Estrutura de uma população manejada de castanheira (*Bertholletia excelsa*) na Floresta Nacional de Caxiuanã, Pará

Population structure of managed Brazil nut trees (*Bertholletia excelsa*) in the Caxiuanã National Forest, Pará

Diego Guimarães de Sousa[I], Samuel Soares de Almeida[II], Dário Dantas do Amaral[III]

[I]Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis/MMA. Goiânia, Goiás, Brasil

[II]*In memorian*

[III]Museu Paraense Emílio Goeldi/MCTI. Belém, Pará, Brasil

Resumo: Procedeu-se a um estudo sobre a abundância e estrutura populacional de *Bertholletia excelsa* em florestas primária e secundária da Floresta Nacional de Caxiuanã. Foram inventariados 121 indivíduos, caracterizados como da regeneração natural (diâmetro à altura do peito – DAP < 10 cm), jovens (10 cm ≤ DAP < 50 cm) e adultos (DAP ≥ 50 cm). Entre os principais resultados, verificou-se que: (1) a densidade de indivíduos jovens e adultos foi de 25 ± 14,3 ind. ha^{-1}; (2) a distribuição espacial encontrada foi do tipo regular; (3) a população encontra-se em equilíbrio dinâmico, conforme padrão J-reverso; (4) 54,5% do total de castanheiras inventariadas são indivíduos da regeneração natural e jovens, os quais foram muito abundantes em áreas de capoeiras (florestas secundárias), indicando que a espécie beneficia-se de áreas com perturbações antrópicas; (5) acredita-se que o uso do fogo para a limpeza do sub-bosque, visando facilitar a coleta de frutos, assim como a implantação de roças de corte e queima próximas aos castanhais, favoreçam a capacidade de autorregeneração da população e contribuam para a frequente bifurcação observada nos fustes das castanheiras, na Floresta Nacional de Caxiuanã.

Palavras-chave: Ecologia populacional. Demografia. Extrativismo.

Abstract: This paper presents assessment of the abundance and population structure of the Brazil nut, *Bertholletia excelsa*, in primary and secondary forests in the Caxiuanã National Forest reserve in the state of Pará, Brazil. A total of 121 individuals saplings, (DBH < 10 cm), juveniles (10 cm ≤ DBH < 50 cm) and adults (≥ 50 cm DBH), were inventoried. Notable results included (1) a very high density of juveniles and adults with some 25 + 14.3 individuals ha^{-1}; (2) the distribution of sampled individuals was regular; (3) the population is assumed to be in dynamic equilibrium with an inverted J-shaped distribution; (4) 54.5% of the total inventoried Brazil nuts are saplings or juveniles, which were very abundant in areas of secondary forests, indicating that the species can benefit from human disturbance; (5) the use of fire for the cleaning of the understory to facilitate the collection of Brazil nut fruits, as well as the establishment of the 'slash-and-burn' agriculture can facilitate self-regeneration while also contributing to the frequent bifurcation observed in Brazil nut tree stems in the Caxiuanã National Forest.

Keywords: Population ecology. Demography. Extractivism.

SOUSA, D. G., S. S. ALMEIDA & D. D. AMARAL, 2014. Estrutura de uma população manejada de castanheira (*Bertholletia excelsa*) na Floresta Nacional de Caxiuanã, Pará. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 9(2): 353-370.
Autor para correspondência: Diego Guimarães de Sousa. Rua 229, n. 95. Setor Universitário. Goiânia, GO, Brasil. CEP 74605-090 (diegoagro97@hotmail.com).
Recebido em 30/09/2013
Aprovado em 13/08/2014
Responsabilidade editorial: Toby A. Gardner

INTRODUÇÃO

A castanheira (*Bertholletia excelsa* H. & B., Lecythidaceae) é uma das árvores de maior importância para as populações tradicionais da Amazônia (Homma, 2012). Além de gerar renda e fixar o homem à terra, a castanheira é um elemento da identidade cultural e social da região, apresentando alto grau de diversificação de usos, como o observado por Almeida *et al*. (1995), na Reserva Extrativista do Cajari, estado do Amapá, e por Salomão (2009), na Floresta Nacional (FLONA) de Saracá-Taquera, do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, em Porto Trombetas, Pará.

Ribeirinhos, clientes da reforma agrária e indígenas contam com a renda dos castanhais como fonte de subsistência. A cadeia produtiva da castanha é uma realidade e emprega a mão de obra de milhares de pessoas, desde os catadores de ouriço nas florestas, passando pela subcadeia de comercialização, indústrias de transformação e exportadores. Estima-se que a indústria internacional de exportação da castanha movimente entre 18 e 65 milhões de dólares por ano. No entanto, mais importantes do que isso são a coleta, o beneficiamento e a venda das castanhas localmente, pois o comércio doméstico gera dinheiro e emprego para milhares de famílias na Amazônia (Shanley & Medina, 2005).

A castanheira é uma espécie arbórea de grande porte, que pode alcançar mais de 50 m de altura e até 4,34 m de diâmetro (Salomão, 1991). No entanto, quando em condições naturais de floresta não muito alterada, o tronco não ramificado até a copa pode medir em torno de três metros de diâmetro (Ducke & Black, 1954; Salomão, 2009). Sua área de distribuição abrange quase toda a região da Amazônia central e partes amazônicas da Bolívia, Peru, Colômbia e Venezuela, além das Guianas (Salomão, 1991). Habita as florestas de terra firme em agrupamentos mais ou menos extensos, tradicionalmente chamados de castanhais, sempre associada a outras espécies florestais de grande porte (Cavalcante, 1996), que podem alcançar metapopulações em até 5 mil hectares. Ocupa a posição de dossel superior ou emergente em florestas primárias ou secundárias (Parrotta *et al*., 1995). No Brasil, os castanhais mais densos estão localizados no estado do Pará, entre os rios Tocantins e Xingu, e entre os rios Curuá e Trombetas (Almeida, 1963).

A madeira da castanheira, de padrão amarelo-avermelhada, é considerada de alta qualidade na indústria moveleira e na construção de barcos e canoas (Mori & Prance, 1990), porém a exploração de castanheiras para fins madeireiros, em florestas naturais, não é permitida no Brasil (Decreto Federal nº 5.975, de 30 de novembro de 2006). Ainda assim, muitos castanhais têm desaparecido, sobretudo no sudeste do Pará (Bentes *et al*., 1988; Kitamura, 1984). Até há pouco tempo, os castanhais na microrregião de Marabá continuavam sendo dizimados por madeireiros ilegais, pecuaristas e assentados da reforma agrária, inclusive para suprir a necessidade de carvão vegetal das siderúrgicas locais (Medaglia, 2013). A castanheira está na lista oficial das espécies da flora brasileira ameaçada de extinção (Brasil, 2008).

Embora muitos fóruns tenham discutido conservação aliada ao desenvolvimento, pouco se conhece sobre a ecologia da maioria das espécies arbóreas tropicais, bem como suas estratégias de sobrevivência (Serrano, 2005). No caso específico da castanheira, a partir do ano 2000, relevantes trabalhos têm sido publicados. Os trabalhos sobre a espécie abordaram a influência do dossel da floresta sobre a regeneração de castanheiras (Myers *et al*., 2000), a demografia e a ecologia de dispersão de frutos de castanheiras no sul do Pará e do Amapá (Baider, 2000), o impacto da coleta de sementes de castanha-do-pará no recrutamento e na dinâmica populacional da espécie na Bolívia (Zuidema & Boot, 2002), a ameaça da coleta de castanha para a sustentabilidade demográfica dos castanhais (Peres *et al*., 2003), o impacto da predação de sementes na produção de castanhas de comunidades extrativistas do Peru (Trivedi *et al*., 2004) e a estrutura populacional de castanheiras no Acre (Wadt *et al*., 2005),

com enfoque na regeneração natural e produção de frutos (Serrano, 2005).

Neste trabalho, foi avaliada a abundância e a estrutura populacional da castanheira-do-pará (*Bertholletia excelsa*), observando-se a influência de fatores fitofisionômicos e antrópicos no arranjo estrutural e ecológico da espécie na FLONA de Caxiuanã, com o objetivo de subsidiar futuras propostas de conservação e manejo de castanhais na Amazônia. Acredita-se, como hipótese, que o manejo empregado na FLONA de Caxiuanã não comprometa a sustentabilidade da população de castanheiras, uma vez que as atividades antrópicas, sobretudo a prática do uso do fogo para limpeza do sub-bosque, têm favorecido a regeneração natural dos castanhais, os quais devem apresentar distribuição das classes diamétricas de acordo com o padrão de J-reverso, indicando recrutamento normal. Espera-se também que, quando presentes em florestas secundárias (capoeiras), as castanheiras apresentem maior abundância de regenerantes e de jovens, e menor porte quando comparadas às presentes em florestas maduras, com baixa perturbação antrópica, indicando locais preferenciais de recrutamento da espécie.

METODOLOGIA

ÁREA DE ESTUDO

Os castanhais estudados localizam-se na FLONA de Caxiuanã (1º 42' 30" S, 51º 31' 45" W), no município de Melgaço, Pará, distante cerca de 400 km em linha reta da capital Belém (Figura 1). A FLONA de Caxiuanã possui aproximadamente 330.000 ha, com cobertura vegetal bem diversificada, representada por áreas de terra firme, mata de inundação (várzea e igapó) e trechos de vegetação secundária (capoeira) de diversas idades. Há também vegetações não florestais semelhantes a savanas. A floresta de terra firme é o ambiente mais extenso e diverso de Caxiuanã, e ocupa cerca de 85% de toda a FLONA, denominada 'floresta ombrófila densa das terras baixas' (IBGE, 1992). Essa floresta cresce em latossolos amarelos de origem terciária, com textura argilo-arenosa, ácidos, profundos e oligotróficos (Almeida *et al*., 1993; Lisboa, 2002).

O clima de Caxiuanã é do tipo Ami, da classificação de Köppen, com precipitação pluviométrica mais intensa de janeiro a março e um período mais longo com pluviosidade menor. A temperatura média anual fica em torno de 26 °C, com média das máximas de 32,9 °C e média das mínimas de 23 °C (Lisboa, 2002).

As populações tradicionais da FLONA de Caxiuanã, divididas em três comunidades (Caxiuanã, Laranjal e Pedreira), sobrevivem da prática da caça de animais silvestres, do extrativismo vegetal e da implantação de roças familiares. O extrativismo da castanha-do-pará, muito expressiva na comunidade de Caxiuanã, é um dos principais produtos que concorrem no mercado local (Lisboa, 2002).

De acordo com entrevistas realizadas com os castanheiros da comunidade de Caxiuanã, o manejo dos castanhais consiste na abertura e manutenção de trilhas de acesso às castanheiras produtivas, no corte de cipós (principalmente adultos), com o objetivo de aumentar a produção da castanheira, e no uso do fogo para a limpeza do sub-bosque do castanhal, a fim de facilitar a visualização dos ouriços para a coleta. A intensidade de coleta, segundo eles, é alta e tem ocorrido há várias décadas, porém sempre sobram ouriços no chão do castanhal. A coleta se estende por até seis dias na semana, sendo possível recolher de 100 a 1.000 ouriços, que são transportados em 'paneiros' (cestos de fibras apoiados nas costas) até as residências ou até as canoas (em caso de distâncias maiores), e destas para as residências (Lisboa, 2002).

AMOSTRAGENS

A metodologia deste estudo foi modificada de Aragão & Almeida (1997). Foram inventariados os castanhais São João, Santo Antônio, Santa Cruz e Ponta do Meio.

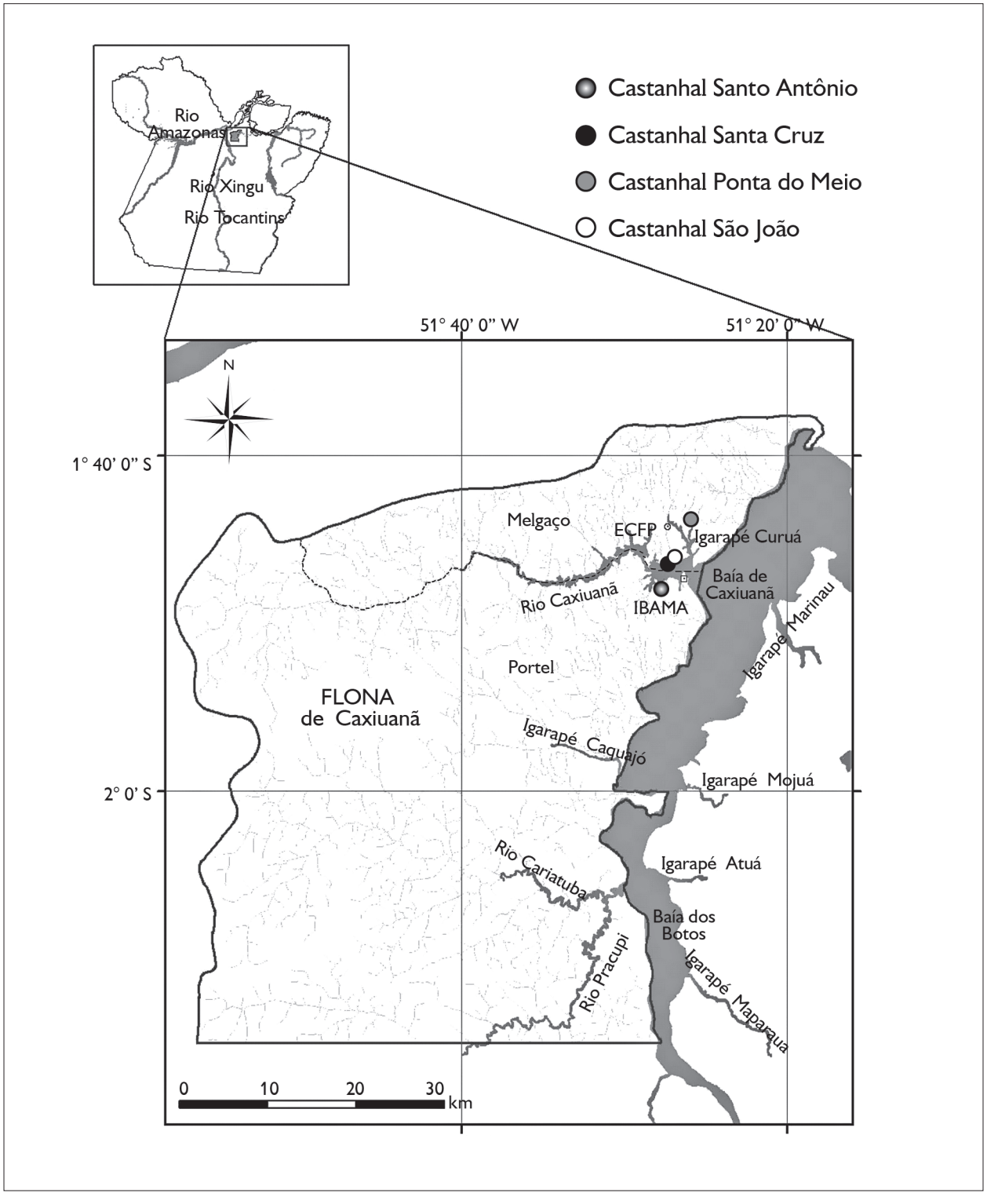

Figura 1. Localização dos castanhais estudados na Floresta Nacional de Caxiuanã, Pará (adaptado de Montag *et al*., 2008).

Com o auxílio do responsável pela coleta em cada castanhal, procurou-se delimitar o seu comprimento longitudinal e transversal, através da abertura de trilhas mensuradas com uma trena de 50 m e norteadas por um sistema de posicionamento global (GPS). As trilhas foram sinalizadas a cada 50 m, com o uso de piquetes e fita plástica alaranjada. Elas dividiram a área do castanhal em quatro quadrantes. Dentro de cada quadrante foram implantadas quatro parcelas de 25 x 25 m cada uma, distribuídas de modo aleatório. Ao todo, foram implantadas 16 parcelas de 25 x 25 m (1 ha) em cada castanhal amostrado, totalizando quatro hectares ou 64 parcelas, na FLONA de Caxiuanã.

Foram anotadas as características quanto ao tipo de vegetação de cada parcela (floresta madura, capoeira jovem – até 30 anos, capoeira velha – acima de 30 anos) e o histórico de uso do fogo (frequência de uso do fogo: anual, esporádico ou antigo – mais de 40 anos, não utilizado), com o intuito de detectar diferenças estruturais quanto ao porte e abundância das castanheiras nesses locais.

INVENTÁRIO E ANÁLISES

Foi realizado inventário dos indivíduos de castanheiras dentro de cada parcela, distinguindo como critério de inclusão na amostragem indivíduos com diâmetro à altura do peito (DAP, a 1,30 m do solo) < 10 cm (regenerantes) e DAP ≥ 10 cm (subdivido em jovens, com DAP < 50 cm, e adultos, com DAP ≥ 50 cm). Cada indivíduo da regeneração natural foi identificado com plaquetas de plástico, contendo sua numeração sequencial dentro da parcela, bem como a identificação da parcela. O mesmo foi feito para os indivíduos com DAP ≥ 10 cm, porém com o uso de fichas de alumínio.

Os indivíduos com DAP ≥ 10 cm que possuíam grandes irregularidades na base do tronco tiveram seu diâmetro mensurado logo acima dessas alterações. Dessa forma, anotou-se a altura do diâmetro quando diferente de 1,30 m (DAP).

Foram estimadas a altura do fuste (altura do indivíduo até o primeiro galho representativo da copa) e a altura total (altura da árvore com a copa), e mensurada a área da copa desses indivíduos a partir da média dos quatro raios nos sentidos N, S, L e O.

A área basal foi estimada através da equação: $AB = p*DAP^2/4$.

Procurou-se calcular o volume de madeira em pé e com casca (m^3) para todos os indivíduos, através da seguinte equação:

$V = (AB*Hf)*0,7$

onde:

AB = área basal;

Hf = altura do fuste (m);

0,7 = fator de forma ou de conicidade.

Calculou-se o Índice de Morisita (IM), utilizado por Budke *et al*. (2004) e por Vasconcelos *et al*. (2011), para verificar o padrão de distribuição espacial dos indivíduos, porque utiliza unidades de amostra (parcelas) e é pouco influenciado pelo tamanho da unidade amostral, apresentando excelentes qualidades de detecção (Nascimento *et al*., 2001).

O Índice de Morisita é expresso por:

$$IM = n \frac{\sum \chi^2 - N}{N(N-1)}$$

Considerando: n = número total de parcelas;

$\sum \chi^2$ = soma do quadrado do número de indivíduos por parcela;

N = número de indivíduos encontrados em todas as parcelas.

De acordo com Budke *et al*. (2004), o valor do IM menor do que 1,0 indica a inexistência de agrupamento, IM igual a 1,0 indica distribuição regular, enquanto IM maior que 1,0 indica padrão de distribuição espacial de indivíduos do tipo agregado ou agrupado. A significância estatística pode ser constatada através do valor χ^2 (Qui-quadrado) para um dado número de graus de liberdade (gl) e nível de significância (a) desejados (Budke *et al*., 2004;

Vasconcelos *et al*., 2011). No presente estudo, para gl (n-1 = 64-1), obteve-se 92,01 para a = 0,01. Quando o χ^2 calculado é maior que o χ^2 tabelado, há significância do valor obtido para o IM.

A fórmula utilizada para o cálculo do χ^2 é:

$$\chi^2 = n\left(\frac{\sum\chi^2}{N}\right) - N$$

Considerando que n = número total de parcelas; $\sum\chi^2$ = soma do quadrado do número de indivíduos por parcela; N = número de indivíduos encontrados em todas as parcelas.

Para os indivíduos da regeneração natural (DAP < 10 cm), foram mensurados o diâmetro basal (DB, medido a 30 cm do solo), com o auxílio de paquímetro analógico, a altura do fuste, a altura total e a área da copa com fitas métricas. Eles foram subdividos quanto às seguintes fases de vida: plântulas, até 1 m de altura; varetas, mais de 1 m de altura e DB < 5 cm; varas, 5 cm < DB < 10 cm.

Para os indivíduos com DAP ≥ 10 cm foi observada a situação da base do tronco (se oca externamente ou não oca). Já os indivíduos da regeneração natural (DAP < 10 cm) foram observados quanto ao nível de predação das folhas (baixo, até 10%), mediano (entre 10% e 40%) e elevado (acima de 40%), e disponibilidade de luz incidente sobre eles, por meio da estimativa visual simples (baixo – sem incidência direta da luz solar; mediano ou parcial – incidência de luz solar em partes da planta; e abundante – incidência direta de luz solar em todas as partes aéreas da planta).

Foram calculadas as estatísticas descritivas dos valores dendrométricos para a população estudada por meio do programa BioEstat 4.0 (Ayres *et al*., 2005). Dividiu-se a subpopulação com DAP ≥ 10 cm em indivíduos jovens (DAP < 50 cm) e indivíduos adultos (DAP ≥ 50 cm) para obter a frequência de ocorrência desses indivíduos em diferentes fisionomias florestais, tipo de fuste e estado da base do tronco. Procuraram-se avaliar as relações alométricas, do tipo correlação, para verificar a associação entre o diâmetro e a altura das castanheiras. Além disso, realizaram-se análises de variância (ANOVA) para detectar diferenças entre o diâmetro das castanheiras localizadas em diferentes fisionomias. As análises de correlação e de variância foram realizadas no programa Systat 12.0 para Windows.

No caso específico da regeneração natural, analisou-se a frequência de ocorrência de plântulas, varetas e varas em diferentes fisionomias florestais, disponibilidades de luz e históricos do uso do fogo, com o objetivo de detectar influências destes fatores no seu estabelecimento. Observou-se também a ocorrência da bifurcação do fuste nas diferentes fases de vida da regeneração natural, para verificar se há indício de influência genética (presença de plântulas bifurcadas) ou de demais variáveis ambientais no aparecimento dessa característica morfológica das castanheiras.

RESULTADOS

DENSIDADE E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL (DAP ≥ 10 cm)

Foram inventariados 100 indivíduos com DAP ≥ 10 cm, nas 64 parcelas (ou unidades amostrais – UA) nos castanhais da FLONA de Caxiuanã, que resultaram na densidade média de 25 ± 7,1 ind. ha^{-1}. Indivíduos jovens (DAP < 50 cm) apresentaram densidade de 11,20 ind. ha^{-1} (± 3,65), contra 13,75 ind. ha^{-1} (± 3,60) para os adultos (DAP ≥ 50 cm).

O padrão de distribuição espacial dos indivíduos de castanheiras encontrado foi do tipo uniforme ou regular, pois, apesar de o Índice de Morisita ter apresentado valor acima de 1 (IM = 1,73; χ^2 = 74,08), não houve significância no teste do Qui-quadrado, uma vez que o calculado apresentou menor valor do que o tabelado. Já quando se considera por classes, ou seja, indivíduos jovens, com DAP < 50 cm (IM = 1,93; χ^2 = 104,33), e adultos, com DAP ≥ 50 cm (IM = 1,38; χ^2 = 83,47), o padrão de distribuição espacial encontrado é do tipo agregado.

ESTRUTURA VERTICAL (DAP ≥ 10 cm)

O diâmetro médio dos indivíduos inventariados foi de 64,88 cm (± 4,16), indicando que a maior parte das castanheiras iniciou há pouco seu período reprodutivo (DAP ≥ 50 cm), embora essa média tenha apresentado forte Coeficiente de Variação (64%). A altura do fuste e a altura total apresentaram médias de 16,24 m (± 0,43) e 24,78 m (± 0,75), respectivamente. Ambos os parâmetros apresentam médias muito representativas.

A distribuição do número de indivíduos por classes de diâmetro revelou padrão J-reverso, comum às espécies arbóreas de florestas tropicais em estado de equilíbrio dinâmico, cuja frequência diminui exponencialmente de uma classe de tamanho inferior para outra de tamanho superior (Figura 2).

Houve expressiva quantidade de indivíduos em todas as classes de diâmetro analisadas, notadamente nas de menores tamanhos. Considerando-se todas as classes de diâmetro, a classe modal foi a dos indivíduos da regeneração natural (DAP < 10 cm), que apresentou 17,36% do total inventariado, seguida pela classe de 10 ≤ diâmetro < 20 cm, com 14,88%. Os indivíduos menores que 50 cm de diâmetro perfizeram 54,55% do total. Ao analisar apenas indivíduos com DAP ≥ 10 cm, a classe modal passa a ser a de 10 ≤ DAP < 20 cm, e secundariamente as de 80 ≤ DAP < 90 cm e 90 ≤ DAP < 100 cm (Figura 2).

A abundância de indivíduos inventariados em diferentes fisionomias florestais revelou que 57% das castanheiras estavam presentes em floresta madura, 39% em capoeira velha, enquanto apenas 4% estavam presentes em capoeiras jovens. Indivíduos menores (DAP < 50 cm) foram mais frequentes em capoeiras velhas (66,70%) do que em floresta madura (24,40%), já indivíduos com

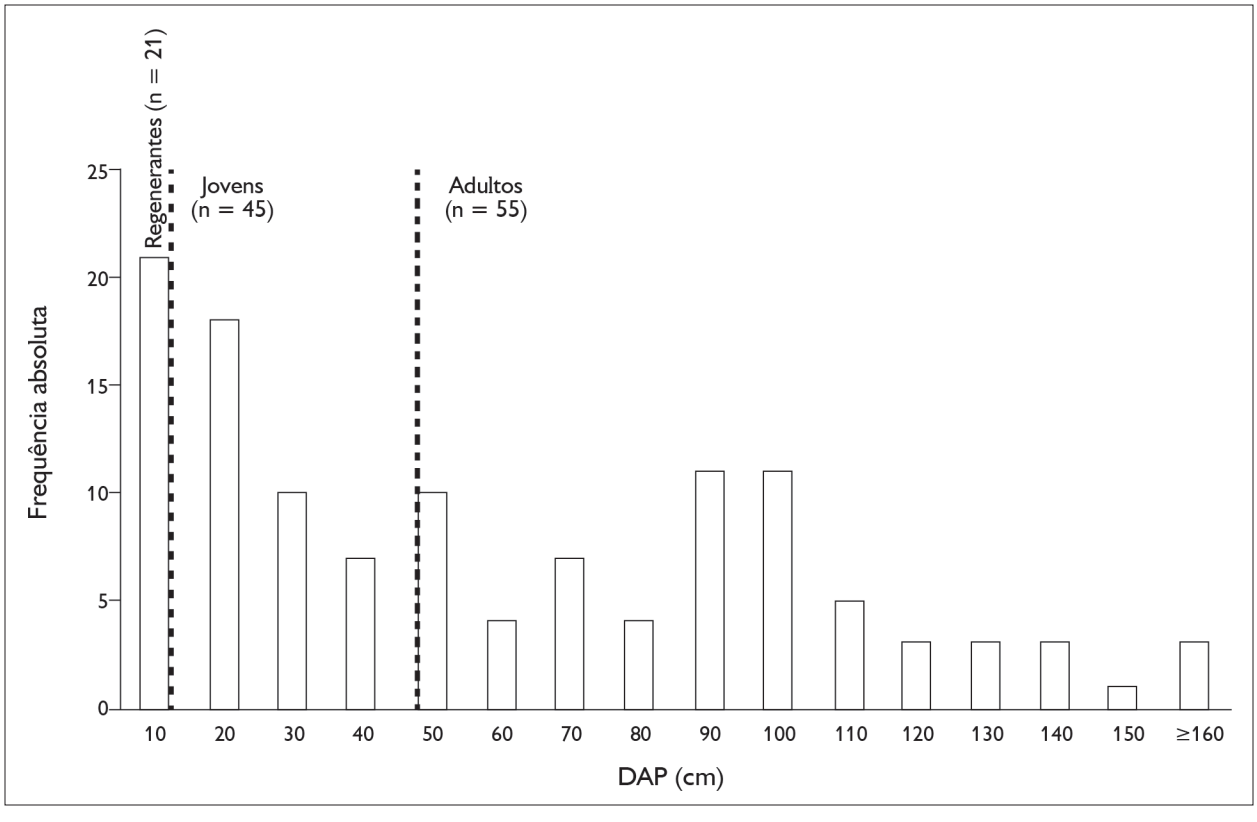

Figura 2. Distribuição da frequência de indivíduos de castanheiras por classe de diâmetro na FLONA de Caxiuanã, Pará.

DAP ≥ 50 cm foram muito mais frequentes em florestas maduras (83,70%) do que em capoeiras velhas (16,30%), e ausentes em capoeiras jovens (Tabela 1).

Houve diferenças significativas no diâmetro médio das castanheiras localizadas em diferentes fisionomias (ANOVA, $F(2,97) = 17,366$, $p < 0,01$). O diâmetro médio dos indivíduos localizados em floresta madura foi maior do que o observado em capoeira jovem ($p < 0,01$) e capoeira velha ($p < 0,01$). Não há diferença significativa entre o diâmetro médio dos indivíduos localizados em capoeira jovem e capoeira velha ($p > 0,05$).

Os resultados da abundância e do porte dos indivíduos inventariados em diferentes fisionomias florestais revelaram que o recrutamento de novos indivíduos de castanheiras acontece preferencialmente nas capoeiras formadas após o pousio das roças, do tipo corte e queima, implantadas próximas aos castanhais existentes em floresta madura.

A maior parte das castanheiras apresentou fuste normal, sem bifurcações (69%) e com base do tronco não oca (92%). Entretanto, a frequência de indivíduos bifurcados com DAP < 50 cm foi expressiva, com 44,45% do total, ao se comparar com o observado para indivíduos com DAP ≥ 50 cm, dos quais apenas 20% apresentaram fustes bifurcados. Por outro lado, a frequência de árvores com base oca do tronco foi levemente maior em indivíduos com DAP ≥ 50 cm (12,73%), que nos de DAP < 50 cm (2,23%) (Tabela 1).

A média da área basal, área da copa e volume de madeira foi de 0,46 m^2 (± 0,54), 234,30 m^2 (± 22,82) e 8,30 m^3 (± 1,123) por indivíduo, e 11,64 m^2 (± 3,38), 5.857,11 m^2 (± 1.861,45) e 207,40 m^3 (± 90,51) por hectare, respectivamente. Os valores desses parâmetros variaram mais entre indivíduos do que entre hectares (Tabela 2).

Houve forte correlação positiva e altamente significativa entre o diâmetro e a altura total de todos os indivíduos inventariados ($r = 0,79$, $p < 0,01$). De acordo com a curva hipsométrica encontrada, até por volta de 30 cm de diâmetro o crescimento em altura apresenta alta importância. No entanto, a partir dos 30 cm de diâmetro,

Tabela 1. Frequência relativa de castanheiras em diferentes fisionomias florestais e quanto ao tipo de fuste e estado da base do tronco, na FLONA de Caxiuanã. Letras iguais indicam ausência de diferença significativa (Teste de Tukey HSD, $p < 0,05$). Legendas: N = número total de árvores; n = número de árvores; FM = floresta madura; CJ = capoeira jovem; CV = capoeira velha; NB = não bifurcado; B = bifurcado.

Classes de diâmetro	N	Fisionomia florestal (%)			Tipo de fuste (%)		Estado da base do tronco (%)	
		FM n (%)	CJ n (%)	CV n (%)	NB n (%)	B (%)	Não oca n (%)	Oca n (%)
DAP < 50 cm	45	11 (24,40)	4 (8,90)	30 (66,70)	25 (55,55)	20 (44,45)	44 (97,77)	1 (2,23)
DAP ≥ 50 cm	55	46 (83,70)	0 (0)	9 (16,30)	44 (80)	11 (20)	48 (87,27)	7 (12,73)
Total	100	57 (57)	4 (4)	39 (39)	69 (69)	31 (31)	92 (92)	8 (8)
DAP médio		82,10[a] (± EP 4,85)	20,40[b] (± EP 8,40)	43,00[b] (± EP 5,85)	-	-	-	-

Tabela 2. Área da copa, área basal e volume de madeira de castanheiras por indivíduo e por hectare, na FLONA de Caxiuanã, Pará.

Parâmetros	Média aritmética	(±) Erro padrão	Coeficiente de variação (%)	Amplitude
Área basal (m^2 $ind.^{-1}$)	0,46	0,54	115,30	0,008 – 2,82
Área da copa (m^2 $ind.^{-1}$)	234,30	22,82	97,40	3,30 – 1.033,60
Volume (m^3 $ind.^{-1}$)	8,30	1,123	135,40	0,03 – 66,41
Área basal (m^2 ha^{-1})	11,64	3,38	58,13	1,70 – 16,52
Área da copa (m^2 ha^{-1})	5.857,11	1.861,45	63,56	916,72 – 9.374,75
Volume (m^3 ha^{-1})	207,40	90,51	87,30	29,87 – 460,23

quando os indivíduos começam a alcançar o extrato intermediário da floresta, prioriza-se o crescimento axial. Por isso, os indivíduos com grandes valores de diâmetro têm praticamente a mesma altura dos indivíduos de menores diâmetros (Figura 3).

REGENERAÇÃO NATURAL

Foram inventariados 21 regenerantes nos castanhais da FLONA de Caxiuanã, sendo três plântulas (14,30%), treze varetas (61,90%) e cinco varas (23,80%). Isso parece indicar maior mortalidade de varetas, haja vista o grande contraste quando comparado com a frequência de indivíduos da fase posterior, do tipo vara.

A densidade de plântulas foi de 5,25 ind. ha^{-1} (± 4,35), no entanto houve grande variação da média (CV = 82,84%), devido ao fato de apenas duas parcelas responderem por 85,70% do total de indivíduos inventariados.

As médias para o diâmetro basal (DB) e altura total encontradas foram de 3,26 cm (± 2,95) e 4,14 m (± 3,00), respectivamente. Tanto o diâmetro basal quanto a altura apresentaram alta variação da média em decorrência da inclusão de indivíduos de todas as fases pré-estabelecidas da regeneração natural (plântulas, varetas e varas). Quando se analisa a média do diâmetro basal e da altura total dos indivíduos por fase de vida, observa-se menor variação da média, sobretudo dos indivíduos do tipo plântulas e varas (Tabela 3).

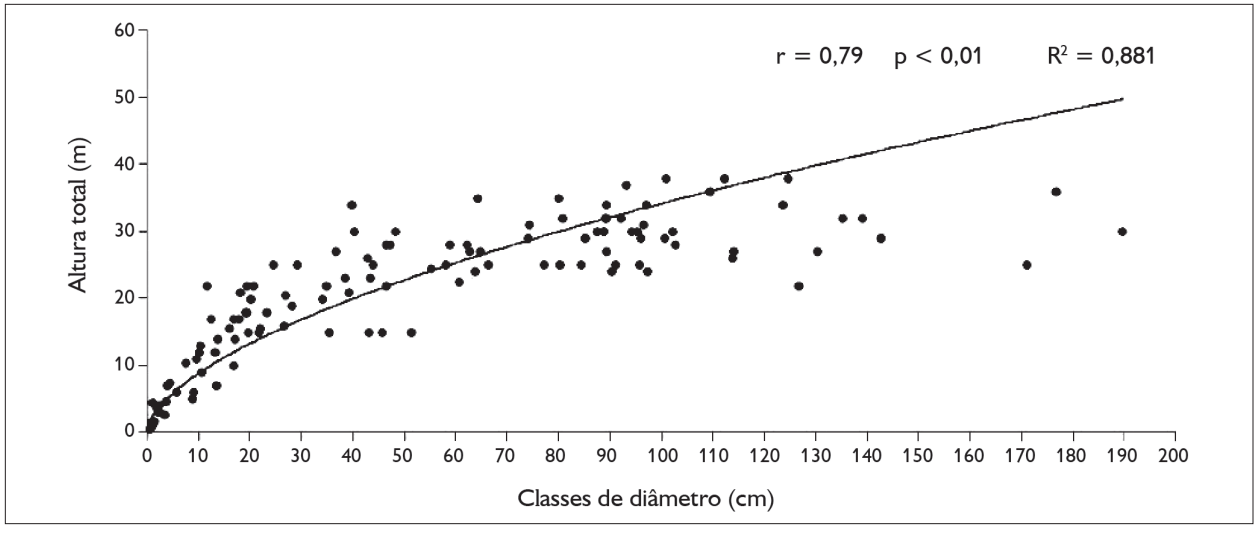

Figura 3. Correlação de Pearson entre diâmetro e altura total de castanheiras da FLONA de Caxiuanã. Curva ajustada do tipo potencial. Legendas: r = coeficiente de correlação linear de *Pearson*; p = probabilidade obtida no teste de hipótese; R^2 = coeficiente de determinação da curva ajustada.

Tabela 3. Diâmetro basal e altura total dos regenerantes da FLONA de Caxiuanã. Legendas: N = número total de indivíduos; n = número de indivíduos; H = altura total; DB = diâmetro basal; CV = coeficiente de variação.

Estatística descritiva	Plântulas (n = 3)		Varetas (n = 13)		Varas (n = 5)		Total (N = 21)	
	DB (cm)	H (m)	DB (cm)	H (m)	DB (cm)	H (m)	DB (cm)	H (m)
Média	0,52	0,71	2,11	3,60	7,89	7,70	3,26	4,14
(±) Erro padrão	0,05	0,13	8,35	0,55	0,70	1,25	0,64	0,70
CV (%)	19,30	32,22	57,40	55,30	19,30	36,60	90,40	72,70
Amplitude	0,46 – 0,64	0,50 – 0,95	0,60 – 4,34	1,30 – 7,50	5,53 – 9,30	5,00 – 11,00	0,46 – 9,30	0,50 – 11,00

Houve forte e altamente significativa correlação positiva de Pearson entre o diâmetro basal e a altura total dos regenerantes ($r = 0,81$, $p < 0,01$).

Todos os regenerantes encontrados apresentaram altura típica do extrato sub-bosque. A grande maioria dos regenerantes (81%) foi encontrada em fisionomias do tipo capoeira. Em geral, 52,4% dos indivíduos estavam localizados em capoeiras velhas (mais de 30 anos em pousio), 28,6% em capoeiras jovens (menos de 30 anos em pousio), e apenas 19% dos indivíduos foram encontrados em ambientes de clareira dentro da floresta madura. A maioria das plântulas foi encontrada em clareiras dentro da floresta madura, já os indivíduos do tipo varetas e varas foram encontrados principalmente nas capoeiras, sobretudo em capoeiras antigas (Tabela 4).

Quanto à disponibilidade de luz aos regenerantes, observou-se que as plântulas estavam em locais com baixa (33,33%) e, sobretudo, parcial (66,67%) disponibilidade de luz. As varetas foram encontradas em todos os níveis de disponibilidade de luz e nenhum indivíduo do tipo vara ocorreu em ambientes com baixa disponibilidade de luz. Em geral, verificou-se maior quantidade de indivíduos em ambientes com disponibilidade de luz mediana ou parcial (52,40%), seguidos dos indivíduos presentes em locais com pouca luz (38,10%). Menos de 10% dos indivíduos estavam presentes em locais com luz abundante (Tabela 4).

A maior parte dos indivíduos apresentou fuste não bifurcado (71,40%). Essa característica foi encontrada apenas em varetas (23,10%) e, principalmente, em varas (60%). A grande maioria dos regenerantes (80,95%) foi encontrada em locais onde anualmente se utiliza o fogo para a limpeza do sub-bosque. Aparentemente, as plântulas não têm preferência por tipos de locais, já que foram encontradas com a mesma frequência nas três classes de uso do fogo. Contudo, varetas e varas foram encontradas apenas em locais perturbados pelo uso de fogo, sobretudo em regime anual. Todas as varas foram encontradas em locais com uso anual de fogo (Tabela 5).

DISCUSSÃO

A densidade média de castanheiras com DAP ≥ 10 cm encontrada em Caxiuanã é muito alta elevada (25 ind. ha^{-1}),

Tabela 4. Fisionomia florestal e disponibilidade de luz para os regenerantes da FLONA de Caxiuanã. Legendas: N = número total de árvores; n = número de árvores; FM = floresta madura; CJ = capoeira jovem; CV = capoeira velha.

Tipos de regeneração	N	Fisionomia n (%)			Disponibilidade de luz n (%)		
		FM	CJ	CV	Baixa	Mediana	Abundante
Plântulas	3	2 (66,66) (clareira)	0 (0)	1 (33,34)	1 (33,33)	2 (66,67)	0 (0)
Varetas	13	2 (15,40) (clareira)	4 (30,80)	7 (53,80)	7 (53,84)	5 (38,46)	1 (7,70)
Varas	5	0 (0)	2 (40)	3 (60)	0 (0)	4 (80)	1 (20)
Total	21	4 (19,00) (clareira)	6 (28,60)	11 (52,40)	8 (38,10)	11 (52,40)	2 (9,50)

Tabela 5. Presença de indivíduos em locais com diferentes históricos do uso de fogo e frequência de bifurcação de regenerantes na FLONA de Caxiuanã. Legendas: N = número total de indivíduos; n = número de indivíduos.

Regenerantes	N	Uso de fogo n (%)			Tipo de fuste n (%)	
		Não utilizado	Esporádico ou antigo (+ 40 anos)	Anual	Normal	Bifurcado
Plântulas	3	1 (33,34)	1 (33,33)	1 (33,33)	3 (100)	0 (0)
Varetas	13	0 (0)	2 (15,40)	11 (84,60)	10 (76,90)	3 (23,10)
Varas	5	0 (0)	0 (0)	5 (100)	2 (40)	3 (60)
Total	21	1 (4,75)	3 (14,30)	17 (80,95)	15 (71,40)	6 (28,60)

caso se compare com os resultados encontrados por Baider (2000) na Estação Ecológica do Pinkaiti (3,3 ind. ha^{-1}) e por Wadt *et al*. (2005) e Serrano (2005) no Acre (1,35 e 2,07 ind. ha^{-1}, respectivamente). Todavia, altas densidades de castanheiras também têm sido registradas em outros estudos. Na região do Trombetas, Pará, a densidade de castanheiras varia muito, entre 0 a 15 ind. ha^{-1} (Cymerys *et al*., 2005). Scoles (2010) encontrou densidade de 6,8 ind. ha^{-1} (± 4,1) também no Trombetas e de 12,5 ind. ha^{-1} (± 7,8) no Lago do Capanã Grande, município de Manicoré, Amazonas. Almeida *et al*. (1995) encontraram densidade média de 12 ind. ha^{-1} em castanhais da Reserva Extrativista (RESEX) do Rio Cajari, região do Jari, Amapá (Tabela 6).

Poucos estudos têm examinado a distribuição espacial de castanheiras (Wadt *et al*., 2005). Baider (2000) encontrou padrão agrupado de distribuição espacial dos castanhais na floresta, e aleatório ao reduzir a escala dos agregados naturais de castanheiras na Estação Ecológica do Pinkaiti, localizada no interior da Terra Indígena Kayapó, Pará. No Acre, Wadt *et al*. (2005) encontraram padrão aleatório de distribuição da população de castanheira, sobretudo para adultos, já que os indivíduos com DAP < 50 cm tenderam ao padrão levemente agregado. Esses estudos diferem do padrão de distribuição espacial regular encontrado em Caxiuanã.

Os diferentes desenhos de amostragem dos estudos citados podem responder por parte das diferenças de densidade e distribuição espacial encontradas, quando comparados seus resultados com os de Caxiuanã. Por exemplo, na Estação Ecológica do Pinkaiti, Pará, Baider (2000) utilizou trilhas e transectos. Wadt *et al*. (2005) realizaram censo total com uso de GPS. O fato de o local da pesquisa ter sido previamente definido e instalado em agregados de castanheiras, ou aleatoriamente na floresta,

Tabela 6. Densidade de castanheiras em diferentes localidades da Amazônia brasileira.

Referência	Local	Área amostrada (ha)	Densidade (castanheira/ha)
Este estudo	FLONA Caxiuanã, Pará	4	25
Salomão (2009)	FLONA Saracá-Taquera, Porto Trombetas, Oriximiná, Pará	2.128	0,005 (platô Aviso) – 1,49 (platô Almeidas)
Cymerys *et al*. (2005)	Porto Trombetas, Pará	-	0 – 15
Peres *et al*. (2003)	Amazônia brasileira, boliviana e peruana	4.425	0,12 – 12
Carvalho (1981)	FLONA Tapajós, Pará	35	0,7
Campbell *et al*. (1986)	Rio Xingu	3	1,3
Wadt *et al*. (2005)	RESEX Chico Mendes, Acre	420	1,35
Dantas & Müller (1979)	Rodovia Transamazônica, Pará	1,5	2
Serrano (2005)	RESEX Chico Mendes, Acre	108	2,07
Baider (2000)	Estação Ecológica do Pinkaiti, Pará	60	3,3
Salomão (1991)	Marabá, Pará	8	3,6
Scoles (2010)	Porto Trombetas, Oriximiná, Óbidos, Pará	125	6,8
Almeida *et al*. (1995)	RESEX do Rio Cajari (Jari), Amapá	-	12
Baider (2000)	RESEX do Rio Cajari (Jari), Amapá	-	12
Scoles (2010)	Lago do Capanã Grande, Manicoré, Amazonas	10	12,5

aparentemente interfere nos resultados encontrados em cada área (Wadt *et al.,* 2005).

Para Wadt *et al*. (2005), o tipo de floresta explica as diferentes distribuições espaciais de castanheira encontradas no Acre em relação aos demais estudos realizados na Amazônia oriental (Peres & Baider, 1997; Baider, 2000). Segundo os autores, na Amazônia oriental predominam as florestas densas, enquanto no Acre a vegetação predominante é de florestas abertas. Assim, já que em floresta densa a luminosidade é baixa, há maior espacialidade de recrutamentos, pois a necessidade por luz causa agrupamentos numa escala de tempo (recrutamento dependente de clareira).

Prováveis explicações para essas distinções podem ser o histórico natural e a forma do manejo e uso do solo em cada área (Peres *et al*., 2003). Em Caxiuanã, os castanhais estão presentes em um mosaico de florestas primitivas, com diferentes níveis de perturbação, e capoeiras em diferentes estágios de sucessão ecológica, decorrentes do uso do fogo para limpeza do sub-bosque, a fim de se facilitar a coleta dos ouriços, e da implantação de roças de corte e queima em áreas que, segundo os extrativistas, eram fronteiriças ao castanhal. Essas práticas são realizadas em Caxiuanã há várias décadas, e apenas o uso do fogo para a limpeza do sub-bosque dos castanhais vem sendo extinto da FLONA nos últimos anos por recomendação do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

Dubois (1992) comenta que os castanhais silvestres se desenvolveram com a ajuda dos índios e da cutia (*Dasyprocta aguti*, Rodentia). Os índios plantavam castanhas nos seus roçados abertos na mata, ou, pelo menos, localizavam suas roças perto de castanheiras adultas, em idade de frutificar, para facilitar, com a ajuda da cutia, a regeneração da castanheira nessas clareiras cultivadas. Dessa forma, a distribuição espacial dos indivíduos teria influência antropogênica.

Wadt *et al*. (2005) comentam que, segundo os extrativistas, em capoeiras oriundas do pousio de roças de corte e queima, há maior regeneração de castanheiras. Em Caxiuanã, os extrativistas também afirmam que a regeneração de castanheiras acontece preferencialmente nas áreas de roças abandonadas ou em pousio, próximo ao castanhal. Considerando que áreas significativas de capoeiras foram amostradas, pois compõem os castanhais, e que grande parte dos castanhais estava sob regime ou possui histórico de limpeza do sub-bosque com o uso do fogo, é muito provável que essas influências antrópicas tenham influenciado positivamente na densidade e distribuição espacial dos castanhais de Caxiuanã.

ESTRUTURA VERTICAL (DAP ≤ 10 cm)

O padrão J-reverso de distribuição da frequência de castanheiras por classes de diâmetro revelou capacidade de autorregeneração da população (Viana *et al*.,1998; Zuidema & Boot, 2002; Serrano, 2005; Wadt *et al*., 2005; Scoles, 2010), com maior quantidade de indivíduos jovens em contraposição aos indivíduos adultos, apesar de normalmente tais tipos de populações apresentarem um alto índice de mortalidade de plântulas recém-estabelecidas (Aragão & Almeida, 1997). No caso de castanhais, esse padrão evidencia florestas manejadas (ou com certo nível de antropização), já que na floresta primária, se a amostragem não for muito intensa (com algumas centenas de hectares), sempre faltam indivíduos nas classes de 10 a, aproximadamente, 70 cm, não apresentando o padrão J-reverso, conforme observado por Pires (1976) e Salomão (2009). Ou seja, os castanhais em condições naturais possivelmente apresentam regeneração episódica (recrutamentos episódicos), devido a fatores naturais ou antrópicos.

Salomão (1991) e Baider (2000) encontraram DAP médio de 134 cm (mínimo de 10 cm e máximo de 234 cm) e 154 cm (± DP 50,6) em seus estudos conduzidos no sudeste do Pará e no sul do Amapá, respectivamente. Almeida *et al*. (2009) encontraram DAP médio de 114,22 cm (± 4,36) no castanhal do Centro Novo, RESEX Cajari, Amapá. Esses valores são muito superiores aos encontrados neste estudo. Todavia, na Estação Ecológica do Pinkaiti, no Pará, Baider (2000) encontrou DAP médio de 62,1 cm (mínimo de 10 cm e máximo de 322 cm) e Sousa (2007) encontrou

DAP médio de 68,30 cm (± DP 35,95) no município de Palestina do Pará, Pará, enquanto, no Acre, Wadt *et al*. (2005) e Serrano (2005) encontraram DAP médio de 86,10 cm (± DP 45,00 cm) e 80,93 cm, respectivamente. Esses diâmetros são menores do que os descritos por Salomão (1991) e Baider (2000), e relativamente semelhantes ao de Caxiuanã. Além disso, a altura total média das castanheiras de Caxiuanã assemelhou-se à encontrada por Sousa (2007) (26,61 m ± DP 6,64) e é menor do que a média encontrada por Almeida *et al*. (2009) no castanhal do Centro Novo (32,23 m ± DP 6,32), na RESEX Cajari.

As diferenças e semelhanças de diâmetro encontradas podem ser mais bem explicadas pela quantidade de indivíduos jovens encontrados em cada sítio de estudo. No sudeste do Pará e no sul do Amapá, Salomão (1991) e Baider (2000) encontraram baixa abundância desses indivíduos, o que contribuiu para o alto valor do diâmetro médio encontrado por eles. Já em Caxiuanã e nos demais locais estudados por Baider (2000) (sudeste do Pará), Sousa (2007), Wadt *et al*. (2005) e Serrano (2005), foi encontrada alta abundância de jovens, o que contribuiu para um diâmetro médio menor.

Mesmo sob intensa coleta, os castanhais de Caxiuanã possuem grande número de regenerantes e juvenis, o que não corroboram Peres *et al*. (2003), ao afirmarem que o intenso extrativismo dos frutos de algumas populações de castanheiras, exploradas durante o século passado, levou à confirmação de que o recrutamento juvenil atual é insuficiente para manter populações durante longo prazo. Assim, confirmou-se a hipótese de que o manejo empregado na FLONA de Caxiuanã não compromete a sustentabilidade da população de castanheiras, uma vez que as atividades antrópicas, sobretudo a prática do uso do fogo para limpeza do sub-bosque, favorece a regeneração natural dos castanhais.

Resultados similares ao de Caxiuanã quanto ao recrutamento positivo dos castanhais foram observados por Viana *et al*. (1998), Serrano (2005) e Wadt *et al*. (2005) em castanhais intensamente explorados do Acre, por Zuidema & Boot (2002), na Amazônia boliviana, e por Scoles (2010) nos castanhais do Lago do Capanã Grande, Amazonas, embora, à exceção deste último, difiram quanto à tipologia florestal, já que pertencem ao domínio das florestas ombrófilas abertas, enquanto em Caxiuanã e no Lago do Capanã Grande predominam as florestas ombrófilas densas.

Entretanto, para o funcionamento do sistema de manejo do uso do fogo para a limpeza do sub-bosque, os extrativistas derrubam as árvores de outras espécies que não a castanheira, causando fragmentação do dossel e aumento da luminosidade no chão da floresta, cuja disponibilidade de luz aparenta ser maior do que no interior das florestas abertas. Além disso, os castanhais de Caxiuanã também são formados por áreas em diferentes estágios de sucessão ecológica – capoeiras –, as quais disponibilizam grande quantidade de luz no chão. Essas características de manejo e estrutura florestal talvez propiciem certas similaridades entre os castanhais de Caxiuanã e os localizados em florestas abertas. Scoles (2010) também sugeriu que as atividades antrópicas no Lago do Capanã Grande, Amazonas, favorecem o rejuvenescimento das populações naturais de castanheiras localizadas em florestas densas.

Wadt *et al*. (2005) comentaram que os castanheiros descreviam as capoeiras como locais com maior frequência de regeneração de castanheiras. Observando os indivíduos com DAP < 50 cm em Caxiuanã, constata-se que 75,55% deles estavam presentes em capoeiras jovens (8,88%) e, sobretudo, velhas (66,67%). Dessa forma, não apenas a intensidade da coleta, mas também as formas de manejo e estrutura florestal de cada área podem ter influências no recrutamento de indivíduos nas populações.

Salomão (1991) discute que, em Caxiuanã, as prováveis causas da bifurcação em castanheiras são: poliembrionia – segmentação do zigoto com formação de vários embriões; modificação genética, que induziria tal característica à planta; a situação em que dois indivíduos distintos, desenvolvendo-se lado a lado, com o passar do tempo tiveram os fustes 'soldados'. Contudo, como a bifurcação é mais frequente em indivíduos jovens, é provável que o estresse causado na planta pelo uso anual ou historicamente

recente do fogo, para a limpeza do sub-bosque ou para a implantação de roças em capoeiras próximas aos castanhais, tenha estimulado esses indivíduos a desenvolverem novos fustes. É provável que indivíduos mais velhos não tenham sofrido esse tipo de estresse por fogo.

As médias dos parâmetros de área basal, área da copa e volume de madeira por indivíduo encontradas em Caxiuanã foram semelhantes às encontradas por Sousa (2007) em floresta aberta de Palestina do Pará – 0,47 m^2 $ind.^{-1}$ (± DP 0,46), 249,81 m^2 $ind.^{-1}$ (± DP 238,14) e 6,556 m^3 $ind.^{-1}$ (± DP 7,04), respectivamente. Por outro lado, os valores médios desses parâmetros, por hectare, encontrados em Palestina – 8,2 m^2 ha^{-1} (± DP 5,45), 4.406,85 m^2 ha^{-1} (± DP 3.199,13) e 114,8 m^3 ha^{-1} (± DP 79,6), respectivamente – foram inferiores aos de Caxiuanã, talvez devido à maior variação da densidade média de indivíduos por hectare observada em Caxiuanã (57%), em relação a Palestina (26,50%).

Salomão (1991) e Baider (2000) também encontraram curvas hipsométricas semelhantes às de Caxiuanã, com maior inclinação para indivíduos jovens, e incremento importante do DAP a partir de 30 cm. Para Salomão (1991), esse padrão é explicado pelo fato de que, por se tratar de uma espécie heliófita, após a germinação da semente, o crescimento em altura da castanheira é extremamente rápido, pois a competição por luz na floresta é de vital importância para a espécie, implicando o estabelecimento ou não do indivíduo no ambiente. Depois de estabelecida, o crescimento em diâmetro passa a ser priorizado.

REGENERAÇÃO NATURAL

Baider (2000), ao acompanhar por três anos 498 plântulas em Pinkaiti, encontrou mortalidade de 56,4% do total. A principal causa da mortalidade das plântulas foi a predação da castanha por cutias. Baider (2000) também encontrou um número significativo de plântulas que morreram por dessecações. Entretanto, ele menciona que, ao atingir 1,3 m de altura, a probabilidade de o indivíduo continuar a se desenvolver é muito alta (96,7%). Isso se contrapõe ao resultado deste estudo, cujas análises apontam grande mortalidade de varetas.

A densidade de regenerantes em Caxiuanã foi menor do que a encontrada por Sousa (2007), de 8,5 ind. ha^{-1}. Todavia, os valores médios do diâmetro basal (3,35 cm ± DP 2,6) e da altura total (3,9 m ± DP 2,75) foram muito semelhantes. Na Reserva Extrativista do Rio Cajari, local de floresta muito fechada e com baixa perturbação antrópica, Almeida *et al*. (2009) encontraram densidade de regenerantes de 14,50 ind. ha^{-1} (± 7,53) com DAP < 10 cm, apresentando grande abundância em algumas parcelas e escassez em outras. Considerando estudos realizados além da RESEX Cajari, no Projeto de Assentamento Agro-extrativista Maracá e Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Iratapuru, região sul do Amapá, Almeida *et al*. (2009) encontraram o diâmetro à altura do solo (DAS) e a altura total média de 0,69 cm (± 0,15) e 0,62 m (± 0,09), respectivamente. Esses valores são bem inferiores aos encontrados em Caxiuanã e aos de Sousa (2007), e se devem ao fato de que, nos estudos no sul do Amapá, castanhais em floresta primária, quase todas as regenerações inventariadas eram do tipo plântulas (92,60%).

Quanto à relação entre o diâmetro basal e a altura total de regenerantes, Sousa (2007) também encontrou forte correlação entre essas variáveis ($r = 0,91$, $p < 0,01$). Salomão (1991) comenta que, durante a regeneração natural, observa-se maior importância do crescimento em altura. O maior investimento em altura durante a fase de regeneração natural é explicado pela necessidade de alcance de luz nas aberturas do dossel, para diminuir a competição com outros indivíduos e garantir seu recrutamento (Baider, 2000).

Pires (1984) acredita que, para haver a germinação, as sementes de castanheiras devem estar localizadas em grandes clareiras. Além disso, ao analisar as curvas de distribuição de indivíduos por classes de DAP, o autor afirmou tratar-se de uma espécie heliófila, assim como Salomão (1991). Entretanto, alguns estudos relatam que a mesma não é heliófila, pelo menos durante sua fase de plântula, período em que a planta não apresenta preferência por sítios específicos. Nesse caso, a germinação de sementes e o estabelecimento de plântulas de

castanheiras acontecem, preferencialmente, no sub-bosque da floresta, mas o recrutamento parece acontecer com a posterior abertura de clareiras, havendo um gradiente de sobrevivência e recrutamento de indivíduos das diferentes fases da regeneração natural (plântulas, varetas e varas) que aumenta em função do alcance de clareiras (Sousa, 2007; Baider, 2000; Myers *et al.,* 2000).

Tudo indica que perturbações antrópicas favorecem a regeneração natural de castanheiras na FLONA de Caxiuanã. A alta frequência de regenerantes em capoeiras sugere relação entre a agricultura de subsistência (corte e queima) e o recrutamento de indivíduos de castanheiras, já que esses locais foram antigas roças de subsistência, instaladas próximas aos castanhais. Além disso, a presença massiva de varas nesses locais também sugere que eles são os melhores *safe-sites in loco* para a espécie.

Esses resultados fazem alusão a Dubois (1992), ao comentar que os índios plantavam castanhas em roçados abertos na floresta, ou localizavam suas roças perto de castanheiras adultas, em idade de frutificar, para facilitar, com a ajuda da cutia, a regeneração da castanheira nessas clareiras cultivadas. Os extrativistas do Acre (Wadt *et al*., 2005) apontam as capoeiras como locais de maior densidade de regeneração de castanheiras, sendo o mesmo relatado pelos extrativistas da RESEX Cajari (Almeida *et al*., 1995).

Ao constatar que, na FLONA de Caxiuanã, a grande maioria dos regenerantes encontrava-se em locais onde anualmente se utiliza o fogo para a limpeza do sub-bosque e que varetas e varas foram encontradas exclusivamente nesses ambientes, fica evidente que o uso, inclusive intensivo, do fogo em castanhais favorece a regeneração natural da castanheira. Na floresta, o uso do fogo para a limpeza do sub-bosque causa morte de outras espécies de grande porte, fragmentando o dossel e alterando as condições microclimáticas do sub-bosque, criando ambientes favoráveis ao crescimento dos indivíduos de castanheira, muito embora Almeida *et al*. (2009) acreditem que a alta frequência dessa prática também contribua para a mortalidade dos indivíduos, sobretudo de plântulas e juvenis.

No Acre, Serrano (2005) comenta que, em um dos castanhais por ele investigado, a luminosidade que penetra no sub-bosque da floresta é insuficiente para o recrutamento de indivíduos, o que vem explicar a falta de regeneração em termos de varetas. Em uma floresta fechada na RESEX Cajari, Almeida *et al*. (2009) encontraram apenas 5,17% de indivíduos do tipo vareta, de um total de 58 regenerantes. Sousa (2007) encontrou alta frequência de regenerantes em uma floresta aberta com histórico de incêndio florestal há cerca de três décadas. Nesse mesmo estudo, constatou-se maior frequência de varetas nas áreas de bordas dos castanhais, notadamente com maior nível de perturbação que o interior florestal.

Na FLONA de Caxiuanã, o adensamento dos castanhais pode estar ocorrendo no rastro de perturbações antrópicas. O uso do fogo provavelmente é o principal fator que tem propiciado a regeneração natural. Têm-se nesse caso duas vias de incremento da regeneração natural favorecido por queimadas: o uso do fogo para a limpeza do sub-bosque, a fim de se facilitar a busca e coleta de ouriços no chão da floresta, e o uso do fogo para a implantação de roças de subsistência.

Como já comentado, na floresta, o uso do fogo para a limpeza do sub-bosque geralmente é realizado no mês de setembro, fragmentando o dossel e criando clareiras. É relativamente comum observar regenerantes do tipo plântulas e varetas nas bordas das clareiras abertas pelo uso do fogo. Todavia, é possível que a constante frequência do fogo e ocasionais escapes para área de borda dessas clareiras limitem o recrutamento desse tipo de indivíduo. É muito provável que a interrupção dessa prática contribua positivamente para o recrutamento de novos indivíduos, os quais de modo oportuno tenderão a ocupar essas clareiras antrópicas em cicatrização.

Já o uso do fogo para a implantação de roças de subsistência próximo aos castanhais tem contribuído positivamente para o recrutamento dos regenerantes. Após a colheita da roça, a área entra em período de pousio, intensificando a sucessão ecológica e produzindo ambientes

ideais para o crescimento e desenvolvimento dos regenerantes de castanheiras. É provável que, quando a área em pousio tornar a ser utilizada e queimada, parte dos regenerantes ali presentes ainda tenha sobrevivido, porém 'se estresse' com o uso do fogo, desenvolvendo novos fustes e dando início ao processo de bifurcação, comum em castanheiras localizadas em florestas secundárias da FLONA de Caxiuanã.

Nos dois casos, a dispersão secundária das sementes de castanheiras por cutias é crucial para a regeneração, pois, sem estas, dificilmente a espécie alcançaria esses sítios, sobretudo os de roças. Baider (2000) comenta que as cutias chegam a dispersar sementes a distâncias que variam de 0,5 a 200 m a partir do ponto em que o fruto caiu, ou de um a 225 m do tronco da planta mãe. Nesse caso, essas distâncias contemplam as separações entre a borda dos castanhais e as roças implantadas na FLONA de Caxiuanã. Smythe (1978) afirma que as cutias podem desenterrar e enterrar novamente as sementes, ou outras sementes podem ser removidas por outros indivíduos da periferia do território, o que poderia aumentar um pouco mais a distância máxima encontrada por Baider (2000).

CONCLUSÃO

A densidade de castanheiras na FLONA de Caxiuanã é muito alta, sobretudo nas áreas sob manejo; a densidade e a distribuição espacial local da espécie são resultado das práticas de manejo.

Apesar da intensa coleta de sementes, a população de castanheiras de Caxiuanã apresentou estado de equilíbrio dinâmico, com alta frequência de regenerantes (DAP $<$ 10 cm) e jovens (DAP $<$ 50 cm), fundamental à reposição dos adultos senescentes.

Mesmo estando em áreas de floresta densa, as médias do diâmetro e da altura total da sub-população com DAP $\geq$ 10 cm assemelharam-se mais com as de pesquisas realizadas em locais de florestas abertas do que aquelas em locais de floresta densa, haja vista o grau de perturbação das áreas e a grande quantidade de florestas secundárias (capoeiras) pertencentes ao castanhal.

O uso do fogo pelos extrativistas tem beneficiado a regeneração natural da castanheira, seja por fragmentar o dossel de florestas maduras ao causar danos às árvores sociáveis, quando empregado na prática de limpeza de sub-bosque, aumentando a luminosidade no interior do castanhal, seja por ser utilizado na eliminação de florestas para o estabelecimento de roças de corte e queima, cuja área, ao ser abandonada (pousio), entra em processo de sucessão ecológica, desenvolvendo um ambiente propício ao estabelecimento das castanheiras. As capoeiras que compõem os castanhais da FLONA de Caxiuanã funcionam como verdadeiros 'berçários' da espécie, podendo ser consideradas *safe-sites*.

A característica de expressiva quantidade de indivíduos bifurcados em Caxiuanã, em relação a outras áreas com aglomerados de castanheiras na Amazônia, pode estar relacionada ao estresse do frequente uso de fogo para a limpeza do sub-bosque e implantação de roças, estimulando juvenis, sobretudo varetas e varas, a desenvolverem suas gemas laterais, dando início à formação de novos fustes.

Apoiar o estabelecimento de roças próximas aos castanhais em florestas antropizadas pode ser benéfico do ponto de vista do aumento da abundância de regenerantes de castanheiras, desde que a área posteriormente, ou após alguns ciclos, fique em pousio permanente.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de homenagear o amigo Samuel Almeida (Samuca), que deixou o nosso convívio em abril de 2011.

A idealização deste estudo ocorreu em uma das inúmeras incursões que o Samuca realizou na floresta de Caxiuanã, provavelmente sob o dossel de majestosas castanheiras, enquanto mordia uma e outra castanha-do-pará. Movido pela enorme avidez em decifrar os processos ecológicos naturais que induzem o ciclo dinâmico da vida no interior das florestas da Amazônia, atributo nato de pesquisador, surgiam os questionamentos e as ideias de estudo. Participou efetivamente dos trabalhos de campo, análise dos dados e primeira versão do artigo.

Ao colega Rafael Salomão, pesquisador do Museu Paraense Emílio Goeldi, profundo conhecedor da ecologia de *Bertholletia excelsa*, somos muito gratos pela valiosa colaboração neste artigo.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. P., 1963. **Castanha-do-pará**: sua exportação e importância na economia amazônica: 1-86. Ministério da Agricultura/ Serviço de Informação Agrícola (Estudos Brasileiros, 19), Rio de Janeiro.

ALMEIDA, S. S., P. L. B. LISBOA & A. S. L. SILVA, 1993. Diversidade florística de uma comunidade arbórea na Estação Científica "Ferreira Penna", em Caxiuanã (Pará). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série Botânica** (9)1: 93-128.

ALMEIDA, S. S., M. S. SILVA & N. A. ROSA, 1995. Análise fitossociológica e uso de recursos vegetais na reserva extrativista do Cajari, Amapá. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série Botânica** 11(1): 61-74.

ALMEIDA, S. S., D. G. SOUSA & N. C. VALE, 2009. História natural, ecologia e técnicas de manejo em castanhais nativos do sul do Amapá. In: L. I. B. KANZAKI (Org.): **Desenvolvimento sustentável em áreas de extrativismo da castanha-do-brasil no sul do Amapá**: 1: 11-48. BASA, Belém.

ARAGÃO, I. L. G. & S. S. ALMEIDA, 1997. Estrutura ecológica comparada de populações de acapu (*Vouacapoua americana* Aubl., Caesalpiniaceae) em duas florestas de terra firme da Amazônia Oriental. In: P. L. B. LISBOA (Org.): **Caxiuanã**: 1: 277-290. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém.

AYRES, M., M. AYRES JR., D. L. AYRES & A. A. S. SANTOS, 2005. **BioEstat 4.0**: aplicações estatísticas nas áreas das Ciências Biológicas e Médicas: 1-324. Sociedade Civil Mamirauá, Belém.

BAIDER, C., 2000. **Demografia e ecologia de dispersão de frutos de *Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl. (Lecythidaceae) em castanhais silvestres da Amazônia Oriental**: 1-217. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, São Paulo.

BENTES, R. S., R. A MARIN & M. F. EMMI, 1988. Os cemitérios das castanheiras do Tocantins. **Pará Desenvolvimento** 23: 18-23.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Instrução Normativa nº 6**, de 23 de setembro de 2008.

BUDKE, J. C., E. L. H. GIEHL, E. A. ATHAYDE & R. A. ZÁCHIA, 2004. Distribuição espacial de *Mesadenella cuspidata* (Lindl.) Garay (Orchidaceae) em uma floresta ribeirinha em Santa Maria, RS, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 18(1): 31-35.

CAMPBELL, D. G., D. C. DALY, G. T. PRANCE & U. N. MACIEL, 1986. Quantitative ecological inventory of terra firme and várzea tropical forest on the rio Xingu, Brasilian Amazon. **Brittonia** 38(4): 369-393.

CARVALHO, J. O. P., 1981. **Distribuição diamétrica de espécies comerciais e potenciais em floresta tropical úmida natural na Amazônia**: 1-34. EMBRAPA/CPATU (Boletim de Pesquisa, 23), Belém.

CAVALCANTE, P. B., 1996. **Frutas comestíveis da Amazônia**: 1-279. Museu Paraense Emílio Goeldi/CNPq, Belém.

CYMERYS, M., L. H. O. WADT, K. A. KAINER & V. M. ARGOLO, 2005. Castanheira: *Bertholletia excelsa* H. & B. In: P. SHANLEY & G. MEDINA (Eds.): **Frutíferas e plantas úteis na vida amazônica**: 61-73. CIFOR, Imazon, Belém.

DANTAS, M. & N. R. M. MÜLLER, 1979. Estudos fito-ecológicos do trópico úmido brasileiro I. Aspectos fitossociológicos de mata sobre terra roxa na região de Altamira. **Anais do Congresso Nacional de Botânica** 30: 205-218.

DUBOIS, J. C. L., 1992. Os castanhais silvestres da região de Araras (Pará) como modelo de desenvolvimento sócio-econômico. **REBRAF, Informativo Agroflorestal** 4(2-3): 1-3.

DUCKE, A. & G. A. BLACK, 1954. **Notas sobre a fitogeografia da Amazônia brasileira**: 1-62. Instituto Agronômico do Norte (Boletim Técnico, 29), Belém.

HOMMA, A. K. O., 2012. Extrativismo vegetal ou plantio: qual a opção para a Amazônia? **Estudos Avançados** 26(74): 167-186.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), 1992. **Manual técnico da vegetação brasileira**: 1-92. IBGE (Manuais Técnicos em Geociências, 1), Rio de Janeiro.

KITAMURA, P. C., 1984. **Castanhais nativos de Marabá-PA**: fatores de depredação e bases para sua preservação: 1-32. EMBRAPA/CPATU (Documentos, 30), Belém.

LISBOA, P. L. B., 2002. O Homem de Caxiuanã. In: P. L. B. LISBOA (Org.): **Natureza, homem e manejo de recursos naturais na região de Caxiuanã, Melgaço, Pará**: 25. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém.

MEDAGLIA, T., 2013. Carvão a ferro e fogo. **National Geographic** 155. Disponível em: <http://viajeaqui.abril.com.br/materias/carvao-a-ferro-e-fogo?pw=6>. Acesso em: 20 julho 2014.

MONTAG, L. F. A., T. M. S. FREITAS, W. B. WOSIACKI & R. B. BARTHEM, 2008. Os peixes da Floresta Nacional de Caxiuanã (municípios de Melgaço e Portel, Pará – Brasil). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 3(1): 11-34.

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

MYERS, G. P., A. C. NEWTON & O. MELGAREJO, 2000. The influence of canopy gap size on natural regeneration of Brazil nut (*Betholletia excelsa*) in Bolivia. **Forest Ecology and Management** 127(1-3): 119-128.

NASCIMENTO, A. R. T., S. J. LONGHI & D. A. BRENA, 2001. Estrutura e padrões de distribuição espacial de espécies arbóreas em uma amostra de floresta ombrófila mista em Nova Prata, RS. **Ciência Florestal** 11(1): 105-119.

PARROTTA, J. A., J. K. FRANCIS & R. R. ALMEIDA, 1995. **Trees of the Tapajos**: a photographic field guide: 130-131. International Institute of Tropical Forestry, Rio Piedras.

PERES, C. A. & C. BAIDER, 1997. Seed dispersal, spatial distribution and population structure of Brazil nut trees (*Bertholletia excelsa*) in southeastern Amazonia. **Journal of Tropical Ecology** 13(4): 595-616.

PERES, C. A., C. BAIDER, P. A. ZUIDEMA, L. H. WADT, K. A. KAINER, D. A. P. GOMES-SILVA, R. P. SALOMÃO, L. L. SIMÕES, E. R. N. FRANCIOSI, F. CORNEJO VALVERDE, R. GRIBEL, G. H. SHEPARD JR., M. KANASHIRO, P. COVENTRY, D. W. YU, A. R. WATKINSON & R. P. FRECKLETON, 2003. Demographic threats to the sustainability of Brazil nut exploitation. **Science** 302(5653): 2112-2114.

PIRES, J. M., 1976. Aspectos ecológicos da floresta amazônica. **Anais do Congresso Brasileiro de Florestas Tropicais** 2(65): 235-287.

PIRES, J. M., 1984. The Amazonian forest. In: H. SIOLI (Ed.): **The Amazon**: limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin: 581-602. Dr. W. Junk. Dordrecht.

SALOMÃO, R. P., 1991. Estrutura e densidade de *Bertholletia excelsa* H. & B. ('Castanheira') nas regiões de Carajás e Marabá, estado do Pará. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série Botânica** 7(1): 47-68.

SALOMÃO, R. P., 2009. Densidade, estrutura e distribuição espacial de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H. & B.) em dois platôs de floresta ombrófila densa na Amazônia setentrional brasileira. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 4(1): 11-25.

SCOLES, R., 2010. **Ecologia e extrativismo da castanheira (*Bertholletia excelsa,* Lecythidaceae) em duas regiões da Amazônia brasileira**: 1-193. Tese (Doutorado em Biologia – Ecologia) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus. Disponível em: <http://www.researchgate.net/profile/Ricardo_Scoles/publication/259570241_Ecologia_e_extrativismo_da_castanheira_%28Bertholletia_excelsa_Lecythidaceae%29_em_duas_regies_da_Amaznia_brasileira/links/00b7d52c98d9e38caa000000?ev=pub_ext_doc_dl&origin=publication_detail&inViewer=true>. Acesso em: 29 junho 2014.

SERRANO, R. O. P., 2005. **Regeneração e estrutura populacional de *Bertholletia excelsa* H. B. K. em áreas com diferentes históricos de ocupação, no Vale do Rio Acre (Brasil)**: 1-46. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Manejo de Recursos Florestais) – Universidade Federal do Acre, Rio Branco. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/RodrigoOtavioPereaSerrano_000g1kuvdzc02wx5ok00gmbp4t3xt2jr.pdf>. Acesso em: 4 setembro 2013.

SHANLEY, P. & G. MEDINA (Eds.), 2005. **Frutíferas e plantas úteis na vida amazônica**: 1-300. CIFOR, Imazon, Belém.

SMYTHE, N., 1978. The natural history of the Central American agouti (*Dasyprocta punctata*). **Smithsonian Contributions to Zoology** 257: 1-52.

SOUSA, D. G., 2007. **Abundância, estrutura populacional e avaliação do efeito de borda em uma população de *Bertholletia excelsa* (Humb. & Bonp., Lecythidaceae) na região sul do município de Palestina do Pará, Pará**: 1-85. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Federal do Pará, Marabá.

TRIVEDI, M. R., F. H. CORNEJO & R. WATKINSON, 2004. Seed predation on Brazil Nuts (*Bertholletia excelsa*) by Macaws (Psittacidae) in Madre de Dios, Peru. **Biotropica** 36(1): 118-122.

VASCONCELOS, C. C., M. A. NICACIO, J. G. L. ISACKSSON, W. C. S. APARÍCIO, M. C. GUEDES & P. S. APARÍCIO, 2011. Padrão de distribuição espacial e estrutura diamétrica da espécie *Protium pallidum* Cuatrec. em uma floresta de terra firme na RESEX Cajari, Amapá-Brasil. **Anais do Simpósio Latino-Americano sobre Manejo Florestal** 5: 821-827. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/916691/1/AP2011Padraodistribuicaoespacialestrutura.pdf>. Acesso em: 29 julho 2014.

VIANA, V. M., R. A. MELLO, L. M. MORAES & N. T. MENDES, 1998. Ecologia e manejo de populações da castanha-do-pará em Reservas Extrativistas, Xapuri, estado do Acre. In: C. GASCON & P. MOUTINHO (Eds.): **Floresta amazônica**: dinâmica, regeneração e manejo: 277-293. IPAM/INPA, Manaus.

WADT, L. H. O., K. A. KAINER & D. A. P. GOMES-SILVA, 2005. Population structure and nut yield of a *Bertholletia excelsa* stand in Southwestern Amazonia. **Forest Ecology and Management** 211(3): 371-384.

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.