

Capítulo 4

Contribuição associada aos modos de vida de populações locais e à conservação florestal

Karen A. Kainer; Lúcia Helena de Oliveira Wadt; Christina L. Staudhammer

Introdução

Nas últimas 3 décadas, a castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa*) tem emergido como uma espécie fundamental à economia amazônica, contribuindo para a segurança alimentar e os modos de vida de milhares de moradores extrativistas. Esse desenvolvimento ocorreu simultaneamente ao reconhecimento da importância da *B. excelsa* aos esforços de conservação na Amazônia. Praticamente toda a castanha-da-amazônia comercializada no mundo é oriunda de florestas nativas e, devido à importância da castanheira, essa espécie é reconhecida pela proteção de milhões de hectares de florestas intactas no Brasil, Bolívia e Peru (Ortiz, 2002). Além disso, devido ao seu grandioso porte, as castanheiras-da-amazônia armazenam uma quantidade substancial de carbono, em comparação com outras espécies arbóreas da Amazônia (Fauset et al. 2015).

Ademais, a criação simultânea de reservas extrativistas e reservas de desenvolvimento sustentável na Amazônia, assim como o reconhecimento de terras indígenas, tem agregado um enorme peso institucional ao argumento de que os povos indígenas e as populações tradicionais são legítimos cogestores e guardiões dos recursos naturais das áreas as quais habitam, incluindo nisso as castanheiras-da-amazônia. Somente no Brasil, quase a metade de todas as áreas protegidas está designada ao uso sustentável por povos indígenas e comunidades tradicionais (Serviço Florestal Brasileiro, 2017), a maioria na Amazônia, representando uma parte do legado deixado pelo líder seringueiro Chico Mendes. O papel essencial da espécie na conservação e no modo de vida de populações locais e economias regionais proporcionou uma mudança na forma geral de exploração nos castanhais nativos, em uma direção mais deliberada, intensiva e sofisticada de gestão de toda a sua cadeia de valor.

O propósito geral deste capítulo é contribuir para o atual entendimento sobre o sistema de produção da castanha-da-amazônia, associando o modo de vida de populações locais e a conservação florestal. Apesar de a análise ter como principal foco o componente florestal, fez-se primeiramente uma breve descrição sobre as mudanças no contexto socioeconômico e cultural de exploração da castanheira, enfatizando a escala temporal, considerando os últimos 30 anos. Em seguida, avaliou-se o conhecimento atual sobre a história natural e ecologia da *B. excelsa*, baseando-se fortemente em mais de 25 anos de pesquisa no estado do Acre e outros estudos, em toda a Bacia Amazônica. Assim, foram elaboradas as seguintes questões: (1) As coletas de castanha são sustentáveis em termos de padrões da produção de frutos e aponta indicadores de resiliência dos castanhais? (2) De que forma é possível aumentar a produção e melhorar a qualidade das castanhas produzidas, levando-se em consideração uma demanda oscilante (porém robusta) de mercado e o vínculo crucial da espécie com os esforços de conservação da Amazônia? Após essa discussão, concluímos com considerações finais sobre as oportunidades e preocupações futuras envolvendo essa espécie-chave.

Contexto temporal de mudanças

Nos 100 anos anteriores ao assassinato de Chico Mendes, em 1988, a castanha foi o suporte econômico e sazonal complementar ao látex, extraído da seringueira, sendo a borracha o principal produto florestal de seringais nativos (*Hevea brasiliensis*). Durante esse período, a produção de borracha para o comércio internacional atraiu dois processos de migrações massivas à Amazônia (Dean, 1987), um entre 1870 a 1920 e outro durante a Segunda Guerra Mundial, definindo picos de produção e temporadas com menores produções entre dois picos. A borracha não dominou somente a economia extrativista amazônica, mas também mudou fundamentalmente os direitos de propriedade e trabalho (Hecht; Cockburn, 1989; Schmink; Wood, 2012), além de promover alterações nos padrões de assentamento humano, particularmente na Bacia Amazônica. Gradualmente, porém, a dura relação de aviamento que deixou seringueiros em dívidas perpétuas com os seus patrões deu lugar a um sistema de produção mais autônomo, no qual a agricultura de subsistência era permitida (Allegretti, 1994; Barham; Coomes, 1996), bem como a coleta e venda de castanha durante a estação chuvosa na região, período de entressafra para a extração de borracha. No final da década de 1980, a economia da borracha na Amazônia entrou em colapso. Os subsídios federais à borracha no Brasil haviam sido removidos e os preços estavam instáveis

(Vadjunic; Rocheleau, 2009). Diante de tal conjuntura, mais da metade da renda familiar dos seringueiros próximos a Xapurí (Acre) vinha da venda de castanhas (Schwartzman, 1989). Esse “produto complementar” estava se tornando cada vez mais importante aos modos de vida dos extrativistas florestais, justamente quando a proposta para se estabelecerem reservas extrativistas ganhava força nacional e internacionalmente (Allegretti 1990). Proposta por seringueiros veteranos, bem como apoiados em conceitos voltados à extração sustentável e conservação de recursos naturais renováveis, essas reservas também foram projetadas para garantir os direitos de propriedade da terra, os meios de subsistência e a base econômica local – a própria floresta madura.

Na Amazônia boliviana e peruana, economias extrativistas e políticas de desenvolvimento também estavam mudando, resultando em um maior controle dos castanhais pelos coletores locais (Cronkleton; Pacheco, 2010; Guariguata et al., 2017). A *B. excelsa* começou a desempenhar um papel cada vez mais importante nesse interligado modelo de conservação e desenvolvimento sustentável.

As castanhas passaram a desfrutar de um sucesso econômico amplo e duradouro no mercado internacional. A exploração comercial começou historicamente na Amazônia Oriental, em 1633, quando as primeiras exportações foram despachadas de Belém para a Europa (Souza, 1963). Em meados do século XIX, a castanha havia adquirido ampla significância econômica na região da foz do Rio Amazonas, com a exploração se expandindo fortemente em toda a Amazônia, uma vez que, em 1866, portos foram abertos em Manaus, agilizando o comércio internacional (Souza, 1963). No século seguinte, a comercialização da castanha-da-amazônia permaneceu em grande parte nas mãos de patrões da borracha que vendiam para algumas empresas comerciais, em Belém, que controlavam o processamento, dominavam o mercado, e exportavam quase toda a produção para Europa e para os EUA (Clay, 1997).

Esse panorama mudou na década de 1970, quando o governo brasileiro adotou políticas de incentivo ao desmatamento em regiões ricas em castanhais da Amazônia Oriental (Coslovsky, 2014), transformando o chamado “polígono da castanha” em “cemitério da castanha”. Apesar de ser ilegal derrubar uma castanheira, esse apelido descreve com precisão os troncos queimados de *B. excelsa* que, cada vez mais, pontilhavam os pastos da paisagem desmatada, pois mesmo não sendo tombadas, sucumbiam ao mau tratamento (Homma, 2001). Simultaneamente, o Brasil experimentou um longo período de estagnação

econômica, incluindo a supervalorização da moeda e a redução da competitividade de exportação, o que desestabilizou a indústria da castanha (Coslovsky, 2014). Na Bolívia, esse setor também passava por grandes mudanças, mas com resultados que a levaram ao domínio global de exportação, com uma estrutura política clara voltada ao acesso e manejo dos castanhais (Cronkleton; Pacheco, 2010). O país acabara de construir a sua primeira rodovia, ligando a Amazônia a La Paz, e estava experimentando, comparativamente, estabilidade macroeconômica e uma taxa de câmbio competitiva (Coslovsky, 2014). Esses fatores, aliados à formalização dos direitos de propriedade de muitos coletores de castanha (Cronkleton; Pacheco, 2010), possibilitaram o crescimento da indústria privada de castanha, proveniente das cinzas da falida estatal *Empresa Nacional de la Castaña*, e a resposta às normas sanitárias mais rigorosas da União Europeia, aplicadas às castanhas importadas em 1999, referente aos limites dos níveis de aflatoxina (Coslovsky, 2014).

O governo boliviano e seus produtores foram capazes de responder de forma mais rápida e efetiva a esses novos desafios de exportação do que seus vizinhos, no Brasil. Até 2013, verificou-se que 77% de todas as castanhas comercializadas no mundo foram processadas e exportadas pela Bolívia (Coslovsky, 2014). Com a mudança geográfica do leste para o oeste da Amazônia, o Peru também reforçou o seu foco nas exportações, com a criação de mais de mil concessões de castanha, abrangendo quase um milhão de hectares e beneficiando aproximadamente 25% da população em Madre de Dios (Cossio-Solano et al., 2011). Além disso, os três países buscaram diversos tipos de certificação de produtos reconhecidos pelo mercado internacional, tal como a orgânica, comércio justo, e manejo florestal ou *Forest Stewardship Council-FSC* (Duchelle et al., 2014).

Em um estudo peruano distinto, Quaedvlieg et al. (2014) demonstraram como a participação em esquemas de certificação melhorou o empoderamento de produtores, por meio de maior organização social, representação e autoconfiança para promover mudanças. Porém, o empoderamento econômico não foi tão claramente alcançado, tendo em vista os contínuos desafios para superar estruturas econômicas hierárquicas e a dependência do apoio de doadores e ONGs. No Brasil, como resposta ao desafiador mercado de exportação, o setor gradualmente redirecionou o foco para o mercado interno, visando aos seus mais de 200 milhões de consumidores, a oitava maior economia do mundo (Central Intelligence Agency, 2018). Quase $\frac{3}{4}$ da produção brasileira de castanha em 2016 (avaliada em US \$ 30 milhões) (IBGE, 2016) foram negociados no mercado doméstico (Imaflora, 2016). O efeito líquido nos coletores de castanha dessas mudanças, diversas e

significativas, foram amplamente positivos, destacando-se que os preços recebidos na floresta quadruplicaram nas décadas de 1990 a 2010 (Wadt; Kainer, 2012), tornando a castanha uma commodity florestal cada vez mais valiosa. O contexto da economia da castanha mudou radicalmente, e cientistas e acadêmicos se esforçaram para manter o ritmo e apontar resultados sobre essas mudanças. Antes desse período de transformação, a maior parte da ciência sobre a castanha estava focada no estabelecimento de plantações em grandes propriedades, resultando em descobertas significativas sobre a germinação e o desenvolvimento de mudas pelo Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido da Embrapa (CPATU), atualmente conhecido como Embrapa Amazônia Oriental. Esses importantes trabalhos levaram ao maior entendimento sobre o potencial para aumentar a produção de castanha, porém, e conforme observado por Clay (1992), essas pesquisas não responderam as demandas urgentes de informação da espécie conforme o papel que *B. excelsa* poderia desempenhar na conservação e no desenvolvimento sustentável, considerando os modos de vida na Amazônia.

(...) ninguém sabe quanto tempo vive uma castanheira-da-amazônia. Ninguém sabe como elas se reproduzem, o número de sementes que se enraízam, ou se as sementes são plantadas por animais, indígenas ou simplesmente caem no chão. Ninguém sabe quantas castanhas uma castanheira de porte médio pode produzir. No entanto, essas informações são necessárias para determinar o impacto da coleta ou mesmo os níveis atuais de coleta, sem mencionar projetos que aumentem a produtividade dos castanhais nativos. (Clay, 1992, p. 33).

Ao longo dos últimos 30 anos, houve um grande aumento da produção científica respondendo, pelo menos parcialmente, as perguntas colocadas por Clay (1992). A integração entre conhecimento científico e local melhorou muito a compreensão sobre a história de vida e ecologia da *B. excelsa*, e informou até que ponto as coletas de castanha são sustentáveis. Isso revelou como o manejo atual e futuro pode aumentar a produção, e de forma mais ampla, o papel que a castanheira pode desempenhar na manutenção das florestas e modos de vida Amazônicos.

A história de vida e ecologia da *B. excelsa*

Várias características da castanheira conferem um nível de resiliência ao nível da paisagem amazônica. A distribuição é generalizada, estendendo-se por toda a bacia em florestas de terra firme (não inundadas) (Mori; Prance, 1990; Shepard Junior; Ramirez, 2011). Ao longo da Amazônia Central e Oriental, agrupamentos (> 9 indivíduos ha^{-1}) de *B. excelsa* adultas (≥ 40 cm de diâmetro à altura do peito

[DAP]) foram reportados (Scoles; Gribel, 2011), enquanto na Amazônia Ocidental, a distribuição de árvores parece menos agrupada, com densidades de adultos entre 1-3 árvores ha⁻¹ (Zuidema; Boot, 2002; Wadt et al., 2005), embora Rockwell et al. (2017) tenham relatado agrupamentos espaciais em escala local (<6 km²) e densidades mais baixas de adultos (0,58-0,95 árvores ha⁻¹) em três locais no Peru.

A castanheira-da-amazônia é uma espécie emergente de dossel, atingindo até 50 m de altura e 3 m de DAP (Zuidema, 2003). Análises de anéis de crescimento estimaram indivíduos com 400 anos ou mais (Brienen; Zuidema, 2006; Schöngart et al., 2015), enquanto a datação por radiocarbono sugere um ciclo de vida máximo de mais de mil anos (Vieira et al., 2005). A ecologia de populações determina que, para manter uma população estável, para cada árvore grande e senil que eventualmente morra na floresta, apenas um indivíduo precisa atingir a maturidade reprodutiva para substituí-la. Esse processo pode envolver vários eventos de liberação e supressão ao longo de décadas (Brienen; Zuidema, 2006; Schöngart et al., 2015). Em dois castanhais no Acre, estimou-se que esse processo de germinação, crescimento e desenvolvimento de uma castanheira até a maturidade levaria, em média, 167 e 83 anos (Bertwell et al., 2018). Ainda a pleno sol, árvores plantadas podem iniciar a produção dentro de 10 anos, e mudas enxertadas iniciar a floração em 3,5 anos após a enxertia (Homma et al., 2014).

Para entender melhor esses processos de estabelecimento e maturação da castanheira-da-amazônia em seu habitat natural, Staudhammer et al. (2013) acompanharam 190 árvores em um castanhal nativo no Acre, em diferentes etapas de vida. Nesse estudo, foi explorado o papel da luz, água e outros fatores para explicar as compensações entre crescimento e produção de castanheiras, desde a fase juvenil até a senescência. As árvores expressaram um longo período pré-reprodutivo de crescimento em altura, seguido de um crescimento radial (Figura 1). A posição das árvores no dossel revelou que o acesso à luz foi crítico na fase que antecede a maturidade reprodutiva. Um número bem reduzido de árvores juvenis (5 cm ≤ DAP <50 cm) frutificou e aquelas que o fizeram, demonstraram um crescimento reduzido, assim como aquelas reprodutivamente maduras (DAP entre 50-100 cm). Após atingir o dossel e alcançar entre 100-150 cm de DAP, a produção de frutos chegava a seu pico e essas árvores grandes com troncos robustos, altos e que se elevavam sobre as demais pareciam adquirir o apoio estrutural necessário para produzir e crescer bem. Não foi observada competição entre o crescimento radial e a produção de frutos, significando que, nessa fase, o crescimento e a produção de frutos parecem ser influenciados independentemente por outros

fatores abióticos (ou seja, precipitação pluvial e disponibilidade de nutrientes) e bióticos (por exemplo, composição genética e infestação por cipós), conforme exemplificado na Figura 2. À medida que as árvores amadurecem e a senescência chega, a produção de frutos diminui em árvores com DAP acima de 150 cm, apesar da maior circunferência.

As castanhas ou sementes estão protegidas da maioria dos predadores pelo fruto pesado e lenhoso (ouriço) que tem, em média, 700 g, e pode pesar entre 500 g e 1.500 g (Fernandes, 2007; Camargo et al., 2010; Sujii et al., 2013). Esses frutos não abrem naturalmente para liberar as sementes, apesar de possuírem uma pequena abertura circular. Assim, as 10-25 sementes permanecem dentro do fruto quando ele cai da copa das árvores. A queda dos frutos é bastante sincronizada ao longo da bacia (apesar dos resultados de Roraima de Tonini, 2011), em um período de aproximadamente 3 a 4 meses, durante a estação chuvosa (Campos et al., 2013; Wadt et al., 2018).

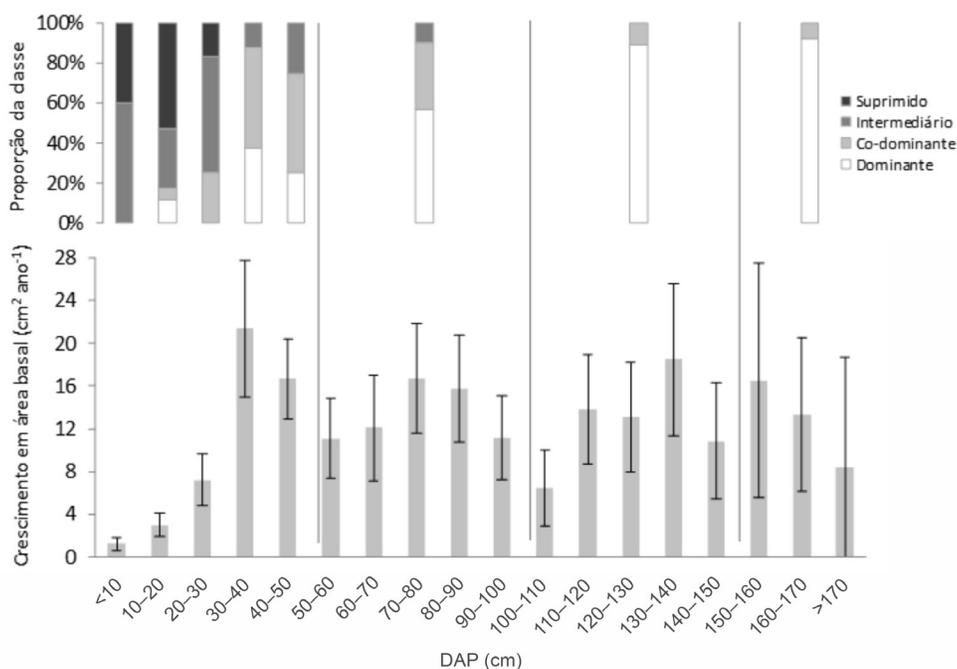


Figura 1. Taxas anuais de crescimento de área basal (média \pm erro padrão; EP) de árvores de *B. excelsa* ($n = 190$) por classe de diâmetro e a proporção correspondente de indivíduos em cada classe em quatro categorias de posição no dossel. DAP: diâmetro à altura do peito. Fonte: Staudhammer et al. (2013).

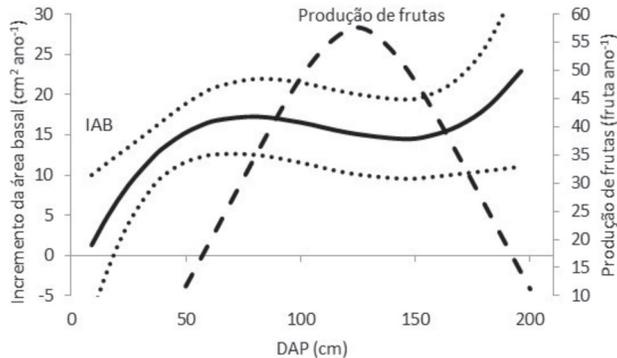


Figura 2. Modelo de incremento de área basal (IAB; linha contínua com intervalos de confiança de 95%) e produção anual de frutos (linha pontilhada) de indivíduos de *B. excelsa* ($n = 190$) pelo diâmetro de árvore (diâmetro à altura do peito: DAP).

Fonte: Staudhammer et al. (2013).

A cutia (*Dasyprocta* spp.) é o principal dispersor de sementes da castanheira (Peres; Baider, 1997), havendo muita especulação sobre o papel de indígenas pré-colonização na formação da atual distribuição geográfica da castanha-da-amazônia (Thomas et al., 2015). Características da história de vida e padrões de comportamento da *Dasyprocta* spp. tornaram esse roedor adaptável e resistente às atividades antropogênicas existentes, o que, por sua vez, facilita muito a dispersão de sementes e o estabelecimento de novos indivíduos da *B. excelsa*. Dispersores como a cutia armazenam sementes em esconderijos espalhados espacialmente (Vander Wall, 1990), que servem para distanciar as sementes da árvore-matriz, com a qual poderia potencialmente competir (Janzen, 1970). Além de consumir as nutritivas sementes de castanha-da-amazônia, a *Dasyprocta* spp. as enterra no solo, minimizando roubos do alimento por animais concorrentes (Galvez et al., 2009) e, bem importante, facilitando a germinação de sementes esquecidas (Forget, 1990). A *Dasyprocta* spp. também pode levar os ouriços da castanheira-da-amazônia muito além das árvores individuais, preferencialmente para áreas de vegetação densa (Haugaasen et al., 2012), onde podem permanecer relativamente escondidas, enquanto roem os frutos. A densa vegetação em regeneração, formada quando clareiras são abertas na floresta, a partir do corte e queima para o cultivo da roça itinerante ou coivara, também fornece abrigo às cutias. De fato, em capoeiras formadas após o cultivo de roças no Acre, Cotta et al. (2008) observaram densidades duas e quatro vezes maiores para plântulas (<1,5 m de altura) e varetas (1,5 m de altura e DAP <10 cm) de castanheira, respectivamente, do que

na floresta madura. Embora menos evidente, maiores densidades de regenerantes também foram observadas em capoeiras na Reserva Extrativista do Rio Cajari, no Amapá (Guedes et al., 2014).

Os castanheiros mencionam que a cutia prefere enterrar tanto as sementes como os frutos inteiros em capoeiras jovens, locais com vegetação emaranhada, em que esse roedor pode esconder o alimento dos predadores enquanto come ou o enterra com calma. Além de bem adaptadas a ambientes florestais e capoeiras, as cutias são de rápida reprodução (Naughton-Treves et al., 2003), permitindo uma maior persistência em áreas como as reservas extrativistas, onde a caça e distúrbios antropogênicos são componentes importantes da paisagem. Dessa forma, *Dasyprocta* spp e humanos competem intensivamente pelos frutos/sementes da castanheira, trazendo preocupação sobre os efeitos dessa competição no recrutamento e na persistência populacional da espécie, bem como sobre o seu comportamento e sua sobrevivência.

A coleta da castanha-da-amazônia é sustentável?

Essa pergunta tem sido feita há décadas. No entanto, é difícil responder se os coletores deixam sementes suficientes da castanheira na floresta para germinarem e se transformarem em árvores adultas. A resposta depende do rendimento reprodutivo das castanheiras, da frequência e intensidade de coleta. Além disso, também é preciso analisar se os dispersores estão facilitando ativamente o recrutamento de plântulas. Vários fatores de interação influenciam essas três variáveis, incluindo padrões de precipitação pluvial mensal e anual, atividades humanas, como caça e agricultura, e preços de mercado da castanha-da-amazônia.

Quanto frutos e com qual consistência produz uma castanheira? Nas escalas de paisagem e talvez de bacia hidrográfica, uma provisão mais ou menos consistente ao longo de anos e décadas certamente contribuiu para o grande sucesso comercial da castanha-da-amazônia. Em nível populacional, entretanto, pesquisas na Bolívia (Zuidema, 2003), Peru (Rockwell et al., 2015), Acre (Kainer et al., 2007, 2014) e Roraima (Tonini; Pedroso, 2014) demonstram claramente que a produção de frutos apresenta variabilidade anual. Em nível individual das árvores, o número de frutos produzidos a cada ano também pode variar, e de forma drástica (Zuidema, 2003; Kainer et al., 2014), sugerindo a necessidade de estudos de longo prazo para capturar os efeitos das variáveis ou tratamentos experimentais na produção individual de árvores. Por exemplo, um estudo da produção entre 2002 e 2012

revelou uma produção média de 164 frutos por ano por castanheira individual (Kainer et al., 2014) e, em um determinado ano, aproximadamente 27% das árvores produziram 75% da produção total do castanhal.

No entanto, dados mais recentes comparando duas populações, situadas aproximadamente 30 km de distância uma da outra, revelaram diferenças com relação à variação nos níveis individuais de frutificação, no nível populacional e na sincronização individual da frutificação (dados não publicados). Os fatores determinantes da variação na produção de frutos incluem precipitação total, período chuvoso ao longo do ano e diâmetro das árvores (Zuidema, 2003; Kainer et al., 2007), variáveis de solo e quantidade de cipós nas copas (Kainer et al., 2007), assim como altitude (Zeidemann et al., 2014; Thomas et al., 2017; Staudhammer et al., 2021). Variáveis de copa (por exemplo, melhor posição e forma) também estão associadas positivamente à maior produção de frutos (Zuidema, 2003; Kainer et al., 2007; Tonini et al., 2008; Kainer et al., 2014; Rockwell et al., 2015). A importância do tamanho da copa na produção de frutos foi quantificada em castanheiras com diâmetro da copa razoavelmente constante ao longo de sete anos, no Acre (Staudhammer et al., 2013). Árvores que produziram muitos frutos (> 300 frutos árvore⁻¹ ano⁻¹) apresentaram copas enormes, quase duas vezes maiores do que aquelas que produziram pouco (<5 frutos árvore⁻¹ ano⁻¹).

Isso se dá, provavelmente, porque o tamanho da copa influencia a capacidade fotossintética, a produção potencial de carboidratos e o suporte estrutural à produção de frutos. Finalmente, o fato de a redução e o atraso das chuvas terem resultado em uma menor produção de frutos da castanheira é preocupante, uma vez que o aumento do estresse hídrico é uma característica dominante dos modelos que preveem cenários climáticos futuros na Amazônia (Cox et al., 2008). A preocupação de que as sementes estejam sendo removidas da floresta é válida. De fato, essa preocupação é amplificada, pois as plântulas da castanheira são encontradas naturalmente em baixas densidades nas florestas maduras, além de serem plantas de difícil reconhecimento, mesmo pelos castanheiros veteranos.

O impacto da intensidade de coleta das castanhas e de se os extrativistas têm coletado muito intensamente ou não foi profundamente debatido, e pesquisas científicas vêm trazendo respostas. Uma meta-análise envolvendo toda a bacia amazônica, conduzida por Peres et al. (2003), baseada em dados coletados por diversos grupos de pesquisa e utilizando diversos métodos e tamanhos de amostra, concluiu que o histórico de coleta das sementes estava altamente correlacionado com a estrutura da população. Como os castanhais coletados de

forma persistente e intensiva foram caracterizados por árvores maiores (DAP > 60 cm), tendo poucas ou nenhuma um DAP entre 10 e 60 cm, os autores sugeriram declínio populacional, recomendando restrições à coleta de castanhas para evitar um “colapso demográfico”. Outros estudos focaram classes de menor tamanho para associar o recrutamento às intensidades de coleta. Ao concentrar-se na contagem de plântulas (<1,5 m de altura) e varetas (1,5 m de altura e DAP <10 cm) em três locais no Acre, onde, estimativamente, 45 a 71% das sementes foram coletadas, Wadt et al. (2008) relataram 3,2-5,8 e 0,9-1,8 indivíduos ha⁻¹, respectivamente, concluindo que a regeneração foi suficiente para manter os castanhais nos três locais.

Um estudo em três locais no Peru relatou baixas densidades médias de árvores com DAP entre 10 e 40 cm (0,10-0,19 indivíduos ha⁻¹) (Rockwell et al., 2017), assim como 25 locais no norte do Pará, Brasil (0,5 ± 0,8 indivíduos ha⁻¹; média ± erro padrão). Neste último, porém, não foi encontrada relação entre esses baixos níveis pré-reprodutivos e a intensidade da coleta (Scoles; Gribel, 2012). Ao comparar 20 castanhais no sul do Pará, com variadas intensidades de coleta (incluindo castanhais não-colhidos), Ribeiro et al. (2014) relataram maiores densidades de plântulas (0,3 a 1,5 m de altura) em castanhais com contínuas coletas de baixa intensidade. Aplicando modelos matriciais a um estudo demográfico de dois anos referente a dois locais na Bolívia, Zuidema e Boot (2002) concluíram que mesmo com taxas de coleta de 93%, as populações de *B. excelsa* eram estáveis.

Outro esforço de modelagem matricial baseado em 14 anos de pesquisa, em dois locais no Acre, chegou a conclusões semelhantes, com taxas de coleta de 39 e 81% (Bertwell et al., 2018). A estabilidade populacional da castanha-da-amazônia também depende do comportamento dos dispersores. Embora a dispersão primária seja induzida pela gravidade, com frutos caindo da árvore-matriz de forma bastante sincronizada durante a estação chuvosa (Faustino et al., 2014), a dispersão secundária por animais é fundamental no recrutamento da castanheira. Além dos humanos, que também dispersam sementes intencionalmente (ou não) ao longo das trilhas de coleta (Ribeiro et al., 2014), várias espécies de mamíferos abrem os frutos de *B. excelsa*. Macacos-prego (*Sapajus apella*) abrem frutos mais velhos, com a casca já em estado de decomposição (Peres; Baider, 1997; Haugaasen et al., 2010). Também foi relatado que esquilos gigantes da Amazônia (*Sciurus* spp.) roem os frutos até abri-los e remover as suas sementes (Peres; Baider, 1997), mas apenas a cutiara (*Myoprocta* spp.) e a cutia (*Dasyprocta* spp.) conseguem abrir os frutos mais duros e alcançar as sementes, habitualmente enterrando-as intactas (Smythe, 1978; Forget, 1990; Peres; Baider, 1997).

A cutiara é menor, e pode lentamente roer o fruto da castanheira e eventualmente alcançar as sementes, mas a cutia é maior e realiza essa tarefa com muito mais eficiência. Vários estudos sobre a dispersão de sementes de *B. excelsa* foram realizados, rastreando sementes experimentalmente colocadas no chão da floresta (Peres; Baider, 1997; Haugaasen et al., 2010), revelando distâncias de dispersão < 20 m. Um estudo de acompanhamento de Haugaasen et al. (2012) revelou que frutos inteiros (embora manipulados) foram transportados até 60 m de sua localização original, demonstrando que a movimentação de frutos inteiros por *Dasyprocta* spp. resultou em uma dispersão de sementes muito mais eficiente e a maiores distâncias do que se supunha. Rastreando 6.855 frutos de 20 árvores enquanto caíam durante aproximadamente três meses, Wadt et al. (2018) observaram que dispersores removeram 4,1% dos frutos para fora da área de projeção da copa da árvore e abriram outros ~ 0,5% sob as árvores-matriz.

Além disso, a quantificação contínua da atividade de dispersão revelou que antes do início da coleta pelo extrativista, a fauna teve semanas de acesso ilimitado aos frutos e sementes, consumindo ou dispersando 197 frutos (ou 3.351 sementes, assumindo uma média de 17 sementes por fruto) (Wadt et al., 2018). Não se sabe se isso é suficiente para manter as populações de cutias e cutiaras ou oferecer dispersão e “plantio” bastantes para a manutenção dos castanhais. Medidas de segurança determinam que os castanheiros atrasem seus esforços de coleta até depois que a maior parte dos frutos tenha caído, embora o período e a intensidade de coleta das castanhas variem ao longo da Bacia Amazônica (Duchelle et al., 2011).

Considerando todos os resultados apresentados e o conhecimento acumulado das interações *Bertholletia-Dasyprocta-Homo sapiens* – desde os resultados reprodutivos de árvores adultas até as intensidades de coleta e o comportamento dos dispersores –, chegamos a conclusões semelhantes às de Scoles e Gribel (2011) e Ribeiro et al. (2014). Evidências científicas e conhecimento local indicam que não são necessárias restrições aos níveis atuais de coleta de castanha, seja para sustentar os castanhais nativos ou os dispersores. O estudo de Bertwell et al. (2018) evidenciou que a maior preocupação deve estar com a sobrevivência das castanheiras existentes, especialmente aquelas entrando na fase reprodutiva, e não com o destino das sementes produzidas (intensidade de coleta). Permanece incerto quanto que as mudanças climáticas podem modificar os atuais cenários de produção e mortalidade da castanheira.

Aumentando a produção

Em 2015, as exportações de castanha-da-amazônia (frescas e secas) do Brasil, Bolívia e Peru foram avaliadas em US\$ 268 milhões (United Nations, 2015). Populações locais que vivem em florestas maduras coletam cerca de 98% dessa produção comercial (Homma et al., 2014). Estima-se que, para essas famílias, a castanha forneça entre 17 e 74% da renda derivada da floresta (Guariguata et al., 2017) e até 44% da renda total da família (Duchelle et al., 2011; Soriano et al., 2017). Como esses pequenos produtores podem aumentar a produção?

Protegendo e melhorando as condições das castanheiras grandes

O foco em castanheiras grandes reprodutivas é uma forma estratégica de aumentar a produção rapidamente. Duas práticas prejudiciais que podem causar mortalidade, mesmo em árvores grandes, foram praticamente abandonadas pelos extrativistas: 1) o uso do fogo para limpar debaixo da copa das castanheiras produtivas, visando facilitar a coleta dos frutos e evitar acidentes com animais peçonhentos (Kainer, 1997); e 2) o “sangramento” de árvores adultas – cortando-se a casca interna para liberar a resina naturalmente vermelha de *B. excelsa*. Esse ferimento, tipicamente feito com um facão e praticado por quase 1/3 dos extrativistas entrevistados na Bolívia e no Brasil (Duchelle et al., 2014), pode estimular a produção de frutos a curto prazo, mas também pode criar portas de entrada a patógenos, afetando negativamente, ao longo do tempo, a saúde das árvores (Kramer; Kozlowski, 1979). No estudo de Duchelle et al. (2014), apurou-se que nenhum produtor peruano entrevistado sangrava as castanheiras, devido à mensagem “sem sangramento” disseminada por promotores de certificação FSC. Tanto a limpeza com fogo ao redor das árvores como o sangramento devem ser evitados.

Cipós frequentemente encontram suporte nas árvores dominantes do dossel, como *B. excelsa*, causando danos às suas copas, principalmente aquelas com grande acúmulo de cipós (> 75% de cobertura da copa), afetando negativamente a produção de frutos (Kainer et al., 2006). Os coletores de castanhas relatam esse fenômeno e Duchelle et al. (2014) documentam que cortar cipós é a prática de manejo da castanheira mais comum na região fronteira entre Brasil, Bolívia e Peru, enquanto Zeidemann et al. (2014) relatam alta variabilidade nas atividades de corte de cipós em diferentes regiões da Reserva Extrativista Riozinho do Anfrísio, no estado do Pará. Um experimento controlado de 10 anos com castanheiras reprodutivamente maduras revelou que árvores que tiveram os cipós cortados

foram significativamente melhores produtoras três anos e meio após o corte dos cipós, e essas diferenças aumentaram radicalmente nos anos seguintes (Kainer et al., 2014). Os resultados sugerem que o corte de cipós reduz a competição – acima e abaixo do solo – em castanheiras hospedeiras e permite que as copas danificadas se recuperem com o tempo. Após nove a dez anos do corte de cipós, árvores que receberam o tratamento de corte produziram, em média, três vezes mais frutos do que as que não o receberam (Kainer et al., 2014). Além disso, o corte de cipós (e tratamentos repetidos, conforme necessário, quando ocorre o rebrote) leva apenas alguns minutos, o que significa que o tempo investido nessa boa prática de manejo é mínimo, quando incorporado às coletas anuais dos frutos (Kainer et al., 2014).

O número de projetos comunitários florestais madeireiros aumentou nas florestas ricas em castanhais em toda a bacia amazônica, envolvendo áreas protegidas de uso sustentável, como as reservas extrativistas no Brasil (Instituto Florestal Tropical, 2016), concessões de castanheiras no Peru (Rockwell et al., 2015, 2017) e concessões privadas para manejo madeireiro (Guariguata et al., 2009) e florestas comunitárias (Soriano et al. 2012, 2017) na Bolívia. Quando solicitadas para avaliar oportunidades e limitações relacionadas à exploração madeireira em florestas ricas em castanheiras, comunidades tanto na Bolívia como no Peru demonstraram preocupação de que exploração de madeira danificasse os castanhais (Duchelle et al., 2012). Talvez seja por isso que Rockwell et al. (2015) relataram que, em concessões sobrepostas de coleta de castanha e exploração de madeira no Peru, aproximadamente 80% das quase 500 castanheiras reprodutivamente maduras inventariadas estavam ao menos a 100 m dos tocos remanescentes de árvores extraídas.

Por outro lado, no Acre, Brasil, nem as comunidades nem outros atores relacionados à castanha consideraram o dano pela extração madeireira uma ameaça relevante às castanheiras, principalmente devido ao seu status legal e valor econômico (Duchelle et al., 2012). Além disso, um estudo de campo que quantificou os danos da exploração madeireira às castanheiras sugeriu que a exploração, sob condições corretas, pode não prejudicar as árvores adultas de *B. excelsa*. Em três concessões florestais para extração de madeira certificadas pelo FSC, onde as castanhas eram colhidas anualmente, Guariguata et al. (2009) determinaram que, quando feita seguindo-se as diretrizes de exploração madeireira de impacto reduzido e coletas de baixas intensidades (~ 0,5 árvores por hectare), a exploração seletiva de madeira causou um baixo dano (~ 1 árvore por 10 ha) às castanheiras

com DAP ≥ 10 cm. Mesmo assim, e até sob exploração de baixa intensidade e impacto reduzido, é difícil avaliar exatamente todos os possíveis impactos ao sistema ecológico que apoia a produção da castanha-da-amazônia (com aqueles relacionados aos polinizadores ou ventos). Por exemplo, não está claro se mesmo pequenas clareiras que resultam da exploração madeireira seletiva apresentam um maior risco de danos causados por ventos às grandes castanheiras. Fora de uma área de exploração madeireira, Bertwell et al. (2018) relataram que uma tempestade localizada derrubou quatro grandes árvores reprodutivamente maduras, e que o vento provavelmente contribuiu para a mortalidade de outras dez. Finalmente, a busca e o mapeamento cuidadosos de indivíduos de *B. excelsa* fora das trilhas tradicionais de coleta podem aumentar a produção geral de uma determinada área.

Uma pesquisa com transectos realizados em áreas sem coleta de uma reserva identificou números significativos de árvores reprodutivamente maduras (Zeidemann et al. 2015) que poderiam ser incluídas na coleta anual. Um esforço sistemático de mapeamento em uma floresta de 145 ha rica em castanheiras na Reserva Extrativista Chico Mendes, no Acre, identificou 32 novas árvores de tamanho reprodutivo, revelando que, ao usar suas trilhas tradicionais, os castanheiros coletavam apenas $\sim 70\%$ de todas as árvores adultas (Munaretti, 2016). Um pouco mais da metade dos castanheiros na Bolívia e Acre, respectivamente, mapearam seus castanhais, enquanto 79% daqueles no Peru o fizeram, conforme promovido pela certificação FSC da castanha-da-amazônia (Duchelle et al., 2014). Geralmente, castanheiros não visitam ou coletam os frutos de árvores já identificadas como jovens ou produtoras insignificantes. Como as árvores fora das trilhas tradicionais de coleta seguem crescendo até a maturidade reprodutiva, a tecnologia de mapeamento pode potencialmente aumentar a produção do castanhal simplesmente por incluir mais árvores nas rotas de coleta (Munaretti, 2016).

Cuidando da regeneração e dos plantios de enriquecimento

Proteger e cuidar de novas castanheiras (recrutas) e futuras árvores para a coleta da castanha-da-amazônia pode aumentar a produção geral de castanhais nativos. Mais de 60% dos castanheiros na região trifronteiriça (Brasil, Bolívia e Peru) mencionaram proteger plântulas encontradas em capoeiras abandonadas (Duchelle et al., 2014). As plântulas e varetas de *B. excelsa* são encontradas em relativa abundância em capoeiras (12,7 e 5,2 indivíduos ha^{-1} , respectivamente), e o crescimento em diâmetro tende a ser melhor devido à elevada luminosidade nessas áreas, em comparação com a floresta nativa (Cotta et al., 2008). Cuidar ou

mesmo simplesmente abandonar essas capoeiras para que cresçam e se tornem florestas ricas em castanheiras pode aumentar significativamente a renda dos moradores (Bongiolo et al., 2020) e contribuir para a sustentabilidade populacional da espécie.

O recrutamento de plântulas de *B. excelsa* também foi examinado sob vários tipos de perturbações causadas pela exploração seletiva de madeira (clareiras pós corte, trilhas de arraste de toras, estradas florestais e pátios de estocagem). O recrutamento foi significativamente maior em grandes locais de perturbação (por exemplo, em pátios de estocagem do que em trilhas de arraste de toras) entre dois a cinco anos após a exploração de madeira, mas, no geral, as densidades da regeneração não foram diferentes entre talhões com e sem exploração de madeira (Soriano et al., 2012). Plantar mudas de castanheiras é outra intervenção com potencial de retorno econômico e restauração de ecossistemas. Kainer et al. (1998) compararam o sucesso do plantio de mudas de castanheiras em clareiras, pastagens e cultivos de roças itinerantes encontrados ao longo do território em reservas de uso sustentável. Embora as clareiras tenham sido locais apropriados ao plantio do ponto de vista socioeconômico (por exemplo, por exigir pouca mão-de-obra), a disponibilidade de luz foi baixa e tanto água como nutrientes pareciam limitados, uma vez que as mudas cresceram pouco.

O plantio de mudas de castanheira associado às roças ou cultivos de subsistência foi a alternativa mais vantajosa das três opções estudadas. Essa opção para o enriquecimento dos castanhais garantiu a capina de limpeza das mudas na fase inicial de estabelecimento e uma abundância de recursos necessários ao seu crescimento, trazendo vantagem competitiva com a vegetação sucessional quando a roça é abandonada. As pastagens também se mostraram ecologicamente adequadas aos plantios (ou seja, luz, água e nutrientes estavam disponíveis), mas o crescimento e manutenção das mudas demandaram muita mão-de-obra (por exemplo, com cercas e capinas), especialmente nos casos com animais no sistema. No entanto, plantios intensivos em pequena escala, em pastagens abandonadas, podem ser uma alternativa para aumentar a produção de castanha e restaurar áreas degradadas nas reservas de uso sustentável e outras paisagens desmatadas.

De fato, motivado pelo Código Florestal Brasileiro de 2012, que exige que proprietários de terras na Amazônia mantenham 80% de suas propriedades com floresta nativa, alguns produtores plantaram pequenos castanhais que parecem ser

produtivos¹⁹. Por outro lado, grandes plantações de castanheiras não se mostraram bem-sucedidas. Isso pode estar relacionado à ausência de variação genética no castanhal, uma vez que *B. excelsa* é autoincompatível (O'Malley et al., 1988), e/ou à presença limitada de polinizadores eficazes (Cavalcante et al., 2012). *B. excelsa* é polinizada por abelhas nativas de médio a grande porte das famílias *Apidae* e *Anthophoridae* (Maués, 2002). Essas abelhas grandes são capazes de levantar o capuz da flor zigomórfica (Prance, 1976), mas apenas uma espécie dessas abelhas, até o momento, foi criada com sucesso em caixas (Cavalcante et al., 2012). Ao examinar o comportamento de forrageamento de polinizadores na maior plantação de castanheiras-da-amazônia no mundo, localizada no estado do Amazonas, Cavalcante et al. (2012) argumentaram que florestas naturais próximas são essenciais para fornecer aos polinizadores de castanheiras alimentos, local para ninhos e outros recursos necessários.

Melhorando a qualidade da castanha

Uma diversidade de práticas de coleta e pós-coleta na floresta pode melhorar a qualidade da castanha-da-amazônia, o que significa um produto limpo, seco e livre de aflatoxinas. Essa é uma tarefa desafiadora, uma vez que os frutos caem no chão da floresta e as castanhas são coletadas durante a estação chuvosa. Boas práticas de manejo incluem a coleta de frutos o mais rápido possível quando caídos (Manual..., 2004) e a exclusão das castanhas danificadas (cortadas ou estragadas) e do “umbigo”²⁰ (Duchelle et al., 2014).

Baseados no monitoramento da dispersão dos frutos, Faustino et al. (2014) recomendaram uma primeira coleta e o transporte dos frutos oito semanas após o início de queda, período em que a maioria dos frutos já está no solo. Duchelle et al. (2011), entretanto, relataram que a ameaça de roubo de castanhas na Bolívia motivou a prática imprudente de iniciar a coleta muito mais cedo. Essa ameaça levou os castanheiros a coletar e abrir os frutos e transportar as castanhas para um local seguro – tudo em um mesmo dia. Essa é uma rotina relativamente ineficiente, dado que esse processo precisa ser continuamente repetido durante todo o período de safra (Duchelle et al., 2011). Esses autores atribuíram a relativa liberdade de se coletarem frutos durante um período mais seguro no Acre à real e percebida maior segurança dos recursos, uma conquista alcançada com muito esforço para os residentes da Reserva Extrativista Chico Mendes e outras áreas protegidas de uso

¹⁹ Observação pessoal das autoras Lúcia Wadt e Karen Kainer.

²⁰ Tecido placentário dos frutos

sustentável no Brasil. A secagem de castanhas em armazéns elevados e cobertos, longe de contaminantes como baterias, animais domésticos e combustíveis, é outra prática recomendada. Evidências sugerem que essas boas práticas de manejo de coleta e pós-coleta, promovidas por organizações de certificação orgânica, foram adotadas pela maioria dos coletores, ao menos na região trifronteiriça entre Brasil, Bolívia e Peru (Duchelle et al., 2014).

Considerações finais

Nos últimos 30 anos, a coleta da castanha-da-amazônia tornou-se cada vez mais vinculada a um maior controle local sobre as florestas ricas em castanheiras, incluindo terras indígenas e unidades de conservação de uso sustentável em suas diversas formas. Pesquisas indicam que florestas comunitárias, em geral (Porter-Bolland et al., 2012), e essas categorias de áreas protegidas, em particular (Nepstad et al., 2006; Nolte et al., 2013), ajudam a conter o desmatamento, conservando as florestas ricas em castanhais. Além disso, e à medida que a qualidade das castanhas foi melhorando, o mercado também melhorou em termos dos preços ofertados aos coletores, sendo que a castanha-da-amazônia possui vários elementos que a tornam apta para alcançar tanto mercados convencionais como os de nicho. O sistema de produção da castanha-da-amazônia contribui imensamente para a conservação florestal, ao mesmo tempo que promove os modos de vida locais, especialmente porque quase toda castanha é coletada em florestas maduras e naturalmente produzida de forma orgânica. A maior ameaça à sustentabilidade da castanha-da-amazônia é a conversão de florestas maduras para outros usos, como a agricultura e pecuária (Salisbury; Schmink, 2007; Vadjunec; Rocheleau, 2009). Pesquisas sugerem que as intensidades de coleta atuais são sustentáveis, e os saberes científicos e locais indicam possíveis caminhos para aumentar a produtividade, enriquecer e até restaurar a paisagem florestal. O fortalecimento dos direitos de propriedade dos coletores locais; o desenvolvimento equitativo do setor da castanha-da-amazônia; a promoção do conhecimento; e capacidade local para gerir os recursos naturais podem promover a sustentabilidade da castanha-da-amazônia, promovendo, assim, a continuidade do seu papel na conservação florestal ao longo da Bacia Amazônica.

Referências

- ALLEGRETTI, M. H. Extractive reserves: an alternative for reconciling development and environmental conservation in Amazonia. In: ANDERSON, A. B. (ed.). **Alternatives to deforestation: steps toward sustainable use of the Amazon rain forest**. New York: Columbia University Press, 1990. p. 252-264.
- ALLEGRETTI, M. H. Reservas extrativistas: parâmetros para uma política de desenvolvimento sustentável na Amazônia. In: ANDERSON, A.; ALLEGRETTI, M.; ALMEIDA, M.; SCHWARTZMAN, S.; MENEZES, M.; MATTOSO, R.; FLEISCHFRESSER, V.; FELIPPE, D.; EDUARDO, M.; WAWZYNIAK, V.; ARNT, R. (ed.). **O destino da floresta: reservas extrativistas e desenvolvimento sustentável na Amazônia**. Rio de Janeiro: Relume-Dumará, 1994. p. 17-47.
- BARHAM, B.; COOMES, O. **Prosperity's promise: the Amazon rubber boom and distorted economic development**. Boulder, CO, USA: Westview Press, 1996.
- BERTWELL, T. D.; KAINER, K. A.; CROPPER, W. P. JR.; STAUDHAMMER, C. L.; WADT, L. H. O. Are Brazil nut populations threatened by fruit harvest? **Biotropica**, v. 50, n. 1, p.50-59, Jan. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/btp.12505>.
- BONGIOLO, E. S.; KAINER, K. A.; CROPPER, W.; STAUDHAMMER, C. L.; WADT, L. H. O. Swidden fallow management to increase landscape-level Brazil nut productivity. **Forest Ecology and Management**, v. 464, 118019, May 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118019>.
- BRIENEN, R. J. W.; ZUIDEMA, P. A. Lifetime growth patterns and ages of Bolivian rain forest trees obtained by tree ring analysis. **Journal of Ecology**, v. 94, n. 2, p. 481-493, Mar. 2006. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2005.01080.x>.
- CAMARGO, F. F.; COSTA, R. B.; RESENDE, M. D. V.; ROA, R. A. R.; RODRIGUES, N. B.; SANTOS, L. V.; FREITAS, A. C. A. Variabilidade genética para caracteres morfométricos de matrizes de castanha-do-brasil da Amazônia Matogrossense. **Acta Amazonica**, v. 40, n. 4, p. 705-710, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672010000400010>.
- CAMPOS, A. M.; FREITAS, J. L.; SANTOS, E. S.; SILVA, R. B. L. Fenologia reprodutiva de *Bertholletia excelsa* Bonpl. em floresta de terra firme em Mazagão, Amapá. **Biota Amazonia**, v. 3, n. 1, p. 1-8, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v3n1p1-8>.
- CAVALCANTE, M. C.; OLIVEIRA, F. F.; MAUES, M. M.; FREITAS, B. M. Pollination requirements and the foraging behavior of potential pollinators of cultivated Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) trees in central Amazon rainforest. **Psyche: A Journal of Entomology**, Article ID 978019, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1155/2012/978019>.
- CENTRAL INTELLIGENCE AGENCY. **The World Factbook: South America: Brazil**. Disponível em: <https://www.cia.gov/the-world-factbook/countries/brazil/>. Acesso em: 13 July 2018.
- CLAY, J. W. Brazil nuts: the use of a keystone species for conservation and development. In: FREESE, C. H. (ed.). **Harvesting wild species: implications for biodiversity conservation**. Baltimore, Maryland: The Johns Hopkins University Press, 1997. p. 246-282.
- CLAY, J. Why rainforest crunch? **Cultural Survival Quarterly**, v. 16. n. 2, p. 31-34, 1992.
- COSLOVSKY, S. V. Economic development without pre-requisites: how Bolivian producers met strict food safety standards and dominated the global Brazil-nut market. **World Development**, v. 54, p. 32-45, Feb. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2013.07.012>.

COSSÍO-SOLANO, R. E.; GUARIGUATA, M. R.; MENTON, M.; CAPELLA, J. L.; RÍOS, L.; PEÑA, P. El aprovechamiento de madera en las concesiones castañeras (*Bertholletia excelsa*) en Madre de Dios, Perú: un análisis de su situación normativa. Bogor, Indonesia: Center for International Forestry Research (CIFOR), 2011. (Documento de trabajo, 56).

COTTA, J.; KAINER, K. A.; WADT, L. H. O.; STAUDHAMMER, C. L. Shifting cultivation effects on Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) regeneration. **Forest Ecology and Management**, v. 256, n. 1-2, p. 28-35, July 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.03.026>.

COX, P. M.; HARRIS, P. P.; HUNTINGFORD, C.; BETTS, R. A.; COLLINS, M.; JONES, C. D.; JUPP, T. E.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. Increasing risk of Amazonian drought due to decreasing aerosol pollution. **Nature**, v. 453, p. 212–215, May 2008. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature06960>.

CRONKLETON, P.; PACHECO, P. Changing policy trends in the emergence of Bolivia's Brazil nut sector. In: LAIRD, S. A.; MCLAIN, R. J.; WYNBERG, R. P. (ed.). **Wild product governance: finding policies that work for non-timber forest products**. London: Earthscan, 2010. p. 15-41.

DEAN, W. **Brazil and the struggle for rubber**. Cambridge: Cambridge University Press, 1987.

DUCHELLE, A. E.; CRONKLETON, P.; KAINER, K. A.; GUANACOMA, G.; GEZAN, S. Resource theft in tropical forest communities: Implications for non-timber management, livelihoods, and conservation. **Ecology and Society**, v. 16, n. 1, 4, p. 1-20, 2011. DOI: <https://doi.org/10.5751/ES-03806-160104>.

DUCHELLE, A. E.; GUARIGUATA, M. R.; LESS, G.; ALBORNOZ, M. A.; CHAVEZ, A.; MELO, T. Evaluating the opportunities and limitations to multiple use of Brazil nuts and timber in Western Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v. 268, p. 39-48, Mar. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.05.023>.

DUCHELLE, A. E.; KAINER, K. A.; WADT, L. H. O. Is certification associated with better forest management and socioeconomic benefits? A comparative analysis of three certification schemes applied to Brazil nuts in Western Amazonia. **Society and Natural Resources**, v. 27, n. 2, p. 121-139, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1080/08941920.2013.840022>.

FAUSET, S.; JOHNSON, M. O.; GLOOR, M.; BAKER, T. R.; MONTEAGUDO M., A.; BRIENEN, R. J. W.; FELDPAUSCH, T. R.; LOPEZ-GONZALEZ, G.; MALHI, Y.; TER STEEGE, H.; PITMAN, N. C. A.; BARALOTO, C.; ENGEL, J.; PÉTRONELLI, P.; ANDRADE, A.; CAMARGO, J. L. C.; LAURANCE, S. G. W.; LAURANCE, W. F.; CHAVE, J.; ALLIE, E.; NÚNEZ VARGAS, P.; TERBORGH, J. W.; RUOKOLAINEN, K.; SILVEIRA, M.; AYMARD C., G. A.; ARROYO, L.; BONAL, D.; RAMIREZ-ÂNGULO, H.; MURAKAMI, A. A.; NEILL, D.; HÉRAULT, B.; DOURDAIN, A.; TORRES-LEZAMA, A.; MARIMON, B. S.; SALOMÃO, R. P.; COMISKEY, J. A.; RÉJOU-MÉCHAIN, M.; TOLEDO, M.; LICONA, J. C.; ALARCÓN, A.; PRIETO, A.; RUDAS, A.; MEER, P. J. van der; KILLEEN, T. J.; MARIMON JUNIOR, B.-H.; POORTER, L.; BOOT, R. G. A.; STERGIOS, B.; TORRE, E. V.; COSTA, F. R. C.; LEVIS, C.; SCHIETTI, J.; SOUZA, P.; GROOT, N.; ARETS, E.; MOSCOLO, V. C.; CASTRO, W.; CORONADO, E. N. H.; PEÑA-CLAROS, M.; STAHL, C.; BARROSO, J.; TALBOT, J.; VIEIRA, I. C. G.; HEIJDEN, G. van der; THOMAS, R.; VOS, V. A.; ALMEIDA, E. C.; DAVILA, E. A.; ARAGÃO, L. E. O. C.; ERWIN, T. L.; MORANDI, P. S.; OLIVEIRA, E. A. de; VALADÃO, M. B. X.; ZAGT, R. J.; HOUT, P. van der; ALVAREZ LOAYZA, P.; PIPOLY, J. J.; WANG, O.; ALEXIADES, M.; CERÓN, C. E.; HUAMANTUPA-CHUQUIMACO, I.; DI DIORE, A.; PEACOCK, J.; CAMACHO, N. C. P.; UMETSU, R. K.; CAMARGO, P. B. de; BURNHAM, R. J.; HERRERA, R.; QUESADA, C. A.; STROPP, J.; VIEIRA, S. A.; STEININGER, M.; RODÍGUEZ, C. R.; RESTREPO, Z.; MUELBERT, A. E.; LEWIS, S. L.; PICKAVANCE, G. C.; PHILLIPS, O. L. Hyperdominance in Amazonian forest carbon cycling. **Nature Communications**, 6, 6857, 2015. DOI: [10.1038/ncomms7857](https://doi.org/10.1038/ncomms7857) (2015).

FAUSTINO C. L.; EVANGELISTA, J.S.; WADT, L. H. O. Dispersão primária de frutos da castanheira (*Bertholletia excelsa* Bonpl.): importância para o manejo e a conservação da espécie. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais**, v. 9, n. 2, p. 371-379, 2014. DOI: <https://doi.org/10.46357/bcnaturais.v9i2.531>.

FERNANDES, E. T. M. B. **Diversidade morfológica e produção de *Bertholletia excelsa* H.B.K. (Lecythidaceae) no sudeste do Estado do Acre - Brasil**. 2007. 54 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais) - Universidade Federal do Acre, Rio Branco.

FORGET, P. M. Seed dispersal of *Vouacapoua americana* Aublet. (Caesalpinaceae) by caviomorph rodents in French Guiana. **Journal of Tropical Ecology**, v. 6, n. 4, p. 459-468, Nov. 1990. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0266467400004867>.

GALVEZ, D.; KRANSTAUBER, B.; KAYS, R. W.; JANSEN, P.A. Scatter hoarding by the Central American agouti: a test of optimal cache spacing theory. **Animal Behaviour**, v. 78, n. 6, p. 1327-1333, Dec. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2009.08.015>.

GUARIGUATA, M. R.; CRONKLETON, P.; DUCHELLE, A. E.; ZUIDEMA, P. Revisiting the 'cornerstone of Amazonian conservation': a sociological assessment of Brazil nut exploitation. **Biodiversity Conservation**, v. 26, n. 9, p. 2007-2027, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10531-017-1355-3>.

GUARIGUATA, M. R.; LICONA, J. C.; MOSTACEDO, B.; CRONKLETON, P. Damage to Brazil nut trees (*Bertholletia excelsa*) during selective timber harvesting in Borthern Bolivia. **Forest Ecology and Management**, v. 258, n. 5, p. 788-793, Aug. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.05.022>.

GUEDES, M. C.; NEVES, E. S.; RODRIGUES, E. G.; PAIVA, P.; COSTA, J. B. P.; FREITAS, M. F.; LEMOS, L. M. Castanha na roça: expansão da produção e renovação dos castanhais em áreas de agricultura itinerante no Amapá, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais**, v. 9, n. 2, p. 381-398, maio/ago. 2014.

HAUGAASEN, J. M. T.; HAUGAASEN, T.; PERES, C. A.; GRIBEL, R.; WEGGE, P. Seed dispersal of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*) by scatter-hoarding rodents in a central Amazonian forest. **Journal of Tropical Ecology**, v. 26, n. 3, p. 251-262, May 2010. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0266467410000027>.

HAUGAASEN, J. M. T.; HAUGAASEN, T.; PERES, C. A.; GRIBEL, R.; WEGGE, P. Fruit removal and natural seed dispersal of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*) in Central Amazonia, Brazil. **Biotropica**, v. 44, n. 2, p. 205-210, Mar. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2011.00796.x>.

HECHT, S.; COCKBURN, A. **The fate of the forest**: developers, destroyers and defenders of the Amazon. London: Verso, 1989.

HOMMA, A. K. O. As políticas públicas como indutora da "morte anunciada" dos castanhais no Sudeste Paraense. In: ENCONTRO NACIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA ECOLÓGICA, 4., 2001, Belém, PA. **Anais...** Belém, PA: SBEE, 2001.

HOMMA, A. K. O.; MENEZES, A. J. E. A.; MAUÉS, M. M. Castanheira-do-pará: os desafios do extrativismo para plantios agrícolas. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais**, v. 9, n. 2, p. 293-306, 2014. DOI: <https://doi.org/10.46357/bcnaturais.v9i2.526>.

IBGE. **Produção da extração vegetal e da silvicultura -PEVS 2016**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pevs/quadros/brasil/2016/>. Acesso em: 16 out. 2017.

IMAFLORA. **Panorama nacional da cadeia de valor da castanha-do-brasil**. Piracicaba, São Paulo, 2016.

INSTITUTO FLORESTAL TROPICAL. **Reflexões sobre a execução do Projeto de Apoio ao Desenvolvimento do Manejo Florestal Comunitário e Familiar em florestas públicas da Amazônia brasileira**. Belém, PA, 2016. Disponível em: <http://ift.org.br/wp-content/uploads/2014/11/Reflex%C3%B5es-Sobre-Projeto-IFT.pdf>. Acesso em: 16 out. 2017.

JANZEN, D. H. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. **The American Naturalist**, v. 104, n. 940, p. 501-528, Nov./Dec. 1970. DOI: <https://doi.org/10.1086/282687>.

KAINER, K. A. **Enrichment prospects for extractive reserves in a nutshell**: Brazil nut germination and seedling autecology in the Brazilian Amazon. 1997. 134 f. Dissertation (Doctor of Philosophy) – University of Florida, Gainesville, Florida, USA.

KAINER, K. A.; DURYEY, M. L.; MACÊDO, N. C. DE; WILLIAMS, K. Brazil nut seedling establishment and autecology in extractive reserves of Acre, Brazil. **Ecological Applications**, v. 8, n. 2, p. 397-410, May 1998. DOI: [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(1998\)008\[0397:BNSEAA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(1998)008[0397:BNSEAA]2.0.CO;2).

KAINER, K. A.; WADT, L. H. O.; GOMES-SILVA, D. A. P.; CAPANU, M. Liana loads and their association with *Bertholletia excelsa* fruit and nut production, diameter growth and crown attributes. **Journal of Tropical Ecology**, v. 22, n. 2, p. 147-154, Mar. 2006. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0266467405002981>.

KAINER, K. A.; WADT, L. H. O.; STAUDHAMMER, C. L. Explaining variation in Brazil nut fruit production. **Forest Ecology and Management**, v. 250, n. 30, p. 244-255, Oct. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.05.024>.

KAINER, K. A.; WADT, L. H. O.; STAUDHAMMER, C. L. Testing a silvicultural recommendation: Brazil nut responses 10 years after liana cutting. **Journal of Applied Ecology**, v. 51, n. 3, p. 655-663, June 2014. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12231>.

KRAMER, P. J.; KOZLOWSKI, T. T. **Physiology of woody plants**. Orlando, FL: Academic Press, 1979.

MANUAL de segurança e qualidade para a cultura da castanha-do-Brasil. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica: CampoPAS, 2004. 61 p. (Qualidade e segurança dos alimentos).

MAUÉS, M. M. Reproductive phenology and pollination of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl. Lecythidaceae) in Eastern Amazonia. In: KEVAN, P. G.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. (ed.). Pollinating bees: the conservation link between agriculture and nature. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2002. p. 245-254.

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

MUNARETTI, A. M. **Otimização do traçado de trilhas em áreas de manejo para produtos florestais não madeireiros (PFNMs)**. 2016. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciência, Inovação e Tecnologia) - Universidade Federal do Acre, Rio Branco.

NAUGHTON-TREVES, L.; MENA, J. L.; TREVES, A.; ALVAREZ, N.; RADELOFF, V. C. Wildlife survival beyond park boundaries: the impact of slash-and-burn agriculture and hunting on mammals in Tambopata, Peru. **Conservation Biology**, v. 17, n. 4, p. 1106-1117, Aug. 2003. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2003.02045.x>.

- NEPSTAD, D.; SCHWARTZMAN, S.; BAMBERGER, B.; SANTILLI, M.; RAY, D.; SCHLESINGER, P.; LEFEBVRE, P.; ALENCAR, A.; PRINZ, E.; FISKE, G.; ROLLA, A. Inhibition of Amazon deforestation and fire by parks and Indigenous lands. **Conservation Biology**, v. 20, n. 1, p. 65-73, Feb. 2006. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2006.00351.x>.
- NOLTE, C.; AGRAWAL, A.; SILVIUS, K. M.; SOARES-FILHO, B. S. Governance regime and location influence avoided deforestation success of protected areas in the Brazilian Amazon. **PNAS**, v. 110, n. 13, p. 4956-4961, Mar. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1214786110>.
- O'MALLEY, D. M.; BUCKLEY, D. P.; PRANCE, G. T.; BAWA, K. S. Genetics of Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Humb and Bonpl.: Lecythidaceae). 2. Mating system. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 76, p. 929-932, Dec. 1988. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00273683>.
- ORTIZ, E. G. Brazil nut (*Bertholletia excelsa*). In: Shanley, P.; Pierce, A. R.; Laird, S. A.; Guillen, A. (ed.). **Tapping the green market: certification and management of non-timber forest products**. London: Earthscan Publications, 2002. p. 61-74.
- PERES, C. A.; BAIDER, C. Seed dispersal, spatial distribution and population structure of Brazil nut trees (*Bertholletia excelsa*) in Southeastern Amazonia. **Journal of Tropical Ecology**, v. 13, n. 4, p. 595-616, July 1997. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0266467400010749>.
- 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.; FRNCIOSI, E. R. N.; VALVERDE, F. C.; GRIBEL, R.; SHEPARD JUNIOR., G. H.; KANASHIRO, M.; COVENTRY, P.; YU, D. W.; WATKINSON, A. R.; FRECKLETON, R. P. Demographic threats to the sustainability of Brazil nut exploitation. **Science**, v. 302, n. 5635, p. 2112-2114, Dec. 2003. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1091698>.
- PORTER-BOLLAND, L.; ELLIS, E. A.; GUARIGUATA, M. R.; RUIZ-MALLÉN, I.; NEGRETE-YANKELEVICH, S.; REYES-GÁRCIA, V. Community managed forests and forest protected areas: an assessment of their conservation effectiveness across the tropics. **Forest Ecology and Management**, v. 268, p. 6-17, Mar. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.05.034>.
- PRANCE, G. T. The pollination and androphore structure of some Amazonian Lecythidaceae. **Biotropica**, v. 8, n. 4, p. 235-241, Dec. 1976. DOI: <https://doi.org/10.2307/2989715>.
- QUAEDVLIEG, J.; GARCÍA ROCA, M.; ROS-TONEN, M. A. F. Is Amazon nut certification a solution for increased smallholder empowerment in Peruvian Amazon? **Journal of Rural Studies**, v. 33, p. 41-55, Jan. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2013.10.004>.
- RIBEIRO, M. B. N.; JEROZOLIMSKI, A.; ROBERT, P. de; SALLES, N. V.; KAYAPÓ, B.; PIMENTEL, T. P.; MAGNUSSON, W. E. Anthropogenic landscape in southeastern Amazonia: contemporary impacts of low-intensity harvesting and dispersal of Brazil nuts by the Kayapó Indigenous people. **PLoS ONE**, v. 9, n. 7, e102187, July 2014. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0102187>.
- ROCKWELL, C. A.; GUARIGUATA, M. R.; MENTON, M.; ARROYO QUISPE, E.; QUAEDVLIEG, J.; WARREN-THOMAS, E. Nut production in *Bertholletia excelsa* across a Logged Forest Mosaic: Implications for multiple forest use. **PLoS ONE**, v. 10, n. 8, e0135464, Aug. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0135464>.
- ROCKWELL, C. A.; GUARIGUATA, M. R.; MENTON, M.; ARROYO QUISPE, E.; QUAEDVLIEG, J.; WARREN-THOMAS, E.; SILVA, H. F.; JURADO ROJAS, E. E.; ARRUNÁTEGUI, J. A. H. K.; VEZA, L. A. M.; HANCCO, R. Q.; VERA, O. R.; TITO, J. F. V.; PANDURO, B. T. V.; SALAS, J. J. Y. Spatial distribution of *Bertholletia excelsa* in selectively logged forests of the Peruvian Amazon. **Journal of Tropical Ecology**, v. 33, n. 2, p. 114-127, Jan. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0266467416000614>.

SALISBURY, D. S.; SCHMINK, M. Cows versus rubber: changing livelihoods among Amazonian extractivists. **Geoforum**, v. 38, n. 6, p. 1233-1249, Nov. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2007.03.005>.

SCHMINK, M.; WOOD, C.H. **Conflitos sociais e a formação da Amazônia**. Belém, PA: Editora da Universidade Federal do Pará, 2012.

SCHÖNGART, J.; GRIBEL, R.; FONSECA-JUNIOR, S. F. DA; HAUGAASEN, T. Age and growth patterns of Brazil nut trees (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) in Amazonia, Brazil. **Biotropica**, v. 47, n. 5, p. 550-558, Sept. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1111/btp.12243>.

SCHWARTZMAN, S. Extractive reserves: the rubber tappers strategy for sustainable use of the Amazon rainforest. In: BROWDER, J. O. (ed.). **Fragile lands of Latin America**. Boulder, CO: Westview Press, 1989. p. 150-165.

SCOLES, R.; GRIBEL, R. Population structure of Brazil nut (*Bertholletia excelsa*, Lecythidaceae) stands in two areas with different occupation histories in the Brazilian Amazon. **Human Ecology**, v. 39, p. 455-464, Aug. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10745-011-9412-0>.

SCOLES, R.; GRIBEL, R. The regeneration of Brazil nut trees in relation to nut harvest intensity in the Trombetas River valley of Northern Amazonia, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 265, p. 71-81, Feb. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.10.027>.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Plano anual de outorga florestal 2017**. Disponível em: <http://www.florestal.gov.br/publicacoes/93-concessoes-florestais/processo-de-concessao/474-paof-2017>. Acesso em: 12 abr. 2018.

SHEPARD JUNIOR., G. H.; RAMIREZ, H. "Made in Brazil": human dispersal of the Brazil nut (*Bertholletia excelsa*, Lecythidaceae) in ancient Amazonia. **Economic Botany**, v. 65, n. 1, p. 44-65, Feb. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12231-011-9151-6>.

SMYTHE, N. The natural history of the Central American agouti (*Dasyprocta punctata*). Washington, D.C.: Smithsonian Institution Press, 1978. 52 p. (Smithsonian contributions to Zoology, 257). DOI: <https://doi.org/10.5479/si.00810282.257>.

SORIANO, M.; KAINER, K. A.; STAUDHAMMER, C. L.; SORIANO, E. Implementing multiple forest management in Brazil nut-rich community forests: effects of logging on natural regeneration and forest disturbance. **Forest Ecology and Management**, v. 268, p. 92-102, Mar. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.05.010>.

SORIANO, M.; MOHREN, F.; ASCARRUNZ, N.; DRESSLER, W.; PEÑA-CLAROS, M. Socio-ecological costs of Amazon nut and timber production at community household forests in the Bolivian Amazon. **PLoS ONE**, v. 12, n. 2, e0170594, Feb. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0170594>.

SOUZA, A. H. **Castanha do Pará: estudo botânico, químico e tecnológico**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura. Serviço de Informação Agrícola, 1963. (Estudos técnicos, 23).

STAUDHAMMER, C. L.; WADT, L. H. O.; KAINER, K. A. Tradeoffs in basal area growth and reproduction shift over the lifetime of a long-lived tropical species. **Oecologia**, v. 173, p. 45-57, Feb. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00442-013-2603-1>.

STAUDHAMMER, C. S.; WADT, L. H. O.; KAINER, K. A.; CUNHA, T. A. da. Comparative models disentangle drivers of fruit production variability of an economically and ecologically important long-lived Amazonian tree. **Scientific Reports**, v. 11, 2563, Jan. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-81948-4>.

SUJII, P. S.; FERNANDES, E. T. M. B.; AZEVEDO, V. C. R.; CIAMPI, A. Y.; MARTINS, K.; WADT, L. H. de O. Morphological and molecular characteristics do not confirm popular classification of the Brazil nut tree in Acre, Brazil. **Genetics and Molecular Research**, v. 12, n. 3, p. 4018-4027, Sept. 2013. DOI: <https://doi.org/10.4238/2013.september.27.3>.

THOMAS, E.; ALCÁZAR CAICEDO, C.; MCMICHAEL, C. H.; CORVERA, R.; LOO, J. Uncovering spatial patterns in the natural and human history of Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) across the Amazon Basin. **Journal of Biogeography**, v. 42, n. 8, p. 1367-1382, Aug. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1111/jbi.12540>.

THOMAS, E.; VALDIVIA, J.; ALCÁZAR CAICEDO, C.; QUAEDVLIEG, J.; WADT, L. H. O.; CORVERA, R. NTFP harvesters as citizen scientists: Validating traditional and crowdsourced knowledge on seed production of Brazil nut trees in the Peruvian Amazon. **PLoS ONE**, v. 12, n. 8, e0183743, Aug. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0183743>.

TONINI, H. Fenologia da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl., Lecythidaceae) no sul do estado de Roraima. **Cerne**, v. 17, n. 1, p. 123-131, mar. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-77602011000100015>.

TONINI, H.; COSTA, P.; KAMINSKI, P. E. Estrutura e produção de duas populações nativas de castanha-do-brasil em Roraima. **Revista Floresta**, v. 38, n. 3, p. 445-457, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rev.v38i3.12410>.

TONINI, H.; PEDROZO, C. A. Variações anuais na produção de frutos e sementes de castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl., Lecythidaceae) em florestas nativas de Roraima. **Revista Árvore**, v. 38, n. 1, p. 133-144, fev. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622014000100013>.

UNITED NATIONS. Statistics Division. **Commodity trade statistics database**. 2015. Disponível em: <https://comtrade.un.org/data/> Acesso em: 11 abr. 2018.

VADJUNEC, J.; ROCHELEAU, D. Beyond forest cover: land-use and biodiversity impacts in rubber trail forests of the Chico Mendes Extractive Reserve. **Ecology and Society**, v. 14, n. 2, 29, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.5751/ES-03010-140229>.

VANDER WALL, S. B. **Food hoarding in animals**. Chicago, Illinois: University of Chicago Press, 1990.

VIEIRA, S.; TRUMBORE, S.; CAMARGO, P. B.; SELHORST, D.; CHAMBERS, J. Q.; HIGUCHI, N. Slow growth rates of Amazonian trees: consequences for carbon cycling. **PNAS**, v. 102, n. 51, p. 18502-18507, Dec. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0505966102>.

WADT, L. H. O.; KAINER, K. A. Domestication and breeding of the Brazil nut tree. In: BORÉM, A.; LOPES, M. T. G.; CLEMENT, C.; NODA, H. (ed.). **Domestication and breeding**: Amazonian species. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2012.

WADT, L. H. O.; KAINER, K. A.; GOMES-SILVA, D. A. P. Population structure and nut yield of a *Bertholletia excelsa* stand in Southwestern Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v. 211, n. 3, p. 371-284, June 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.02.061>.

WADT, L. H. O.; KAINER, K. A.; STAUDHAMMER, C. L.; SERRANO, R. O. P. Sustainable forest use in Brazilian extractive reserves: Natural regeneration of Brazil nut in exploited populations. **Biological Conservation**, v. 141, n. 1, p. 332-346, Jan. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2007.10.007>.

ZEIDEMANN, V.; KAINER, K. A.; STAUDHAMMER, C. L. Heterogeneity inside the polygon: NTFP quality, access and management variation shape benefit distribution in an Amazonian extractive reserve. **Environmental Conservation**, v. 41, n. 3, p. 242-252, Sept. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0376892913000489>.

ZUIDEMA, P. A. **Demography and management of the nut tree (*Bertholletia excelsa*)**. Riberalta, Bolivia: PROMAB, 2003. (Scientific series, 6).

ZUIDEMA, P. A.; BOOT, R. G. A. Demography of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*) in the Bolivian Amazon: impact of seed extraction on recruitment and population dynamics. **Journal of Tropical Ecology**, v. 18, n. 1, p. 1-31, Jan. 2002. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0266467402002018>.