



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
NÚCLEO DE ALTOS ESTUDOS AMAZÔNICOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO
TRÓPICO ÚMIDO
DOUTORADO EM DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO TRÓPICO ÚMIDO

ANA KARLLA MAGALHÃES NOGUEIRA

**ANÁLISE DOS IMPACTOS DE MUDANÇAS NAS PRECIPITAÇÕES
PLUVIOMÉTRICAS SOBRE PRODUTOS FLORESTAIS NÃO MADEIREIROS E AS
LAVOURAS PERMANENTES DO ESTADO DO PARÁ: de 1999 a 2013**

Belém
2018

ANA KARLLA MAGALHÃES NOGUEIRA

**ANÁLISE DOS IMPACTOS DE MUDANÇAS NAS PRECIPITAÇÕES
PLUVIOMÉTRICAS SOBRE PRODUTOS FLORESTAIS NÃO MADEIREIROS E AS
LAVOURAS PERMANENTES DO ESTADO DO PARÁ: de 1999 a 2013**

Tese apresentada ao Núcleo de Altos Estudos Amazônicos da
Universidade Federal do Pará como requisito para obtenção de
título de doutor no Programa de Doutorado e Desenvolvimento
Sustentável do Trópico Úmido.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Cordeiro de Santana.

Belém
2018

Dados Internacionais de Catalogação na publicação (CIP)
Biblioteca do NAEA/UFPA

Nogueira, Ana Karlla Magalhães

Análise dos impactos de mudanças nas precipitações pluviométricas sobre produtos florestais não madeireiros e as lavouras permanentes do Estado do Pará: de 1999 a 2013 / Ana Karlla Magalhães Nogueira; orientador Antônio Cordeiro de Santana. ó 2018.

81f. : il. ; 29 cm

Tese (Doutorado) ó Universidade Federal do Pará, Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido, Belém, 2018.

1. Produtos Florestais Não Madeireiros. 3. Produtividade agrícola (PA). 3. Precipitações pluviométricas (PA). Agricultura (PA) I. Santana, Antônio Cordeiro de Orientador. II. Título.

CDD. 22. 630.2530098115

Elaborada por
Rosângela Caldas Mourão
CRB-2/888

ANA KARLLA MAGALHÃES NOGUEIRA

**ANÁLISE DOS IMPACTOS DE MUDANÇAS NAS PRECIPITAÇÕES
PLUVIOMÉTRICAS SOBRE PRODUTOS FLORESTAIS NÃO MADEIREIROS E AS
LAVOURAS PERMANENTES DO ESTADO DO PARÁ: de 1999 a 2013**

Tese apresentada ao Núcleo de Altos Estudos Amazônicos da Universidade Federal do Pará como requisito para obtenção de título de doutora no Programa de Doutorado em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido.

Data da defesa: 27/04/2018.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Antônio Cordeiro de Santana
Orientador- PPGDSTU/NAEA/UFPA

Prof.^a Dr.^a Nírvia Ravena
Examinadora interna- PPGDSTU /NAEA/UFPA

Prof.^a Dr.^a Cláudia de Barros e Azevedo Ramos
Examinadora interna- PPGDSTU /NAEA/UFPA

Prof. Dr. Sérgio Castro Gomes
Examinador externo- UNAMA

Prof.^a Dr.^a Márcia Jucá Teixeira Diniz
Examinadora externa - PPGE/UFPA

A meus pais e ao meu querido orientador Antônio Cordeiro de Santana, que tem contribuído de forma singular para minha formação profissional.

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus, por permitir viver para realizar mais um sonho e, por ter colocado em meu caminho as pessoas certas que me auxiliaram nessa longa caminhada que é a vida acadêmica.

Agradeço aos meus pais e irmãos, que não mediram esforços para me proporcionar o acesso à educação e todo alicerce necessário durante toda a minha vida. Sou muito grata por todo carinho e ensinamento recebidos, sem os quais eu não alçaria voo tão alto, pois acredito que o amor é base para todo o sucesso alcançado nesta terra.

Um agradecimento especial ao meu orientador, Antônio Cordeiro de Santana, que acreditou em mim durante todo o período de graduação e pós-graduação. Seus ensinamentos ultrapassaram os assuntos acadêmicos e contribuíram para minha formação pessoal e profissional, e servirão para a vida inteira. O período de convivência com meu orientador Antônio Cordeiro, durante a graduação na UFRA e pós-graduação na UFPA, é uma das provas de amor de Deus para comigo.

Agradeço, também, imensamente, ao meu Tio Paulo Magalhães, que me possibilitou oito anos de formação estudantil em Belém, sem quais não conseguiria chegar até este momento. Seu amor e cuidado comigo foi um presente de Deus, que mais uma vez, por meio de seu gesto, me provou amor. Como é bom receber e testemunhar das dádivas de Deus nesta terra! Meu tio, durante oito anos, foi muito mais que um amigo, foi um PAI, carinhoso e generoso.

Agradeço ao meu esposo e amigo, Ronaldo César do Nascimento, pelo companheirismo durante todo período de pós-graduação, e também pela paciência nos momentos de estresse sofridos durante o curso. Agradeço ao meu filho, Arthur Magalhães, por todos os olhares de amor e encorajamento dados durante este período. Não há amor mais genuíno e descompromissado de interesse daquele recebido de um filho amoroso e carinhoso como o meu Arthur. Meu filho é o presente mais lindo que Deus já me deu, seu amor puro e legítimo me proporcionou todo ânimo necessário à conclusão do curso de doutorado.

Enfim, agradeço a todos os amigos que conheci e compartilhei experiências durante o curso e, também, aos professores do quadro permanente do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido (PPGDSTU), que foram generosos no compartilhamento de conhecimento.

Termino agradecendo, mais uma vez, a Deus, aquele que é o Único Digno de ser louvado. A Ele toda Glória e Honra.

Pois, que adianta ao homem ganhar o mundo inteiro
e perder a sua alma?

(Marcos 8:36).

RESUMO

O objetivo da tese foi analisar os impactos de mudanças nas precipitações pluviométricas sobre produtos florestais não madeireiros (PFNM) e as lavouras permanentes do estado do Pará no período de 1999 a 2013, medidos por meio da aplicação de dados em painel e Método generalizado dos Momentos (MGM). Para isto, calculou-se o benefício socioeconômico e ambiental da extração e comercialização da castanha-do-brasil, dos óleos de andiroba e copaíba. E, ainda, analisou-se a influência das alterações nos níveis de chuvas sobre o mercado de lavoura permanente nas mesorregiões paraenses no período de 2000 a 2013, mediante estimação das equações de oferta e demanda na forma de dados em painel dinâmico de efeitos fixos. No período analisado, constatou-se que a demanda e a oferta da castanha-do-brasil, óleos de andiroba e copaíba e produtos da lavoura permanente foram inelásticos a preço. A elasticidade-renda da demanda enquadrou a castanha-do-brasil e os óleos de andiroba e copaíba como bens superiores e os produtos da lavoura permanente como essenciais ao consumo. A elasticidade-cruzada da demanda indicou uma relação de complementaridade entre o açaí e a castanha-do-brasil e substituição entre os produtos da lavoura permanente e temporária. A elasticidade-cruzada da oferta indicou que a produção de óleos e castanha-do-brasil não concorre com o uso de mão de obra, terra e capital no mercado local, pois são considerados produtos conjuntos. Em contraposição, a elasticidade-cruzada da oferta de lavouras permanentes em relação às lavouras temporárias indicou uma relação de concorrência pelos fatores de produção. As mudanças nas precipitações pluviométricas causam influência negativa sobre a oferta da castanha-do-brasil, óleos de andiroba e copaíba e produtos da lavoura permanente nas mesorregiões paraenses. No que se refere à castanha-do-brasil, os resultados mostraram, ainda, que a partir de 1999, com as mudanças nos níveis de chuvas, houve diminuição do benefício socioeconômico ambiental para a população do oeste paraense, representando um decréscimo de 16,46% em relação ao benefício obtido antes da mudança nos níveis de chuvas. Com relação à distribuição dos benefícios depois das alterações nas precipitações pluviométricas, consumidores foram os principais prejudicados, com uma perda de 10,22% (-R\$5.406,03 mil) dos benefícios totais. No que se refere aos óleos de andiroba e copaíba, constatou-se, ainda, que houve diminuição do benefício socioeconômico ambiental para a população do oeste paraense de 1,45% (-R\$68,72 mil). Os consumidores foram os principais prejudicados, com uma perda de - R\$ 124,67 mil/ano.

Palavras-chave: Precipitações pluviométricas. Castanha-do-brasil. Óleos. Andiroba. Copaíba. Lavoura permanente. Externalidade ambiental. Estado do Pará.

ABSTRACT

The objective of the thesis was to analyze the impacts of the changes in rainfall on non-timber forest products (NTFP) and permanent crops in the state of Pará from 1999 to 2013, measured by means of a panel data and the Generalized Method of Moments (GMM). Hence, the socioeconomic and environmental benefit of extraction and commercialization of Brazil nut, andiroba and copaiba oils were calculated. The influence of changes in rainfall levels on the permanent crop market in the mesoregions in the state of Pará were also measured from 2000 to 2013 by estimating the supply and demand equations in the form of fixed-effects dynamic panel data. It was verified in the analyzed period that the demand and the supply of Brazil nuts, andiroba and copaiba oils and products from permanent crops were inelastic in price. The income elasticity of demand encompassed Brazil nuts and andiroba and copaiba oils as superior goods and the permanent crops as essential to consumption. The cross-elasticity of demand indicated a complementary relationship between acai and Brazil nuts and substitution between products of permanent and temporary crops. The cross-elasticity of supply indicated that the production of oils and Brazil nuts does not compete with the use of labor, land and capital in the local market, since they are considered as joint products. In contrast, in relation to temporary crops, the cross-elasticity of the supply of permanent crops indicated a competitive relationship with the factors of production. Changes in rainfall have a negative influence on the supply of Brazil nuts, andiroba and copaiba oils and products from permanent crops in the mesoregions of Pará state. Regarding Brazil nuts, the results also showed that due to changes in the levels of the rainfall, a decrease has occurred in the socioeconomic environmental benefit for the population of western Pará since 1999, which is a decrease of 16.46% in relation to the benefit obtained before the change in the rainfall levels. As for the distribution of benefits after changes in rainfall, consumers were those who had the main losses, with a drop of 10.22% (-R\$ 5,406.03 thousand) of total benefits. With respect to the oils of andiroba and copaiba, a decrease of 1.45% (-R\$68.72 thousand) was also verified in the socioeconomic environmental benefit for the population of the western Pará. Consumers were the main losers, with a loss of -R\$124.67 thousand/year. The objective of this research was to analyze the impacts of changes on rainfall on forest products.

Key-words: andiroba. Brazil nut. Copaiba. environmental externality. Oils. Pará state. permanent crop. rainfall.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1-	Representação gráfica da situação de equilíbrio e dos excedentes econômicos do produtor e consumidor.....	27
Gráfico 2-	Representação gráfica da variação nos benefícios socioeconômicos e ambientais de consumidores e produtores ou excedentes econômicos (EE) após as alterações nos níveis de chuvas.....	30
Gráfico 3-	Representação gráfica do índice total anual de chuvas no estado do Pará no período de 1999 a 2013.....	32
Gráfico 4-	Representação do equilíbrio de mercado dos PFNM e do excedente do produtor e o excedente do consumidor.....	42
Gráfico 5-	Representação esquemática do excedente do consumidor e do extrator de castanha-do-brasil, considerando o efeito das alterações das precipitações pluviométricas sobre a produção de castanha no oeste do estado do Pará.....	52
Gráfico 6-	Representação esquemática do excedente do consumidor e do extrator dos óleos de andiroba e copaíba, considerando o efeito das alterações das precipitações pluviométricas sobre a produção dos óleos no oeste do estado do Pará.....	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-	Resultados do modelo estimado de oferta e demanda de castanha-do-brasil, oeste do estado do Pará, 2013.....	49
Tabela 2-	Resultados da análise dos benefícios socioeconômicos gerados anualmente antes e depois das alterações no nível pluviométrico sobre o sistema de produção de castanha-do-brasil, oeste do estado do Pará ó 1999-2011.....	56
Tabela 3-	Resultados do modelo estimado de oferta e demanda de óleos de andiroba e copaíba, oeste do estado do Pará, 2013.....	57
Tabela 4-	Resultados da análise dos benefícios socioeconômicos gerados anualmente antes e depois das alterações no nível pluviométricosobre o sistema de produção dos óleos de andiroba e copaíba no oesteestado do Pará ó 1999-2011.....	62
Tabela 5-	Resultados da estimação da equação de demanda de lavoura permanente nas mesorregiões no estado do Pará, 2000-2013.....	63
Tabela 6-	Resultados da estimação da equação de oferta de lavoura permanente nas mesorregiões no estado do Pará, 2000-2013.....	65

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BSEAP	Benefício socioeconômico ambiental do produtor
BSEAC	Benefício socioeconômico ambiental do consumidor
BSEAT	Benefício Socioeconômico e Ambiental Total
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EC	Excedente do Consumidor
EE	Excedente Econômico
EP	Excedente do Produtor
FGV	Fundação Getúlio Vargas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMS	Imposto Sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços
IGP	Índice Geral de Preços
IMMP	Impacto das Mudanças nas Precipitações Pluviométricas
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPEA	Instituto de Pesquisa Aplicada
MAPA	Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento
MGM	Método Generalizado dos Momentos
MQG	Mínimos Quadrados Generalizados
PIB	Produto Interno Bruto
PFNM	Produtos Florestais Não Madeireiros
SEFA	Secretaria da Fazenda
SIDRA	Sistema IBGE de Recuperação Automática

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	JUSTIFICATIVA PARA O DESENVIMENTO DA PESQUISA	17
3	REFERENCIAL TEÓRICO	23
3.1	Período de tempo	30
4	METODOLOGIA DA PESQUISA	33
4.1	Área de estudo e dados utilizados na pesquisa	33
4.2	Métodos de análise utilizados na pesquisa	34
4.2.1	Método Generalizado dos Momentos (MGM).....	36
4.2.2	Metodologia de cálculo dos benefícios socioeconômico e ambiental gerados pela extração e comercialização da castanha-do-brasil e óleos de andiroba e copaíba.....	40
4.2.3	Painel de Dados.....	43
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
5.1	Análise dos resultados do PFMN castanha-do-brasil	49
5.1.1	Análise dos resultados do modelo estimado de oferta e demanda de castanha-do-brasil.....	49
5.1.2	Análise dos resultados do benefício socioeconômico e ambiental gerados pela extração e comercialização da castanha-do-brasil.....	51
5.1.3	Situação sem a alteração no regime das chuvas.....	53
5.1.4	Situação com as alterações no regime das chuvas.....	54
5.1.5	Dinâmica no ajuste do bem-estar da sociedade.....	55
5.2	Análise dos resultados do PFMN óleos de andiroba e copaíba	56
5.2.1	Análise dos resultados do modelo estimado de demanda e oferta dos óleos de andiroba e copaíba.....	56
5.2.2	Análise dos resultados do benefício socioeconômico e ambiental gerados pela extração e comercialização dos óleos de andiroba e copaíba.....	58
5.2.3	Situação sem as alterações nos níveis pluviométricos.....	60
5.2.4	Situação com as alterações nos níveis pluviométricos.....	60
5.2.5	Custo socioeconômico e ambiental do efeito da mudança nos níveis pluviométricos.....	61
5.2.6	Dinâmica no ajuste do bem-estar da sociedade.....	61
5.3	Análise dos resultados dos Produtos da lavoura permanente	62
5.3.1	Análise dos resultados do modelo estimado de demanda dos produtos da lavoura permanente.....	62
5.3.2	Análise dos resultados do modelo estimado de oferta dos produtos da lavoura permanente.....	64
6	CONCLUSÕES	68
	REFERÊNCIAS	71

1 INTRODUÇÃO

O setor agrícola e extrativo vegetal brasileiro, por depender diretamente de temperatura e precipitação, pode ser afetado pelas mudanças nos níveis de chuvas, uma vez que, mesmo com todos os avanços tecnológicos, as condições ambientais e socioeconômicas ainda são fatores-chave para a produtividade das lavouras e extração de Produtos Florestais Não Madeireiros (PFNM), principalmente na Amazônia (DESCHÊNES; GREENSTONE, 2007; FISHER et al., 2009; CUNHA; REIS, 2015).

Lima (2002) e Cunha (2011) enfatizam que as mudanças nas precipitações pluviométricas podem afetar as diversas etapas das atividades agrícolas, do preparo da área para o plantio até a colheita, transporte e armazenamento dos produtos. Do mesmo modo, afetam diretamente as relações das plantas com doenças e pragas que causam perdas econômicas, sociais e ambientais na Amazônia.

Nesse sentido, a ameaça da mudança nas precipitações pluviométricas sobre o setor agrícola e extrativo vegetal da Amazônia traduz-se, principalmente, na diminuição de áreas adequadas à condução de lavouras e, conseqüentemente, diminuição da renda da terra proveniente destas atividades, bem como a redução da produtividade de espécies florestais como castanheira-do-brasil, andirobeira (*Carapa guianensis* Aubl.), copaibeira (*Copaifera langsdorffii* Desf.), entre outras, afetando as estruturas extrativas e produtivas e o sistema de uso da terra (LIMA; ALVES, 2008; FÉRES et al., 2009; CUNHA, 2013; KAMINSKI et al., 2013, SANTANA et al., 2017).

De acordo com Féres et al. (2009), as mudanças nas precipitações pluviométricas contribuíram para a diminuição da produtividade média das culturas de arroz, soja, feijão e cana-de-açúcar no período de 1970 a 1996, e as maiores perdas de produtividade desses produtos agrícolas devem ser registradas, principalmente, nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste do Brasil.

Ademais, Santana et al. (2015) constataram, em estudo desenvolvido na região da transamazônica e BR-163 no estado do Pará, que as variações de precipitações pluviométricas causaram influência negativa na oferta de produtos de lavouras temporárias como a do abacaxi e do arroz. Mais recentemente, estudo desenvolvido por Souza et al. (2017) atestou a diminuição do rendimento da mandioca em diversos municípios do estado do Pará, em função de mudanças nos regimes pluviométricos no período de 1990 a 2014.

Nos últimos anos, as mudanças nos níveis de chuvas têm contribuído, ainda, para o deslocamento de algumas plantações para o Sul do país, onde o clima é mais ameno, ocasionando uma mudança na geografia das produções agrícolas no Brasil (SIQUEIRA et al., 1994; ALVES; EVENSON, 1996; SANGHI et al., 1997; ASSAD; PINTO, 2008).

Somado a isto, Kirsch e Scheneider (2016) alertam que a redução nas colheitas agrícolas implicaria em acentuado aumento do desemprego no campo, fato que traria sérias consequências à segurança e à soberania alimentar do país. Contudo, na tentativa de amenizar tal problema, os agricultores têm adotado estratégias para se adaptar às mudanças nas precipitações pluviométricas, como alterações, principalmente, no ciclo de produção, plantio direto e uso de irrigação (MENDELSON; SEO, 2007; SEO, 2010; PIRES et al., 2014, MENDELSON et al., 2017). No entanto, essas são medidas ainda insipientes (PIRES et al., 2014).

Este fato deve-se, em parte, às dificuldades que os agricultores enfrentam, como, problemas de acesso a crédito, informações e assistência técnica, o que, por sua vez, tende a comprometer o processo de adaptação frente às mudanças nos níveis de chuvas (PIRES et al., 2014).

De acordo com Féres et al. (2009), no estado do Pará, onde se pratica agricultura familiar, ribeirinha, agricultura de altos insumos e extrativismo, em função da heterogeneidade espacial das mudanças no nível de chuvas e de seus efeitos sobre a produtividade de espécies florestais, rentabilidade das atividades agrícolas, é de se esperar importantes impactos socioeconômicos e ambientais nestes sistemas de uso do solo.

Esse problema, portanto, depende e necessita de pesquisas para avaliar os possíveis impactos das mudanças nas precipitações pluviométricas sobre as atividades produtivas e/ou extrativas e os recursos naturais que fornecem a sustentação das populações, tendo em vista avaliar o aumento do risco, as alterações nos custos de implantação das atividades (necessidade de investimentos em novas tecnológicas, como o uso de irrigação e de sementes melhoradas geneticamente, com maior tolerância à variação climática), a diminuição da produtividade das lavouras e espécies florestais, redução da oferta de alimentos, o aumento do índice de desemprego no campo e na floresta e a diminuição da renda líquida dos extrativistas e produtores familiares, ou o valor de terras agrícolas e extrativas.

Esse problema no estado do Pará, em função das condições do extrativismo e da agricultura familiar cujas atividades produtivas dependem inteiramente das condições climáticas, assim como da pecuária, da pesca artesanal que depende fortemente da sazonalidade

das cheias e secas dos rios, torna-se bastante acentuado e necessita de políticas de compensação para os problemas causados a partir desse fenômeno. Diante disso, formula-se a questão sobre o problema de pesquisa a ser respondido: qual a magnitude dos efeitos das mudanças nas precipitações pluviométricas sobre a oferta dos PFNM e lavoura permanente que, por sua vez, resulta de alterações na produtividade, nos custos de produção e, conseqüentemente, na renda dos produtores e extratores?

Neste sentido, esta pesquisa testa a hipótese de que as mudanças nas precipitações pluviométricas ocorridas nos últimos 15 anos têm produzido impactos negativos sobre os PFNM e lavoura permanente do estado do Pará, com fortes alterações na demanda e oferta de produtos extrativistas, agricultura comercial e de subsistência e, por sua vez, sobre a instabilidade da renda extrativa e agrícola. Esta proposta de pesquisa visa modelar e medir os impactos das mudanças nas precipitações pluviométricas, mais especificamente, no estado do Pará, sobre a demanda e a oferta de PFNM e de lavoura permanente no período de 1999 a 2013.

No estado do Pará, de acordo com os dados do Censo Agropecuário de 2006 (IBGE, 2016), 45% dos estabelecimentos agrícolas praticam agricultura familiar e 31% é agricultura mista, cuja vulnerabilidade, com relação aos fatores climáticos e socioeconômicos, é mais forte do que nos estabelecimentos que praticam agricultura não familiar (ASSAD; PINTO, 2008; KIRSCH; SCHNEIDER, 2016). Por conseguinte, esses efeitos climáticos (escassez de chuvas e excesso de chuvas) tendem a causar problemas de instabilidade da renda dessas famílias, dado que os produtos que cultivam ou extraem da natureza são inelásticos a preço e renda e as adaptações exigidas para mitigar tais efeitos sobre tais atividades fogem do alcance da maioria dos extrativistas e/ou produtores (SANTANA, 2015).

Portanto, quantificar estes impactos socioeconômicos e ambientais tende a contribuir para a compreensão dos efeitos das mudanças nas precipitações pluviométricas sobre os PFNM e lavoura permanente, principalmente, no que se refere à agricultura familiar e extrativa e apoiar o desenvolvimento de políticas compensatórias para garantir a renda desses extratores e produtores. Esta pesquisa, portanto, justifica-se porque até o momento não se conhece a magnitude dos efeitos das variações nas precipitações pluviométricas sobre os PFNM e lavoura permanente, e tampouco como os extrativistas e/ou produtores se preparam para minimizar o impacto potencial de tais mudanças.

O objetivo geral da tese foi analisar os impactos socioeconômicos e ambientais das mudanças nas precipitações pluviométricas sobre os PFNM e lavoura permanente do estado do

Pará no período de 1999 a 2013, medida através da aplicação de dados em painel e Método Generalizado de Momentos (MGM).

Os objetivos específicos são descritos a seguir: a) estimar os parâmetros dos modelos de demanda e oferta de castanha-do-brasil, e determinar a influência da mudança nas precipitações pluviométricas sobre o mercado da fruta e sua distribuição entre extrativistas e consumidores; b) Estimar os parâmetros dos modelos de demanda e oferta os óleos de andiroba e copaíba e mensurar a influência da mudanças precipitações pluviométricas sobre o mercado dos óleos e sua distribuição entre extrativistas e consumidores; c) estimar os parâmetros dos modelos de demanda e oferta das lavouras permanentes nas mesorregiões do estado do Pará e determinar a influência das alterações nos níveis de chuvas sobre a oferta dos produtos das lavouras.

A tese foi estruturada em cinco seções, além desta introdução. A primeira seção explana-se sobre a justificativa para desenvolvimento da tese, em que são apresentados os principais impactos das mudanças nos níveis pluviométricos sobre os PFNM e lavoura permanente e os dados estatísticos de produção e extração dos principais produtos destes setores.

Na segunda seção, discorreu-se sobre área de estudo e dados utilizados na tese, bem como sobre a metodologia de MGM e Painel de dados usados para estimar as equações de demanda e oferta da castanha-do-brasil, óleos de andiroba e copaíba e lavoura permanente no estado do Pará.

Na terceira seção, foram apresentados os resultados da estimação dos parâmetros dos modelos de equação de demanda e oferta de castanha-do-brasil e dos óleos de andiroba e copaíba, bem como o impacto da influência da mudança no nível de chuvas sobre o benefício socioeconômico e ambiental obtido a partir de sua comercialização e extração destes PFNM na área de estudo, e sua distribuição entre consumidores e extratores. Estimou-se, ainda, os parâmetros das equações de demanda e oferta de lavoura permanente, e a influência das alterações nos níveis de chuvas sobre a oferta de produtos destas lavouras nas mesorregiões do estado do Pará, no período de 2000 a 2013.

Finalmente, na quarta seção abordaram-se as conclusões auferidas com a realização da tese, bem como as recomendações quanto à formulação e adequações de políticas públicas desenvolvidas para os PFNM e lavoura permanente no estado do Pará.

2 JUSTIFICATIVA PARA O DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

O desempenho dos setores agrícola e extrativo vegetal depende das condições tecnológicas, socioeconômicas e ambientais adequadas ao seu desenvolvimento (SANTANA et al., 2015; SOUZA et al., 2017). As alterações pluviométricas são um dos principais fatores limitantes e determinantes da produção agrícola, do extrativismo vegetal e dos serviços ecossistêmicos nos imóveis rurais, pois o excesso de chuva na colheita e armazenamento, respondem por parcela expressiva da redução das safras e extrativismo (FAO, 2007; ARAÚJO et al., 2013).

Isso ocorre em todo território nacional, em que, de acordo, com Pinto et al. (2003) e FAO (2007), as disparidades nos níveis de chuvas podem influenciar o desempenho das culturas agrícolas e extrativas, dependendo da necessidade fisiológica de cada uma. Portanto, as alterações nas precipitações pluviométricas causam mudanças nas áreas extrativistas e demais áreas consideradas aptas para o plantio no país e, sobretudo, no estado do Pará, com efeito negativo ou positivo para cada tipo de espécie florestal e demais culturas agrícolas (PINTO et al., 2003; SANTANA et al., 2015; SANTANA et al., 2017).

Embora o desempenho das atividades agrícolas e extrativas esteja muito ligado ao crescimento da economia brasileira, grande parte da produção do país é consumida nos mercados nacionais ou locais (SANTANA et al., 2015; ARAÚJO et al., 2011). De acordo com Santana (2012), na economia da Amazônia, as principais cadeias produtivas de base agrária são as de grãos e lavouras permanentes (cacau, dendê e pimenta-do-reino), produtos florestais madeireiros e não-madeireiros, frutas regionais, pecuária de corte e de leite, mandioca, pescado e peixes ornamentais e o turismo ecológico.

No estado do Pará a área agrícola colhida em 2016 foi estimada em 1.399.261 hectares, com destaque para as lavouras de mandioca, dendê, soja, milho, arroz, feijão, coco-da-baía, abacaxi, banana, laranja e pimenta-do-reino (IBGE, 2016). Soares (2011) esclarece que mesmo em países com um forte setor de agricultura e extrativo vegetal comercial, como o Brasil, os pequenos agricultores e extrativistas são muito importantes para a produção de alimentos básicos.

Conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2009), os agricultores familiares representam 84% dos produtores brasileiros, sendo importantes fornecedores de alimentos para o mercado interno e responsáveis por boa parte da segurança

alimentar da população, mesmo ocupando apenas 24,3% da área de estabelecimentos agropecuários.

Segundo dados do censo agropecuário (2006) do IBGE (2009), a agricultura familiar foi responsável por: 87% da produção nacional de mandioca; 70% da produção de feijão; 46% de milho; 38% do café; 34% do arroz; e 21% do trigo. Fazendo uma comparação entre os censos de 1996 e 2006, verificou-se um aumento no número de agricultores familiares, passando de 4.139.000 em 1996 para 4.551.855 em 2006. Em 2006, o Valor Bruto da Produção dos agricultores familiares foi de R\$ 59,2 bilhões, correspondendo a 36,11% da produção agropecuária total, totalizando 107 milhões de hectares (IBGE, 2009).

No que se refere à geração de empregos no campo, os dados do Censo Agropecuário revelaram que entre os 16,5 milhões de pessoas empregadas, a agricultura familiar responde por 12,3 milhões (74,4%), com média de 2,6 pessoas com mais de 14 anos por estabelecimento rural (IBGE, 2009). Assim, nota-se a importância da agricultura familiar para a forte expansão dos segmentos de produção agrícola e extrativo vegetal no país (GUANZIROLI et al., 2012; SANTANA et al., 2015).

E estes segmentos, por possuírem importância socioeconômica e ambiental, asseguram a subsistência de inúmeras famílias no interior do País, garantindo a movimentação dos mercados locais e o abastecimento dos grandes centros (IBGE, 2016).

No estado do Pará, a quantidade produzida na extração vegetal, em 2016, foi igual a 143.068 t, obtendo um valor de produção de 4.375,87 mil reais (IBGE, 2016). Deste total, os produtos mais extraídos foram o açaí, com 131.836 t de frutos, representando 92% da produção, e a castanha-do-brasil, com 6.866 t, dispondo de 7% do total da produção extrativa vegetal do Pará (IBGE, 2016).

Contudo, apesar de o estado do Pará se destacar como grande produtor nacional da castanha-do-brasil (6.866 toneladas), ficando atrás apenas do estado do Amazonas (14.945 toneladas) e Acre (8.742 toneladas), no ano de 2016, registrou-se redução de 13% da extração da fruta em comparação à produção alcançada em 2015. De acordo com o IBGE (2016), os problemas climáticos relacionados à escassez de chuvas e redução natural na produtividade da espécie, que apresenta ciclo bianual, foram os principais fatores que justificaram tal redução.

Nesse contexto, o estado do Pará destaca-se no cenário nacional como um dos estados que possuem uma elevada produção extrativa vegetal, e de produtos de lavoura permanentes e temporária. Nota-se, pois, que culturas como dendê, soja, banana, coco-da-baía e PFNM como açaí, castanha-do-brasil, óleos de andiroba e copaíba têm incentivado, respectivamente, o

desenvolvimento da agricultura, principalmente, a de subsistência e o extrativismo (NOGUEIRA et al., 2013; NOGUEIRA; SANTANA, 2016; SANTANA et al., 2017).

No caso específico da castanha-do-brasil, Ivanov (2011), em estudo realizado em Roraima, analisou o efeito, entre outras variáveis, do clima sobre a produção de castanhas, e concluiu que a precipitação do mês de setembro apresentou correlação positiva com a produção. Como setembro é o mês que antecede a emissão dos botões florais (TONINI, 2011), a maior precipitação em setembro pode estimular a produção de botões florais e contribuir para o aumento da produção.

Ademais, Tonini e Pedroso (2014) identificaram que há semelhança no padrão de produção entre populações de castanheiras relativamente distantes (50 km a 150 km) e as diferenças de produção entre os anos sugerem que fatores como as variações na distribuição das chuvas podem ter efeito sobre o padrão de produção. Kainer et al. (2007) também observaram redução significativa na produção de árvores de castanheira-do-brasil com a redução da precipitação em anos de seca prolongada. Nesse sentido, para se obter aumento de produção da castanheira-do-brasil é fundamental o equilíbrio na quantidade e distribuição das chuvas nas áreas extrativistas.

No caso dos óleos de andiroba e copaíba, de acordo com Petroni et al. (2002), a oferta dos óleos também pode ser limitada por fatores como a radiação solar e teor de água do solo. Pedroni et al. (2002), em estudo realizado na Reserva Municipal de Santa Genebra (RSG), localizada no Município de Campinas, São Paulo, constatou que os fatores hídricos são estímulos indutores para a queda de folhas de *Copaifera langsdorffii*, pois mais de 50% dos indivíduos perderam folhas após a diminuição na precipitação.

A estação chuvosa também é importante para o florescimento da *Copaifera langsdorffii* (MORELLATO et al., 1989; MORELLATO, 1991; SILBERBAUER-GOTTSBERGER, 2001). As maiores temperaturas e índices pluviométricos que acarretam aumento na decomposição da serapilheira e nos teores de nutrientes favorecem o florescimento durante a estação chuvosa, e conseqüentemente, o maior desenvolvimento das árvores (MORELLATO, 1992). Além disso, conforme Pedroni et al. (2002), no período das chuvas, as árvores elevam ao máximo o ganho de carbono por estarem com as copas inteiramente desenvolvidas, o que influencia o florescimento e a alta produtividade.

A disponibilidade de água também influencia a fotossíntese e o desenvolvimento das árvores (FAO, 2007; MARENCO; LOPES, 2009; MARENCO et al., 2014), pois o déficit de água acelera a taxa de degradação da clorofila e, conseqüentemente, induz à senescência

precoce de folhas (MAFAKHERI et al., 2010). No entanto, segundo Loreto et al. (2003) e Malhi et al. (1998), o efeito mais nocivo para essas espécies é o fechamento dos estômatos, o que ocasiona a redução na fotossíntese. Estudo realizado por Gatti et al. (2014) confirma, ainda, que em ano com menor nível pluviométrico, as variações nos teores de umidade do solo entre as épocas chuvosas e secas ocasionam diferenças nas taxas de assimilação de carbono, afetando o desenvolvimento das árvores.

Logo, entre os fatores que mais influenciam a produtividade das espécies florestais, destacam-se, principalmente, precipitação, temperatura e ocorrência de eventos climáticos extremos (FAO, 2007; LEWIS et al., 2009; WAGNER et al., 2012; MORENCO et al., 2014). Logo, a diminuição ou aumento das chuvas tendem a interferir diretamente na produtividade das árvores de copaíba e andiroba, e, comumente, na oferta de óleos ao mercado consumidor.

De acordo com estudos desenvolvidos Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2009), culturas que apresentam importância econômica para o estado do Pará, como o dendê e a banana, também possuem alta sensibilidade às alterações das precipitações pluviométricas.

No caso do dendê (*Elaeis guineenses*), coco-da-baía (*Cocos núcifera L.*) e cacau (*Theobroma cacao*), que são culturas permanentes, as maiores produções são obtidas em regiões com uma precipitação média anual de 1.800 a 2.000 mm, com precipitações mensais superiores a 100 mm, assegurando boa distribuição ao longo do ano (EMBRAPA, 2009). De acordo com a EMBRAPA (2009), considerando as exigências das culturas, no caso do dendê, na ocorrência de ausência de chuvas, pode ocorrer diminuição da produtividade das lavouras, obtenção de perdas crescentes de eficiência, e como resultado, aumento de custos para os produtores rurais. Como avaliação, registra-se que este paradigma em longo tempo tende a contribuir para o aumento das desigualdades sociais no estado do Pará (EMBRAPA, 2009, PIRES et al., 2014).

Assim, nota-se que a economia do estado do Pará depende fortemente das atividades agrícola e extrativa vegetal, ancoradas na produção agrícola familiar e extrativa (ARAÚJO et al., 2011). Contudo, ao assumir um contexto econômico influenciado pelas mudanças nos níveis e distribuição de chuvas, acredita-se que as produções das principais cadeias produtivas do setor agrícola e extrativo sofrerão impactos significativos (SANTANA et al., 2015; SANTANA et al., 2017). Nos últimos anos, um dos fatores que tem contribuído para as mudanças nas precipitações pluviométricas no estado do Pará é a substituição da floresta por pastagens (NOBRE et al., 1991; HAHMANN; DICKINSON, 1997; NOBRE et al., 2007). Este processo

contribuiu para redução da precipitação entre 5% e 20% (GASH; NOBRE, 1997; VOLDOIRE; ROYER, 2004; CORREIA, 2005; SAMPAIO et al., 2007).

De acordo com Buainain e Garcia (2013), com a substituição da floresta pela atividade pecuária, a terra tornou-se muito escassa para as atividades rurais, principalmente, para a maioria dos pobres rurais (mais de 47,9% dos pequenos produtores rurais¹ exploram minifúndios). Para estes, a restrição de terra é muito importante, principalmente para aqueles localizados em territórios com solos de baixa aptidão agrícola e condições de precipitações pluviométricas inadequadas, infraestrutura precária, distante de polos econômicos locais e regionais, elevada concentração de pobreza e com baixo dinamismo econômico (BUAINAIN; GARCIA, 2013).

Nesse aspecto, as precipitações pluviométricas são fatores determinantes para a permanência do pequeno agricultor no campo, uma vez que não possui recursos para ter acesso a tecnologias que possam sanar, em parte, as alterações nos níveis de chuvas, como sistema de irrigação e sementes melhoradas geneticamente, que são mais resistentes à diminuição das chuvas (ASSAD; PINTO, 2008; KIRSCH; SCHNEIDER, 2016; FERREIRA et al., 2016; LITRE et al., 2017). Em comparação ao grande produtor, que possui a capacidade de mobilidade pelo território, o pequeno produtor é desfavorecido, dada a dificuldade de acesso à terra e pela falta de renda (BUAINAIN; GARCIA, 2013).

Apesar disso, a agricultura familiar permanece como uma atividade importante da agricultura, mesmo enfrentando fortes restrições ao seu funcionamento, tais como o acesso à terra, ou ainda, a fragilidade do acesso a recursos financeiros (WANDERLEY, 1995). A agricultura familiar apresenta características marcantes com referência ao seu modo de vida, de produção e reprodução, que podem ser vislumbradas na multifuncionalidade e na pluriatividade desta categoria, que pode contribuir para amenizar os impactos socioeconômicos e ambientais advindos das mudanças nos níveis de chuvas ocorridas nos últimos anos (WANDERLEY, 1995, LITRE et al., 2017).

Nesse aspecto, é importante frisar a relevância do estudo dos efeitos das mudanças nas precipitações pluviométricas sobre setor agrícola e extrativo vegetal, pois estes setores têm um papel de grande valor na geração de emprego e renda, segurança alimentar, preservação ambiental e conseqüentemente no desenvolvimento socioeconômico e ambiental. Dessa forma,

¹Consideram-se apenas os produtores rurais com área menor ou igual a 10 hectares.

percebe-se a importância estratégica da agricultura de subsistência e do extrativismo, na manutenção da população no meio rural e florestal, contribuindo de forma significativa para a manutenção do ecossistema ao qual está inserida, com base na característica de multifuncionalidade que ela é portadora, bem como contribui com a pluriatividade no fornecimento de mão de obra para a prestação de serviços, seja no campo, floresta ou na cidade, trazendo com estes fatores, mais qualidade de vida para a população da região onde o agricultor e extrator estão inseridos (SILVA, 2013). Nesse contexto, apesar da importância socioeconômica e ambiental da agricultura comercial, de subsistência e extrativa no estado do Pará, o estudo da vulnerabilidade das lavouras permanentes e extrativa vegetal em relação às mudanças nos níveis de chuvas têm sido pouco debatido e estudado, embora, seja de grande interesse, em vista da contribuição, principalmente, econômica, social e ambiental dos setores agrícola e extrativo vegetal no Estado.

Neste aspecto, considera-se a hipótese de que a escassez ou excesso de chuvas têm contribuído para a uma possível diminuição da produção e extração de produtos das lavouras permanentes e PFNM, respectivamente, impondo o custo à sociedade. Parte-se do pressuposto de que este custo pode ser compreendido como uma redução no nível de bem-estar social, decorrente da diminuição da quantidade desses produtos e do aumento do preço e que afeta o lucro dos produtores e o poder aquisitivo dos consumidores. Portanto, reconhecendo o papel peculiar dos PFNM e lavouras permanentes no suporte ao desenvolvimento sustentável, torna-se urgente avançar nas pesquisas dos efeitos nas mudanças nas precipitações pluviométricas sobre a produtividade de espécies florestais e lavouras no estado do Pará.

Portanto, este estudo deve contribuir de forma efetiva, ao se propor analisar as alterações ocorridas nas lavouras permanentes e PFNM decorrentes das mudanças de precipitações pluviométricas, ocorridas nos últimos anos no estado do Pará, uma vez que estes produtos são estratégicos para promover o desenvolvimento sustentável na região, devido à capacidade de ocupar mão de obra local e contribuir para a produção diversificada que envolve desde a produção de grãos, frutas e extração de produtos.

Nesse sentido, mensurar os impactos socioeconômicos e ambientais das mudanças nas precipitações pluviométricas sobre os PFNM e lavoura permanente, e calcular o tamanho da sensibilidade destas atividades, é fundamental para o desenvolvimento de políticas públicas que visem minimizar tais efeitos, de modo a manter a produtividade e a lucratividade dos estabelecimentos agrícolas e extrativos. Em função disso e da disponibilização de informações

científicas sobre os PFSM e lavoura permanente, nos diversos locais com potencial efetivo de produção, o desenvolvimento desta tese se justifica.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Um ativo ou capital natural, segundo Daly e Farley (2004), além de prover matéria-prima para a atividade econômica, gera um fluxo de produtos e serviços ambientais que influencia direta e indiretamente o bem-estar humano. Segundo Costanza et al. (1987) e Wallace (2007), os serviços ecossistêmicos ou serviços ambientais produzidos pelos ativos naturais podem ser agrupados nos grupos: serviços de provisão (produtos alimentícios, madeira, fibras, água, fármacos e energia); serviços de regulação ambiental (controle da temperatura, chuva, polinização, sequestro de carbono, decomposição dos resíduos sólidos, purificação da água e do ar e controle de pestes); serviços culturais (valores culturais, educacionais, espirituais, paisagísticos, intelectual, recreacional, espiritual e científica); serviços de suporte (ciclagem de nutrientes e da água, fotossíntese, dinâmica do habitat, formação de solo e dispersão de nutrientes e sementes).

Santana (2015) e Santana et al. (2016) evidenciaram a importância desses serviços para o bem-estar humano e estimaram o valor socioeconômico e ambiental para os ativos naturais castanha-do-brasil na região Norte e savana metalófila da Flona de Carajás, no estado do Pará. A FAO (2007) mostra que as mudanças erráticas nas precipitações pluviométricas, além de influenciarem negativamente na produção agrícola, afetam os serviços ecossistêmicos de provimento, regulação e culturais, bem como ameaçam a segurança alimentar e formação de renda e emprego no meio rural, com impacto mais forte nos países em desenvolvimento. Com isto, evidencia-se que as mudanças na pluviosidade afetam os benefícios socioeconômicos e ambientais dos produtores rurais e dos consumidores dos produtos agrícolas e do extrativismo.

A microeconomia neoclássica ainda não considera os recursos naturais como ativos naturais em seus modelos de mercado e função de produção (SANTANA, 2015; SANTANA et al., 2017), especificamente nos modelos de mercado de produtos. Portanto, seu alcance se limita a contemplar os benefícios econômicos pelo lado da oferta, quando Marshall (1982) introduz o conceito de excedente do produtor e os benefícios sociais ao cunhar o conceito de excedente do consumidor definido pela demanda do produto.

À soma dos excedentes do produtor e do consumidor, Marshall (1982) denominou de excedente econômico, que representa o benefício socioeconômico gerado pela produção e

comercialização de dado produto no mercado. A demanda de mercado é definida como õas quantidades máximas de um produto que os consumidores estão dispostos a demandar, *ceteris paribus* (MARSHALL, 1982). E a oferta é definida como õas quantidades de um produto que os produtores aptos e satisfeitos a ofertar, *ceteris paribus* (MARSHALL, 1982).

Essa relação entre a Economia Ecológica e a Economia Microeconômica, conforme Santana (2015) e Santana et al. (2017), pode ser estabelecida, considerando a análise agregada do mercado de produtos de lavouras cultivadas e sociobiodiversidade como os PFNM estudados neste trabalho, por meio da inclusão de variáveis ambientais nas equações de oferta e/ou demanda dos produtos a serem especificados em modelos matemáticos e econométricos.

Nesta perspectiva, Santana e Khan (1987) incluíram na função de oferta de feijão caupi da região Nordeste a variável climática precipitação pluviométrica. Santana et al. (2013) incluíram a pluviosidade no estudo de oferta de 32 produtos oriundos de projetos de assentamento da reforma agrária dos municípios da região da Transamazônica e da BR-163 no estado do Pará e Santana et al. (2011) incluíram a variável desmatamento e queimadas como variáveis definidoras da demanda e oferta de madeira em tora da região do oeste do estado do Pará.

Mais recentemente, Santana et al. (2016) propuseram um modelo integrado de avaliação contingente incluindo um conjunto de variáveis ambientais combinado com variáveis sociodemográficas e econômicas para a estimação de modelos de demanda de ativos naturais de savana metalófito na região de Carajás, estado do Pará. Sendo assim, pode-se assumir que a estimação do excedente econômico com modelos econométricos incluindo variáveis ambientais e socioeconômicas geram um benefício e/ou custo socioeconômico e ambiental da produção e comercialização dos produtos analisados.

Neste trabalho, considera-se a influência dos serviços produzidos pelos ativos naturais castanha-do-brasil, óleo de andiroba e óleo de copaíba captados no modelo econométrico de oferta, que são os produtos alimentícios e de uso medicinais comercializados no mercado em nível dos extrativistas. Os efeitos dos serviços de regulação são captados por meio da influência da distribuição das chuvas na produtividade. A produção extrativista depende completamente da distribuição das águas das chuvas ao longo do ano, assim como as lavouras permanentes, dada a ausência de utilização das tecnologias de irrigação.

Portanto, a distribuição das precipitações influencia na produção e nos serviços de regulação ambiental, ciclagem de nutrientes e da água no solo e na atmosfera. O efeito resultante pode ser na forma de estabilidade da produtividade das espécies florestais se a

distribuição não apresentar valores atípicos ou diminuição da produtividade na presença de excesso e/ou escassez de chuvas. Como na área de estudo que abrange os municípios cuja produção é transacionada nos mercados-polo de Altamira, Itaituba e Santarém, situados ao longo das rodovias Transamazônica e da BR-163, em função da predominância de produtores extrativistas e de agricultores familiares assentados em projetos da reforma agrária, cuja atividade rural depende completamente das águas das chuvas, a produção de castanha-do-brasil e dos óleos de andiroba e copaíba pode variar e causar deslocamentos da oferta ao longo do tempo.

Mesmo assim, a estimação desse efeito sobre PFNM e de lavouras cultivadas não tem sido estudado na Amazônia, com a exceção do trabalho de Santana et al. (2015) e de Santana e Khan (1987) para o caso do feijão caupi na região Nordeste. Portanto, estimar a influência desse recurso ambiental sobre a produção dos principais PFNM, no período de 1999 a 2013, que inclui períodos de escassez de chuvas (anos de 2005 e 2010) e excesso de chuva (anos de 2008 e 2013) pode ser de fundamental importância para a definição e/ou aperfeiçoamento das políticas de apoio à produção e comercialização de produtos da agricultura familiar e do extrativismo vegetal.

Para isto, lança-se mão da especificação de modelos simultâneos de oferta e demanda, tendo em vista a análise do mercado e a determinação dos benefícios socioeconômicos dos extrativistas e dos consumidores, incluindo os efeitos da variável climática pluviosidade e de sua interação sistêmica no ecossistema de floresta, que contempla espécies florestais madeiras e de açaí, cujos preços são considerados na análise da oferta e demanda dos PFNM. O fundamento econômico é definido na teoria microeconômica da firma e do consumidor proposto por Marshall (1982) e aprimorados e/ou ampliados pelos neommarshallianos em artigos (SANTANA; KHAN, 1987; 1992; SANTANA, 2005) e em capítulos de livros-texto (FERGUSON, 1984; MAS-COLELL et al., 1995; VARIAN, 2015; SANTANA, 2002; 2012).

De forma simplificada, na proposição original de Marshall (1982), a demanda é definida por uma função matemática, tendo a quantidade do produto explicada pelo preço do produto, da renda dos consumidores e de preço de produtos relacionados ao consumo. A oferta é definida por uma função matemática, tendo a quantidade do produto explicada pelo preço do produto, do custo de produção, da pluviosidade, preços de produtos relacionados à produção. Como exemplo, tem-se a especificação demanda de um produto X, no caso um produto florestal não madeireiro (PFNM), em função do preço de X (P_x), Renda (R), Preço de Y (P_y) e um vetor com as i -ésimas variáveis relacionadas à demanda de X (V_i) e a oferta de X em função do preço

de X (P_x), das chuvas (Ch), preço de Z (P_z) e um vetor com as j -ésimas variáveis relacionadas à oferta de X (V_j).

De forma didática, a integração de conteúdos econômicos e ecológicos e/ou ambientais na especificação da oferta de mercado de PFM e/ou cultivados, pode ser apresentado no modelo matemático de demanda e oferta (SANTANA et al., 2011; SANTANA et al., 2015; SANTANA, 2015).

Demanda: $X_d = f(P_x, R, P_y, V_i)$, em que as relações esperadas entre as quantidades demandadas do produto X_d e P_x é negativa, com a renda é positiva, com P_y positiva (produto substituto de X) e negativa (produto complementar a X) e com V_i podendo ser negativo ou positivo.

Oferta: $X_o = f(P_x, Ch, P_z, V_j)$, em que as relações esperadas entre as quantidades ofertadas de X_o e P_x é positiva, com as chuvas Ch negativa (excesso ou escassez de chuvas) e positiva para uma distribuição sem valores atípicos ao longo dos anos, com P_z negativa (produto em produção conjunta com X) e positiva (produto competitivo por fatores de produção de X) e com V_j podendo ser negativo ou positivo.

Tomando as equações de demanda e oferta de X apenas em função do preço de X, dado que a única variável cuja variação produz mudança ao longo da linha de demanda e/ou de oferta, dado que as demais variáveis produzem deslocamento das funções (MARSHALL, 1982; SANTANA, 2005; SAMUELSON; NORDHAUS, 2012; VARIAN, 2015), pode-se determinar o preço e a quantidade de equilíbrio do mercado de X. O modelo matemático conforme Santana (2005) é dado por:

Equação de demanda: $X_d = a - bP_x$

Equação de oferta: $X_o = c + dP_x$

Equilíbrio: $X_d = X_o = X_e$

Resolvendo o sistema de equações, tem-se que:

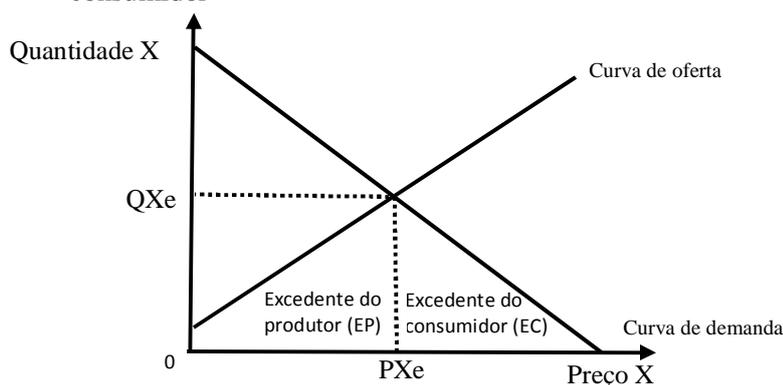
Preço de equilíbrio: $P_{Xe} = (a - c)/(b+d)$

Quantidade de equilíbrio: $Q_{Xe} = (ad + bc)/(b + d)$

Na economia, a área delimitada pela demanda e a quantidade de X transacionada, representa o valor socioeconômico da produção comercializada de X e a parcela consumida na unidade de produção. Este valor varia de acordo com as mudanças nas variáveis que causam deslocamento na demanda, como a renda. Variações na renda produz mudança na demanda e

no valor do benefício socioeconômico gerado pelo produto para a sociedade. A oferta define o custo marginal social de produção ou coleta do produto X, sendo a área definida abaixo da linha de oferta e à esquerda da quantidade transacionada no mercado o custo de cada unidade produzida ou coletada. A oferta de X pode variar em função de mudanças nas chuvas, fazendo o custo variar e influenciar na receita líquida dos extrativistas.

Gráfico 1- Representação gráfica da situação de equilíbrio e dos excedentes econômicos do produtor e consumidor



Fonte: Elaborado pela autora.

No equilíbrio do mercado de X (Gráfico 1), em que a igualdade entre a oferta e demanda determinam o preço e a quantidade de equilíbrio de X, na área abaixo do preço de equilíbrio e acima da linha de oferta tem-se o lucro excedente do produtor (EP) ou benefício econômico dos produtores. Isto reflete a diferença entre o preço de mercado e custo mínimo que está disposto a incorrer por cada unidade adicional do produto ofertada no mercado. Por sua vez, a área abaixo da linha de demanda e acima do preço de equilíbrio define o excedente do consumidor (EC) ou benefício social do consumidor. Isto indica a diferença entre o preço máximo que o consumidor está disposto a pagar por unidades adicionais do produto e o preço de equilíbrio.

A soma do EC e EP gera o excedente econômico (EE), que é um conceito de máximo do bem-estar social que o produto gera para os produtores e consumidores da área de estudo. Portanto, o EE é o elemento de análise da variação nos benefícios socioeconômicos e ambientais dos produtores e consumidores dos produtos do extrativismo e das lavouras paraenses produzidos pelas mudanças na pluviosidade, dado que afetam a produção e renda, a ocupação de mão de obra, a comercialização, o poder aquisitivo dos consumidores via incremento nos preços e influencia na conservação das reservas florestais e nas áreas verdes dos imóveis rurais.

Assim, mudanças na variável renda e/ou no preço de Y geram deslocamentos na demanda e no excedente do consumidor, alterando a distribuição de renda da sociedade formada por produtores e consumidores do produto. Igualmente, a alteração na distribuição das chuvas tende a causar deslocamento na oferta e alterar o excedente do produtor, provocando mudanças no excedente econômico ou bem-estar social e ambiental, dados os efeitos sobre o ecossistemas e ameaças à preservação da floresta (Gráfico 2). Assim, uma mudança positiva na oferta causada pela pluviosidade é regularidade na produção e, por sua vez, expansão do excedente do econômico, com reflexos positivos para a exploração sustentável dos PFMN.

Por outro lado, um efeito negativo das chuvas sobre a oferta implica em mudança no EE e afeta diretamente a distribuição de renda da sociedade, o que põe em risco a exploração extrativa pela diminuição na renda e perda de competitividade com o capital madeireiro e de outras atividades econômicas que competem por terra, capital e mão de obra (Gráfico 2). Com efeito, as chuvas produzem efeitos socioeconômicos e ambientais nas atividades extrativistas e nas lavouras cultivadas.

A área de estudo inclui assentamentos da reforma agrária, reservas extrativistas, agricultores familiares e consumidores de baixa renda; logo, a mudança no EE produzida por mudanças nas chuvas tende a causar impactos fortes na distribuição de renda e efeitos sobre o meio ambiente, por influenciar o desmatamento e queimadas dentro e fora dos assentamentos (IPAM, 2016; Santana et al., 2011). Como a oferta dos PFMN tende a ser inelástica, ao passo da redução de seus estoques naturais, conforme mensurado por Santana (2015) e Santana et al. (2016), no caso a castanha-do-brasil em 0,668 para o período de 1951 a 1973 na Amazônia, o impacto sobre os consumidores é maior do que sobre os produtores, dado que o deslocamento da oferta produz grande impacto no preço e, por sua vez, reduz fortemente o excedente dos consumidores, em parte por transferência para os produtores e pela exclusão dos consumidores mais carentes do mercado.

Estes efeitos se afinam com a especificação de um modelo simultâneo de oferta e demanda, fundamentado na hipótese plausível de que o mercado de PFMN e lavoura permanente funcionam de acordo com os pressupostos da concorrência perfeita. Conforme Samuelson e Nordhaus (2012) e Varian (2015):

- a) É um mercado em que há muitos consumidores e muitos vendedores e/ou extratores, de modo que cada um deles exerce um impacto negligenciável sobre os preços de mercado de PFMN e lavoura permanente; portanto, cada extrator tem um controle limitado sobre o preço e são os agentes tomadores de preço;

- b) Os PFNM e os produtos da lavoura permanente ofertados no mercado são considerados homogêneos na percepção dos consumidores, dado que não conseguem identificar a origem do extrativista ou produtiva que ofertaram os produtos, porque não há marca ou qualidade que possa diferenciar o produto. Conforme Santana et al. (2017), estes produtos não possuem marca registrada do estabelecimento ou da área onde são colhidos, de modo que o consumidor não a identifica como produto diferenciado, logo são homogêneos em termos de qualidade;
- c) O mercado de PFNM e de produtos de lavoura permanente é totalmente permeável, pois não há barreiras de entrada ou de saída da atividade por novos produtores e/ou extratores;
- d) Além disso, no mercado, as informações sobre os preços dos fatores de produção são de conhecimento comum dos principais agentes de mercado, tais como os consumidores e/ou extratores.

Por sua vez, assumindo para efeito de simplificação que o efeito da variável Ch seja negativo e dado por (-k), a equação de oferta incorporando o efeito ambiental pode ser escrita da seguinte forma:

Oferta com chuva: $X_{oc} = (c - k) + d P_x$

Igualando esta oferta à demanda original, tem-se:

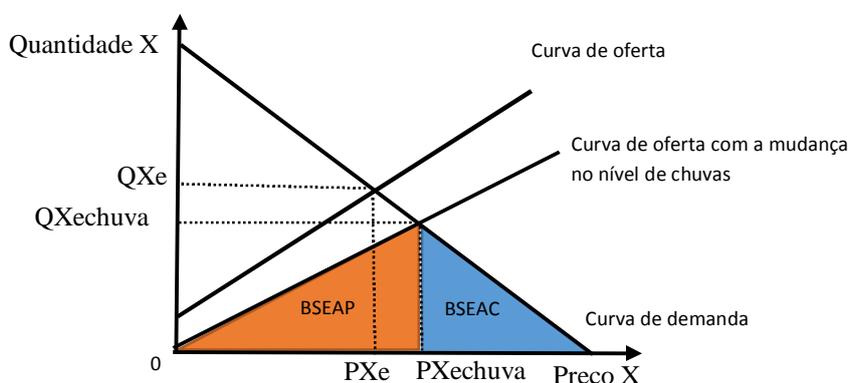
Preço de equilíbrio com chuva: $P_{Xec} = [(a - c + k)/(b + d)]$, mostrando que $P_{Xec} > P_{Xe}$.

Quantidade de equilíbrio com chuva: $Q_{Xec} = [(ad + bc - bk)/(b + d)]$, indicando que $Q_{Xec} < Q_{Xe}$.

Portanto, na condição observada no período de tempo do estudo, espera-se que esta hipótese teórica se confirme, tendo como resultado uma diminuição no benefício socioeconômico e ambiental para os produtos castanha-do-brasil e óleos de andiroba e copaíba.

O excesso ou escassez de chuvas influencia diretamente o desenvolvimento das plantas e sua produção, por comprometer as funções de fotossíntese, assimilação de nutrientes e polinização, gerando como resultado mudanças na qualidade e quantidade produzida dos PFNM e das lavouras plantadas. Por isso, o efeito ambiental está incluído diretamente no valor do excedente econômico ou benefício socioeconômico e ambiental da produção e comercialização dos PFNM (Gráfico 2).

Gráfico 2- Representação gráfica da variação nos benefícios socioeconômicos e ambientais de consumidores e produtores ou excedentes econômicos (EE) após as alterações nos níveis de chuvas



Fonte: Elaborado pela autora.

Os consumidores de PFNM como a castanha-do-brasil, óleos e açaí, em nível da produção rural, é realizada por intermediários da comercialização, dado que mais de 70% dos produtos são entregues a atravessadores (IBGE, 2009). Na área de estudo, mais de 90% é comercializada por agentes intermediários da comercialização (Santana et al., 2015). Para esses agentes da comercialização, os produtos castanha, óleos e açaí são transacionados e transportados com a demanda de um produto, sendo influenciada de acordo com as mudanças nos preços dos demais produtos da cesta, *ceteris paribus*.

Nas lavouras permanentes do estado do Pará, a produção depende em 100% da água oriunda das chuvas, dado que não se utiliza a técnica de irrigação em todo o ciclo da produção das principais lavouras permanentes [coco-da-baía, dendê, cacau, banana (*Musa spp*), laranja (*Citrus X sinensis*), pimenta-do-reino (*Piper nigrum*), maracujá (*Passiflora edulis*), mamão (*Carica papaya*), abacate (*Persea americana*), borracha (*Hevea brasiliensis L.*), café (*Coffea*), castanha de caju (*Anacardium occidentale*), guaraná (*Paullinia cupana*), limão (*Citrus limon*), tangerina (*Citrus reticulata*), manga (*Mangifera indica*) e urucu (*Bixa orellana*)] (IBGE, 2010).

3.1 Período de tempo

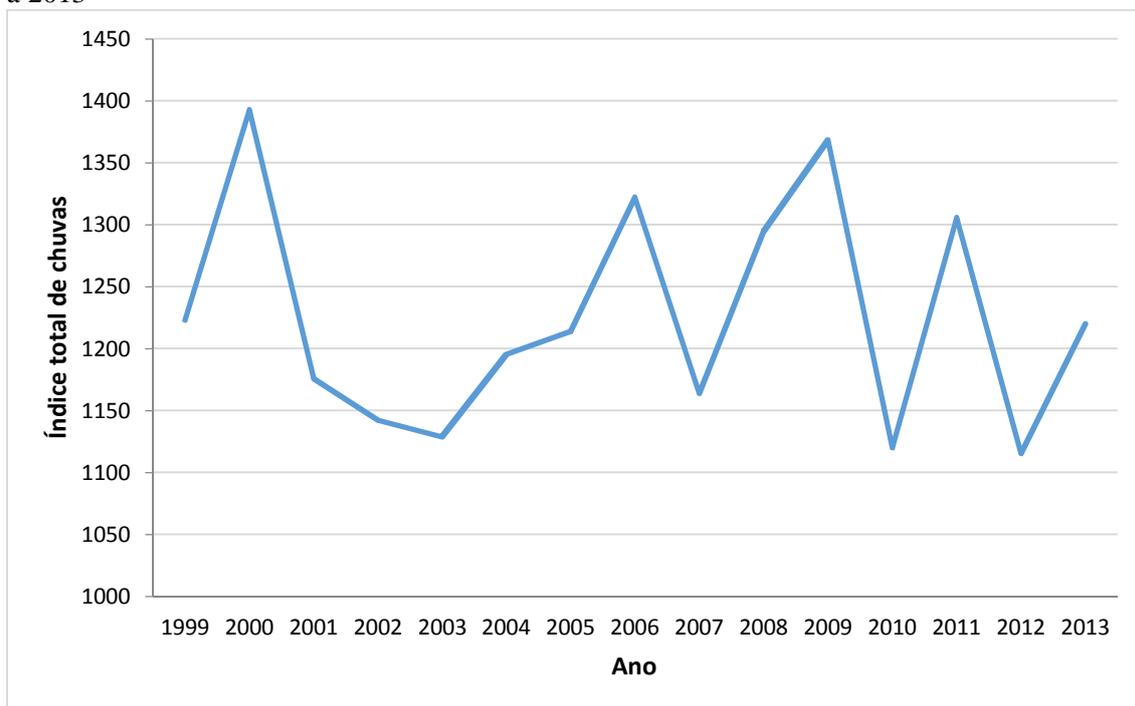
No período de 1999 a 2013, foram registrados na Amazônia situações de seca (escassez de chuvas) nos anos 2005 e 2010 e de cheia (excesso de chuva) nos anos 2008 e 2013. Estes efeitos do clima, representados pela distribuição pluviométrica, que se propagam para os anos seguintes, contribuíram para fazer a produção extrativista e de lavouras cultivadas flutuar e

causar instabilidade na renda dos produtores, dada a inelasticidade-preço destes produtos (SANTANA et al., 2015).

Especificamente no estado do Pará, por meio da análise média de precipitação mensal de cada ano, no período compreendido entre 1999 a 2013, observou-se aumento de precipitação média no ano de 2000, sendo seguida por uma sequência de diminuição nos níveis de precipitação nos anos de 2001, 2002 e 2003, registrando período de seca no estado (Gráfico 3).

Em período subsequente registrou-se um aumento acentuado nas precipitações pluviométricas iniciando em 2004 e com pico em 2006, registrando excesso de chuvas. Contudo, no ano de 2007, as precipitações voltaram a ficar a abaixo da média mensal, e nos anos seguintes 2008 e 2009 constatou-se novamente pico nas precipitações pluviométricas, registrando excesso de chuvas no estado. No ano de 2010, registrou-se uma queda acentuada a média de precipitação pluviométrica, e em 2011 as precipitações se elevam de maneira acentuada, ocasionando excesso de chuvas (Gráfico 3). Logo, em período subsequente, no ano de 2012, novamente registra-se diminuição dos níveis de precipitação, causando escassez de chuvas. Nesse sentido, fortes oscilações das precipitações pluviométricas foram registradas no estado do Pará, que devem impactar a produção e extração de produtos da lavoura permanente e PFNM, respectivamente.

Gráfico 3- Representação gráfica do índice total anual de chuvas do estado do Pará no período de 1999 a 2013



Fonte: INMET.

Este comportamento adverso da pluviosidade tende a impactar negativamente sobre a oferta de produtos da sociobiodiversidade estudados neste trabalho e cujos efeitos devem ser estimados para contribuir no desenho e/ou aprimoramento de políticas públicas de garantia de renda dos produtores como seguro agrícola, preços mínimos e subvenções governamentais.

4 METODOLOGIA DA PESQUISA

4.1 Área de estudo e dados utilizados na pesquisa

O estado do Pará foi escolhido como área de estudo por apresentar condições para se tornar um dos maiores polos agrícola, além de ser um dos principais estados de extração de PFNM da Amazônia, voltados para atender à nova dinâmica do mercado mundial de alimentos e produtos naturais, elaborados a partir da produção agrícola e extração de PFNM da Amazônia (SANTANA; SANTOS, 2000; SANTANA et al., 2017).

No que se refere aos PFNM, a área de estudo é formada pelos municípios dos polos de Altamira, Itaituba e Santarém, por representarem os mercados onde são transacionada a castanha-do-brasil e óleos de andiroba e copaíba oriundos da região Oeste do estado do Pará.

Com relação ao mercado de lavoura permanente, a área de estudo compreende as mesorregiões do estado do Pará, classificadas em: mesorregião do Baixo Amazonas, Mesorregião do Marajó, Mesorregião Metropolitana de Belém, Mesorregião do Nordeste Paraense, Mesorregião do Sudeste Paraense e Mesorregião do Sudoeste Paraense (IBGE, 1990). Segundo o IBGE (1990), mesorregião é uma área individualizada em uma unidade da federação que apresenta formas de organização do espaço geográfico definidas pelas dimensões a seguir: o quadro natural como condicionante, o processo social como determinante e como elemento de articulação espacial a rede de comunicação e de lugares. O conjunto dessas dimensões permite que o espaço seja delimitado como mesorregião, tendo, portanto, uma identidade regional.

Estas mesorregiões paraenses apresentam elevada produção de lavouras permanentes, como o dendê, banana, coco-da-baía, laranja, cacau, pimenta-do-reino, maracujá, mamão, abacate, borracha, café, castanha de caju, guaraná, limão, tangerina, manga e urucu (IBGE, 2016).

Além disso, segundo dados do IBGE (2016), o valor da produção dos produtos da lavoura permanente no estado do Pará totalizou 3.097.951 mil reais em 2016 e, deste total, as mesorregiões Nordeste (13.334,17 mil reais), Sudoeste (7.952,55 mil reais) e Sudeste (5.876,13 mil reais) responderam por 88% do valor total e as mesorregiões do Baixo Amazonas (2.043,53 mil reais); a metropolitana de Belém (1.653,24 mil) e o Marajó (119,91 mil reais) responderam pelos 12% restantes. Ademais, a escolha de produtos de lavoura permanente justifica-se pela

aptidão natural que o estado do Pará possui em termos, principalmente, de adequabilidade em solos.

Quanto aos dados utilizados na tese, são de fontes secundárias, referentes às variáveis quantidades (produzidas e consumidas) e preços de castanha-do-brasil, óleos de andiroba e copaíba, e lavouras permanentes, Produto Interno Bruto (PIB) *per capita*, coletados junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e estatística (IBGE, 2016). O salário rural e o Índice Geral de Preços (IGP), a Disponibilidade Interna da Fundação Getúlio Vargas (FGV), utilizada para deflacionar as variáveis monetárias, e o ICMS foram obtidos na secretaria da Fazenda (SEFA) do estado do Pará.

E finalmente, os dados de precipitação pluviométrica foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), o qual é vinculado ao Ministério de Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). No estado do Pará, existem 28 estações meteorológicas responsáveis pela captação de dados climáticos, as quais se localizam em: Belém, Bragança, Breves, Cametá, Capitão poço, Castanhal, Conceição do Araguaia, Dom Elizeu, Itaituba, Marabá, Medicilândia, Mina Palito, Monte Alegre, Novo Repartimento, Óbidos, Pacajá, Placas, Rondon do Pará, Salinópolis, Santana do Araguaia, Santarém, São Félix do Xingu, Serra do Carajás, Soure, Tomé Açu, Tucumã, Tucuruí e Xinguara.

Esse conjunto de dados permitiu a estimação dos parâmetros das equações de oferta e demanda da castanha-do-brasil, óleos de andiroba e copaíba e lavouras permanentes no estado do Pará, bem como a determinação dos coeficientes de elasticidades no período analisado.

4.2 Métodos de análise utilizados na pesquisa

4.2.1 Método Generalizado dos Momentos (MGM)

No que se refere à análise dos mercados de castanha-da-brasil e óleos de andiroba e copaíba, a metodologia adotada para encontrar as estimativas dos coeficientes dos modelos de oferta e demanda foi o Método Generalizado dos Momentos (MGM), cujo desenvolvimento metodológico foi apresentado de forma didática em Santana (2015). Em função disso e para não reproduzir os desenvolvimentos detalhados dos livros especializados, seguiu-se o texto de Santana (2015).

Este método de estimação dos parâmetros de sistemas de equações foi, pela primeira vez no Brasil utilizado por Santana e Santos (2000), para estimar os parâmetros da demanda e

oferta por feijão caupi do estado do Pará e por Santana e Bentes (2002) para estimar os parâmetros da demanda e oferta do mercado agrícola agregado do estado do Pará.

Segundo Greene (2011), as principais vantagens de uso do MGM são a capacidade de incorporação variáveis instrumentais defasadas para captar os efeitos dinâmicos sobre o modelo estrutural e a superação de problemas básicos da violação de hipóteses clássicas de análise de regressão, como a autocorrelação e a heterocedasticidade.

De acordo com Santana (2015), ao estimar os parâmetros por Mínimos Quadrados Generalizados (MQG), calcula-se k como estatísticas designadas momentos, de maneira que as probabilidades limites sejam funções conhecidas desses parâmetros. Esses k parâmetros são apreciados como argumentos das k funções de probabilidade, para originar uma solução para que os parâmetros sejam expressos em função dos momentos.

Para que o processo de estimação ocorra por meio do MGM, admite-se que os parâmetros ainda desconhecidos de determinada equação linear sejam estimados combinando momentos populacionais, que por sua vez são funções de parâmetros desconhecidos, com momentos amostrais adequados.

As condições de momentos são expressas a seguir:

$$E[\mathbf{y}_T(\mathbf{z}_T - \boldsymbol{\beta})] = 0,$$

Em que:

\mathbf{z}_T = é uma amostra de parâmetros para determinado período de tempo T , da qual se deseja estimar um valor de dimensão $(P \times 1)$ de parâmetros $\boldsymbol{\beta}$ desconhecidos;

$E[\mathbf{y}_T(\mathbf{z}_T)]$ = é uma função vetorial de $\boldsymbol{\beta}$ (SANTANA et al., 2011).

Segundo Santana (2015), para que a estimação de vetor de parâmetros $\boldsymbol{\beta}$ seja realizada, é necessário observar as condições de momentos. Especificamente no caso em que $(P = Q)$, o $\boldsymbol{\beta}$ é precisamente identificado pelas condições de momento. O valor de $\boldsymbol{\beta}$ é gerado a partir da solução desse conjunto de equações, que por sua vez atende as condições de momento, podendo conceber o valor correto do parâmetro populacional. O MGM é usado quando os parâmetros $\boldsymbol{\beta}$ são sobreidentificados pelas condições de momento.

A função critério é definida da seguinte forma:

$$Q(\boldsymbol{\beta}) = \mathbf{y}_T'(\mathbf{z}_T - \boldsymbol{\beta})[\mathbf{z}_T'(\mathbf{z}_T - \boldsymbol{\beta})]^{-1}(\mathbf{z}_T - \boldsymbol{\beta})$$

em que Σ_{θ} é uma matriz definida positiva. Tem-se que o estimador de MGM de θ é expresso por:

$$\hat{\theta}_{\text{MGM}} = \arg \min_{\theta} \theta' \Sigma_{\theta}^{-1} \theta$$

Conforme Greene (2011) a estimação dos parâmetros de um sistema de equações simultâneas por meio do MGM atende o seguinte processo:

$$\begin{aligned} y_{1T} &= \beta_{11}' y_{1T} + \beta_{12}' y_{2T} + \epsilon_{1T} \\ y_{2T} &= \beta_{21}' y_{1T} + \beta_{22}' y_{2T} + \epsilon_{2T} \end{aligned} \quad T = 1, \dots, n$$

em que:

y_{1T} = é o vetor de variáveis endógenas;

y_{2T} = é o vetor de variáveis exógenas e/ou pré-determinadas;

β = é o vetor de parâmetros desconhecidos;

ϵ_{T} = é o vetor de erros aleatórios.

Segundo Santana (2015), no modelo especificado acima, admite-se que $\beta' \Sigma_{\epsilon}^{-1} \beta \neq 0$, ou seja, que as variáveis y_{1T} sejam correlacionadas com os erros aleatórios para algum k . Assim sendo, admitir-se que há um conjunto de variáveis instrumentais z_{1T} , que contém um ou todos os elementos de y_{1T} . Estas variáveis instrumentais z_{1T} atendem a um conjunto de k condições de ortogonalidade, dado por (EViews7, 2012).

$$z_{1T}' \epsilon_{1T} = z_{1T}' (y_{1T} - \beta_{11}' y_{1T} - \beta_{12}' y_{2T}) = 0$$

Para Santana (2003) e Greene (2011), na condição de a matriz de pesos W admitir inversa e o modelo ser identificado, segue-se que o estimador obtido pelo MGM é determinado via minimização da equação abaixo em relação ao parâmetro θ .

$$\hat{\theta}_{\text{MGM}} = \left(\sum_{T=1}^n z_{1T}' z_{1T} \right)^{-1} \sum_{T=1}^n z_{1T}' (y_{1T} - \beta_{11}' y_{1T} - \beta_{12}' y_{2T})$$

De acordo Greene (2011), nessa equação, a matriz de pesos W é definida simétrica e positiva. Dessa forma, qualquer matriz simétrica positiva definida W pode gerar estimativas consistentes para os parâmetros θ .

Conforme Hansen (1982), no MGM, a matriz W é adotada como sendo a inversa da matriz de covariância dos dados, incluindo o vetor de variáveis instrumentais (Z_t). Os estimadores obtidos por MGM são eficientes quando a matriz de pesos é a matriz inversa da covariância dos dados (HANSEN, 1982). Portanto, segundo Santana (2015), é possível evidenciar que os estimadores de MGM têm distribuição assintótica normal multivariada. Assim, para sistemas heterocedásticos com dados em *cross-section* e sistemas autocorrelacionados em dados de séries temporais, que é o caso desta tese, o estimador de MGM é robusto.

Logo, para a estimação das equações de oferta e demanda da castanha-do-brasil e dos óleos de andiroba e copaíba foi aplicado o Método Generalizado dos Momentos (MGM), para correção de problemas de heteroscedasticidade dos erros e autocorrelação (SANTANA; SANTOS, 2000; SANTANA, 2003; SANTANA et al., 2011; 2012; NOGUEIRA et al., 2013).

Com o intuito de testar as condições de ajustamento do sistema de equações por MGM e adequação das variáveis instrumentais ao modelo utilizou-se o teste J de Hansen. Conforme Santana (2015) e Greene (2011) confirma-se que as condições de momentos superidentificadas foram satisfeitas e o modelo foi corretamente especificado se for possível obter para este teste um valor próximo de zero, o que representa uma estatística não significativa a pelo menos 5%.

a) Especificação das equações de demanda e oferta da castanha-do-brasil e dos óleos de andiroba e copaíba

O mercado dos PFM, especificamente a castanha-do-brasil e óleos de andiroba e copaíba, da área pesquisada, foi definido pelas equações de oferta e demanda, à luz da teoria microeconômica sobre o mercado em concorrência pura, por ser a estrutura que mais se aproxima da realidade da extração, comercialização e consumo dos produtos do extrativismo.

Em conformidade com estas características, a oferta e demanda da castanha-do-brasil podem ser especificadas, na forma logarítmica, da seguinte forma (SANTANA, 2003; 2005):

$$\ln Q_{t,t} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln P_{t,t} + \alpha_2 \ln C_{t,t} + \alpha_3 \ln P_{t,t}^2 + \alpha_4 \ln C_{t,t}^2 + \dots (1)$$

$$\ln Q_{t,t} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln P_{t,t} + \alpha_2 \ln P_{t,t}^2 + \alpha_3 \ln P_{t,t}^3 + \alpha_4 \ln P_{t,t}^4 + \dots (2)$$

$\ln Q_{t,t}$ é o logaritmo natural da quantidade demandada e ofertada *per capita* de castanha-do-brasil, no tempo t ;

$\ln P_{t,t}$ é o logaritmo natural do preço real da castanha-do-brasil, no tempo t , em R\$/kg;

$\ln C_{t,t}$ é o logaritmo natural do preço real do açaí, no tempo t , em R\$/kg;

$\ln Y_{it}$ = é o logaritmo natural do PIB *per capita* que influencia a demanda da castanha-do-brasil, no período t;

$\ln P_{it}$ = é o logaritmo natural do preço real da madeira, no tempo t, em R\$/m³;

$\ln R_{it}$ = é o logaritmo natural da variável chuva que influenciam a oferta da castanha-do-brasil no período t;

α_i e β_i = são os parâmetros das equações de demanda e oferta a serem estimados ($i = 1, 2, \dots, I$; $n = 1, 2, \dots, N$);

ε_{it} e η_{it} = são, respectivamente, os termos de erro das equações de oferta e demanda do produto i, no ano t.

Na demanda, especificada pela equação 1, espera-se um sinal negativo entre a quantidade demandada Q_d do produto i e o preço do referido produto P_i , com sinal negativo para o parâmetro a_i , conforme a Lei da Demanda (VARIAN, 2015). Entre as variáveis deslocadoras da demanda, estão a renda *per capita* e o preço de produtos substitutos, cuja variação produz impacto no consumo na mesma direção e o preço de produtos complementares, e a variação produz deslocamento da demanda no sentido contrário. Na equação 2, tem-se que a quantidade ofertada Q_o do produto i é uma função direta do preço do respectivo produto P_i . Portanto, espera-se um sinal positivo para o parâmetro b_i , pela Lei da Oferta (VARIAN, 2015).

Com efeito, a demanda de mercado ou demanda agregada marshalliana da castanha-do-brasil, é influenciada por variáveis como seu próprio preço, a renda dos consumidores, os preços de outros produtos relacionados no consumo, que ora podem ser substitutos ou complementares, e também variáveis de políticas como imposto, subsídios e taxas de juros. Nesse sentido, a variável açáí fruto foi incluída na equação de demanda porque ambos são produtos do extrativismo, e neste nível de mercado, de acordo com Santana e Costa (2008), têm-se reduzidos substitutos, que dispõem de série histórica.

Além desta variável, foram incluídas, ainda, na equação de oferta, as variáveis índice pluviométrico, para captar os efeitos das variações dos níveis de chuva sobre a oferta de castanha-do-brasil; e também a variável madeira, cujo preço é estimada na análise da oferta de produtos florestais não madeireiros. A variável chuva foi incluída à equação de oferta devido à sua influência de forma direta e indireta sobre as plantas, por afetar a produção de flores e a ação das abelhas polinizadoras (RATHCKE; LACEY, 1985).

Conforme Tonini (2011) e Santana et al. (2017), no caso específico da castanheira-do-brasil, a floração depende das condições do clima, pois a mesma é anual, longa e sincrônica e

ocorre, predominantemente, por um período médio de seis meses, durante a época de menor precipitação. Estes resultados indicam que variações significativas no nível das chuvas tendem a influenciar o comportamento fenológico da castanheira, acarretando possíveis perdas de produtividade.

Com relação aos óleos de andiroba e copaíba, as equações de oferta e demanda podem ser especificadas também, na forma logarítmica, segundo Santana (2003; 2005):

$$\ln Q_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln Q_{it-1} + \beta_2 \ln P_{it} + \beta_3 \ln Y_{it} + \beta_4 \ln C_{it} + \varepsilon_{it} \dots \dots \dots (3)$$

$$\ln Q_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln Q_{it-1} + \alpha_2 \ln P_{it} + \alpha_3 \ln Y_{it} + \alpha_4 \ln C_{it} + \varepsilon_{it} \dots \dots \dots (4)$$

Em que:

$\ln Q_{it}$ = é o logaritmo natural da quantidade ofertada e demandada *per capita* de óleo, no tempo t;

$\ln Q_{it-1}$ = é o logaritmo natural da quantidade demandada *per capita* de óleo, no tempo t-1;

$\ln P_{it}$ = é o logaritmo natural do preço real de óleo, no tempo t, em R\$/l;

$\ln P_{it-1}$ = é o logaritmo natural do preço real de óleo, no tempo t, em R\$/l, no período t-1;

$\ln Y_{it}$ = é o logaritmo natural do PIB *per capita* que influencia a demanda dos óleos, no período t;

$\ln C_{it}$ = é o logaritmo natural do preço real da madeira, no tempo t, em R\$/m³;

$\ln C_{it-1}$ = é o logaritmo natural da variável chuva que influencia a oferta dos óleos no período t;

α_i e β_i = são os parâmetros das equações de demanda e oferta a serem estimados ($i = 1, 2, \dots, I; n = 1, 2, \dots, N$);

ε_{it} e ε_{it} = são, respectivamente, os termos de erro das equações de oferta e demanda do produto i, no ano t.

Na equação de demanda, espera-se que haja uma relação inversa entre a quantidade demanda de óleo e o preço, segundo a lei de demanda (VARIAN, 2015; ROSSETTI, 2016). Com relação às demais variáveis que influenciam a demanda de óleo de andiroba e copaíba, espera-se que o sinal do coeficiente da renda apresente sinal positivo, uma vez que um incremento na renda *per capita* da população paraense deve expandir à procura *per capita* dos óleos. Com relação à equação de oferta, espera-se que haja uma relação direta entre a quantidade ofertada Q_o dos óleos de andiroba e copaíba e o preço do respectivo produto P_i ; portanto, o

aumento no preço dos óleos tende a aumentar a quantidade ofertada do produto (SAMUELSON, NORDHAUS, 2012; VARIAN, 2015).

Com relação aos preços de produtos substitutos dos óleos, no caso, a preço da madeira, que também é comercializada no oeste do estado do Pará, espera-se que a variação produza impacto na oferta na mesma direção se forem substitutos, e uma variação em sentido contrário, deslocamento da oferta, se forem produtos complementares, *ceteris paribus*.

4.2.2 Metodologia de cálculo dos benefícios socioeconômico e ambiental gerados pela extração e comercialização da castanha-do-brasil e óleos de andiroba e copaíba

O valor monetário dos benefícios socioeconômicos e ambientais gerados pela extração e comercialização da castanha-do-brasil e óleos de andiroba e copaíba das áreas de assentamento, com e sem autorização, e projetos de manejo, foi realizado com base nos fundamentos da teoria neoclássica aplicados à economia dos recursos naturais. A castanha-do-brasil e óleos de andiroba e copaíba têm valor de mercado, por isso utilizou-se um modelo de mercado para estimar as equações de oferta (ou custo marginal social) e demanda (ou benefício marginal social) e determinar o excedente econômico ou benefício socioeconômico e ambiental (SANTANA; KHAN, 1992; COSTANZA et al., 1997; EL SERAFY, 1998), no ano de 1999 a 2011 nas regiões do da transamazônica e da BR-163 no oeste do estado do Pará.

O benefício socioeconômico e ambiental 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; STOLL, 1980).

Esse conceito foi, inicialmente, utilizado para determinar os retornos do investimento em pesquisa (GRILICHES, 1958; PETERSON, 1967; AYES; SCHUH, 1972; LINDNER; JARRET, 1978) e aplicado aos recursos naturais por Santana e Khan (1992) e Santana (2015), para estimar o custo social da não preservação da castanha-do-brasil. Neste trabalho, aplica-se o cálculo de integral para determinar o excedente econômico ou o benefício socioeconômico e ambiental da extração e comercialização da castanha-do-brasil e dos óleos de andiroba e copaíba no Oeste do Pará e sua distribuição entre produtores e consumidores.

De posse dos resultados econométricos, pode-se determinar o valor do benefício socioeconômico e ambiental total do efeito das chuvas na atividade de extração e comercialização da castanha-do-brasil e dos óleos de andiroba e copaíba na região Oeste do Pará, dado pela soma do valor dos Benefícios Socioeconômicos e Ambientais do Produtor (BSEAP) e do consumidor (BSEAC) da castanha-do-brasil e dos óleos de andiroba e copaíba, no período de 1999 a 2011 (Gráfico 4).

Para obter as equações de demanda e de oferta a partir do modelo estrutural apresentado na forma logarítmica, com as quantidades apenas em função do preço, e estimar o valor do excedente econômico total ou benefício socioeconômico e ambiental da castanha-do-brasil e dos óleos de andiroba e copaíba, substitui-se a média de cada variável exógena nas equações de demanda e de oferta e soma-se o resultado ao intercepto de cada equação para gerar o seguinte resultado, apresentado na forma exponencial:

$$\text{Demanda normal do PFM (castanha ou óleos): } Q_{PFM} = \alpha_1 P^{-\beta_1} \dots (5)$$

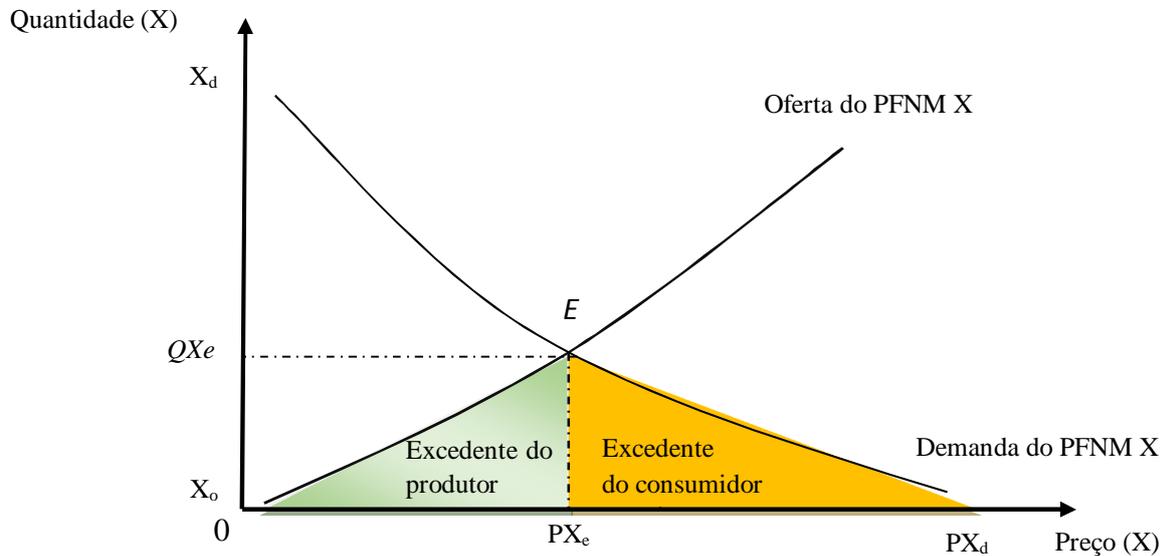
$$\text{Oferta normal do PFM (castanha ou óleos): } Q_{PFM} = \alpha_2 P^{\beta_2} \dots (6)$$

$$\text{Oferta do PFM (castanha ou óleos) com a influência das mudanças nas precipitações pluviométricas: } Q_{PFM} = \alpha_2 P^{\beta_2} \dots (7)$$

Desta forma, os parâmetros α_1 , α_2 , α_3 (chuva) incorporam, respectivamente, a influência de todas as variáveis deslocadoras da demanda e da oferta sem e com a influência das mudanças nas precipitações pluviométricas. O preço de equilíbrio² da situação normal é dado por: $P = (\alpha_1 / \alpha_2)^{1/(\beta_1 + \beta_2)}$ e o preço de equilíbrio da situação após o efeito da mudança nas precipitações pluviométricas que é $P = (\alpha_1 / \alpha_2 (\alpha_3))^{1/(\beta_1 + \beta_2)}$.

²De acordo com Mankiw (2014), o dicionário define a palavra equilíbrio como a situação em que várias forças são iguais, descrevendo também um equilíbrio de mercado. Dessa forma, ao preço de equilíbrio, a quantidade do bem que os compradores e/ou consumidores desejam e podem comprar é exatamente igual à quantidade que os produtores e/ou extrator desejam e podem vender.

Gráfico 4- Representação do equilíbrio de mercado dos PFNM e do excedente do produtor e o excedente do consumidor



Fonte: Elaborado pela autora.

Assim, o valor do Excedente Econômico (EE) ou Benefício Socioeconômico e Ambiental Total (BSEAT) é dado pela soma da integral da equação de oferta dos PFNM (castanha-do-brasil ou óleos), delimitada entre o intervalo de preço zero e o preço de equilíbrio do produto X (PX_e), com a integral da equação de demanda, definida no intervalo entre o PX_e e o preço em que a quantidade demandada é zero PX_d (Gráfico 4). O cálculo do benefício socioeconômico ambiental normal (BSEATn) é dado por:

$$\int_0^{PX_e} O(X) dX + \int_{PX_e}^{PX_d} D(X) dX \dots (8)$$

Esse procedimento deve também ser feito para a situação do mercado dos PFNM com a influência adversa das alterações nas precipitações pluviométricas sobre tais produtos no período de 1999 a 2011. Assim, nominando o Excedente Econômico sem a influência das mudanças no regime das chuvas de $EESEMinfluênciaCHUVA$ e com seus efeitos adversos de $EECOMinfluênciaCHUVA$, tem-se que o custo socioeconômico e ambiental da mudança nas precipitações pluviométricas sobre os castanhais da região Oeste do Pará (Custosociecon) é dado por:

$$\text{Custosocioecon} = \text{EECOMinfluênciaCHUVA} \delta \text{EESEMinfluênciaCHUVA} \dots \dots \dots (9)$$

Com isso, espera-se obter os resultados suficientes para a determinação dos benefícios socioambientais gerados pela extração de castanha-do-brasil e óleos de andiroba e copaíba na região oeste do estado do Pará, no período de 1999 a 2011.

4.2.3 Painel de Dados

A segunda metodologia adotada na tese foi painel de dados, utilizada para estimar os parâmetros do modelo de mercado da lavoura permanente nas mesorregiões paraenses. Conforme Greene (2011), painel de dados é o método que se constitui de uma combinação de corte transversal com séries de tempo, contemplando, portanto, duas dimensões: uma espacial e outra temporal.

De acordo com Greene (2011), dados em painel é uma metodologia que apresenta vantagens importantes, pois permite a combinação de informações longitudinais (*cross-section*) e de séries temporais, possibilitando a inclusão de um grande número de observações, que aumenta os graus de liberdade, bem como a estimação de parâmetros mais eficientes. Além disso, permite um controle maior das implicações da supressão de variáveis explicativas relevantes no modelo em análise (BALTAGI, 2001; SANTANA et al., 2011).

Koshiyama e Fochezatto (2012) acrescentam, ainda, que as vantagens de uso deste método resumem-se à sua capacidade de heterogeneidade entre as unidades e captação dinâmica do comportamento das unidades. Ademais, de acordo com Hsiao (2014) e Baltagi (2001), a técnica de painel de dados mitiga problemas de colinearidade entre as variáveis e também instituem mais variabilidade, oferecendo dados com mais informações. Além disso, mensuram e detectam os efeitos que não podem ser facilmente observados em cortes transversais puros ou em séries temporais. Entretanto, é importante observar a ocorrência de alguns problemas tais como: heterocedasticidade, correlação cruzada e autocorrelação entre as unidades individuais no mesmo momento de tempo.

Hsiao (2014) destaca que o controle da heterogeneidade presente nos indivíduos é mais uma das vantagens que método painel de dados apresenta frente a outros modelos de corte transversal ou de séries temporais. Marques (2000) e Gujarati (2006) acrescenta que os estudos com amostras longitudinais promovem uma análise mais eficiente das dinâmicas de ajustamento. Dessa forma, o uso da técnica de dados em painel consente conjugar a diversidade

de comportamentos individuais com a existência de dinâmicas de ajustamento, ainda que potencialmente distintas. Ou seja, admite tipificar as respostas de indivíduos diferentes a determinados acontecimentos, em momentos distintos.

De acordo com Greene (2011), o modelo linear de dados em painel segue o padrão dado na equação abaixo, em que: y_{it} representa a variável dependente Y observada para a i-ésima entidade no t-ésimo período de tempo; X_{it} é o vetor 1 x k de variáveis exógenas que podem sofrer variação no tempo t e não nas seções cruzadas (i), ou sofrer variações em i e não em t, não contendo o termo Constante; α_i é o efeito individual ou heterogeneidade individual contendo um termo constante e um conjunto de variáveis não observadas ou variáveis latentes tomadas constantes sobre t; β são os parâmetros a serem estimados; e finalmente, ϵ_{it} é o termo de erro independente sobre t e i com média zero e variância σ^2 .

$$y_{it} = \alpha_i + \beta X_{it} + \epsilon_{it} \dots \dots \dots (10)$$

Os modelos de dados em painel podem ser expandidos para incorporação de efeitos fixos e aleatórios, sendo o coeficiente de cada variável regressora único e global, que apreende o comportamento representativo, ou ô médio, entre as variáveis (OLIVEIRA et al., 2011).

De acordo com Sonaglio et al. (2010), no modelo de efeito fixo supõem-se que os efeitos individuais α_i podem ser correlacionados com algum regressor de X_{it} , e a estimação adequada dos modelos de efeitos fixos promove o controle a referida correlação. Nesse sentido, a estimação por efeito fixo permite estimativas de características que variam ao longo do tempo. Conforme Greene (2011), o modelo de efeitos fixos é dado por:

$$y_{it} = \alpha_i + \beta X_{it} + \epsilon_{it} \dots \dots \dots (11)$$

Em que:

α_i representa os efeitos fixos (i) no período de tempo (t);

α_i é tratado como o intercepto desconhecido a ser estimado;

X_{it} representa o conjunto de variáveis explicativas;

ϵ_{it} é o termo de erro aleatório, com distribuição independente e normal dos erros;

Portanto, conforme Marques (2000) e Sonaglio et al. (2010), considerando um contexto de ortogonalidade entre efeitos fixos e os regressores e ausência de correlação entre os regressores e o termo de erro aleatório, os métodos que fornecerão estimadores consistentes

serão os métodos Mínimos Quadrados com Variáveis *Dummy* (LSDV) e Mínimos Quadrados Ordinários (MQO).

Em contraposição, o modelo de efeitos aleatórios trata os efeitos específicos individuais como variáveis aleatórias. Neste modelo, parte-se do princípio que não existe correlação entre as variáveis aleatórias e os efeitos individuais e que as diferenças entre os indivíduos são captadas no termo de erro (GREENE, 2011; WOOLDRIDGE, 2002). O estimador que traria resultados consistentes e eficientes, de acordo com Holland e Xavier (2005), seria o método de mínimos quadrados generalizados.

De acordo com Hisão (2014), o teste usado para auxiliar na escolha de utilizar o efeito fixo ou aleatório é o Hausman.

A especificação do teste Hausman é descrita abaixo, conforme Greene (2011):

$$H = (\beta_{FE} - \beta_{FA})'(V_{FE} - V_{FA})^{-1}(\beta_{FE} - \beta_{FA}) \dots \dots \dots (12)$$

Em que:

β_{FE} é o vetor de coeficiente estimados pelo efeito aleatório;

β_{FA} é o vetor de coeficientes estimados por efeitos fixos;

V_{FE} e V_{FA} caracterizam as matrizes de covariância do modelo de efeitos aleatórios, respectivamente;

H representa a distribuição assintótica que se aproxima de uma distribuição Qui-quadrado (χ^2_K) com K graus de liberdade sob a hipótese nula que o estimador de efeito aleatório é correto e K refere-se ao número de parâmetros estimados, excluindo o termo constante.

A aplicação do teste permitiu rejeitar a hipótese nula de ausência de correlação entre heterogeneidade individual e regressores nos modelos estimados. Este resultado indica que o método de efeito fixo é o mais adequado para estimativas com dados de painel (WOODRIDGE, 2002).

Neste estudo, utilizou-se o modelo de efeitos fixo, por considerar que efeitos não observáveis estão correlacionados com variáveis explicativas incluídas no modelo de mercado de lavoura permanente (WOOLDRIDGE, 2002). E para estimação das equações de demanda e oferta de lavoura permanente, utilizou-se o Método de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), que proporciona estimativas não tendenciosas e consistentes, pressupondo em relação aos erros a normalidade, homocedasticidade e ausência de correlação (GREENE, 2011).

Resumidamente, a metodologia empregada para análise do mercado de lavoura permanente foi à técnica de dados em painel, com estimação por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) para os dados em painel, com efeito fixo. Além disso, utilizou-se o *software Eviews student 9.5* para estimação as equações de demanda e oferta dos produtos da lavoura permanente nas mesorregiões do estado do Pará no período de 2000 a 2013. Ademais, os dados utilizados no estudo estão na forma logarítmica e têm frequência anual.

O modelo estrutural do mercado de lavoura permanente nas mesorregiões do estado do Pará foi especificado da seguinte forma (GREENE, 2011):

$$\ln Q_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln PL_{it} + \alpha_2 \ln PL_{t-3} + \alpha_3 \ln PLT_{it} + \alpha_4 \ln QLP_{it} + \alpha_5 \ln ICMS_{it} + \alpha_6 + \alpha_7 \epsilon_{it} \quad (13)$$

$$\ln Q_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln PL_{it} + \alpha_2 \ln PL_{t-3} + \alpha_3 \ln PLT_{it} + \alpha_4 \ln QLP_{it} + \alpha_5 \ln ICMS_{it} + \alpha_6 + \alpha_7 \epsilon_{it} \quad (14)$$

em que:

Variáveis endógenas

$\ln QLP_{it}$ é o logaritmo natural das quantidades demandadas e ofertadas de lavoura permanente no estado do Pará, por mesorregião, no período t (t=2000, ..., 2013);

$\ln PLP_{it}$ é o logaritmo natural do índice de preços de lavoura permanentedo estado do Pará, por mesorregião, em R\$/t, no período t (t=2000, ..., 2013);

$\ln PLT_{it}$ é o logaritmo natural do índice de preços das lavouras temporária do estado do Pará, por mesorregião, em R\$/t, no período t (t=2000, ..., 2013);

$\ln PLP_{t-3}$ é o logaritmo natural do preço de lavoura permanente do estado do Pará, por mesorregião, em R\$/t, defasada em três períodos, que influencia a oferta dos produtos da lavoura permanente, no período t (t=2000, ..., 2010).

Variáveis exógenas e instrumentais

$\ln ICMS_{it}$ é o logaritmo natural do valor do Imposto sobre Circulação de Mercadoria e Serviço (ICMS) que influencia a demanda dos produtos da lavoura permanente, por mesorregião, no período t (t=2000, ..., 2013);

$\ln ICMS_{t-2}$ é o logaritmo natural do valor do Imposto sobre Circulação de Mercadoria e Serviço (ICMS) defasada em dois períodos que influencia a oferta dos produtos da lavoura permanente, por mesorregião, no período $t-2$ ($t=2000, \dots, 2011$);

$\ln PIB_{it}$ é o logaritmo natural do PIB do estado do Pará por mesorregião, em R\$, que influencia a demanda de produtos da lavoura permanente no período t ($t=2000, \dots, 2013$);

$\ln Chuva_{it}$ é o logaritmo natural da variável chuva que influencia a oferta dos produtos da lavoura permanente, por mesorregião, t ($t=2000, \dots, 2013$);

$\ln QLP_{(t-1)}$ é o logaritmo natural da quantidade de lavoura permanente do estado do Pará, defasada de um período, em R\$, que influencia demanda e oferta dos produtos da lavoura permanente, no período t ($t=2000, \dots, 2012$).

Parâmetros

α é o valor do intercepto geral das equações de demanda e oferta, mantendo igual para todos os *cross-section*;

β são os parâmetros que medem o efeito das variáveis exógenas das equações de demanda e oferta das lavouras permanentes;

γ é o parâmetro que representa o efeito longitudinal que é fixo no tempo;

ϵ_{dt} e ϵ_{ot} são os termos de erro, respectivamente, das equações de demanda e oferta de lavoura permanente.

A equação de demanda de lavoura permanente nas mesorregiões do estado do Pará, no período de 2000 a 2013, foi especificada em função do preço da lavoura permanente, preço da lavoura temporária, ICMS, PIB e quantidade defasada da quantidade de lavoura permanente. De acordo com a teoria econômica do consumidor (MARSHALL, 1982; SANTANA, 2005; VARIAN, 2015), espera-se, conforme a lei de demanda, uma relação inversa entre preço e quantidade demandada, pois na medida em que os preços dos produtos de lavoura permanente aumentem, a quantidade demandada tende a diminuir, *ceteris paribus*.

No que se refere ao Imposto Sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), também se espera uma relação inversa, pois se o imposto aumenta, os preços tendem a se elevar, o que, por sua vez, desestimula o consumo, mantendo as demais variáveis constantes. Analisou-se a variável ICMS, para captar a influência de variáveis de políticas que regulam a demanda dos produtos da lavoura permanente nas mesorregiões do estado do Pará, que ao incidir sobre os preços desses produtos, afeta a decisão de compra dos agentes que atuam neste mercado.

Em contraposição, espera-se uma relação positiva com relação ao PIB, pois na medida em que a renda dos consumidores aumenta, a quantidade demandada dos produtos da lavoura permanente tende a aumentar, *ceteris paribus* (SANTANA, 2005).

No que se refere à oferta dos produtos da lavoura permanente, espera-se uma relação direta e positiva entre quantidade ofertada e preço. Pois de acordo com Santana (2005) e Rossetti (2016), na medida em que se elevarem os preços, a quantidade ofertada dos produtos da lavoura permanente tende a aumentar no estado do Pará, *ceteris paribus*.

No que concerne à variável ICMS, espera-se verificar uma relação inversa, pois a medida que o valor dos impostos aumenta no estado, a quantidade ofertada dos produtos tende a diminuir, *ceteris paribus*, uma vez que contribuem para o aumento dos custos de produção das lavouras permanentes nas mesorregiões paraenses (MANKIW, 2014; ROSSETTI, 2016).

Ademais, no que tange à variável chuva, espera-se obter uma relação negativa com a quantidade ofertada dos produtos das lavouras permanentes, *ceteris paribus* (SANTANA, 2005; SAMUELSON; NORDHAUS, 2012). Este efeito deve-se à forte vulnerabilidade do setor agrícola frente às mudanças nas precipitações pluviométricas, atestadas por diversos trabalhos científicos já desenvolvidos dentro e fora do Brasil (SIQUEIRA et al., 1994; ALVES; EVENSON, 1996; SANGHI et al., 1997; MENDELSON, 2008; LIMA; ALVES, 2008; ASSAD; PINTO, 2008; NOGUEIRA; SANTANA, 2018).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise dos resultados do PFMN castanha-do-brasil

5.1.1 Análise dos resultados do modelo estimado de oferta e demanda de castanha-do-brasil

O modelo foi adequadamente especificado para representar o mercado de castanha-do-brasil da área de estudo no período de 1999 a 2011. O vetor de variáveis exógenas e instrumentais foi corretamente definido, conforme atestado pela estatística J de Hansen, com valor próximo de zero para o sistema de equações da Tabela 1. Essas variáveis explicaram 44,2% e 35,2% das variações nas quantidades demandadas e ofertadas de castanha-do-brasil. Os termos de erro não apresentaram problemas de autocorrelação de primeira ordem.

Tabela 1- Resultados do modelo estimado de oferta e demanda de castanha-do-brasil da área de estudo, oeste do estado do Pará, 1999-2011.

Variável	Coefficiente	Desviopadrão	Estatística t	Probabilidade
Constante	-1,498020	0,458421	-3,267782	0,0072
Preço de castanha-do-brasil	-0,611441	0,136266	-4,487104	0,0004
PIB <i>per capita</i>	1,085164	0,448786	2,417999	0,0288
Preço de açaí	-0,291641	0,037789	-7,717711	0,0000
Constante	-2,269566	2,563625	-0,885296	0,3900
Preço de castanha-do-brasil	0,691773	0,298194	2,319873	0,0349
Chuva	-0,230108	0,078451	-2,933142	0,0128
Preço de Madeira	1,924469	0,432162	4,453120	0,0005
Demanda				
R-quadrado	0,442009	Durbin-Watson stat		1,580480
		J-statistic		0,333516
Oferta				
R-quadrado	0,352362	Durbin-Watson stat		1,694379
		J-statistic		0,333516
Var. exógenas e instrumentais: LOG(PIBPC) LOG(CHUVA) LOG(PAÇAÍ) LOG(QCAST(-1)) LOG(PMAD)				

Fonte: dados da pesquisa.

Os coeficientes de elasticidade da equação de demanda apresentaram sinais de acordo com a teoria do consumidor e significativos a 5%. A quantidade demandada apresentou relação inversa ao comportamento dos preços, assim como o coeficiente da renda foi positivo. Portanto, incremento de 1% no preço da castanha-do-brasil e na renda do consumidor, respectivamente, tende a diminuir a quantidade demandada em -0,61% no mesmo ano e a incrementar a renda de

1,08%, mantendo constante a influência dos demais fatores. Estes resultados indicam, respectivamente, que a demanda da castanha-do-brasil é inelástica a preço e que esta fruta é um bem supérfluo ou superior. Isso evidencia que, mesmo com preços elevados, a população paraense insiste em manter a fruta em sua dieta alimentar, devido, principalmente, às suas propriedades nutricionais (SANTANA et al., 2017).

Este resultado está em conformidade com estudo desenvolvido por Garcia (2011) realizado em mesorregiões paraenses, no período de 2000 a 2009, em que a demanda de castanha foi perfeitamente inelástica (-0,381), e enquadrada como um bem superior, com elasticidade-renda igual a 1,26. Entretanto, situação inversa foi verificada por Santana e Khan (1992), que estimaram a elasticidade-preço para a castanha-do-brasil em -2,631 e elasticidade-renda igual 0,717, indicando que a fruta no estado do Pará possuía demanda elástica e enquadrando-a como um bem normal, demonstrando, respectivamente, que a preços elevados a quantidade demandada da fruta reduziria drasticamente e que a castanha-do-brasil é um produto essencial à dieta do consumidor e seu consumo aumenta menos que proporcionalmente ao aumento da renda.

Santana et al. (2017) estimou elasticidade-preço da demanda da castanha-do-brasil na Amazônia, no período de 1990 a 2010, em -0,222, confirmando que a fruta é um produto inelástico a preço. O resultado estimado por Santana (2015) para a elasticidade-renda da castanha-do-brasil foi igual a 0,819, enquadrando-o como produto essencial ou bem normal, estando, portanto, em conformidade com o resultado obtido por Santana e Khan (1992).

A elasticidade-cruzada da demanda de castanha-do-brasil foi da ordem de -0,291, mostrando que uma variação de 1% no preço do açaí leva à variação de 2,91% na demanda, no mesmo sentido, *ceteris paribus*. Este resultado indica que o açaí é um produto complementar da castanha e contraria o obtido por Garcia (2011), que obteve elasticidade-cruzada igual a 0,904, caracterizando tais produtos como substitutos no consumo. Contudo, é importante acrescentar que no Oeste do Pará o consumo de açaí é totalmente diferente do resto do Pará, ficando concentrado nas famílias rurais e aos mais pobres dos centros urbanos. Naturalmente, no mercado local, o consumo de açaí é pequeno e pouco disseminado no hábito da população local.

Com relação à oferta, os resultados demonstraram coerência com a teoria da produção e foram significativos a pelo menos 5%. A quantidade ofertada respondeu diretamente ao preço contemporâneo da castanha e ao preço da madeira em tora. Assim, com o aumento no preço permanente da castanha-do-brasil de um ponto percentual, a quantidade ofertada tende a

socioeconômico e ambiental dos produtores sem o IMPP, e a linha de oferta de cor azul, representa custo socioeconômico e ambiental dos produtores com o IMPP.

A área delimitada pela oferta e a esquerda do preço de equilíbrio define o excedente socioeconômico e ambiental do produtor e a área situada abaixo da demanda e a direita do preço de equilíbrio representa o benefício socioeconômico do consumidor. A área abaixo da curva de oferta normal (sem alterações nas precipitações pluviométricas), à esquerda da curva de demanda e acima da linha de oferta com a influência das mudanças nas precipitações pluviométricas refere-se à área do impacto das mudanças nas precipitações pluviométricas sobre a produção de castanha-do-brasil (Gráfico 5).

O benefício socioeconômico e ambiental da produção e comercialização da castanha-do-brasil, no período de 1999 a 2011, foi obtido somando-se o excedente do produtor com o excedente do consumidor. O valor monetário desse benefício resultou da soma integral da equação de oferta, definida no intervalo de preço entre R\$ 0,20/kg e R\$ 1,38/kg, que representa o benefício socioeconômico e ambiental do produtor, com o benefício socioeconômico e ambiental do consumidor dado pela integral da equação de demanda, definida entre o preço de equilíbrio R\$ 1,38/kg e o preço R\$ 50,00/kg, que torna a demanda aproximadamente igual a zero.

Assim, foi possível calcular os excedentes dos consumidores e produtores antes e depois dos efeitos das mudanças nas precipitações pluviométricas sobre os castanhais, por meio da aplicação do cálculo integral, e os resultados serão obtidos a seguir.

5.1.3 Situação sem alteração no regime das chuvas

Na situação normal, aplicou-se o cálculo integral para obter o Benefício Socioeconômico e Ambiental Total (BSEAT) da extração e comercialização da castanha-do-brasil sem os efeitos adversos das alterações na precipitação pluviométrica regional, dado pela soma da integral do Excedente do Produtor (EP) e o Excedente do Consumidor (EC). Os resultados foram obtidos da seguinte forma:

$$\begin{aligned}
 \text{BSEAT} &= \text{BSEAT}_{\text{produtor}} + \text{BSEAT}_{\text{consumidor}} \\
 &= \frac{1.728,07}{1,04} + \frac{22.627,61}{1,04} \\
 \text{BSEAT} &= 1.021,455 + 23.258,56 \\
 \text{BSEAT} &= 1.692,78 + 23.258,56 = \text{R\$ } 24.951,34 \text{ mil/ano.}
 \end{aligned}$$

Com base nos resultados, constatou-se que o benefício socioeconômico ambiental gerado por ano, ao longo do período de 1999 a 2011, para a população do oeste do Pará antes do impacto das mudanças na precipitação pluviométrica regional, foi de R\$24.951,34 mil/ano. O benefício socioeconômico ambiental para os consumidores foi de R\$ 23.258,56 mil/ano, cerca de 95,88% dos benefícios totais. Quanto aos produtores, esses obtiveram o retorno de R\$ 1.692,78 mil/ano, o equivalente a 4,12%. Comparativamente, os benefícios gerados aos consumidores (medido pelo excedente do consumidor) foram superiores aos benefícios dos produtores (medido pelo excedente do produtor) (Tabela 2).

5.1.4 Situação com as alterações no regime das chuvas

Na situação com efeito das mudanças na precipitação pluviométrica regional, aplicou-se o cálculo integral para obter o Benefício Socioeconômico e Ambiental Total (BSEAT) da extração e comercialização da castanha-do-brasil, dado pela soma da integral do benefício socioeconômico e ambiental do produtor (excedente do produtor (chuva)) e o benefício socioeconômico e ambiental do consumidor (excedente do consumidor (chuva)). Os resultados foram obtidos da seguinte forma:

$$\begin{aligned}
 \text{BSEAT} &= \text{BSEAT}_{\text{produtor}} + \text{BSEAT}_{\text{consumidor}} \\
 &= \frac{383,35}{1,04} + \frac{22.627,61}{1,04} \\
 \text{BSEAT} &= 170,442 + 23.258,56 \\
 \text{BSEAT} &= 2.990,31 + 17.852,53 = \text{R\$ } 20.842,84 \text{ mil/ano.}
 \end{aligned}$$

Com a mudança na precipitação pluviométrica regional a magnitude do benefício socioeconômico ambiental total anual gerado para a sociedade do Oeste do Pará foi da ordem R\$ 20.842,84 mil/ano. Os consumidores se apropriaram de R\$ 17.852,53 mil/ano, cerca de 85,65% dos benefícios totais, obtendo uma redução de bem-estar social de, aproximadamente, 10,22% (-R\$5.406,03 mil/ano) (Tabela 2). Quanto aos extratores, esses obtiveram a menor parcela, um montante de R\$ 2.990,31 mil/ano, ou seja, 14,35% do benefício total, apresentando um aumento de bem-estar para os extratores de castanha após as alterações na precipitação pluviométrica regional.

Esse resultado decorre da mudança na elasticidade da oferta, uma vez que pelos resultados obtidos, a oferta apresentou comportamento inelástico a preço, e a demanda tornou-se menos inelástica após as mudanças na precipitação pluviométrica regional, e nessas condições, tem-se um cenário mais favorável aos produtores do que aos consumidores. Portanto, com as alterações das precipitações pluviométricas na regional, o benefício socioeconômico ambiental total para a sociedade do Oeste Paraense apresentou uma redução de - R\$ 4.108,49 mil, correspondendo a uma queda de bem-estar social total de 16,46% para a sociedade como um todo (Tabela 2).

$$\begin{aligned} \text{Benefício Socioeconômico Ambiental Total} &= \text{Benefício aos Consumidores} - \text{Benefício aos Extratores} \\ &= \text{R\$ } 20.842,84 - \text{R\$ } 24.951,34 = - \text{R\$ } 4.108,49 \end{aligned}$$

5.1.5 Dinâmica no ajuste do bem-estar da sociedade

A partir da análise dos resultados, constatou-se que a demanda é inelástica a preço, e nessa situação, o incremento de preço gerado pela redução da oferta aumenta os gastos dos consumidores da castanha-do-brasil, o que resulta na compra de uma quantidade menor do produto. Isto contribui diretamente em redução do bem-estar, representado pela queda média no excedente do consumidor de - R\$ 5.406,03 mil/ano, representando diminuição de 10,22% (Tabela 2). Logo, durante o período analisado, constatou-se que as alterações na precipitação pluviométrica regional geraram um custo social à população paraense, suportado, principalmente pelos consumidores da castanha-do-brasil. Isso decorre da menor oferta do fruto nos últimos anos que, por sua vez, contribui para o aumento do preço da fruta no mercado paraense.

Tabela 2- Resultados da análise dos benefícios socioeconômicos gerados anualmente antes e depois das alterações na precipitação pluviométrica regional sobre o sistema de produção da castanha-do-brasil no estado do Pará ó 1999-2011.

Benefício socioeconômico e ambiental	Sem a influência da precipitação	Com a influência da precipitação	Variação do EC/EP/EE	Variação (%)
Excedente Consumidor (R\$ 1.000,00)	23.258,56	17.852,53	-5.406,03	-10,22%
Excedente do Produtor (R\$ 1.000,00)	1.692,78	2.990,31	1.297,53	+14,35%
Excedente Econômico (R\$ 1.000,00)	24.951,34	20.842,84	-4.108,49	-16,46%

Fonte: Resultados da pesquisa.

Como a oferta também é inelástica, o efeito das alterações das precipitações pluviométricas produziu uma diminuição da oferta, ocasionando aumento de preço de equilíbrio de mercado de castanha-do-brasil na região do Oeste do Pará. Este cenário causa um aumento na receita líquida do extrativista da fruta, que se manifesta em melhoria do seu bem-estar, comparativamente à situação de normalidade nos níveis de precipitação pluviométrica. Este efeito produziu uma variação média no excedente do produtor de R\$ 1.297,53 mil/ano, equivalente a 14,35% (Tabela 2). Logo, percebe-se que houve um incremento de bem-estar social dos extrativistas de castanha-do-brasil.

Portanto, tem-se que o resultado desta redistribuição de renda após as mudanças na precipitação pluviométrica regional entre os extrativistas e os consumidores da castanha-do-brasil da região Oeste do Pará foi de ó R\$ 4.108,49 mil/ano, ou queda média de 16,46% de bem-estar social ao longo do período da análise (Tabela 2).

5.2 Análise dos resultados do PFMN óleos de andiroba e copaíba

5.2.1 Análise dos resultados do modelo estimado de demanda e oferta dos óleos de andiroba e copaíba

As variáveis exógenas e instrumentais do sistema de equações explicaram 74,24% e 85,08% das variações nas quantidades demandada e ofertada de óleos na região pesquisada. O teste *J* de Hansen, cujo valor foi 0,2458, indica que o modelo foi especificado adequadamente e não foi detectado autocorrelação serial nos resíduos (Tabela 3). Os coeficientes da equação de demanda são significativos e estão coerentes com a teoria do consumidor.

A demanda é inelástica a preço, pois aumentos de um ponto percentual nos preços reduzem a demanda em 0,41%, *ceteris paribus*. Com relação à renda, estes óleos podem ser classificados como bens de luxo, pois possuem coeficiente de elasticidade-renda superior a um. E, neste caso, para cada aumento de 1% na renda, há um incremento de 1,6% na demanda destes produtos, mantendo outros fatores constantes (Tabela 3).

Tabela 3- Resultados do modelo estimado de oferta e demanda de copaíba e andiroba da área de estudo, oeste do estado do Pará, 1999-2011.

Variável	Coefficiente	Desvio padrão	Estatística t	Probabilidade
Constante	-12,16946	2,971963	-4,094756	0,0010
Preço oleag. Defasado	-0,413322	0,139866	-2,955126	0,0098
PIB <i>per capita</i>	1,599729	0,361188	4,429076	0,0005
Qtde. oleag. Defasado	0,696855	0,084880	8,209865	0,0000
Constante	0,895340	1,171353	0,764364	0,4565
Preço de oleag.	0,396503	0,058403	6,789119	0,0000
Chuva	-0,109544	0,0439027	-2,495155	0,0271
Preço de Madeira	0,442316	0,157719	2,804446	0,0133
Demanda				
R-quadrado	0,742448	Estatística Durbin-Watson	J-statistic	2,111101 0,245830
Oferta				
R-quadrado	0,850802	Estatística Durbin-Watson	J-statistic	2,376299 0,245830
Var. exógenas e instrumentais: LOG(PIBPC) LOG(CHUVA) LOG(QOLEAG(-1)) LOG(PMAD)				

Fonte: dados da pesquisa.

Nesse mercado, a oferta desses óleos cresceu no período 1999-2011 a uma taxa de 3,42% ao ano. Entretanto, os preços reais exibiram crescimento ainda maior, evoluindo a uma taxa de 8,47% ao ano. O comportamento destas variáveis definiu a oferta como inelástica a preços, pois para cada aumento de 10% no preço do produto as quantidades ofertadas sofrem incremento de apenas 3,96%, *ceteris paribus*. A elasticidade cruzada da oferta indicou que a produção de óleo não concorre com o uso de mão de obra, terra e capital no mercado local, pois são considerados produtos conjuntos, uma vez que a árvore que produz óleo também produz madeira, de modo que o aumento no preço de um desses produtos valoriza o outro e induz incremento na produção.

Entretanto, segundo Santana et al. (2015), os preços da madeira em pé da andiroba e da copaíba aumentaram e, como há facilidade de comercialização dessa madeira em face da legalização das áreas de manejo, as comunidades optam pela venda da árvore, dada a

oportunidade de gerar dinheiro imediato, sem incorrer nos custos da extração do óleo. Porém, no horizonte de tempo infinito para o fluxo de extração do óleo, conforme Santana et al. (2012), a atividade extrativa do óleo apresenta um retorno superior ao da extração manejada da árvore, cuja sustentabilidade ainda é uma incógnita. Ademais, as mudanças nas precipitações pluviométricas influenciaram negativamente a produção do óleo vegetal na área de estudo.

5.2.2 Resultados do benefício socioeconômico e ambiental gerados pela extração e comercialização dos óleos de copaíba e andiroba

A partir das estimativas das equações de oferta e demanda dos óleos de andiroba e copaíba, foi possível calcular o BSEAT da extração e comercialização com e sem a influência das alterações nos níveis pluviométricos, conforme descrito a seguir:

$$\text{Demanda normal de óleo: } Q_D = 49,1774 - 0,0002P \quad \dots\dots\dots (18)$$

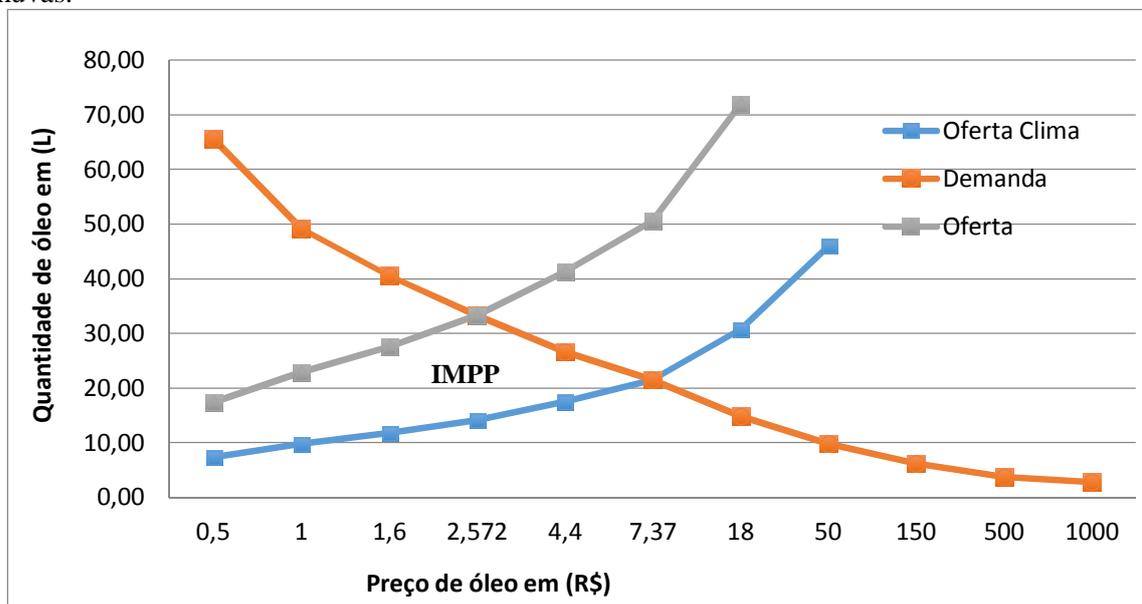
$$\text{Oferta normal de óleo: } Q_S = 22,8822 + 0,0002P \quad \dots\dots\dots (19)$$

$$\text{Oferta de óleo com a influência da mudança no nível pluviométrico: } Q_S = 9,7666 + 0,0002P \quad \dots\dots\dots (20)$$

Dessa maneira, captou-se o efeito de todas as variáveis que influenciaram a demanda e oferta dos óleos com e sem as alterações nos níveis de chuvas, e seguidamente, foram incorporadas, respectivamente, nos parâmetros 49,1774 (c_{10}), 9,7666 (c_{30}) e 22,8822 (c_{20} (chuva)).

O preço de equilíbrio da situação normal é dado por: $P_E = (49,1774 / 22,8822) / (0,0002 - 0,0002)$, obtendo como resultado no equilíbrio normal, quantidade de equilíbrio igual 33,28 litros e preço de equilíbrio igual R\$ 2,57/litro. E por fim, o novo equilíbrio com a influência do nível pluviométrico é dado por $P_E = (49,1774 / 9,7666) / (0,0002 - 0,0002)$, obtendo quantidade de equilíbrio igual 21,54 litros e preço de equilíbrio igual a 7,37/litro (Gráfico 6). No Gráfico 6, é representado o mercado atual dos óleos de andiroba e copaíba, com e sem os Impactos das Mudanças nas Precipitações Pluviométricas (IMPP) sobre sistema produtivo e/ou extrativo.

Gráfico 6-Representação esquemática do excedente do consumidor e do extrator de óleos de andiroba e copaíba, considerando todas as alterações do nível pluviométrico introduzidas pela mudança das chuvas.



Fonte: Resultados da pesquisa.

A linha de oferta de cor cinza representa o custo socioeconômico e ambiental dos produtores sem o IMPP, e a linha de oferta de cor azul representa custo socioeconômico e ambiental dos produtores e/ou extratores com o IMPP.

O Benefício Socioeconômico e Ambiental do Consumidor (BSEAC) ou excedente do consumidor dos óleos de andiroba e copaíba corresponde à área situada abaixo da curva de demanda e à direita do preço de equilíbrio. Já o Benefício Socioeconômico e Ambiental do produtor ou excedente do produtor é representado pela área delimitada pela oferta e à esquerda do preço de equilíbrio dos óleos.

Por outro lado, a área compreendida à esquerda da curva de demanda, abaixo da curva de oferta normal (sem as alterações nas precipitações pluviométricas) e acima da curva de oferta com as mudanças nos níveis de chuvas é denominada de IMPP, que corresponde aos impactos das alterações nas precipitações pluviométricas sobre a extração dos óleos de andiroba e copaíba no período analisado (Gráfico 6).

Por meio da somado excedente do produtor com o excedente do consumidor no período analisado, foi possível obter o benefício socioeconômico e ambiental total da produção e comercialização dos óleos de andiroba e copaíba. Este valor monetário foi proveniente soma da integral da equação de oferta, definida no intervalo de preço entre R\$ 0,50/litro e R\$ 2,57/litro,

dado pela integral da equação de demanda, definida entre o preço de equilíbrio R\$ 2,57/litro e o preço R\$ 1.000,00/litro, que torna a demanda aproximadamente igual a zero.

5.2.3 Situação sem as alterações nas precipitações pluviométricas

Para obter o benefício socioeconômico e ambiental total dos óleos de andiroba e copaíba (BSEATnormal) na situação normal, sem os feitos das alterações das precipitações pluviométricas, foi aplicado cálculo integral, conforme descrito abaixo:

$$\begin{aligned}
 \text{BSEATnormal} &= \int_{2,57}^{1000} Q \, dP + \text{Excedente do consumidor} \\
 &= \int_{2,57}^{1000} 22,8822 \cdot P^{-0,0002} \, dP + \int_{2,57}^{1000} 249,1774 \cdot P^{-0,0002} \, dP \\
 \text{BSEATnormal} &= 16,3854 \cdot P^{0,9998} \Big|_{2,57}^{1000} + 83,8235 \cdot P^{0,9998} \Big|_{2,57}^{1000} \\
 \text{BSEATnormal} &= 55,07 + 4.678,02 = \text{R\$ } 4.733,08 \text{ mil/ano.}
 \end{aligned}$$

O benefício socioeconômico e ambiental total dos óleos de andiroba e copaíba antes das mudanças no nível pluviométrico foi estimado em R\$ 4.733,08 mil/ano no período de 1999 a 2011. Quanto à distribuição desses benefícios entre produtores e consumidores, os resultados indicam um valor de R\$ 55,07 mil para os produtores e R\$ 4.678,02 mil para os consumidores. Este resultado indica que a maior parcela dos benefícios socioeconômicos e ambientais da produção e extração de óleos de andiroba e copaíba captada pelos consumidores é, em média, 98,83% do benefício total, ao passo que a parcela atribuída aos produtores é da ordem de 1,17% (R\$55,07 mil) do benefício total.

5.2.4 Situação com efeito das mudanças nas precipitações pluviométricas

Por outro lado, o benefício socioeconômico e ambiental total do óleo BSEAT depois da influência da mudança no nível pluviométrico é a soma do excedente do produtor com o excedente do consumidor. O resultado foi obtido da seguinte forma:

$$\begin{aligned}
 \text{BSEAT} &= \text{Excedente do produtor} + \text{Excedente do consumidor} \\
 &= 29,7566 \cdot \text{PC} + 49,1774 \cdot \text{PC} \\
 &= 6,9864 \cdot \text{PO} + 33,8235 \cdot \text{PO} \\
 &= 111,02 + 4.553,34 = \text{R\$ } 4.664,37 \text{ mil/ano.}
 \end{aligned}$$

O benefício socioeconômico e ambiental total do óleo gerado, considerando a influência das mudanças no nível pluviométrico no período analisado, foi igual a R\$ 4.664,37 mil/ano. Este resultado indica que houve uma diminuição na produção de óleo, resultando num deslocamento da curva de oferta para direita e para baixo, diminuindo o excedente do consumidor e aumentando o de produtor. Constatou-se que os produtores se apropriaram de R\$ 111,02 mil, cerca de 2,38% dos benefícios totais, apresentando um aumento de bem-estar para os extratores de óleo. Por outro lado, os consumidores foram os mais prejudicados com os efeitos das mudanças no nível pluviométrico, com R\$ 4.553,34 mil, cerca de 97,62% dos retornos totais, obtendo uma redução de bem-estar social de aproximadamente 1,21% (-R\$124,68 mil).

5.2.5 Custo socioeconômico e ambiental do efeito da mudança no nível pluviométrico

Os resultados obtidos mostram que, no período de 1999 a 2011, devido às mudanças no nível pluviométrico, houve uma diminuição do benefício socioeconômico e ambiental oriundo da produção e extração de óleo de andiroba e copaíba da ordem de - R\$68,72 mil/ano. Este resultado indica que houve um decréscimo de bem-estar, da ordem de -1,45% para a sociedade como um todo.

$$\begin{aligned}
 \text{Benefício Socioeconômico e Ambiental} &= \text{Benefício Socioeconômico e Ambiental} - \text{Benefício Socioeconômico e Ambiental} \\
 &= \text{R\$ } 4.664,37 - \text{R\$ } 4.733,08 = - \text{R\$ } 68,72 \text{ mil/ano.}
 \end{aligned}$$

5.2.6 Dinâmica no ajuste do bem-estar da sociedade

Como a oferta é inelástica, o efeito da distribuição adversa das chuvas produziu uma redução da oferta, produzindo um aumento de preço no novo equilíbrio do mercado. Esta

situação produz um incremento na receita operacional líquida do extrativista, que se traduz em melhoria do seu bem-estar, relativamente à situação de normalidade do nível pluviométrico. Este efeito produziu uma variação média no excedente do produtor de R\$ 55,97 mil/ano, equivalente a 101,61% (Tabela 4).

Tabela 4- Resultados da análise dos benefícios socioeconômicos gerados anualmente antes e depois da mudança no nível pluviométrico sobre o sistema de produção dos óleos de andiroba e copaíba no estado do Pará ó 1999-2011.

Benefício socioeconômico e ambiental	Sem a influência da precipitação	Com a influência da precipitação	Variação do EC/EP/EE	Variação (%)
Excedente Consumidor (R\$ 1.000,00)	4.678,02	4.553,34	-124,68	-2,67%
Excedente do Produtor (R\$ 1.000,00)	55,07	111,02	55,95	+101,61%
Excedente Econômico (R\$ 1.000,00)	4.733,08	4.664,37	-68,72	-1,45%

Fonte: Resultados da pesquisa.

Do lado do consumidor, como a demanda também é inelástica, o aumento de preço gerado pela redução da oferta incrementa os gastos do consumidor na aquisição de uma quantidade menor dos óleos. Isto se traduz diretamente em redução do bem-estar, representado pela queda média no excedente do consumidor de - R\$ 124,67 mil/ano, representando diminuição de 2,67% (Tabela 4). Como resultado, tem-se que o resultado desta redistribuição de renda entre os extrativistas e os consumidores dos óleos de andiroba e copaíba da região Oeste do Pará, foi de - R\$ 68,72 mil/ano, ou queda média de 1,45% ao longo do período da análise (Tabela 4).

5.3 Análise dos resultados dos produtos da lavoura permanente

5.3.1 Análise dos resultados do modelo estimado de demanda dos produtos da lavoura Permanente

Com relação aos resultados obtidos para a equação de demanda de lavoura permanente das mesorregiões do estado do Pará, constatou-se que 78,27% das variações nas quantidades demandadas de lavouras permanentes foram explicadas diretamente por variações simultâneas

das variáveis preço de lavoura permanente, preço da lavoura temporária, ICMS, PIB e quantidade defasada em um período de lavoura permanente.

A estatística F é diferente de zero a 1% de probabilidade de erro, atestando que a equação estimada de efeito dinâmico é adequada ao fenômeno estudado. O resultado de Durbin-Watson (2,15) indicou ausência de autocorrelação serial nos resíduos. Dessa forma, constatou-se que a equação estimada para representar a demanda de lavoura permanente nas mesorregiões do estado do Pará foi consistente e robusta (Tabela 5). Contudo, os coeficientes obtidos para as variáveis ICMS e PIB não foram significativos.

Os sinais dos coeficientes estimados para a equação de demanda de lavoura permanente das mesorregiões do estado do Pará estão de acordo com a lei de demanda, que descreve que o preço varia inversamente à quantidade demandada de bens e serviços, apresentando, portanto, sinal negativo, *ceteris paribus* (VARIAN, 2015).

Tabela 5-Resultados da estimação da equação de demanda de lavoura permanente nas mesorregiões no estado do Pará, 2000-2013.

Variável dependente: $\ln(QLP)$

Variável	Coefficiente	Desvio padrão	Estatística t	Probabilidade
C	1,090391	0,358219	3,043923	0,0025
LOGIPRLP	-0,065936	0,038439	-1,715342	0,0869
LOGIPRLT	0,131528	0,070568	1,863840	0,0629
LOGICMS	-0,146902	0,141819	-1,035844	0,3008
LOGPIB	0,081760	0,116525	0,701652	0,4832
LOGIQLP(-1)	0,825058	0,028571	28,87761	0,0000
R-quadrado	0,782721	Média da variável depend.		2,728240
Desvio Padrão regre	0,164464	Desvio pad. da var. depend.		0,349303
Soma quad. resid	13,33491	Critério de inform. Akaike		-0,750663
Prob. Log	200,1671	Critério Schwarz		-0,658504
Estatística F	177,5968	Critério Hannan-Quinn		-0,714512
Prob(Estatística F)	0,000000	Estatística Durbin-Watson		2,158559

Fonte: Dados do IBGE, SEFA e INMET.

Variáveis incluídas no modelo: $\ln(QLP)$ é logaritmo natural da quantidade demandada de lavoura permanente; LOGIPRLP é logaritmo natural do preço de lavoura permanente; LOGIPRLT é o logaritmo natural do preço de lavoura temporária; LOGICMS é o logaritmo natural é o valor do imposto sobre circulação de mercadoria e serviço; LOGPIB logaritmo natural do Produto Interno Bruto (PIB); LOGIQLP(-1) logaritmo natural da quantidade demandada de lavoura permanente defasada no tempo.

O modelo em questão foi estimado na forma logarítmica; dessa forma, os coeficientes podem ser interpretados diretamente como elasticidades. No que se refere à elasticidade-preço da demanda da lavoura permanente, o coeficiente foi igual -0,0659, indicando que a demanda foi inelástica a preço. Assim, para cada variação de 10% no preço dos produtos da lavoura

permanente, a quantidade demandada diminuiu em 0,65%, *ceteris paribus*. Logo, este resultado torna a demanda menos sensível às variações de preços e pouco afeta os gastos dos consumidores.

Este resultado está coerente com os resultados obtidos por Falesi et al. (2010), que estimaram a elasticidade-preço para frutas de lavoura permanente no Nordeste paraense e identificaram comportamento inelástico (-0,536) em relação à demanda. Santana et al. (2011) também obtiveram resultado semelhante ao analisar o mercado de frutas no estado do Pará, com elasticidade-preço igual -0,68, mostrando que a demanda foi inelástica a preço no período de 1985 a 2005.

A elasticidade-cruzada entre lavoura permanente e temporária apresentou coeficiente igual a 0,131. Logo, foram classificados como produtos substitutos no consumo nas mesorregiões paraenses. Dessa forma, para cada aumento de 10% no preço dos produtos da lavoura temporária, a quantidade demanda de produtos da lavoura permanente aumentou 1,31% no período analisado, *ceteris paribus*.

No que se refere à quantidade de lavoura permanente defasada em um período, o coeficiente foi igual a 0,8250, indicando que a quantidade demandada desses produtos deverá aumentar 8,25%, *ceteris paribus*.

5.3.2 Análise dos resultados do modelo estimado de oferta dos produtos da lavoura Permanente

Com relação à oferta, têm-se que os resultados estão em conformidade com a teoria firma. A partir da análise dos dados, constatou-se que, os parâmetros estimados da equação de oferta dos produtos da lavoura permanente nas mesorregiões paraenses, no período de 2002 a 2013, foram significativos a 1% de probabilidade, apresentando, portanto, resultados consistentes e significativos, conforme apresentado na Tabela 6.

O coeficiente de determinação foi igual a 0,891, indicando que 89,1% das variações ocorridas na quantidade ofertada de produtos das lavouras permanentes são explicadas pelas variáveis: preço de lavoura permanente, defasada em três períodos; preço da lavoura temporária, precipitação pluviométrica, ICMS, defasado em dois períodos; e quantidade de produtos das lavouras permanentes, defasada em um período.

A estatística F foi diferente de zero e significativo a 1% de probabilidade e o teste de Durbin-Watson (1,12) apresentou ausência de autocorrelação serial entre os resíduos, atestando a adequabilidade do modelo ao fenômeno estudado (Tabela 6).

Tabela 6- Resultados da estimação da equação de oferta de lavoura permanente nas mesorregiões no estado do Pará

Variável dependente: LOG(IQLP)

Variável	Coefficiente	Desvio padrão	Estatística t	Probabilidade
C	0,519866	0,371151	1,400687	0,1620
LOG(IPRLP(-3))	0,258887	0,030046	8,616399	0,0000
LOG(IPRLT)	-0,256657	0,051267	-5,006232	0,0000
LOG(PCHUVA)	-0,381888	0,078322	-4,875884	0,0000
LOG(ICMS(-2))	0,103365	0,018799	5,498381	0,0000
LOG(IQLP(-1))	0,944644	0,019903	47,46227	0,0000
R-quadrado	0,891485	Média var. dependente		6,369649
Desvio pad. regre	0,240342	Desvio pad. depend.		0,721087
Estatística F	345,8650	Soma quad. resid.		24,31882
Prob(Estatistic F)	0,000000	Estat. Durbin-Watson		1,127346
Unweighted Statistics				
R-quadrado	0,891485	Média var. dependente		6,369649
Soma quad. resid	24,31882	Estat. Durbin-Watson		1,127346

Fonte: Dados do IBGE, SEFA e INMET.

Variáveis incluídas no modelo: LOGQLP é logaritmo natural da quantidade ofertada de lavoura permanente; LOGIPRLP é logaritmo natural do preço de lavoura permanente, defasada em três períodos; LOGIPRLT é o logaritmo natural do preço de lavoura temporária; LOGICMS é o logaritmo natural, é o valor do imposto sobre circulação de mercadoria e serviço, defasado em dois períodos; LOGCHUVA é o logaritmo natural da variável chuva; LOGIQLP(-1) logaritmo natural da quantidade ofertada de lavoura permanente, defasada em um período.

A equação de oferta de lavoura permanente das mesorregiões do estado do Pará foi especificada na forma logarítmica, o que permite a interpretação dos parâmetros estimados diretamente como elasticidades. O preço apresentou sinal positivo, indicando uma relação direta com a quantidade ofertada dos produtos da lavoura permanente, sugerindo que o aumento nos preços contribuiu para o incremento da quantidade ofertada desses produtos no período analisado, estando, portanto, de acordo com os postulados microeconômicos (SANTANA, 2005; VARIAN, 2015).

De acordo com Santana e Santos (2000), o coeficiente da elasticidade-preço da oferta de lavoura permanente (preço defasado em dois períodos) se refere ao grau de sensibilidade da quantidade ofertada em relação a uma dada variação percentual no preço.

O resultado do coeficiente-preço da oferta de lavoura permanente nas mesorregiões do estado do Pará foi igual a 0,258, indicando que são produtos de oferta inelástica a preço, refletindo uma fraca reação percentual da quantidade ofertada dos produtos da lavoura permanente em função das variações do preço. Logo, para cada aumento de 10% no preço dos produtos da lavoura permanente, a quantidade ofertada aumentou 2,58%, *ceteris paribus*. Este

resultado está em conformidade com estudo desenvolvido por Falesi et al. (2010), que analisou a dinâmica das frutas de lavouras permanentes no Nordeste paraense no período de 1985 a 2005, e obteve elasticidade-preço da oferta igual a 0,9998, também classificada como inelástica a preço.

De modo semelhante, Santana et al. (2011) calculou a elasticidade-preço da oferta de frutas no período de 1995 a 2005, no estado do Pará, e também atestou comportamento inelástico igual a 0,362, assim como Santana (1995), que estimou a elasticidade preço da oferta de laranja em 0,191, assinalando a fraca reação percentual na quantidade ofertada destes produtos em relação às variações de preço no mercado paraense.

No que concerne à elasticidade-cruzada das quantidades ofertadas de lavouras permanentes em relação aos preços das lavouras temporárias, o coeficiente foi igual a -0,256, indicando que para cada elevação de 10% no preço de lavouras temporárias, ocorrerá um deslocamento na ordem de 2,56% para a direita da curva de oferta. Nesse sentido, constatou-se que são atividades que competem por terra, capital, mão de obra e insumos de maneira geral. Este resultado está em conformidade com o estudo desenvolvido por Falesi et al. (2010), que estimou a elasticidade preço-cruzada das quantidades ofertadas de frutas em relação a outras lavouras no Nordeste paraense e constatou coeficiente de elasticidade-preço igual a -0,4747, confirmando que se trata de bens competitivos por insumos, como terra, capital e trabalho.

Com relação à variável chuva, obteve-se elasticidade igual a -0,3818, indicando uma relação inversa entre quantidade ofertada dos produtos da lavoura permanente e as mudanças no regime das chuvas nas mesorregiões paraenses. Este resultado demonstra a relação negativa entre a produção de lavouras permanentes e as alterações ocorridas nos níveis de chuvas no período analisado. Este resultado está coerente com a pesquisa desenvolvida por Santana et al. (2015) na região da transamazônica e BR-163 no estado do Pará, que analisou os impactos das variações de precipitações pluviométricas sobre a oferta de café, coco-da-baía, laranja, mamão etc. e atestou diminuição da oferta destes produtos em função das variações dos níveis pluviométricos.

Dohler et al. (2016) também constataram em estudo desenvolvido em municípios do Espírito Santo, onde a diminuição das chuvas ocasionou aumento de demanda hídrica das culturas de mamão e café, o que, por sua vez, contribuiu para a redução da área plantada, impactando negativamente na produção. Nesse sentido, percebe-se o impacto negativo das mudanças nas precipitações pluviométricas sobre as lavouras permanentes.

No que se refere à variável ICMS o coeficiente igual a 0,103, indicando uma relação positiva entre quantidade ofertada dos produtos da lavoura permanente e imposto. Como o ICMS não é, especificamente, da atividade agrícola e sim o agregado para as mesorregiões, pode-se presumir que a variável agregada mascara o efeito do imposto sobre a lavoura permanente, sobretudo se verificado que a participação das lavouras permanentes no valor total do ICMS é pequeno.

Finalmente, com relação à variável quantidade de lavoura permanente defasada em um período, obteve-se coeficiente igual a 0,944. Este resultado mostra uma relação positiva com a quantidade ofertada de lavouras permanentes no período analisado. Constatou-se, portanto, que bons resultados obtidos em um ano de safra provoca um efeito positivo em relação à safra do ano seguinte das lavouras permanentes nas mesorregiões do estado do Pará.

6 CONCLUSÕES

No período analisado, constatou-se que a demanda e a oferta de castanha-do-brasil, óleos de andiroba e copaíba e lavoura permanente foram inelásticas a preço. A elasticidade-renda da demanda caracterizou a castanha-do-brasil e óleos de andiroba e copaíba como um bem superior, e os produtos da lavoura permanentes como normais ou essenciais ao consumo. A elasticidade-cruzada indicou uma relação de complementariedade entre o açaí e a castanha-do-brasil e substituição entre os produtos das lavouras temporárias e permanente na área de estudo. E, por fim, a quantidade de lavoura permanente defasada em um período indicou que a quantidade demandada deverá aumentar em 8,25%.

Com relação à oferta da castanha-do-brasil, constatou-se que quantidade ofertada aumentou 0,692% e 1,924% quando houve, respectivamente, aumento no preço castanha-do-brasil e da madeira. A elasticidade cruzada da oferta indicou que a madeira não compete com o uso de mão de obra, terra e capital no mercado local com a produção tanto da castanha-do-brasil como dos óleos de andiroba e copaíba. No que concerne aos produtos da lavoura permanente, a elasticidade-cruzada indicou que, nas mesorregiões paraenses, as lavouras temporárias e permanentes competem por fatores de produção como terra, mão de obra e insumos.

Ademais, as variações no nível pluviométrico influenciaram, negativamente, a produção e oferta de castanha-do-brasil, andiroba e copaíba e produtos da lavoura permanente na área de estudo. Este resultado demonstra a dependência do setor extrativo e agrícola frente às mudanças nos níveis de chuvas na área de estudo.

Em relação à avaliação do benefício socioeconômico ambiental total, constatou-se que com a alteração das precipitações pluviométricas no sistema de produção de castanha-do-brasil, houve redução do benefício socioeconômico e ambiental de 16,46% em relação ao benefício obtido antes da mudança nas precipitações pluviométricas (R\$ 24.951,34 mil). Com as mudanças nos níveis de chuvas, o bem-estar dos consumidores diminuiu 10,22%, tendo perda de R\$5.406,03 mil/ano. Houve um aumento de bem-estar para os produtores de castanha com as mudanças nas precipitações pluviométricas. Entretanto, os custos sociais oriundos dessas mudanças como uma decorrência do desmatamento e queimadas na região afetaram negativamente toda a população, com perda anual de bem-estar social no valor de R\$ 4.108,49 mil/ano.

Quanto ao benefício socioeconômico e ambiental da extração e comercialização dos óleos, houve decréscimo de bem-estar social de -R\$68,72 mil após as mudanças no nível pluviométrico, uma perda de 1,45% em relação ao benefício obtido antes da mudança no nível das chuvas. No que se refere à distribuição dos benefícios depois das alterações no nível pluviométrico, consumidores foram os principais prejudicados, com uma perda de R\$ 124,67 mil/ano. Entretanto, constatou-se após as mudanças do nível pluviométrico aumento no excedente do produtor de R\$ 55,97 mil/ano, resultante do aumento do preço, contribuindo para ampliação do bem-estar dos extratores dos óleos. Essa tendência corrobora com a crescente absorção de mão de obra no meio extrativista, gerando emprego e renda na região das reservas, o que tende a fixar os extrativistas na área de estudo.

A mudança na precipitação afetou a produção e a comercialização da castanha-do-brasil e dos óleos de andiroba e de copaíba, causando a diminuição da oferta e, por sua vez, aumentando os preços de equilíbrio desses PFNM com impacto nos excedentes do consumidor e produtor no oeste do Pará.

Os resultados da tese respaldam a implementação de políticas públicas de garantia de renda aos produtores por meio da disponibilidade de crédito para a utilização de tecnologia de irrigação, assim como seguro agrícola contra os eventos atípicos das precipitações pluviométricas no estado do Pará. Adicionalmente, contribuem para o ajustamento da Política de Garantia de Preços Mínimo para os produtos da Sociobiodiversidade e da agricultura familiar.

REFERÊNCIAS

- ALVES, D. C. O.; EVENSON, R. E. Global warming impacts on brazilian agriculture: estimates of the Ricardian Model. In: CONFERENCE ON ENVIRONMENTAL ECONOMICS IN BRAZIL, 1996, São Paulo, SP. **Conferência...**São Paulo: IME-USP, 1996. p. B30-B31.
- ARAÚJO, P. H. C. et al. Efeitos da seca sobre a produtividade agrícola dos municípios da região Nordeste. In: IX ENCONTRO DE ECONOMIA BAIANA, 9., 2013, Salvador. **Anais...**, Salvador, 2013.
- ARAÚJO, P. H. C.; SILVA, F. F. de.; FÉRES, J. G.; BRAGA, M. J. Uma Análise do Impacto das Mudanças Climáticas na Produtividade Agrícola da Região Nordeste do Brasil. In: ENCONTRO REGIONAL DE ECONOMIA, 16., 2011, Fortaleza. **Anais...** Crescimento econômico e redução da pobreza, Fortaleza, 2011.
- ASSAD, E. D.; PINTO, H. S. **Aquecimento Global e a Nova Geografia da produção Agrícola no Brasil**. 1. ed. Brasília, DF: Embaixada Britânica, 2008. v. 1. 82 p.
- 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.
- BALTAGI, B. H. **Econometric analysis of panel data**. West Sussex: John Willey & Sons, 2001.
- BUAINAIN, A. M.; GARCIA, J. R. Os pequenos produtores rurais mais pobres ainda têm alguma chance como agricultores? In: _____. **A pequena produção rural e as tendências do desenvolvimento agrário brasileiro: ganhar tempo é possível?**. 1. ed. Brasília, DF: CGEE - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2013, v. 1, p. 29-70.
- CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA ó CEPEA/ESALQ/USP. 2011. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/pib/>>. Acesso em: 21 set. 2014.
- CORREIA, F. W. S. **Modelagem do impacto de modificações da cobertura vegetal amazônica no clima regional e global**. 2005. Tese (Doutorado), INPE, São José dos Campos, 2005.
- COSTANZA, R. et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 15, n. 2, p.253-260, 1997. Disponível em: <<http://www.nature.com/nature/journal/v387/n6630/full/387253a0.html>> Acesso em: 21 set. 2014.
- CUNHA, D. A. da. **Efeitos das mudanças climáticas globais na agricultura brasileira: análise da irrigação como estratégia adaptativa**. Tese (Doutorado)- Universidade Federal de Viçosa- Viçosa, MG, 2011.128f.
- CUNHA, D. A. da. Avaliação de impactos e adaptação às mudanças climáticas: modelos de análise do setor agrícola. **Revista de economia e agronegócio**, v.10, n. 2, 2013.

CUNHA, D. A.; REIS, D. I. Efeitos das mudanças climáticas no setor agrícola do estado de Minas Gerais. **Revista de economia e agronegócio**, v. 10, n. 3, p. 309-334, 2015. Acesso em 15 de setembro de 2017. Disponível em: <<http://www.revistarea.ufv.br/index.php/rea/article/viewFile/206/224>>. Acesso em: 21 set. 2014.

DALY, H.; FARLEY, J. **Economia ecológica: princípios e aplicações**. Lisboa: Instituto Piaget, 2004.

DÊSCHENES, O.; GREENSTONE, M. The economic impacts of climate change: evidence from agricultural output and random fluctuations in weather. **American Economic Review**. Ed. 97, v. 1, p. 354-85, 2007.

DOHLER, R. E.; KLIPPEL, A. H.; XAVIER, A. C. Efeito das mudanças climáticas na demanda de irrigação na cultura do café conilon e do mamoeiro no Espírito Santo. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 10, n. 1, p. 83 - 87, jan./mar. 2016.

EVIEWS7. **User's Guide II**. Irvine-CA: QMS, 2012. 818p.

EVIEWS 9.5. **User's Guide II**. Irvine-CA: QMS, 2017.

EL SERAFY, S. Pricing the invaluable: the value of the world's ecosystem services and natural capital. **Ecological Economics**, New Hampshire, v.25, n.1, p.256-27, 1998. Disponível em: <[http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921-8009\(98\)00009-3](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921-8009(98)00009-3)> Acesso em: 10 out. 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- EMBRAPA. Cultivo de Soja no Cerrado de Roraima, 2009. In: _____. **Sistemas de Produção**, 1. ed. Versão eletrônica, set/2009. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Soja/CultivodeSojanoCerradodeRoraima/autores.htm>>. Acesso em: 12 out. 2014.

FALESI, L. A. et al. Dinâmica do mercado de frutas na mesorregião Nordeste Paraense no período de 1985-2005: produção e preços. **Revista Teoria e Evidência Econômica**, v. 16, p.306-326, 2010.

FARBER, S. C.; COSTANZA, R.; WILSON, M. A. Economic and ecological concepts for valuing ecosystem services. **Ecological Economics**, v. 41, n. 2, p.374-392, 2002. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800902000885>>. Acesso em: 12 out. 2014.

FAO - United Nations Food and Agriculture Organization. **The state of food and agriculture: paying farmers for environmental services**. Rome: FAO, 2007. Disponível em: <www.fao.org/3/a-a1200e.pdf>. Acesso em: 9 jun. 2018.

FERGUSON, C. E. **Microeconomia**. Rio de Janeiro: Forense, 1992. 624p.

FÉRES, J. G.; REIS, E.; SPERANZA, J. Mudanças climáticas globais e seus impactos sobre os padrões de uso do solo no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 27, Foz de Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: ANPEC, 2009. Disponível em: <http://www.anpec.org.br/encontro_2009.ht>. Acesso em: 12 out. 2014.

FERREIRA, P. S.; GOMES, V. P.; SANTOS, A. M.; SOUZA, W. M.; GALVÍNCIO, J. D. Mudanças climáticas e a Geopotencialidade à fruticultura em municípios de Pernambuco: subsídios à agricultura familiar. **Caderno de Geografia**, v.26, n.46, 2016. Acessado em 17 de agosto de 2017. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/html/3332/333246778013/>>. Acesso em: 12 out. 2014.

FISHER, A. C.; HANEMANN, W. M.; ROBERTS, M. J.; SCHLENKER, W. (2009). **Climate change and agriculture reconsidered**. Disponível em: <<http://www.columbia.edu/~ws2162/agClimateChange/agClimateChange.pdf>>. Acesso em: out. 2014.

GARCIA, W. S. **O Mercado de produtos florestais não madeireiros no Estado do Pará: açaí e castanha do Pará**. 2011. 73f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2011, 73p.

GASH, J. H. C.; NOBRE, C. A. Climatic effects of Amazonian deforestation: Some results from Abracosö. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v.78, n.5, p.823-830.1997.

GATTI, L.V. et al. Drought sensitivity of Amazonian carbon balance revealed by atmospheric measurements. **Nature**, v. 506, p. 76-80, 2014.

GREENE, W. H. **Econometric analysis**. New Jersey: Prentice Hall, 2011. 1075p.

GRILICHES, Z. Research costs and social returns: hybrid corn and related innovations. **Journal of Political Economy**, v.66, n.3, p.419-431, 1958.

GUANZIROLI, C. E., BUAINAIN, A. M.; DI SABBATO, A dez anos de evolução da agricultura familiar no Brasil: (1996 e 2006). **RESR**, Piracicaba-SP, v. 50, n. 2, p. 351-370, abr./jun.2012 (Impressa em Maio de 2012).

GUJARATI, D. N., **Econometria Básica**. 4. ed. São Paulo: Pearson, 2006.

HAHMANN, A.; DICKINSON, R. E. RCCM2-BATS model over tropical South America: applications to tropical deforestation. **Journal of Climate**, v. 10, 1944-1964, 1997.

HANSEN, L. P. Large sample properties of generalized method of moments estimators. **Econometrica**, v. 50, n. 4, p.1029-1054, 1982.

HSIAO, C. **Analysis of panel data**. 3. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.

HOLLAND, M.; XAVIER, C. L. Dinâmica e competitividade setorial das exportações brasileiras: uma análise de painel para o período recente. **Economia e Sociedade**, Campinas, v. 14, n. 1, 24, p. 85-108, jan./jun. 2005.

IBGE. **Divisão regional do Brasil em mesorregiões e microrregiões geográficas**. Rio de Janeiro, 1990.v.1,

_____. **Censo agropecuário de 2006**. Rio de Janeiro: IBG, 2009. p.1-777.

_____. **IBGE estatísticas**. 2010. Disponível em: <http://downloads.ibge.gov.br/downloads_estatisticas.htm>. Acesso em 4 set. 2014.

_____. **Banco de Dados SIDRA**. 2016. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20 jan. 2017.

_____. **IBGE estatísticas**. 2016. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9105-producao-da-extracao-vegetal-e-da-silvicultura.html?=&t=notas-tecnicas>>. Acesso em set. 2017.

IVANOV, G. B. **Influência de variáveis dendrométricas, anatômicas e ambientais na produção de frutos e sementes de *Bertholletia excelsa* H. B. K.** 2011. 96f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

KAINER, K. A.; WADT, L. H. O.; STAUDHAMMER, C. L. Explaining variation in Brazil nut fruit production. **Forest Ecology and Management**, v. 250, p. 244-255, 2007. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112707004252>>. Acesso em: set. 2017.

KAMINSKI, J.; KAN, I.; FLEISCHER, A. A Structural Land-Use Analysis of Agricultural Adaptation to Climate Change: A Proactive Approach. **American Journal of Agricultural Economics**, Volume 95, Issue 1, 1 January 2013, Pages 706-93. Disponível em: <<https://doi.org/10.1093/ajae/aas075>>. Acesso em: set. 2017.

KRAG, M. N.; SANTANA, A. C. de. A cadeia produtiva da castanha-do-brasil na região da Calha Norte, Pará, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais**, v.12, p.363 - 386, 2017. Disponível em: <https://issuu.com/bgoeldi_cn/docs/naturais_v12n3>. Acesso em: set. 2017.

KIRSCH, H. M. SCHNEIDER, S. Vulnerabilidade social às mudanças climáticas em contextos rurais. **Revista brasileira de ciências sociais**, v. 31, n° 91, jun.2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.17666/319106/2016>>. Acesso em: 4 set. 2017.

KOSHIYAMA, D.; FOCHEZATTO, A. Crescimento econômico e desigualdade de renda no Brasil: uma análise de causalidade de granger com dados em painel. **Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos**, v. 6, n. 2, p. 36-47, 2012.

LEWIS, S. L. et al. Changing ecology of tropical forests: evidence and drivers. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, v. 40, p. 529-549, 2009.

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. DOI: Disponível em: <<https://doi.org/10.2307/1240160>> Acesso em: 4 set. 2017.

- LIMA, M.; ALVES, B. Vulnerabilidades, impactos e adaptação à mudança do clima no setor agropecuário e solos agrícolas. **Parcerias estratégicas**, Brasília, DF; n.27, dez. 2008.
- LIMA, M. A. de. Agropecuária Brasileira e as mudanças climáticas globais: caracterização do problema, oportunidades e desafios. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v.19, n. 3, p.451-472, set./dez. 2002.
- LITRE, G. et al. O desafio da comunicação da pesquisa sobre riscos climáticos na agricultura familiar: a experiência de uso de cartilha educativa no semiárido nordestino. **Desenvolv. Meio Ambiente**, v. 40, p. 207-228, abr. 2017.
- LORETO, F.; CENTRITTO, M.; CHARTZOULAKIS, K. Photosynthetic limitations in olive cultivars with different sensitivity to salt stress. **Plant Cell and Environment**, v. 26, p. 595-601, 2003.
- MAFAKHERI, A. et al. Effect of drought stress on yield, proline and chlorophyll contents in three chickpea cultivars. **Australian Journal of Crop Science**, v.4, p. 580-585, 2010.
- MALHI, Y. et al. Carbon dioxide transfer over a Central Amazonian rain forest. **Journal of Geophysical Research**, v.103, p. 31593-31612, 1998.
- MANKIW, N. G. **Introdução a economia**: princípios de micro e macroeconomia. 6.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.
- MARSHALL, A. **Princípios de economia**: tratado introdutório. Tradução Rômulo de Almeida e Ottolmy Strauch. São Paulo: Abril cultural, 1982. 271 p.
- MARQUES, L. D. Modelos dinâmicos com dados em painel: revisão da literatura. **Working Papers**, Portugal, CEMPRE, n. 100, 2000.
- MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal**: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. 3. ed. Viçosa: UFV, 2009. 486 p.
- MARENCO, R. A. et al. Fisiologia de espécies florestais da Amazônia: fotossíntese, respiração e relações hídricas. **Revista Ceres**, v. 61, p.786-799, 2014.
- MAS-COLELL, A.; WHINSTON, M.; GREEN, J. R. **Microeconomia theory**. New York: Oxford University Press, 1995. 981p.
- MENDELSON, R. The Impact of Climate Change on Agriculture in Developing Countries, **Journal of Natural Resources Policy Research**, v.1, n. 1, p. 5-19, 2008.
- MENDELSON, R.; DINAR, A.; SANGHI, A. The effect of development on the climate sensitivity of agriculture. **Environment and Development Economics**, v. 6, p. 85-101, 2001.
- MENDELSON, R.; SEO, N. Changing farm types and irrigation as an adaptation to climate change in Latin American agriculture. **World Bank Policy Research Working Paper**, n. 4161. 2007. Disponível em: <<https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/7197/wps4161.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 4 jul. 2015.

MORELLATO, L. P. C. et al. Estudo comparativo da fenologia de espécies arbóreas de floresta de altitude e floresta mesófila semidecídua na Serra do Japi, Jundiá, São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica**, v.12, p. 85-98,1989.

MORELLATO, L. P. C. **Estudo da fenologia de árvores, arbustos e lianas de uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil**. 1991. 203f. Tese (Doutorado), Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 203p, 1991.

MORELLATO, L. P. C. Sazonalidade e dinâmica de ecossistemas florestais na Serra do Japi. In: MORELLATO L. P. C. (Ed.) **História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no Sudeste do Brasil**. Campinas, SP:UNICAP; Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, 1992.p. 98-110.

NOBRE, C. A.; SELLERS, P. J.; SHUKLA. Amazonian deforestation and regional climate change. **J. Clim.**, v 4, p. 957-988. 1991.

NOBRE, C. A.; SAMPAIO, G.; VELASQUEZ, L. F. S. Mudanças Climáticas e Amazônia. **Revista Ciência e Cultura (SBPC)**, v. 59, p. 22-27, 2007.

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, p.324 - 331, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0034737X2013000300004&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 4 jul. 2015.

NOGUEIRA, A. K. M.; SANTANA, A. C. Benefícios socioeconômicos da adoção de novas tecnologias no cultivo do açaí no Estado do Pará. **Revista Ceres**, v. 63, p.001-007,2016.

NOGUEIRA, A. K. M.; SANTANA, A. C. Influência das chuvas na oferta de castanha-do-brasil e o impacto no benefício socioeconômico e ambiental, no Oeste do estado do Pará. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v.45, p.215-230, 2018.

OLIVEIRA, R. C. et al. Desmatamento e Crescimento Econômico no Brasil: uma análise da Curva de Kuznets Ambiental para a Amazônia Legal. **RESR**, Piracicaba, SP, v.. 49, n. 3, p. 709-740, jul/set. 2011.

PARÁ. Secretaria da Fazenda do Estado do Pará. 2016. Disponível em:<<http://www.sefa.pa.gov.br/index.php/contencioso/70-receitas-despesas/tesouro-estadual/icms/534-repasse-icms>>. >Acessoem: 3 jan. 2016.

PINTO, H. S. et al. Variabilidade Climática. In: _____. **Água, agricultura e meio ambiente avanços e desafios**. Jaguariuna, SP. EMBRAPA Meio Ambiente, 2003. v. 1. p. 1-13.

PIRES, M. V. et al. Percepção de produtores rurais em relação às mudanças climáticas e estratégias de adaptação no estado de Minas Gerais, Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 37, n. 3, p. 431-440, 2014.

PETERSON, W. L. Returns to poultry research in the United States. **Journal of Farm Economics**, v.49, n.3, p.656-670, 1967. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/1236900?seq=1#page_scan_tab_contents>. Acesso em: 12 maio, 2016.

PEDRONI, F.; SANCHEZ, M.; SANTOS, F. A. M. Fenologia da copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf. ó Leguminosae, Caesalpinioideae) em uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira Botânica**, v. 25, p.183-194, 2002.

PINDYCK, R. S.; RUBINFELD, D. L. **Econometria: modelos e previsões**. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

PIRES, M. V. et al. Percepção de produtores rurais em relação às mudanças climáticas e estratégias de adaptação no estado de Minas Gerais, Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 37, n. 3, p: 431-440, 2014.

RANDALL, A.; STOLL, J. R. Consumer surplus in commodity space. **The American Economic Review**, v. 70, n. 3, p. 449-455, 1980. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/1805233?seq=1#page_scan_tab_contents>. Acesso em: 12 maio, 2017.

RATHCKE, B.; LACEY, E. P. Phenological patterns of terrestrial plants. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 16, p. 179-214, nov. 1985. Disponível em: <<http://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.es.16.110185.001143?journalCode=ecolsys.1>>. Acesso em: 12 maio, 2017.

REVISTA DESENVOLV. MEIO AMBIENTE, v. 40, p. 207-228, abr. 2017.

ROSSETTI, J. P. **Introdução a economia**. 21. ed. São Paulo: Atlas, 2016.

SAMPAIO, G. et.al. Regional climate change over eastern Amazonia caused by pasture and soybean cropland expansion. **Submitted in Geophys. Res. Lett**, v. 34, 2007.

SAMUELSON, P. A.; NORDHAUS, W. D. **Economia**. 19. ed. Porto Alegre: AMGH, 2012, 643 p.

SANGUI, A. et al. Global warming impacts on brazilian agriculture: estimates of the ricardian model. **Economia Aplicada**, v. 1, n. 1, p. 7-33, 1997.

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.

_____. Custo social da depredação florestal no Pará: o caso da castanha-do-brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, DF, v.30, n.3, p.253-269, 1992. Disponível em: <<https://www.econbiz.de/Record/custo-social-da-depreda%C3%A7%C3%A3o-florestal-no-par%C3%A1-o-caso-da-castanha-do-brasil-santana-antonio-cordeiro/10001150852>>. Acesso em: 21 abr. 2017.

SANTANA, A. C.; SANTOS, M. A. S. O mercado de caupi no estado do Pará: aplicação do método dos momentos generalizados. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 44, n.1, p. 47-58, 2000. Disponível em: <<https://periodicos.ufra.edu.br/index.php?journal=ajaes&page=article&op=view&path%5B%5D=1959>>. Acesso em: 21 abr. 2017.

SANTANA, A. C.; BENTES, E. S. Segurança alimentar: o conceito da FAO e a situação do estado do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 2002, Passo Fundo, RS. Equilidade e Eficiência na Agricultura Brasileira. **Anais...**, Brasília, DF: SOBER, 2002. v. 40. p. 1 ó 17.

SANTANA, A. C. A dinâmica do complexo agroindustrial da laranja no Brasil e na Amazônia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL(SOBER), 23. 1995, Aracaju. **Anais...** Aracaju, 1995.

_____. **Elementos de economia, agronegócio e desenvolvimento local**. Belém, PA: UFRA, 2005. p.197.

_____. Agregação de valor na cadeia produtiva da pecuária de corte do Estado do Pará In: SANTANA; A. C.; AMIN, A. C. **Cadeias produtivas e oportunidades de negócio na Amazônia**. Belém: UNAMA, 2002. p. 71-156.

_____. **Métodos quantitativos em economia**: elementos e aplicações. Belém: UFRA, 2003. 484 p.

SANTANA, A. C. Efeitos do FNO no desenvolvimento econômico da região Norte: análise de eficácia. Belém: **Banco da Amazônia**; FUNARB; UFRA, 2012.

_____. **Valoração econômica e mercado de recursos florestais**. Belém do Pará, UFRA. 226p. 2012.

_____. Desmatamento e ajuste no mercado de madeira In: SANTANA, A. C. (Org.). **Valoração econômica e mercado de recursos florestais**. Belém: UFRA, 2012. p. 123-134.

_____. **Mercado de produtos agropecuários e florestais dos polos de Altamira, Itaituba e Santarém, estado do Pará**. Belém: UFRA; FUNPEA; IPAM, 2013. (Relatório de Pesquisa).

SANTANA, A. C. et al. **Caracterização do mercado de produtos florestais madeireiros e não-madeireiros da região Mamuru-Arapiuns**. Belém: UFRA; IDEFLOR, 2008. 132p.

SANTANA, A. C.; COSTA, F. A. Mudanças recentes na oferta e demanda do açaí no Estado do Pará. In: SANTANA, A. C.; CARVALHO, D. F.; MENDES, F. A. T. **Análise sistêmica da fruticultura paraense**: organização, mercado e competitividade empresarial. Belém, PA: Banco da Amazônia, 2008. p. 205-226.

SANTANA, A. C. de; 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**, Belém, v.54, n.1, p.44-53, Jan/Abr, 2011. Disponível em: <<https://>>. Acesso em: 21 abr. 2017.

SANTANA, A. C. de et al. O mercado de frutas no estado do Pará: 1985 a 2005. **Revista de Estudos Sociais**, v.13, n. 26, p.174-185, 2011.

SANTANA, A. C. de et al. O valor econômico da extração manejada de madeira no Baixo Amazonas, estado do Pará. **Revista Árvore**, Viçosa, v.36, p.527-536, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622012000300015>>. Acesso em: 23 mar. 2017.

SANTANA, A. C. et al. Evidências do mercado de produtos da pequena produção na região da transamazônica e BR-163 no estado do Pará. **Revista de estudos sociais**, v.17, p.186-215, 2015.

_____. **Valoração de produtos florestais não madeireiros da Amazônia: o caso da castanha-do-brasil**. 2015. F. 103. Tese (Professor titular) ó Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2015

SANTANA, A. C. et al. Evidências do mercado de produtos da pequena produção na região da Transamazônica e BR-163 no Estado do Pará. **Revista de Estudos Sociais**, v.17, n.3, p.186-215, 2015.

_____. O custo socioambiental da destruição de castanheiras (*Bertholletia excelsa*) no estado do Pará. **Revista de Estudos Sociais**, v.37, n.2, p.3-21, 2016.

_____. Valoração e sustentabilidade da castanha-do-brasil na Amazônia. **Revista de Ciências Agrárias**, v.60, p.77 - 89, 2017. Disponível em: <<http://periodicos.ufra.edu.br/index.php/ajaes/article/view/2690>>. Acesso em: 23 mar. 2017.

_____. Theoretical and methodological contributions to the contingent evaluation of the natural resources of the Carajás National Forest. **International Journal of Development Research**, v.7, n.4, p.12468-12474, 2017.

SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I. A hectare of cerrado. II. Flowering and fruiting of thick-stemmed woody species. **Phyton-Annales Rei Botanicae**, v.41, p.129-158, 2001.

SIQUEIRA, O. J. F.; FARIAS, J. R. B.; SANS, L. M. A. Potential effects of global climate change for brazilian agriculture and adaptative strategies for wheat, maize and soybean. **Revista Brasileira de Agroclimatologia**, Santa Maria. v.2, p. 115-129, 1994.

SILVA, V. da. A agricultura familiar e o desenvolvimento no Brasil. **Revista Espaço acadêmico**. n. 146, jul. 2013. p. 70-78.

SEO, S. N. A microeconomic analysis of adapting portfolios to climate change: adoption of agricultural systems in Latin America. **Applied Economic Perspectives and Policy**. v. 32, n. 3, p. 489-514, 2010.

SOARES, A. C. Fighting hunger and poverty: The central role small houlder famers and sustainable agriculture. In:RIBEIRO, C. A. A. S. et al. (Ed.) **First International Symposium on Food Security and Poverty Reduction**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2011. p. 37-51.

SONAGLIO, C. M. et al. Evidências de desindustrialização no Brasil: uma análise com dados em painel. **Economia Aplicada**, v. 14, n. 4, 2010, pp. 347-372.

SOUZA, P. F. S. et al. Impactos dos anos climáticos extremos no rendimento da lavoura temporária de mandioca na região rural da metrópole de Belém, PARÁ. **Revista Brasileira de Climatologia**. ano 13, v. 21, jul./dez. 2017.

TONINI, H. Fenologia da castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl., *Lecythidaceae*) no sul do estado de Roraima. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 1, p. 123-131, jan./mar. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-77602011000100015&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 21 fev. 2017.

TONINI, H.; PEDROZO, C. Â. Variações anuais na produção de frutos e sementes de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl., *Lecythidaceae*) em florestas nativas de Roraima. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.38, n.1, p.133-144, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622014000100013>>. Acesso em: 21 fev. 2017

VARIAN, H. R. **Microeconomia**: uma abordagem moderna. 9. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Campus, 2015.840p.

VOLDOIRE, A.; ROYER, E. J. F. Tropical deforestation and climate variability. **Climate Dynamics**, v. 22, p. 857-874. 2004.

WALLACE, K. J. Classification of ecosystem services: problems and solutions. **Biological Conservation**, v. 139, n.3, p.235-246, 2007.

WANDERLEY, M. de N. B. **A agricultura familiar no Brasil**: um espaço em Construção. **Reforma Agrária**, Campinas, n.2 e 3, v. 25, maio/dez. 1995.

WAGNER, F. et al. Water availability is the main climate driver of neotropical tree growth. **PLoSOne**, v 7, p. 34074, 2012.

WOOLDRIDGE, J. **Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data**, MIT Press, 2002.