



ARTIGO ORIGINAL

Antônio Cordeiro de Santana<sup>1\*</sup>  
Ádina Lima de Santana<sup>2</sup>  
Ádamo Lima de Santana<sup>3</sup>  
Cynthia Meireles Martins<sup>1</sup>

## Valoração e sustentabilidade da castanha-do-brasil na Amazônia

### *Valuation and sustainability of Brazil nuts in the Amazon*

<sup>1</sup> Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, Avenida Presidente Tancredo Neves, 2501, Terra Firme, 66077-830, Belém, PA, Brasil

<sup>2</sup> Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Cidade Universitária Zeferino Vaz, Barão Geraldo, 13083-970, Campinas, SP, Brasil

<sup>3</sup> Universidade Federal do Pará – UFPA, Rua Augusto Corrêa, 1, Guamá, 66075-110, Belém, PA, Brasil

\*Autor Correspondente:  
E-mail: [acsufra@gmail.com](mailto:acsufra@gmail.com)

#### PALAVRAS-CHAVE

Externalidade  
Valoração de recursos naturais  
Mercado de castanha-do-brasil  
Reserva extrativista

#### KEYWORDS

Externality  
Valuation of natural resources  
Brazil nut market  
Extractive reserve

**RESUMO:** A destruição dos recursos naturais na Amazônia, causada pela abertura de estradas e implantação de grandes projetos agropecuários, madeireiros, de extração mineral e produção de energia, não promoveu o desenvolvimento socioeconômico e ambiental nos locais onde esses projetos foram implantados. As reservas de castanheiras na Amazônia foram vítimas dessa política de desenvolvimento, em que a produção média entre os períodos 1970/75 e 2001/06 caiu de 63.514 toneladas para 28.527 toneladas, e a sociedade não foi efetivamente compensada por essas externalidades. Neste trabalho, estimou-se o sistema de equações de oferta e demanda de castanha-do-brasil por meio do método dos momentos generalizados, com vistas a analisar o mercado e determinar o custo socioambiental de sua destruição. Os resultados mostraram que a oferta e a demanda de castanha tornaram-se mais inelásticas a preço no período estudado. O preço das terras de mata produziam impactos positivos na produção de castanha-do-brasil. Os benefícios socioambientais da produção e comercialização da castanha caíram de R\$ 62,35 milhões para R\$ 46,05 milhões, o que resultou no custo socioambiental de R\$ 16,29 milhões por ano entre 1990 e 2010. Finalmente, propõe-se que esse valor deve constituir o ativo de um fundo de recebíveis socioambiental com vistas a financiar o desenvolvimento local de forma sustentável.

**ABSTRACT:** The destruction of natural resources in the Amazon, caused by the building of new roads and the implementation of large agricultural, timber, mineral extraction and energy production projects impaired the socioeconomic and environmental development in the places they were implemented. Brazil nut trees reserves in the Amazon were victims of this development policy, where the average production between periods of 1970/73 and 2007/10 declined from 63,514 to 28,527 tons and the society was not effectively compensated by these externalities. In this work, we estimated the system of equations of supply and demand of Brazil nut through the generalized method of moments, in order to analyze the market and determine the environmental cost of their destructions. Results showed that the supply of Brazil nuts became perfectly inelastic, while demand was more elastic to price and income in the period studied. The prices of forestlands produced positive impacts in the production of Brazil nuts. Environmental benefits of production and marketing of nuts declined from R\$ 62.35 million to R\$ 46.05 million, which resulted in an environmental cost of R\$ 16.29 million per year between 1990 and 2010. Finally, it is proposed that this should constitute the asset value of environmental receivables fund targeting the finance of sustainable local development.

## 1 Introdução

A castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*), a partir do declínio do ciclo da economia da borracha, no início da década de 1950, passou a representar o principal produto florestal não madeireiro da região amazônica.

Na Amazônia, contemplando apenas os estados da Região Norte, a produção média de castanha-do-brasil do período de 1970 a 1975 foi de 63.514 t e, entre 2001 e 2006, caiu para 28.527 t (IBGE, 2012), que representa queda na produção de 55,09%, com forte impacto sobre o bem-estar de 25 mil famílias da população tradicional, cuja sobrevivência depende diretamente do extrativismo da castanha (Santana, 2015).

O período de tempo considerado neste trabalho para a estimação do valor dos benefícios socioeconômicos e ambientais da castanha-do-brasil vai de 1951 a 2010. Assim, contempla-se o ciclo econômico completo do extrativismo da castanha, com a fase de expansão indo até 1964, a fase de estabilidade entre 1965 e 1979 e a fase de declínio de 1980 a 2006. A partir de 2006, a produção inicia um processo de evolução sustentável, por meio do manejo de algumas reservas extrativistas, a expansão dos plantios de castanheiras e as iniciativas de organização e gestão da cadeia produtiva da castanha-do-brasil.

A fase de declínio do ciclo da castanha foi antecipada com a destruição das castanheiras, que produziu forte queda na oferta da castanha-do-brasil a partir de 1979, causada pela abertura de estradas e a implantação de grandes projetos agropecuários, de extração madeireira e mineral, de produção de energia e o programa de colonização e reforma agrária, viabilizados pelo crédito rural subsidiado e incentivos fiscais, com vistas a promover o rápido crescimento e a integração da economia regional (Santana et al., 1997; Santana, 2015).

Esta forma de extrativismo por aniquilamento, em que as árvores são derrubadas e toda a estrutura ecológica da floresta é suprimida para dar lugar a outras atividades econômicas, resultou em forte ameaça ao esgotamento da produção das castanheiras nativas. Com efeito, a oferta de castanha atingiu o limite da exploração natural e aproximou-se da perfeitamente inelasticidade. Assim, a demanda ou benefício marginal social da castanha-do-brasil determina o preço. Portanto, este conhecimento teórico pode ser evidenciado por meio da análise das situações antes e depois da destruição dos castanhais da região amazônica.

A destruição das castanheiras produziu uma evidente redução do benefício socioeconômico e ambiental, que, por sua vez, se traduziu em elevado custo para a população regional e global, uma vez que uma parcela da produção é consumida pelas comunidades tradicionais e o excedente é comercializado nos mercados regional, nacional e internacional. Além disso, os serviços do ecossistema em que a castanha responde por sua dinâmica e que são apropriados por toda humanidade foram reduzidos. Por isso, o custo socioambiental deve ser compensado para apoiar a reestruturação produtiva do extrativismo da castanha-do-brasil na Amazônia brasileira.

Dessa forma, continua a justificativa de que a causa da destruição das castanheiras deve-se à perda de competitividade do extrativismo em relação à atividade agropecuária e à extração madeireira e/ou mineral. Todavia, ainda não se conhece o valor econômico total do ativo natural formado pelos castanhais.

Este valor, como definido no âmbito da Economia Ecológica, abrange o fluxo de produtos e serviços gerados pelas castanheiras em seu ecossistema. Ou seja, os castanhais fornecem o produto castanha-do-brasil, que tem preço definido no mercado, e os serviços de regulação ambiental (purificação do ar, chuvas, polinização, fauna, flora etc.), culturais (educação, paisagem, conhecimento etc.) e de suporte (fotossíntese, ciclagem da água e de nutrientes etc.), como definido por Costanza et al. (1997).

Sendo assim, as reservas de castanheiras não podem ser consideradas apenas como fator de produção, avaliadas pelo valor de uso direto. Ou seja, este ativo natural deve ser valorado tendo em consideração o fluxo de produtos e serviços ecossistêmicos que influencia direta e indiretamente o bem-estar das populações tradicionais e mundial, que consomem o produto e/ou se beneficiam com a redução dos gases de efeito estufa e a manutenção e/ou melhoria das condições climáticas.

Outra visão que também deve ser avaliada com cautela é a de considerar as reservas de castanheiras como sendo um monocultivo de castanheiras que compete com as atividades agrícola, pecuária, extração de madeira e pesca. Considerando um monocultivo, conclui-se que a extração de castanha é menos rentável do que as demais atividades concorrentes por terra, capital e mão de obra, e por isso deve ser substituída. Este argumento encobre dois pontos fundamentais e fatais para a preservação dos ativos naturais. O primeiro ponto ocorre porque a revitalização das castanheiras pode obter ganhos significativos de eficiência por meio do manejo e da integração das áreas de extrativismo com a capoeira do entorno onde se pratica a agricultura familiar, o que torna as atividades complementares e não substitutas.

Esta relação de complementaridade também ocorre com a pesca, em função de a sazonalidade da produção de castanha não apresentar coincidência plena com a produção de subsistência. Além disso, a reserva extrativista contempla um sistema diversificado de produção, pois existem outros produtos de valor comercial, como andiroba, copaíba, cumaru, espécies de madeiras, plantas medicinais etc., que por falta de estatísticas não participam da economia formal. O segundo ponto ocorre em função da aplicação de metodologia inadequada para valorar o ativo natural castanha, por não incorporar as dimensões social e ambiental, além de não assumir que o horizonte de tempo para o fluxo de benefício-custo de sua produção é infinito.

Neste trabalho, a metodologia contempla apenas a valoração da provisão do produto castanha-do-brasil como alimento, por ser o único produto que é transacionado no mercado, dado que a castanha está ameaçada de extinção e as árvores não podem ser derrubadas para a comercialização da madeira e/ou fabricação de carvão. Ou seja, mesmo incluindo a dimensão social, o valor do ativo castanha ainda é subestimado, dado que não contempla os serviços do ecossistema. Portanto, gera-se apenas uma estimativa do benefício socioeconômico da produção de castanha-do-brasil e do custo da destruição das reservas de castanheiras por meio de adequação na metodologia de análise benefício-custo.

Portanto, valorar ativos naturais constitui premissa para a gestão e uso sustentável dos recursos naturais, tendo como principal restrição a capacidade de suporte destes ativos quanto ao limite de absorção e transformação de resíduos e à manutenção do fluxo de produtos e serviços para pelo

menos manter o bem-estar da sociedade. Este é o fundamento que justifica a integração dos conhecimentos da Economia Neoclássica com a Economia Ecológica e que está, cada vez mais, obtendo a adesão de cientistas e da sociedade, incluindo a contribuição da Igreja Católica por meio da Carta Encíclica LAUDATO SI' do Papa Francisco (2015), popularizada como “Encíclica Verde”.

Neste contexto, duas questões devem ser respondidas a partir da estimação do valor socioeconômico desse ativo natural, que até então foi avaliado apenas do ponto de vista privado, delimitando o fluxo de benefício-custo a um curto período de tempo, o que é insuficiente para apoiar as decisões econômicas. Na primeira, indaga-se sobre qual o mérito e o alcance da metodologia utilizada neste trabalho para estimar o benefício produzido pelas castanheiras e a sua contribuição em relação aos modelos tradicionais de análise benefício-custo? Na segunda, pergunta-se sobre qual a magnitude dos custos (ou perda de benefício) gerados pela destruição dos castanhais e seu efeito sobre o bem-estar das populações tradicionais e dos consumidores da castanha-do-brasil?

Para responder a estas questões, propõe-se um modelo econométrico para estimar o benefício social da castanha-do-brasil e calcular o custo da destruição das castanheiras.

O objetivo é analisar as estimativas dos parâmetros e as elasticidades da demanda e da oferta de castanha-do-brasil para os períodos de 1951 a 1973, que representa as fases de evolução e estabilidade do ciclo de produção (configura a situação em que a destruição não é significativa) e de 1990 a 2010, que define a fase final da destruição do ciclo de produção (período de menor produção e maior impacto da destruição) das castanheiras. Em seguida, estima-se o valor dos benefícios marginais sociais da castanha-do-brasil para os dois períodos e calcula-se os custos sociais marginais da destruição dos castanhais na Amazônia.

## 2 Teoria e Revisão de Literatura

A castanha é um ativo natural porque produz um fluxo de produtos e serviços que contribui para melhorar as condições de bem-estar da população regional. Este fluxo de produtos e serviços foi denominado por Costanza et al. (1997) como serviços ecossistêmicos e compreende quatro categorias: a provisão de produtos e alimentos, no caso a castanha-do-brasil, que é ofertada para os mercados local, nacional e internacional, cujo preço é definido pela interação entre a oferta e a demanda; o serviço de regulação ambiental, que envolve a purificação do ar, o regime climático e as condições pluviométricas, umidade e temperatura do ambiente, as populações de insetos polinizadores, animais da fauna e espécies da flora regional etc.; o serviço cultural, como a educação ecológica, socioeconômica e ambiental, a paisagem e belezas cênicas em função da exuberância das árvores, o conhecimento da floresta amazônica e a formação dos aglomerados de castanheiras etc.; e o serviço de suporte, por meio da formação de solo, controle de erosão, fotossíntese, ciclagem da água e de nutrientes etc.

Portanto, o valor econômico total deste ativo natural deve incorporar o valor de uso e o valor de não uso do recurso, cuja contabilidade exige a aplicação de um conjunto de metodologias integrando os fundamentos das economias

Neoclássica e Ecológica (Mitchell & Carson, 1989; Pearce, 1990; Hanemann, 1994; Farber et al., 2002; Liu et al., 2010; Carson, 2012; Santana, 2015).

Entre as metodologias utilizadas na valoração de ativos naturais, duas se destacam pela consolidação nas aplicações empíricas. A primeira se refere ao método de avaliação contingente, que contempla o valor de uso de produtos e serviços com valor de mercado e o valor de não uso de produtos e serviços que ainda não têm preço de mercado. Esta metodologia não é contemplada neste trabalho (Randall & Stoll, 1980; Fisher & Hanemann, 1987; Carson, 2012; Bentes et al., 2014; Santana et al., 2015).

A segunda metodologia mais generalizadamente utilizada diz respeito à aplicação dos fundamentos da Economia Neoclássica para estimar o bem-estar social produzido pelos recursos que são transacionados em mercados. Para isto, estimam-se os parâmetros das equações de demanda e oferta do produto para, então, calcular o excedente do consumidor, o excedente do produtor e o excedente econômico total, que corresponde ao valor socioeconômico e ambiental do ativo natural (Santana, 1991; Santana & Khan, 1992; Costanza et al., 1997; Santana, 2015).

O Excedente do Consumidor (EC) ou benefício socioeconômico e ambiental do consumidor da castanha-do-brasil é dado pela área abaixo da linha de demanda e acima do preço de equilíbrio do mercado. Indica o valor máximo que os consumidores estão dispostos a pagar pela aquisição e consumo de um produto ou serviço menos o preço de equilíbrio de mercado que é efetivamente pago pelos consumidores (Santana, 2015).

O Excedente do Produtor (EP), receita líquida, lucro ou benefício socioeconômico e ambiental do produtor (ou do extrativista) mais as rendas extraídas do uso do recurso natural é representado pela área acima da linha de oferta e abaixo do preço de equilíbrio do mercado. É, pois, a diferença entre o preço recebido pelos extrativistas por cada quantidade de castanha coletada e vendida e o custo de cada unidade adicional de produção (ou da coleta e quebra dos ouriços para a obtenção das amêndoas de castanha).

O Excedente Econômico Total (EET) é a soma (EP + EC) e representa o benefício socioeconômico e ambiental total (BSAT) para todos os consumidores e extrativistas locais de castanha-do-brasil e representa a situação de máxima eficiência (Santana, 2015).

### 2.1 Revisão de literatura

A estimação do valor socioeconômico e ambiental da castanha-do-brasil, aplicando-se o conceito de EET ao modelo de mercado (oferta e demanda), especificado com base na integração dos postulados das economias Neoclássica e Ecológica, de aplicação ainda é limitada na Amazônia, constitui a principal contribuição deste trabalho.

O conceito de EET foi inicialmente usado para estimar os retornos do investimento em pesquisa científica e tecnológica (Griliches, 1958; Ayer & Schuh, 1972; Santana & Khan, 1987, 1992; Silva et al., 2006) e depois aplicado à valoração de recursos naturais que têm preço definido pelo mercado (Santana, 1991; Santana & Khan, 1992; Costanza et al., 1997; Farber et al., 2002).



Assim, Griliches (1958) pioneiramente estimou o retorno do investimento na pesquisa do milho híbrido nos Estados Unidos. Ayer & Schuh (1972) estimaram os retornos dos investimentos em pesquisa para o desenvolvimento de tecnologias do algodão no Brasil, visando justificar a continuidade e ampliação de fundos para o desenvolvimento da pesquisa agrícola.

Santana & Khan (1987) ajustaram a metodologia proposta por Lindner & Jarrett (1978) para estimar o benefício social produzido pela adoção de inovações tecnológicas por parte dos produtores de feijão-caupi na região Nordeste, Santana & Khan (1992) e Santana (1994) para avaliar os efeitos da política de preço mínimo aplicada ao algodão e arroz na região Nordeste e da política de reflorestamento no Brasil. Procedimento semelhante foi utilizado por Nogueira & Santana (2016) e Silva et al. (2006) para calcular os benefícios sociais da adoção das tecnologias de manejo em açaizais nativos e dos plantios racionais no estado do Pará.

Entre os trabalhos mais recentes, Moreira (2004) e Angelo et al. (2013) aplicaram a metodologia utilizada em Santana & Khan (1992) para estimar o custo do desmatamento dos castanhais dos estados do Acre, Amazonas e Pará, e Angelo et al. (2012) estimaram o custo da depredação do pequi no Cerrado brasileiro.

Por último, Santana (2015) estimou o benefício socioeconômico e ambiental da castanha-do-brasil a partir da estimação do EET antes e depois da destruição das castanheiras da Amazônia.

### 3 Metodologia

A área de estudo foi a Amazônia, contemplando os estados produtores da região Norte, onde a destruição das reservas de castanheiras é representativa dos danos causados pela implantação de grandes projetos orientados para o crescimento econômico e a integração da região à economia nacional. O período da análise foi de 1951 a 2010, por representar o ciclo completo do extrativismo da castanha-do-brasil e por permitir desenvolver metodologias para testar argumentos teóricos tidos como corretos e utilizados para justificar a viabilidade técnica e econômica da introdução de novas atividades produtivas em substituição aos castanhais.

Os dados utilizados no trabalho foram obtidos de fontes secundárias, como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) – quantidade produzida e preço da castanha, preço da castanha de caju e do látex e o PIB *per capita*; Fundação Getúlio Vargas (FGV) – preço da área de mata, salário rural e o índice geral de preços, disponibilidade interna.

#### 3.1 A especificação das equações de demanda e oferta

O modelo de mercado foi definido pelas equações de demanda e oferta de castanha-do-brasil, considerando o período de 1951 a 1973, que representa a situação ainda insignificante dos efeitos da destruição dos castanhais, e o período de 1990 a 2010, que incorpora a fase do maior grau de destruição dos castanhais na Amazônia e, portanto, de maior impacto sobre a oferta de castanha. Definido dessa forma, contempla-se a situação antes e depois da destruição das reservas extrativistas de castanheiras e viabiliza-se a estimação dos benefícios socioeconômicos e o cálculo dos custos da destruição desse ativo ambiental.

As equações de demanda e oferta de castanha-do-brasil foram especificadas da seguinte forma (Equações 1, 2, 3):

$$\text{Demanda: } QCB_{di} = c_{10} + c_{11}PCB_i + c_{12}Renda_i + c_{13}PCaju_i + c_{14}Tend_i + c_{15}VD_i + u_{di} \quad (1)$$

$$\text{Oferta: } QCB_{oi} = c_{20} + c_{21}PCB_i + c_{22}PLatex_i + c_{23}PTMata_i + c_{24}SRural_i + c_{25}QCB_{i-1} + u_{oi} \quad (2)$$

$$\text{Equilíbrio: } QCB_{di} = QCB_{oi} = QCB_{ei}; (i=1, 2, \dots, N) \quad (3)$$

**Variáveis endógenas:**  $QCB_{di}$  e  $QCB_{oi}$  são as quantidades demandadas e ofertadas de castanha-do-brasil, em tonelada do ano  $i$ ;  $QCB_{ei}$  é a quantidade de equilíbrio do mercado de castanha, no ano  $i$ ;  $PCB_i$  é o preço real da castanha-do-brasil, em R\$ por tonelada, no ano  $i$ .

**Variáveis exógenas:**  $Renda_i$  é o produto interno bruto real *per capita* da região Norte, no ano  $i$ ;  $PCaju_i$  é o preço real da castanha de caju, em R\$/t, no ano  $i$  (incluído na equação de demanda do período 1990 a 2010);  $Tend_i$  é a variável tendência, definida cronologicamente para cada período;  $PLatex_i$  é o preço real do látex, em R\$/t, no ano  $i$  (incluído na equação de oferta do período 1990 a 2010);  $PTMata_i$  é o preço real das terras de mata, em R\$/ha, no ano  $i$  (incluída na oferta do período 1990 a 2010);  $SRural_i$  é valor real do salário rural, em R\$/dia, no ano  $i$  (incluída na oferta do período 1990 a 2010); e  $VD_i$  é variável *dummy* e assume valor 1 para o período de 1996 a 2006, que representa a nova trajetória de desenvolvimento das reservas de castanheiras da Amazônia, e zero para os demais anos.

**Variáveis instrumentais:**  $PIB_{i-1}$  é o PIB *per capita* defasado de um período, em R\$/m<sup>3</sup>, no ano  $i-1$  (incluída nos modelos dos dois períodos);  $SRural_i$  é valor real do salário rural, em R\$/dia, no ano  $i$  (incluída apenas no modelo do período 1990 a 2010).

**Parâmetros e termos de erro:**  $c_{jk}$  ( $j = 1, 2$  e  $k = 0, 1, \dots, 5$ ) são os parâmetros a serem estimados e  $u_{di}$  e  $u_{oi}$  são os termos de erro aleatórios das equações de demanda e oferta, que devem apresentar distribuição normal, independentes e identicamente distribuídos com média zero e variância constante.

Pela teoria do consumidor, a quantidade demandada de castanha-do-brasil tende a variar inversamente aos preços de mercado e apresentar uma correlação direta com a renda do consumidor, *ceteris paribus* (Nogueira et al., 2013; Santana et al., 2015). Assim, em resposta a aumentos no preço e/ou diminuição na renda, os consumidores tendem a comprar uma cesta com menor quantidade do produto cujo preço aumentou, em busca de manter seu nível de satisfação no consumo (Santana et al., 2011; Santana, 2015). Para a castanha de caju, por fazer parte da cesta de nozes e/ou castanhas, é tida como um produto substituto da castanha-do-brasil sem casca, logo a variável quantidade demandada de castanha-do-brasil com casca deve, também, apresentar uma correlação positiva com os preços da castanha de caju.

Em relação à variável tendência, espera-se uma relação negativa com a variável quantidade de castanha, em função da destruição dos castanhais, no período de 1990 a 2010. Por fim, ressalta-se que a demanda da castanha-do-brasil com casca é efetivada por agentes locais de comercialização que agem a

serviço de empresas e/ou por comerciantes localizados nas cidades dos municípios próximos às reservas extrativistas, assim como por intermediários independentes (Santana, 1991; Santos et al., 2014). Esses agentes, além de viabilizar a comercialização da castanha, geram as informações sobre as condições das safras, armazenamento e qualidade do produto.

Com base na teoria da firma, a quantidade ofertada de castanha-do-brasil tende a variar diretamente aos preços e inversamente aos custos de extração, representado pelo salário pago aos trabalhadores rurais (Santana et al., 2011; Costa & Santana, 2015). A oferta de castanha, conforme Santana & Khan (1992), tende a variar em sentido contrário ao comportamento dos preços do látex, por serem produtos de atividades concorrentes pelos fatores de produção na região amazônica, por viabilizar a implantação de outras atividades concorrentes da castanheira em relação aos fatores terra e mão de obra. Por último, espera-se que a variável quantidade ofertada de castanha apresente correlação positiva com o preço da terra de mata, dado que é da reserva florestal que o extrativismo da castanheira se desenvolve de forma sustentável. Esta variável incorpora o efeito dos serviços ecossistêmicos da produção de castanha, dado que o ambiente da floresta é uma condição necessária para a castanheira produzir frutos e contribuir para manter a biodiversidade da floresta amazônica.

Observa-se que o modelo incluiu, além das variáveis endógenas e exógenas, como é comum aos sistemas de equações simultâneas, a categoria de variáveis instrumentais, que não entram diretamente no modelo estrutural. Todavia, ao serem incorporadas no modelo na forma reduzida, essas variáveis terão seus efeitos captados nos parâmetros do modelo estrutural. Por definição, conforme Santana et al. (2011), Costa & Santana (2015) e Santana (2015), as variáveis instrumentais apresentam correlação forte com as variáveis exógenas e são ortogonais ao termo de erro.

A produção de castanha defasada de um período ( $QCB_{i-1}$ ) reúne o conjunto de informação da safra anterior fruto das interações com as forças do mercado, cujos efeitos podem influenciar o desempenho do mercado de castanha no período corrente e definir a dinâmica de ajustamento parcial da oferta entre o curto e o longo prazo. Portanto, uma das contribuições das variáveis instrumentais é adicionar informação ao modelo de equações simultâneas de oferta e demanda, sem causar redundância com as variáveis do modelo estrutural. A adequação dessas variáveis à especificação do modelo foi testada pela estatística  $J$  de Hansen (1982), conforme Eviews7 (2012), Costa & Santana (2015) e Santana (2015).

Quanto à identificação do modelo, tem-se que as equações de demanda e oferta formam um sistema superidentificado pelas condições de ordem e de posto ou *rank* (Santana, 2003; Greene, 2011). A estimação do modelo foi realizada pelo Método Generalizado dos Momentos (MGM), por possibilitar a estimação dos parâmetros das equações do sistema de equações simultâneas, incluindo as variáveis instrumentais e incorporando o tratamento de autocorrelação dos erros (Costa & Santana, 2015; Eviews7, 2012).

O mesmo procedimento foi aplicado ao modelo de mercado especificado para o período de 1951 a 1973, com base nas variáveis disponíveis. O método de estimação também foi o

mesmo e, nesse período, a variável instrumental considerada foi a produção de castanha defasada de um período.

### 3.2 Benefícios socioeconômicos e ambientais da castanha

O benefício socioeconômico e ambiental total da castanha-do-brasil (BSAT) foi estimado para os períodos de 1951 a 1973 (considerado sem destruição significativa –  $BSAT_{sd}$ ) e de 1980 a 2010 (representando a situação de máxima destruição –  $BSAT_{cd}$ ), que é a soma dos benefícios socioambiental do produtor (BSAP) e do consumidor (BSAC).

Para a estimação destes benefícios, as equações bivariadas de demanda e de oferta, com as quantidades apenas em função do preço, substituiu-se a média de cada variável exógena nas equações de demanda e de oferta do modelo estrutural e somou-se o resultado ao intercepto de cada equação para gerar o seguinte (Equações 4,5):

$$\text{Demanda: } QCB_{dt} = C_d - c_{11}PCB_t \quad (4)$$

$$\text{Oferta: } QCB_{ot} = C_o + c_{21}PCB_t \quad (5)$$

Desta forma, os parâmetros  $C_d$  e  $C_o$  incorporam, respectivamente, a influência de todas as variáveis deslocadoras da demanda e da oferta. O preço de equilíbrio é dado por:  $PCB_e = [(C_d - C_o)/(c_{11} + c_{21})]$  e o preço que iguala a quantidade demandada a zero é dado por  $PCB_d = (C_d/c_{11})$ .

Assim, o valor do  $BSAT$  é dado pela soma da integral da equação de oferta de castanha, delimitada entre o intervalo de preço zero e o preço de equilíbrio  $PCB_e$ , com a integral da equação de demanda, definida no intervalo entre o  $PCB_e$  e o preço em que a quantidade demandada é zero  $PCB_d$ . O cálculo do  $BSAT$  é dado por (Equação 6):

$$BSAT_t = BSAP_t + BSAC_t = \int_0^{PCB_e} (C_o + c_{21}PCB) dPCB + \int_{PCB_e}^{PCB_d} (C_d - c_{11}PCB) dPCB \quad (6)$$

Esse procedimento é feito para a situação do mercado de castanha-do-brasil com destruição dos castanhais, período de 1990 a 2010, e sem depredação dos castanhais, período de 1951 a 1973. Assim, nominando o benefício com depredação de  $BSAT_{cd}$  e sem depredação de  $BSAT_{sd}$ , tem-se que o custo socioeconômico e ambiental total da depredação dos castanhais ( $CSAT$ ) é dado por (Equação 7):

$$CSAT_t = BSAT_{cd} - BSAT_{sd} \quad (7)$$

Finalmente, a compensação dos danos ambientais causados pela destruição das castanheiras, como um valor fixo e gerado a partir do fluxo de caixa perpétuo, assumindo uma taxa de desconto  $r$  de 4% ao ano, para manter coerência com a taxa utilizada oficialmente em indenizações pagas pela Vale do Rio Doce pela supressão da cobertura florestal em áreas de extração mineral ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), tem-se que o valor presente socioambiental dessa compensação ( $VPSA$ ), conforme Santana (2015) e Santana et al. (2015), é dado por (Equação 8):

$$VPSA_i = \sum_{i=0}^{\infty} (BSAT_{cd} - BSAT_{cs})(1+r)^{-i} = \sum_{i=0}^{\infty} CSAT_i(1+r)^{-i} = \frac{CSAT_i}{r} \quad (8)$$

A metodologia oficialmente utilizada consideraria no cálculo do custo da destruição dos castanhais apenas a variação do valor presente dos benefícios socioambientais dos produtores (VPSP) para um período finito  $N$  (o ICMBio adota  $N = 100$  anos), dado por (Equação 9):

$$VPSP_i = \sum_{i=0}^N \Delta BSAP_t (1+r)^{-i} \quad (9)$$

Mesmo quando o excedente econômico total é considerado, o fluxo é definido para apenas um ciclo de produção, logo o período vai até o ano  $N$ . Assim, tem-se (Equação 10):

$$VPSP_i = \sum_{i=0}^N (BSAT_{cd} - BSAT_{cs}) (1+r)^{-i} = \sum_{i=0}^N CSAT_i (1+r)^{-i} \quad (10)$$

Portanto, a sociedade ainda perde a parcela do fluxo que é produzido no período ( $N+1, N+2, \dots, \infty$ ).

## 4 Resultados e Discussão

O período de 1951 a 2010 inclui todas as fases do ciclo econômico da castanha-do-brasil. No início da década de 1950, com o fim da economia da borracha, a castanha-do-brasil passou a ter importância econômica significativa para o estado do Pará e, em 2006, também no estado do Pará, registrou a menor produção.

Na Figura 1, o período de 1951 a 1973 representa a fase em que a produção evoluiu sem a influência dos impactos dos grandes projetos de extração de madeira nas áreas dos castanhais, o desmatamento para a criação de pasto e de lavoura, a abertura de estradas e a inundação da floresta para a produção de energia, dada a recência da implantação dos planos e projetos de desenvolvimento regional (Santana et al., 1997).

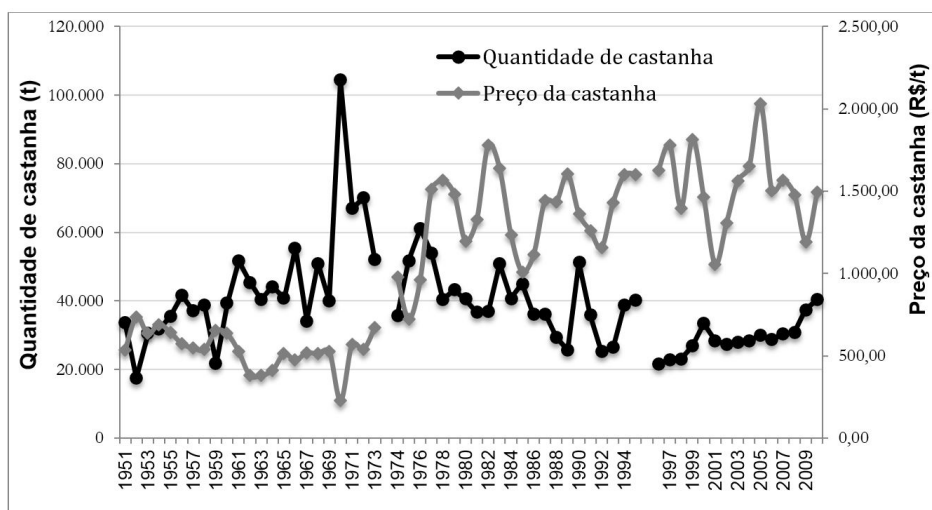
Nos anos de 1950, como alternativa à economia da borracha, a coleta de castanha-do-brasil ganhou força e logo se transformou no principal produto de exportação do estado do Pará (Santana, 2015). Assim, em substituição à borracha, o extrativismo da coleta de castanha foi estimulado, com

apoio financeiro dado aos grandes produtores para ampliar a escala de produção e controlar as grandes áreas de castanhais. A produção aumentou rapidamente, até que os grandes projetos de desenvolvimento regional passaram a causar forte impacto na atividade, gerando conflitos com os produtores familiares e extrativistas, conforme Kitamura & Müller (1984) e Bentes et al. (1988), na busca de assegurar o direito de propriedade das áreas de castanhais por meio da criação das reservas extrativistas. Com efeito, o início dos anos de 1970 marca o fim da fase de expansão da coleta de castanha e ganha escala a implantação dos grandes empreendimentos subsidiados justamente nas áreas de castanheiras, com vistas a utilizar a mão de obra dos extrativistas e dos pequenos produtores desses locais em projetos agropecuários e de extração madeireira e de minérios.

Ao longo do período, a quantidade de castanha evoluiu a uma taxa geométrica de crescimento de 4,042% ao ano e os preços caíram a uma taxa de -1,488% ao ano. Esta fase revela uma situação de abundância de castanheiras, visto que aos preços médios de R\$ 482,16/t, a produção evoluiu para o patamar de 44,80 mil t, entre 1961 e 1969, e depois para 73,40 mil t, no período de 1970 a 1973.

Na segunda fase do ciclo, compreendida, entre 1974 e 1995, o comportamento das séries se inverte, com as quantidades caindo até o nível da produção que vigorou nos anos de 1950 e os preços evoluindo para um patamar extremamente elevado e com acentuadas oscilações. Neste período, os preços evoluíram a uma taxa de 1,436% ao ano e as quantidades caíram a uma taxa de -1,95% ao ano, praticamente, configurando uma situação inversa ao padrão estabelecido na fase inicial. O sinal de destruição das castanheiras é claro, uma vez que a coleta não consegue reagir aos preços mais altos.

Nesta fase, a destruição das castanheiras foi causada pelos efeitos diretos e indiretos da abertura de estradas, do desmatamento para a implantação de projetos agropecuários, assentamentos da reforma agrária, extração madeireira e mineral e produção de energia, combinados com as políticas de crédito rural subsidiado e incentivos fiscais, que tinham como meta



**Figura 1.** Comportamento histórico das variáveis quantidade e preço da castanha-do-brasil, no período de 1951 a 2010, Amazônia.

**Figure 1.** Historical behavior of the quantity and price variables of brazil nuts, from 1951 to 2010, Amazon.



viabilizar o crescimento e a integração da Amazônia com as demais regiões do Brasil. Estes fatores desencadearam a depredação dos castanhais, causando um forte movimento de conflitos fundiários envolvendo os produtores da agricultura familiar e os diversos grupos de interesse pela posse e uso das terras dos castanhais, localizados nas proximidades da infraestrutura rodoviária e dos rios (Kitamura & Müller, 1984; Bentes et al., 1988; Santana & Khan, 1992; Homma, 2000).

O período mais forte da degradação dos castanhais foi consolidado ao final da década de 1980 e a primeira metade dos anos de 1990. A partir desse momento, embora o ataque aos castanhais tenha continuado até meados da década de 2000, a regulamentação das áreas de reservas extrativistas viabilizou a expansão da coleta de castanha em diversos castanhais nativos situados nos estados do Acre, Amapá, Amazonas e Rondônia, utilizando manejo e agregação de valor ao produto por parte das populações tradicionais, cujo impacto contribuiu para reverter a tendência de queda na produção.

Nesta última fase, de 1996 a 2010, a produção continuou em queda até atingir o nível que se estabilizou ao longo da década de 2000 (Figura 1). Por outro lado, os preços caíram de patamar e passaram a evoluir com marcantes oscilações. No período, as quantidades cresceram a uma taxa de 3,56% ao ano e os preços permaneceram em mesmo nível médio.

Entre os estudos técnicos sobre a economia, mercado e histórico da destruição das castanheiras, os que se referem a mercado, que são muito reduzidos, pode-se registrar os trabalhos da CFP (1972) e de Paez (1981), que analisaram a demanda de exportação da castanha-do-brasil, e os trabalhos de Rodrigues (1978) e Santana (1991), que estudam o mercado brasileiro e do estado do Pará. Recentemente, Santana (2015) estudou o mercado de castanha da Amazônia.

Com relação às análises de conjuntura e dos fatos históricos sobre a depredação das castanheiras, os relatos principais estão nos trabalhos de Kitamura & Müller (1984), Bentes et al. (1988) e Homma (2014). No tocante ao custo da destruição dos castanhais, Santana & Khan (1992) realizaram a primeira estimativa do custo social da depredação das castanheiras. Esta destruição foi causada pelo desmatamento, queimadas, extração de madeira, abertura de estradas e implantação de grandes projetos agropecuários. Por isso, as flutuações de preços e quantidades são evidenciadas. Estas ações, aliadas à inoperância da regulação fundiária e da baixa eficácia da legislação ambiental, contribuíram fortemente para a destruição dos castanhais.

Finalmente, o impacto da queda na produção de castanha-do-brasil foi mensurado para determinar a perda de benefício socioeconômico e ambiental e contribuir para reorientar a definição de políticas em apoio à reestruturação da cadeia produtiva da castanha-do-brasil.

#### 4.1 Resultados econométricos do período 1951 a 1973

Na Tabela 1, apresentam-se os resultados do sistema de equações de oferta e demanda de castanha-do-brasil para o período de 1951 a 1973, que representa a fase em que os impactos ambientais produzidos pela abertura de estradas, desmatamento para implantação de pastagens e de lavoura e as queimadas são considerados insignificantes.

O modelo econométrico foi adequadamente especificado para representar o mercado de castanha no período de 1951 a 1973. O vetor de variáveis exógenas e instrumentais foi corretamente definido pelos resultados da estatística *J* de Hansen, com valor próximo de zero e não significativa para o sistema de equações (Tabela 1). Estas variáveis explicaram, respectivamente, 79,35%

**Tabela 1.** Resultados do sistema de equações de oferta e demanda por castanha-do-brasil para a região Norte, período 1951 a 1973.

**Table 1.** Results of the system of equations of supply and demand for brazil nuts for the North region, period 1951 to 1973.

Variável	Coefficiente	Desvio-padrão	Estatística: t	Probab.	Elasticidade
<b>Demanda: QCBT=C(10)+C(11)*PCBT+C(12)*PIBBR+C(13)*Tend</b>					
Constante: C(10)	-10,556,2	7895,224	-1,337036	0,18980	-
Preço castanha: C(11)	-42,36944	12,21918	-3,467454	0,00140	-0,5554
Renda per capita: C(12)	12,50623	0,777081	16,09386	0,00000	1,0765
Tendência: C(13)	56,91664	7,237689	7,863926	0,00000	0,7325
<b>Oferta: QCBT=C(20)+C(21)*PCBT(t-1)+C(22)*PLATEX+C(23)*QCBT(-1)+C(24)SRURAL</b>					
Constante: C(20)	35,225,55	13544,16	2,600791	0,01350	-
Preço da castanha(t-1): C(21)	51,86548	20,05448	2,586229	0,01400	0,6675
Preço do látex: C(22)	-6,193613	1,692833	-3,658727	0,00080	-0,5216
Salário Rural: C(24)	-944,0846	222,6414	-4,240381	0,00020	-0,5494
Quant. Castanha (-1): C(23)	0,590009	0,095734	6,162995	0,00000	0,4016
<b>Demanda</b>					
R-quadrado	0,793469		Estatística J do sistema		0,29649
R-quadrado ajustado	0,759047		Estatística Durbin-Watson - d		2,06239
<b>Oferta</b>					
R-quadrado	0,460014		Estatística J do sistema		0,29649
R-quadrado ajustado	0,332958		Estatística Durbin-Watson - d		2,18149

Fonte: Dados da pesquisa. Elasticidade:  $\epsilon = c_p X/Q$ ,  $X_j$  são as médias das variáveis exógenas e  $Q$  é a média da quantidade de castanha-do-brasil. A elasticidade de ajustamento é calculada da seguinte forma:  $\epsilon = (1-C_{23}) \cdot Q_{t-1}/Q_t$ ,  $Q_{t-1}$  é a média da produção defasada.

e 46,00% das variações nas quantidades demandadas e ofertadas de castanha-do-brasil. Os termos de erro não apresentaram problemas de autocorrelação de primeira ordem, conforme a estatística de Durbin-Watson.

Os parâmetros da equação de demanda apresentaram sinais de acordo com o esperado, e significantes a 1% (Tabela 1). A quantidade demandada apresentou correlação inversa ao comportamento dos preços e positiva com relação às variações da renda. Portanto, incremento de R\$ 1,00 no preço da castanha e na renda do consumidor, respectivamente, tende a diminuir a quantidade demandada em 42,4 t no mesmo ano e a incrementar a demanda de 12,5 t, mantendo constante a influência das demais variáveis. Ou seja, o efeito-renda positivo não neutraliza o impacto do efeito-preço. A variável tendência, por seu turno, indica que a cada ano a demanda de castanha aumentou 56,92 t no período.

Com relação à oferta, os resultados também estão coerentes com a teoria e são significativos a pelo menos 1,4%. A quantidade ofertada respondeu diretamente ao preço defasado de um ano. Esse resultado se coaduna com as boas safras de castanha alternadas a cada dois anos, em função de suas características biológicas (Kitamura & Müller, 1984), conforme evidenciado na Figura 1. Assim, um aumento no preço da castanha de R\$ 1,00 em um ano, a quantidade ofertada tende a aumentar em 51,9 t um ano depois, por ocasião da próxima safra. O coeficiente da variável salário rural apresentou correlação negativa com a oferta, indicando que para aumento no salário da mão de obra rural de R\$ 1,00, a oferta tende a diminuir em 944,1 t, tudo o mais permanecendo constante.

O preço do látex, que também é um produto do extrativismo vegetal na Amazônia, apresentou relação negativa em relação à oferta de castanha, mostrando que aumentos de R\$ 1,00 tendem a reduzir a oferta em 6,19 t. Isto indica, conforme esperado, uma relação de concorrência pelos fatores de produção entre essas atividades.

Por último, o coeficiente de ajustamento da oferta de 0,41 ( $= 1 - 0,59$ ) indica que o aumento de uma tonelada na produção de castanha-do-brasil em um ano tende a provocar um incremento de 410 kg do ano seguinte, *ceteris paribus*.

#### 4.1.1 Elasticidades da demanda e da oferta de castanha: 1951 a 1973

A magnitude do coeficiente de elasticidade-preço da demanda, por ser menor do que um, em valor absoluto, indica que a demanda de castanha é de natureza inelástica. Portanto, a cada variação de 10% nos preços de mercado da castanha, a quantidade demandada variou -5,55% em sentido contrário, ou seja, a resposta dos consumidores em relação a mudanças no preço foi menos que proporcional. Essa relação de inelasticidade torna os gastos dos consumidores no produto instáveis, pois pequenas alterações nas compras resultam de elevadas mudanças nos preços em sentido contrário, para que a magnitude dos gastos se mantenha constante.

Para a demanda de exportação de castanha-do-brasil, no período de 1960 a 1978, do mercado dos Estados Unidos, Paez (1981) estimou uma elasticidade-preço igual a -0,708 e, para o Reino Unido, igual a -0,800, por meio de modelos uniequacionais. Como os produtos exportados apresentam

maior qualidade e agregação de valor, a demanda tende a ser mais elástica. Todavia, esse tipo de modelo não capta todas as informações do mercado, deixando de fora as forças relevantes que influenciam a demanda e, por sua vez, o preço de equilíbrio do mercado. Em consequência, comete-se erro de especificação do modelo estrutural.

O estudo da CFP (1972) também encontrou uma elasticidade-preço de -1,537 para a demanda de exportação, especificada para o período de 1950 a 1970, e Paez (1981) obteve um valor de -1,520 para a demanda de exportação de castanha-do-brasil, destinada ao mercado da Alemanha, que cobre o período de 1960 a 1978. Os estudos apresentam 11 anos em comum, por isso os resultados se mantiveram praticamente iguais.

Com relação ao mercado paraense, Santana & Khan (1992), utilizando um modelo de equações simultâneas para o período de 1969 a 1987, obtiveram uma elasticidade-preço de -2,613 para a demanda por castanha. Este coeficiente superior deve-se à maior variação no comportamento das variáveis no período de 1975 a 1987, que abrange o auge do período de destruição das castanheiras e forte restrição da oferta diante de uma demanda em expansão. Portanto, a elasticidade-preço da demanda nessa primeira fase do ciclo da castanha e início da fase de destruição gerou coeficientes de elasticidade variando de acordo com os mercados consumidores, o período da análise e o modelo utilizado na estimação da demanda. No entanto, apenas o modelo de Santana & Khan (1992) não apresenta viés de especificação, o que indica a estimativa do real valor.

A elasticidade-renda da demanda de 1,076 indicou que a castanha é um produto enquadrado na categoria de “bem superior”, dado que a variação na demanda segue a mesma direção da alteração na renda e em magnitude mais que proporcional à mudança na renda dos consumidores, mantidos os demais fatores constantes. Assim, para variações de 10% na renda dos consumidores, a demanda de castanha tende a variar de 10,76% na mesma direção. Os resultados das elasticidades-preço e renda indicam que para variações iguais e na mesma direção, os efeitos não se contrabalançam, mantendo o desequilíbrio do mercado.

A elasticidade-renda da castanha no mercado internacional, conforme Paez (1981), foi de 1,17 e, para o mercado paraense, Santana & Khan (1992) obtiveram um coeficiente de elasticidade igual a 0,717. Novamente, observa-se que as elasticidades diferem em função do mercado e do modelo utilizado na estimação da demanda.

Nessa pesquisa, o coeficiente de elasticidade-preço da oferta de 0,668 foi menor do que um, indicando que a castanha é um produto de oferta inelástica. O resultado indicou que um incremento de 10% na quantidade ofertada só seria efetivado se os preços aumentassem 14,97%, tudo o mais mantido constante. Com efeito, a receita do extrativista tornou-se bastante instável à mudança da safra, pois um incremento substancial na quantidade comercializada tende a tornar o valor da produção significativamente mais baixo e inviabilizar a atividade extrativista. A evidência dessa característica, aliada à inoperância da política pública em defesa dessa atividade, contribuiu fortemente para a substituição da venda da produção de castanha pela venda de toras de madeira da castanheira, assim como da substituição das áreas de castanhais por área



de pastagem para pecuária extensiva. Isto tudo ocorreu por falta de uma política de garantia de renda dos extrativistas.

Nesse período, apenas Rodrigues (1978) estimou uma equação de oferta individual para castanha no mercado brasileiro. O coeficiente de elasticidade obtido foi de 0,297, porém não apresentou significância estatística a 10%.

A elasticidade-custo de -0,549 indicou relativa sensibilidade da oferta de castanha aos incrementos no valor do salário rural, dado que a oferta tende a diminuir de -5,49% em resposta a incrementos de 10% no valor do salário pago às pessoas que trabalham na atividade rural. A concorrência com outras atividades por mão de obra, juntamente com a possibilidade de aumento do salário, tende a reduzir a oferta de castanha-do-brasil, sobretudo se o aumento da procura coincidir com a época de colheita da castanha.

A elasticidade de ajustamento de 0,4016 indica que a cada variação de 10% na produção de castanha de um ano, a safra do ano seguinte tende a aumentar em 4,01%, *ceteris paribus*. Este resultado sinaliza que a estabilidade da produção, *per si*, induz a um crescimento vegetativo em busca do equilíbrio em longo prazo.

#### 4.2 Resultados econométricos do período 1990 a 2010

O modelo de oferta e demanda do período 1990 a 2010 foi especificado de forma adequada para explicar o comportamento do mercado da castanha-do-brasil. A estatística *J* de Hansen para o sistema indicou a aceitação da hipótese de que o vetor de variáveis exógenas e instrumentais é ortogonal aos erros, indicando que a especificação do modelo está correta. Também

não há problema de autocorrelação de primeira ordem nos termos de erro, conforme a estatística de Durbin-Watson.

As variáveis incluídas nas equações de demanda e oferta explicaram 66,99% e 39,76%, respectivamente, das variações nas quantidades demandadas e ofertadas do modelo.

Os resultados estão de acordo com o esperado teoricamente e são estatisticamente significantes a 1% (Tabela 2). A quantidade demandada apresentou correlação inversa aos preços, assim como o coeficiente associado à variável renda foi positivo. Portanto, os coeficientes associados às variáveis preço, renda e preço da castanha de caju indicam, respectivamente, que a quantidade demandada tende a diminuir em 3,86 t em resposta ao aumento unitário no preço, e a demanda tende a aumentar 3,23 t em resposta à mudança na renda e a diminuir 2,96 t em resposta ao incremento no preço da castanha de caju.

Quanto à variável *dummy*, o consumo da castanha no período de 1996 a 2006 foi abaixo da média do período anterior a 1996 em 14.838,6 t, caracterizando o auge da destruição das castanheiras.

Com relação à oferta, os resultados estão de acordo com a teoria e apresentaram significância estatística a 1% (Tabela 2). Portanto, tem-se que a quantidade ofertada de castanha-do-brasil é influenciada por variações do preço. Com efeito, a variável preço do látex está negativamente correlacionada com a oferta de castanha e, por outro lado, a variável preço da terra de mata apresentou correlação positiva com a oferta de castanha. Assim, em resposta a incrementos unitários na variável preço do látex, a oferta tende a diminuir em 4,34 t. Em contrapartida, para aumento unitário (R\$ 1,00) nos preços da terra de mata, a oferta de castanha tende a aumentar em 12,98 t.

**Tabela 2.** Resultados do sistema de equações de oferta e demanda de castanha-do-brasil para a região Norte, período 1990 a 2010.

**Table 2.** Results of the system of equations of supply and demand of brazil nuts for the North region, period 1990 to 2010.

Variável	Coeficiente	Desvio-padrão	Estatística - t	Probab.	Elasticidade
<b>Demanda: QCBT=C(10)+C(11)*PCBT+C(12)*RENDA+C(13)*PCAJU+C(14)*VD</b>					
Constante: C(10)	27.966,08	2.388,514	11,70857	0.0000	-
Preço castanha: C(11)	-3,864174	0,772386	-5,002908	0.0000	-0,2221
Renda <i>per capita</i> : C(12)	3,231122	0,214540	15,06069	0.0000	0,8191
Preço castanha caju: C(13)	-2,960086	0.400657	-7,388072	0.0000	-0,1479
Variável <i>dummy</i> : C(14)	-14.838,63	1.244,111	-11,92709	0.0000	-0,4938
<b>Oferta: C(20)+C(21)*PCBT(-1)+C(22)*PLATEX+C(23)*PTMATA+C(24)*QCBT(-1)</b>					
Constante: C(20)	6.574,916	2.063,792	3,185.843	0.0034	-
Preço castanha(t-1): C(21)	4,810944	0,810761	5,933863	0.0000	0,2697
Preço do látex: C(22)	-4,345678	1,467340	-2,961604	0.0059	-0,2435
Preço terra mata: C(23)	12,98740	2,290631	5,669793	0.0000	0,2031
Quantidade de Castanha(t-1): C(24)	0,560406	0,063188	8,868857	0.0000	0,4534
<b>Demanda</b>					
R-quadrado	0,669908	Estatística J do sistema			0,302403
R-quadrado ajustado	0,581883	Estatística Durbin-Watson - d			1,226846
<b>Oferta</b>					
R-quadrado	0,397571	Estatística J do sistema			0,302403
R-quadrado ajustado	0,236924	Estatística Durbin-Watson - d			1,968763

Fonte: Dados da pesquisa. Elasticidade:  $\epsilon = c_p X/Q$ ,  $X_j$  são as médias das variáveis exógenas e  $Q$  é a média da quantidade de castanha-do-brasil. A elasticidade de ajustamento é calculada da seguinte forma:  $\epsilon = (1-C_{24}) \cdot Q_{t-1}/Q_t$ ,  $Q_{t-1}$  é a média da produção defasada.

O coeficiente da quantidade defasada de castanha foi positivo e menor do que 1, indicando que uma boa safra de castanha em um dado ano tende a influenciar positivamente a safra do ano seguinte.

#### 4.2.1 Elasticidades da demanda e da oferta: 1990 a 2010

A elasticidade-preço da demanda da castanha-do-brasil de -0,222, com valor menor do que a unidade em termos absolutos, indicando que em resposta a incrementos de 10% nos preços a quantidade demandada do produto tende a variar em sentido contrário -2,22%, *ceteris paribus*. Essa magnitude de resposta demonstra que a castanha-do-brasil é um produto de demanda inelástica a preço. Nota-se que a demanda tornou-se mais inelástica do que a demanda estimada para a fase inicial do ciclo da castanha-do-brasil.

Com relação à elasticidade-renda, a castanha-do-brasil de 0,819 pode ser classificada como produto essencial, ou “bem normal” para os consumidores. No período estudado, em resposta a incrementos de 10% na renda do consumidor, a demanda deslocou-se em 8,19%. Esse resultado é de grande importância na dinâmica do consumo, pois as políticas de aumento e distribuição da renda tendem a incrementar a demanda a taxas crescentes e, por consequência, pressionar o preço de equilíbrio do mercado.

A elasticidade cruzada da demanda de castanha-do-brasil em relação à castanha de caju, produto tido como substituto, em função de pertencer à mesma categoria de nozes, revelou que esses produtos são complementares no consumo. A relação de complementaridade é fraca, pois a cada incremento de 10% no preço da castanha de caju, a demanda de castanha-do-brasil se retraiu de -1,48%, em média. Este fato deve-se à nova dinâmica do consumo, em que as nozes são compradas em conjunto para assegurar diversidade de produtos para o consumo diário ou sazonal das famílias e, principalmente, pelas casas de comércio e de produtos alimentares que adquirem uma cesta de nozes para atender aos consumidores. No período de 1969 a 1987, Santana & Khan (1992) encontraram uma elasticidade cruzada da ordem de 0,029, indicando que tais produtos se revelaram como substitutos fracos, dado que a relação de maior substitutibilidade da castanha de caju seria com a castanha-do-brasil sem casca.

No período mais recente, de 1988 a 2001, Moreira (2004) estimou um modelo logarítmico de demanda e oferta para a média de produção dos estados do Acre, Amazonas e Pará, e encontrou os coeficientes de elasticidade-preço e elasticidade-renda da demanda, respectivamente, da ordem de -0,851 e -0,741. Porém, ambos os coeficientes não foram estatisticamente significativos, além de a elasticidade-renda ser negativa. No caso da oferta, a elasticidade-preço foi de 0,208, porém a estimativa não apresentou significância estatística. Naturalmente, tais resultados não são válidos em função de problemas de manipulação inadequada dos dados e erros econométricos no que tange à especificação e estimação dos parâmetros do modelo.

Com relação à oferta, tem-se que a castanha-do-brasil apresentou elasticidade-preço igual a 0,269, indicando que para

variações de 10% no preço da castanha, a quantidade ofertada tende a aumentar em 2,7%. Esse resultado confirma a hipótese de que a castanha-do-brasil tornou-se mais inelástica em relação ao período inicial, dado que o extrativismo está chegando ao limite da capacidade produtiva dos castanhais, cuja produção de castanha varia muito pouco em resposta aos preços de mercado, conforme propuseram Costanza et al. (1997), Farber et al. (2002) e Santana et al. (2015). Portanto, na Amazônia, não há como incrementar a produção sem melhorar o manejo das reservas de castanhais e/ou como viabilizar plantios comerciais com a espécie. Assim, o preço de equilíbrio do mercado torna-se fortemente determinado pela demanda. Como a demanda é sensível a variações na renda do consumidor, essa variável terá peso preponderante na dinâmica de ajustamento do mercado. Ou seja, é fundamental fazer a integração das políticas de transferência de renda para as populações tradicionais com as políticas que fazem operar o mercado institucional.

A elasticidade cruzada da oferta de castanha-do-brasil em relação ao látex (Tabela 2) revelou que os produtos são concorrentes em relação ao uso dos fatores de produção, sobretudo mão de obra e terra, porque ambas as atividades desenvolvidas em reservas extrativistas, ou combinadas com lavoura plantada, necessitam de terra e, principalmente, da mão de obra das populações tradicionais da Amazônia. Neste caso, em resposta a incremento no preço do látex de 10%, a oferta de castanha retraiu-se em -2,43%, os demais fatores permanecendo constantes. Observa-se que em muitas reservas coexistem os dois produtos influenciando a alocação de mão de obra.

Portanto, a coleta de castanha é intensiva em mão de obra, mas sua produtividade é baixa, o que torna a atividade fortemente dependente deste fator de produção. No estado do Pará, Santana & Khan (1992) encontraram uma relação cruzada de -1,568, portanto, bem mais forte dadas as circunstâncias em que tais atividades eram exploradas ao longo das décadas de 1970 e 1980, com os planos de uso da terra sendo definidos em um mundo ainda sem o controle ambiental e cujas mudanças passaram a ser mais efetivas nas décadas subsequentes.

A elasticidade cruzada entre a oferta de castanha-do-brasil e o preço da área de mata apresentou uma relação de produção conjunta, de modo que, em resposta ao aumento de 10% no preço da área de terra de mata, a oferta de castanha tende a incrementar 2,03% (Tabela 2). Este resultado está coerente com a economia do extrativismo da castanha, cuja produção depende totalmente da preservação da floresta, que abriga os animais que disseminam as sementes, os insetos que polinizam as flores e mantêm as condições ambientais para o desenvolvimento sustentável da atividade. A castanheira produz madeira e castanha, portanto, o aumento no preço da floresta valoriza a castanheira como árvore e, por conseguinte, contribui para preservar a floresta, dado que aumenta o valor do capital florestal das áreas de reserva.

Por fim, tem-se que um aumento no preço da terra de mata limita a utilização do recurso para as atividades concorrentes do extrativismo e possibilita uma nova combinação de racionalidade no uso de fatores em que menos área de mata é utilizada. A elevação do preço da terra de mata no estado do Pará, conforme Santana et al. (2015), tem como uma das causas o marco que regula o uso da terra e dos recursos florestais,

**Tabela 3.** Benefícios e custos anuais da destruição da castanha-do-brasil e a distribuição entre produtores e consumidores.**Table 3.** Annual benefits and costs of the destruction of brazil nuts and the distribution between producers and consumers.

<b>Valor econômico total da castanha-do-brasil</b>	<b>A: 1951 - 1973</b>	<b>B: 1990 - 2006</b>	<b>B – A: Custo Socioambiental</b>
BSAP	26.974.381,32	31.262.406,66	4.288.025,34
BSAC	35.375.806,18	14.793.263,79	-20.582.542,39
<b>BSAT</b>	<b>62.350.187,50</b>	<b>46.055.670,45</b>	<b>-16.294.517,05</b>
VPSAT	1.558.754.687,50	1.151.391.761,25	<b>-407.362.926,25</b>

Fonte: Dados da pesquisa. BSAP, BSAC e BSAT são, respectivamente, os benefícios socioeconômicos e ambientais do produtor, consumidor e total. VPSAT é o valor presente socioeconômico e ambiental gerado pela castanha-do-brasil nos dois períodos.

por meio da aplicação da legislação ambiental e punição de infratores.

A elasticidade de ajustamento da oferta de 0,4534 demonstra que o incremento da oferta de 10% em um determinado ano tende a produzir aumento de 4,53% no ano seguinte, *ceteris paribus*. Este resultado indica que a oferta em longo prazo seja mais elástica e da ordem de 0,614. Porém, isto só tende a ocorrer em caso de reestruturação da cadeia produtiva em combinação com o plantio comercial da castanha. Caso contrário, a oferta tende a tornar-se cada vez mais inelástica com o passar do tempo.

#### 4.3 Benefício socioeconômico e ambiental da castanha-do-brasil

Nessa seção, apresenta-se a análise sobre o benefício socioambiental total do extrativismo da castanha-do-brasil nos períodos que atingiu o máximo de produção e na fase em que a produção caiu ao limite mínimo. Da diferença entre esses resultados, obtém-se o valor do custo socioambiental total da depredação dos castanhais.

O benefício socioeconômico e ambiental da produção de castanha-do-brasil na Amazônia, no valor de R\$ 62,35 milhões/ano, no período de 1951 a 1973, foi obtido somando-se o excedente do produtor com o excedente do consumidor.

O valor BSAP foi de R\$ 26,97 milhões por ano e BSAC de R\$ 35,38 milhões por ano. Assim, o benefício socioeconômico e ambiental total gerado pela extração e comercialização da castanha-do-brasil foi de R\$ 62,35 milhões por ano. Desse total, cerca de 43,26% ficaram com os extrativistas e a parcela de 56,74% foi apropriada pelos consumidores de castanha. Portanto, a maior parcela do benefício gerado pelo extrativismo da castanha-do-brasil foi apropriada pelos consumidores. Isto revela a importância deste ativo natural para o bem-estar da sociedade e que foi ignorado pelos tomadores de decisão.

O BSAT para o período de 1990 a 2010 foi de R\$ 46,05 milhões/ano, sendo o BSAP de R\$ 31,26 milhões e o BSAC de R\$ 14,79 milhões. Assim, uma parcela de 67,88% foi apropriada pelos extrativistas e os 32,12% restantes beneficiaram os agentes consumidores de castanha.

Com relação ao CSAT, dado pela diferença entre o valor do benefício socioeconômico e ambiental total gerado na situação com o impacto máximo da destruição dos castanhais (período de 1990 a 2010) e o gerado na fase inicial do ciclo do extrativismo da castanha (período 1951 a 1973), em que tal impacto foi insignificante, foi de -R\$ 16,29 milhões por ano (Tabela 3). Esse resultado explica o impacto socioeconômico e

ambiental causado pelo processo de transformação da área dos castanhais em área de pastagens e de lavoura, derrubada das castanheiras para a venda de madeira em tora para as serrarias e para a fabricação de carvão. Observa-se que o ônus total recaiu sobre os consumidores, dado que os extrativistas relativamente foram beneficiados com os preços mais elevados da castanha e o aumento da inelasticidade-preço da oferta. Ou seja, os consumidores perderam tanto pela redução do consumo, quanto pela saída do mercado por causa do aumento de preço.

Por fim, o valor da perda de bem-estar social causado pela queda na produção de castanha em função da destruição do ativo natural das castanheiras, considerando o fluxo perpétuo de benefícios, é dado pela diferença entre o valor do benefício do período 1951/73 que foi de R\$ 1.558,75 milhões e no período de 1990/10 que foi de R\$ 1.151,39 milhões, cuja diferença entre tais valores gerou a perda líquida de R\$ 407,36 milhões (Tabela 3). O benefício do período 1990/10 representa 0,772% do produto interno bruto da agropecuária regional. A participação do custo no PIB agropecuário da região Norte foi de 0,254%, em valores de 2010.

## 5 Conclusões

A abertura e expansão da malha rodoviária e os projetos agropecuários por dentro e no entorno das áreas de castanhais nativos contribuíram para a destruição dos castanhais, ao mesmo tempo em que os incrementos dos preços das áreas de matas contribuíram para reduzir sua destruição e, por sua vez, aumentar a oferta de castanha. Essa conclusão é fundamental para orientar o desenho de políticas públicas envolvendo os sistemas de uso sustentável das áreas de florestas protegidas da Amazônia.

A oferta de castanha-do-brasil tornou-se mais inelástica, uma vez que, no início do ciclo, a elasticidade-preço foi de 0,6675 e, na fase final do ciclo, caiu para 0,2697. Portanto, tornou-se fortemente inelástica com o esgotamento desse ativo natural.

O extrativismo da castanha-do-brasil, mesmo diante de sua importância socioeconômica de gerar ocupação de mão de obra e renda para 25 mil famílias e de contribuir para a dinâmica e diversidade da flora e da fauna, bem como da regulação do clima, está com sua sustentabilidade ameaçada, sobretudo pela significância das conclusões apresentadas em seguida.

A demanda e oferta de castanha-do-brasil, por tornar-se mais inelástica a preço no período analisado, aumentou a instabilidade do consumo da castanha na Amazônia e resultou na diminuição do consumo de 14,84 mil t no período de 1996 a 2006.



A castanha-do-brasil apresentou relação de concorrência com o látex, no que tange ao uso dos fatores trabalho e capital, e de associação complementar com a área de mata, dado que a interação sistêmica das castanheiras na floresta contribui para aumentar o valor do capital natural.

Os benefícios socioeconômicos totais caíram de R\$ 62,35 milhões para R\$ 46,06 milhões, em função da diminuição da produção da castanha-do-brasil no período analisado. Esta perda da economia do extrativismo da castanha tornou sua participação no PIB agropecuário da região Norte 26,5% menor.

O valor da compensação pelos danos socioambientais a ser pago aos extrativistas da castanha na Amazônia seria de R\$ 407,36 milhões, apenas pela diminuição do fluxo de produção da castanha-do-brasil.

A concepção de crescimento com distribuição de renda e mitigação de impactos ambientais adotados para o Brasil, e especialmente para a Amazônia, no que tange à gestão de reservas extrativistas e assentamentos rurais, os projetos de investimento em grande escala devem, obrigatoriamente, compensar os danos causados à sociedade e ao meio ambiente, como forma de regular a trajetória do desenvolvimento local.

## Referências

- ANGELO, H.; POMPERMAYER, R. S.; ALMEIDA, A. N.; MOREIRA, J. M. A. P. O custo social do desmatamento da Amazônia brasileira: o caso da castanha-do-brasil (*Berthellotia excelsa*). *Ciência Florestal*, v. 23, n. 1, p. 183-191, 2013. <http://dx.doi.org/10.5902/198050988452>.
- ANGELO, H.; POMPERMAYER, R. S.; VIANA, M. C.; ALMEIDA, A. N.; MOREIRA, J. M. A. P.; SOUZA, A. N. Valoração econômica da depredação do Pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) no Cerrado brasileiro. *Scientia Forestalis*, v. 40, n. 1, p. 35-45, 2012.
- AYER, H. W.; SCHUH, E. Social rates of return and other aspects of agricultural research in São Paulo, Brazil. *American Journal of Agricultural Economics*, v. 54, n. 3, p. 557-569, 1972. <http://dx.doi.org/10.2307/1238532>.
- BENTES, E. S.; SANTANA, A. C.; HOMMA, A. K. O.; GOMES, S. C. Valoração econômica da jusante da barragem de Tucuruí. *Revista de Política Agrícola*, v. 23, n. 4, p. 102-110, 2014.
- BENTES, R. S.; MARÍN, R. A.; EMMI, M. F. Os cemitérios das castanheiras do Tocantins. *Pará Desenvolvimento*, v. 23, p. 18-23, 1988.
- CARSON, R. T. Contingent valuation: a practical alternative when prices aren't available. *The Journal of Economic Perspectives*, v. 26, n. 4, p. 27-42, 2012. <http://dx.doi.org/10.1257/jep.26.4.27>.
- COMISSÃO DE FINANCIAMENTO DA PRODUÇÃO – CFP. *Estudo da castanha-do-brasil*. Brasília: Ministério da Agricultura, 1972.
- COSTA, N. L.; SANTANA, A. C. Exports and market power of the soybean processing industry in Brazil between 1980 and 2010. *African Journal of Agricultural Research*, v. 10, n. 26, p. 2590-2600, 2015. <http://dx.doi.org/10.5897/AJAR2014.9433>.
- COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; DE GROOT, R.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O'NEILL, R. V.; PARUELO, J.; RASKIN, R. G.; SUTTON, P.; VAN DEN BELT, M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, v. 387, n. 6630, p. 253-260, 1997. <http://dx.doi.org/10.1038/387253a0>.
- EVIEWS7. *User's Guide II*. Irvine: QMS, 2012. 818 p.
- FARBER, S. C.; COSTANZA, R.; WILSON, M. A. Economic and ecological concepts for valuing ecosystem services. *Ecological Economics*, v. 41, n. 3, p. 375-392, 2002. [http://dx.doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00088-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00088-5).
- FISHER, A. C.; HANEMANN, M. W. Quasi-option value: some misconceptions dispelled. *Journal of Environmental Improvement*, v. 14, n. 2, p. 183-190, 1987.
- GREENE, W. H. *Econometric analysis*. New Jersey: Prentice Hall, 2011. 1075 p.
- GRILICHES, Z. Research costs and social returns: hybrid corn and related innovations. *Journal of Political Economy*, v. 66, n. 5, p. 419-431, 1958. <http://dx.doi.org/10.1086/258077>.
- HANEMANN, W. M. Valuing the environment through contingent valuation. *The Journal of Economic Perspectives*, v. 8, n. 4, p. 19-43, 1994. <http://dx.doi.org/10.1257/jep.8.4.19>.
- HANSEN, L. P. Large sample properties of generalized method of moments estimators. *Econometrica*, v. 50, n. 4, p. 1029-1054, 1982. <http://dx.doi.org/10.2307/1912775>.
- HOMMA, A. K. O. *Cronologia da ocupação e destruição dos castanhais no Sudeste paraense*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 132 p.
- HOMMA, A. K. O. (Ed.). *Extrativismo vegetal na Amazônia: história, ecologia, economia e domesticação*. Brasília: Embrapa, 2014. 467 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *Produção extrativa vegetal e da silvicultura 2012*. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 13 jun. 2012.
- KITAMURA, P. C.; MÜLLER, C. H. *Castanhais nativos de Marabá-PA: fatores de depredação e bases para a sua preservação*. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1984. 32 p.
- LINDNER, R. K.; JARRETT, F. G. Supply shifts and the size of research benefits. *American Journal of Agricultural Economics*, v. 60, n. 1, p. 48-58, 1978. <http://dx.doi.org/10.2307/1240160>.
- LIU, S.; COSTANZA, R.; FARBER, S.; TROY, A. Valuing ecosystem services: theory, practice, and the need for a transdisciplinary synthesis. *Ecological Economics Reviews*, v. 1185, n. 1, p. 54-78, 2010.
- MITCHELL, R. C.; CARSON, R. T. *Using surveys to value public goods: the contingent valuation method*. Washington: Resources for the Future, 1989. 471 p.
- MOREIRA, J. M. A. P. *O custo social do desmatamento da Amazônia brasileira: o caso da castanha-do-brasil*. 2004. 49 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília, Brasília, 2004.
- NOGUEIRA, A. K. M.; SANTANA, A. C. Benefícios socioeconômicos da adoção de novas tecnologias no cultivo do açaí no Estado do Pará. *Revista Ceres (Online)*, v. 63, p. 1-7, 2016.
- NOGUEIRA, A. K. M.; SANTANA, A. C.; GARCIA, W. S. A dinâmica do mercado de açaí fruto no Estado do Pará: de 1994 a 2009. *Revista Ceres*, v. 60, n. 2, p. 324-331, 2013.

- PAEZ, P. B. *Analysis of the international demand for Brazil nuts*. 1981. 138 f. Dissertação (Mestrado)-Oregon State University, Oregon, 1981.
- PAPA FRANCISCO. *Carta Encíclica do Papa Francisco sobre o cuidado da casa comum*. Roma: A Santa Sé, 2015. 87 p.
- PEARCE, D. W. Environmental sustainability and cost benefit analysis. *Environment & Planning*, v. 22, n. 1, p. 97-112, 1990.
- RANDALL, A.; STOLL, J. R. Consumer's surplus in commodity space. *The American Economic Review*, v. 70, n. 3, p. 449-455, 1980.
- RODRIGUES, F. M. *Estrutura e política do mercado de castanha-do-brasil*. 1978. 61 f. Dissertação (Mestrado em Economia Rural)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1978.
- SANTANA, A. C. Custo social da depredação da castanha-do-brasil no Pará. *Economia Rural*, v. 3, n. 3, p. 7-10, 1991.
- SANTANA, A. C. Impactos econômicos e sociais das políticas de reflorestamento no Brasil. *Boletim da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará*, v. 25, n. 1, p. 21-34, 1994.
- SANTANA, A. C. *Métodos quantitativos em economia: elementos e aplicações*. Belém: UFRA, 2003. 484 p.
- SANTANA, A. C. Valoração de produtos florestais não madeireiros da Amazônia: o caso da castanha-do-brasil. 2015. 103 f. Tese (Professor Titular) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos, Belém, 2015.
- SANTANA, A. C.; D'ÁVILA, J. L.; ALENCAR, M. I. R.; MATTAR, P. N.; SOUZA, R. F.; COSTA, R. M. Q. *Reestruturação produtiva e desenvolvimento na Amazônia: condicionantes e perspectivas*. Belém: BASA; FCAP, 1997. 185 p.
- SANTANA, A. C.; KHAN, A. S. Avaliação e distribuição dos ganhos sociais da adoção de novas tecnologias na cultura de feijão caupi no Nordeste. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 25, n. 2, p. 191-203, 1987.
- SANTANA, A. C.; KHAN, A. S. Custo social da depredação florestal no Pará: o caso da castanha-do-brasil. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 30, n. 3, p. 253-269, 1992.
- SANTANA, A. C.; SANTANA, A. L.; GOMES, S. C.; SALOMÃO, R. P. Valoração dos danos ambientais causados por hidrelétricas para a produção de energia na bacia do Tapajós. *Reflexões Econômicas*, v. 1, n. 1, p. 31-48, 2015.
- SANTANA, A. C.; SANTANA, A. L.; SANTOS, M. A. S. Influência do desmatamento no mercado de madeira em tora da região Mamuru-Arapiuns, Sudoeste do Pará. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 54, n. 1, p. 44-53, 2011.
- SANTOS, J. C.; DINIZ, J. D. A.; PIKETTY, M. G.; BAYMA, M. M. A. Cadeia produtiva da castanha-do-brasil no estado do Pará: ênfase na melhoria da qualidade e na contaminação por aflotoxina. In: SANTANA, A. C. *Mercado, cadeia produtiva e desenvolvimento rural na Amazônia*. Belém: UFRA, 2014. p. 165-195.
- SILVA, I. M.; SANTANA, A. C.; REIS, M. S. Análise dos retornos sociais oriundos de adoção tecnológica na cultura do açaí no estado do Pará. *Amazônia. Ciência & Desenvolvimento*, v. 2, n. 3, p. 25-37, 2006.

---

**Contribuição dos autores:** Os autores contribuíram igualmente na escrita, coleta de dados e análise do artigo.

**Fonte de financiamento:** Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM).

**Conflito de interesse:** Os autores declaram não haver conflito de interesse.