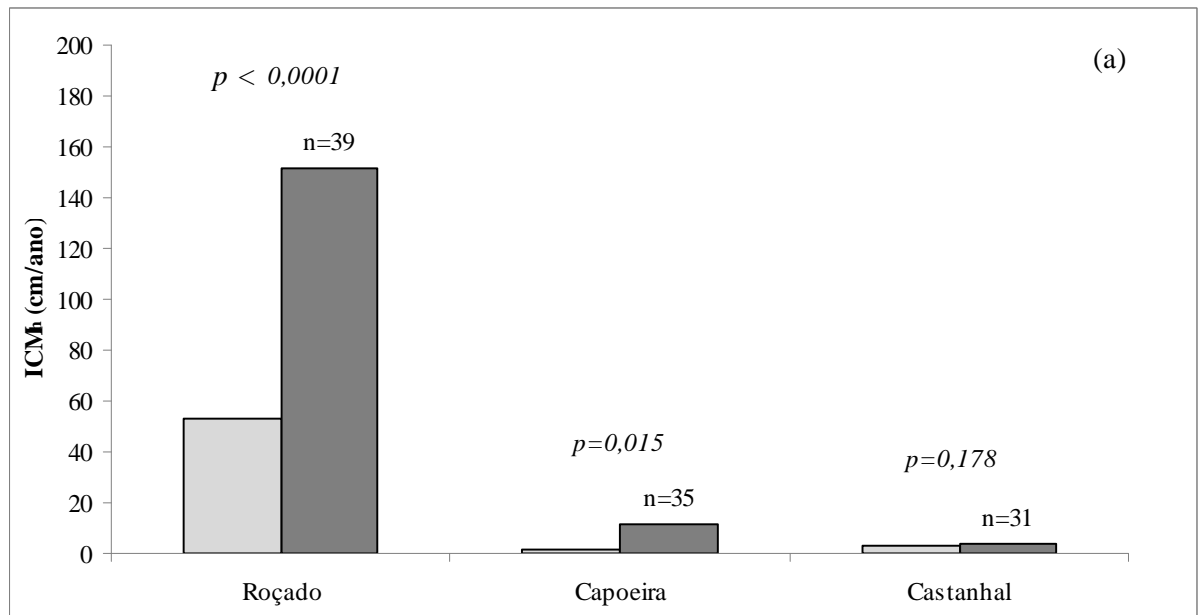


Fig 7

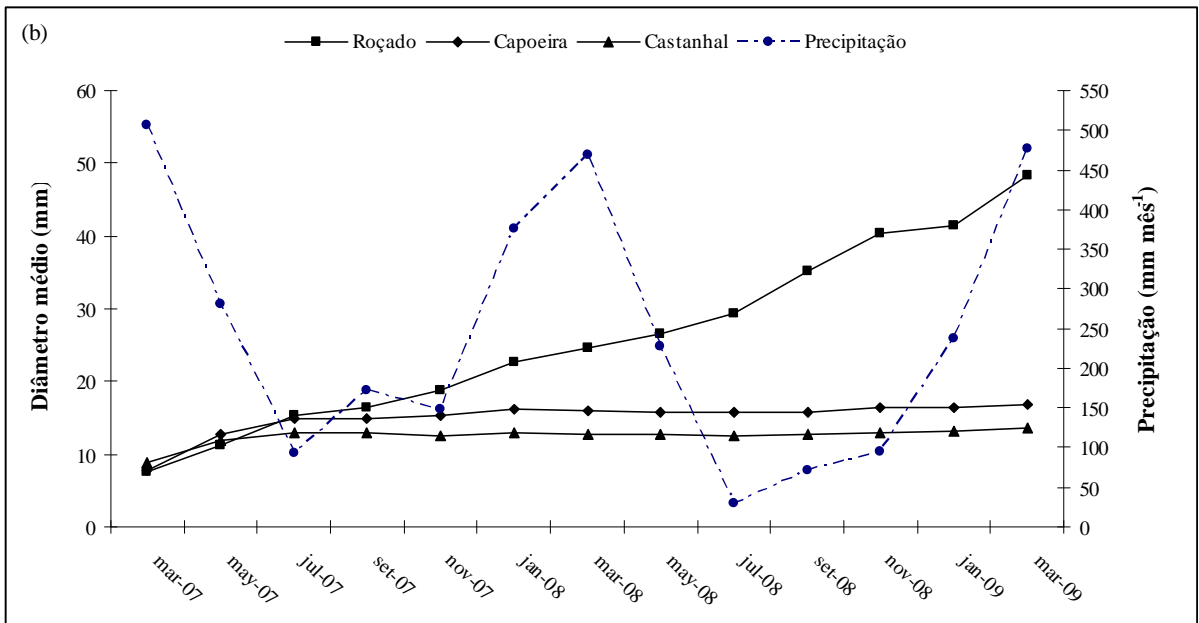
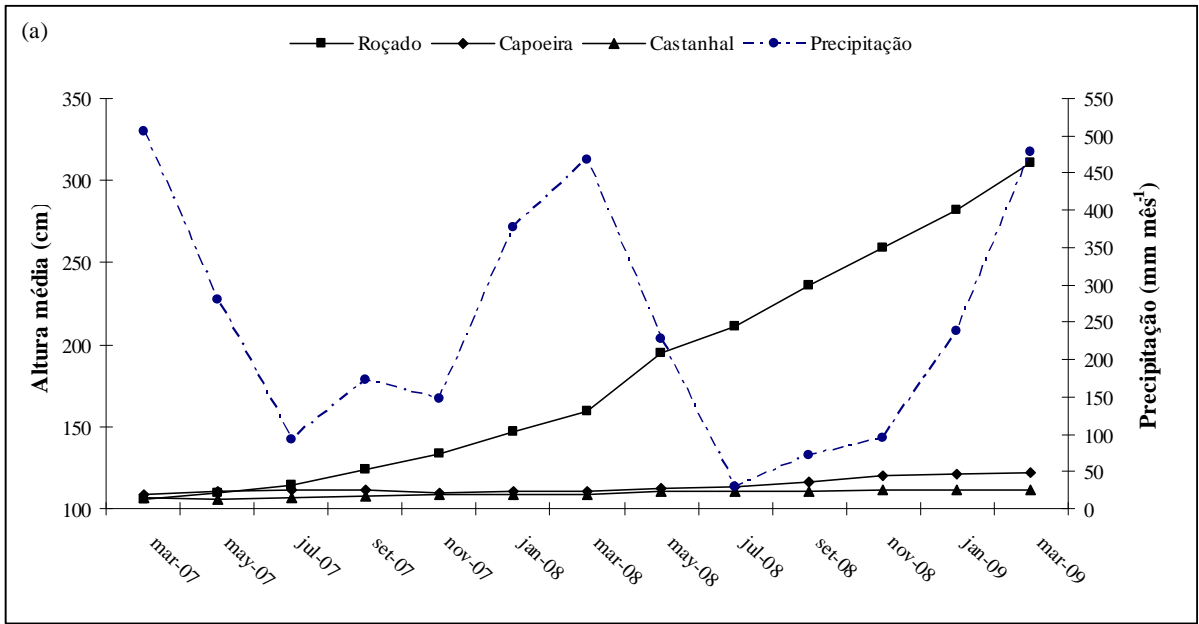


Fig. 8



Fig. 9

**ARTIGO 2. ESTRUTURA DEMOGRÁFICA DE DUAS POPULAÇÕES
DE CASTANHEIRA (*BERTHOLLETIA EXCELSA*, LECYTHIDACEAE)
COM DIFERENTES HISTÓRICOS DE OCUPAÇÃO E EXPLORAÇÃO
NA AMAZÔNIA BRASILEIRA⁵**

Demographic structure of two populations of Brazil Nuts (*Bertholletia excelsa*,
Lecythidaceae) with different history occupation and exploration in The Brazilian Amazon.

Scoles^{6*}, Ricardo; Gribel⁷, Rogério

⁵ Artigo a ser submetido à revista *Human Ecology* (ISSN: 03007839).

⁶ Pós-Graduação, Coordenação de Pesquisas em Ecologia, Instituto Nacional de Pesquisas. Caixa Postal 478, CEP: 69011-070, Manaus-AM, Brasil. E-mail: ricardscoles@yahoo.es. Tel. + 55 92 3643 3112

⁷ Diretoria de Pesquisas, Instituto de Pesquisas do Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Rua Pacheco Leão 915, Jardim Botânico. CEP 22460-030 Rio de Janeiro-RJ, Brasil. E-mail: rgribel@jbrj.gov.br.

* Autor de correspondência.

**ESTRUTURA DEMOGRÁFICA DE DUAS POPULAÇÕES DE
CASTANHEIRA (*BERTHOLLETIA EXCELSA*, LECYTHIDACEAE) COM
DIFERENTES HISTÓRICOS DE OCUPAÇÃO E EXPLORAÇÃO NA AMAZÔNIA
BRASILEIRA**

Demographic structure of two populations of Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*,
Lecythidaceae) with different histories of occupations and exploration in The Brazilian
Amazon.

Resumo

Estudou-se a estrutura demográfica de duas populações naturais da castanheira, *Bertholletia excelsa*, em duas regiões com diferentes históricos de ocupação e exploração na Amazônia Brasileira: a região do Rio Trombetas e o Lago Capanã Grande, no Rio Madeira. A coleta de dados foi feita em 35 parcelas compridas (25 no Rio Trombetas e 10 no Capanã Grande) de 50 x 1.000 m, localizadas aproximadamente ao longo das trilhas percorridas pelos castanheiros. A densidade de árvores (DAP > 10 cm) foi mais alta em Capanã Grande (12,5 árvores ha⁻¹) que no Rio Trombetas (7,8 árvores ha⁻¹), enquanto que para árvores DAP > 130 cm a situação se inverteu. A regeneração também foi maior no Rio Madeira. A população de castanheiras do Trombetas aparenta estar mais envelhecida (DAP médio = 128,5 cm, com 7,4 % de jovens, 10 < DAP > 40 cm) que a do Capanã Grande (DAP médio = 73,1 cm, 18,0% de jovens). Sugere-se que fatores relacionados aos diferentes históricos de ocupação e frequência de atividades contemporâneas são os que melhor explicariam as contrastantes estruturas demográficas das duas regiões, apoiando, assim, a tese de que os castanhais são florestas antropogênicas.

Palavras chave: *Bertholletia excelsa*, Demografia, Extrativismo, Floresta Antropogênica, Amazônia Brasileira.

1. Introdução

A castanheira, *Bertholletia excelsa*, pertence à família Lecythidaceae, grupo taxonômico formado majoritariamente por árvores de distribuição neotropical. A espécie ocorre na região tropical da América do Sul, em florestas de terra firme (Mori e Prance, 1990). Sua distribuição é ampla, mas irregular, estendendo-se do Alto Beni (Bolívia, 14° S) ao Alto Orinoco (5° N). Os países de maior ocorrência de castanheiras são Brasil, Bolívia, Peru e as Guianas. Na Amazônia Brasileira, encontram-se castanheiras principalmente nos estados de Pará, Amazonas e Acre, mas também em Amapá, Rondônia, Roraima, Maranhão e Mato Grosso (Müller, 1981). De acordo com Diniz e Bastos (1974), a castanheira ocorre em áreas com médias anuais de pluviometrias que variam entre 1400 e 2800 mm, temperaturas entre 24 a 27 °C e umidade relativa de 79% a 86%. A espécie tolera períodos de estiagem de entre 2 a 7 meses por ano.

Bertholletia excelsa é uma árvore emergente de grande tamanho, que pode atingir altura superior a 50 metros e diâmetro a altura do peito (DAP) maior que 300 cm (Zuidema e Boot, 2002; Salomão, 2009). O tronco da árvore é retilíneo, ausente de galhos até perto do seu topo. A copa é emergente no dossel florestal, pode alcançar um diâmetro > 50 m e está formada por galhos bem separados. Seu fruto é lenhoso e indeiscente, quase esférico, pesa entre 0,5 e 2,5 kg e com diâmetro de mais de 10 cm. O ouriço alberga uma média de 10-25 sementes comestíveis que têm forma angular e estão recobertas de tegumento lenhoso protetor (Mori e Prance, 1990). Em condições naturais, o principal agente dispersor das sementes de *B. excelsa* é a cutia (*Dasyprocta spp.*), tal como foi descrito por Huber (1910) e confirmado em pesquisas mais recentes (Ortiz, 1995; Peres e Baider, 1997; Tuck Haugaasen *et al.* 2010)

A grande maioria dos indivíduos reprodutivos de *B. excelsa* tem DAP > 40 cm (Zuidema e Boot, 2002), e as árvores mais produtivas situam-se entre os tamanhos 80-160 cm de diâmetro (Viana *et al.*, 1998; Wadt *et al.* 2005; Kainer *et al.* 2007). A castanheira é uma

espécie longeva que vive durante centenas de anos nas florestas de terra firme e apresenta altas taxas de sobrevivência quando alcança porte arbóreo (Zuidema e Boot, 2002). A idade das castanheiras tem sido estimada por várias técnicas, datação radio-carbônica (Camargo *et al.*, 1994), modelos de dinâmica populacional (Zuidema e Boot, 2002) e dendrocronologia (Brienen e Zuidema, 2006; Schöngart *et al.*, dados não publicados). Apesar das diferenças metodológicas, estes estudos chegam a resultados parecidos que relacionam a idade da castanheira com o seu diâmetro do tronco.

Para Camargo *et al.* (1994), usando isótopo de carbono (^{14}C), uma árvore de 225 cm de diâmetro tem uma idade estimada em 440 ± 60 anos, o que implica um crescimento médio em DAP de $0,6 \text{ cm ano}^{-1}$. Através de medições anuais repetidas e uso de matrizes de dinâmica populacional, Zuidema e Boot (2002) calcularam que os adultos já plenamente reprodutivos (DAP entre 60-80 cm) devem ter uma idade de 125 ± 50 anos. Brienen e Zuidema (2006), analisando os anéis de crescimento de várias árvores, estimaram que a idade média de uma castanheira com 60 cm de diâmetro é de 166,4 anos (máximo, 239 anos; mínimo, 121 anos.). Este mesmo estudo comprovou que as árvores de *B. excelsa* podem ultrapassar os quatrocentos anos de vida (máxima idade estimada, 427 anos, DAP=210 cm). Outra análise de anéis de crescimento com 22 árvores de castanheira em Trombetas estimou que a idade média de uma árvore de 106 cm de DAP ronda os 300 anos e que um indivíduo de 140 DAP tinha 502 anos (Schöngart *et al.*, dados não publicados).

A estrutura populacional de *B. excelsa* caracteriza-se por formar aglomerações (castanhais) entre 75-150 árvores de DAP > 10 cm (Peres e Baider, 1997), com densidades altas para os padrões das florestas tropicais úmidas ($5-20 \text{ indivíduos ha}^{-1}$), alternando-se com áreas florestais onde a concentração é muito baixa, de até uma árvore a cada seis hectares (Mori e Prance, 1990). Esta disposição espacial em 'manchas' é contestada por Wadt *et al.* (2005) num estudo demográfico na Reserva Extrativista de Chico Mendes (Acre), mostrando

um padrão de distribuição da castanheira mais tendente a uma formação aleatória que aglomerada ou uniforme. Dos estudos demográficos da espécie realizados até hoje, destaca-se uma tendência a baixa proporção de indivíduos com DAP > 10 cm não reprodutores (Salomão, 1991; Nepstad *et al.*, 1992; DHV, 1993) e o domínio das classes intermédias de diâmetro na distribuição das populações de *B. excelsa* (Zuidema e Boot, 2002; Peres *et al.*, 2003; Salomão, 2009).

As altas densidades de castanheiras em forma de ‘manchas’ espaciais e a dominância de determinadas classes de diâmetro na estrutura demográfica da espécie têm gerado diversas discussões em relação a suas origens. Para alguns autores, as clareiras abertas na floresta, ocasionadas por queda de árvores ou outras causas, seriam as promotoras da formação de ‘reboladas’ de *B. excelsa* nos locais onde ela ocorre (Mori e Prance, 1990; Salomão, 1991). Entretanto, de acordo com Peres e Baider (1997), a distribuição altamente compactada da castanheira pode ser elucidada por um padrão de dispersão de curta distância promovida por cutias, sendo raros os casos de dispersão a longa distância.

A castanheira é uma planta heliófita (Salomão, 1991; Scoles *et al.*, artigo 1) que depende de clareiras para o crescimento das plântulas e juvenis (Mori e Prance, 1990; Viana *et al.*, 1998; Myers *et al.*, 2000). Nas suas etapas iniciais de vida se comporta como espécie pioneira, mas diferentemente destas, *B. excelsa* permanece nos estados avançados da sucessão florestal como árvore emergente do dossel, sendo considerada ‘árvore pioneira de longa vida’ (Swaine e Hall, 1987; Zuidema, 2003). Numerosos estudos experimentais mostram como a castanheira cresce bem em plantios abertos com alta exposição de luz (Fernandes e Alencar, 1993; Yared *et al.*, 1993; Tonini *et al.*, 2008), mas o seu desempenho baixa muito quando as condições são de alto sombreamento (Kainer *et al.*, 1998; Myers *et al.*, 2000; Peña-Claros *et al.*, 2002; Scoles *et al.*, artigo 1).

As características ecológicas da castanheira, espécie social e heliófita, assim como sua distribuição ampla e irregular na região amazônica, sugere, para vários autores, a participação das populações históricas ameríndias na sua dispersão e regeneração (Ducke, apud, Tupiassú e Oliveira, 1967; Posey *et al.*, 1985; Balée, 1989) favorecendo a ampliação da área de distribuição da castanheira. Estas sugestões são baseadas também nas dificuldades dos mecanismos de dispersão natural (promovida pelas cutias principalmente) em atravessar os grandes cursos de água que separam as áreas florestais. Neste raciocínio, os castanhais ‘nativos’ deveriam ser considerados, de fato, exemplos de florestas antropogênicas (Balée, 1989).

Certamente há uma estreita relação histórica entre a castanheira e as populações humanas na floresta amazônica. Ainda que, em princípio, a intensa remoção de castanhas durante as atividades de coleta e a pressão de caça sobre as cutias (considerado o principal dispersor/predador natural de sementes de castanha) são fatores antrópicos potencialmente prejudiciais para a regeneração da espécie, há evidências empíricas que mostram efeitos contrários.

Em primeiro lugar, os coletores de castanha (castanheiros) são dispersores involuntários de sementes durante suas atividades extrativistas, quando cortam o ouriço e quando transportam, lavam ou armazenam as castanhas (Ortiz, 2002; Zuidema, 2003; Scoles e Gribel, obs. pes.). Além disso, nas florestas mais freqüentadas, o aumento de pequenas perturbações inerentes às atividades humanas pode favorecer o estabelecimento e crescimento de plântulas e juvenis devido ao incremento da entrada de luz nas clareiras ou trilhas. Em relação à caça, o seu papel regulador das populações naturais das cutias poderia favorecer o enterro e armazenamento de sementes de castanha, devido ao saciamento mas rápido dos animais em ambientes de menor concorrência intra-específica (Ortiz, 2002; Zuidema, 2003).

A finalidade deste estudo é comparar a estrutura demográfica de *B. excelsa* em duas regiões da Amazônia Brasileira, distantes geograficamente e diferenciadas entre si pelo histórico de ocupação e pelo padrão contemporâneo de uso das florestas. A hipótese do trabalho é que a estrutura populacional de *B. excelsa* é influenciada pelas atividades humanas passadas e contemporâneas. Neste raciocínio, as áreas mais recentemente ocupadas e exploradas de forma mais intensa devem apresentar castanhais com uma estrutura mais jovem e maiores taxas de regeneração.

2. Material e métodos

2.1 Áreas de estudo

O trabalho foi desenvolvido em duas regiões da Amazônia Brasileira: 1) Região do Rio Trombetas, Mesorregião do Baixo Amazonas, em áreas municipais de Oriximiná e Óbidos (Pará), e 2) Lago do Capanã Grande, Rio Madeira, município de Manicoré (Amazonas). As bacias hidrográficas das duas áreas de estudo situam-se em margens opostas do Rio Amazonas, o Rio Trombetas é afluente setentrional e o Rio Madeira, meridional. As regiões de estudo estão separadas por cerca de 750 km (figura 1).

Os castanhais do Rio Trombetas localizaram-se em dois territórios administrativos diferenciados: a) unidades de conservação federal (Reserva Biológica do Rio Trombetas e Floresta Nacional de Saracá-Taquera) e estadual (Floresta Estadual do Rio Trombetas, recém criada), b) áreas quilombolas do Rio Trombetas e Rio Erepecuru, tituladas em regime coletivo a favor da Associação de Comunidades Remanescentes de Quilombos do Município de Oriximiná (ARQMO). Os castanhais do Lago do Capanã Grande pertencem todos à Reserva Extrativista do mesmo nome, unidade de conservação de uso direto co-gerencida pelas

comunidades ribeirinhas do lago e o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio).

Abrangência espacial do estudo também é diferente. No Lago do Capanã Grande, as unidades de amostragem pesquisadas situaram-se na parte baixa do lago, relativamente próximas umas as outras (distância máxima de 16,3 km e mínima de 1,23 km) e não distantes das comunidades ribeirinhas (mínima de 110 m, máxima de 8,75 km). Na região do Rio Trombetas, os castanhais estudados se espalham por duas bacias hidrográficas: Rio Trombetas e seu afluente da margem esquerda, Rio Erepecuru. A maioria das unidades de amostragem (68%) fica a mais de 10 km de distâncias das comunidades e mais de uma 1/3 parte são de difícil acesso por ser necessário atravessar quedas de água e corredeiras para chegar até eles. No Trombetas, a máxima distância entre duas unidades de amostragem alcançou os 112 km. A nível latitudinal, as diferenças máximas foram de 46', a nível longitudinal, de quase um grau.

Em ambas as regiões o clima é tropical e úmido com uma curta estação seca (< 100 mm mês⁻¹). A precipitação média anual varia entre 2.000 e 2.500 mm, as temperaturas médias entre 24° e 26 °C e umidade relativa geralmente superior aos 80% (Brasil, 1979; SUDAM, 1984). Em Manicoré, o período mais chuvoso do ano geralmente é de janeiro a março, com precipitações superiores aos 300 mm mensais, enquanto unicamente dois meses (julho e agosto) podem ser considerados de estiagem (AGRITEMPO, 2009). Na região do Rio Trombetas, os picos de chuva ocorrem nos meses de março, abril e maio, enquanto que o período de estiagem vai de agosto a novembro (IBAMA, 2004).

2.2 Histórico de ocupação

A história de ocupação das duas áreas de estudo por povos ameríndios também apresenta padrões contrastantes. A região do Baixo Amazonas sofreu despovoamento maciço das nações nativas durante os primeiros dois séculos de colonização europeia (XVI e XVII). No século XVIII, boa parte das populações ribeirinhas tinham sido dizimadas (massacres, epidemias) e/ou incorporadas como mão-de-obra escrava ou servil pela sociedade colonial. Os remanescentes refugiaram-se em áreas menos acessíveis (no Trombetas, a montante das cachoeiras dos rios Trombetas, Cachorro, Mapuera, Acapu e Erepecuru). Mais tarde, este processo de despovoamento foi acompanhado por um lento repovoamento parcial de 'neo-indígenas' desenraizados culturalmente e inseridos na sociedade colonial pelas missões religiosas (Porro, 1992). No século XIX, a fuga de escravos negros das vilas e fazendas do Grão-Pará provocou o estabelecimento de quilombolas nos trechos médios e altos dos Rios Trombetas e Erepecuru, lugar de onde somente desceram para as partes fluviais baixas com o fim da escravidão (1886) e a expansão comercial dos produtos extrativistas, entre eles, a castanha e espécies de madeiras (Acevedo e Castro, 1998). Desde a 2ª metade de século XIX, as comunidades quilombolas são majoritárias nas partes baixas e médias dos Rios Trombetas e Erepecuru, ficando as populações indígenas remanescentes nas partes altas destes dois rios.

Na região de Madeira a ocupação efetiva da sociedade colonial foi mais tardia, no século XIX, com a criação do estado do Amazonas (1850) e a eclosão do ciclo da borracha. Com anterioridade, as incursões 'brancas' eram temporais e limitadas à economia extrativa e missões jesuítas (Menéndez, 1992). No século XVIII, a política da Coroa, temerosa de que o Rio Madeira servisse como escoadouro de contrabando de metais provenientes das minas de Mato Grosso e Goiás, tinha resguardado as populações ameríndias de ações repressivas e intrusivas mais efetivas ao proibir o trânsito pelo rio (1733) e difundindo a lenda de existência de índios bravos nas suas margens (ex: Mura). Esta estratégia do governo colonial acabou

permitindo as sociedades indígenas adiar contatos mais intensos com a sociedade colonial (Amoroso, 1992). A expansão extrativista da 2ª metade do século XIX marcaria o início do processo de colonização efetiva do Rio Madeira que acabaria por gerar uma sociedade rural majoritariamente mestiça ou cabocla tal como é conhecida hoje.

2.3 Desenho experimental

A coleta de dados de campo foi realizada durante um período de três anos na região do Rio Trombetas (2007-2009) e um ano no Lago do Capanã Grande (2008). O delineamento das unidades de amostragem foi de transectos ou parcelas compridas de 1.000 x 50 m. A partir de uma linha central, a distância perpendicular máxima de detecção foi de 25 metros, à esquerda e a direita, da linha central. O tamanho das unidades de amostragem de cada castanhal foi de 50.000 m² (5 ha), a exceção de um castanhal no Lago do Capanã Grande, que foi de 40.000 m² devido ao menor comprimento da sua área florestal. O total de castanhais amostrados foi de 25 na região do Rio Trombetas (totalizando 125 ha) e 10 no Capanã Grande (49 ha).

Para cada transecto, foram estabelecidas 10 sub-parcelas com superfícies amostrais menores (25 x 10 m) com objetivo de detectar e coletar dados dos indivíduos de *B. excelsa* com DAP < 10 cm. O posicionamento das dez sub-parcelas na unidade de amostragem foi aleatório, com suporte de programa de randomização (software Excel Microsoft), e o requisito de distribuição das sub-parcelas a cada 100 metros do comprimento do transecto.

2.4 Demografia da espécie

Para cada indivíduo de *B. excelsa* com diâmetro altura do peito (DAP) > 10 cm, mediram-se: as coordenadas espaciais (x, y) da posição da árvore em relação às quotas da linha central, o DAP e o comprimento dos dois galhos principais da copa em posição de 90° um com outro. A altura do tronco principal da árvore foi estimada.

A área de copa foi calculada multiplicando a superfície elíptica da coroa por um índice de forma de copa. Os galhos principais medidos durante a coleta de dados foram considerados os raios da elipse. O índice de forma de copa estimou-se a partir de observação empírica com quatro possíveis valores proporcionais: 1 (copa completa), 0,75 (ausência de um galho principal), 0,5 (copa em forma de meia lua), 0,25 (somente um galho principal).

A coleta de dados das castanheiras com DAP < 10 cm realizou-se nas 10 sub-parcelas construídas para esta finalidade, acrescentando também às detectadas nos arredores da linha central da parcela comprida. Em cada planta, mediu-se: altura, diâmetro (na base do colo quando altura $< 1,30$ m, DAP $> 1,30$ m) e as coordenadas espaciais (x, y) de posição.

As plantas com DAP < 10 cm foram diferenciadas em dois grupos segundo presença ou ausência de cotilédone na parte basal e altura do caule: as plântulas e os juvenis (filhotes). As plântulas, castanheiras de germinação recente (“seedlings”), geralmente têm alturas $< 1,30$ m e endosperma (reserva da semente) ainda aderida na base da planta. Os juvenis são arvoretas (“saplings”) com alturas $> 1,30$ m e endosperma já totalmente absorvido (Myers et al., 2000; Zuidema e Boot, 2002).

2.5 Cálculo de abertura de dossel

O cálculo de abertura de dossel como forma de avaliação da entrada de luz no sub-bosque florestal foi realizada de forma indireta através de imagens fotográficas do dossel florestal (Engelbrecht e Herz, 2001), usando-se a metodologia de contagens de pixels não obscurecidos sobre o total numa escala de cinzas de 0 a 256. Para este método foi usada uma câmera digital Ricoh GX100 com uma lente de grande angular (19 mm). As fotos foram feitas a uma altura de 1,30 m do chão com auxílio do tripé, em condições de exposição indireta à luz solar, nas primeiras horas de manhã ou nas últimas da tarde, com a câmera focando verticalmente em direção do dossel florestal.

Em cada unidade de amostragem foram registradas, de forma aleatória, vinte imagens de dossel florestal com o requisito de manter distancias em média de 50 metros entre cada registro (Nicotra *et al.*, 1999). As imagens digitais foram processadas com programa Miramón 6.0, calculando-se, para cada fotograma, a percentual de áreas não obscurecidas pela vegetação, que aqui é considerada como medida de abertura de dossel.

2.6 Classificação de castanheiras por tamanhos de diâmetro

Com objetivo de facilitar a análise comparativa da distribuição populacional de *B. excelsa*, neste estudo, as árvores foram classificadas em várias categorias analíticas a partir do seu diâmetro: a) árvores não reprodutivos (DAP 10-40 cm), adultos jovens (DAP 40-80 cm), adultos produtivos (80-160), adultos 'maduros' (160-200 cm) e adultos 'velhos' (DAP > 200 cm). As castanheiras ainda em idade não reprodutivas (jovens) foram agrupadas nas classes de tamanho entre 10-40 cm de diâmetro, de acordo com literatura (Viana *et al.*, 1998; Zuidema e Boot, 2002).

As plantas com DAP < 10 cm foram diferenciadas em dois grupos segundo presença ou ausência de endosperma na parte basal e altura do caule: as plântulas e os juvenis (filhotes). As plântulas, castanheiras de germinação recente (“seedling”), geralmente têm alturas < 1,30 m e endosperma (reserva da semente) ainda aderida na base da planta. Os juvenis são arvoretas (“sapling”) geralmente com alturas > 1,30 m e cotilédone já totalmente absorvido (Myers *et al.*, 2000; Zuidema e Boot, 2002).

3. Resultados

Comparando as duas áreas de estudo, os castanhais da região do Rio Trombetas têm, em média, menor densidade de árvores de *B. excelsa* e apresentaram uma estrutura demográfica mais envelhecida, com pequena porcentagem (7,4%) de árvores não reprodutivas (tabela 1). A altura média das castanheiras foi quase 3 metros mais alta na região do Rio Trombetas que no Lago do Capanã Grande, sugerindo também que este castanhal seja composto por árvores mais velhas.

A taxa de recrutamento (densidade de plântulas) e os níveis de regeneração (densidade de plântulas, juvenis e jovens) foram mais altos nos castanhais do Rio Madeira. A área total de copa, em média, foi mais alta no Lago do Capanã Grande, seguramente pela sua maior densidade de árvores, uma vez que área basal, em média, foi superior na região do Rio Trombetas (tabela 1). Em termos gerais, as duas regiões de estudo têm uma similar situação de baixa iluminação do sub-bosque (6,53% entrada de luz em Trombetas e 6,57%, em Capanã Grande). Os castanhais do Rio Madeira registraram mais casos de aberturas de dossel superior a 10%, incluindo também as pequenas clareiras (> 20% entrada de luz).

A distribuição dos tamanhos de diâmetro das populações de *B. excelsa* nas duas regiões é significativamente diferente (teste de Kolmogorov-Smirnov, $p < 0,0001$). Na região do Rio Trombetas, a maioria das árvores com DAP > 10 cm situam-se nos tamanhos

intermédios de diâmetro, entre 80-160 cm de DAP (50,2%), apresentando graficamente um histograma em forma de cresta e distribuição normal (teste de Kolmogorov-Smirnov, $D=0,029$, $p=0,458$). No Lago do Capanã Grande, a grande maioria das árvores tem DAP < 100 cm (76,2 %) e mais de uma quarta parte das árvores são não reprodutivos (DAP 10-40 cm, 25,8%). Neste caso, o histograma se aproxima a uma curva de distribuição de Poisson, com os valores concentrados no lado esquerdo do gráfico (figura 2). No Rio madeira, as árvores mais produtivas (80-160 cm DAP) têm menor peso na estrutura demográfica que no Rio Trombetas, ainda que sua densidade seja maior (4,5 versus 3,7 árvores ha⁻¹). Os castanhais do Rio Madeira são mais densos que os do Rio Trombetas em todas as categorias de DAP < 130 cm, com a exceção do intervalo 110-120 cm DAP. A situação se inverte nas classes de tamanhos de DAP > 130 cm.

Os castanhais da região do Rio Madeira têm uma estrutura demográfica mais nova, sendo pouco frequentes às castanheiras com DAP > 160 cm (4,1%), em contraste com o que ocorre no Rio Trombetas onde este grupo mais envelhecido de árvores está mais representado (27,1%). De fato, 9,7% das árvores desta região são senescentes (DAP > 200 cm, figura 3), circunstância praticamente inexistente no Rio Madeira (0,8%). No Trombetas, duas árvores superaram os 300 cm de diâmetro. Uma árvore apresentou maior grossura, medindo 4,61 m de DAP em função de engrossamento do tronco e expansões do caule incomum à espécie (figura 3a). No Lago do Capanã Grande, o indivíduo com o maior tamanho de diâmetro alcançou os 2,67 m de DAP.

4. Discussão

As populações naturais de *B. excelsa* do Capanã Grande apresentaram uma densidade média de árvores quase duas vezes mais alta que a da região do Rio Trombetas. Na bacia amazônica, as densidades de castanheiras variam entre 0,7 a 23,0 árvores ha⁻¹ dependendo da fonte bibliográfica consultada. De acordo com Wadt *et al.* (2005), essa ampla variação é atribuível à grande variedade de desenhos experimentais (quadrantes, transeções, parcelas), diferenças de tamanhos das superfícies amostrais e tipo de escolha das áreas pesquisadas (dentro do castanhal, ou aleatória). Quando se comparam os resultados demográficos do presente estudo com outros desenvolvidos em regiões diferentes, considerando-se apenas a amostragem dentro do castanhal, a densidade de castanheira no Lago do Capanã Grande é substancialmente maior que as da maioria dos outros locais, a exceção da Resex do Cajari, Amapá, Brasil (tabela 2).

A distribuição dos indivíduos de *B. excelsa* por tamanhos nas duas áreas de estudo inventariadas revelam padrões bastante diferentes (figura 2). Na região de Trombetas, as classes diamétricas dominantes são as de tamanho intermediário, ao contrário do que ocorre no Rio Madeira, com predominância das árvores com DAP < 80 cm. Em geral, a distribuição das populações de *B. excelsa* inventariadas em literatura seguem o padrão observado na região do Rio Trombetas (figura 2), com uma curva em forma de cresta ou meseta onde as frequências de indivíduos são mais altas nos intervalos intermédios de DAP (80-160 cm), caindo à direita (DAP > 160 cm) e a esquerda (DAP > 80 cm) do histograma (Zuidema, 2003). Observa-se este comportamento em vários estudos florestais em Bolívia (DHV, 1993, Zuidema e Boot, 2002), no Pará (Salomão, 1991; Salomão, 2009) e em 68% dos levantamentos realizados na meta-análise de Peres *et al.* (2003).

No inventário florestal realizado no Platô Almeidas, Floresta Nacional de Saracá-Taquera (Salomão, 2009), na mesma bacia hidrográfica do Rio Trombetas, a curva de

distribuição das classes de diâmetro é similar, com mais acentuada concentração (69,4%) de indivíduos nas classes intermediárias de diâmetro (DAP 80-160 cm). Em ambos os casos, o percentual de árvores com idade mais avançada (DAP > 200 cm) foi muito parecida (9,7%, neste estudo, versus 7,9 % no Platô Almeidas). A única diferença relevante entre os dois trabalhos, refere-se ao porcentual de jovens (DAP<40 cm), bem mais baixo no Platô Almeidas (0,7%) que neste estudo (7,8%).

Em contraste, os castanhais do Capanã Grande mostram uma curva de distribuição que se afasta da normalidade (figura 2), com maiores freqüências nos tamanhos menores de diâmetro (cerca de 60% das árvores com DAP < 80 cm). Ainda que este não seja o padrão mais comum na região amazônica, existem outros castanhais com este mesmo modelo de distribuição de tamanhos de diâmetro. Em Nova Esperança, Xapuri (Acre), por exemplo, a estrutura populacional das castanheiras é dominada por tamanhos de DAP < 80 cm (58,4%, Viana *et al.* 1998). De igual forma, na Resex Chico Mendes (Acre), quase 60% das árvores têm DAP < 100 cm (Wadt *et al.*, 2005). Não obstante isso, no Rio Madeira, os castanhais mais afastados das comunidades, especialmente os localizados cerca de igarapés, apresentaram uma curva de distribuição mais parecida ao do Rio Trombetas (Scoles e Gribel, artigo 3).

No Lago do Capanã Grande, o diâmetro médio das árvores de castanheira (73,0 cm) foi bem menor ao do Rio Trombetas (128,6 cm) em razão da maior juventude populacional na primeira área. Em geral, as populações naturais de castanheira apresentam uma média de DAP > 100 cm (Peres *et al.*, 2003), de acordo com a situação demográfica de Trombetas. Apesar disso, documentam-se castanhais com o diâmetro médio parecido ao observado no Rio Madeira: Área Indígena de Pinkaiti, Pará (DAP =72,6±3,8 cm), Nova Esperança, Acre (DAP =73,9±4,3 cm), Resex Chico Mendes, Acre (DAP=86,1± 45,0 cm).

Os castanhais do Capanã Grande apresentam maiores condições de regeneração que os da região do Rio Trombetas. As densidades de jovens (árvores não reprodutivos, DAP 10-40 cm) e de indivíduos com DAP < 10 cm (juvenis e plântulas) são mais altas nos castanhais do Rio Madeira. Quando comparadas em termos relativos (usando as razões destas categorias com número de árvores adultas), as diferenças entre ambas as regiões se mantêm para os jovens e as plântulas, anulando-se para juvenis.

Em relação a outras regiões da Amazônia (Peres *et al.*, 2003), os castanhais do Capanã Grande ficam numa situação intermediária de regeneração estabelecida (18,0 % de jovens) entre um mínimo de 0,7% a um máximo de 52,2 %. Entretanto, quando se considera unicamente os castanhais mais próximos as comunidades, a porcentagem de jovens aumenta (21-40%), ficando numa situação próxima aos locais pesquisados com maior proporção de árvores não reprodutivos. Em contraste, os castanhais do Rio Trombetas, com um percentual de jovens < 10%, estariam no grupo de menor regeneração.

A regeneração potencial (densidade de plântulas) da região do Rio Trombetas, com uma média de 4,6 plântulas ha⁻¹, é mais baixa das estudadas na Amazônia (Baider, 2000; Zuidema e Boot, 2002; Zuidema, 2003; Wadt *et al.*, 2008). A razão entre plântulas e adultos também é mais baixa das registradas (1,0 plântulas n° árvores⁻¹). Em contraste, a densidade média de plântulas no Lago do Capanã Grande (24,4 plântulas ha⁻¹) é comparável as máximas encontradas em literatura até agora: A. I. Pinkaiti, Pará com 29,8 plântulas ha⁻¹ (Baider, 2000) e norte de Bolívia com 30-52 plântulas ha⁻¹ (Zuidema, 2003). A razão entre plântulas e adultos, devido à grande densidade de árvores no Rio Madeira, ficou substancialmente mais baixa que à de Pinkaiti e Bolívia (17,5 e 8-40 plântulas n° de adultos⁻¹, respectivamente).

As diferenças de área basal e área de copa não são muito relevantes entre as duas regiões. Ambos os lugares mostram dominância da castanheira nas florestas estudadas. De fato, as árvores de *B. excelsa* ocupam ou pouco menos (28%, Trombetas) ou pouco mais

(34%; Capanã Grande) de uma terça parte da área total do dossel florestal. Neste contexto, os castanhais das duas áreas de estudo podem ser considerados exemplos de florestas oligárquicas, termo fito-sociológico usado para designar florestas onde um pequeno número de espécies arbóreas domina a estrutura espacial e o acesso à luz (Peters *et al.*, 1989; Campbell *et al.*, 2006).

As florestas de ambas as regiões apresentam alto sombreamento do sub-bosque, geralmente submetido à baixa exposição de luz (6-7 % entrada de luz). Ainda assim, no Lago do Capanã Grande, houve mais registros (2%) de pequenas clareiras (áreas com > 20 % de entrada de luz) em comparação à região do Rio Trombetas (1 %). Os registros de aberturas de dossel entre 10-20% de exposição à luz no sub-bosque, foi duas vezes mais freqüente nos castanhais do Capanã Grande. Isto mostra uma tendência a maiores chances de exposição à luz do sub-bosque no Lago do Capanã Grande em relação ao do Trombetas.

As diferenças na estrutura demográfica de *B. excelsa* das duas regiões de estudo sugerem que os castanhais do Capanã Grande são mais jovens e com níveis de regeneração mais altos que os castanhais do Rio Trombetas. Estes têm um dossel florestal mais alto e fechado, com uma distribuição de castanheiras menos aglomerada e mais envelhecida.

Quais fatores conseguem explicar melhor as diferenças demográficas entre as populações de *B. excelsa* das duas regiões estudadas? Ainda que desconhecendo algumas variáveis ambientais em profundidade (ex. solo), aqui consideram-se alguns fatores que poderiam explicar estas diferenças : 1) tempo de permanência e influencia humana nos castanhais, 2) histórico de ocupação da região.

Os castanhais da região do Rio Trombetas são menos intensamente freqüentados pelas populações humanas que os do Capanã Grande. Em geral, os castanhais do Trombetas são distantes das comunidades e visitados exclusivamente durante o período da safra (máximo quatro meses por ano). No Trombetas, mais de uma terça parte das unidades de amostragem

situaram-se acima das cachoeiras, em áreas com grandes dificuldades de acesso e transporte da produção. Inclusive em alguns deles (28%), o lugar de escoamento das castanhas (porto ou estrada) fica distante da área de coleta, o que obriga a longas caminhadas com carga pesada nas costas. Além disso, na maioria dos castanhais pesquisados (60% das unidades de amostragem situam-se na Rebio do Rio Trombetas), o acesso é limitado, por lei, a um período de quatro meses e unicamente para desenvolver a coleta de sementes. Nos castanhais localizados dentro das áreas quilombolas (40% do total), os comunitários não costumam a freqüentá-los fora da época da safra da castanha pelas limitações de acesso indicadas anteriormente.

No Lago do Capanã Grande, a situação é distinta. Os castanhais estão mais próximos as comunidades locais e, em termos comparativos, são mais acessíveis e com maiores facilidades do escoamento da produção. Fora os situados próximos aos igarapés, acessíveis somente durante a enchente, nestas florestas se desenvolvem outras atividades extrativistas fora da época da safra da castanha, como o corte de seringa no verão. Além disso, alguns destes castanhais situam-se em áreas florestais fragmentadas, muito próximas às áreas de lavoura, aumentando-se assim as chances de perturbação florestal e efeitos bordas, fatores que favorecem uma maior incidência de luz no sub-bosque. Apesar de que ambas as regiões mostraram alto sombreamento do sub-bosque, com um porcentual de entrada de luz praticamente idêntico (6,53%; 6,57%), as unidades de amostragem do Capanã Grande mostraram mais registros de clareiras florestais sendo as chances de entrada de luz, por tanto, mais altas.

Vários estudos no sudoeste da Amazônia mostram uma distribuição de classes diamétricas de *B. excelsa* parecida à do Rio Madeira (elevado porcentual de árvores jovens, diâmetro médio da população entre 70-80 DAP) ainda que sem apresentar as altas densidades de indivíduos do Capanã Grande (Viana *et al.*, 1998; Wadt *et al.*, 2005). Igualmente, nessa

região o estabelecimento de plântulas é constante, apesar da baixa densidade de árvores reprodutivas (Viana *et al.*, 1998; Zuidema e Boot, 2002; Wadt *et al.*, 2005). Para Wadt *et al.* (2005), a presença de jovens e o estabelecimento garantido de plântulas nestes castanhais do sudoeste amazônico deve-se a sua localização em florestas ‘abertas’ (IBGE, 2004), onde os níveis de entrada de luz são normalmente mais altos aos das florestas ‘densas’. Esta diferenciação poderia também servir neste estudo comparativo, especialmente com algumas florestas próximas aos assentamentos humanos do Lago do Capanã Grande, fragmentadas e mais aberturas de dossel que as densas florestas contínuas da região do Rio Trombetas.

O histórico de ocupação das duas regiões ajuda também a explicar as diferenças demográficas das duas populações de *Bertholletia excelsa*. No Trombetas, o apreciável contingente de árvores maduras e velhas (DAP > 160 cm) e o domínio de árvores produtivos (80-160 cm DAP) com idades estimadas entorno os 300-400 anos informam sobre a antiguidade das populações de castanheira na região. Sublinha-se que as estimativas de idade do segmento majoritário das classes diamétricas de *B. excelsa* no Trombetas, coincide com o período histórico de despovoamento indígena, especialmente na parte baixa e média dos seus rios principais (Porro, 1992). Nesta tese, a demografia atual dos castanhais, seria fruto do vazio demográfico deixado pelos grupos indígenas (século XVIII) antes da chegada e instalação das comunidades quilombolas (finais de século XIX). Em outras palavras, o abandono forçado de áreas de lavoura e capoeira por sociedades ameríndias permitiu o crescimento e desenvolvimento de castanheiras de idade similar nesses sítios. Parece obvio pensar que *B. excelsa*, que cresce bem em áreas perturbadas é uma planta útil, deve ter sido favorecida pelas práticas tradicionais de manejo agroflorestal, comuns entre as sociedades pré-colombianas (Posey *et al.*, 1985; Balée e Campbell, 1990; Peters, 2000; Roosevelt, 2000). Assim, os hoje exuberantes castanhais do Trombetas resultaram, provavelmente, da regeneração florestal que se seguiu ao abandono de áreas antropizadas e em diferente estágios

de sucessão secundária, causado pelo esvaziamento demográfico ocorrido na região a partir dos séculos XVI e XVII.

Em contraste, no Lago do Capanã Grande, a formação atual dos castanhais seria conseqüência de uma intensificação da presença humana na segunda metade do século XIX na área após a expansão do frente extrativista da sociedade colonial no Rio Madeira. De fato, nos castanhais do Capanã Grande dominam as árvores jovens (DAP < 80 cm), com idades estimadas em menos de 150 anos (Zuidema e Boot, 2002). Provavelmente, as comunidades ribeirinhas instalaram-se nas proximidades de florestas com ocorrência natural de seringueira (*Hevea brasiliensis*) e castanheira, e acabaram favorecendo o próprio rejuvenescimento das populações de *B. excelsa* pelos mesmos motivos expostos anteriormente.

Algumas florestas outrora consideradas primárias, hoje são reconhecidas como florestas regeneradas após fim das atividades humanas naqueles sítios. Nos três continentes, há evidências arqueológicas e paleoecológicas de regiões com perturbações causadas por assentamentos pré-históricos que foram regenerados após as populações serem deslocadas ou dizimadas do lugar (Willis *et al.*, 2004). Na América Latina, numerosas florestas tropicais atuais, com presença oligárquica de espécies úteis, são resultado de atividades de manejo e enriquecimento agroflorestal por parte de sociedades pré-colombianas e suas remanescentes sucessoras (Anderson, 1990; Peters, 2000; Campbell *et al.*, 2006). Estima-se que as aglomerações densas de árvores frutíferas, associações monoespecíficas de palmeiras e outros tipos de floresta antropogênica ocupariam o 11% da Amazônia Brasileira (Balée, 1989). Com as devidas reservas, pela falta de confirmação arqueológica e/ou paleoecológica 'in loco', os castanhais da região do Rio Trombetas devem provavelmente enquadrar-se nesta tipologia florestal, já que as características heliófitas da espécie, a estrutura demográfica atual e os registros historiográficos assim o possibilitam.

5. Conclusão

Os dados aqui apresentados sugerem que a maior influencia humana contemporânea nos castanhais do Lago do Capanã Grande parece favorecer um rejuvenescimento das populações naturais de castanheira facilitando a regeneração da espécie mediante atividades diretas e/ou indiretas que permitem uma maior entrada de luz no sub-bosque florestal. Em contraste, na região do Rio Trombetas, os castanhais estão mais envelhecidos e com baixa regeneração, em parte por estar em áreas florestais densas e contínuas, em parte por ter menos chances de acontecimentos perturbadores que favoreçam uma maior exposição de luz no sub-bosque.

Nesta argumentação, a regeneração da castanheira, espécie heliófita de longa vida, dependeria de fatores facilitadores de luminosidade na floresta, mais do que das taxas de recrutamento e/ou eficiência da dispersão natural das sementes. Além disso, a estimativa de idade majoritária encontrada na estrutura demográfica das duas populações de *B. excelsa* pode ser explicada acompanhando e interpretando os contrastantes históricos de ocupação das duas regiões de estudo. Desta forma, os castanhais, sejam por fatores humanos pretéritos ou contemporâneos, podem ser considerados exemplos de florestas antropogênicas.

Agradecimentos

Agradecemos o apoio financeiro e logístico do Programa de Áreas Protegidas da Amazônia, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Programa Beca do Instituto Internacional de Educação do Brasil e Projeto ‘Banco do Germoplasma da Castanheira’ do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/ Mineração Rio Norte / Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais. Somos muito gratos às equipes humanas do ICMBio de Porto Trombetas e Manicoré pela colaboração e apoio logístico nas diversas expedições de campo, em especial à Gilmar N. Klein, Altemar Lopes Silva, Vivian Mara Uhlig, Valmir Raimundo Lopes da Silva. Os mais sinceros agradecimentos a todas as famílias das comunidades envolvidas no trabalho de campo, em especial aos moradores de Ponta do Campo e Sta. Civita (Resex Lago do Capanã Grande); Tapagem, Cachoeira Porteira, Jauarí e Cachoeira Pancada (região do Rio Trombetas), assim como a todas as coordenações comunitárias das duas áreas de estudo. Especiais agradecimentos aos auxiliares de campo: Manoel de Oliveira Rego, Manoel José de Araújo, Raimundo Gomes Filho, Laura Peixoto de Freitas, Edelson de Souza Vieira, Manoel Dileno dos Santos, Dometilo Xavier Vieira, Raimundo Valeiro Cordeiro, J. Raimundo Beltrão, Vivaldo Melo dos Santos, Abelardo Figueiredo de Oliveira, Josimar Rodrigues da Silva, Valdelina Vieira Viana, Lucivaldo Vieira do Carmo, Edward de Sousa Araujo, Jocelino Silva dos Santos, Ruberval Melo dos Santos, Francisco Melo do Souza, M. Profeta Melo dos Santos e Antônio Almeida de Souza. Somos gratos também a Paulo M. Alencastro Graça pela elaboração do mapa, Charles Clement e André Junqueira pela literatura facilitada sobre ecologia histórica, e a David Bertran pelas sugestões nas análises das imagens de abertura de dossel.

Referências

- Acevedo, R.E., e Castro, E. (1998). *Negros do Trombetas: guardiães de matas e rios*. CEPUIJ, 2ª edição, Belém, Pará, Brasil.
- AGRITEMPO- Sistema de Monitoramento Agrometeorológico do Governo do Amazonas (2009). [on line] UHR: <http://www.agritempo.gov.br/agroclima/pesquisaWeb?uf=AM>. Acesso: 15/11/2009.
- Amoroso, M.R. (1992). Corsários no caminho fluvial: os Mura do rio Madeira. In Carneiro de Cunha, M. (Org.), *História dos índios no Brasil*. Companhia das Letras / Secretaria Municipal de Cultura / FAPESP, São Paulo, Brasil, pp. 297-310.
- Anderson, A.B. (1990). Extraction and forest management by rural inhabitants in the Amazon Estuary. In Anderson, A.B. (Ed.), *Alternatives of Deforestation: Steps Toward Sustainable Use of the Amazon Rain Forest*. Columbia University Press, New York, USA, pp. 65-85.
- Baider, C. (2000). Demografia e ecologia de dispersão de frutos de *Bertholletia excelsa* Humb. e Bonpl. (Lecythidaceae) em castanhais naturais silvestres da Amazônia Oriental. Teses de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Balée, W. (1989). The culture of Amazonian Forest. In Posey, D.A., e Balée, W. (Eds.), *Resources Management in Amazonia: Indigenous and Folk Strategies*. *Advances in Economy Botany* 7. New York Botanic Garden, New York, USA, pp. 1-21.
- Balée, W., e Campbell, D.G. (1990). Evidence successional status of liana forest (Xingú River Basin, Amazonian Brazil). *Biotropica* 22 (1), 36-47.
- Brasil (1979). Projeto RadamBrasil; folha SB. 20-Purus (Levantamento de recursos naturais 17). Ministério de Minas e Energia, Departamento Nacional de Produção Mineral, Rio de Janeiro, pp. 1-556.

- Brienen, R.J.W., e Zuidema, P.A. (2006). Lifetime growth patterns and age of bolivian rain forest tree obtained by tree ring analysis. *Journal of Ecology* 94, 481-493.
- Camargo, P.B.D., Salomao, R.P., Trumbore, S., e Martinelli, L. A. (1994). How old are large Brazil-nut trees (*Bertholletia Excelsa*) in The Amazon? *Scientia Agricola* 51: 389–391.
- Campbell, D.G., Ford, A., Lowell, K.S., Walker, J., Lake, J.K., Ocampo-Raeder, C., Townesmith, A., e Balick, M. (2006). The feral forest of the Eastern Petén. In Balée, W., e Erickson, C.L. (Eds.), *Time and complexity in historical ecology: studies in the neotropical lowlands*. Columbia University Press, New York, USA, pp. 21-55.
- DHV (1993). Estudos agro-ecológicos, forestales e sócio-econômicos en la región de la castaña de la Amazonia Boliviana. *Forest Resources Inventory*. Banco Mundial / Gobierno de Holanda, Amersfoort, Holanda.
- Diniz, T.D.A.S., e Bastos, T.X. (1974). Contribuição ao conhecimento do clima típico da castanha-do-Brasil. *Boletim Técnico IPEAN* 64: 59-71.
- Engelbrecht, B.M.J., e Herz, H.M. (2001). Evaluation of different methods to estimate understory light conditions in tropical forest. *Journal of Tropical Forest* 17: 207-224.
- Fernandes, N.P., e Alencar, J.C. (1993). Desenvolvimento de árvores nativas em ensaios de espécies. 4. Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.), dez anos após o plantio. *Acta Amazonica* 23: 191-198.
- Huber, J. (1910). Mattas e madeiras amazônicas. *Boletim do Museu Paraense de História Natural* 6: 91-225.
- IBAMA- Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais (2004). *Plano de Manejo da Reserva Biológica do Rio Trombetas*. Ministério de Meio Ambiente, Brasília, Brasil.

- IBGE -Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2004). Mapa de vegetação do Brasil. 4ª edição. Projeção Policônica. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Rio de Janeiro, Brasil. Escala 1:5.000.000
- Kainer, K.A., Duryea, M.L., Costa de Macêdo, N., e Williams, K. (1998). Brazil nut seedling establishment and autoecology in an extractive reserve in Acre, Brazil. *Ecological Applications* 8: 397-410.
- Kainer, K.A., Wadt, L.H.O., e Staudhammer, C.L. (2007). Explaining variation in Brazil nut fruit production. *Forest Ecology and Management*. 250: 244-255.
- Menéndez, M.A. (1992). A área Madeira-Tapajós. Situação de contato e relações entre colonizador e indígenas. In Carneiro de Cunha, M. (Org.), *História dos índios no Brasil*, Companhia das Letras / Secretaria Municipal de Cultura / FAPESP, São Paulo, Brasil, pp. 281-296.
- Mori, S.A., e Prance, G.T. (1990). Taxonomy, ecology, and economic botany of Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Humb. e Bonpl.: Lecythidaceae). *Advances in Economic Botany* 8: 130-150.
- Müller, C.H. (1981). Castanha-do-Brasil: estudos agronômicos. EMBRAPA, Centro de Pesquisas Agropecuária do Trópico Úmido, Belém, Pará, Brasil. Documentos 1, 1-25.
- Müller, C.H., Rodrigues, I.A., Müller, A.A., e Müller, N.R.M. (1980). Castanha do Brasil: resultados de pesquisas. EMBRAPA, Centro de Pesquisas Agropecuária do Trópico Úmido, Belém, Pará, Brasil. Miscelânea 2: 1-25.
- Myers, G., Newton, A.C., e Melgarejo, O. (2000). The influence of canopy gap size on natural regeneration of Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) in Bolivia. *Forest Ecology and Management* 127: 119-128.
- Nepstad, D., Brown, I., Luz, L., Alechandre, A., e Viana, V. (1992). Biotic impoverishment of amazonian forests by rubber tappers, loggers, and cattle ranchers. In Nepstad, D., e

- Schwartzman, S. (Eds.), Non-timber products from tropical forests evaluation of conservation and development strategy. *Advances in Economic Botany* 9, New York Botanic Garden, New York, USA, pp. 1-14.
- Nicotra, A.B., Chazdon, R.B., e Iriarte, S.V.B. (1999). Spatial heterogeneity of light and woody seedling regeneration in tropical wet forest. *Ecology* 80 (6), 1908-1926.
- Oliveira, M.V.T. (2000). Artificial regeneration in gaps and skidding trails after mechanized forest exploitation in Acre, Brazil. *Forest Ecology and Management* 127, 67-76.
- Ortiz, E.G. (1995). Survival in a nutshell. *Americas* 47, 7-12.
- Ortiz, E.G. (2002). Brazil nuts (*Bertholletia excelsa*). In P. Shanley, A. R. Pierce, S. A. Laird, e A. Guillen (Eds.), *Tapping the Green Market: Certification & Management of Non-Timber Forest Products*. Earthsan Publications Ltd., Londres, Reino Unido, pp. 61-74.
- Peña-Claros, M., Boot, R.G.A., Dorado-Lora, e J., Zonta, A. (2002). Enrichment planning of *Bertholletia excelsa* in secondary forest in the Bolivian Amazon: effect of cutting line width on survival, growth and crown traits. *Forest Ecology and Management* 161: 159-168.
- Peres, C.A., e Baider, C. (1997). Seed dispersal, spatial distribution and population structure of Brazil-nut trees (*Bertholletia excelsa*) in southeastern Amazonia. *Journal of Tropical Ecology* 13: 595-616.
- Peres, C.A., Baider, C., Zuidema, P.A., Wadt, L.H.O., Kainer, K.A., Gomes-Silva, D. A.P., Salomão, R.P., Simões, L.L., Francisiosi, E.R.N., Valverde, F.C., Gribel, R., Shepard Jr., G.H., Kanashiro, M., Coventry, P., Yu, D. W., Watkinson, A. R., e Freckleton, R.P. (2003). Demographic threat to the sustainability of Brazil nut exploitation. *Science* 302: 2112-2114.

- Peters, C.M. (2000). Pre-Columbian silviculture and indigenous management of neotropical forest. In Lentz, D.L. (Ed.), *Imperfect balance: landscape transformations in the Precolumbian Americas*. Columbia University Press, New York, USA, pp. 203-223.
- Peters, C.M., Ballick, M.J., Kahn, F., e Anderson, A. (1989). Oligarchics forest of economic plants in Amazonia: utilization and conservation of an important tropical resource. *Conservation Biology*, 3 (4): 341-349.
- Porro, A. (1992). História indígena do Alto e Médio Amazonas. Séculos XVI a XVIII. In Carneiro de Cunha, M. (Org.), *História dos índios no Brasil*. Companhia das Letras / Secretaria Municipal de Cultura / FAPESP, São Paulo, Brasil, pp. 175-196.
- Posey, D.A. (1985). Indigenous management of tropical forest ecosystems: the case of Kayapó Indians of the Brazilian Amazon. *Agroforestry Systems* 3: 139-158.
- Roosevelt, A.C., 2000. The Lower Amazon: A dynamic human habitat. In Lentz, D.L. (Ed.), *Imperfect balance: landscape transformations in the Precolumbian Americas*. Columbia University Press, New York, USA, pp. 455-479.
- Salomão, R.P. (1991). Estrutura e densidade de *Bertholletia excelsa* H. e B. ('Castanheira') nas regiões de Carajás, e Marabá, Estado do Para. *Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi Serie Botânica* 7: 47-68.
- Salomão, R.P. (2009). Densidade, estrutura e distribuição espacial da castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H. & B.) em dois platôs de floresta ombrófila densa na Amazônia setentrional brasileira. *Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi Ciências Naturais* 4 (1): 11-25.
- SUDAM -Superintendência de Desenvolvimento de Amazonas (1984). *Atlas Climatológico da Amazônia Brasileira*. SUDAM, 39: 1-125.
- Swaine, M.D., e Hall, J.B. (1983). Early succession on cleared forest land in Ghana. *Journal of Ecology*, 71: 601-627.

- Tonini, H., Oliveira Jr., e M.M.C., Schwengber, D. (2008). Crescimento de espécies nativas da Amazônia submetidas ao plantio no estado de Roraima. *Ciência Florestal* 18: 151-158.
- Tuck Hugaasen, J.M.; Hugaasen, T.; Peres, C.A.; Gribel, R. e Wegge, P. (2010). Seed dispersal of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*) by scatter-hoarding rodents in a central Amazonian forest. *Journal of Tropical Ecology* 26: 251-262.
- Tupiassú, A.; Oliveira, N.V.C. (1967). A castanha do Pará, estudos preliminares. IDESP, Belém, Pará. *Cadernos Paraenses*: 3: 1-39
- Viana, V.M., Mello, R. A., Moraes, L.M., e Mendes, N.T. (1998). Ecologia e manejo de populações de castanha-do-Pará em reservas extrativistas Xapurí, Estado do Acre. In Gascon, C., e Mountinho, P. (Eds.), *Floresta Amazônica: Dinâmica, Regeneração e Manejo*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, INPA, Manaus, Amazonas, Brasil, pp. 277-292.
- Wadt, L.H.O., Kainer, K.A., e Gomes-Silva, D.A.P. (2005). Population structure and nut yield of a *Bertholletia excelsa* stand in Southwestern Amazonia. *Forest Ecology and Management* 211: 371-384.
- Wadt, L.H.O., Kainer, K.A., Staudhammer, C.L., e Serrano, R.O.P. (2008). Sustainable forest use in Brazilian extractive reserve: Natural regeneration of Brazil in exploited populations. *Biological Conservation* 141: 332-346.
- Willis, K.J., Gullson, L., e Brncic, T.M. (2004). How “virgin” is the virgin rainforest? *Science* 304: 402-403.
- Yared, J.A.G., Kanashiro, M.; Viana, L.M., Castro, T.C.A., Pantoja, J.R. (1993). Comportamento silvicultural de castanheira (*Bertholletia excelsa* H. & B.) em diversos locais da Amazônia. In *Congresso Florestal Panamericano 1; Congresso Florestal Brasileiro 7*, Curitiba, Anais...SBS, Curitiba, pp. 416-418.

Zuidema, P.A. (2003). Demografía y manejo del árbol de castaña (*Bertholletia excelsa*). PROMAB (Programa de Manejo de Bosques Tropicales) Serie Científica 6, Riberalta, Bolivia.

Zuidema, P.A., e Boot, R.G.A. (2002). 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* 18: 1-31.

Tabela 1. Análise comparativa da estrutura populacional (valores médios e desvios padrões, quando %, mínimo e máximo) de *B. excelsa* em duas regiões da Amazônia Brasileira: Região do Rio Trombetas e Lago do Capanã Grande.

Variável de estudo	Região Rio Trombetas (Oriximiná, Óbidos, PA)	Lago do Capanã Grande (Manicoré, AM)
Densidade de árvores DAP>10 cm (n° árvores ha ⁻¹)	6,8±4,1	12,5±7,8
Densidade de adultos DAP>40 cm (n° árvores ha ⁻¹)	6,3±3,9	9,2±4,7
Densidade de jovens DAP 10-40 cm (n° árvores ha ⁻¹)	0,5±0,8	3,2±3,4
Densidade de plântulas (n° plântulas ha ⁻¹)	4,8±8,7	24,8±19,9
Densidade de juvenis (n° juvenis ha ⁻¹)	1,0±3,1	4,4±5,3
% de jovens (n° árvores DAP 10-40 / n° árvores DAP>10)	7,4 (0,0; 33,3)	18,0 (0,0; 40,5)
Razão n° plântulas/ n° adultos	1,0±2,2	2,9±1,9
Razão n° juvenis / n° adultos	0,1±0,4	0,5±0,6
Razão n° jovens/ n° adultos	0,1±0,1	0,3±0,2
DAP médio das árvores (cm)	128,5±55,5	73,1±44,2
Altura do fuste	22,5±4,9	19,2±4,0
Área basal (m ha ⁻¹)	10,4±5,6	7,1±2,5
Área total de copa (m ² ha ⁻¹)	2.865±1.250	3.385±1.351
Ocupação dossel florestal (%)	28,7 (11,8;51,3)	33,9 (7,2;51,0)
Entrada média de luz (%)	6,5 (1,9;49,5)	6,6 (2,3;30,1)
% de registros de clareiras, >20% entrada de luz	1,0	2,0

Tabela 2. Densidades de árvores DAP > 10 cm de *B. excelsa* (nº de árvores ha⁻¹) em diferentes regiões da Bacia Amazônica, ordenadas em valores crescentes.

Região	Área amostral (ha)	Nº árvores ha ⁻¹	Fonte consultada
Reserva Forestal Tigre, Beni, Bolívia	12	1,7	Zuidema e Boot (2002)
Área Indígena Pinkaiti, Pará, Brasil	28,5	4,8	Peres e Baider (1997)
FLONA Saracá-Taquera, Pará, Brasil	203,7	5,6	Salomão (2009)
Região do Rio Trombetas, Pará, Brasil	125	6,8	Este estudo
Resex do Cajari, Amapá, Brasil	22,6	12,2	Baider (2000)
Resex Lago do Capanã Grande, Amazonas, Brasil	49	12,5	Este estudo

Legenda de figuras

Figura 1. Localização das duas regiões de estudo em relação à Amazônia Brasileira.

Figura 2. Distribuição da população de *B. excelsa* DAP > 10 cm em intervalos de classe de diâmetro de 10 cm, região do Rio Trombetas (barras pretas) e Lago do Capanã Grande (barras brancas).

Figura 3. Castanheiras ‘velhas’ da região do Rio Trombetas: a) árvore com DAP de 4,61 m, igarapé de Jaurí, medido em julho de 2008, foto maio 2007; b) árvore com DAP > 2 m, Leonardinho, foto de dezembro 2008.

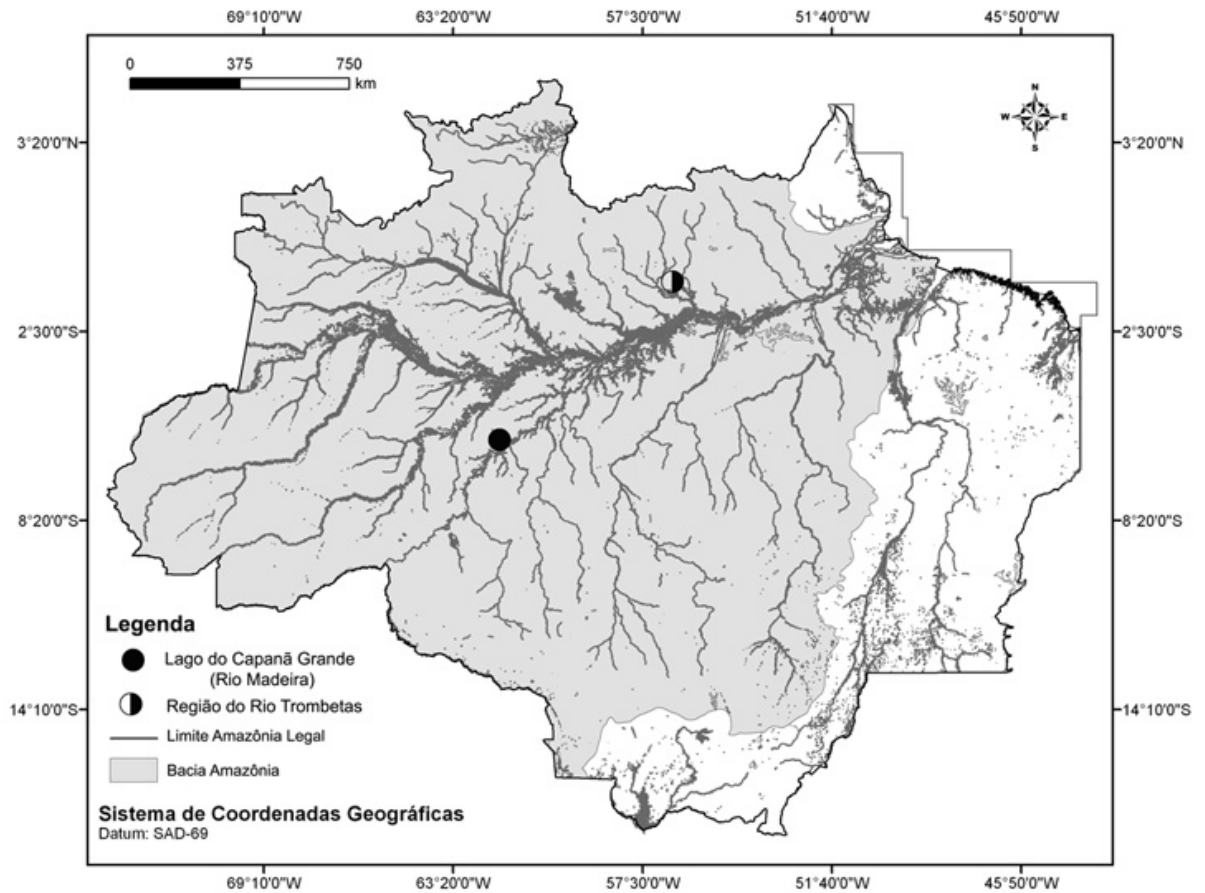


Fig. 1.

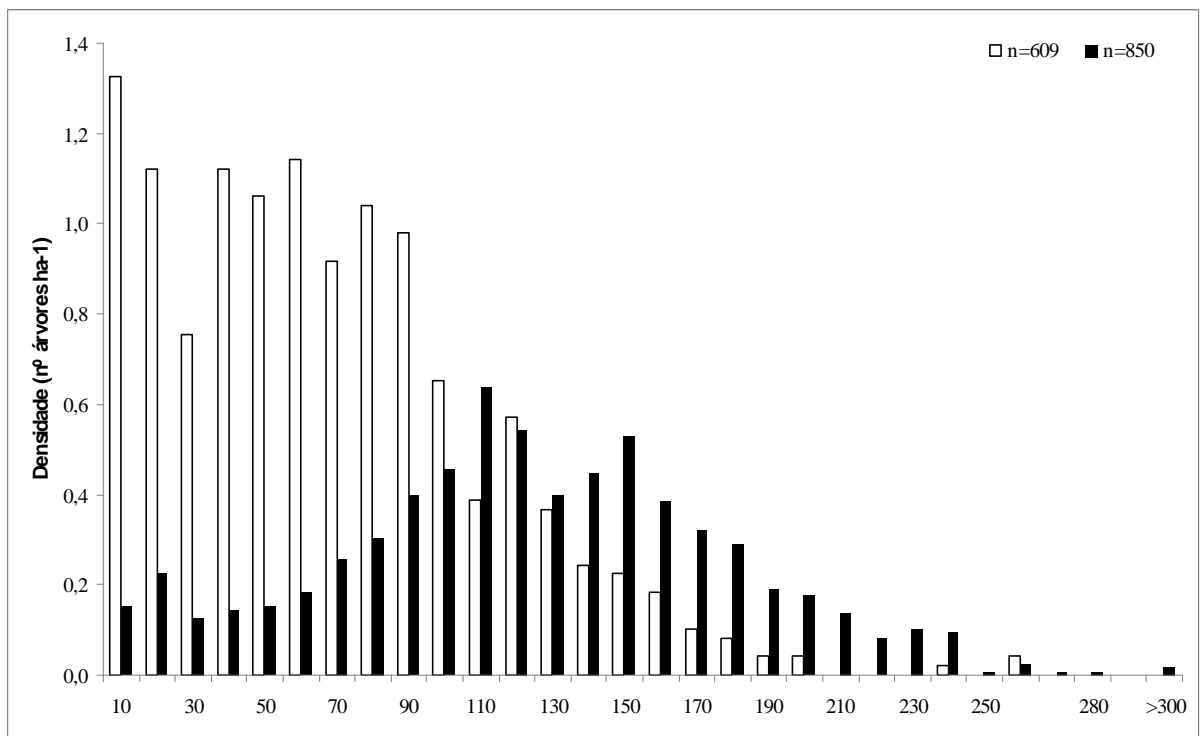


Fig. 2.



Fig. 3: a) e b).

ARTIGO 3. REGENERAÇÃO DA CASTANHEIRA (*BERTHOLLETIA EXCELSA*, LECYTHIDACEAE) EM POPULAÇÕES EXPLORADAS DA RESEX LAGO DO CAPANÃ GRANDE, MANICORÉ, AMAZONAS, BRASIL⁸

Regeneration of Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*, Lecythidaceae) in exploited populations at the Capanã Grande Lake Extrative Reserve, Manicoré, Amazonas, Brazil.

Scoles^{9*}, Ricardo; Gribel¹⁰, Rogério

⁸ Artigo a ser submetido à revista *Forest Ecology and Management* (ISSN: 03781127).

⁹ Pós-Graduação, Coordenação de Pesquisas em Ecologia, Instituto Nacional de Pesquisas. Caixa Postal 478, CEP: 69011-070, Manaus-AM, Brasil.

¹⁰ Diretoria de Pesquisas, Instituto de Pesquisas do Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Rua Pacheco Leão 915, Jardim Botânico. CEP 22460-030 Rio de Janeiro-RJ, Brasil. E-mail: rgribel@jbrj.gov.br.

**REGENERAÇÃO DA CASTANHEIRA (*BERTHOLLETIA EXCELSA*,
LECYTHIDACEAE) EM POPULAÇÕES EXPLORADAS DA RESEX LAGO DO
CAPANÃ GRANDE, MANICORÉ, AMAZONAS, BRASIL**

Regeneration of Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*, Lecythidaceae) in exploited populations at the Capanã Grande Lake Extrative Reserve, Manicoré, Amazonas, Brazil.

Resumo

Estudou-se a estrutura demográfica e a regeneração de populações naturais de castanheira (*Bertholletia excelsa*) em 10 sítios na Reserva Extrativista Lago do Capanã Grande (Rio Madeira, Amazonas, Brasil). Foram utilizadas parcelas compridas de 50 x 1.000 m estabelecidas ao longo dos castanhais. O total de área amostral foi de 49 ha. Analisaram-se as correlações entre os três níveis de regeneração (densidade de plântulas, juvenis e jovens) e possíveis variáveis explicativas (densidade de adultos, área total de copa, área basal, abertura de dossel, estimador de atividade das cutias, tempo de uso e distância das residências). De igual forma, testaram-se as associações entre o indicador de atividade dispersiva de cutia e algumas das variáveis de estudo. Mostrou-se que os castanhais estudados têm alta densidade média (12,5 árvores ha⁻¹), domínio de árvores com DAP > 80 cm (59,9%), e razoáveis níveis de regeneração potencial (24,8 plântulas ha⁻¹), preestabelecida (4,4 juvenis ha⁻¹) e estabelecida (3,2 jovens ha⁻¹), especialmente nos sítios mais próximos às comunidades e onde a perambulação e frequência da presença humana é maior. As análises ecológicas comparativas mostraram que o tempo de uso foi a variável de estudo que melhor se correlaciona com a regeneração. Em contraste, o estimador de atividade de cutia não mostrou nenhuma associação com os níveis de regeneração. Os resultados do trabalho sugerem que a presença humana influencia a estrutura demográfica dos castanhais, favorecendo a regeneração naqueles castanhais mais próximos às comunidades e mais freqüentados. As práticas que mais favorecem direta ou indiretamente a

regeneração da castanheira estão relacionadas com as perturbações florestais e a dispersão involuntária de sementes, promovida pelos seres humanos.

Palavras-chave: Extrativismo, regeneração, castanheira, *Bertholletia excelsa*, Capanã Grande, Rio Madeira.

1. Introdução

A castanheira, *Bertholletia excelsa*, família Lecythidaceae, é uma árvore tropical que se distribui de forma descontínua por toda a bacia da Amazônia e as Guianas, em florestas de terra firme. No Brasil encontram-se castanheiras principalmente nos estados de Pará, Amazonas, Rondônia e Acre, mas também em Amapá, Roraima, Maranhão e Mato Grosso (Müller, 1981). A espécie ocorre em áreas com médias anuais de pluviometrias que variam entre 1400 e 2800 mm, temperaturas entre 24 a 27 °C e umidade relativa de 79% a 86%. A espécie tolera períodos de estiagem, entre 2 a 7 meses por ano (Diniz e Bastos, 1974).

A castanheira é uma árvore emergente de grande tamanho, que pode atingir alturas superiores a 50 metros e diâmetros altura do peito (DAP) maiores que 300 cm (Zuidema e Boot, 2002; Salomão, 2009). O fruto é formado por um ouriço lenhoso, redondo (diâmetro 10-12 cm) e pesado (de 0,5 e 2,5 kg), contendo no seu interior uma média de 10-25 sementes. Estas são comestíveis, têm forma angular e estão recobertas de tegumento lenhoso protetor (Mori e Prance, 1990).

A grande maioria dos indivíduos reprodutivos de *B. excelsa* tem DAP > 40 cm (Zuidema e Boot, 2002), ainda que as árvores mais produtivas situam-se entre os tamanhos 80-160 cm de diâmetro (Viana et al., 1998). A longevidade e alta sobrevivência da castanheira em condições naturais, fazem que as árvores produzam castanhas durante centenas de anos (Zuidema e Boot, 2002).

A estrutura populacional de *B. excelsa* caracteriza-se por formar aglomerações (castanhais) entre 75-150 árvores de DAP > 10 cm (Peres e Baider, 1997), com densidades altas para os padrões das florestas tropicais úmidas (5-20 indivíduos ha⁻¹), alternando-se com áreas florestais onde a concentração é muito baixa, de até uma árvore a cada seis hectares (Mori e Prance, 1990). Por contra, Wadt et al. (2005) observou nas florestas da Reserva Extrativista Chico Mendes (Acre) um padrão de distribuição espacial da castanheira mais acorde com uma formação aleatória que aglomerada ou uniforme. Dos estudos demográficos da espécie realizados até hoje, destaca-se uma tendência a baixa proporção de árvores não reprodutoras (Salomão, 1991; Nepstad et al., 1992; DHV, 1993) e o domínio das classes intermédias de diâmetro na distribuição das populações de *B. excelsa* (Zuidema e Boot, 2002; Peres et al., 2003; Salomão, 2009).

As altas densidades de castanheiras em forma de ‘manchas’ espaciais e a dominância das árvores com tamanho intermediário na estrutura demográfica da espécie levam alguns autores a considerar a possibilidade de que a distribuição atual dos castanhais é consequência da ação histórica das populações ameríndias, sendo assim exemplos de florestas antropogênicas (Müller et al., 1980; Posey et al., 1985; Balée, 1989). Para outros autores, as ‘reboladas’ seriam consequência da dependência da espécie por grandes clareiras para seu desempenho nas primeiras etapas da vida (Mori e Prance, 1990; Salomão, 1991). Alternativamente, de acordo com Peres e Baider (1997), a distribuição altamente compactada pode ser elucidada por um padrão de remoção de curta distância promovida por cutias, sendo raros os casos de dispersão a longa distância.

A dispersão dos frutos da castanheira começa com a queda dos ouriços maduros durante os primeiros meses do ano no auge da estação chuvosa. A segunda fase, disseminação horizontal das sementes, pode ocorrer pela rolagem dos ouriços no solo ou pela atividade de acumulação e predação de roedores caviomorfos da família de Dasyproctidae, principalmente

as cutias (*Dasyprocta spp.*). Estes mamíferos são considerados os principais dispersores de sementes de árvores tropicais que produzem frutos lenhosos (Peres et al. 1997). Em condições naturais, a maioria dos frutos da castanheira são abertos por estes animais (Huber, 1910; Peres e Baider 1997; Ortiz 2002).

O comportamento das cutias de armazenar e enterrar as sementes não consumidas em outro lugar (“scatter-hoarding”) é o principal mecanismo de dispersão da castanheira, uma vez que uma proporção destas sementes não é mais encontrada ou é esquecida por estes roedores (Peres e Baider, 1997, Tuck Haugaseen et al., 2010).

Uma vez ocorrida a germinação, o crescimento da plântula é promovido por condições favoráveis de luz, geralmente aproveitando clareiras dentro da floresta. A castanheira é uma espécie heliófita (Salomão, 1991) que se comporta como uma pioneira de longa vida (Zuidema, 2003), não se desenvolvendo bem em condições de alto sombreamento (Myers et al., 2000; Peña-Claros et al., 2002; Scoles et al., artigo 1).

B. excelsa produz sementes comestíveis que são um dos principais produtos florestais não madeireiros (PFNM) comercializados na região amazônica, sendo um recurso de grande importância econômica para numerosas populações rurais do Brasil (IBGE, 2008), Bolívia (Stoian, 2004) e Peru (Ortiz, 2002). Em geral, os coletores de castanha (‘castanheiros’) extraem de forma intensiva as sementes de castanheira em áreas florestais produtivas, seja em castanhais próximos as comunidades, seja em castanhais afastados que requerem maiores investimentos em tempo e recursos para serem visitados. Concomitantemente à exploração das sementes, os castanheiros costumam caçar animais silvestres durante a safra da castanha, entre eles as cutias, especialmente quando às atividades de coleta requerem maior tempo de permanência na floresta (Ortiz, 2002; Zuidema, 2003; Scoles e Gribel, observação pessoal). Em teoria, ambas as atividades, coleta intensiva de castanhas e caça de cutias, podem ser consideradas prejudiciais para a regeneração natural da espécie pela diminuição da taxa de

recrutamento e danos potenciais nas populações do principal dispersor de sementes, respectivamente.

Na realidade, no entanto a situação é bem mais complexa. Em primeiro lugar, os castanheiros, como as cutias, são também dispersores involuntários de sementes, durante suas atividades de coleta, abertura do ouriço, transporte, lavagem e armazenagem das castanhas (Ortiz, 2002; Zuidema, 2003; Scoles e Gribel, observação pessoal). Além disso, nas florestas mais freqüentadas, o aumento de pequenas perturbações inerentes às atividades humanas pode favorecer o estabelecimento e crescimento de plântulas e juvenis devido ao incremento da entrada de luz nas clareiras ou trilhas. Nessa linha argumentativa, é de se esperar maior sucesso de recrutamento de plântulas em florestas perturbadas em relação às áreas florestais menos exploradas, motivado, entre outros fatores, pela maior disponibilidade de luz e pela dispersão involuntária de sementes por humanos. Em relação à pressão de caça, se a cutia não é extinta localmente, fato incomum nas florestas exploradas (Ortiz, 2002), as atividades cinegéticas poderiam não ser prejudiciais para regeneração de *B. excelsa*. Isto porque densas populações de cutias favoreceriam um maior consumo imediato de sementes por concorrência intra-específica, diminuindo a probabilidade de saciamento dos animais e, conseqüentemente, reduzindo-se as chances de armazenamento, por enterramento, das castanhas (Ortiz, 2002; Zuidema, 2003). Além disso, os indivíduos de cutia mortos pela caça poderiam deixar como herança várias sementes enterradas, que provavelmente seriam mais dificilmente encontradas pelos animais remanescentes.

A extração de PFM tem sido considerada por alguns autores como uma atividade de baixo impacto ambiental e importante fonte de renda para as comunidades tradicionais que habitam em ambientes florestais do tropico úmido (Fearnside, 1989; Allegratti, 1994; Anderson, 1994). No entanto, o papel do extrativismo no desenvolvimento socioeconômico e conservação natural em áreas florestais tropicais é motivo de fortes controvérsias. Para vários

autores, as atividades extrativistas não podem ser motores do desenvolvimento sócio-ambiental da Amazônia devido a suas fortes limitações econômicas (Homma, 1993; Amin, 1997; Homma, 2000; Clement, 2006). Limites inerentes ao seu sistema produtivo (produção dispersa, baixa e com escasso controle humano) e aos modos de escoamento dominantes na região (longas distâncias, transporte deficitário, controle dos preços pelos intermediários comerciais). De fato, geralmente, a maioria dos exemplos melhores sucedidos de uso comercial de PFSM (ex. açaí, cupuaçu, tucumã) apresenta-se quando as práticas puramente extrativistas são substituídas por técnicas mistas de domesticação (sistemas agroflorestais manejo florestal, pequenos cultivos em pomares) que possibilitam o acompanhamento mais ou menos sincronizado da demanda e a oferta (Ruiz-Padros et al., 2004; Clement, 2006;).

Independentemente desta discussão, a coleta de castanha é ainda hoje considerada uma atividade extrativa com alto potencial de compatibilização da conservação ambiental e desenvolvimento sócio-econômico (Clay, 1997). De fato, a comercialização das sementes de *B. excelsa* é uma das principais fontes de renda para milhares de famílias da região amazônica e continua se extraindo quase totalmente de florestas naturais (Ortiz, 1995; Clay, 1997; Stoian, 2004). Para Clement (2006) este fenômeno atípico de baixa domesticação do recurso florestal, deve-se a que o mercado da castanha está estabilizado, não cresce, e por enquanto, a oferta natural ainda satisfaz a demanda.

Em relação à sustentabilidade ambiental, alguns levantamentos de avaliação ecológica de atividades extrativas evidenciam baixo impacto ambiental, a curto e médio prazo, da coleta de frutos e sementes nas florestas e populações exploradas, desconhecendo-se, porém, os efeitos a mais longo prazo (Boot e Gullison, 1994; Ticktin et al., 2004). Em contraste, Peres et al. (2003) sugerem, após estudo comparativo com 23 populações naturais de *B. excelsa*, que o histórico de extrativismo é o principal fator determinante da estrutura demográfica da castanheira nas florestas onde ela ocorre, destacando a pouca presença de árvores não

reprodutivas (jovens) nos castanhais com altos níveis de intensidade de coleta. O estudo alerta sobre um provável colapso demográfico de *B. excelsa* nas florestas naturais com exploração permanente e a necessidade de adoção de políticas reguladoras que neutralizem os riscos de uma atividade não sustentável, ainda hoje não visível pela longa vida das árvores reprodutivas.

Em contraste, alguns estudos localizados e mais detalhados sobre a demografia e regeneração de populações naturais de *B. excelsa* em florestais exploradas, contradizem as conclusões da meta-análise de Peres et al. (2003). No sudoeste da Amazônia Brasileira (Acre), por exemplo, algumas pesquisas provam existência de regeneração da castanheira em áreas florestais com histórico de extrativismo e constataam uma estrutura demográfica distribuída aproximadamente em forma de “J” invertido, com maior presença de indivíduos nas categorias de menor tamanho (Viana et al., 1998; Wadt et al., 2008). Na Bolívia, usando modelos de dinâmica de populações a partir da distribuição de frequências observadas em duas regiões diferentes, Zuidema e Boot (2002) chegaram à conclusão que a disponibilidade de sementes influencia pouco na dinâmica populacional da castanheira, condicionada em grande parte pela longevidade e alta sobrevivência das árvores reprodutivas.

A finalidade de este trabalho é estudar a regeneração natural de *B. excelsa* em castanhais submetidos à exploração permanente das sementes, situados nas proximidades das comunidades ribeirinhas do Lago do Capanã Grande, Rio Madeira, estado de Amazonas (Brasil). A hipótese principal de trabalho é que a elevada atividade humana e o extrativismo nos castanhais não são incompatíveis com a regeneração natural das populações de castanheira, devido à idiosincrasia da espécie, árvore pioneira de longa vida, cujas densidades poderiam depender de fatores de perturbação florestal que aumentem a disponibilidade de luz do sub-bosque.

2. Material e métodos

2.1 Área de estudo

A região de estudo localiza-se no Lago do Capanã Grande, situado na margem esquerda do Rio Madeira no município de Manicoré, Estado de Amazonas (Brasil). Desde 2004, a área de estudo faz parte da unidade de conservação de uso direto, Reserva Extrativista (Resex) Lago do Capanã Grande (Brasil, 2004) com uma extensão de 304.146 ha, limitada pelo Rio Amapá (norte), Rio Madeira (este), igarapé Capanã (sul) e estrada BR-319 Manaus-Porto Velho (leste). Os castanhais estudados situam-se na parte baixa do Lago Capanã Grande, próximo a vazante do igarapé do mesmo nome, nas proximidades das comunidades ribeirinhas de Nossa Senhora de Sta. Civita, Ponta do Campo, São Sebastião de Cumã e São José de Cumã (figura 1).

O clima da região é, segundo a classificação Köppen, tropical úmido com uma curta estação seca (Am), com temperaturas médias entre 24° e 26 °C e umidade relativa superior aos 80% (Brasil, 1979). A partir do histórico de dados climáticos da estação de Manicoré (1967-2008), a precipitação média da região é de 2.262 mm, com máxima de 3.449 mm e mínima de 582 mm. O período mais chuvoso do ano geralmente é de janeiro a março, com precipitações superiores aos 300 mm mensais, enquanto unicamente dois meses (julho e agosto) podem ser considerados de estiagem (<80 mm). A média anual das temperaturas máximas é de 31,4 °C e a mínima de 19,2 °C (AGRITEMPO, 2009). Na bacia hidrográfica do Rio Madeira, o período de águas altas (enchente) está compreendido entre os meses de março a maio e o de águas baixas (vazante) nos meses de agosto e outubro (ANHIMOT, 2009).

2.2 Desenho experimental

A coleta de dados de campo foi realizada durante o ano 2008 em 10 unidades de amostragem independentes, delineadas em transectos ou parcelas compridas de 1.000 x 50 m cada uma delas. A elaboração da unidade amostral incluiu a projeção de uma linha central no meio de cada castanhal escolhido, com um quilometro de comprimento, usando bussola, trenas métricas e piquetes a cada 25 metros. Geralmente, o transecto acompanhava a trilha usada pelos castanheiros, mas desconsiderando-se possíveis trechos serpeantes (“zig-zags”), tentando alinhar o percurso em uma trajetória cardinal definida. Na parcela comprida, a distância perpendicular máxima de detecção estipulada eram 25 metros, a esquerda e a direita, da linha central. O tamanho das unidades de amostragem foi de 50.000 m², a exceção do castanhal do Laranjal (40.000 m²) em decorrência do seu menor comprimento (800 m). O total da área inventariada no Lago do Capanã Grande foi de 49 hectares.

Dentro de cada parcela comprida, foram delimitadas 10 sub-parcelas com superfícies amostrais menores (25 x 10 m) com a finalidade de coletar dados que requerem maiores esforços de observação e identificação pela sua dificuldade de detecção (indivíduos DAP < 10 cm de *B. excelsa*) ou padronização da contagem (ouriços abertos por cutia). O posicionamento das 10 sub-parcelas dentro da parcela comprida foi aleatório, com suporte de programa de randomização (software Excel Microsoft), com o requisito de distribuição das sub-parcelas a cada 100 metros do comprimento do transecto.

2.3 Tipologia de castanhais e atividade extrativa

A seleção das dez unidades de amostragem foi feita após levantamento e mapeamento dos castanhais da região de estudo e com ajuda de castanheiros locais. Cada unidade representa uma área de castanhal, trabalhada especificamente por uma ou várias famílias das comunidades vizinhas. Todos os castanhais estudados são explorados de forma persistente (cada ano) para coletar as sementes de castanha. Usaram-se dois indicadores quantitativos da influência antrópica nos castanhais: o tempo de uso (anual) e a distância das residências. O primeiro quantifica a frequência de visitação e perambulação dos extrativistas no lugar durante suas atividades (coleta de castanha, corte de seringa, trânsito para áreas de roçado, etc.). O segundo é definido pela distância entre o castanhal pesquisado e a residência humana mais próxima. A partir destes indicadores, as unidades de amostragem podem ser separadas em dois grupos: castanhais ‘naturais’ e castanhais ‘humanizados’ (tabela 1).

Os castanhais ‘naturais’ caracterizam-se por tempos de uso entre dois e quatro meses, quase sempre restritos à época da safra da castanha. Em geral, o acesso a estes lugares é limitado ao período de enchente dos cursos de água. Localizam-se em áreas florestais com baixa influência humana e pouca ou nula fragmentação florestal. Seis castanhais pertencem a este grupo. Três, situam-se próximos de cursos de água da margem esquerda do Lago do Capanã Grande: Taracuã (igarapé de Inajá) e Castalhalzinho e Porto Alto (igarapé de Cumã). Dois, Lembrança e São Julião, são acessíveis desde as áreas da várzea da margem esquerda do lago. Um deles, Fraternidade, é relativamente próximo à comunidade de Santa Civita, mas de difícil acesso durante a estiagem (vazante). A distância destas unidades de amostragem em relação às residências humanas varia de um mínimo de 1,44 km a um máximo de 8,75 km.

Os castanhais ‘humanizados’ localizam-se próximos às residências comunitárias (< 1,2 km), são facilmente acessíveis por via terrestre (durante a vazante) e/ou por via fluvial (durante a enchente). A estrutura florestal é fragmentada, com efeito borda e rodeada de áreas

de roçado e capoeiras. Além da coleta de castanha, nestas áreas se desenvolvem outras atividades extrativas, especialmente durante o verão amazônico, como o corte da seringueira (*Hevea brasiliensis*) para obtenção do látex. São lugares freqüentados muito assiduamente, por conseguinte, o tempo de uso é de mais de seis meses por ano. Não obstante a estrutura florestal com forte aparência de manejo, os informantes locais asseguram que estes castanhais nunca foram intencionalmente plantados nem enriquecidos com castanheiras novas.

2.4 Demografia da espécie

Para cada indivíduo de *B. excelsa* com diâmetro a altura do peito (DAP) > 10 cm, mediram-se: as coordenadas espaciais (x, y) da posição da árvore em relação às quotas da linha central, o DAP e o comprimento dos dois galhos principais da copa em posição de 90° um com outro. Também se estimou a forma da copa e altura do tronco principal, assim como anotaram-se informações diretas ou indiretas relacionadas com a produção da árvore.

A coleta de dados das castanheiras com DAP < 10 cm, realizou-se nas 10 sub-parcelas construídas com esta finalidade, acrescentando também às detectadas nos arredores da linha central da parcela comprida. Para cada planta, mediu-se: altura, diâmetro (na base do colo quando altura < 1,30 m, DAP > 1,30 m) e as coordenadas espaciais (x, y) de posição.

As plantas com DAP < 10 cm foram diferenciadas em dois grupos segundo presença ou ausência de cotilédone na parte basal e altura do caule: as plântulas e os juvenis (filhotes). As plântulas, castanheiras de germinação recente (“seedlings”), geralmente têm alturas < 1,30 m e endosperma (reserva da semente) ainda aderida na base da planta. Os juvenis são arvoretas (“saplings”) com alturas > 1,30 m e endosperma já totalmente absorvido (Myers et al., 2000; Zuidema e Boot, 2002).

A área de copa calculou-se multiplicando a superfície elíptica da coroa por um índice de forma de copa. Os galhos principais medidos durante a coleta de dados foram considerados os raios da elipse. O índice de forma de copa estimou-se a partir de observação empírica com quatro possíveis valores proporcionais: 1 (copa completa), 0,75 (ausência de um galho principal), 0,5 (copa em forma de meia lua), 0,25 (somente um galho principal).

2.5 Cálculo de abertura de dossel

O cálculo de abertura de dossel como forma de avaliação da entrada de luz no sub-bosque florestal foi realizada de forma indireta através de imagens fotográficas do dossel florestal (Engelbrecht e Herz, 2001), usando-se a metodologia de contagens de pixels não obscurecidos sobre o total numa escala de cinzas de 0 a 256. Para este método foi usada uma câmera digital Ricoh GX100 com uma lente de grande angular (19 mm). As fotos foram feitas a uma altura de 1,30 m do chão com auxílio do tripé, em condições de exposição indireta à luz solar, nas primeiras horas de manhã ou nas últimas da tarde, com a câmera focando para o dossel florestal.

Em cada unidade de amostragem foram registradas vinte imagens de dossel florestal, a metade (10) efetuaram-se na posição central das sub-parcelas de 25 x 10 m, e a outra metade, intercalaram-se de forma aleatória com o requisito de manter distancias em média de 50 metros entre cada registro (Nicotra et al., 1999). As imagens digitais foram processadas com programa Miramón 6.0, calculando-se, para cada fotograma, a percentual de áreas não obscurecidas pela vegetação, que aqui é considerada como medida de abertura de dossel. Para análises estatísticas, as proporções de pixels não obscurecidos foram transformadas em graus de arcosenos (Zar, 1999).

2.6 Estimativa da atividade das cutias

A contagem de ouriços roídos por cutia, popularmente chamadas ‘bocas de cutia’, nas unidades amostrais foi considerada como um estimador indireto da atividade dispersiva e/ou predadora das cutias (*Dasyprocta* spp.) em relação às sementes de castanheira. O esforço amostral da contagem dos ouriços vazios e esburacados pela atividade roedora da cutia foi desenvolvido em duas áreas diferentes das parcelas compridas: 1) arredores da linha central, largura máxima de 5 metros à esquerda e direita (área estimada 10.000 m²); 2) dez sub-parcelas de 25 x 10 m (área total de 2.500 m²). Para estimar este parâmetro, usou-se a densidade média ponderada das duas áreas amostradas.

2.7 Indicadores de regeneração

A regeneração natural das populações de *B. excelsa* na região de estudo foi avaliada através de cálculos de densidades de plantas (nº de indivíduos ha⁻¹) para cada unidade de amostragem. A densidade de plântulas estima a regeneração potencial e a taxa de recrutamento das unidades amostrais pesquisadas. A densidade de juvenis é indicador de regeneração pré-estabelecida, já que estas pequenas arvoretas, uma vez absorvido o endosperma, têm alta taxa de sobrevivência (Myers et al., 2000, Zuidema e Boot, 2002), mas ainda não alcançaram o dossel florestal. Por último, a densidade e/ou proporção de jovens (árvores não reprodutivos) pode ser considerada como um indicador de regeneração estabelecida, já que estes indivíduos, geralmente já alcançaram o sub-dossel e seu porte lenhoso garante seu estabelecimento estável na estrutura populacional do castanhal. A proporção de jovens calcula-se levando em consideração a razão entre nº de árvores não reprodutivas e nº total de árvores DAP > 10 cm.

Os cálculos de densidade de plântulas realizaram-se a partir da coleta de dados nas 100 sub-parcelas sorteadas, totalizando uma área amostral de 2,5 hectares. Devido ao pequeno tamanho (em média 35 cm de altura), aparência pouco conspícua das plântulas e as diferenças de dedicação temporal entre as duas formas de detecção amostral (arredor da linha e sub-parcelas), optou-se por calcular a densidade usando-se somente a contagem de plântulas no conjunto das sub-parcelas pesquisadas.

A densidade de juvenis, por sua vez, foi calculada ponderando-se as densidades parciais das duas situações de amostragem (sub-parcelas e arredor da linha central). Neste caso, o tamanho (alturas > 1,30 m) e o aspecto mais conspícua das varetas juvenis minimiza as possíveis diferenças de intensidade de identificação entre as duas metodologias e permite o cálculo conjunto sem acumular grandes erros de detecção. As árvores não reprodutivas de *B. excelsa* foram estimadas a partir do seu tamanho de DAP. Neste estudo, todas as árvores entre 10-40 cm de diâmetro foram considerados indivíduos não reprodutivos, seguindo a metodologia usada em outros estudos de *B. excelsa* como os de Viana et al. (1998) e Zuidema e Boot (2002). Os dados empíricos desta área de estudo evidenciam frutificação de 63% das árvores entre 40-60 cm de diâmetro, motivo pelo que preferiu-se enquadrar os jovens, nas classes de DAP < 40 cm.

2.8 Análises das relações ecológicas

Neste estudo, relacionou-se as variáveis ecológicas e/ou demográficas potencialmente explicativas (independentes) com os indicadores de regeneração e atividade de dispersão e/ou predação de sementes por cutias (tabela 2). O leque destas variáveis ecológicas explicativas informa sobre vários aspectos da ecologia e extrativismo da castanheira: demografia (densidade de adultos, densidade de jovens), ocupação espacial (área basal, área total de copa), produção de frutos (área total de copa, densidade de adultos), freqüentação humana

(tempo de uso, distância castanhal das residências humanas), atividade dispersiva de cutia (densidade de ‘bocas de cutia’) e disponibilidade de luz do sub-bosque (abertura de dossel).

Antes das análises, testou-se a normalidade das distribuições das amostras das variáveis de estudo com o teste Kolmogorov-Smirnov (Teste K-S) com nível de significância (α) de 0,05. O tempo de uso ($D=0,303$, $p=0,266$) e a distância entre a unidade de amostragem e a residência humana mais próxima ($D=0,270$, $p=0,4$) se ajustaram a uma distribuição normal. Aplicou-se correlações por pares para cada indicador do estudo quando há regressão múltipla entre a variável dependente e o conjunto de variáveis independentes não deu significância. Usou-se correlação de Pearson quando as amostras das variáveis tinham normalidade empírica, e a correlação de Spearman quando uma ou as duas variáveis relacionadas não se ajustavam a uma distribuição normal (Zar, 1999).

3. Resultados

3.1 Estrutura demográfica dos castanhais

Nos 49 ha inventariados da Resex Lago do Capanã Grande, foram encontrados 609 árvores de castanheiras com DAP >10 cm, 452 adultos (DAP > 40 cm) e 157 jovens não reprodutivos (DAP < 40 cm). A densidade total de *B. excelsa* com DAP > 10 cm foi de $12,5 \pm 7,8$ árvores ha^{-1} , a de adultos de $9,2 \pm 4,6$ árvores. ha^{-1} e de jovens de $3,2 \pm 3,4$ árvores ha^{-1} . O tamanho médio do diâmetro foi de $73,08 \pm 44,22$ cm para o conjunto da população de árvores DAP > 10 cm. Em média, a área basal total foi de $7,09 \pm 2,54$ m^2/ha e a área total de copa de 3.385 ± 1.351 m^2/ha o que representa um 33,85% de ocupação do dossel florestal pela população de árvores DAP > 10 cm de *B. excelsa*.

Em relação às castanheiras com DAP < 10 cm, o estudo identificou 158 indivíduos, 123 plântulas (78%) e 35 juvenis (22%). Destes, pouco mais da metade, 81 plantas, foram identificados nos arredores da trilha, e 77, nas sub-parcelas. A densidade média de plântulas foi de $24,8 \pm 19,9$ plântulas ha^{-1} e a de juvenis de $4,4 \pm 5,3$ juvenis ha^{-1} . A densidade de plântulas foi maior em todas as unidades de amostragem estudadas, assim como nas duas áreas amostrais desenhadas para identificação e contagem de indivíduos (sub-parcelas e arredores da linha central). As diferenças de densidades entre plântulas e juvenis foram significativa nas sub-parcelas (Teste de T pareado, $p=0,002$) e também nos arredores da linha central (Teste de T pareado, $p=0,013$).

3.2 Abertura de dossel

Em geral, o sub-bosque dos castanhais pesquisados no Lago do Capanã Grande têm baixa disponibilidade de luz, com uma abertura de dossel média de 6,6%, máxima de 30,2% e mínima de 2,3%. Na imensa maioria dos registros (95%), o sub-bosque teve exposição de luz abaixo de 10%, com um grande pico de frequências (81,12%) entre 4% e 8%. Somente 1% dos registros apresentou situação típica de clareira florestal, com abertura de dossel > 20% (figura 2). Não houve diferenças significativas entre os registros das dez unidades de amostragem (teste de Kruskal-Wallis, $\alpha=0,05$, $p=0,700$). O castanhal de Laranjal foi à parcela com menor sombreamento (9,1%, média de abertura de dossel), por ser a única unidade com dois registros sorteados em clareira florestal. Os castanhais com dossel mais fechado foram os de São Julião, Lembrança e Fraternidade, com > 6% de abertura de dossel (figura 3).

3.3 Estimativa de atividade de cutias

Contabilizaram-se um total de 388 ‘bocas de cutia’ (ouriços abertos e roídos por cutia), 96 nos arredores da linha central, e 292 nas 100 sub-parcelas de 25 x 10 m. A densidade de ‘bocas de cutia’ foi mais alta nas sub-parcelas ($100,0 \pm 93,6$ ‘bocas cutia’ ha^{-1}) que nas proximidades da trilha ($38,0 \pm 39,3$ ‘bocas cutia’ ha^{-1}), sendo que as diferenças foram significativas (teste T pareado, $p=0,002$, $\alpha=0,05$).

A densidade média foi de $69,0 \pm 64,8$ ‘bocas cutia’ ha^{-1} , com um máximo de 194 na unidade de Lembrança e mínimo de 11,5 no castanhal de Laranjal. Por unidades de amostragem, observa-se uma clara tendência de maior atividade das cutias nos castanhais mais afastados das comunidades, especialmente em São Julião, Porto Alto e Lembrança (figura 4).

Os resultados mostram como a densidade de ‘bocas de cutia’ não se relaciona de forma significativa com nenhuma variável comparada, ainda que exista uma tendência associativa inversamente proporcional com o tempo de uso e distância das residências (tabela 3).

3.4 Estabelecimento de plântulas e juvenis por abertura de dossel

Comprovou-se a inexistência de associação significativa entre nº de plântulas e abertura de dossel ($r_s=0,009$, $p=0,931$), e entre nº de juvenis e abertura de dossel ($r_s=-0,122$, $p=0,228$) mediante correlação de Spearman. A detecção de indivíduos DAP < 10 cm foi positiva em 40% das sub-parcelas pesquisadas, em 30% encontraram-se somente plântulas, 8% unicamente juvenis e 2% ambas as categorias.

A grande maioria dos indivíduos foi detectado em sub-parcelas entre 4-8% de exposição à luz: 93,33% dos juvenis, 76,40% das plântulas. Todos os juvenis estabelecerem-

se em situação de baixa luminosidade ($\leq 10\%$ de entrada de luz), no entanto 15,87% das plântulas ocorreram em sub-parcelas com sub-bosques mais aberto, $> 20\%$ de abertura de dossel. A distribuição dos registros de abertura de dossel nas sub-parcelas com ou sem indivíduos DAP < 10 cm é muito similar (Teste K-S, $p=0,269$). Em ambos os casos, na maioria das vezes (aprox. 80%) o sub-bosque recebe entre 4-8% de entrada luminosa (figura 5).

3.5 Regeneração potencial e variáveis explicativas

Analisaram-se as possíveis associações entre densidade de plântulas, indicador de regeneração potencial das populações naturais de castanheira, e variáveis demográficas e ecológicas potencialmente explicativas. Como a distribuição da densidade de plântulas nas unidades de amostragem seguiu normalidade, realizou-se regressão múltipla entre a variável dependente (densidade de plântulas) e oito variáveis independentes (tabela 2), sem resultados significativos. Quando as comparações foram por pares, a única correlação positiva e com significância foi aquela entre densidade de plântulas e tempo de uso, com tendência de correlação negativa, embora não significante, com as variáveis distância das residências e densidade de bocas de cutia (tabela 4).

3.6 Regeneração pré-estabelecida e variáveis explicativas

A densidade de juvenis por unidades de amostragem foi considerado indicador de regeneração pré-estabelecida e seus valores foram comparados com variáveis demográficas e ecológicas potencialmente explicativas. Como a regressão múltipla não apresentou significância, analisou-se este indicador com cada uma das variáveis independentes através de correlações por pares. Estas tampouco geraram resultados significativos. As associações

menos fracas foram as apresentadas entre a densidade de juvenis e as duas variáveis indicadoras de frequência das atividades humanas (tabela 5).

3.7 Regeneração estabelecida e variáveis explicativas

Na área de estudo, a densidade média de jovens, árvores pré-reprodutivos (10-40 cm de DAP) foi de $3,2 \pm 3,4$ jovens há^{-1} . O castanhal com maior número de jovens foi o de Vitoriano (9,8 jovens há^{-1}). Nos três castanhais próximos a Igarapé, houve ausência de jovens na sua estrutura demográfica. Considerando todos os indivíduos com $\text{DAP} > 10$ cm, a população de jovens na área de estudo foi de 25,8%. Por unidades de amostragem, cinco castanhais tiveram $>25\%$ de jovens, com um valor máximo de 40,5% em Vitoriano. Em geral, observou-se uma proporcionalidade entre n° de jovens e adultos nos castanhais estudados, a exceção do Vale Quem Tem onde a densidade de jovens foi menor à que se poderia esperar pelo número de adultos (figura 6).

A regressão múltipla entre a variável dependente (densidade de jovens) e as variáveis potencialmente explicativas não apresentou significância. Entretanto, nas análises das associações por pares, a densidade de jovens teve correlações positivas e significativas com o tempo de uso dos extrativistas, área total de copa de adultos e densidade de adultos (tabela 6). Em contraste, a abertura média de dossel, a área basal total e a densidade de 'bocas de cutia' não se correlacionaram com a densidade de jovens. A distância entre o castanhal e a residência mais próxima mostrou uma tendência associativa negativa com a densidade de jovens, ainda que não tenha sido estatisticamente significativa (tabela 6).

3.8 Diferenças entre castanhais ‘naturais’ e ‘humanizados’

As populações de *B. excelsa* nos castanhais ‘humanizados’, muito mais próximos às residências comunitárias e com maior tempo de uso (tabela 1), são mais densas em todas as categorias usadas, com maior número de adultos, jovens, juvenis e plântulas que os castanhais ‘naturais’. A área basal e área de copa de adultos foram variáveis que não mostraram diferenças significativas entre os dois grupos (tabela 7).

A distribuição das classes de diâmetro é significativamente diferente entre os dois grupos (Teste K-S, $D=0,415$, $p<0,0001$). Nos castanhais ‘naturais’, 56,5 % das árvores encontram-se nos intervalos de 60-140 cm de DAP, com o pico no intervalo de 120-130 cm. Dentro de este grupo, as unidades de amostragem situadas em igarapés (3) foram as que tiveram uma maior concentração de árvores nas classes de diâmetro intermediário (62,4%, 100-150 cm DAP). Em contraste, nos castanhais ‘humanizados’, a distribuição de diâmetros está mais concentrada nas classes de tamanho mais jovem, com 65,4% das árvores com DAP < 70 cm (figura 7).

Nas variáveis ecológicas, a abertura de dossel foi praticamente igual em todas as unidades de amostragem (figura 3, tabela 7), mas a densidade de ‘bocas de cutia’ mostrou-se ser significativamente mais alta nos castanhais ‘naturais’. Em relação aos indicadores de regeneração, os castanhais ‘humanizados’ apresentaram maiores valores que os ‘naturais’, ainda que somente a densidade de jovens (DAP de 10-40 cm) mostrou diferenças significativas (tabela 7).

4. Discussão

4.1 Regeneração potencial e pré-estabelecida

A densidade de plântulas na área de estudo variou de 8 a 64 indiv. ha⁻¹, com uma média estimada em 24,8 indivíduos ha⁻¹. Existem poucos estudos demográficos de *B. excelsa* que incluam a identificação e contagem de plântulas em campo. No Norte de Bolívia e na Área Indígena de Pinkaiti, as densidades são parecidas com as calculadas neste estudo, entre 25-50 plântulas ha⁻¹ (Zuidema e Boot, 2002 e Baider, 2000 respectivamente). No Vale do Rio Acre, em contraste, as densidades foram menores, de 3,2 a 5,8 plântulas ha⁻¹ dependendo da área estudada (Wadt et al., 2008). Comparando a razão entre n° de plântulas e n° de adultos, os locais com maior taxa de recrutamento seriam os da Bolívia e A. I. Pinkaiti. Com a exceção da área indígena, as áreas pesquisadas são exploradas de forma intensa pelas comunidades extrativistas e o esforço amostral foi similar. Na região de Trombetas, a densidade de plântulas e razão plântulas e adultos foi menor apesar do maior esforço amostral (tabela 8).

Na área de estudo, o estabelecimento de plântulas não parece estar influenciado pela disponibilidade de luz, a grande maioria dos indivíduos localizaram-se em áreas de sub-bosque com alto sombreamento da mesma forma que já foi observado em outros trabalhos (Myers et al., 2000; Baider, 2000; Zuidema e Boot, 2002). No entanto, em duas sub-parcelas com disponibilidade de luz superior ao >20% (clareira florestal) foram encontradas quase 16% das plântulas identificadas no conjunto da área amostral. Em uma destas sub-parcelas, detectou-se o único exemplo de concentração de indivíduos (9 plântulas em 250 m²). Não obstante isso, o estabelecimento deste canteiro, deve-se, provavelmente à atividade extrativista já que quase todas as plântulas encontravam-se no meio do amontoado de ouriços

abertos deixados pelos castanheiros durante suas atividades de coleta de sementes de *B. excelsa*.

Wadt et al. (2008) deixa entrever que as diferenças de densidades de plântulas entre os três sítios estudados na Vale do Rio Acre indicam certa tendência a maior estabelecimento das plântulas em áreas com maior disponibilidade de luz e menor presença de árvores grandes. No presente estudo, o segundo valor mais alto de regeneração potencial ocorreu na unidade de amostragem do Laranjal (52 plântulas ha⁻¹), castanhal com o valor mais alto de abertura de dossel (9,1%) e com uma das populações mais jovens de *B. excelsa* (DAP média =61,4 m).

De igual forma, não parece existir correlação entre nº de plântulas e atividade dispersiva de cutia, e se houvesse seria negativa (tabela 3), já que os castanhais com maior densidade de plântulas tiveram baixas densidades de ouriços roídos. Com isso, mostra-se que o estabelecimento de plântulas no Lago do Capanã Grande não é tão dependente da dispersão natural pela cutia como sugerido em outros trabalhos na literatura (Peres e Baider, 1997; Zuidema e Boot, 2002). Ao contrário, neste estudo, avalia-se que a boa parte das plântulas identificadas germinaram provavelmente após dispersão involuntária das sementes por parte dos castanheiros como consequência de dois fatos: 1) a grande maioria das plântulas foi detectada nos arredores da linha central da parcela, geralmente coincidente com a trilha dos castanheiros, sendo portanto um produto da queda involuntária das cargas dos coletores, 2) nas sub-parcelas, a presença de plântulas em amontoados de ouriços cortados ou suas proximidades foi expressiva (30%). Além disso, na área de estudo, evidenciaram-se exemplos de germinação múltipla de plântulas (touceiras) originárias de um mesmo ouriço, sendo que este não tinha sido aberto por agentes biológicos externos (cutia ou humanos), fenômeno já descrito por Pereira (1994) nos castanhais de Tefé (Amazonas) e geralmente não relatado na literatura especializada.

A densidade média de juvenis no Lago do Capanã Grande ($4,4 \text{ juvenis ha}^{-1}$) é um pouco mais alta à observada em outros castanhais explorados como os de Nova Esperança ($2,7 \text{ juvenis ha}^{-1}$) e Vale do Rio Acre ($0,7-1,8 \text{ juvenis ha}^{-1}$) apesar de que em cinco das dez unidades de amostragem a densidade foi baixa ($< 1 \text{ juvenil ha}^{-1}$). Observou-se a elevada densidade de juvenis em dois castanhais 'humanizados' (Laranjal e Vale Quem Tem), ambos com baixa atividade de cutia.

Os estudos demográficos dos indivíduos $\text{DAP} < 10 \text{ cm}$ mostram sempre uma densidade mais elevada de plântulas que de juvenis nas florestas pesquisadas (Myers et al., 2000; Wadt et al., 2008; Cotta et al., 2008). No Lago do Capanã Grande confirmou-se também a maior abundância de plântulas em relação aos juvenis, tanto no arredor da linha central como nas sub-parcelas. A principal causa destas diferenças de densidade seria a alta taxa de mortalidade das plântulas durante o primeiro ano de vida devido à predação do endosperma por parte de roedores (Oliveira, 2000). Em contraste, os juvenis apresentam alta taxa de sobrevivência (Zuidema e Boot, 2002; Wadt et al., 2008; Cotta et al., 2008).

Neste trabalho, como em Nova Esperança, Acre (Viana et al., 1998), não foram encontradas evidências de maior densidade de juvenis em áreas de sub-bosque com mais disponibilidade de luz (clareiras florestais). Isto contrasta com o descrito para a Reserva Florestal de Tigre, Bolívia (Myers et al., 2000) seguramente por insuficiente número de registros em áreas mais abertas (somente 2%) neste estudo. Ainda assim, 1/5 dos juvenis identificados nos arredores da linha central situaram-se num pequeno trecho com características de capoeira (baixa altura de dossel, alta densidade do sub-bosque), teoricamente com maior disponibilidade de luz no passado recente. Neste mesmo lugar, os juvenis tinham formação de touceiras, o que poderia ser devido à germinação múltipla de um mesmo fruto, tal como já foi observado também em algumas plântulas.

As correlações entre as densidades de plântulas e/ou juvenis e possíveis variáveis explicativas foram quase todas não significativas, a única exceção foi o tempo de uso dos extrativistas, considerado indicador da frequência de atividades humanas no castanhal. Pelos dados deste estudo, as atividades humanas parecem não prejudicar o recrutamento de plântulas apesar da elevada remoção de sementes e as baixas evidências de atividade do principal animal dispersor ('bocas de cutia') observadas nos castanhais mais freqüentados. Pelo contrário, há argumentos para pensar que a presença humana favorece uma maior abundância de indivíduos DAP < 10 cm no Lago do Capanã Grande, geralmente por efeitos indiretos relacionados com o extrativismo da castanha (dispersão involuntária de sementes) e outras atividades agroextrativistas favorecedoras de maior disponibilidade de luz por efeitos borda ou aparecimento de pequenas clareiras.

Estes dados corroboram outros estudos que mostraram como a castanheira tem maiores taxas de recrutamento (Pereira, 1994; Cotta et al., 2008) e melhor desempenho (Kainer et al., 1998; Peña-Claros et al., 2002) em áreas de capoeira (maior abertura de dossel) que em áreas florestais de alto sombreamento. Tal característica é relatada também por moradores da região (Clay, 1997; Wadt et al., 2005; Cotta et al., 2008).

4.2 Regeneração estabelecida

Apesar da grande heterogeneidade dos resultados obtidos nas dez unidades de amostragem, em geral, o percentual de jovens nesta área de estudo situa-se numa situação intermediária, no computo geral dos estudos demográficos na Amazônia (tabela 9), entre os sítios com baixa regeneração (Rio Trombetas, Pará e Reserva Cajari, Amapá) e os sítios com alta regeneração estabelecida (Nova Esperança, Acre e A. I. Pinkaiti, Pará). No Lago do Capanã Grande há uma grande associação entre densidade de árvores e densidade de jovens, razão pela qual os castanhais menos densos foram os que apresentaram os percentuais mais

baixos de jovens, especialmente os próximos à igarapé, onde a regeneração estabelecida foi nula (figura 7). Nos castanhais mais densos, especialmente os mais humanizados, o percentual de jovens é alta (de 21,2 a 40,5 %), superior à média do conjunto da área (18,0%), chegando-se a se nivelar com as regiões com melhores resultados de regeneração. Em termos absolutos, a densidade de jovens neste estudo (média de 3,2 árvores ha⁻¹) é a mais alta de todas as registradas até agora, acima de Pinkaiti (1,5 árvores ha⁻¹) e de Nova Esperança, Acre (1,3 árvores ha⁻¹).

Da mesma forma que com a regeneração potencial, a atividade humana parece ter um efeito positivo no estabelecimento de árvores jovens nos castanhais. A regeneração estabelecida correlacionou-se também com duas variáveis que informam de forma indireta sobre a produtividade do castanhal: densidade de adultos e área total de copa (Zuidema 2003, Wadt et al. 2005, Tonini et al., 2008). Com isso, nesta área de estudo, não obstante atividade de remoção de sementes por parte dos castanheiros, a regeneração estabelecida parece estar garantida nos castanhais produtivos e muito visitados. Como ocorria com as plantas de DAP < 10 cm, a densidade de jovens não se correlacionou com o estimador de atividade de cutia. Os castanhais com maiores evidências de atividade roedora (os seis ‘naturais’) tiveram baixa regeneração estabelecida, especialmente os localizados próximos aos igarapés. Em contraste, os castanhais ‘humanizados’, potencialmente produtivos e com alta freqüentação humana, apresentaram altos níveis de densidade de jovens (média de 6,25 árvores ha⁻¹) e baixas densidades de ‘bocas de cutia’.

A maior densidade de árvores adultos e níveis de regeneração nos castanhais mais freqüentados e próximos as comunidades observados no Capanã Grande, se assemelha à situação que encontrou Pereira (1994) no Lago Tefé (Amazonas). Nessa região, as áreas de castanhais com manejo agroforestal intensivo tinham populações de castanheiras rejuvenescidas, ao passo que, em áreas onde apenas se coletam os frutos (mais afastadas das

residências), a tendência era a pouca presença de jovens na estrutura demográfica de *B. excelsa*.

5. Conclusões

Os dados demográficos e ecológicos da castanheira na Resex Lago do Capanã Grande evidenciam que maiores estimativas de recrutamento e regeneração das populações naturais de *B. excelsa* estão associadas a áreas com alta frequência de atividade humana e extrativista. Os potenciais efeitos negativos das atividades de coleta da castanha na estrutura juvenil da castanheira documentados na literatura, remoção de sementes e atividades cinegéticas relacionadas, não impediram razoáveis níveis de regeneração em castanhais com altas densidade de árvores adultas e muito influenciados pelas atividades humanas agroextrativistas. Neste estudo, a dispersão involuntária de sementes durante as atividades extrativistas por parte dos castanheiros foi determinante para explicar altos níveis de recrutamento de alguns castanhais estudados. De igual maneira, a alta frequência de atividades humanas em castanhais e áreas vizinhas durante tempos prolongados explicariam uma estrutura demográfica da população de castanheira com domínio das árvores não reprodutivas e adultos mais jovens. A reconhecida função de dispersão de sementes das cutias seria menos importante nos castanhais com maior influência antrópica, sem que isso tenha prejudicado a capacidade de regeneração da população de *B. excelsa*. Realça-se com este trabalho, a estreita relação simbiótica entre a castanheira e populações humanas na Amazônia, reforçando a tese de que atual distribuição de castanhais poderia ser consequência da ação passada de populações ameríndias. Este trabalho chama atenção também para o importante papel das comunidades ribeirinhas contemporâneas no rejuvenescimento das populações naturais de *B. excelsa*.

Agradecimentos

Agradecemos o apoio financeiro e logístico do Programa de Áreas Protegidas da Amazônia, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Programa Beca do Instituto Internacional de Educação do Brasil e do Projeto ‘Banco do Germoplasma da Castanheira’ do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/ Mineração Rio Norte / Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais. Somos muito gratos a equipe humana do ICMBio de Manicoré pela colaboração e apoio logístico nas diversas expedições de campo, em especial à Altemar Lopes Silva, Vivian Mara Uhlig, Valmir Raimundo Lopes da Silva e Fernanda Garcia. Agradecemos à Salvador Pueyo e David Bertran pelas sugestões no tratamento de dados, e Paulo M. Alencastro Graça pela elaboração do mapa que figura no artigo. Os mais sinceros agradecimentos a todas as famílias das comunidades envolvidas no trabalho de campo, em especial aos moradores de Ponta do Campo, São Sebastião do Cumã e Santa Civita. Com especial ênfase, agradecemos aos auxiliares de campo, Manoel de Oliveira Rego, Manoel J. Araújo, Raimundo Gomes Filho, Laura Peixoto, Raimundo Freitas, Raimunda, Eugênio, Eduardo, Djanir, Jerlei, Ézio, Dionísio, Edson Iane, Damião, Rubens, Ricardo, Paulino, Jornei, Cloves e Pedroca, sem os quais não tivesse sido possível fazer o trabalho.

Referências

- Allegretti, M.H. 1994. Reservas extrativistas: parâmetros para uma política de desenvolvimento sustentável na Amazônia, in: Anderson, A.B. et al. (Eds.), O destino da floresta: reservas extrativistas e desenvolvimento sustentável na Amazônia. Relume-Dumara, Rio de Janeiro, Brasil, pp. 17-47.
- AGRITEMPO- Sistema de Monitoramento Agrometeorológico do Governo do Amazonas, 2009. [on line] UHR: <http://www.agritempo.gov.br/agroclima/pesquisaWeb?uf=AM>. Acesso: 15/11/2009.
- AHIMOT - Administração das Hidrovias da Amazônia Ocidental, 2009. . [on line] UHR: <http://www.ahimoc.com.br/interna.php?nomeArquivo=hidrovia>. Acesso: 23/11/2009.
- Amin, M.M.O., 1997. O extrativismo como fator de empobrecimento da economia do Pará, in: Ximenes, T. (Org.), Perspectivas de Desenvolvimento Sustentável (uma contribuição para Amazônia 21). UFPA/NAEA/UNAMAZ, Belém, Pará, Brasil, pp. 177-209.
- Anderson, A.B., 1994. Extrativismo vegetal e Reservas Extrativistas: limitações e oportunidades, in: Anderson, A.B. et al. (Eds.), O destino da floresta: reservas extrativistas e desenvolvimento sustentável na Amazônia. Relume-Dumara, Rio de Janeiro, Brasil, pp. 17-47
- Baider, C., 2000. Demografia e ecologia de dispersão de frutos de *Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl. (Lecythidaceae) em castanhais naturais silvestres da Amazônia Oriental. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Balée, W., 1989. The culture of Amazonian Forest, in: Posey, D.A.; Balée, W. (Eds.), Resources Management in Amazonia: Indigenous and Folk Strategies. Advances in Economy Botany 7. New York Botanic Garden, New York, USA, pp. 1-21.

- Boot, R.G.A., Gullison, R.E., 1995. Approaches to developing sustainable extraction systems for tropical forest products. *Ecological Applications* 5(4), 896-903.
- Brasil, 1979. Projeto RadamBrasil; folha SB. 20-Purus (Levantamento de recursos naturais 17). Ministério de Minas e Energia, Departamento Nacional de Produção Mineral, Rio de Janeiro, pp. 1-556.
- Brasil, 2004. Decreto de 3 de junho de 2004. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 4 de jun. 2004, p. 6.
- Clay, J.W., 1997. Brazil nuts. The use of a keystone species for conservation and development, in: Freese, C.H. (Ed.), *Harvesting Wild Species: Implications for Biodiversity Conservation*. The John Hopking University Press, Baltimore, Maryland, USA, pp. 246-282.
- Clement, C.R., 2006. A lógica do mercado e o futuro da produção extrativista, in: VI Simpósio Brasileiro de Etnobiologia e Etnoecologia, Sessão 5: O (neo) extrativismo é viável socioambientalmente? Sociedade Brasileira de Etnobiologia e Etnoecologia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil, nov. 2006.
- Cotta, J.N., Kainer, K.A., Wadt, L.H. O., Staudhammer, C. L., 2008. Shifting cultivation effects on Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) regeneration. *Forest Ecology and Management* 256, 28-35
- DHV, 1993. Estudios agro-ecológicos, forestales e sócio-económicos en la región de la castaña de la Amazonia Boliviana. Forest Resources Inventory. Banco Mundial / Gobierno de Holanda, Amersfoort, pp. 1-191.
- Diniz, T.D.A.S., Bastos, T.X., 1974. Contribuição ao conhecimento do clima típico da castanha-do-Brasil. *Boletim Técnico IPEAN* 64, 59-71.
- Engelbrecht, B.M.J., Herz, H.M., 2001. Evaluation of different methods to estimate understory light conditions in tropical forest. *Journal of Tropical Forest* 17, 207-224.

- Fearnside, P.M., 1989. Extractive reserves in Brazilian Amazonia. An opportunity to maintain forest under sustainable use. *Bioscience* 39, 387–393.
- Kainer, K.A., Duryea, M.L., Costa de Macedo, N., Williams, K., 1998. Brazil nut seedling establishment and autoecology in an extractive reserve in Acre, Brazil. *Ecological Applications* 8, 397-410.
- Homma, A.K.O., 1993. Extrativismo vegetal na Amazônia: limites e oportunidades. Embrapa, Centro de Pesquisas Agropecuárias do Trópico Úmido, Belém, Pará, Brasil. 202 pp.
- Homma, A.K.O., 2000. Ensaio: Amazônia: os limites da opção extrativa. *Ciência Hoje* 159, 70-73.
- Huber, J., 1910. Mattas e madeiras amazônicas. *Boletim do Museu Paraense de História Natural* 6, 91-225.
- IBGE -Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2008. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção de extração vegetal e da silvicultura, vol. 23, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Rio de Janeiro, Brasil. pp. 1-47.
- Mori, S.A., Prance, G.T., 1990. Taxonomy, ecology, and economy botany of Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Humb. e Bonpl.: Lecythidaceae). *Advances in Economic Botany* 8, 130-150.
- Müller, C.H., 1981. Castanha-do-Brasil: estudos agronômicos. EMBRAPA, Centro de Pesquisas Agropecuária do Trópico Úmido, Belém, Pará, Brasil. Documentos 1, 1-25.
- Müller, C.H., Rodrigues, I. A., Müller, A.A., Müller, N.R.M., 1980. Castanha do Brasil: resultados de pesquisas. EMBRAPA, Centro de Pesquisas Agropecuária do Trópico Úmido, Belém, Pará, Brasil. Miscelânea 2, 1-25.
- Myers, G., Newton, A.C., Melgarejo, O., 2000. The influence of canopy gap size on natural regeneration of Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) in Bolivia. *Forest Ecology and Management* 127, 119-128,.

- Nepstad, D., Brown, I., Luz, L., Alechandre, A., Viana, V., 1992. Biotic impoverishment of amazonian forests by rubber tappers, loggers, and cattle ranchers, in: Nepstad, D., Schwartzman, S. (Eds.), Non-timber products from tropical forests evaluation of conservation and development strategy. *Advances in Economic Botany* 9, New York Botanic Garden, New York, USA, pp. 1-14.
- Nicotra, A.B., Chazdon, R.B., Iriarte, S.V.B., 1999. Spatial heterogeneity of light and woody seedling regeneration in tropical wet forest. *Ecology* 80 (6), 1908-1926.
- Oliveira, M.V.T., 2000. Artificial regeneration in gaps and skidding trails after mechanized forest exploitation in Acre, Brazil. *Forest Ecology and Management* 127, 67-76.
- Ortiz, E.G., 1995. Survival in a nutshell. *Americas* 47, 7–12.
- Ortiz, E.G., 2002. Brazil nuts (*Bertholletia excelsa*), in: Shanley, P., Pierce, A. R., Laird, S. A., Guillen, A. (Eds.), *Tapping the Green Market: Certification & Management of Non-Timber Forest Products*. Earthsan Publications Ltd., Londres, Reino Unido, pp. 61-74.
- Pereira, H.S., 1994. Manejo agroflorestal da castanheira (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) na região do Lago do Tefé (AM). *Rev. U.A. Série Ciências Agrárias* 3, 11-32.
- Peres, C.A., Schiesari, L.C., Dias-Leme, C.L., 1997. Vertebrate predation of Brazil-nuts (*Bertholletia excelsa*, Lecythidaceae), an agouti-dispersed Amazonian seed crop: a test of the escape hypothesis. *Journal of Tropical Ecology* 13, 69-79.
- Peres, C.A., Baider, C., 1997. Seed dispersal, spatial distribution and population structure of Brazilnut trees (*Bertholletia excelsa*) in southeastern Amazonia. *Journal of Tropical Ecology* 13, 595–616.
- Peres, C.A., Baider, C., Zuidema, P.A., Wadt, L.H.O., Kainer, K.A., Gomes-Silva, D.A.P., Salomão, R.P., Simões, L.L., Francisiosi, E.R.N., Valverde, F.C., Gribel, R., Shepard Jr., G.H., Kanashiro, M., Coventry, P., Yu, D.W., Watkinson, A. R., Freckleton, R.P.,

2003. Demographic threat to the sustainability of Brazil nut exploitation. *Science* 302, 2112-2114.
- Peña-Claros, M., Boot, R.G.A., Dorado-Lora, J., Zonta, A., 2002. Enrichment planning of *Bertholletia excelsa* in secondary forest in the Bolivian Amazon: effect of cutting line width on survival, growth and crown traits. *Forest Ecology and Management* 161, 159-168.
- Posey, D.A. 1985. Indigenous management of tropical forest ecosystems: the case of Kayapó Indians of the Brazilian Amazon. *Agroforestry Systems* 3, 139-158.
- Ruiz-Pérez, M., Belcher, B., Achdiawan, R., Alexiades, M, Aubertin, C., Caballero, J.; Campbell, B., Clement, C.R., Cunningham, T., Fantini, A., Foresta, H., García-Fernández, C., Gautam, K.H., Hersch-Martínez, P., Jong, W., Kusters, K., Kutty, M.G., López, C., Fu, M., Martínez-Alfaro, M.A, Nair, T.K.R., Ndoye, O., Ocampo, R., Rai, N., Ricker, M., Schreckenber, K., Shackleton, S, Shanley, P., Sunderland, T., Youn, Y.C., 2004. Markets drive the specialization strategies of forest peoples. *Ecology and Society* 9 (2), 4.
- Salomão, R.P., 1991. Estrutura e densidade de *Bertholletia excelsa* H. e B. ('Castanheira') nas regiões de Carajás, e Marabá, Estado do Para. *Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi Serie Botânica* 7, 47-68.
- Salomão, R.P., 2009. Densidade, estrutura e distribuição espacial da castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H. & B.) em dois platôs de floresta ombrófila densa na Amazônia setentrional brasileira. *Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi Ciências Naturais*, 4, 11-25.
- Stoian, D., 2004. Cosechando lo que cae: la economía de la castaña (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) en la Amazonía boliviana, in: Alexiades, M.N., Shanley, P. (Eds.), *Productos forestales, medios de subsistencia y conservación: estudios de caso sobre sistemas de*

- manejo de productos forestales no maderables. Vol. 3, América Latina. CIFOR, Bogor, Indonesia, pp. 89-116.
- Ticktin, T. 2004. The ecological implication of harvesting non-timber forest products. *Journal Applied Ecology* 41, 11-21.
- Tonini, H., Kaminski, P.E., Costa, P., 2008. Relação da produção de sementes de castanha-do-brasil com características morfométricas da copa e índice de competição. *Pesq. Agrop. Brás.* 43, 1509-1516.
- Tuck Haugeaen, J.M., Haugeaen, T., Peres, C.A., Gribel, R., Wegge, P., 2010. Brazil nut seed dispersal by scatter-hoarding rodents in a central Amazonian forest. *Journal of Tropical Ecology* 26: 251-262.
- Tupiassú, A., Oliveira, N.V.C., 1967. A castanha do Pará, estudos preliminares. IDESP, Belém, Pará. *Cadernos Paraenses* 3, 1-39
- Viana, V.M., Mello, R.A., Moraes, L.M., Mendes, N.T., 1998. Ecologia e manejo de populações de castanha-do-Pará em reservas extrativistas Xapurí, Estado do Acre, in: Gascon, C., Mountinho, P. (Eds.), *Floresta Amazônica: Dinâmica, Regeneração e Manejo*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, INPA, Manaus, Amazonas, Brasil, pp. 277-292.
- Wadt, L.H.O., Kainer, K.A., Gomes-Silva, D.A.P., 2005. Population structure and nut yield of a *Bertholletia excelsa* stand in Southwestern Amazonia. *Forest Ecology and Management* 211, 371-384.
- Wadt, L.H.O., Kainer, K.A., Staudhammer, C.L., Serrano, R.O.P., 2008. Sustainable forest use in Brazilian extractives reserve: Natural regeneration of Brazil in exploited populations. *Biological Conservation* 141, 332-346.
- Zar, J.H., 1999. *Biostatistical Analysis*. Fourth Edition. Ed. Prentice Hall, New Jersey, USA.

Zuidema, P.A., 2003. Demografía y manejo del árbol de castaña (*Bertholletia excelsa*).

PROMAB (Programa de Manejo de Bosques Tropicales) Serie Científica 6, Riberalta,
Bolivia.

Zuidema, P.A, Boot, R.G.A., 2002. 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* 18, 1-31.

Tabela 1. Características diferenciais das unidades amostrais a partir do tempo de uso, grau de acessibilidade e distância mínima em relação às residências comunitárias. Agrupação dos castanhais em ‘naturais’ (n=6) e ‘humanizados’ (n=4).

	Nome Castanhal	Distancia Residências (m)	Tempo de uso (dias ano ⁻¹)	Acessibilidade
Naturais	Taracuçã	8.750	60	Limitado a época de enchente
	Castanhalzinho	4.006	90	
	Porto Alto	1.550	90	
	Lembrança	5.950	120	
	São Julião	5.003	90	
	Fraternidade	1.440	120	
Humanizados	Sto. Antônio	1.160	300	Fácil acesso, por terra e água
	Laranjal	210	300	
	Vale Quem Tem	260	300	
	Vitoriano	110	300	

Tabela 2. Listagem das variáveis potencialmente explicativas analisadas (x) para cada indicador do estudo: atividade de dispersão e/ou predação de cutia (densidade de ‘bocas de cutia’), regeneração potencial (densidade de plântulas), regeneração pré-estabelecida (densidade de juvenis), regeneração estabelecida (densidade de jovens).

Variável explicativa	Densidade de ‘bocas de cutia’	Densidade de plântulas	Densidades de juvenis	Densidade de jovens
Tempo uso	x	x	x	x
Distancia da Residência	x	x	x	x
Densidade de adultos	x	x	x	x
Densidade de jovens		x	x	
Área copa total de adultos	x	x	x	x
Área basal total		x	x	x
Densidade de ‘bocas de cutia’		x	x	x
Abertura dossel (%)		x	x	x

Tabela 3. Estatística das correlações de Pearson por pares entre densidade de ‘bocas de cutia’ e variáveis ecológicas potencialmente explicativas. Unidades de amostragem (n=10).

Variável ecológica	Coefficiente correlação (r)	Coefficiente determinação (R ²)	Probabilidade (p), $\alpha=0,05$
Distância das residências	0,524	0,380	0,120
Tempo de uso	-0,620	0,275	0,056
Densidade de adultos	-0,135	0,018	0,709
Área copa total adultos	-0,034	0,001	0,925

Tabela 4. Estatística das correlações por pares entre o indicador de regeneração potencial (densidade de plântulas) e variáveis ecológicas potencialmente explicativas.

Variável ecológica e/ou demográfica	Coefficiente correlação (r)	Coefficiente determinação (R ²)	Probabilidade (p), $\alpha=0,05$
Densidade de adultos	0,430	0,185	0,215
Densidade de jovens	0,454	0,206	0,187
Área basal total	0,004	0,000	0,992
Área copa total adultos	0,507	0,257	0,134
Abertura dossel (%)	0,009	0,000	0,931
Tempo de uso	0,638	0,407	0,047
Distância das residências	-0,527	0,278	0,117
Densidade de ‘bocas de cutia’	-0,545	0,297	0,104

Notas: As correlações foram feitas com 10 amostras (=n° de unidades de amostragem) e usando o teste de Pearson. A única exceção foi a análise entre abertura de dossel e densidade de plântulas efetuada com 100 amostras e usando a correlação de Spearman. Valores em **negrito** quando a correlação é significativa ($p<0,05$).

Tabela 5. Estatística das correlações por pares entre o indicador de regeneração pré-estabelecida (densidade de juvenis) e as variáveis potencialmente explicativas.

Variável ecológica e/ou demográfica	Coefficiente correlação (r)	Coefficiente determinação (R ²)	Probabilidade (p), $\alpha=0,05$
Densidade de adultos	0,327	0,107	0,357
Densidade de jovens	0,004	0,000	0,991
Área basal total	-0,259	0,067	0,469
Área copa total adultos	0,136	0,018	0,708
Abertura dossel (%)	0,355	0,126	0,308
Tempo de uso	0,433	0,187	0,212
Distância das residências	-0,446	0,217	0,174
Densidade de 'bocas de cutia'	-0,286	0,082	0,422

Notas: As correlações foram feitas com 10 amostras (=n° de unidades de amostragem) e usando teste de Pearson, a exceção da análise com abertura de dossel em que foi usada correlação de Spearman.

Tabela 6. Estatística das correlações por pares entre o indicador de regeneração estabelecida (densidade de jovens) e variáveis potencialmente explicativas.

Variável ecológica e/ou demográfica	Coefficiente correlação (r)	Coefficiente determinação (R ²)	Probabilidade (p), $\alpha=0,05$
Densidade de adultos	0,811	0,657	0,004
Área copa total adultos	0,723	0,523	0,018
Área basal total	0,294	0,087	0,409
Abertura dossel (%)	-0,130	0,017	0,720
Tempo de uso	0,798	0,636	0,006
Distância das residências	-0,571	0,326	0,091
Densidade de 'bocas de cutia'	-0,307	0,094	0,389

Notas: As correlações foram feitas com 10 amostras (=n° de unidades de amostragem) e usando teste de Pearson, a exceção da análise com abertura de dossel em que foi usada correlação de Spearman. Valores em **negrito** quando a correlação é significativa ($p<0,05$).

Tabela 7. Estatísticas de comparação de variáveis populacional (valores médios e desvios padrões, quando %, mínimo e máximo) entre castanhais ‘naturais’ e ‘humanizados’ na Resex Lago do Capanã Grande.

Variável estudo	Teste Estatístico	Castanhais ‘naturais’	Castanhais ‘humanizados’	p, $\alpha=0,05$
Diâmetro Médio (árvores DAP>10 cm)	K-S*	96,6±49,9	58,8±33,1	< 0,001
Densidade de adultos (n° adultos ha ⁻¹)	Teste T	6,6±3,7	13,2±2,9	0,009
Área basal total (m ² ha ⁻¹)	Teste T	7,12±3,38	7,04±1,70	0,961
Área total copa adultos (m ² ha ⁻¹)	Teste T	2.752±1.323	4.007±698	0,124
Abertura dossel (%)	K-S	6,3 (2,3:16,0)	7,0 (3,6:30,1)	0,677
Tempo de uso (dias)	Teste T	95,0±23,0	300,0±0,0	< 0,001
Distância Castanhal vs Residência (km)	Teste T	4,45±2,78	0,44±0,49	0,018
Densidade ‘bocas cutia’ (n° bocas ha ⁻¹)	Teste T	101,8±65,6	19,9±8,9	0,030
Densidade de plântulas (n° indiv. ha ⁻¹)	Teste T	15,3±12,0	39,0±22,5	0,126
Densidade de juvenis (n° indiv. ha ⁻¹)	Teste T	2,9±3,98	6,7±6,9	0,151
Densidade de jovens (n° indiv. ha ⁻¹)	Teste T	1,2±1,8	6,3±3,0	0,009
Razão plântulas / adultos	Teste T	2,8±2,0	3,0±1,9	0,859
Razão juvenis / adultos	Teste T	0,4±0,6	0,5±0,5	0,445
Razão jovens / adultos	Teste T	0,1±0,2	0,5±0,2	0,010
% Jovens (n° jovens/ n° árvores DAP > 10 cm)	Teste T	9,6 (0,0:27,2)	30,7 (21,2:40,5)	0,013

Notas: Os testes estatísticos realizaram-se com 10 amostras (n° de unidades de amostragem), a exceção das comparações realizadas com abertura de dossel (n=196) e tamanho do diâmetro (n=609). Em **negrito** quando a correlação é significativa (p<0,05).

* K-S=Kolmogorov-Smirnov.

Tabela 8. Densidades de plântulas e razão plântulas/adultos em diferentes regiões da Bacia Amazônica, ordenadas em valores crescentes de densidade.

Região	Área total sub-parcelas (ha)	Densidade plântulas (nº indiv. ha ⁻¹)	Razão plântulas / adultos	Fontes consultadas
Vale do Rio Acre, Acre, Brasil	2,25	3,2 a 5,80	2,0 a 6,1	Wadt et al. (2008)
Rio Trombetas, Pará, Brasil	6,25	5,0±8,8	1,0±2,2	Scoles e Gribel *
A.I. Pinkaiti, PA, Brasil	5,6	29,8±9,8	17,53	Baider (2000)
El Sena e Reserva Tigre, Bolívia	1,4; 4,5	25-50	8-40	Zuidema (2003)
Capanã Grande, Amazonas, Brasil	2,5	24,8±19,9	2,9±1,9	Este estudo

* Artigo 2 e 4.

Tabela 9. Estimativa de regeneração estabelecida (% jovens, DAP 10-40 cm) em diferentes regiões da Bacia Amazônica, ordenadas em valores crescentes.

Região	Área amostrada (ha)	Número de árvores	% Jovens	Fonte consultada
FLONA Saracá-Taquera, PA, Brasil	769	815	0,7	Salomão (2009)
Resex Cajari, Amapá, Brasil	22,6	276	1,5	Baider (2000)
Reserva Florestal El Tigre, Beni, Bolívia	12	152	5,9	Zuidema e Boot (2002)
Rio Trombetas, Pará, Brasil	125	850	7,4	Scoles e Gribel*
El Sena, Pando, Bolívia	6	161	13,1	Zuidema e Boot (2002)
Marabá, Pará, Brasil	9	38	23,7	Salomão (1991)
Resex Chico Mendes, Acre, Brasil	420	568	25,5	Wadt et al. (2005) ^{<sup>50</sup>}
Resex Lago do Capanã Grande, Amazonas, Brasil	49	609	18,0	Este estudo
Vale do Rio Acre, Acre, Brasil	108	224	31,3	Wadt et al. (2005) ^{<sup>50</sup>}
Nova Esperança, Acre, Brasil	51	161	40,0	Viana et al. (1998)
A.I. Pinkaiti, Pará, Brasil	60	224	43,3	Baider (2000) ^{<sup>60</sup>}

^{⁵⁰DAP 10-50 cm, ^{⁶⁰DAP 10-60 cm.}}

* Artigo 4.

Legenda de figuras

Figura 1. Mapa da área de estudo, Resex Lago do Capanã Grande, Rio Madeira, Manicoré. Amazonas. Localização das unidades de amostragem: R-A1 (Taracuã), R-B1 (Fraternidade), R-C1 (Castanhalzinho), R-D1 (Porto Alto), R-E1 (Lembrança), R-F1 (Santo Antônio), R-G1 (Laranjal), R-H1 (São Julião), R-J1 (Vale Quem Tem) e R-K1 (Vitoriano).

Figura 2. Frequência de registros por intervalos de 1 % da abertura de dossel na área total pesquisada. Resex Lago do Capanã Grande.

Figura 3. Abertura média de dossel (%) por unidade de amostragem. Resex Lago do Capanã Grande.

Figura 4. Estimativa de atividade de cutia através de cálculo da densidade média de ouriços roídos (nº de 'bocas de cutia' ha⁻¹) em cada unidade de amostragem. Resex Lago do Capanã Grande.

Figura 5. Distribuição de frequências dos registros de abertura de dossel no total de sub-parcelas (a) e naquelas onde foram detectadas plântulas e/ou juvenis (b). Intervalo usado 1% de abertura de dossel. Resex Lago do Capanã Grande.

Figura 6. Densidade de jovens (barras brancas) e adultos (barras pretas) por unidade de amostragem. A ordenação de esquerda a direita dos castanhais é por valores crescentes do número de jovens. Resex Lago do Capanã Grande.

Figura 7. Distribuição da população de *B. excelsa* por classes diamétricas em castanhais 'naturais' (barras pretas) e 'humanizados' da Resex Lago do Capanã Grande.

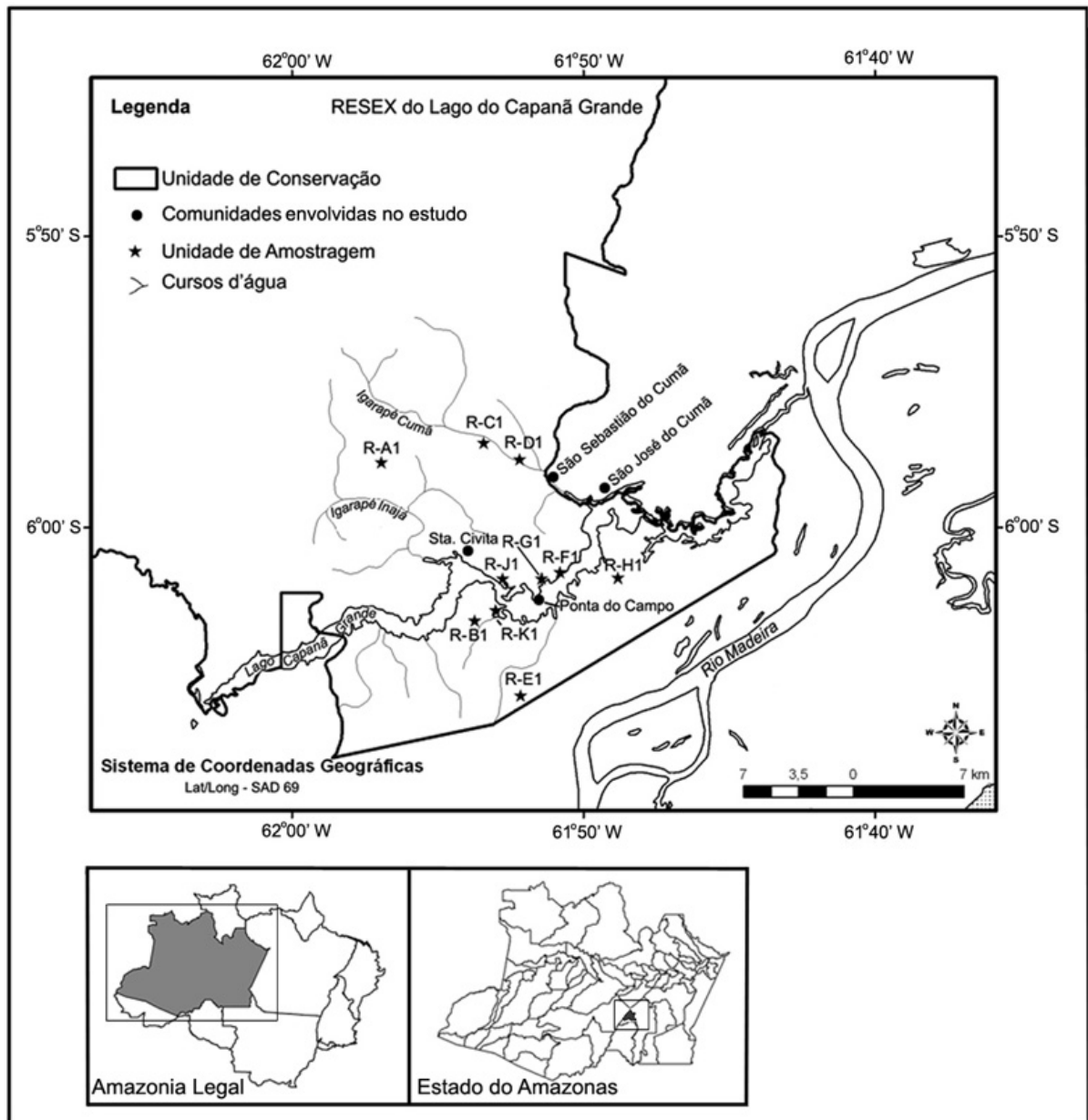


Fig. 1

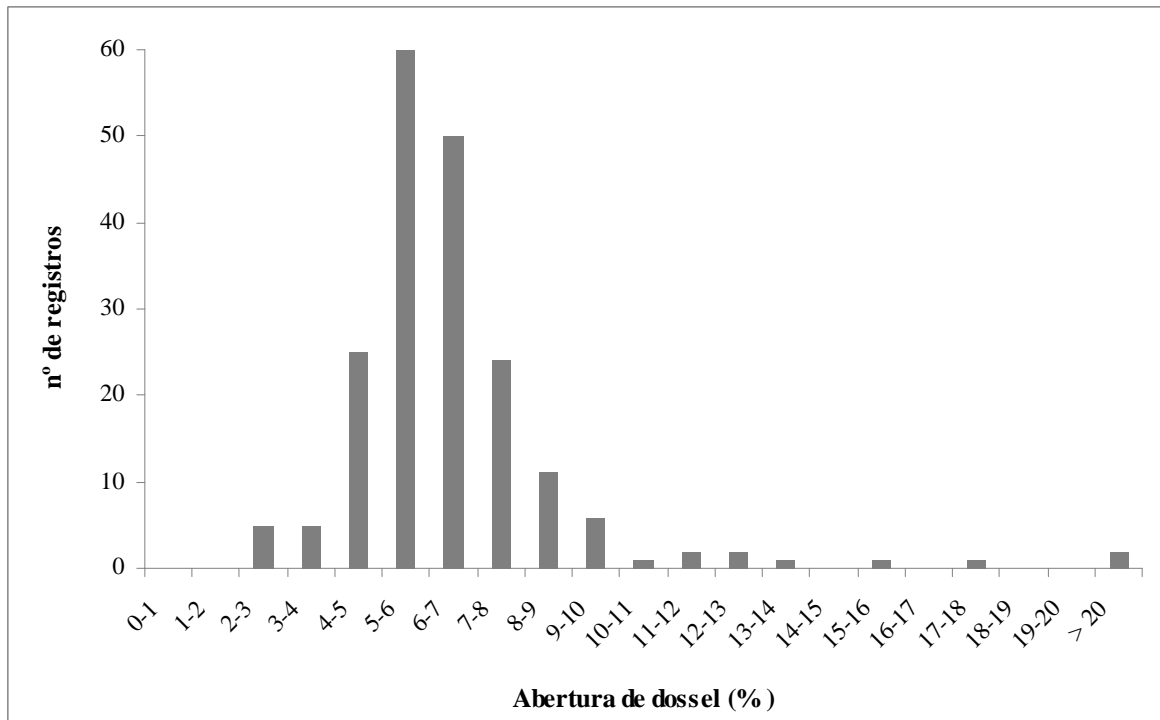


Fig. 2.

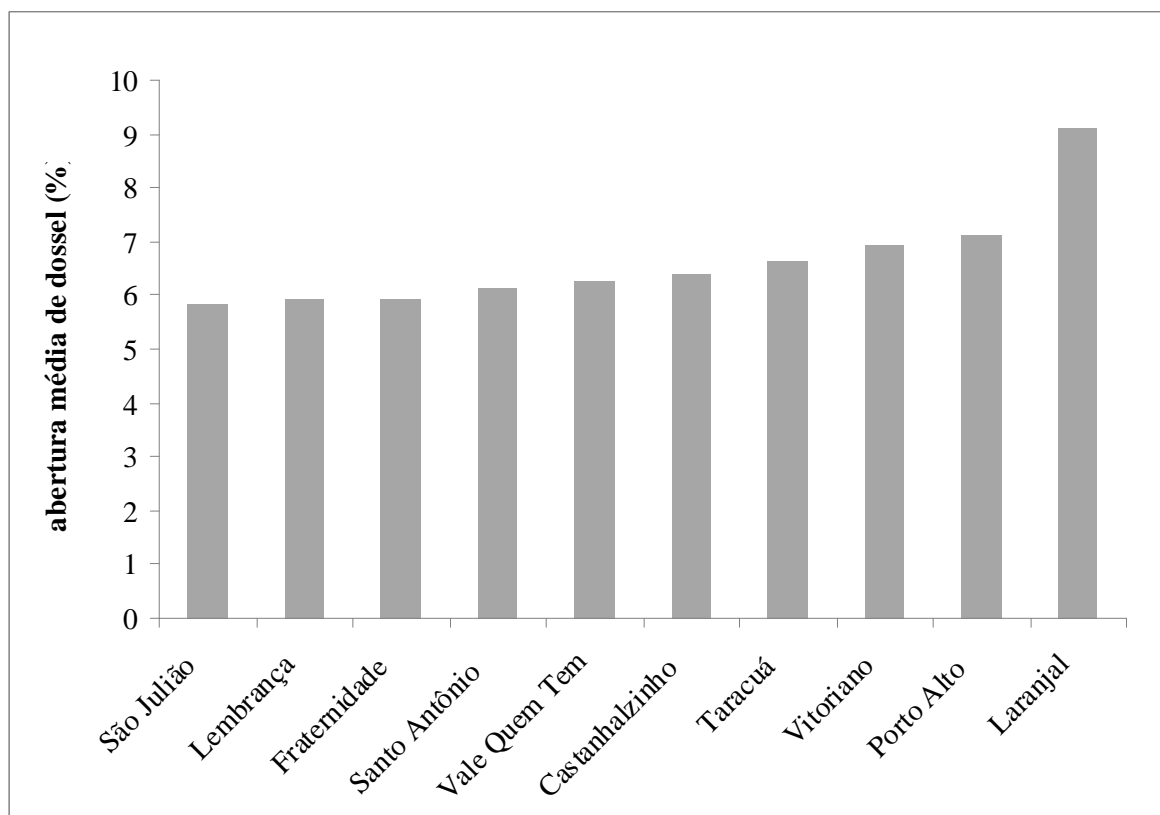


Fig. 3

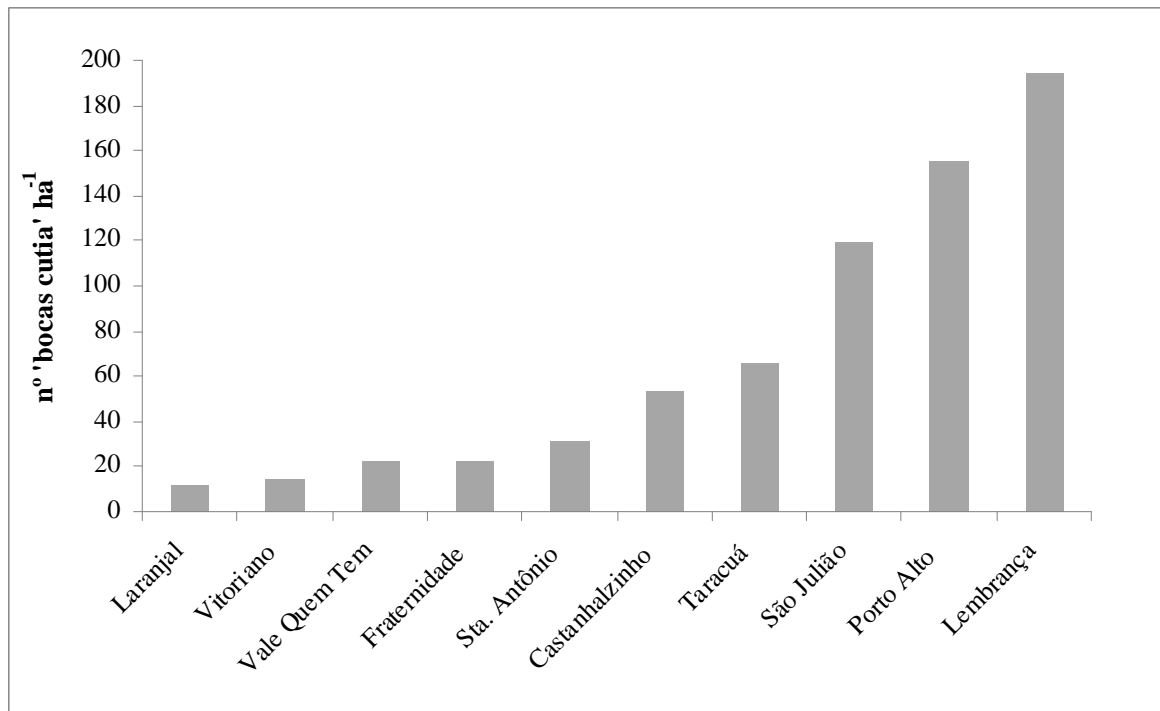


Fig. 4

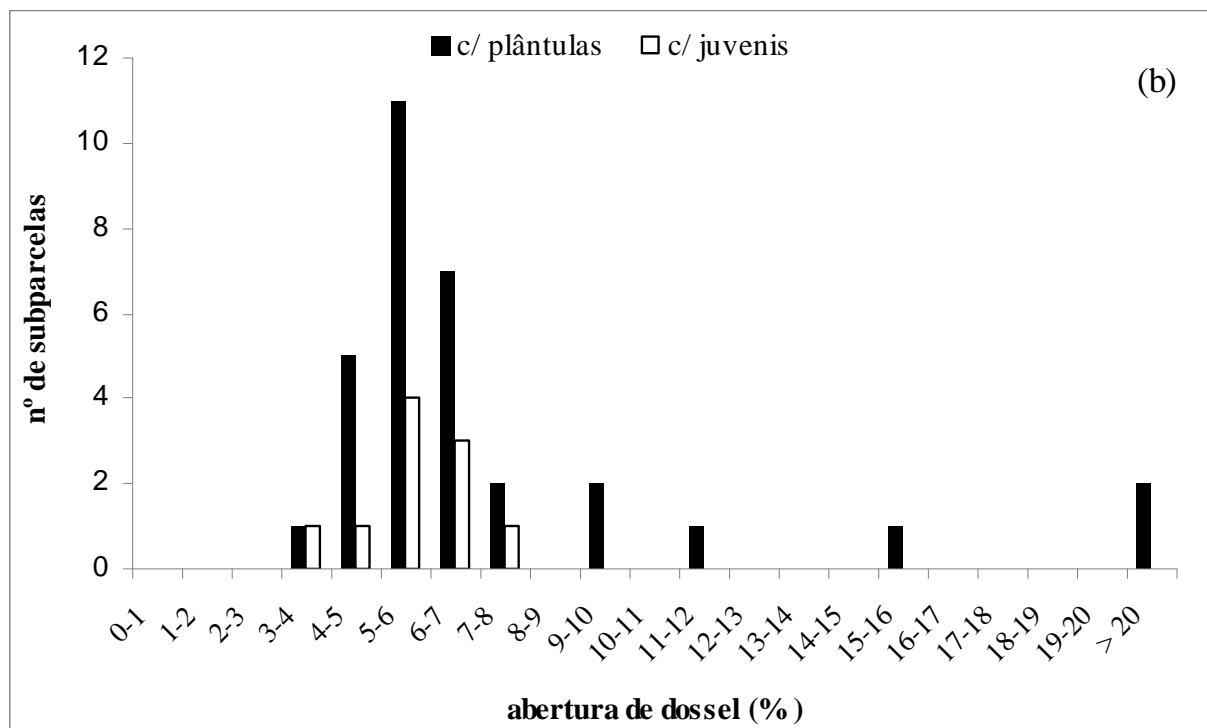
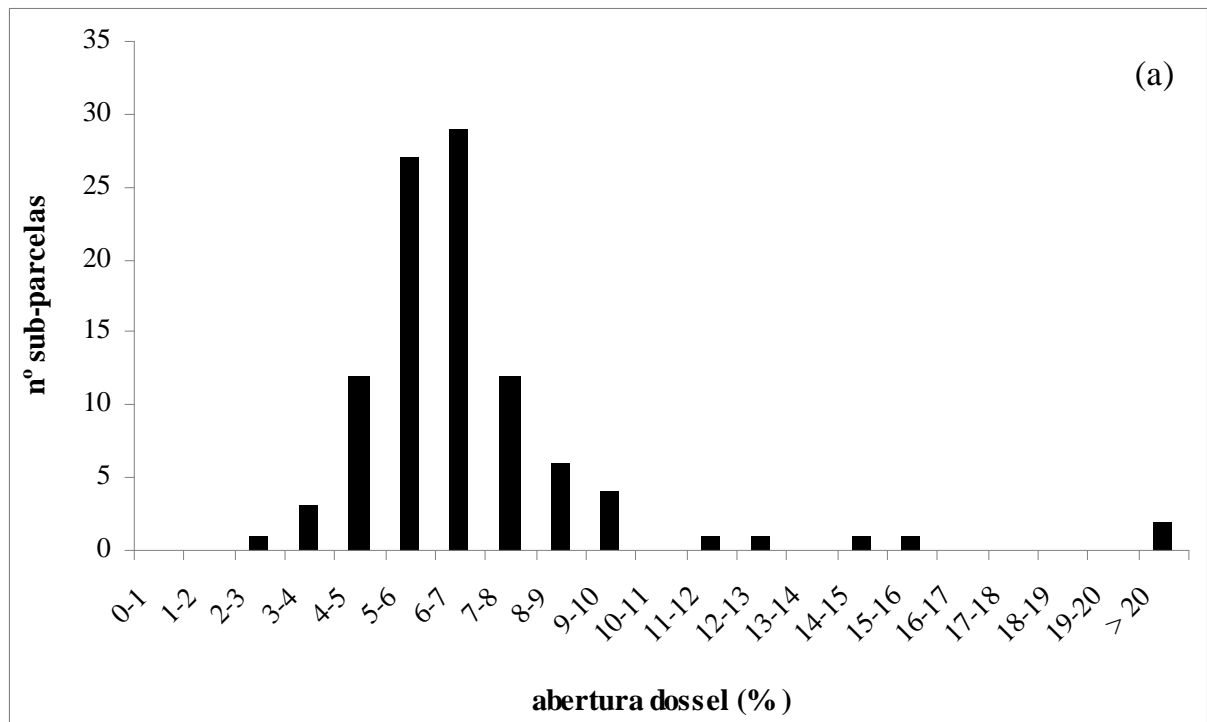


Fig. 5

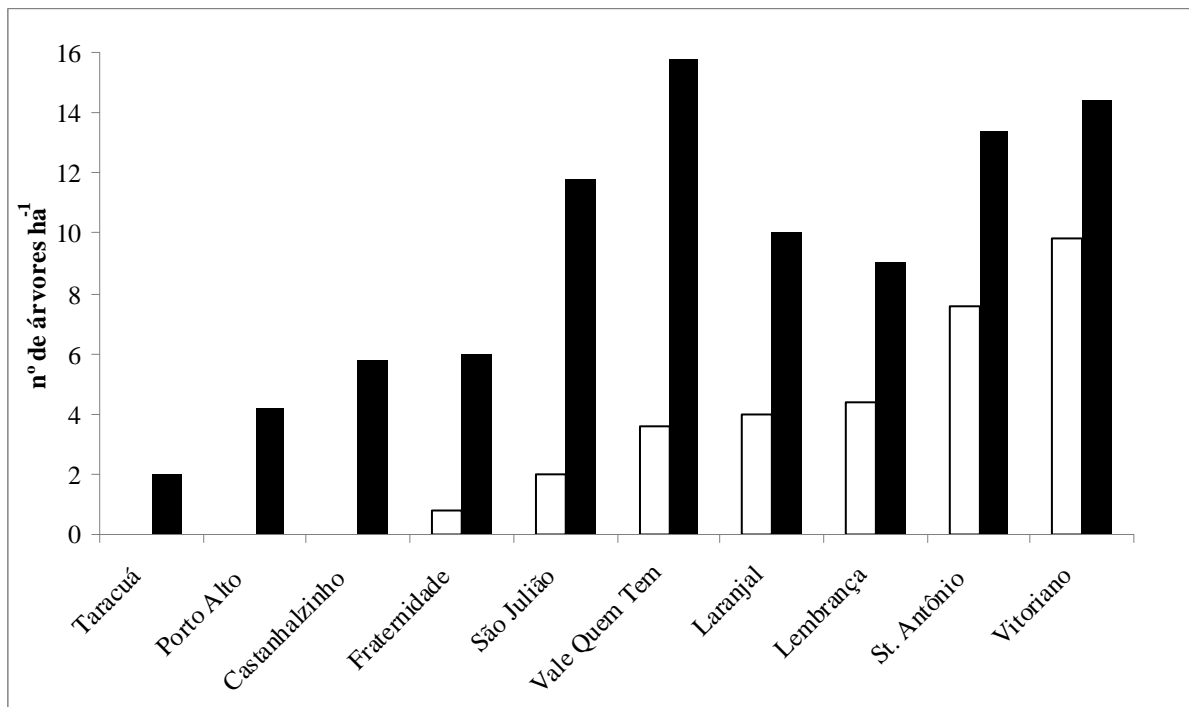


Fig. 6

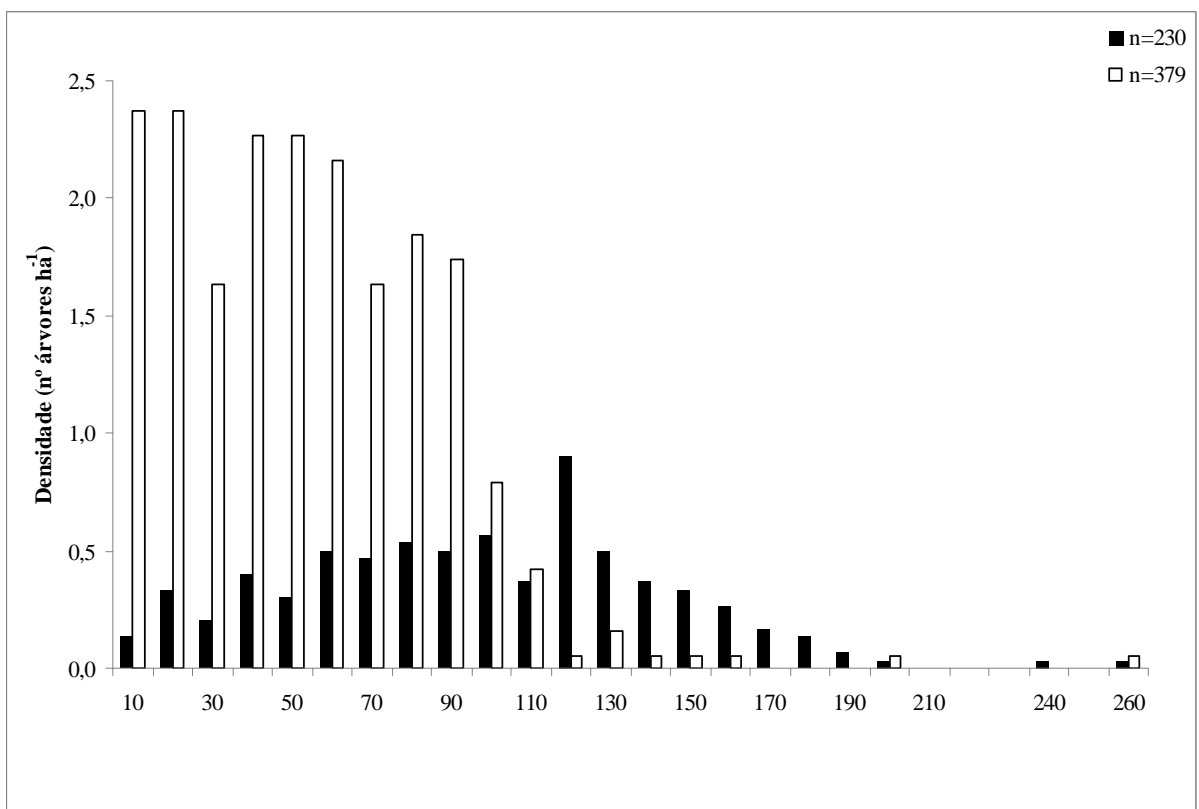


Fig. 7.

**ARTIGO 4. PODEMOS COLETAR CASTANHA? A REGENERAÇÃO
DA (*BERTHOLLETIA EXCELSA*, LECYTHIDACEAE) EM RELAÇÃO À
A INTENSIDADE DE COLETA NA REGIÃO DO RIO TROMBETAS,
AMAZÔNIA SETENTRIONAL¹¹**

Can we collect Brazil-nut? The regeneration of Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*,
Lecythidacea) in relation to harvest intensity in The River Trombetas Region, Northern
Amazonia, Brazil.

Scoles, Ricardo^{12*}, Gribel, Rogério¹³

¹¹ Artigo a ser submetido à revista *Biological Conservation* (ISSN: 00063207).

¹² Pós-Graduação, Coordenação de Pesquisas em Ecologia, Instituto Nacional de Pesquisas. Caixa Postal 478, CEP: 69011-070, Manaus-AM, Brasil.

¹³ Diretoria de Pesquisas, Instituto de Pesquisas do Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Rua Pacheco Leão 915, Jardim Botânico. CEP 22460-030 Rio de Janeiro-RJ, Brasil.

* Autor de correspondência: Pós-Graduação, Coordenação de Pesquisas em Ecologia, Instituto Nacional de Pesquisas. Caixa Postal 478, CEP: 69011-070, Manaus-AM, Brasil. Tel.: 055 92 3643 3112.

Endereços eletrônicos (e-mail addresses): ricardscoles@yahoo.es (R. Scoles), rgribel@jbrj.gov.br (R. Gribel).

**PODEMOS COLETAR CASTANHA? A REGENERAÇÃO DA CASTANHEIRA
(*BERTHOLLETIA EXCELSA*, LECYTHIDACEAE) EM RELAÇÃO A INTENSIDADE
DE COLETA NA REGIÃO DO RIO TROMBETAS, AMAZÔNIA SETENTRIONAL**

Can we collect Brazil-nut? The regeneration of Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*, Lecythidaceae) in relation to harvest intensity in The River Trombetas Region, Northern Amazonia, Brazil.

Resumo

Neste trabalho foi estudado o efeito do extrativismo na ecologia e regeneração da castanheira, *Bertholletia excelsa*, em castanhais da região do Rio Trombetas, afluente da margem esquerda do Rio Amazonas. A região se caracteriza pela presença de florestas antigas e de grande porte, com dominância de árvores de *B. excelsa*. Os dados demográficos foram obtidos em 25 parcelas compridas de 50 x 1.000 m, estabelecidas aproximadamente ao longo das trilhas dos castanheiros. O tamanho total da área amostrada foi de 125 ha. Foram escolhidos castanhais com diferentes níveis de intensidade de coleta. Analisaram-se as correlações entre os indicadores de regeneração (densidade de plântulas, juvenis e jovens) e possíveis variáveis ecológicas e demográficas explicativas. As populações de castanheira na região caracterizaram-se pela pouca presença de jovens (7,8% das árvores com DAP 10-40 cm), domínio de árvores de grande tamanho (DAP > 100 cm) e tendência ao envelhecimento (25,5% com DAP > 160 cm). Em mais da metade das unidades de amostragem não se detectaram plântulas (52%) nem juvenis (80%). Os baixos níveis de regeneração observados foram independentes da intensidade da atividade extrativista e da atividade dispersiva das cutias. As poucas chances de entrada de luz no sub-bosque das florestas estudadas seriam as

responsáveis da falta de regeneração da castanheira, espécie heliófita e pioneira de longa vida. Conclui-se que políticas restritivas à coleta da castanha, visando possibilitar a regeneração da castanheira, são de baixa ou nenhuma efetividade. Propõe-se a implementação de medidas compensatórias, com envolvimento de comunidades locais, promovendo o enriquecimento de mudas de castanheira em clareiras, em bordas florestais e em áreas com alteração na cobertura vegetal, com a finalidade de garantir o rejuvenescimento das populações desta espécie na região de estudo.

Palavras-chave: Extrativismo, regeneração, castanheira, conservação, *Bertholletia excelsa*, Trombetas.

1. Introdução

A castanheira, *Bertholletia excelsa*, da família Lecythidaceae, se distribui de forma ampla, mas irregular ao longo da bacia hidrográfica da Amazônia e as Guianas, estendendo pelo leste do Peru, Bolívia e Alto Rio Negro, região de Venezuela (Prance e Mori, 1990). Geralmente habita em áreas de terra firme, em oxissolos e ultissolos, pouco férteis e bem drenados (Peres e Baider, 1997). No Brasil encontram-se castanheiras principalmente nos estados de Pará, Amazonas, Rondônia e Acre, mas também em Amapá, Roraima, Maranhão e Mato Grosso (Müller, 1981).

A castanheira é uma árvore emergente de grande tamanho, atinge 40-50 m de altura e diâmetros altura do peito (DAP) maiores que 3 m (Zuidema e Boot, 2002; Salomão, 2009). O fruto é formado por um ouriço lenhoso, redondo (diâmetro 10-12 cm) e pesado (de 0,5 e 2,5 kg), contendo no seu interior uma média de 10-25 sementes. As sementes (castanhas) são comestíveis, têm forma angular e estão recobertas de tegumento lenhoso protetor (Mori e Prance, 1990).

B. excelsa é uma árvore de longa vida, que pode chegar a viver centenas de anos (Camargo et al., 1994). A grande maioria dos indivíduos reprodutivos de *B. excelsa* têm DAP > 40 cm (Zuidema e Boot, 2002), enquanto que as árvores mais produtivas situam-se entre os tamanhos 80-160 cm de diâmetro (Viana et al., 1998). A longevidade e alta sobrevivência da castanheira em condições naturais fazem que as árvores produzam castanhas durante centenas de anos (Zuidema e Boot, 2002).

A estrutura populacional de *B. excelsa* caracteriza-se por formar aglomerações naturais (castanhais) entre 75-150 árvores de DAP > 10 cm (Peres e Baider, 1997), com densidades altas (5-20 indivíduos ha⁻¹) para os padrões das florestas tropicais úmidas, alternando-se com áreas florestais onde a concentração é muito baixa, de até uma árvore a cada seis hectares (Mori e Prance, 1990). Nas florestas da Reserva Extrativista de Chico Mendes (Wadt et al., 2005), este padrão majoritário não foi encontrado, mostrando-se uma distribuição aleatória, não aglomerada, das árvores de castanheira. Dos estudos demográficos da espécie realizados até hoje, destaca-se uma tendência a baixa proporção de indivíduos não reprodutores, com DAP > 10 cm (Salomão, 1991; Nepstad et al., 1992; DHV, 1993) e o domínio das árvores com tamanho intermediário na distribuição das populações naturais de *B. excelsa* (Zuidema e Boot, 2002; Peres et al., 2003; Salomão, 2009).

As altas densidades de castanheiras em forma de ‘manchas’ ou ‘reboladas’ e a dominância de umas classes de diâmetro na estrutura demográfica da espécie têm sido explicada na literatura de três maneiras distintas, não necessariamente antagônicas: 1) as reboladas seriam consequência da dependência da espécie por grandes clareiras para seu desempenho nas primeiras etapas da vida (Mori e Prance, 1990; Salomão, 1991); 2) a característica social de *B. excelsa* seria fruto do abandono de roçados ameríndios em tempos históricos, o que teria permitido o desenvolvimento de árvores de uma mesma faixa etária, por tanto, o castanhal seria um tipo de floresta antropogênica (Ducke, apud, Tupiassú e Oliveira,

1967; Posey et al., 1985; Balée, 1989), 3) os aglomerados de castanheira podem ser explicados por um padrão de remoção de curta distância promovida por cutias, sendo raros os casos de dispersão a longa distância (Peres e Baider, 1997).

A dispersão dos frutos da castanheira começa com a queda dos ouriços maduros durante a estação chuvosa. A segunda fase, disseminação horizontal das sementes, pode ocorrer pela rolagem dos frutos no solo ou pela atividade das cutias (*Dasyprocta spp.*), grandes roedores caviomorfos da família de Dasyproctidae (Huber, 1910). O comportamento das cutias de armazenar e enterrar as sementes não consumidas em outro lugar (“scatter-hoarding”) é o principal mecanismo de dispersão da castanheira, uma vez que uma proporção destas sementes não são mais encontradas ou são esquecidas por estes roedores (Peres e Baider, 1997). Apesar de primariamente predadoras de sementes, as cutias são consideradas os principais dispersores de sementes de árvores tropicais que produzem frutos lenhosos (Peres et al., 1997). Em condições naturais, a maioria dos frutos da castanheira são abertos por estes animais (Peres e Baider, 1997; Ortiz, 2002; Tuck Haugaseen et al., 2010).

Uma vez ocorrida à germinação, a sobrevivência da plântula é garantida pela grande quantidade de reserva da semente e o crescimento da plântula é promovido por condições favoráveis de luz, geralmente aproveitando clareiras dentro da floresta. A castanheira é uma espécie heliófita (Salomão, 1991) que se comporta como uma pioneira de longa vida (Zuidema, 2003), não se desenvolvendo bem em condições de alto sombreamento (Myers et al., 2000; Peña-Claros et al., 2002).

As sementes de castanheira são um importante recurso extrativista para as populações humanas que habitam a floresta amazônica. A coleta das castanhas realiza-se de forma intensiva em áreas florestais produtivas de *B. excelsa*. A coleta das sementes pode representar até 93% de remoção dos frutos das florestas (Zuidema e Boot, 2002). As atividades de coleta realizam-se tanto em áreas próximas como afastadas das comunidades, a escolha depende da

disponibilidade de tempo e recursos, além da produtividade sazonal do castanhal. Quando as florestas mais produtivas encontram-se muito distanciadas das moradias, os extrativistas (castanheiros) fazem acampamentos temporais (barracos) nas proximidades do castanhal durante o período da safra.

Concomitantemente à remoção intensiva de sementes nas florestas exploradas, os castanheiros costumam caçar animais silvestres durante a safra da castanha, entre eles as próprias cutias, especialmente quando às atividades de coleta requerem tempos prolongados de permanência no castanhal (Ortiz, 1995; Zuidema, 2003; Scoles e Gribel, observação pessoal).

Ainda que teoricamente a remoção intensiva de castanhas e a caça do principal dispersor de sementes (as cutias) possam ser consideradas atividades prejudiciais para a regeneração natural da espécie, ao mesmo tempo, as comunidades extrativistas podem favorecê-la. Em primeiro lugar, os castanheiros, como as cutias, são dispersores involuntários de sementes, durante suas atividades de coleta, abertura do fruto, transporte, lavagem e armazenagem das castanhas (Ortiz, 2002; Zuidema, 2003). Além disso, nas florestas mais freqüentadas, o incremento de pequenas perturbações inerentes as atividades humanas, pode favorecer o estabelecimento e crescimento de plântulas e juvenis devido ao aumento entrante de luz nas clareiras ou trilhas.

A relação entre as atividades de caça às cutias por parte de castanheiros e a regeneração natural da castanheira não é tão direta e simples de ser modulada. Caso as cutias não sejam extintas localmente, fato incomum nas florestas exploradas (Rumiz e Maglianesi, 2001; Ortiz, 2002; Rosas, 2006), as atividades cinegéticas poderiam não ser prejudiciais para regeneração de *B. excelsa*. Isto porque menores níveis de concorrência intra-específica resultantes das atividades cinegéticas, favoreceriam a saciedade das cutias, aumentando assim as possibilidades de maior número de sementes serem armazenadas e enterradas (Ortiz, 2002;

Zuidema, 2003). Adicionalmente, indivíduos mortos de cutia pelos caçadores, poderiam deixar enterradas grande quantidade de sementes, mais dificilmente encontradas pelas cutias remanescentes.

Atualmente, a comercialização das sementes de *B. excelsa* é uma das principais fontes de renda para milhares de famílias da região amazônica (Ortiz, 1995; Clay, 1997; Stoian, 2004). Trata-se da única semente comercializada internacionalmente cuja coleta é feita com exclusividade em áreas florestais naturais (Clay, 1997). Segundo IBGE (2008), a castanha é o segundo produto florestal não madeireiro em termos comerciais na região Norte do Brasil, perdendo somente para o fruto de açáí (*Euterpe* spp).

O extrativismo da castanha é freqüentemente usado como exemplo de atividades humanas com alto potencial de compatibilização da conservação ambiental e desenvolvimento sócio-econômico (Clay, 1997). Em geral, a extração de produtos florestais não madeireiros, como frutos e sementes, tem sido considerada como uma atividade de baixo impacto ambiental e importante fonte de renda para as comunidades tradicionais que habitam em ambientes florestais do tropico úmido (Fearnside, 1989; Allegretti, 1994; Anderson, 1994). Não entanto, o extrativismo também é criticado pela suas limitações econômicas derivadas de um modo de produção disperso e de baixo controle humano, com escasso uso tecnológico e grande dificuldade em atender aumentos de demanda (Homma, 1993; Amin, 1997; Homma, 2000; Clement, 2006).

Alguns levantamentos de avaliação ambiental de atividades extrativas evidenciam baixo impacto ambiental, a curto e médio prazo, da coleta de frutos e sementes nas florestas e populações exploradas, desconhecendo-se, porém, os efeitos a mais longo prazo (Boot e Gullison, 1994; Ticktin et al., 2004). A sustentabilidade ambiental da coleta da castanha começou a ser motivo de controvérsia logo após a publicação de uma meta-análise comparativa de 23 populações naturais de *B. excelsa* distribuídas por toda Amazônia (Peres et

al., 2003). Neste trabalho é sugerido que o histórico de extrativismo é o principal fator determinante da estrutura demográfica da castanheira nas florestas onde ela ocorre, destacando a pouca presença de árvores não reprodutivas (jovens) nos castanhais com altos níveis de intensidade de coleta. O estudo, enfim, alerta sobre um provável colapso demográfico de *B. excelsa* nas florestas naturais com exploração permanente e a necessidade de adoção de políticas reguladoras que neutralizem os riscos de uma atividade não sustentável, ainda hoje não visíveis pela longa vida das árvores reprodutivas.

Em contraste, alguns estudos localizados e mais detalhados sobre a demografia e regeneração de *B. excelsa* em populações naturais da espécie em florestais exploradas, contradizem as conclusões da meta-análise de Peres et al. (2003). No sudoeste da Amazônia Brasileira (Acre), por exemplo, algumas pesquisas provam existência de regeneração da castanheira em áreas florestais com histórico de extrativismo e constataam uma estrutura demográfica distribuída aproximadamente em forma de “J” invertida, com maior presença de indivíduos nas categorias menores de tamanho (Viana et al. 1998; Wadt et al. 2008). Na Bolívia, usando modelos de dinâmica de populações a partir da distribuição de frequências observadas em duas regiões diferentes, Zuidema e Boot (2002) chegaram à conclusão que a disponibilidade de sementes tem pouca influencia na dinâmica populacional da castanheira, condicionada em grande parte pela longevidade e alta sobrevivência das árvores reprodutivas, tal como já foi evidenciado em outras espécies longevas (Silvertown et al., 1993).

A heterogeneidade de tipos de florestas e de tamanhos amostrais dos dados usados na meta-análise de Peres et al. (2003), que usou informações provenientes de grupos de pesquisas independentes, gera a necessidade de novos estudos comparativos, usando, preferivelmente, mesmo delineamento amostral em condições fitogeográficas similares. Os resultados sobre regeneração potencial em florestas exploradas do sudoeste da Amazonas (Viana et al., 1998; Zuidema e Boot, 2002; Wadt et al., 2008) apontam conclusões

contrastantes aquelas apontadas por Peres et al. (2003). Com esta finalidade, este trabalho apresenta os resultados sobre a regeneração natural de *B. excelsa* em 25 castanhais da região do Rio Trombetas, sítios com diferentes gradientes de intensidade de coleta de castanha, desde florestas exploradas de forma intensiva e permanente, até castanhais de baixa ou nula atividade extrativa.

2. Material e Métodos

2.1 Área de estudo

A pesquisa foi desenvolvida na região do Rio Trombetas, Mesorregião do Baixo Amazonas, majoritariamente no município de Oriximiná (PA), mas também em Óbidos (PA). Os castanhais estudados situaram-se na bacia hidrográfica do Rio Trombetas e de um afluente, o Rio Erepecuru, também denominado Cuminã (figura 1). Ambas as bacias são ricas em castanhais, tradicionalmente visitados por comunidades tradicionais durante a estação chuvosa para a coleta da castanha. O Rio Trombetas é um afluente da margem esquerdo do Rio Amazonas, com uma extensão de 760 km. A montante, o rio é formado pela união dos Rio Poama e Rio Anamu, em elevações de 500 m de altitude situadas na fronteira com as Guianas (IBAMA, 2004). O Rio Erepecuru é afluente da margem esquerda do Rio Trombetas, com mais de 400 km de extensão. Sua nascente encontra-se na fronteira com Suriname (Serra de Tumucamaque) e sua desembocadura, no Rio Trombetas, ocorre aproximadamente à 33 km à montante da cidade de Oriximiná (RadamBrasil, 1983; Google Earth, 2010).

Em termos gerais, as áreas pesquisadas localizam-se em duas realidades territoriais distintas: 1) unidades federais de conservação do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), Reserva Biológica (Rebio) do Rio Trombetas e Floresta Nacional (Flona) de Saracá-Taquera; 2) territórios quilombolas do Rio Trombetas e Rio Erepecuru,

gerenciados pela Associação de Remanescentes Quilombos de Oriximiná (ARQMO), incluindo aqui algumas áreas do seu entorno (não demarcados), atualmente consideradas Floresta Estadual (FLOTA) do Rio Trombetas.

O clima da região é equatorial e úmido, temperatura média de 26 °C e precipitação média anual que varia entre 2.000 e 2.500 mm. A umidade relativa do ar normalmente é superior a 80%. Evidencia-se uma sazonalidade pluviométrica com picos de chuva nos meses de março, abril e maio e períodos de estiagem, de agosto a novembro, onde a precipitação é menor de 100 mm por mês (SUDAM, 1984; IBAMA, 2004). Os solos da região são de natureza ácida e quimicamente pobre em nutrientes, classificados predominantemente como Podzólico Vermelho-Amarelo Álico e Latossolo Vermelho-Amarelo Álico (Venturieri et al., 2001).

Do ponto de vista geomorfológico, destaca-se que as bacias do Rio Trombetas e Rio Erepecuru (figura 1) passam por um escudo montanhoso que gera um pronunciado gradiente nas águas, com inumeráveis quedas de águas e corredeiras ('cachoeiras'), intransitáveis para navegação. Geologicamente estas áreas representam o encontro de terrenos quaternários e terciários com exposição de rochas sedimentárias destes últimos (IBAMA, 2004). Mais que uma terça parte dos castanhais pesquisados (n=9) situaram-se à montante destas barreiras geohidrológicas (ao montante de Cachoeira Porteira, Rio Trombetas e da Cachoeira Pancada, Rio Erepecuru), em altitudes médias entre 110-135 m, com máximo de 200 m e mínimo de 60 m. Nas florestas situadas na parte baixa da bacia hidrográfica (a jusante das cachoeiras), o relevo apresenta-se mais baixo e suave, com altitudes entre 20 e 60 m.

2.2 Desenho experimental

A coleta de dados foi realizada em três anos (2007-2009), durante 193 dias efetivos de trabalho de campo, entre os meses de junho a dezembro, período de entressafra da castanha e menos rigoroso em termos pluviométricos. O número de unidades de amostragem independentes (castanhais) foi de 25: 18 na bacia do Rio Trombetas e 7 na bacia do Rio Erepecuru. Por municípios, 22 unidades localizaram-se em Oriximiná, e 3 em Óbidos (margem esquerda do Rio Erepecuru).

O delineamento amostral foi realizado a partir da elaboração de transectos ou parcelas compridas de 1.000 x 50 m. Geralmente, o transecto acompanhou a trilha usada pelos castanheiros, mas desconsiderando possíveis trechos serpeantes ('zig-zags'), tentando alinhar o percurso em trajetória cardinal definida. Usou-se trenas, bússola e piquetes a cada 25 metros da quota. Na parcela comprida, a distância perpendicular máxima de detecção estipulada foi de 25 metros, a esquerda e a direita, da linha central. O tamanho da unidade de amostragem foi de 50.000 m². A área total inventariada foi de 125 hectares.

O delineamento experimental incorporou também, dentro de cada parcela comprida, 10 sub-parcelas com superfícies amostrais menores (25 x 10 m) para coleta de dados de variáveis de estudo que requerem maiores esforços de observação e identificação (plântulas e juvenis de *B. excelsa*) ou padronização da contagem (ouriços abertos por cutia). O posicionamento das dez sub-parcelas dentro da parcela comprida foi aleatório, com suporte de programa de randomização (software Excel Microsoft), com o requisito de distribuição das sub-parcelas a cada 100 metros do comprimento do transecto.

2.3 Indicadores de intensidade de coleta

A seleção das vinte cinco unidades de amostragem foi feita após levantamento e mapeamento dos castanhais da região de estudo e com ajuda de castanheiros locais. Cada unidade representa uma área de castanhal, explorada ou não por famílias quilombolas, grupo étnico majoritário na região do estudo (Acevedo e Castro, 1998). Na tabela 1, resumem-se as características extrativistas dos castanhais pesquisados a partir do uso de duas medidas quantitativas: indicador taxa de coleta (ITC) e distância de carga/descarga. A primeira seria o produto do número de coletores pelo tempo médio de permanência destes no castanhal explorado é mede-se em ‘nº de coletores x dia’. A segunda define-se como o percurso realizado a pé pelo castanheiro desde o lugar de coleta até o ponto de escoamento das castanhas (margem de lago, rio, igarapé ou estrada) e foi estimado com auxílio de aparelho GPS. Neste estudo, os valores de ITC são considerados proporcionais com a intensidade extrativista, ao contrário da distância de carga/descarga, cujos valores, em geral, devem ser inversos. As informações do histórico de extrativismo, como número e tempo de permanência dos coletores, foram resgatadas através de entrevistas a castanheiros da região.

Em termos gerais, os castanhais situados acima das cachoeiras são menos intensamente coletados que os localizados a jusante, pelas maiores distancias das comunidades e dificuldades de acesso. De fato, para superar as cachoeiras e corredeiras, os castanheiros devem se desviar por terra, o que acaba representando num maior esforço logístico para a coleta e escoamento da produção. Por isso, geralmente, o número de famílias extrativistas e o período de permanência nestes castanhais é mais reduzido. A exceção é o sítio do Gritador do Amador. Este é o único castanhal conhecido do Rio Trombetas, localizado a jusante da Cachoeira Porteira, que não é coletado de forma sistemática. Os motivos são de natureza simbólica, relacionados com a crença de presença legendária de um humanóide de grande porte ‘que grita’ no lugar.

De forma complementar, a partir do conhecimento sobre a forma de acesso ao castanhal, conjuntamente com os dois indicadores da atividade extrativista (tabela 1), permitiram dividir as unidades de amostragem em quatro categorias, segundo níveis de intensidade de coleta: 1) castanhais altamente coletados (n=11), 2) castanhais com intensidade média de coleta (n=7), 3) castanhais de baixa intensidade (n=4), 4) castanhais inexplorados ou esporadicamente coletados (n=3).

2.4 Demografia da espécie

Para cada indivíduo de *B. excelsa* com diâmetro altura do peito (DAP) > 10 cm, mediram-se: as coordenadas espaciais (x, y) da posição da árvore em relação às quotas da linha central, o DAP e o comprimento dos dois galhos principais da copa em posição de 90° um com outro. Também se estimou a forma da copa e altura do tronco principal, assim como se anotaram informações diretas ou indiretas relacionadas com a produção da árvore.

A coleta de dados das castanheiras com DAP < 10 cm, realizou-se nas 10 sub-parcelas construídas com esta finalidade, acrescentando também às detectadas nos arredores da linha central da parcela comprida. Para cada planta, mediu-se: altura, diâmetro (na base do colo quando altura < 1,30 m, DAP > 1,30 m) e as coordenadas espaciais (x, y) de posição.

As plantas com DAP < 10 cm foram diferenciadas em dois grupos segundo presença ou ausência de cotilédone na parte basal e altura do caule: as plântulas e os juvenis (filhotes). As plântulas, castanheiras de germinação recente (“seedlings”), geralmente têm alturas < 1,30 m e endosperma (reserva da semente) ainda aderida na base da planta. Os juvenis são arvoretas (“saplings”) com alturas > 1,30 m e cotilédone já totalmente absorvido (Myers et al., 2000; Zuidema e Boot, 2002).

A área de copa calculou-se multiplicando a superfície elíptica da coroa por um índice de forma de copa. Os galhos principais medidos durante a coleta de dados foram considerados os raios da elipse. O índice de forma de copa estimou-se a partir de observação empírica com quatro possíveis valores proporcionais: 1 (copa completa), 0,75 (ausência de um galho principal), 0,5 (copa em forma de meia lua), 0,25 (somente um galho principal).

2.5 Cálculo da abertura de dossel

O cálculo de abertura de dossel como forma de avaliação da entrada de luz no sub-bosque florestal foi realizado de forma indireta através de imagens fotográficas do dossel florestal (Engelbrecht e Herz, 2001), usando-se a metodologia de contagens de pixels não obscurecidos sobre o total numa escala de cinzas de 0 a 256. As fotos foram feitas com uma câmera digital Ricoh GX100 com uma lente de grande angular (19 mm) incorporada a uma altura de 1,30 m do chão com auxílio do tripé, em condições de exposição indireta à luz solar, nas primeiras horas de manhã ou nas últimas da tarde. A câmera focava verticalmente em direção ao dossel florestal.

Em cada unidade de amostragem foram registradas vinte imagens de dossel florestal, a metade (10) efetuaram-se na posição central das sub-parcelas de 25 x 10 m, e a outra metade, intercalaram-se de forma aleatória com o requisito de manter distancias em média de 50 metros entre cada registro (Nicotra et al., 1999). As imagens digitais foram processadas com programa Miramón 6.0, calculando-se, para cada fotograma, a percentual de áreas não obscurecidas pela vegetação, que aqui é considerada como medida de abertura de dossel. Para análises estatísticas, as proporções de pixels não obscurecidos foram transformadas em graus de arcosenos (Zar, 1999).

2.6 Estimativa da atividade das cutias

A contagem de ouriços roídos por cutia nas unidades amostrais foi considerada como um estimador indireto da atividade dispersiva e/ou predadora das cutias (*Dasyprocta spp.*) em relação às sementes de castanheira. O esforço amostral da contagem de ouriços encontrados no chão com evidências de ter sido aberto por cutias foi desenvolvido em duas áreas diferentes das parcelas compridas: 1) arredores da linha central, largura máxima de 5 metros à esquerda e direita (área estimada 10.000 m²); 2) dez sub-parcelas de 25 x 10 m (área total de 2.500 m²). Para estimativa deste parâmetro, usou-se a densidade média ponderada das duas áreas amostradas. No presente texto, usa-se o nome ‘bocas de cutia’ para expressar os ouriços vazios e esburacados pela atividade roedora da cutia, conforme denominação popular local.

2.7 Indicadores de regeneração

A regeneração natural das populações de *B. excelsa* na região de estudo foi avaliada através de cálculos de densidades de plantas (nº de indivíduos ha⁻¹) para cada unidade de amostragem. A densidade de plântulas estima a regeneração potencial e a taxa de recrutamento das unidades amostrais pesquisadas. A densidade de juvenis é indicador de regeneração pré-estabelecida, já que estas pequenas arvoretas, uma vez absorvido o endosperma, têm alta taxa de sobrevivência (Myers et al., 2000; Zuidema e Boot, 2002), mas ainda não alcançaram o dossel florestal. Por último, a densidade e/ou proporção de jovens (árvores não reprodutivos) pode ser considerada como um indicador de regeneração estabelecida, já que estes indivíduos, geralmente já alcançaram o dossel florestal e seu porte lenhoso garante seu estabelecimento estável na estrutura populacional do castanhal. A proporção de jovens calcula-se levando em consideração a razão entre nº de árvores não reprodutivas e nº total de árvores DAP > 10 cm.

Os cálculos de densidade de plântulas realizaram-se a partir da coleta de dados nas 100 sub-parcelas sorteadas, totalizando uma área amostral de 2,5 hectares. O pequeno tamanho (em média, 35 cm de altura), aparência pouco conspícua das plântulas e as diferenças de dedicação temporal entre as duas formas de detecção amostral (arredor da linha e sub-parcelas), aconselhou calcular a densidade usando somente a contagem de plântulas no conjunto das sub-parcelas pesquisadas.

A densidade de juvenis, por sua vez, foi calculada ponderando-se as densidades parciais das duas situações de amostragem (sub-parcelas e arredor da linha central). Neste caso, o tamanho (alturas > 1,30 m) e o aspecto mais conspícuo das varetas juvenis minimiza as possíveis diferenças de intensidade de identificação entre as duas metodologias e permite o cálculo conjunto sem acumular grandes erros de detecção. As árvores não reprodutivas de *B. excelsa* foram estimadas a partir do seu tamanho do DAP. Neste estudo, todas as árvores entre 10-40 cm de diâmetro foram considerados indivíduos não reprodutivos, seguindo a metodologia usada em outros estudos de *B. excelsa* como os de Viana et al. (1998) e Zuidema e Boot (2002), ainda que alguns trabalhos ampliam esse intervalo até 50 ou 60 cm (Peres et al., 2003; Wadt et al., 2005; Salomão, 2009).

2.8 Análises das relações ecológicas

As variáveis que informam sobre a regeneração natural da castanheira foram relacionadas com os dois indicadores de atividade extrativista (ITC e distância de carga/descarga) e com variáveis ecológicas da castanheira: demografia (densidade de adultos, densidade de jovens), ocupação espacial (área basal, área total de copa), produção de frutos (área total de copa, densidade de adultos), atividade dispersiva de cutia (densidade de 'bocas de cutia') e disponibilidade de luz do sub-bosque (abertura de dossel). De igual forma, o

estimador de atividade de cutia (densidade de ‘bocas de cutia’) foi correlacionado com os indicadores de extrativismo e as duas variáveis ecológicas indiretamente relacionadas com a produção de frutos (tabela 2).

Antes das análises, testou-se a normalidade das distribuições das amostras das variáveis de estudo com o teste Kolmogorov-Smirnov (K-S), ao nível de significância de 0,05. Entre os dois indicadores do nível de extrativismo, ITC se ajustou a uma distribuição normal (Teste K-S, $D=0,249$, $p=0,075$), mas não a distância de carga/descarga (Teste K-S, $D=0,314$, $p=0,011$). As correlações por pares foi o método usado para analisar as possíveis associações entre as variáveis independentes (indicadores de extrativismo e variáveis ecológicas) e dependentes (indicadores de regeneração, estimador de atividade de cutia). O tipo de correlação usada dependeu do tipo de distribuição das amostras das variáveis analisadas, quando houve normalidade dos dois pares, utilizou-se teste de Pearson, alternativamente, o teste de Spearman (Zar, 1999).

3. Resultados

3.1 Estrutura demográfica (DAP > 10 cm)

Na região do Rio Trombetas (área inventariada, 125 ha), foram encontradas 850 árvores de castanheiras com DAP >10 cm, 787 adultos (DAP > 40 cm) e 68 jovens não reprodutivos (DAP < 40 cm). A densidade total de *B. excelsa* com DAP > 10 cm foi de $6,8 \pm 4,1$ árvores ha^{-1} , à de adultos de $6,3 \pm 3,9$ árvores ha^{-1} e à de jovens de $0,5 \pm 0,8$ árvores ha^{-1} . O tamanho médio do diâmetro foi de $128,4 \pm 55,5$ cm para o conjunto da população de árvores DAP > 10 cm. Em média, a área basal total foi de $10,43 \pm 5,60$ m^2/ha e a área total de

copa de 3.385 m²/ha o que representa um 33,9% de ocupação do dossel florestal pela população de *B. excelsa*.

As frequências de tamanho de diâmetro seguem distribuição normal nas 25 unidades de amostragem pesquisadas. A maioria dos castanhais (84%) apresentou árvores com tamanho médio DAP > 100 cm (tabela 3). Considerando o total de castanhais, a distribuição dos tamanhos também resultou ser normal (Teste K-S, p=0,458), com domínio das classes de tamanho intermediário (DAP 80-160 cm, 50,2%), pouca presença de jovens (DAP, 10-40 cm, 7,4%) e razoável porcentagem de árvores envelhecidas (DAP > 160 cm, 27,6 %) (figura 2).

3.2 Abertura de dossel

Em geral, o sub-bosque dos castanhais estudados na região do Rio Trombetas tem baixa disponibilidade de luz. Contabilizando-se o total de registros aleatórios realizados (n=500), abertura de dossel foi em média de 6,5%, com máxima de 49,5% e mínima de 1,9%. Na imensa maioria dos registros (94,6%), o sub-bosque teve exposição de luz abaixo de 10%, com um grande pico de frequências (80,8%) entre 4% e 8%. Somente 1% dos registros apresentou situação típica de clareira florestal, com abertura de dossel > 20% (figura 3). O castanhal de Taperebá foi à unidade de amostragem com menor sombreamento médio (9,4% entrada de luz), enquanto que a parcela de Pirarara teve o dossel mais fechado com 5,1% de abertura de dossel.

3.3 Estimativa de atividade de cutias

Contabilizaram-se um total de 4.590 ‘bocas de cutia’ (ouriços abertos e roídos por cutia), 2.886 nos arredores da linha central, e 1.704 nas 254 sub-parcelas de 25 x 10 m. A densidade de ‘bocas de cutia’ foi mais alta nas sub-parcelas (272,6±186,9 ‘bocas cutia’ ha⁻¹)

que nas proximidades da trilha ($115,4 \pm 85,4$ 'bocas cutia' ha^{-1}), sendo as diferenças significativas (Teste T pareado, $p < 0,0001$, $\alpha=0,05$).

A densidade média ponderada foi de $194,0 \pm 133,1$ 'bocas cutia' ha^{-1} . As unidades de amostragem apresentaram grande variação entre elas (figura 4), o valor máximo foi encontrado no Pirarara ($646,1$ 'bocas cutia' ha^{-1}) e o mínimo na Ladeira do Plástico (45 'bocas cutia' ha^{-1}).

Para análises das relações entre estimador de atividade de cutia e variáveis ecológicas potencialmente explicativas, realizaram-se correlações por pares após falta de comprovação de falta de significância na regressão múltipla. A única associação estatisticamente significativa foi a encontrada entre a densidade de 'bocas de cutia' e o indicador taxa de coleta, ficando a correlação negativa com o número de famílias coletoras no limiar da significância estatística (tabela 4).

3.4 Densidades de castanheiras DAP < 10 cm

Em relação às castanheiras com DAP < 10 cm, o estudo identificou 64 indivíduos, 41 plântulas (65%) e 22 juvenis (35%). Destes, 57% foram identificados nas sub-parcelas e 43% nos arredores da trilha. A densidade média de plântulas foi de $4,8 \pm 8,7$ plântulas ha^{-1} e a de juvenis de $1,0 \pm 3,1$ juvenis ha^{-1} . Na trilha, foram encontrados mais juvenis (15) que plântulas (12), mas as diferenças não foram significativas (Teste Wilcoxon pareado, $p=0,608$). Nas sub-parcelas, o número de plântulas foi muito superior (29) à trilha (7), ainda assim somente observou-se uma tendência diferencial no teste estatístico (Wilcoxon, $p=0,084$). No computo geral, a diferença entre densidade de plântulas e juvenis foi estatisticamente significativa no seu conjunto (Teste Wilcoxon pareado, $p=0,036$).

3.5 Estabelecimento de castanheiras DAP < 10 cm por abertura de dossel

Na grande maioria das sub-parcelas pesquisadas não houve estabelecimento de indivíduos de DAP < 10 cm (92,5%). Unicamente em 19 das 254 sub-parcelas foram detectadas plântulas (7,5%). O valor foi ainda mais baixo para os juvenis, somente 3 sub-parcelas (1,1%). Somente uma sub-parcela (0,4%), com presença de indivíduos DAP < 10 cm de *B. excelsa*, tinha uma situação de luminosidade do sub-bosque > 10 % de abertura de dossel (15,8%). As sub-parcelas com plântulas tiveram em média porcentagens de entrada de luz no sub-bosque similares (6,06%) ao restante das sub-parcelas (6,43%). Não houve correlação entre estabelecimento de plântulas e abertura de dossel (Teste Spearman, $r=-0,058$, $p=0,358$). O baixíssimo número de sub-parcelas com presença de juvenis impediu aplicação de teste estatísticos avaliativos do seu estabelecimento em relação à situação luminosa do sub-bosque.

3.6 Regeneração potencial

Em pouco mais da metade das unidades de amostragem (52%) não foram detectadas plântulas. A densidade média foi de $4,8 \pm 8,7$ plântulas ha^{-1} , com um máximo de 36,0 e um mínimo de 0,7 indivíduos ha^{-1} . O castanhal de Tajá foi o que teve maiores níveis de regeneração potencial. Nos três castanhais com exploração esporádica ou nula de castanha houve presença de plântulas (figura 5).

Analisaram-se, por unidades de amostragem, as possíveis associações entre densidade de plântulas e indicadores de extrativismo e outras variáveis ecológicas potencialmente explicativas. Após comprovação de não significância da regressão múltipla, realizaram-se correlações por pares entre a densidade de plântulas e as diversas variáveis independentes. A

única correlação significativa foi entre densidade de plântulas e densidade de jovens (tabela 5).

3.7 Regeneração pré-estabelecida

Na maioria das unidades de amostragem, não foram detectados juvenis. A presença destes somente foi confirmada em cinco castanhais (20%). Muru-Muru se destacou como o castanhal com maior regeneração preestabelecida (14,1 juvenis ha⁻¹), seguido do castanhal do Saco das Armas (6,7 n° juvenis ha⁻¹). Ambas as unidades tiveram as densidades expressivamente mais altas que a média geral (1,0 juvenis ha⁻¹). Os cinco castanhais com presença de juvenis caracterizaram-se por ser de alta (3) ou média (2) intensidade de coleta.

A densidade de juvenis por unidades de amostragem foi considerado indicador de regeneração pré-estabelecida e seus valores foram comparados com os indicadores de extrativismo e as variáveis demográficas e ecológicas potencialmente explicativas. Os resultados das correlações por pares gerou uma única associação significativa e negativa, entre a densidade de juvenis e a distância de carga/descarga, ainda que observou-se também tendência a correlação negativa com a densidade de ‘bocas de cutia’ (p=0,056) e de correlação positiva com a densidade de jovens (p=0,060) (tabela 6).

3.8 Regeneração estabelecida

Na área de estudo, a densidade média de jovens, árvores pré-reprodutivos (10-40 cm de DAP) foi de 0,5±0,8 jovens há⁻¹. Pouco mais de ¼ das unidades amostrais têm uma estrutura demografia de *B. excelsa* sem presença de árvores não reprodutivos. A densidade mais alta de jovens observou-se no castanhal de Muru-Muru, com 3,8 jovens ha⁻¹, 33,3% sobre o total de árvores DAP > 10 cm (tabela 3). Esta parcela destacou-se sobre o resto dos

lugares pesquisados tanto em densidade (oito vezes mais alta que a média geral) como em porcentagem de jovens (figura 6). Na maioria dos castanhais (64%) as densidades variaram entre 0,2 e 1,2 jovens ha^{-1} (tabela 3). Em termos de porcentagem, 40% das unidades de amostragem tiveram valores $< 10\%$ de jovens e 1/5 parte entre 10-20%. Somente dois castanhais (8%) superaram 20% de jovens em relação ao total de árvores DAP > 10 cm.

Uma vez comprovada a falta de significância da regressão múltipla entre a variável dependente (densidade de jovens) e as sete variáveis independentes relacionadas, analisou-se as correlações por pares. Os resultados não mostraram correlações significativas (tabela 7).

4. Discussão

4.1 Regeneração potencial e pré-estabelecida

Os estudos demográficos de *B. excelsa* mostram geralmente uma densidade mais elevada de plântulas que de juvenis nas florestas pesquisadas (Myers et al., 2000; Wadt et al., 2008; Cotta et al., 2008). Na região do Rio Trombetas, a densidade média de plântulas foi cinco vezes maior que a dos juvenis. Destaca-se que alta taxa de mortalidade das plântulas durante o primeiro ano de vida, provavelmente devido à predação do endosperma por parte de mamíferos terrestres, que é a principal causa de morte na transição entre as duas fases de vida (Oliveira, 2000; Zuidema e Boot, 2002, Cotta et al., 2008).

Existem poucos estudos detalhados sobre níveis de recrutamento das populações naturais de *B. excelsa*. Em comparação, o nível de regeneração potencial da região do Trombetas é o mais baixo dos até agora pesquisados (tabela 7). O único sítio com valores de densidade de plântula similares aos de Trombetas, Vale do Rio Acre (3,2-5,8 plântulas ha^{-1}), apresenta, entretanto, uma condição de regeneração mais favorável, já que a razão entre n° de plântulas e n° de adultos é substancialmente mais alta (tabela 7).

No Trombetas, o estabelecimento de plântulas não parece estar sendo influenciado pela disponibilidade de luz, a grande maioria dos indivíduos localizaram-se em áreas de sub-bosque com alto sombreamento da mesma forma que já foi observado em outros trabalhos (Myers et al., 2000; Baider, 2000; Zuidema e Boot, 2002). Nos poucos registros das sub-parcelas pesquisadas onde o sub-bosque estava em situação de clareiras florestais (0,8%), não foram detectadas plântulas. De igual forma, não parece existir correlação nenhuma entre nº de plântulas e atividade dispersiva das cutias.

Em relação ao extrativismo, não foram observadas correlações significativas entre as duas variáveis relacionadas com a intensidade de coleta (distância de carga/descarga e indicador taxa de coleta) e a regeneração potencial. A única observação relevante é o fato que os dois castanhais com maiores taxas de recrutamento, Tajá (36 plântulas ha⁻¹) e Gritador (20 plântulas ha⁻¹), são considerados de baixa intensidade de coleta o que poderia mostrar uma tendência, não confirmada estatisticamente, de maiores chances de germinação em áreas menos exploradas.

A densidade média de juvenis de *B. excelsa* na região do Rio Trombetas foi de $1,0 \pm 3,1$ juvenis ha⁻¹, mais baixa à observada em outros locais da Amazônia como a Resex Lago do Capanã Grande, Amazonas (4,4 juvenis ha⁻¹, Scoles e Gribel, artigo 3) e Nova Esperança, Acre (2,7 juvenis ha⁻¹, Viana et al., 1998), mas equiparável às do Vale do Rio Acre (0,7-1,8 juvenis ha⁻¹, Wadt et al., 2008). Na maioria das unidades de amostragens estudadas no Trombetas não foram detectados juvenis (80%). Os cinco castanhais com presença de juvenis foram de média ou alta intensidade de coleta. As correlações entre a densidade de juvenis e as variáveis ecológicas de estudo não deram resultados significativos, a exceção da distância de carga/descarga, que mostrou associação negativa com a regeneração pré-estabelecida. Com isso, sugere-se que os castanhais onde o lugar de descarga fica mais próximo dos pontos de coleta são os que têm uma densidade mais alta de juvenis. Ainda assim as poucas unidades de

amostragem com representação de juvenis obrigam a ser cautelosos com estas conclusões. Por último, detectou-se uma tendência associativa entre as densidades de juvenis e de jovens, o que não deixa de ser normal já que uma categoria antecede a outra, e, em ambos os casos, a taxa de sobrevivência é alta (Zuidema e Boot, 2002).

4.2 Regeneração estabelecida

Em relação a regeneração estabelecida, a região de estudo é uma das áreas estudadas na Amazônia com mais baixo percentual de jovens de *B. excelsa* (tabela 9). Ainda assim, a presença de jovens é maior que a do platô Almeidas, Flona Saracá-Taquera (Pará), área próxima a região do estudo, onde o percentual foi de somente 0,7% (Salomão, 2009). Em ambas as áreas, os castanhais têm uma estrutura demográfica parecida, com um domínio das classes intermédias de diâmetro (80-160 cm), um tamanho médio de DAP > 120 cm, e uma presença menor de jovens (DAP 10-40 cm) que de árvores senescentes (DAP > 200 cm).

Contrariamente as conclusões da meta-análise de Peres et al. (2003), este estudo não observou diferenças significativas de regeneração estabelecida em relação à intensidade de coleta (tabelas 6 e 8). A presença modesta de jovens em Trombetas não distingue os castanhais permanentemente coletados dos menos explorados. Na área de estudo, somente duas unidades de amostragem apresentaram níveis de regeneração com > 20% de jovens, uma é considerada de média (Muru-Muru, 33,3%) e outra de baixa intensidade de coleta (Tajá, 20%). Curiosamente, a primeira teve também as maiores densidades de juvenis e, a segunda, as mais altas densidades de plântulas. De igual forma, em outras regiões da Amazônia, de acordo com tabela 8, tanto áreas exploradas de forma permanente (Reserva Chico Mendes e Nova Esperança, Acre) como castanhais sem atividade extrativa significativa (A. I. Pinkaiti, Pará), apresentaram níveis apreciáveis de regeneração estabelecida (>25% de jovens).

Por que este e outros estudos recentes não confirmam as conclusões de Peres et al. (2003), que relaciona insuficiente regeneração das populações de *B. excelsa* em castanhais com permanentes níveis de extrativismo? Sugere-se que a mencionada meta-análise sofre de três problemas metodológicos que podem ter influenciado nos seus resultados: 1) o estudo usa levantamentos demográficos com grande disparidade nos tamanhos amostrais (de 03 ha a 1.350 ha) e no delineamento experimental (estudos dentro de castanhais, inventários florestais gerais); 2) compara regiões com grande variação biogeográfica e tipologia de vegetação, desde florestas úmidas densas (Hiléia) até florestas abertas situadas na transição floresta-savana (IBGE, 2004); 3) há certa subjetividade na categorização de castanhais por níveis de intensidade de coleta pelas informações que se dispõe sobre alguns deles (ex. Alter-do-Chão, Nova Esperança, Saracá-Taquera).

No presente estudo escolheu-se uma única região biogeográfica rica em castanhais e castanheiros e usaram-se dois indicadores quantitativos da intensidade extrativista para as análises estatísticas. Os resultados indicam que os baixos níveis de regeneração da região do Rio Trombetas não podem ser explicados por fatores relacionados com a remoção de sementes durante as atividades de coleta. De fato, a estrutura demográfica dos castanhais não parece estar sendo significativamente influenciada pela intensidade de coleta. Qual seria, então, o fator explicativo mais plausível?

A frequência de tamanhos de diâmetro segue uma distribuição normal em todos os castanhais estudados. Na maioria deles, as árvores têm um tamanho médio DAP > 100 cm (84%). No Trombetas, a curva de distribuição majoritária situa-se nos tamanhos intermediários de diâmetro (DAP, 80-160 cm), destacando que uma quarta parte das árvores são adultos envelhecidos (DAP > 160 cm) em fase descendente de produção tal como foi quantitativamente evidenciado em outras regiões amazônicas (Acre, Wadt et al. 2005). Com pouca presença de jovens e domínio de árvores centenárias (de castanheiras e outras

espécies), há indícios de que as perturbações de cobertura vegetal devem ter sido mínimas nos últimos séculos, especialmente após o esvaziamento populacional ameríndio ocorrido nos primeiros dois séculos de colonização europeia (Porro, 1992). Na atualidade, a maioria dos castanhais da região de Trombetas são distantes das comunidades locais e unicamente são freqüentados durante a safra da castanha, em períodos que não se alongam por mais de quatro meses. Deste modo, algumas atividades humanas (agricultura de corte e queima, técnicas de manejo florestal) que favorecem a regeneração da castanheira, espécie pioneira de longa vida, pelo aumento de abertura de dossel, não parecem ter influenciado na dinâmica populacional de *B. excelsa*. Em outras palavras, a estrutura demográfica dos castanhais do Trombetas, com pouca presença de jovens, seria consequência das poucas chances de entrada de luz numa floresta madura e dossel fechado, dominada por árvores centenárias.

Em outras regiões onde ocorre a castanheira, as características biogeográficas podem ser mais propícias para o rejuvenescimento populacional de *B. excelsa*, independentemente da ação humana. É o caso de alguns castanhais localizados em florestas abertas do Acre (Wadt et al., 2005) ou em áreas de transição com o cerrado no sudeste amazônico (Vale do Xingu) o no corredor seco que passa por Santarém (Alter-do-Chão). Nestes sítios, numa perspectiva histórica, as possibilidades de distúrbios florestais (mortes de árvores e aberturas de dossel devido às secas, incêndios florestais, etc.) são maiores do que em regiões dominadas por floresta ombrófila densa contínua. Nesta linha argumentativa, é interessante observar que os três castanhais de mais alta regeneração, sinalizados como ‘não coletados’ na meta-análise de Peres et al. (2003), estão situados em regiões florestais de transição com o cerrado. Uma explicação alternativa para alta proporção de jovens de *B. excelsa* nestes sítios seria que as áreas de tensão ecológica que eles ocupam são ambientalmente mais instáveis no longo prazo, o que favoreceria a ocorrência de perturbações na estrutura florestal e de eventos de regeneração para espécies de caráter pioneiro como a castanheira. Por tanto, a alta

regeneração encontrada nestes três sítios, fundamentais para as conclusões do trabalho de Peres et al. (2003), podem ter sido ocasionadas por instabilidade climática e ambiental de longo prazo e não pela baixa atividade de coleta a eles atribuída.

4.3 Atividade de cutia, extrativismo e regeneração

No Trombetas, observou-se uma correlação negativa e significativa entre a atividade de cutias e o indicador taxa de coleta, apesar de que os valores máximos e mínimos encontrados pertencem ao grupo de castanhais com nula intensidade de coleta (Ladeira do Plástico e Pirarara). A presença de maior número de ouriços abertos por cutia em castanhais menos coletados pode ser interpretada em dois sentidos não-excludentes: 1) a pressão de caça menor e 2) maior número disponível de ouriços no chão.

Existem poucos estudos que quantifiquem o impacto das atividades cinegéticas colaterais à coleta de castanha. Conforme Rosas (2006), as populações de cutias não foram reguladas pela intensidade de coleta da castanha em florestas do Acre, mesma conclusão tem chegado Ortiz (2002) no Peru. Numa propriedade de castanha no Rio Madre de Dios (Norte de Bolívia), Rumiz e Maglianesi (2001), avaliaram que a pressão de caça dos castanheiros sobre a população de cutias estava abaixo dos seus níveis críticos. Considerando estes estudos e lembrando que no Trombetas a freqüentação humana no castanhal é de no máximo quatro meses, é razoável pensar que as populações de cutia, roedor com ciclo reprodutivo contínuo e curto (Guimarães et al., 1997), não estejam seriamente afetadas pelas atividades extrativistas. De este modo, a menor disponibilidade de ouriços por concorrência humana explicaria a presença menor de ‘bocas de cutia’ nas unidades de amostragem com maior intensidade de coleta.

Os resultados das correlações entre as três variáveis vinculadas à regeneração e a atividade de cutia não deram nenhuma significância, o que deve ser interpretado como um sinal de alerta em relação à eficiência da cutia na regeneração natural da castanheira, freqüentemente superestimada em alguns estudos (Peres e Baider, 1997; Zuidema e Boot, 2002).

4.4 Implicações para manejo e gestão de castanhais

A inexistência de correlação entre intensidade de atividade extrativista e regeneração natural das populações de *B. excelsa* na região do Rio Trombetas descarta a adoção de ações restritivas relacionadas com a coleta de castanha, tal como podia ser sugerido pelas conclusões de Peres et al. (2003). Estas medidas, além de ineficientes desde o ponto de vista ecológico, causaria grandes prejuízos sócio-econômicos nas comunidades extrativistas situadas no entorno dos castanhais, cuja exploração da castanha é uma importante (freqüentemente a principal) fonte de renda. Na realidade, devido a sua dinâmica populacional, o castanhal depende mais da sobrevivência de adultos reprodutivos que das suas taxas de recrutamento, o que é típico de espécies de longa vida (Silvertown et al., 1993). Além disso, *B. excelsa* pode ser considerada uma planta de interação ecológica mutualística com a espécie humana, cujas atividades não somente não a prejudica, mas podem chegar a favorecer a regeneração desta espécie, especialmente aquelas atividades que resultem em maiores aberturas de dossel florestal. De fato, a castanheira é citada como espécie indicadora de distúrbios antrópicos pretéritos a pequena escala (Balée, 1989; Balée e Campbell, 1990; Roosevelt, 2000) e dependente de clareiras para o seu desenvolvimento juvenil (Mori e Prance, 1990; Salomão, 1991).

Com tudo, é inegável que as populações naturais de *B. excelsa* estão envelhecendo na região do Rio Trombetas, ainda que as causas não se relacionem com as atividades de coleta. Seguramente os motivos têm a ver com o despovoamento indígena nos séculos que se

seguiram a chegada dos europeus na região, associado às características heliófitas da castanheira, cujo desenvolvimento juvenil é dificultado em florestas maduras e pouco perturbadas.

De esta forma, ao invés de coibir a coleta de sementes, medidas compensatórias deve ser tomadas no sentido de melhorar as condições de regeneração futura dos castanhais. A produção de mudas em viveiros, seguidas do enriquecimento florestal em áreas mais abertas como clareiras e bordas florestais, devem ser estimuladas. A melhor opção seria o enriquecimento florestal com mudas juvenis de *B. excelsa* em clareiras florestais e áreas de borda. De igual forma, aconselha-se o enriquecimento de capoeiras e outras áreas antropizadas próximas aos assentamentos humanos, com objetivo de aproximar as áreas de coleta das comunidades de castanheiros. A implementação destas iniciativas, no entanto, devem obrigatoriamente contar, em todas suas fases, com a concordância e participação das populações locais, principais interessados na manutenção do potencial produtivo dos castanhais do Trombetas no longo prazo.

Agradecimentos

Agradecemos o apoio financeiro e logístico do Programa de Áreas Protegidas da Amazônia, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Programa Beca do Instituto Internacional de Educação do Brasil, Amazônia-Assemblea de Solidaritat e Projeto 'Banco do Germoplasma da Castanheira' do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/ Mineração Rio Norte / Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais. Somos muito gratos a colaboração e apoio do equipe humano do ICMBio do Porto Trombetas, em especial ao Coordenador de Pesquisas, Sr. Gilmar N. Klein, elaborador do mapa que figura neste artigo. Agradecimentos extensivos também à Salvador Pueyo e David Bertran pelas sugestões no

tratamento de dados. Os mais sinceros agradecimentos à Associação de Comunidades Remanescentes de Quilombos do Município de Oriximiná (ARQMO) e Associação de Moradores da Comunidade de Remanescentes de Quilombos de Cachoeira Porteira (AMOCREQ) pela confiança e conformidade com a pesquisa. Agradecemos também a todas as famílias das comunidades envolvidas direta ou indiretamente no trabalho de campo: Tapagem, Moura, Ultimo Quilombo, Cachoeira Porteira, Juarí e Cachoeira Pancada. Somos especialmente gratos aos auxiliares Dometilo Xavier, Edelson, Manoel Dileno, Raimundo Vião, Cleunildo, Miguel, Raimundo Edmar, Abelardo, Vivaldo, João Raimundo, Galo, Uanderson, Derico, Josimar, Joselino, Lucivaldo, Edward, Raimundo Adão, Antônio, Pedro, Jaderaldo, Pedro Paulo, Profeta, Ruberval, Francisco, Augusto, Aluizio, M^a Madalena, Edna, Valdelina e Lucinete, pela dedicação e predisposição nas expedições de campo em que participaram.

Referências

- Acevedo, R. E. M. e Castro, E., 1998. Negros do Trombetas: guardiães de matas e rios. CEPUIJ, 2^a edição, Belém, Pará, Brasil, 262 p.
- Allegretti, M. H., 1994. Reservas extrativistas: parâmetros para uma política de desenvolvimento sustentável na Amazônia, in: Anderson, A.B. et al. (Eds), O destino da floresta: reservas extrativistas e desenvolvimento sustentável na Amazônia. Relume-Dumara, Rio de Janeiro, Brasil, pp. 17-47.
- Amin, M.M.O., 1997. O extrativismo como fator de empobrecimento da economia do Pará, in: Ximenes, T. (Org.), Perspectivas de Desenvolvimento Sustentável (uma contribuição para Amazônia 21). UFPA/NAEA/UNAMAZ, Belém, Pará, Brasil, pp. 177-209.

- Anderson, A.B., 1994. Extrativismo vegetal e Reservas Extrativistas: limitações e oportunidades, in: Anderson, A.B. et al. (Eds), O destino da floresta: reservas extrativistas e desenvolvimento sustentável na Amazônia. Relume-Dumara, Rio de Janeiro, Brasil, pp. 227-245.
- Baider, C., 2000. Demografia e ecologia de dispersão de frutos de *Bertholletia excelsa* Humb. e Bonpl. (Lecythidaceae) em castanhais naturais silvestres da Amazônia Oriental. Teses de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Balée, W., 1989. The culture of Amazonian Forest, in: Posey, D.A., Balée, W. (Eds.), Resources Management in Amazonia: Indigenous and Folk Strategies. Advances in Economy Botany 7. New York Botanic Garden, New York, USA, pp. 1-21.
- Balée, W., Campbell, D.G., 1990. Evidence successional status of liana forest (Xingú River Basin, Amazonian Brazil). *Biotropica* 22, 36-47.
- Boot, R. G. A., Gullison, R. E., 1995. Approaches to developing sustainable extraction systems for tropical forest products. *Ecological Applications* 5(4), 896-903.
- Camargo, P.B.D., Salomao, R.P., Trumbore, S., e Martinelli, L. A. (1994). How old are large Brazil-nut trees (*Bertholletia Excelsa*) in The Amazon? *Scientia Agricola* 51, 389–391.
- Clay, J.W., 1997. Brazil nuts. The use of a keystone species for conservation and development, in: Freese, C.H. (Ed.), *Harvesting Wild Species: Implications for Biodiversity Conservation*. The John Hopking University Press, Baltimore, Maryland, USA, pp. 246-282.
- Clement, C.R., 2006. A lógica do mercado e o futuro da produção extrativista, in: VI Simpósio Brasileiro de Etnobiologia e Etnoecologia, Sessão 5: O (neo) extrativismo é viável socioambientalmente? Sociedade Brasileira de Etnobiologia e Etnoecologia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil, nov. 2006.

- Cotta, J.N., Kainer, K.A., Wadt, L.H.O., Staudhammer, C.L., 2008. Shifting cultivation effects on Brazil nut (*Bertholletia excels*) regeneration. *Forest Ecology and Management* 256, 28-35
- DHV, 1993. Estudios agro-ecológicos, forestales e sócio-económicos en la región de la castaña de la Amazonia Boliviana. Forest Resources Inventory. Banco Mundial / Gobierno de Holanda, Amersfoort, 191 p.
- Engelbrecht, B. M. J., Herz, H. M., 2001. Evaluation of different methods to estimate understory light conditions in tropical forest. *Journal of Tropical Forest* 17, 207-224.
- Fearnside, P. M., 1989. Extractive reserves in Brazilian Amazonia. An opportunity to maintain forest under sustainable use. *Bioscience* 39, 387–393.
- Google Earth, 2010. [on line] UHR: <http://earth.google.com/intl/pt/em>. Acesso: 22/11/2009.
- Guimarães, D.A., Moreira, D., Vale, W.G., 1997. Determinação do ciclo reprodutivo da cutia (*Dasyprocta prymnolopha*) através do diagnóstico colpocitológico. *Acta Amazônica* 27, 55-64.
- Homma, A.K.O., 1993. Extrativismo vegetal na Amazônia: limites e oportunidades. Embrapa, Centro de Pesquisas Agropecuárias do Tropicó Úmido, Belém, Pará, Brasil.
- Homma, A.K.O., 2000. Ensaio: Amazônia: os limites da opção extrativa. *Ciência Hoje* 159, 70-73.
- Huber, J., 1910. Mattas e madeiras amazônicas. *Boletim do Museu Paraense de História Natural* 6, 91-225.
- IBAMA- Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais, 2004. Plano de Manejo da Reserva Biológica do Rio Trombetas. Ministério de Meio Ambiente, Brasília, Brasil.

- IBGE -Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2004. Mapa de vegetação do Brasil. 4ª edição. Projeção Policônica. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Rio de Janeiro, Brasil. Escala 1: 5. 000. 000
- Mori, S.A., Prance, G.T., 1990. Taxonomy, ecology, and economy botany of Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Humb. e Bonpl.: Lecythidaceae). *Advances in Economic Botany* 8, 130-150.
- Müller, C.H., 1981. Castanha-do-Brasil: estudos agronômicos. EMBRAPA, Centro de Pesquisas Agropecuária do Trópico Úmido, Belém, Pará, Brasil. Documentos 1, 1-25.
- Müller, C. H., Rodrigues, I. A., Müller, A. A., Müller, N. R. M., 1980. Castanha do Brasil: resultados de pesquisas. EMBRAPA, Centro de Pesquisas Agropecuária do Trópico Úmido, Belém, Pará, Brasil. Miscelânea 2, 1-25.
- Myers, G., Newton, A. C., Melgarejo, O., 2000. The influence of canopy gap size on natural regeneration of Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) in Bolivia. *Forest Ecology and Management* 127, 119-128.
- Nepstad, D., Brown, I., Luz, L., Alechandre, A., Viana, V., 1992. Biotic impoverishment of amazonian forests by rubber tappers, loggers, and cattle ranchers, in: Nepstad, D., Schwartzman, S. (Eds.), *Non-timber products from tropical forests evaluation of conservation and development strategy*. *Advances in Economic Botany* 9, New York Botanic Garden, New York, USA, pp. 1-14.
- Nicotra, A.B., Chazdon, R. B., Iriarte, S.V.B., 1999. Spatial heterogeneity of light and woody seedling regeneration in tropical wet forest. *Ecology* 80, 1908-1926.
- Oliveira, M.V.T., 2000. Artificial regeneration in gaps and skidding trails after mechanised forest exploitation in Acre, Brazil. *Forest Ecology and Management* 127, 67-76.
- Ortiz, E. G., 1995. Survival in a nutshell. *Americas* 47, 7-12.

- Ortiz, E. G., 2002. Brazil nuts (*Bertholletia excelsa*), in: Shanley, P.; A. R. Pierce, S. A. Laird, A. Guillen (Eds.), Tapping the green market: certification and management of non-timber forest products. Earthsan Publications Ltd., Londres, Reino Unido, pp. 61-74.
- Peña-Claros, M., Boot, R. G. A., Dorado-Lora, J., Zonta, A., 2002. Enrichment planning of *Bertholletia excelsa* in secondary forest in the Bolivian Amazon: effect of cutting line width on survival, growth and crown traits. *Forest Ecology and Management* 161, 159-168.
- Peres, C, Schiesari, L. C., Dias-Leme, C. L., 1997. Vertebrate predation of Brazil-nuts (*Bertholletia excelsa*, Lecythidaceae), an agouti-dispersed Amazonian seed crop: a test of the escape hypothesis. *Journal of Tropical Ecology* 13, 69-79.
- Peres, C. A., Baider, C., 1997. Seed dispersal, spatial distribution and population structure of Brazilnut trees (*Bertholletia excelsa*) in southeastern Amazonia. *Journal of Tropical Ecology* 13, 595–616.
- Peres, C. A., Baider, C., Zuidema, P. A., Wadt, L. H. O., Kainer, K. A., Gomes-Silva, D. A. P., Salomão, R. P., Simões, L. L., Francisiosi, E. R. N., Valverde, F. C., Gribel, R., Shepard Jr., G. H., Kanashiro, M., Coventry, P., Yu, D. W., Watkinson, A. R., Freckleton, R. P., 2003. Demographic threat to the sustainability of Brazil nut exploitation. *Science* 302, 2112-2114.
- Porro, A., 1992. História indígena do Alto e Médio Amazonas. Séculos XVI a XVIII, in: Carneiro de Cunha, M. (Org.). História dos índios no Brasil. Companhia das Letras / Secretaria Municipal de Cultura / FAPESP, São Paulo, Brasil, pp. 175-196.
- Posey, D.A., 1985. Indigenous management of tropical forest ecosystems: the case of Kayapó Indians of the Brazilian Amazon. *Agroforestry Systems* 3, 139-158.

- Prance, G.T., Mori, S.A., 1990. Lecythidaceae – Part II, in: Library of Congress Cataloguing in Publication Data. Flora neotropica. – Monograph nº 1. New York Botanic Garden; USA.
- RadamBrasil, 1983. Mapa Amazônia Legal. Ministério das Minas e Energia. Secretaria de Estado, Brasília, Brasil. Escala 1: 1.250.000
- Roosevelt, A.C., 2000. The Lower Amazon: A dynamic human habitat, in: Lentz, D.L. (Ed.). Imperfect balance: landscape transformations in the Pre-Columbian Americas. Columbia University Press, New York, USA, pp. 455-479.
- Rosas, G. K. C., 2006. Pressão de caça, abundancia, densidade e riqueza de mamíferos em duas áreas de coleta de castanha-do-brasil situadas no sudoeste do estado do Acre, Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Acre, Acre, Brasil.
- Rumiz, D.I., Maglianesi, M.A., 2001. Huntings impacts associated with Brazil nut harvesting in the Bolivian Amazon. *Vida Silvestre Tropical* 10, 19-29
- Salomão, R.P., 1991. Estrutura e densidade de *Bertholletia excelsa* H. e B. ('Castanheira') nas regiões de Carajás, e Marabá, Estado do Para. *Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi Serie Botânica* 7, 47–68.
- Salomão, R.P., 2009. Densidade, estrutura e distribuição espacial da castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H. & B.) em dois platôs de floresta ombrófila densa na Amazônia setentrional brasileira. *Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi Ciências Naturais*, vol 4 (1), 11-25.
- Silvertown, J., Franco, M., Pisanty, I., Bolaños Riley, M., 1993. Comparative plant demography – relative importance of life-cycle components to the finite rate of increase in woody and herbaceous perennials. *Journal of Ecology* 81, 465-476.
- Stoian, D., 2004. Cosechando lo que cae: la economía de la castaña (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) en la Amazonía boliviana, in: Alexiades, M.N., Shanley, P. (Eds.), *Productos*

- forestales, medios de subsistencia y conservación: estudios de caso sobre sistemas de manejo de productos forestales no maderables. Vol. 3, América Latina. CIFOR, Bogor, Indonesia, pp. 89-116.
- SUDAM -Superintendência de Desenvolvimento de Amazonas, 1984. Atlas Climatológico da Amazônia Brasileira. SUDAM, 39: 1-125.
- Ticktin, T., 2004. The ecological implication of harvesting non-timber forest products. *Journal Applied Ecology* 41, 11-21.
- Tuck Hugaasen, J.M., Hugaasen, T., Peres, C.A., Gribel, R., Wegge, P., 2010. Seed dispersal of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*) by scatter-hoarding rodents in a central Amazonian forest. *Journal of Tropical Ecology* 26, 251-262.
- Tupiassú, A.; Oliveira, N.V.C., 1967. A castanha do Pará, estudos preliminares. IDESP, Belém, Pará. *Cadernos Paraenses* 3, 1-39.
- Viana, V.M., Mello, R. A., Moraes, L. M., Mendes, N. T., 1998. Ecologia e manejo de populações de castanha-do-Pará em reservas extrativistas Xapurí, Estado do Acre, in: Gascon, C., Mountinho, P. (Eds.), *Floresta Amazônica: Dinâmica, Regeneração e Manejo*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, INPA, Manaus, Amazonas, Brasil, pp. 277-292.
- Wadt, L.H.O., Kainer, K.A., Gomes-Silva, D.A.P., 2005. Population structure and nut yield of a *Bertholletia excelsa* stand in Southwestern Amazonia. *Forest Ecology and Management* 211, 371-384.
- Wadt, L.H.O, Kainer, K.A., Staudhammer, C.L., Serrano, R.O.P., 2008. Sustainable forest use in Brazilian extractive reserve: Natural regeneration of Brazil in exploited populations. *Biological Conservation* 141, 332-346.
- Zar, J.H., 1999. *Biostatistical Analysis*. Fourth Edition. Ed. Prentice Hall, New Jersey, USA.

Zuidema, P.A., 2003. Demografía y manejo del árbol de castaña (*Bertholletia excelsa*).

PROMAB (Programa de Manejo de Bosques Tropicales) Serie Científica 6, Riberalta, Bolivia.

Zuidema, P.A, Boot, R.G.A., 2002. 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* 18, 1-31.

Tabela 1. Indicadores de extrativismo nas unidades de amostragem da Região de Trombetas: Bacia do Rio Trombetas (T) e Bacia do Rio Erepecuru (E).

Nome Castanhal	Distância de carga/descarga (m)	Indicador Taxa de Coleta (ITC)	Nível de Intensidade de Coleta*
Fartura (T)	100	2.400	A
Saco Armas (T)	15	1.920	A
Loteiro (E)	40	1.800	A
Céu (T)	110	1.440	A
Uxizal (T)	110	1.440	A
Caxias (T)	80	1.200	A
Guariba (E)	350	1.200	A
Mureru (E)	420	1.200	A
Jauarí (T)	1.200	990	A
Tauarí (T)	15	900	A
Leonardinho (T)	260	840	A
Km 23 (T)	1.310	510	M
Curuá (T)	140	480	M
Muru-Muru (T)	80	420	M
Praia Grande (E)	140	360	M
Bolo (E)	70	360	M
Cajual (E)	110	300	M
Piquiá (T)	400	270	M
Serra Branca (T)	1.010	200	B
Tajá (T)	15	130	B
Taperebá (T)	2.370	84	B
Arrozal (T)	5.890	60	B
Gritador (T)	600	30	N
Pirarara (E)	5.850	0	N
Ladeira Plástico (E)	5.060	0	N

* A=Alto; M=Médio; B=Baixo; N=Nulo.

Tabela 2. Listagem das variáveis explicativas analisadas (x) para cada indicador do estudo: atividade de dispersão e/ou predação de cutia (densidade de ‘bocas de cutia’), regeneração potencial (densidade de plântulas), regeneração pré-estabelecida (densidade de juvenis), regeneração estabelecida (densidade de jovens).

Variável explicativa	Densidade de ‘bocas de cutia’	Densidade de plântulas	Densidades de juvenis	Densidade de jovens
Nº de famílias extrativistas	x	x	x	x
Distância de carga/descarga	x	x	x	x
Tempo de permanência	x	x	x	x
Densidade de adultos	x	x	x	x
Densidade de jovens		x	x	
Área copa total adultos	x	x	x	x
Área basal total		x	x	x
Densidade de ‘bocas de cutia’		x	x	x
Abertura dossel (%)		x	x	x

Tabela 3. Estrutura demográfica das 25 unidades de amostragem: densidade de adultos (DAP > 40 cm) e jovens (DAP, 10-40 cm), tamanho médio (DAP) e normalidade das distribuições de tamanho (teste K-S, $\alpha=0,05$). Região do Rio Trombetas.

Nome Castanhal	Densidade de adultos (n° árvores ha ⁻¹)	Densidade de jovens (n° árvores ha ⁻¹)	Tamanho médio (DAP, cm)	Teste de normalidade tamanhos (p)
Céu	9,20	0,80	141,8±53,4	0,555
Muru-Muru	7,60	3,80	70,9±48,0	0,248
Caxias	4,80	0,40	116,1±52,3	0,625
Fartura	8,40	0,20	137,5±42,1	0,903
Saco Armas	11,20	1,20	91,9±34,0	0,988
Uxizal	18,80	0,40	84,8±19,3	0,435
Tauarí	5,20	0,80	125,7±64,5	0,752
Leonardinho	12,00	0,20	139,8±44,5	0,631
Km 23	5,20	0,00	169,3±58,0	0,673
Arrozal	3,40	0,60	126,3±63,3	0,983
Serra Branca	2,60	0,20	143,0±54,9	0,966
Piquiá	7,60	0,00	151,5±47,2	0,730
Jauarí	4,60	0,00	169,9±83,7	0,728
Guariba	1,80	0,20	127,9±68,5	0,685
Cajual	4,20	0,00	171,7±53,4	0,884
Praia Grande	8,20	0,00	137,8±41,8	0,370
Pirarara	9,00	0,40	142,8±50,9	0,255
Loteiro	3,40	0,20	132,6±42,6	0,818
Gritador	4,80	0,80	116,9±62,4	0,423
Curuá	5,20	1,00	107,1±56,9	0,933
Bolo	8,40	0,40	125,0±47,2	0,925
Ladeira Plástico	3,20	0,00	137,0±37,9	0,966
Mureru	1,60	0,00	155,8±35,5	1,000
Taperebá	3,40	0,00	142,4±46,7	0,478
Tajá	3,60	1,00	82,9±43,9	0,990

Tabela 4. Estatística das correlações por pares entre densidade de ‘bocas cutia’ e variáveis ecológicas potencialmente explicativas.

Variável ecológica	Coefficiente correlação (r)	Coefficiente determinação (R ²)	Probabilidade (p), $\alpha=0,05$
Nº de famílias coletoras	-0,392	0,154	0,053
Indicador Taxa de Coleta	-0,418	0,175	0,038
Densidade de adultos	0,111	0,013	0,594
Área total de copa	0,258	0,066	0,213

Notas: As correlações foram feitas com 10 amostras (=nº de unidades de amostragem) e usando teste de Pearson, a exceção da análise com distância de carga em que foi usada correlação de Spearman. Valores em **negrito** quando a correlação foi significativa ($p<0,05$).

Tabela 5. Estatística das correlações por pares entre o indicador de regeneração potencial (densidade de plântulas) e variáveis ecológicas potencialmente explicativas. Região do Rio Trombetas.

Variável relacionada	Coefficiente correlação (r)	Coefficiente determinação (R ²)	Probabilidade (p), $\alpha=0,05$
Densidade de adultos	0,243	0,059	0,239
Densidade de jovens	0,431	0,186	0,032
Área total de copa	0,026	0,001	0,900
Área basal total	0,052	0,003	0,804
Distância de carga/descarga	-0,255	0,065	0,218
Indicador Taxa Coleta (ITC)	-0,243	0,059	0,240
Densidade de ‘bocas de cutia’	-0,043	0,059	0,839
Abertura de dossel	-0,249	0,062	0,230

Notas: As correlações foram feitas com 10 amostras (=nº de unidades de amostragem), a exceção da análise entre abertura de dossel e densidade de plântulas efetuada com 500 amostras. Valores em **negrito** quando a correlação foi significativa ($p<0,05$).

Tabela 6. Estatística das correlações por pares entre o indicador de regeneração pré-estabelecida (densidade de juvenis) e variáveis ecológicas potencialmente explicativas. Região do Rio Trombetas.

Variável relacionada	Coefficiente correlação (r)	Coefficiente determinação (R^2)	Probabilidade (p), $\alpha=0,05$
Densidade de adultos	0,245	0,060	0,236
Densidade de jovens	0,380	0,145	0,061
Área total de copa	0,032	0,001	0,877
Área basal	0,135	0,018	0,518
Distância carga/descarga	-0,430	0,182	0,033
Indicador Taxa Coleta (ITC)	0,285	0,081	0,166
Densidade de 'bocas de cutia'	-0,389	0,151	0,056
Abertura média de dossel	-0,088	0,008	0,674

Notas: As correlações foram feitas com 10 amostras (=n° de unidades de amostragem). Valores em **negrito** quando a correlação foi significativa ($p<0,05$).

Tabela 7. Estatística das correlações por pares entre o indicador de regeneração estabelecida (nº de jovens ha⁻¹) e variáveis ecológicas potencialmente explicativas. Região do Rio Trombetas. Unidades de amostragem (n=10).

Variável relacionada	Coefficiente correlação (r)	Coefficiente determinação (R ²)	Probabilidade (p), $\alpha=0,05$
Densidade de adultos	0,155	0,024	0,459
Área total de copa	-0,216	0,047	0,300
Área basal	-0,115	0,013	0,583
Distância carga/descarga	-0,166	0,027	0,429
Indicador Taxa Coleta (ITC)	-0,038	0,001	0,857
Densidade de ‘bocas de cutia’	-0,102	0,010	0,628
Abertura média de dossel	0,057	0,003	0,787

Nota: Usou-se correlação de Pearson a exceção das análises com distância de carga e abertura média de dossel (correlação de Spearman).

Tabela 8. Densidades de plântulas e razão plântulos e adultos em diferentes regiões da Bacia Amazônica, ordenadas em valores crescentes de densidade.

Região	Área total sub-parcelas (ha)	Densidade plântulas (nº indiv. ha ⁻¹)	Razão plântulas / adultos	Fontes consultadas
El Sena e Reserva Tigre, Bolívia	1,4; 4,5	25-50	8-40	Zuidema (2003)
Vale do Rio Acre, Acre, Brasil	2,25	3,2 a 5,8	2,0 a 6,1	Wadt et al. (2008)
A.I. Pinkaiti, PA, Brasil	5,6	29,8±9,8	17,5	Baider (2000)
Lago Capanã Grande, Amazonas, Brasil	2,5	24,8±19,9	2,9±1,9	Scoles e Gribel*
Rio Trombetas, Pará, Brasil	6,3	5,0±8,8	1,0±2,2	Este estudo

* artigo 2 e 3.

Tabela 9. Estimativa de regeneração estabelecida (% jovens, DAP 10-40 cm) em diferentes regiões da Bacia Amazônica, ordenadas em valores crescentes.

Região	Área amostrada (ha)	Nº de árvores	% Jovens	Fonte consultada
FLONA Saracá-Taquera, PA, Brasil	769	815	0,7	Salomão (2009)
Resex Cajari, Amapá, Brasil	22,6	276	1,5	Baider (2000)
Reserva Florestal El Tigre, Beni, Bolívia	12	152	5,9	Zuidema e Boot (2002)
Rio Trombetas, Pará, Brasil	125	850	7,4	Este estudo
El Sena, Pando, Bolívia	6	161	13,1	Zuidema e Boot (2002)
Marabá, Pará, Brasil	9	38	23,7	Salomão (1991)
Resex Chico Mendes, Acre, Brasil	420	568	25,5	Wadt et al. (2005) ^{<sup>50</sup>}
Resex Lago do Capanã Grande, Amazonas, Brasil	49	609	18,0	Scoles e Gribel*
Vale do Rio Acre, Acre, Brasil	108	224	31,3	Wadt et al. (2005) ^{<sup>50</sup>}
Nova Esperança, Acre, Brasil	51	161	40,0	Viana et al. (1998)
A.I. Pinkaiti, Pará, Brasil	60	224	43,3	Baider (2000) ^{<sup>60</sup>}

^{⁵⁰DAP 10-50 cm, ^{⁶⁰DAP 10-60 cm.}}

* artigo 2 e 3.

Legenda das figuras

Figura 1. Mapa da área de estudo, região do Rio Trombetas, Baixo Amazonas, Pará, Brasil.

Figura 2. Distribuição total de árvores de *B. excelsa* (DAP > 10 cm), em intervalos de classe de diâmetro de 10 cm. Região do Rio Trombetas.

Figura 3. Frequência de registros por intervalos de 1% da abertura de dossel na área total pesquisada, os números representados mostram extremo maior do intervalo (ex: 1= 0-1%; 2=1-2 %). Região do Rio Trombetas.

Figura 4. Estimativa de atividade de cutia através de cálculo da densidade média de ouriços roídos (nº de 'bocas de cutia' ha⁻¹) por unidade de amostragem. Região do Rio Trombetas.

Figura 5. Representação gráfica das densidades de plântulas (nº de plântulas ha⁻¹) nos castanhais da região do Rio Trombetas com presença de plântulas.

Figura 6. Porcentagem de jovens (nº de jovens / nº de árvores DAP>10 cm) nas unidades de amostragem da região do Rio Trombetas.

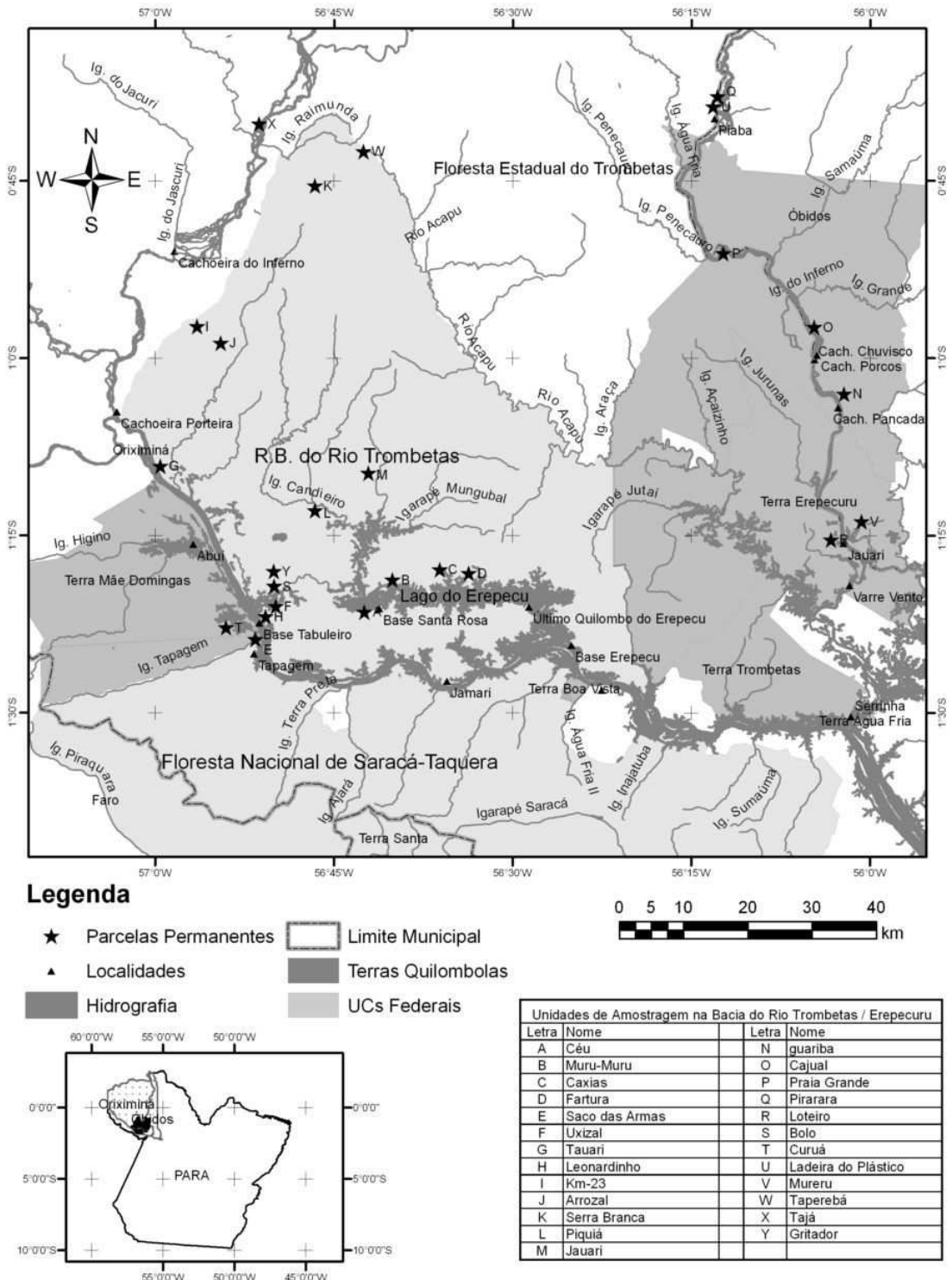


Fig. 1

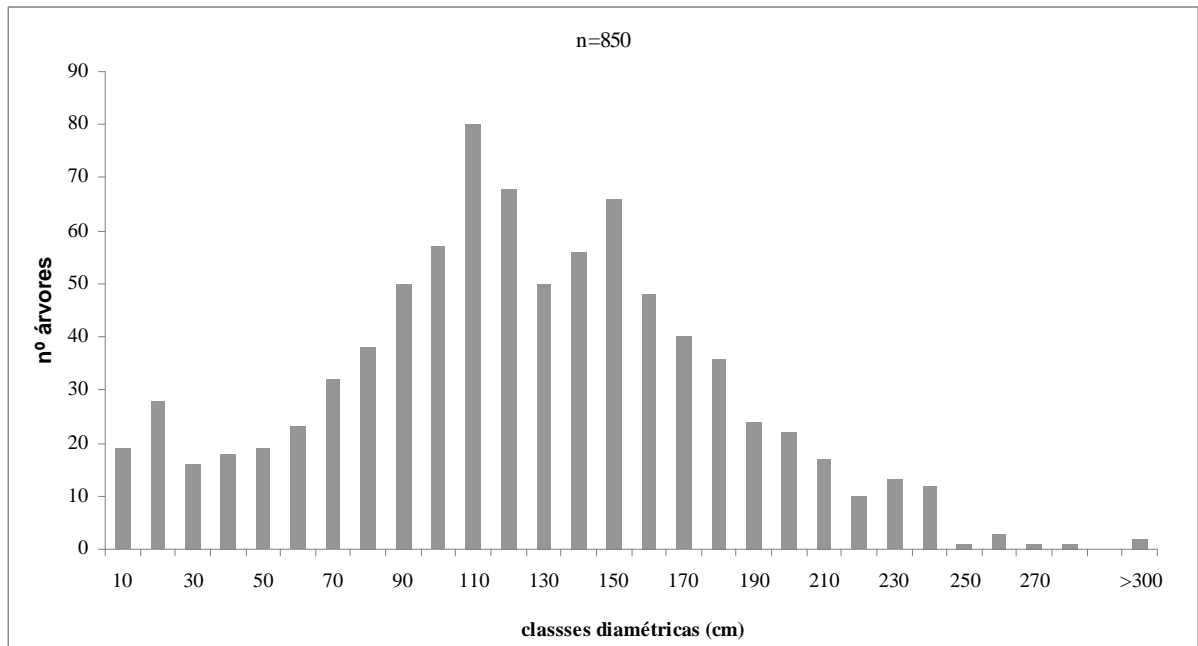


Fig. 2

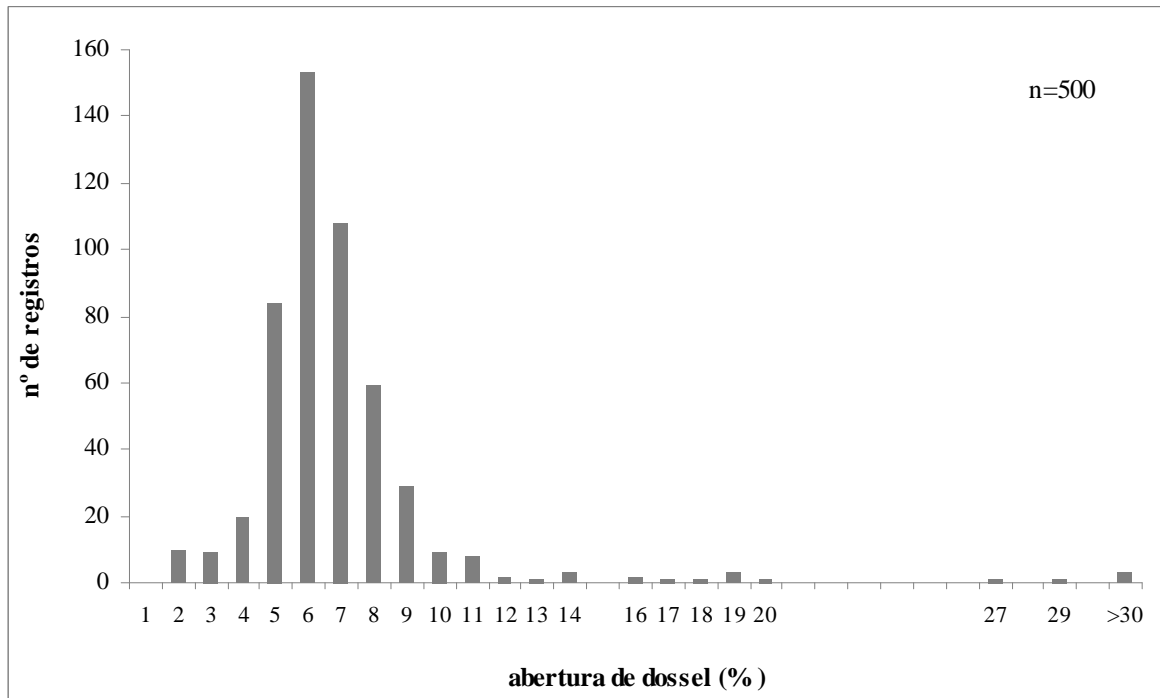


Fig. 3

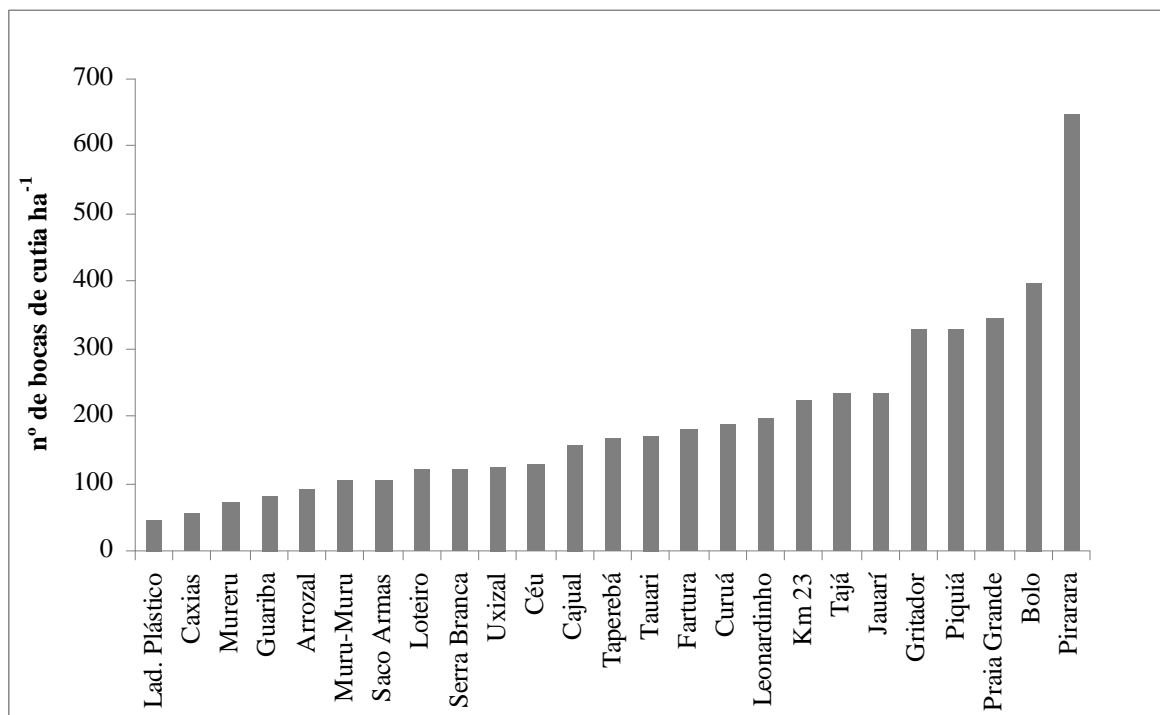


Fig. 4

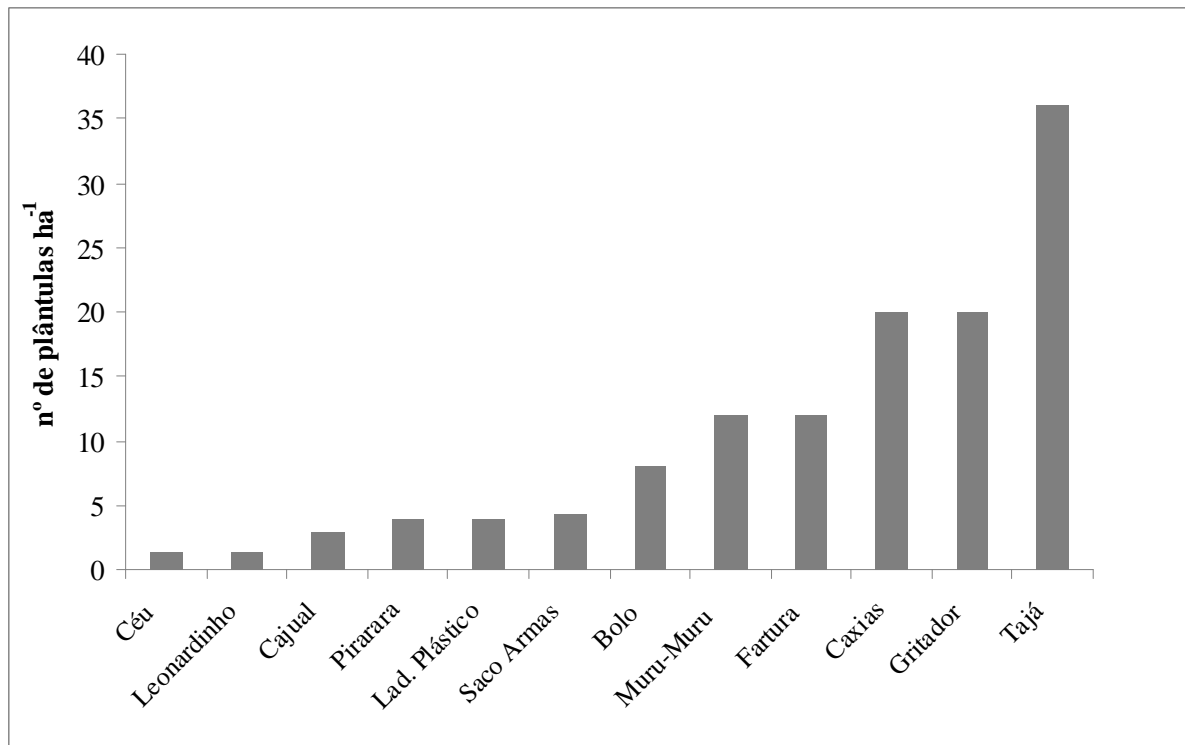


Fig. 5

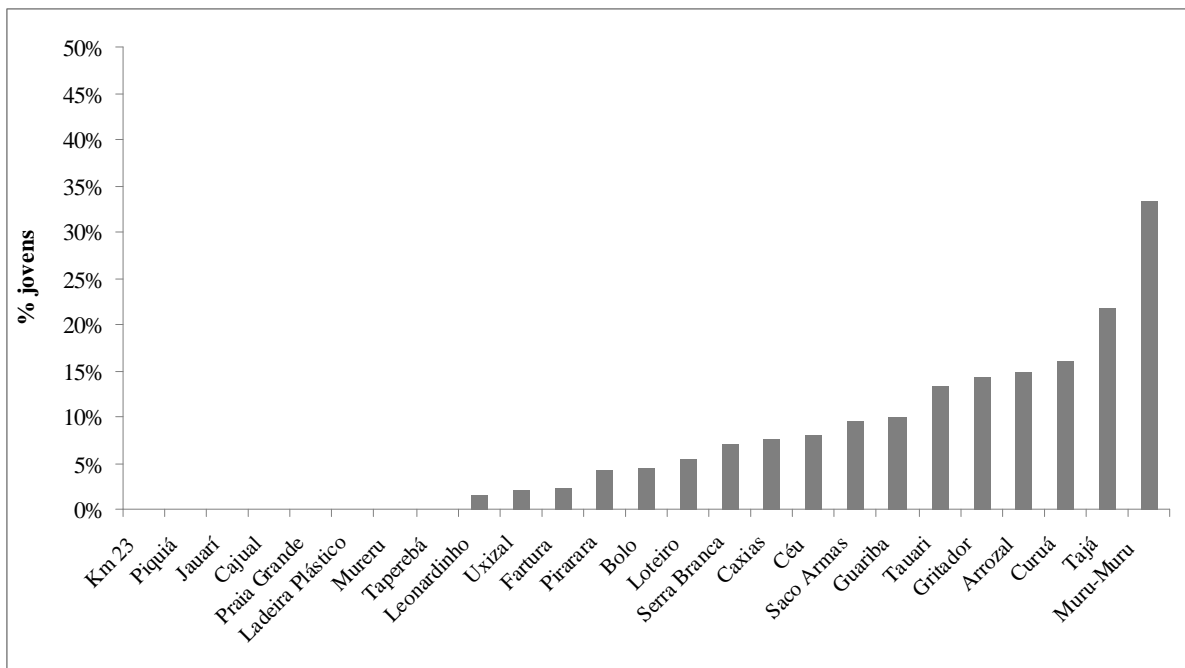


Fig. 6

CONCLUSÕES

- A castanheira é uma árvore tropical cujo desempenho juvenil depende de condições de alta luminosidade, confirmando-se a natureza heliófita desta espécie.
- As taxas de sobrevivência das mudas juvenis de *B. excelsa*, com endosperma já absorvido, são altas com independência das condições ambientais onde são plantadas.
- Devido a estas características ecológicas, a castanheira é uma árvore nativa com grande potencial para reflorestamentos, recuperação de ambientes degradados e enriquecimentos de capoeiras na região da Amazônia.
- A estrutura demográfica das populações naturais de *B. excelsa* é relacionada com diferentes padrões de ocupação humana pretérita e contemporânea, sendo os castanhais exemplos de florestas antropogênicas.
- Os níveis de regeneração e adensamento de *B. excelsa* foram maiores nos castanhais localizados próximos à assentamentos humanos e intensamente freqüentados pelos moradores do lugar, em relação aos mais afastados e com menor perambulação humana.
- Algumas atividades humanas podem favorecer à regeneração da castanheira por facilitar maiores chances de entrada de luz no sub-bosque e por dispersar de forma involuntária sementes durante as diversas fases da coleta da castanha.
- A regeneração potencial e estabelecida de *B. excelsa* nas populações com uma distribuição majoritária de árvores com tamanhos intermediários não parece estar influenciada pela intensidade de coleta nem pela atividade de remoção de sementes por cutias.

- Em castanhais maduros e com histórico de exploração de sementes desaconselha-se tomar medidas restritivas nas atividades de remoção de sementes. Essas medidas são ecologicamente ineficazes e podem provocar desnecessários prejuízos na economia de numerosas famílias de castanheiros.
- Em áreas com castanhais envelhecidos devem ser tomadas medidas compensatórias como técnicas de enriquecimento com *B. excelsa* em clareiras florestais e/ou áreas perturbadas, com a finalidade de rejuvenescer as populações naturais de castanheira.
- Devido a suas características ecológicas, as populações de castanheira têm acompanhado as sociedades humanas rurais na Amazônia. Entre as características mais importantes citam-se que (1) é uma árvore pioneira de longa vida que acostuma a colonizar espontaneamente lugares com distúrbios passados ou recentes, e (2) é uma planta com fruto comestível que provavelmente foi favorecida ao longo do tempo pelas práticas tradicionais de manejo florestal das populações ameríndias e pela dispersão involuntária ou voluntária de suas sementes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acevedo, R.E.M. e Castro, E. 1998. *Negros do Trombetas: guardiãs de matas e rios*. CEPUIJ, 2ª edição, Belém, Pará, Brasil. 262pp.

AGRITEMPO, 2009. Sistema de Monitoramento Agrometeorológico do Governo do Amazonas (www.agritempo.gov.br/agroclima/pesquisaWeb?uf=AM). Acesso: 15/11/2009.

AHIMOT, 2009. Administração das Hidrovias da Amazônia Ocidental (www.ahimoc.com.br/interna.php?nomeArquivo=hidrovia). Acesso: 23/11/2009.

Allegretti, M.H. 1994. Reservas extrativistas: parâmetros para uma política de desenvolvimento sustentável na Amazônia. In: Anderson, A.B. et al. (Eds.). *O destino da floresta: reservas extrativistas e desenvolvimento sustentável na Amazônia*. Relume-Dumara, Rio de Janeiro, Brasil. p. 17-47.

Amin, M.M.O. 1997. O extrativismo como fator de empobrecimento da economia do Pará. In: Ximenes, T. (Org.), *Perspectivas de Desenvolvimento Sustentável (uma contribuição para Amazônia 21)*. UFPA/NAEA/UNAMAZ, Belém, Pará, Brasil. p. 177-209.

Amoroso, M.R. 1992. Corsários no caminho fluvial: os Mura do rio Madeira. In: Carneiro de Cunha, M. (Org.), *História dos índios no Brasil*. Companhia das Letras / Secretaria Municipal de Cultura / FAPESP, São Paulo, Brasil. p. 297-310.

Anderson, A.B. 1990. Extraction and forest management by rural inhabitants in the Amazon Estuary. In: Anderson, A.B. (Ed.). *Alternatives of Deforestation: Steps Toward Sustainable Use of the Amazon Rain Forest*. Columbia University Press, New York, USA. p. 65-85.

Anderson, A.B. 1994. Extrativismo vegetal e reservas extrativistas: limitações e oportunidades. In: Anderson, A.B. et al. (Eds.). *O destino da floresta: reservas extrativistas e desenvolvimento sustentável na Amazônia*. Relume-Dumara, Rio de Janeiro, Brasil. p. 17-47.

- Baider, C. 2000. *Demografia e ecologia de dispersão de frutos de Bertholletia excelsa Humb. e Bonpl. (Lecythidaceae) em castanhais naturais silvestres da Amazônia Oriental*. Teses de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil. 252pp.
- Balée, W. 1989. The culture of Amazonian Forest, *In: Posey, D.A.; Balée, W. (Eds.), Resources Management in Amazonia: Indigenous and Folk Strategies*. Advances in Economy Botany 7. New York Botanic Garden, New York, USA. p. 1-21.
- Balée, W. 2006. The Research program of historical ecology. *Annu. Rev. Anthropol*, 35:75-98.
- Balée, W.; Campbell, D.G. 1990. Evidence successional status of liana forest (Xingú River Basin, Amazonian Brazil). *Biotropica*, 22: 36-47.
- Bojanic, A.J.H. 2001. *El balance es hermoso: desarrollo sostenible y los bosques de la Amazonas Boliviana*. PROMAB (Serie Científica 3), Santa Cruz, Bolivia.
- Boot, R.G.A.; Gullison, R.E. 1995. Approaches to developing sustainable extraction systems for tropical forest products. *Ecological Applications*, 5: 896-903.
- Brasil. 1979. Projeto RadamBrasil; folha SB. 20-Purus (Levantamento de recursos naturais 17). Ministério de Minas e Energia, Departamento Nacional de Produção Mineral, Rio de Janeiro, Brasil. 556pp.
- Brasil, 2004. Decreto de 3 de junho de 2004. *Diário Oficial [da] Republica Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 4 de jun. 2004, p. 6.
- Brienen, R.J.W.; Zuidema, P.A. 2006. Lifetime growth patterns and age of bolivian rain forest tree obtained by tree ring analysis. *Journal of Ecology*, 94: 481-493.
- Camargo, P.B.D.; Salomão, R.P.; Trumbore, S.; Martinelli, L.A. 1994. How old are large Brazil-nut trees (*Bertholletia Excelsa*) in The Amazon? *Scientia Agricola*, 51: 389–391.

Campbell, D.G.; Ford, A.; Lowell, K.S.; Walker, J.; Lake, J.K.; Ocampo-Raeder, C.; Townesmith, A.; Balick, M. 2006. The feral forest of the Eastern Petén. *In*: Balée, W.; Erickson, C.L. (Eds.). *Time and complexity in historical ecology: studies in the neotropical lowlands*. Columbia University Press, New York, USA. p. 21-55.

Clay, J.W. 1997. Brazil nuts. The use of a keystone species for conservation and development. *In*: Freese, C.H. (Ed.). *Harvesting Wild Species: Implications for Biodiversity Conservation*. The John Hopking University Press, Baltimore, Maryland, USA, p. 246-282.

Clement, C.R. 2006. A lógica do mercado e o futuro da produção extrativista. *In*: VI Simpósio Brasileiro de Etnobiologia e Etnoecologia, Sessão 5: *O (neo) extrativismo é viável socioambientalmente?* Sociedade Brasileira de Etnobiologia e Etnoecologia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil, nov. 2006.

Cochrane, T.T.; Sánchez, P.A. 1982. Recursos de tierras, suelos y su manejo en la región amazónica: informe acerca del estado de conocimientos. *In*: Hecht, S.B. (Ed.). *Amazonia. Investigación sobre agricultura y usos de sus tierras*. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. p. 169-185.

Cotta, J.N.; Kainer, K.A.; Wadt, L.H.O.; Staudhammer, C.L. 2008. Shifting cultivation effects on Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) regeneration. *Forest Ecology and Management*, 256: 28-35.

DHV, 1993. *Estudios agro-ecológicos, forestales y sócio-económicos en la región de la Amazonia Boliviana*. Forest Resources Inventory. Banco Mundial / Gobierno de Holanda, Amersfoort. 191 pp.

Diniz, T.D.A.S.; Bastos, T.X. 1974. Contribuição ao conhecimento do clima típico da castanha-do-Brasil. *Boletim Técnico IPEAN*, 64: 59-71.

EMBRAPA –Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias, 1997. *Manual de Métodos de Análise de Solo*. EMBRAPA-CNPS, Rio de Janeiro, Brasil. 212pp.

EMBRAPA –Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias, 1999. *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. Embrapa Solos, Brasília, Brasil. 270pp.

EMBRAPA –Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias, 2006. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 2ª edição. EMBRAPA-CNPq, Rio de Janeiro, Brasil. 306pp.

Engelbrecht, B.M.J.; Herz, H.M. 2001. Evaluation of different methods to estimate understory light conditions in tropical forest. *Journal of Tropical Forest*, 17: 207-224.

Fearnside, P.M. 1989. Extractive reserves in Brazilian Amazonia. An opportunity to maintain forest under sustainable use. *Bioscience*, 39: 387–393.

Fernandes, N.P.; Alencar, J.C. 1993. Desenvolvimento de árvores nativas em ensaios de espécies. 4. Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.), dez anos após o plantio. *Acta Amazônica*, 23: 191-198.

Google Earth 2010. Google Earth (www.earth.google.com/intl/pt/em). Acesso: 22/11/2009.

Guimarães, D.A.; Moreira, D.; Vale, W.G. 1997. Determinação do ciclo reprodutivo da cutia (*Dasyprocta prymnolopha*) através do diagnóstico colpocitológico. *Acta Amazônica*, 27: 55-64.

Hayashida-Oliver, Y.; Boot, R.G.A.; Poorter, L. 2001. Influencia de la disponibilidad de agua y luz en el crecimiento y la morfología de plantines de *Swietenia macrophylla*. *Cedrela odorata* e *Bertholletia excelsa*. *Ecología en Bolivia*, 35: 51-60.

Homma, A.K.O. 1993. *Extratativismo vegetal na Amazônia: limites e oportunidades*. Embrapa, Centro de Pesquisas Agropecuárias do Tropicó Úmido, Belém, Pará, Brasil. 202pp.

Homma, A.K.O. 2000. Ensaio: Amazônia: os limites da opção extrativa. *Ciência Hoje*, 159: 70-73.

Huber, J. 1910. Mattas e madeiras amazônicas. *Boletim do Museu Paraense de História Natural*, 6: 91-225.

- IBAMA- Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais, 2004. *Plano de Manejo da Reserva Biológica do Rio Trombetas*. Ministério de Meio Ambiente, Brasília, Brasil.
- IBCE, 2010. Instituto Boliviano de Comercio Exterior (<http://www.ibce.org.bo>). Acesso: 26/05/2010.
- IBGE -Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2004. *Mapa de vegetação do Brasil*. 4ª edição. Projeção Policônica. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Rio de Janeiro, Brasil. Escala 1:5.000.000
- IBGE -Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2008. *Produção de extração vegetal e da silvicultura*. Vol 23. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Rio de Janeiro, Brasil. 47pp.
- INPE/CPTEC/PCD, 2010. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos. Plataforma de Coleta de Dados (<http://satelite.cptec.inpe.br/PCD>). Acesso: 20/05/2010.
- Kainer, K.A.; Duryea, M.L.; Costa de Macêdo, N.; Williams, K. 1998. Brazil nut seedling establishment and autoecology in an extractive reserve in Acre, Brazil. *Ecological Applications*, 8: 397-410.
- Kainer, K.A., Wadt, L.H.O., e Staudhammer, C.L. (2007). Explaining variation in Brazil nut fruit production. *Forest Ecology and Management*, 250: 244-255.
- Lopes, A.S.; Guilherme, L.R.G. 1992. *Interpretação e análise do solo: conceitos e aplicações*. 3ª edição. Associação Nacional para Difusão de Adubos, São Paulo, Brasil. 48 pp.
- Menéndez, M.A. 1992. A área Madeira-Tapajós. Situação de contato e relações entre colonizador e indígenas. In: Carneiro de Cunha, M. (Org.). *História dos índios no Brasil*. Companhia das Letras / Secretaria Municipal de Cultura / FAPESP, São Paulo, Brasil. p. 281-296.

Mori, S.A.; Prance, G.T. 1990. Taxonomy, ecology, and economic botany of Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Humb. e Bonpl.: Lecythidaceae). *Advances in Economic Botany*, 8: 130-150.

Müller, C.H. 1981. Castanha-do-Brasil: estudos agronômicos. EMBRAPA, Centro Pesquisas Agropecuárias do Trópico Úmido, Belém, Brasil. *Documentos*, 1: 1-25.

Müller, C.H.; Rodrigues, I.A.; Müller, A.A.; Müller, N.R.M. 1980. Castanha do Brasil: resultados de pesquisas. EMBRAPA, Centro de Pesquisas Agropecuárias do Trópico Úmido, Belém, Brasil. *Miscelânea*, 2: 1-25.

Myers, G.; Newton, A.C.; Melgarejo, O. 2000. The influence of canopy gap size on natural regeneration of Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) in Bolivia. *Forest Ecology and Management*, 127: 119-128.

Nepstad, D.; Brown, I.; Luz, L.; Alechandre, A.; Viana, V. 1992. Biotic impoverishment of amazonian forests by rubber tappers, loggers, and cattle ranchers. *In*: Nepstad, D.; Schwartzman, S. (Eds.). *Non-timber products from tropical forests evaluation of conservation and development strategy*. Advances in Economic Botany 9, New York Botanic Garden, New York, USA. p. 1-14.

Nicotra, A.B.; Chazdon, R.B.; Iriarte, S.V.B. 1999. Spatial heterogeneity of light and woody seedling regeneration in tropical wet forest. *Ecology* 80: 1908-1926.

Oliveira, M.V.T., 2000. Artificial regeneration in gaps and skidding trails after mechanised forest exploitation in Acre, Brazil. *Forest Ecology and Management*, 127: 67-76.

Ortiz, E.G. 1995. Survival in a nutshell. *Americas*, 47: 7-12.

Ortiz, E.G. 2002. Brazil nuts (*Bertholletia excelsa*). *In*: Shanley, P.; Pierce, A.R.; Laird, A.R.; Guillen, A. (Eds.). *Tapping the green market: certification & management of non-timber forest products*. Earthsan Publications Ltd., Londres, Reino Unido. p. 61-74.

Pereira, H.S. 1994. Manejo agroflorestal da castanheira (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) na região do Lago do Tefé (AM). Ver. U.A. Série Ciências Agrárias, 3: 11-32.

Peña-Claros, M.; Boot, R.G.A.; Dorado-Lora, J.; Zonta, A. 2002. Enrichment planning of *Bertholletia excelsa* in secondary forest in the Bolivian Amazon: effect of cutting line width on survival, growth and crown traits. *Forest Ecology and Management*, 161: 159-168.

Peres, C.A.; Schiesari, L.C.; Dias-Leme, C.L. 1997. Vertebrate predation of Brazil-nuts (*Bertholletia excelsa*, Lecythidaceae), an agouti-dispersed Amazonian seed crop: a test of the escape hypothesis. *Journal of Tropical Ecology*, 13: 69-79.

Peres, C.A.; Baider, C. 1997. Seed dispersal, spatial distribution and population structure of Brazilnut trees (*Bertholletia excelsa*) in southeastern Amazonia. *Journal of Tropical Ecology*, 13: 595-616.

Peres, C.A.; Baider, C.; Zuidema, P.A.; Wadt, L.H.O.; Kainer, K.A.; Gomes-Silva, D.A.P.; Salomão, R.P.; Simões, L.L.; Francisiosi, E.R.N.; Valverde, F.C.; Gribel, R.; Shepard Jr., G.H.; Kanashiro, M.; Coventry, P.; Yu, D.W.; Watkinson, A.R.; Freckleton, R.P. 2003. Demographic threat to the sustainability of Brazil nut exploitation. *Science*, 302: 2112-2114.

Peters, C.M. 2000. Precolumbian silviculture and indigenous management of neotropical forest. In: Lentz, D.L. (Ed.). *Imperfect balance: landscape transformations in the Precolumbian Americas*. Columbia University Press, New York, USA. p. 203-223.

Peters, C.M.; Ballick, M.J.; Kahn, F.; Anderson, A. 1989. Oligarchic forest of economic plants in Amazonia: utilization and conservation of an important tropical resources. *Conservation Biology*, 3: 341-349.

Porro, A. 1992. História indígena do Alto e Médio Amazonas. Séculos XVI a XVIII. In: Carneiro de Cunha, M. (Org.). *História dos índios no Brasil*. Companhia das Letras / Secretaria Municipal de Cultura / FAPESP, São Paulo, Brasil. p. 175-196.

Posey, D.A. 1985. Indigenous management of tropical forest ecosystems: the case of Kayapó Indians of the Brazilian Amazon. *Agroforestry Systems*, 3: 139-158.

RadamBrasil, 1983. *Mapa Amazônia Legal*. Ministério das Minas e Energia. Secretaria de Estado, Brasília, Brasil. Escala 1: 1.250.000

Reiners, W.A., Bouwman, A.F.; Parsons, W.F.J.; Keller, M. 1994. Tropical forest conversions of pasture: changes in vegetation and soil properties. *Ecological Applications*, 4: 363-377.

Roosevelt, A.C. 2000. The Lower Amazon: A Dynamic Human Habitat. In: Lentz, D.L. (Ed.). *Imperfect balance: landscape transformations in the Pre-Columbian Americas*. Columbia University Press, New York, USA. p. 455-479.

Rosas, G.K.C. 2006. *Pressão de caça, abundancia, densidade e riqueza de mamíferos em duas áreas de coleta de castanha-do-brasil situadas no sudoeste do estado do Acre, Brasil*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Acre, Acre, Brasil. 84pp.

Ruiz-Pérez, M.; Belcher, B.; Achdiawan, R.; Alexiades, M.; Aubertin, C.; Caballero, J.; Campbell, B.; Clement, C.R.; Cunningham, T.; Fantini, A.; Foresta, H.; García-Fernández, C.; Gautam, K.H.; Hersch-Martínez, P.; Jong, W.; Kusters, K.; Kutty, M.G.; López, C.; Fu, M.; Martínez-Alfaro, M.A.; Nair, T.K.R.; Ndoye, O.; Ocampo, R.; Rai, N.; Ricker, M.; Schreckenber, K.; Shackleton, S.; Shanley, P.; Sunderland, T.; Youn, Y.C. 2004. Markets drive the specialization strategies of forest peoples. *Ecology and Society*, 9(2): 4.

Rumiz, D.I.; Maglianesi, M.A. 2001. Huntings impacts associated with Brazil nut harvesting in the Bolivian Amazon. *Vida Silvestre Tropical*, 10: 19-29.

Salomão, R.P. 1991. Estrutura e densidade de *Bertholletia excelsa* H. e B. ('Castanheira') nas regiões de Carajas, e Maraba, Estado do Para. *Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi Série Botânica*, 7: 47-68.

Salomão, R.P.; Rosa, N.A.; Castilho, A.; Morais, A.C. 2006. Castanheira-do-Brasil recuperando áreas degradadas e provendo alimento e renda para comunidades de Amazônia Setentrional. *Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi, Ciências Naturais*, 2: 65-78.

Salomão, R.P. 2009. Densidade, estrutura e distribuição espacial da castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H. & B.) em dois platôs de floresta ombrófila densa na Amazônia setentrional brasileira. *Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi Ciências Naturais*, 4: 11-5.

Schubart, H.O.R.; Franken, W.; Luizão, F.J. 1984. Uma floresta sobre solos pobres. *Ciência Hoje*, 2: 26-32.

Silvertown, J.; Franco, M.; Pisanty, I.; Bolaños Riley, M. 1993. Comparative plant demography – relative importance of life-cycle components to the finite rate of increase in woody and herbaceous perennials. *Journal of Ecology*, 81: 465-476.

Souza, C.R.; Lima, R.M.B.; Azevedo, C.P.; Rossi, L.M.B. 2008. Desempenho de espécies florestais de uso múltiplo. *Scientia Forestalis*, 77: 7-14.

Stoian, D. 2004. Cosechando lo que cae: la economía de la castaña (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) en la Amazonía boliviana, *In: Alexiades, M.N., Shanley, P. (Eds.). Productos forestales, medios de subsistencia y conservación: estudios de caso sobre sistemas de manejo de productos forestales no maderables (Vol. 3, América Latina). CIFOR, Bogor, Indonesia. p. 89-116.*

SUDAM -Superintendência de Desenvolvimento de Amazonas, 1984. Atlas Climatológico da Amazônia Brasileira. *SUDAM*, 39: 1-125.

Swaine, M.D.; Hall, J.B. 1983. Early succession on cleared forest land in Ghana. *Journal of Ecology*, 71: 601–627.

Ticktin, T. 2004. The ecological implication of harvesting non-timber forest products. *Journal Applied Ecology*, 41: 11-21.

Tonini, H.; Kaminski, P.E.; Costa, P. 2008. Relação da produção de sementes de castanha-do-brasil com características morfológicas da copa e índice de competição. *Pesq. Agrop. Brás.*, 43: 1509-1516.

Tuck Haugaasen, J.M.; Haugaasen, T.; Peres, C.A.; Gribel, R.; Wegge, P. 2010. Seed dispersal of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*) by scatter-hoarding rodents in a central Amazonian forest. *Journal of Tropical Ecology*, 26: 251-262.

Tupiassú, A.; Oliveira, N.V.C. 1967. A castanha do Pará, estudos preliminares. IDESP, Belém, Pará. *Cadernos Paraenses*, 3: 1-39

Venturieri, A.; Watrin, O.S.; Valente, M.A.; Campos, A.G.S.; Silva Neto, P.S. 2000.

Zoneamento agroecológico nas terras quilombolas Trombetas e Erepecuru.

ARQMO/Comissão Pró-Índio de São Paulo/ Embrapa Amazônia Oriental, São Paulo, Brasil 46pp.

Viana, V.M.; Mello, R.A.; Moraes, L.M.; Mendes, N.T. 1998. Ecologia e manejo de populações de castanha-do-Pará em reservas extrativistas Xapurí, Estado do Acre. *In: Gascon, C.; Mountinho, P. (Eds.). Floresta Amazônica: Dinâmica, Regeneração e Manejo.* Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, INPA, Manaus, Amazonas, Brasil. p. 277-292.

Vieira, A.H.; Locatelli, M.; Souza, V.F. 1998. *Crescimento de castanha-do-brasil em dois sistemas de cultivo.* Boletim de Pesquisa 22. EMBRAPA-CPAF Rondônia, Porto Velho, Brasil. 13pp.

Vieira, L.S.; Santos, P.C.T.C. 1987. *Amazônia, seus solos e outros recursos naturais.* Editorial Agronômica Ceres, São Paulo, Brasil. 416pp.

Wadt, L.H.O.; Kainer, K.A.; Gomes-Silva, D.A.P. 2005. Population structure and nut yield of a *Bertholletia excelsa* stand in Southwestern Amazonia. *Forest Ecology and Management*, 211: 371-384.

Wadt, L.H.O.; Kainer, K.A.; Staudhammer, C. L; Serrano, R.O.P. 2008. Sustainable forest use in Brazilian extractive reserve: Natural regeneration of Brazil in exploited populations. *Biological Conservation*, 141: 332-346.

Willis, K.J.; Gullson, L.; Brncic, T.M. 2004. How “virgin” is the virgin rainforest? *Science*, 304: 402-403.

Yared, J.A.G.; Kanashiro, M.; Viana, L.M.; Castro, T.C.A.; Pantoja, J.R. 1993. Comportamento silvicultural de castanheira (*Bertholletia excelsa* H. & B.) em diversos locais da Amazônia. In: Congresso Florestal Panamericano 1; Congresso Florestal Brasileiro 7, Curitiba, *Anais...*Curitiba, Brasil. p. 416-418.

Zar, J.H. 1999. *Biostatistical Analysis*. Fourth Edition. Ed. Prentice Hall, New Jersey, USA. 663pp.

Zuidema, P.A. 2003. Demografía y manejo del árbol de castaña (*Bertholletia excelsa*). PROMAB (Programa de Manejo de Bosques Tropicales) Serie Científica 6, Riberalta, Bolivia. 110pp.

Zuidema, P.A.; Boot, R.G.A. 2002. 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*, 18: 1-31.

Zuidema, P.A.; Dijkman, W.; Rijsoort, J.V. 1999. Crecimiento de plantines de *Bertholletia excelsa* H.B.K. en función de su tamaño y la disponibilidad de luz. *Ecología en Bolivia*, 33: 23-36.