

**O CUSTO SOCIOAMBIENTAL DA DESTRUIÇÃO DE CASTANHEIRAS  
(*Bertholletia excelsa*) NO ESTADO DO PARÁ**  
*THE SOCIOENVIRONMENTAL DESTRUCTION COST OF BRAZIL NUT  
TREES (*Bertholletia excelsa*) IN THE STATE OF PARÁ*

Antônio Cordeiro de Santana<sup>δ</sup>  
Ádina Lima de Santana<sup>ε</sup>  
Rafael de Paiva Salomão<sup>φ</sup>  
Ádamo Lima de Santana<sup>γ</sup>  
Nilson Luiz Costa<sup>η</sup>  
Marcos Antônio Souza dos Santos<sup>θ</sup>

**Resumo:** A destruição dos recursos naturais na Amazônia, causada pela abertura de estradas e da implantação de grandes projetos agropecuários, madeireiros, de extração mineral e produção de energia, não promoveram o desenvolvimento socioeconômico e ambiental nos locais onde foram implantados. As reservas de castanheiras no estado do Pará foram vítimas dessa política de desenvolvimento, em que a produção média entre os períodos 1970/73 e 2007/10 caiu de 27.663,5 ton. para 7.246,25 ton. e a sociedade não foi efetivamente compensada por essas externalidades. Nesse 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 de castanha tornou-se perfeitamente inelástica e a demanda mais elástica a preço e renda no período estudado. A abertura de estradas e o preço das terras de mata produziram impactos significativos, respectivamente, negativo e positivo na produção de castanha-do-brasil. Os benefícios socioambientais da produção e comercialização da castanha caíram de R\$ 34,87 milhões para R\$ 13,26 milhões, o que resultou no custo socioambiental de R\$ 21,61 milhões por ano entre 1990 e 2010. Finalmente, o valor total da compensação pelos danos ambientais foi estimado em R\$ 540,25 milhões.

**Palavras-chave:** Externalidade. Valoração de recursos naturais. Mercado de castanha-do-brasil. Reserva extrativista.

---

<sup>δ</sup> Professor Dr. Economia Rural, líder do grupo de pesquisa GECADS e pesquisador do CNPq. Trabalha no Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos (ISARH) da UFRA, atua nas áreas de cadeia produtiva, mercados e desenvolvimento regional.

<sup>ε</sup> Doutoranda em Engenharia de Alimentos pela UNICAMP e pesquisadora do grupo de pesquisa em Cadeias Produtivas, Mercados e Desenvolvimento Sustentável na Amazônia

<sup>φ</sup> Doutor em Ciências Agrárias pela UFRA, pesquisador do Museu Goeldi e orientador de pós-graduação.

<sup>γ</sup> Doutor em Engenharia da Computação, Professor Adjunto da UFPA, Orientador da Pós-graduação (mestrado e doutorado) e pesquisador do grupo de pesquisa em Cadeias Produtivas, Mercados e Desenvolvimento Sustentável da Amazônia.

<sup>η</sup> Doutor em Ciências Agrárias, Professor Adjunto da UFSM, orientador da graduação e pesquisador do grupo de pesquisa em Cadeias Produtivas, Mercados e Desenvolvimento Sustentável da Amazônia

<sup>θ</sup> Mestre em Economia e doutorando em Ciências Animal pela UFPA. Professor Assistente da UFRA, orientador da graduação e pesquisador do grupo de pesquisa em Cadeias Produtivas, Mercados e Desenvolvimento Sustentável da Amazônia

**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 did not promote socioeconomic and environmental development in the places they were implemented. Brazil nut trees reserves in the state of Pará were victims of this development policy, in which the average production between periods of 1970/73 and 2007/10 declined from 27,663.5 ton to 7,246.25 ton. 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 to 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 opening of roads and forestland prices produced significant, respectively, negative and positive impacts in the production of Brazil nuts. Environmental benefits of production and marketing of nuts declined from R\$ 34,87 million to R\$ 13,26 million, which resulted in an environmental cost of R\$ 21,61 million per year between 1990 and 2010. Finally, the total compensation value for environmental damages was estimated at R \$ 540,25 million.

**Keywords:** Externality. Valuation of natural resources. Brazil nut market. Extractive reserve

**Código JEL:** C30, D61, O13, Q57

## 1. INTRODUÇÃO

O custo socioeconômico e ambiental da destruição das reservas de castanheiras (*Bertholletia excelsa*) no estado do Pará, focando a perda do serviço de provisão da castanha-do-brasil, ao longo do período de 1951 a 2010, foi analisado. Este horizonte de tempo contempla as fases de estabilidade do extrativismo da castanha-do-brasil, alcançada no período entre 1970 e 1973, com a produção média de 27.663,5 ton. e a fase de máxima destruição, evidenciada no período de 2007 a 2010, com a produção média de 7.246,25 ton., o que representa uma redução de 73,81% (IBGE 2012).

A partir do cálculo da diferença entre o benefício socioambiental da produção de castanha do período de 1951 a 1973 e o do período de 1990 a 2010, obtém-se o custo socioambiental da destruição dos castanhais paraenses. Este valor representa a compensação a que a sociedade tem direito pelos danos ambientais causados a esse ativo natural de grande importância para a economia paraense pela ocupação de mão de obra, geração de renda e bem-estar para a população.

Assim, qual a importância da valoração dos serviços ecossistêmicos produzidos pelas castanheiras para o desenvolvimento local, tendo em vista a preservação das reservas extrativistas da Amazônia?

Em primeiro lugar, as reservas de castanheiras produzem os serviços de provisão (castanha-do-brasil e madeira), de regulação ambiental (purificação do ar, polinização etc.), culturais (educação, paisagem, conhecimento etc.) e de suporte (fotossíntese, ciclagem da água e de nutrientes etc.), como definido em Costanza *et al.* (1997). Nesta pesquisa, contempla-se apenas o valor do

serviço de provisão da castanha-do-brasil, por ser o único serviço transacionado no mercado e possibilitar a estimação do custo marginal social (oferta) e do benefício marginal social (demanda), que são a base da valoração dos recursos naturais. Com efeito, mesmo sendo um valor subestimado para o fluxo de serviços desse ativo natural, permite-se definir o valor da compensação a ser pago pela destruição das castanheiras do estado do Pará.

O objetivo do trabalho foi calcular o custo da depredação dos castanhais e agregar o conhecimento sobre a economia do extrativismo na Amazônia. A oferta exibe comportamento temporal inverso ao da oferta de produtos da agropecuária, dado que a natureza da oferta vai se tornando menos elástica com a evolução do ciclo do extrativismo (COSTANZA *et al.*, 1997; EL SERAFY, 1998; HOMMA, 2000). Com isso, pode-se contribuir para o planejamento do desenvolvimento local das reservas extrativistas da Amazônia.

## **2. MATERIAL E MÉTODO**

### **2.1 Fundamentos teóricos da metodologia de valoração ambiental**

A castanha-do-brasil é o principal produto não madeireiro da floresta amazônica e tem preço definido nas transações de mercado, por isso utilizou-se um modelo econométrico para estimar os parâmetros das equações de custo marginal social (oferta de castanha) e benefício marginal social (demanda de castanha) e calcular o excedente econômico, ou benefício socioambiental total, para os períodos de 1951 a 1973, que representa a máxima produção (menor impacto da destruição) e de 1980 a 2010, que define o período de menor produção (maior impacto da destruição) das castanheiras.

O excedente econômico é uma medida do benefício marginal do consumidor, ou excedente do consumidor, dado pela diferença entre o valor que as pessoas desejam e podem pagar pelo produto e o preço efetivamente pago (área limitada entre a demanda e o preço de equilíbrio do mercado) e do benefício marginal do produtor, ou excedente do produtor, representado pela diferença entre o preço recebido e o custo de produzir uma unidade adicional do produto (RANDALL; STOOL, 1980; SANTANA; KHAN, 1992; SANTANA, 2015).

Este conceito foi utilizado para estimar os retornos do investimento em pesquisa e assegurar o aporte de recursos para apoiar o desenvolvimento científico e tecnológico para as cadeias produtivas de base rural (Griliches 1958; Ayes e Schuh 1972; Lindner e Jarret 1978; Santana e Khan 1987; Silva *et al.* 2006). Este modelo foi também aplicado na valoração de serviços ecossistêmicos que têm preço definido pelo mercado (COSTANZA *et al.*, 1997; FABER *et al.*, 2002). No Brasil, a metodologia foi pioneiramente aplicada por Santana e Khan (1992) para estimar o custo social da destruição da castanha-do-brasil no estado do Pará. Recentemente, Angelo *et al.* (2012) e Angelo *et al.* (2013) aplicaram a metodologia utilizada em Santana e Khan (1992) para estimarem, respectivamente, o custo da depredação do pequi no Cerrado e do desmatamento dos castanhais dos estados do Acre, Amazonas e Pará.

Neste trabalho, ao invés da metodologia de cálculo aproximativa do excedente econômico utilizadas nesses estudos, aplicou-se diretamente a técnica de integral definida para calcular o benefício socioambiental total, a partir do equilíbrio do mercado de castanha-do-brasil para as situações de

menor e de maior impacto dos efeitos da destruição dos castanhais, bem como a distribuição entre extrativistas e consumidores.

Por fim, à medida que a extração dos produtos avança para o esgotamento da capacidade produtiva do ativo natural em toda sua extensão, tem-se um limite para a oferta em longo prazo, o que a torna perfeitamente inelástica (COSTANZA *et al.*, 1997; EL SERAFY, 1998; HOMMA, 2000; FARBER *et al.*, 2002). Por outro lado, a demanda de castanha-do-brasil tende a se tornar mais elástica à renda, em função da agregação de valor ao produto e pelas propriedades diferenciadas da castanha em termos nutricionais e de saúde.

## 2.2 Área de estudo é o método econométrico

A área de estudo foi o estado do Pará, por representar o ambiente de destruição das reservas de castanheiras causado pelas planos de desenvolvimento econômico da região. Os dados utilizados no trabalho foram obtidos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Fundação Getúlio Vargas (FGV), Departamento Nacional de Estradas e Rodagens (DNER) e informações coletadas do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC).

O mercado de castanha-do-brasil, referente aos períodos de 1951 a 1973 e de 1990 a 2010, foi especificado pelas seguintes equações de demanda e oferta.

$$\text{Demanda: } QCB_{dt} = c_{10} + c_{11}PCB_t + c_{12}Renda_t + c_{13}PCaju_t + c_{14}Tend_t + u_{dt}$$

$$\text{Oferta: } QCB_{ot} = c_{20} + c_{21}PCB_t + c_{22}PLatex_t + c_{23}PTMata_t + c_{24}Rodov_t + c_{25}SRural_t + u_{ot}$$

$$\text{Equilíbrio: } QCB_{dt} = QCB_{ot} = QCB_{et}; (t = 1, 2, \dots, T)$$

### Variáveis endógenas

$QCB_t$  é a quantidade de castanha-do-brasil produzida no estado do Pará, em ton., no ano  $t$ , e  $PCB_t$  é o preço real da castanha-do-pará, em R\$/ton., no ano  $t$ .

### Variáveis exógenas

$Renda_t$  é o produto interno bruto real *per capita* do estado do Pará, no ano  $t$ ,  $PCaju_t$  é o preço real da castanha de caju, em R\$/ton., no ano  $t$  (incluída apenas no período 1990 a 2010),  $Tend_t$  é a variável tendência, definida cronologicamente para cada período,  $PLatex_t$  é o preço real do látex, em R\$/ton., no ano  $t$  (incluído apenas no período 1990 a 2010),  $PTMata_t$  é o preço real das terras de mata, em R\$/ha, no ano  $t$  (disponível apenas no período 1990 a 2010),  $Rodov_t$  é a malha rodoviária do estado do Pará, em km, no ano  $t$  (disponível apenas no período 1990 a 2010) e  $SRural_t$  é valor real do salário rural, em R\$/dia, no ano  $t$  (disponível apenas no período 1990 a 2010).

### Variáveis instrumentais

$PMAD_t$  é o preço real da madeira em tora, em R\$ m<sup>-3</sup>, no ano  $t$  (disponível apenas no período 1990 a 2010),  $PTLAV_t$  é o preço real das terras de lavoura, em R\$/ha, no ano  $t$  (disponível apenas no período 1990 a 2010),  $QCB_{t-1}$  é a

quantidade de castanha-do-brasil produzida e comercializada no estado do Pará, em tonelada, no ano anterior (t-1).

### Parâmetros e termos de erro

$c_{ij}$  ( $i = 1$  e  $j = 0, 1, \dots, 4$ ;  $i = 2$  e  $j = 1, 2, \dots, 5$ ) são os parâmetros a serem estimados e  $u_{dt}$  e  $u_{ot}$  são os termos de erro aleatórios das equações de demanda e oferta, que devem apresentar distribuição normal.

Espera-se que a quantidade demandada de castanha-do-brasil tende a variar inversamente aos preços de mercado e a apresentar uma correlação direta com a renda do consumidor, *ceteris paribus* (SANTANA *et al.*, 2011; NOGUEIRA *et al.*, 2013; SANTANA, 2015). Assim, em resposta a aumentos no preço e/ou diminuição na renda, os consumidores tendem a ajustar seus planos de comprar uma cesta com menor quantidade do produto cujo preço aumentou, de modo a manter seu nível de satisfação no consumo (Santana 1999). Para a castanha de caju, por fazer parte da cesta de nozes, 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 relação direta com os preços da castanha de caju. Com relação à variável tendência, espera-se uma relação negativa, em função da destruição das castanheiras, no período de 1990 a 2010.

Com relação à oferta, tem-se que a quantidade de castanha-do-brasil tende a variar diretamente aos preços e inversamente aos custos de extração, representado pelo salário pago aos trabalhadores rurais (SANTANA, 1992; SANTANA *et al.*, 2011a; SANTANA *et al.*, 2012; OLIVEIRA *et al.*, 2013). A oferta de castanha, conforme Santana e 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, bem como em relação ao aumento da malha rodoviária, 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 quantidade de castanha apresente correlação positiva com o preço da terra de mata, dado que as castanheiras são elementos da reserva florestal. Para captar o efeito das atividades madeireira e agropecuária sobre o comportamento da oferta, utilizou-se como variáveis instrumentais os preços da madeira em tora e da área de terra com lavoura no estado do Pará.

Com efeito, o modelo incluiu além das variáveis endógenas e exógenas, as variáveis instrumentais, que ao serem incorporadas na forma reduzida das equações, seus efeitos são captados no modelo estrutural. Conforme Santana *et al.* (2011a), estas variáveis apresentam correlação forte com as variáveis exógenas e são ortogonais com o termo de erro. Assim, as variáveis preço da madeira em tora ( $PMAD_t$ ) e preço da terra de lavoura ( $PTLV_t$ ) apresentam correlação significativa com a variável preço da terra de mata ( $PTMata_t$ ) e preço do látex ( $PLatex_t$ ) e deve ser ortogonal aos termos de erro. Adicionalmente, a produção de castanha defasada de um período ( $QCB_{t-1}$ ) reúne o conjunto de informação da safra anterior fruto das interações com todas as forças do mercado, cujos efeitos podem influenciar o desempenho do mercado de castanha no período corrente. Portanto, estas variáveis instrumentais adicionam informações ao modelo simultâneo de oferta e demanda sem gerar redundância com as variáveis do modelo estrutural. A estatística  $J$  de Hansen (1982) foi utilizada para testar a adequação dessas

variáveis à especificação do modelo (COSTA; SANTANA, 2015; SANTANA, 2015).

Quanto à identificação do modelo, as equações de demanda e oferta foram superidentificadas pelas condições de ordem e de posto. A estimação do modelo foi realizada pelo Método Generalizado dos Momentos (MGM), por possibilitar a estimação simultânea do sistema de equações, incluindo as variáveis instrumentais e o tratamento de autocorrelação dos erros (SANTANA *et al.*, 2011b; EVIEWS7, 2012).

### 2.3 Método de cálculo do custo socioambiental

O custo socioambiental da destruição dos castanhais é dado pela diferença entre o benefício socioambiental total da castanha (BSA), estimados para os períodos sem e com depredação, que é a soma do benefício socioambiental do produtor (BSAP) mais o benefício socioambiental do consumidor (BSAC).

Para obter o benefício socioeconômico da castanha-do-brasil, substitui-se o valor médio de cada variável explanatória nas equações de demanda e de oferta, soma-se o resultado ao intercepto para que a quantidade seja especificada como a seguir:

$$\text{Demanda: } QCB_{dt} = C_d - c_{11} PCB_t$$

$$\text{Oferta: } QCB_{ot} = C_o + c_{21} PCB_t$$

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 por:  $PCB_d = (C_d/c_{11})$ .

Assim, o valor do BSA é dado pela soma da integral da equação de oferta de castanha, delimitada entre o intervalo de preço zero e o preço de equilíbrio da castanha  $PCB_e$ , somando à 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 BSA é dado por:

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

Esse procedimento é feito para a situação do mercado de castanha-do-brasil com destruição dos castanhais, período de 1990 a 2010 ou  $BSA_{cd}$ , e sem depredação dos castanhais, período de 1951 a 1973 ou  $BSA_{sd}$ . Assim, o custo socioambiental da depredação dos castanhais (CSA) é dado por:

$$CSA_t = BSA_{cd} - BSA_{sd}$$

Finalmente, a compensação dos danos ambientais causados pela destruição das reservas de castanheiras, como um valor fixo e na forma de uma anuidade perpétua, assumindo taxa de desconto  $r$  de 4% ao ano, para manter coerência com a indenização paga pela Vale do Rio Doce pela supressão florestal das áreas de extração mineral ao Instituto Chico Mendes de

Conservação da Biodiversidade (ICMBio), tem-se que o valor presente dessa compensação (*VPCOMP*), conforme Fisher *et al.* (1972), Pearce (1990) e Santana (2015), é dada por:

$$VPCOMP_t = \sum_{t=0}^{\infty} CSA_t (1+r)^{-t} = \frac{CSA_t}{r}$$

### 3. RESULTADOS

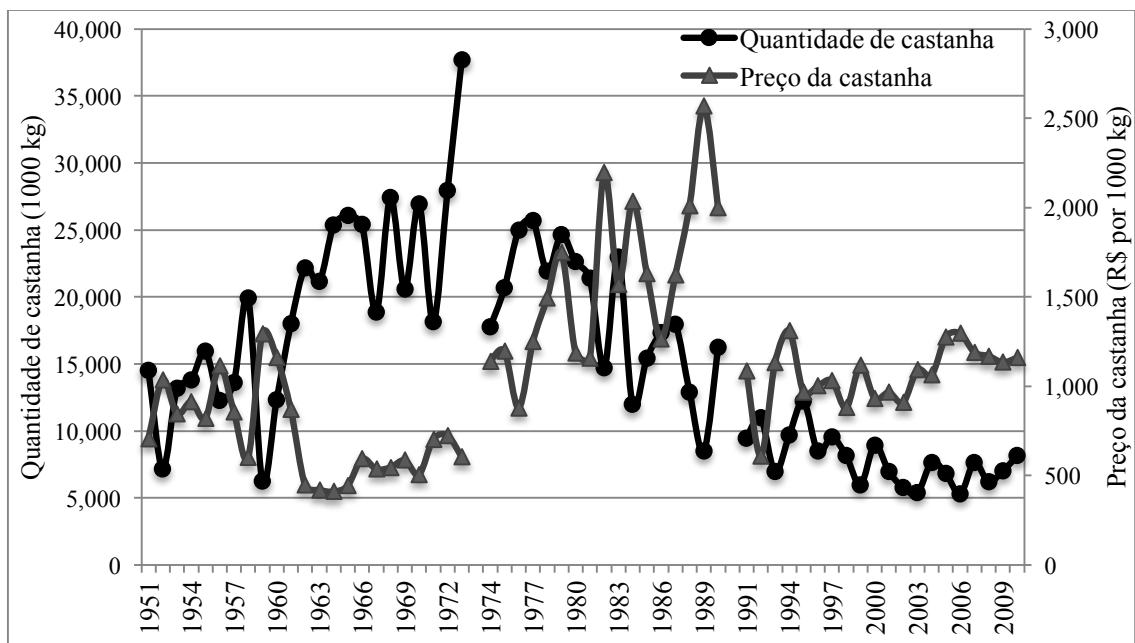
#### 3.1 Evolução do ciclo da castanha-do-brasil

Na Figura 1, o período de 1951 a 1973 representa a fase inicial do ciclo do extrativismo castanha-do-brasil (SANTANA, 2015). Nessa fase, a extração de madeira das áreas dos castanhais e o desmatamento para a implantação de pastagem e de lavoura, inundação para a produção de energia e abertura de estradas causaram impacto insignificantes sobre a produção da castanha. Ao longo dos anos de 1950, a produção e preços se mostram com variações parecidas e, nos anos de 1960, mudam completamente com a produção alcançando um patamar mais elevado e os preços caindo para o nível mais baixo da história. Ao longo desse período, a quantidade de castanha evoluiu a uma taxa de 4,803% ao ano e os preços caíram a uma taxa de -2,639% ao ano.

Na segunda fase, compreendida entre 1974 e 1990, 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 oscilando fortemente, em função dos efeitos dos efeitos produzidos pela implantação de grandes projetos agropecuários e de infraestrutura (HOMMA, 2000; SANTANA, 2013). Nesse período, os preços evoluíram a 4,161% ao ano e as quantidades caíram à taxa de -3,911% ao ano, exibindo comportamento inverso ao estabelecido na primeira fase.

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 florestal e mineral, produção de energia e programas de colonização, combinados com as políticas de crédito rural subsidiado, incentivos fiscais e de regularização fundiária, que tinham como meta viabilizar o crescimento e a integração da Amazônia com as demais regiões do Brasil. Esses 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 das terras dos castanhais, localizadas nas proximidades da infraestrutura rodoviária e dos rios. Esses aspectos foram identificados e relatados entre outros por Kitamura e Müller (1984), Bentes *et al.* (1988), Homma (2000) e Santana e Khan (1992).

Na última fase, de 1991 a 2010, a produção continuou em queda até atingir o nível de produção que se estabilizou ao longo da década de 2000, enquanto os preços caíram de patamar. Neste período, os cultivos comerciais da castanha não contribuíram para ampliar a oferta (SANTANA, 2015). Com efeito, as quantidades decresceram a uma taxa de -2,256% ao ano e os preços evoluíram à taxa de 1,302% ao ano.



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

### 3.2 Resultados econométricos do período 1951 a 1973

Na Tabela 1, apresentam-se os resultados do modelo 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. Nessa fase, o aumento da oferta deve-se ao domínio dos castanhais e de sua exploração em busca de racionalidade econômica. Portanto, a primeira metade da década de 1970 representa o auge da produção extrativa de castanha no estado do Pará. A partir desse momento, a ampliação dos sistemas de produção agropecuários e de exploração madeireira tornaram o extrativismo da castanha relativamente menos competitivo e a destruição dos castanhais continuou.

O modelo econométrico foi 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). Essas variáveis explicaram 79,69% e 55,10% das variações nas quantidades demandadas e ofertadas de castanha-do-brasil. Os termos de erro não apresentaram problemas de autocorrelação de primeira ordem.

Os coeficientes estimados para a 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 direta à renda. Portanto, incremento de R\$ 1,00 no preço da castanha e na renda do consumidor tende, respectivamente, a diminuir a quantidade demandada em 15,05 ton. e a incrementar a demanda em 2,9 ton., no mesmo ano, *ceteris paribus*.



Com relação à oferta, os resultados estão coerentes com a teoria e significantes a 5%. A quantidade ofertada respondeu diretamente ao preço defasado de dois anos. Esse resultado se coaduna com as boas safras alternada a cada dois anos, em função de suas características biológicas, conforme evidenciado na Figura 1. Assim, o aumento de um real no preço da castanha em um ano, a quantidade ofertada tende a aumentar em 4,53 ton. dois anos depois, por ocasião da próxima boa safra. O coeficiente da variável tendência apresentou correlação positiva com a oferta, indicando que, ao longo do período analisado, a cada ano, a oferta aumentou em 805,63 ton.

**Tabela 1** - Resultados do sistema de equações de oferta e demanda de castanha-do-brasil, 1951 a 1973, estado do Pará.

Variável	Coefficient e	Desvio padrão	Estatística - t	Probabil .	Elasticidad e
Constante: C(10)	19734,29	2418,908	8,158347	0,0000	-
Preço castanha: C(11)	-15,04729	1,576856	-9,54259	0,0000	-0,5672
Renda: C(12)	2,898085	0,454395	6,377897	0,0000	0,5556
Constante: C(20)	5920,823	2573,413	2,300767	0,0318	-
Preço castanha: C(21)	4,533403	2,160732	2,198086	0,0393	0,1709
Tendência: C(22)	805,6348	133,4065	6,038948	0,0000	-
<b>Demanda:</b> $QCB=C(10)+C(11)*PCB+C(12)*RENDA$					
R-quadrado	0.79693	Estatística J de Hansen para o sistema			0,2525 (0,441)
R-quadrado ajustado	0.77437	Estatística Durbin-Watson - d			1,96692
<b>Oferta:</b> $QCB=C(20)+C(21)*PCB(-2)+C(22)*TEND$					
R-quadrado	0.55109	Estatística J de Hansen para o sistema			0,2525 (0,441)
R-quadrado ajustado	0.50121	Estatística Durbin-Watson - d			1,61386

Fonte: Dados da pesquisa.

### 3.2.1 Elasticidades da demanda e oferta de castanha-do-brasil: 1951 a 1973

A elasticidade-preço, por ser menor do que um, em valor absoluto, indica que a demanda de castanha é inelástica. Portanto, a cada variação de 10% nos preços de mercado da castanha, a quantidade demandada variou - 5,67% em sentido contrário, ou seja, a resposta dos consumidores em relação a mudanças no preço foi menos que proporcional. A inelasticidade da demanda torna os gastos dos consumidores no produto instáveis, pois pequenas alterações nas compras necessitam de elevadas mudanças nos preços em sentido contrário, para manter os gastos constantes.

Para a demanda de exportação de castanha-do-brasil, no período de 1960 a 1978, para o mercado dos Estados Unidos, Paez (1981) estimou uma elasticidade-preço igual a -0,708 e, para o Reino Unido de -0,800, por meio de modelos uniequacionais. Todavia, esse tipo de modelo não capta todas as forças que influenciam a demanda e o preço de equilíbrio do mercado.

Paez (1981) obteve uma elasticidade-preço de -1,52 para a demanda de exportação de castanha-do-brasil destinada ao mercado da Alemanha, cobrindo o período de 1960 a 1978. Com relação ao mercado paraense, Santana e Khan (1992), utilizando um modelo simultâneo para o período de

1969 a 1987, obtiveram uma elasticidade-preço da demanda de -2,613. Este coeficiente elevado deve-se à maior variação no comportamento das variáveis no período de 1975 a 1987. 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.

A elasticidade-renda indicou que a castanha é um “bem normal”, dado que a demanda muda na mesma direção da renda e em magnitude menos que proporcional. Assim, para variações de 10% na renda dos consumidores, a demanda de castanha tende a variar 5,55% na mesma direção. Os resultados das elasticidades preço e renda indicam que para variações iguais e na mesma direção, os efeitos tendem a ser contrabalançados.

Com relação à elasticidade-renda da castanha no mercado internacional, Paez (1981) encontrou o valor de 1,17, e para o mercado paraense Santana e Khan (1992) obteve uma elasticidade de 0,717. Novamente, observa-se que as elasticidades diferem em função do mercado e do modelo utilizado na estimação da demanda.

Neste trabalho, o coeficiente de elasticidade-preço da oferta de 0,1709 foi menor do que um, logo a oferta é inelástica. O resultado indicou que um incremento de 1% na quantidade ofertada só seria efetivado se os preços aumentassem 58,82%, tudo o mais mantido constante. Com efeito, a receita do extrativista torna-se instável à mudança da safra, pois um incremento substancial na quantidade tende a tornar o valor da produção extremamente baixo e inviabilizar a atividade extrativista. Além disso, a inoperância da política pública em defesa dessa atividade, contribuiu para a substituição da venda da produção de castanha pela venda de toras de castanheira, assim como da substituição das áreas de castanhais por área de pastagem para pecuária extensiva. Por fim, esse coeficiente de elasticidade foi inferior ao valor de 0,297 obtido por Rodrigues (1978), embora não significativa a 10%.

### **3.3 Resultados econométricos do período 1990 a 2010**

O modelo de oferta e demanda estimado para o período de 1990 a 2010 foi corretamente especificado para representar 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. As variáveis incluídas no modelos explicaram 75,38% e 58,66%, respectivamente, das variações nas quantidades demandadas e ofertadas do modelo. Não há problemas de multicolinearidade entre as variáveis exógenas, pois o fator de variância inflacionaria foi de apenas 2,19.

Os resultados estão de acordo com o esperado 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 6,01 ton. em resposta ao aumento unitário no preço, e a demanda tende a aumentar 1,3 ton. em resposta à mudança unitária na renda

e a diminuir 680 kg em resposta ao incremento no preço da castanha de caju. No período da análise, de acordo com a variável tendência, a demanda diminuiu na magnitude de 176,73 ton. a cada ano.

**Tabela 2** - Resultados do sistema de equações de oferta e demanda de castanha-do-brasil, 1990 a 2010, estado do Pará.

Variável	Coefficiente	Desvio padrão	Estat. t	Probabil.	Elasticidade
Constante: C(10)	7287,411	1550,99	4,698553	0,0001	-
Preço castanha: C(11)	-6,011364	1,375251	-4,371102	0,0001	-0,7657
Renda: C(12)	1,364736	0,134466	10,1493	0,0000	1,2350
Preço ast. Caju: C(13)	-0,675707	0,111947	-6,035973	0,0000	-0,1214
Tendência: C(14)	-176,7323	17,13256	-10,31558	0,0000	-
Constante: C(20)	182338,4	54819,12	3,326182	0,0023	-
Preço Castanha: C(21)	0,777838	0,758428	1,025592	0,3213	0,0991
Preço látex: C(22)	-1,164861	0,324008	-3,59516	0,0011	-0,2397
Preço área de mata: C(23)	5,924952	1,16717	5,076341	0,0000	0,3436
Malha rodoviária: C(24)	-5,01181	1,662445	-3,014723	0,0051	-0,2097
Salário rural: C(25)	-171,3342	71,27549	-2,403831	0,0224	-0,3341
<b>Demanda:</b> $QCB=C(10)+C(11)*PCB+C(12)*RENDA+C(13)*PCAJU+C(14)*TEND$					
R-quadrado	0,75386	Estatística J de Hansen para o sistema		0,2880 (0,4329)	
R-quadrado ajustado	0,69233	Estatística Durbin-Watson - d		2,21738	
<b>Oferta:</b> $QCB=C(20)+C(21)*PCB+C(22)*PLATEX+ C(23)*PTMATA+C(24)*RODOV+C(25)*SRURAL$					
R-quadrado	0,68187	Estatística J de Hansen para o sistema		0,2880 (0,4329)	
R-quadrado ajustado	0,60703	Estatística Durbin-Watson - d		1,85823	

Fonte: Dados da pesquisa.

Com relação à oferta, os resultados estão de acordo com a teoria e apresentaram significância estatística a 1%, exceto com relação ao salário rural que foi significativo a 5% e ao preço da castanha-do-brasil que apresentou significância a 32,13% (Tabela 2). As variáveis preço do látex e a malha rodovia estão negativamente correlacionadas com a oferta de castanha. Assim, em resposta a variações unitárias no preço do látex, na dotação de estradas e no valor do salário rural, a oferta tende a cair, respectivamente, de -1,16 ton., -5,01 ton. e -171,33 ton. O preço da terra de mata, por sua vez, apresentou correlação positiva com a oferta, revelando que um aumento unitário no preço da terra de mata incrementa a oferta em 5,92 ton..

Na principal área do extrativismo da castanha no estado do Pará que sofreu a maior depredação, a correlação com a extração do látex, quanto à mobilização de mão de obra é insignificante, porém a relação torna-se importante ao considerar todas as áreas de castanheiras e de produção de látex do Pará. Assim, a competitividade se traduz no fato de que a mão de obra que trabalha nos castanhais também têm habilidade para trabalhar em seringais, o que estabelece a mobilidade do trabalho entre tais atividades.

### 3.3.1 Elasticidades da demanda e oferta da castanha-do-brasil: 1990 a 2010

A elasticidade preço da demanda da castanha-do-brasil, com valor menor do que a unidade em valor absoluto, permite classificá-la como inelástica a preço, indicando que em resposta a incrementos de 10% nos preços a quantidade demandada do produto tende a cair -7,66%, *ceteris paribus*. A demanda de exportação da castanha com casca, estimada por Paez (1981) no período de 1960 a 1978, para Estados Unidos (-0,708), Reino Unido (-0,80) e Alemanha (-0,69), apresentou-se mais elástica por ser um produto de melhor qualidade do que o comercializado no mercado brasileiro.

Com relação à elasticidade-renda, a castanha-do-brasil pode ser classificada como um produto superior, ou um “bem de luxo” para os consumidores paraense, dado que a maior agregação de valor, o aumento da escassez, a expansão dos nichos de mercado e o reconhecimento das propriedades nutricionais e medicinais, tornou o produto relativamente significativo no orçamento do consumidor. No período estudado, em resposta a incrementos de 1% na renda do consumidor, a demanda aumentou 1,235%. Esse resultado é importante o consumo, uma vez que as políticas com foco no aumento e distribuição da renda tendem a incrementar a demanda e, por sua vez, o preço de equilíbrio do mercado. Esse resultado também evidencia que a demanda por castanha-do-brasil ao longo do tempo, tornou-se mais elástica a preço e a renda.

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. Esta relação é fraca, pois a cada incremento de 1% no preço da castanha de caju, a demanda de castanha caiu -0,236%, em média. Este fato deve-se à nova dinâmica do consumo, em que as nozes são compradas em conjunto suprir o consumo diário, ou sazonal, das famílias, bem como as demandas dos estabelecimentos que comercializam produtos alimentares diversificados e diferenciados.

Para o período de 1969 a 1987, Santana e Khan (1992) encontraram uma elasticidade cruzada igual a 0,029, indicando tais produtos como substitutos fracos. No período de 1960 a 1978, Paez (1981) obteve a elasticidade cruzada entre a castanha sem casca e um índice de preços de produtos substitutos de 0,764 no mercado internacional. No período de 1988 a 2001, Moreira (2004) e Angelo *et al.* (2013) obtiveram elasticidades preço (-0,851) e renda (-0,741) da demanda e elasticidade-preço da oferta igual a 0,208. Todavia, esses coeficientes não estatisticamente significantes e a elasticidade renda foi negativa, contrariando a teoria do microeconômica.

Com relação à oferta, tem-se que a castanha-do-brasil apresentou elasticidade-preço de 0,099, estatisticamente igual a zero. Este resultado confirma a hipótese de que a castanha tem oferta perfeitamente inelástica, dado que o extrativismo chegou ao limite da capacidade produtiva dos castanhais (COSTANZA *et al.*, 1997; EL SERAFY, 1998; FARBER *et al.*, 2002; HOMMA, 2000). Portanto, não há como incrementar a produção sem o manejo das reservas de castanhais e/ou plantios comerciais da espécie (HOMMA *et al.*, 2014). Com efeito, o preço de equilíbrio do mercado torna-se inteiramente 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.

A elasticidade cruzada da oferta por castanha em relação ao látex (-0,24) revelou que os produtos são concorrentes em relação ao uso dos fatores de produção mão de obra e terra, porque ambas as atividades desenvolvidas em reservas extrativistas ou combinadas com lavoura plantada, necessitam de terra e mão de obra. Assim, em resposta a incremento no preço do látex de 10%, a oferta de castanha retraiu-se -2,4%, *ceteris paribus*. Santana e 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, em que o uso da terra era definido sem preocupação com os danos ambientais. Como as atividades são intensivas em mão de obra e as reservas extrativistas são fonte dos recursos terra e força de trabalho, as atividades continuam apresentando concorrência quanto ao uso destes fatores de produção.

A elasticidade-custo apresentou relativa sensibilidade da oferta de castanha aos incrementos do salário rural, dado que a oferta tende a diminuir -3,34% em resposta a incrementos de 10% no valor do salário pago às pessoas que trabalham no extrativismo. A concorrência com outras atividades por mão de obra, como a agricultura familiar, juntamente com a possibilidade de aumento do salário, tende a reduzir a oferta, sobretudo se o aumento da procura coincidir com a época de colheita.

A malha rodoviária, por sua vez, indicou que a cada incremento de 10% na malha de rodovias, a oferta de castanha tende a diminuir -2,1%. Esse resultado foi bem inferior ao estimado por Santana e Khan (1992), de -1,172, indicando que o impacto destrutivo causado por essa infraestrutura sobre os castanhais foi atenuado em função do aumento da eficácia do marco legal que regula as reservas de castanhais e fiscaliza a atividade madeireira e o desmatamento na Amazônia.

A elasticidade cruzada entre a castanha e a terra de mata indicou uma relação de produção conjunta, de modo que, em resposta ao aumento de 10% no preço da terra de mata, a oferta de castanha tende a incrementar 3,44%. Esse resultado está coerente com a economia do extrativismo da castanha, cuja produção depende da preservação da floresta, que abriga a fauna e mantém as condições ambientais para o desenvolvimento sustentável da atividade. O preço da terra de mata é influenciado pelo preço das terras de lavoura e, principalmente, da madeira (SANTANA *et al.*, 2014). A castanheira produz madeira e castanha, portanto o aumento no preço da madeira em tora valoriza a árvore e, por conseguinte, contribui para preservar a floresta. Assim, as variáveis preço da madeira e preço das terras de lavoura foram incluídas no modelo como variáveis instrumentais, cujos efeitos foram captados no preço das terras de mata.

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 fatores em que menos área de mata é utilizada. A elevação do preço da terra de mata, conforme Santana *et al.* (2014), é influenciada pela regularização do uso da terra e a eficácia da legislação ambiental.

### **3.4 Benefício socioambiental da castanha-do-brasil: 1951 a 1973**

Para expressar as quantidades demandadas e ofertadas de castanha-do-brasil em função dos preços, substituem-se as variáveis exógenas por seu valor médio em cada equação e soma-se o resultado ao intercepto.

$$\text{Demanda: } QCB_{dt} = 27.500.487 - 9,423 PCB_t$$

$$\text{Oferta: } QCB_{ot} = 16.524.655 + 5,331 PCB_t$$

$$\text{Equilíbrio: } QCB_e = 20.490.520 \text{ kg; } PCB_t = R\$ 0,7439 \text{ por kg.}$$

O benefício socioambiental da extração e comercialização da castanha-do-brasil, no período de 1951 a 1973, é dado pela soma do excedente do produtor com o excedente do consumidor. O benefício socioambiental do produtor (BSAP) foi obtido aplicando-se a integral da equação de oferta, definida no intervalo entre zero e R\$ 0,74 kg<sup>-1</sup> e o benefício socioambiental do consumidor (BSAC) dado pela integral da demanda, definida entre o preço de equilíbrio R\$ 0,74 kg<sup>-1</sup> e o preço R\$ 2,91 kg<sup>-1</sup>. A soma desses resultados gera o excedente econômico ou benefício socioambiental da produção de castanha-do-brasil.

Assim, o benefício socioambiental (BSA) do período 1951 a 1973 é dado pela soma do BSAP e com o BSAC.

$$\begin{aligned} BSA_t &= BSAP_t + BSAC_t \\ &= \int_0^{743,92} (16.524,655 + 5,331PCB) dPCB + \int_{743,92}^{2.918,46} (27.500,487 - 9,423PCB) dPCB \\ BSA_t &= (16.524,655PC + 2,6655PCB^2)_0^{743,92} + (27.500,487PCB - 4,7115PCB^2)_{743,92}^{2.918,46} \\ BSA_t &= 13.768.153,94 + (38.951.644,87 - 17.850.751,18) \\ &= R\$ 13.768.153,94 + R\$ 21.100.893,69 \\ BSA_t &= R\$ 34.869.047,63 \text{ por ano.} \end{aligned}$$

O BSAP foi de R\$ 13,77 milhões por ano e o BSAC de R\$ 21,10 milhões por ano. Assim, o benefício socioambiental total gerado pela extração da castanha-do-brasil foi de R\$ 34,87 milhões por ano. Desse total, 39,49% ficou com os extrativistas e a parcela de 60,51% foi apropriada pelos consumidores. Portanto, a maior parte do benefício foi apropriada pelos consumidores.

### 3.5 Benefício socioambiental da castanha-do-brasil: 1990 a 2010

Utilizando-se o mesmo critério aplicado ao período inicial, obteve-se o resultado expresso nas equações seguintes. O coeficiente da variável preço na equação de oferta é igual a zero, por não ser estatisticamente significativo.

$$\text{Demanda: } QCB_{dt} = 14.535.733 - 6,0114 PCB_t$$

$$\text{Oferta: } QCB_{ot} = 7.333.328 + 0,0000 PCB_t$$

$$\text{Equilíbrio: } QCB_e = 7.333.328 \text{ kg; } PCB_t = R\$ 1,198 \text{ por kg.}$$

O benefício socioambiental do produtor, dado pela área da integral da oferta, definida entre zero e o preço de equilíbrio, juntamente com o benefício do consumidor, definido pela área da integral da demanda definida entre o preço de equilíbrio e o preço que torna a demanda igual a zero, tem-se o benefício socioambiental total (BSA) da castanha-do-brasil. O resultado foi obtido da seguinte forma:

$$BSA_t = BSAP_t + BSAC_t = (1.198,13 \times 7.333,328) + \int_{1.198,13}^{2.418,04} (14.535,733 - 6,0114PCB)dPCB$$

$$BSA_t = R\$ 8.786.279,79 + (14.535,733PCB - 3,0057PCB^2)_{1.198,13}^{2.418,04} =$$

$$= R\$ 8.786.279,79 + (17.573.904,07 - 13.100.968,85)$$

$$BSA_t = R\$ 8.786.279,79 + R\$ 4.472.935,22 = R\$ 13.259.215,01 \text{ por ano.}$$

O benefício socioambiental do produtor foi de R\$ 8,79 milhões e o benefício do consumidor de R\$ 4,47 milhões. Portanto, o valor total anual do benefício, gerado pela provisão da castanha-do-brasil no período de 1990 a 2010, foi de R\$ 13,26 milhões. Desse total, a parcela de 66,29% foi apropriada pelos extrativistas e os 33,71% restantes beneficiaram os consumidores de castanha. Portanto, com a oferta perfeitamente inelástica, os benefícios e custos recaem, na sua maior parte, sobre os extrativistas.

### 3.6 Custo socioambiental da destruição das castanheiras: 1990 a 2010

A diferença entre o valor do benefício socioambiental 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, resultou no custo socioambiental total na produção de castanha-do-brasil (CSA) no estado do Pará. Obtido desta forma, o custo da destruição das castanheiras representa o valor real dos danos socioambientais, dado que o cálculo do benefício foi realizado para as situações de equilíbrio do mercado nos períodos com menor e maior efeitos da destruição sobre a produção de castanha-do-brasil. As demais metodologia estimaram valores apenas potenciais dos custos e/ou benefícios sociais, dado que considera a estimação do equilíbrio do mercado para apenas uma das situações e sem aplicar o cálculo integral.

O custo socioambiental da destruição das castanheiras é dado por:

$$CSA_t = BSA_{ct} - BSA_{st} = 13.259.215,01 - 34.869.047,63 = - R\$ 21.609.832,63 \text{ por ano}$$

Os resultados mostram um CSA de - R\$ 21,61 milhões por ano. Deste valor, - R\$ 16,63 milhões por ano (76,95%) recaem sobre os consumidores e - R\$ 4,98 milhões por ano (23,05%) sobre os extrativistas. Isto evidencia o impacto da redução do serviço de provisão de castanha-do-brasil no bem-estar da sociedade paraense.

O custo médio da depredação estimado por Angelo et al. (2013) entre 1998 e 2008 foi de R\$ 11.598,94 milhões para a soma dos estados do Acre, Amazonas e Pará, o que reflete uma subestimação do valor. Além disso, o percentual da distribuição dos custos entre extrativistas e consumidores foi

contrário ao encontrado neste trabalho e por Santana e Khan (1992). Isto pode ter ocorrido em função da deficiência do método de cálculo do coeficiente de deslocamento linear da oferta por utilizar coeficientes de elasticidades-preço da demanda e da oferta estatisticamente não significativos.

Considerando este resultado como um fluxo de custo socioambiental infinito, tem-se que o montante da compensação pela redução do serviço de provisão da castanha-do-brasil, causado pela destruição dos castanhais seria de R\$ 540,25 milhões para o período de 1990 a 2010. Este é o custo das decisões equivocadas, tomadas com base em políticas que não consideram o valor dos serviços ecossistêmicos gerados pelos ativos naturais e sua contribuição para bem-estar da sociedade.

Por fim, além de estimar o custo socioeconômico e ambiental da destruição das reservas de castanheiras, os resultados do trabalho fundamentam algumas pesquisas que estudam e revelam os problemas causados pelo desmatamento na Amazônia. Entre estes estudos, Santana (2012), Daniel *et al.* (2014) e Fearnside *et al.* (2013) relacionam o desmatamento aos projetos agropecuários, abertura de estradas e a inundação de grandes áreas de floresta pela implantação de hidrelétricas. Adicionalmente, o estudo robustece o trabalho de Santana *et al.* (2012), ao demonstrar que a extração manejada de madeira, mesmo sem incorporar os efeitos sociais e ambientais, supera o retorno da pecuária extensiva e da produção de grãos na Amazônia.

#### **4. CONCLUSÕES**

Confirmou-se que a oferta de castanha-do-brasil segue caminho inverso ao traçado pelos produtos da agropecuária, uma vez que no início do ciclo a oferta é mais elástica e na fase final do ciclo tende para uma oferta perfeitamente inelástica. A demanda apresentou-se estável e mais elástica a preço e a renda no período analisado.

Comprovou-se que a abertura e expansão da malha rodoviária por dentro e no entorno das áreas de castanhais nativos do estado do Pará contribuiu para a destruição dos castanhais, ao mesmo tempo em que os incrementos dos preços das áreas de matas contribuiu 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.

Os custos socioambientais totais da destruição dos castanhais do estado do Pará foram de R\$ 21,61 milhões por ano no período de 1990 a 2010 e nenhuma compensação desse passivo socioambiental foi efetivamente realizada. Esse fato representa o efeito perverso de uma estratégia de crescimento econômico sem considerar os danos à preservação dos recursos naturais e a formação de capital humano e capital social.

O valor da compensação pelos danos socioambientais a ser paga aos extrativistas da castanha no estado do Pará seria de R\$ 540,25 milhões, apenas pela diminuição do serviço ecológico de provisão da castanha-do-brasil.



## 5. REFERÊNCIAS CITADAS

- ANGELO, H.; POMPERMAYER, R.S.; VIANA, M.C.; ALMEIDA, A.N.; MOREIRA, J.M.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.35-045, 2012.
- ANGELO, H.; POMPERMAYER, R.S.; ALMEIDA, A.N.; MOREIRA, J.M.M.A.P. O custo social do desmatamento da Amazônia brasileira: o caso da castanha-do-brasil (*Berthellotia excelsa*). *Ciência Florestal*, v.23, n.2, p.183-191, 2013.
- 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.
- BENTES, R.S.; MARÍN, R.A.; EMMI, M.F. Os cemitérios das castanheiras do Tocantins. *Pará Desenvolvimento*, v.23, n.1, p.18-23, 1988.
- 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.
- CARSON, R.T. Contingent valuation: a practical alternative when prices aren't available. *Journal of Economic Perspectives*, v.26, n.1, p.27-42, 2012.
- 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.6, p.2590-2600, 2015.
- COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; DE GROOT, R.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B. *et al.* The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, v.15, n.2, p.253-260, 1997.
- DANIEL, N.; MCGRATH, D.; STICKER, C. Slowing Amazon deforestation through public policy and inventions in beef and soy supply chains. *Science*, v.344, n., p.1118-1123, 2014.
- EL SERAFY, S. Pricing the invaluable: the value of the world's ecosystem services and natural capital. *Ecological Economics*, v.25, n.1, p.25-27, 1998
- EViews7. *User's Guide II*. Irvine-CA: QMS. 2012. 818p.
- FARBER, S.C.; COSTANZA, R.; WILSON, M.A. Economic and ecological concepts for valuing ecosystem services. *Ecological Economics*, v.41, n., p.375-392, 2002.
- FEARNSIDE, P.M.; FIGUEIREDO, A.M.R.; BONJOUR, S.C.M. Amazonian forest loss and the long reach of China's influence. *Environment, Development and Sustainability*, v.15, n.2, p.325-338, 2013.
- FISCHER, A.C.; KRUTILLA, J.V.; CICCHETH, C.J. The economics of environmental preservation: a theoretical and empirical analysis. *The American Economic Review*, v.42, n.4, p.605-619, 1972.
- GRILICHES, Z. Research costs and social returns: hybrid corn and related innovations. *Journal of Political Economy*, v.66, n.3, p.419-431, 1958.
- HANSEN, L.P. Large sample properties of generalized method of moments estimators. *Econometrica*, v.50, n., p.1029-1054, 1982.
- HOMMA, A.K.O. *Cronologia da ocupação e destruição dos castanhais no Sudeste paraense*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 132p.
- HOMMA, A.K.O.; MENEZES, A.J.E.; MAUÉS, M.M. Castanheira-do-pará: os desafios do extrativismo para plantios agrícolas. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, 9: 293-306, 2014.

IBGE. Produção extrativa vegetal. 2012. Disponível em: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). Acesso em 13 de junho de 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. 32p.

LINDNER, R.K.; JARRET, F.G. Supply shifts and the size of research benefits. *American Journal of Agricultural Economics*, v.60, n.1, p.48-58, 1978.

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.

MOREIRA, J.M.A.P. *O custo social do desmatamento da Amazônia brasileira: o caso da castanha-do-brasil*. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília. Brasília, 2004. 49p.

NOGUEIRA, A.K.M.; SANTANA, A.C.; GARCIA, W.S. 2013. A dinâmica do mercado de açaí fruto no Estado do Pará: de 1994 a 2009. *Revista Ceres*, v.60, n.2, p.324 -31, 2013.

OLIVEIRA, C.M.; SANTANA, A.C.; HOMMA, A.K.O. Os custos de produção e a rentabilidade da soja nos municípios de Santarém e Belterra, estado do Pará. *Acta Amazonica*, v.43, n.1, p.23-32, 2013.

PAEZ P.B. *Analysis of the international demand for Brazil nuts*. Dissertation (Ph. D. in Agricultural and Resources Economics) – Oregon State University, 1981. 138p.

PEARCE, D.W. Environmental sustainability and cost benefit analysis. *Environment and planning*, v.22, n.1, p.97-112, 1990.

PETERSON, W.L. Returns to poultry research in the United States. *Journal of Farm Economics*, v.49, n.4, p.656-670, 1967.

RANDALL, A.; STOLL, J.R. Consumer's surplus in commodity space. *The American Economic Review*, v.70, n.2, p.449-455, 1980.

RODRIGUES, F.M. *Estrutura e política do mercado de castanha-do-brasil*. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 1978. 61p.

SANTANA, A.C. **Valoração de recursos florestais não madeireiros da Amazônia: o caso da castanha-do-brasil**. Tese (Professor Titular do ISARH) – Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém, 2015. 84p.

SANTANA A.C. *Efeitos do FNO no desenvolvimento socioeconômico da Região Norte: análise de eficácia*. Belém: Banco da Amazônia, 2013. 228p.

SANTANA, A.C. *Valoração econômica e mercado de recursos florestais*. Belém: UFRA, 2012. 226p.

SANTANA, A.C. Recent changes in the relations of Brazilian meat demand system. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v.37, n.1, p.161-184, 1999.

SANTANA, A.C. Estrutura da oferta de carne suína sob condições de risco no Brasil. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v.30, n.1, p.21-39, 1992.

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.2, p.253-269, 1992.

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.1, p.191-203, 1987.

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.

SANTANA, A.C.; SANTOS, M.A.S.; SANTANA, A.L. A dinâmica do mercado de terras nos estados do Maranhão, Pará e Tocantins. In: Santana A.C. *Mercado, cadeia produtiva e desenvolvimento rural na Amazônia*. Belém: UFRA, 2014. p.21-39.

SANTANA, A.C.; CAMPOS, P.S.S.; RAMOS, T.J.N.; GALATE R.S.; MOTA, A.V. O mercado de frutas no estado do Pará: 1985 a 2005. *Revista de Estudos Sociais*, v.13, n.1, p.174-185, 2011.

SANTANA, A.C.; SANTOS, M.A.S.; SANTANA, A.L.; YARED, J.A.G. O valor econômico da extração manejada de madeira no Baixo Amazonas, estado do Pará. *Revista Árvore*, v.36, n.3, p.527-536, 2012.

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.1, p.25-37, 2006.