

TERCIANE SABADINI CARVALHO

**USO DO SOLO E DESMATAMENTO NAS REGIÕES DA AMAZÔNIA LEGAL  
BRASILEIRA:  
CONDICIONANTES ECONÔMICOS E IMPACTOS DE POLÍTICAS PÚBLICAS**

Belo Horizonte, MG

Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional

Faculdade de Ciências Econômicas – UFMG

2014

TERCIANE SABADINI CARVALHO

**USO DO SOLO E DESMATAMENTO NAS REGIÕES DA AMAZÔNIA LEGAL  
BRASILEIRA:  
CONDICIONANTES ECONÔMICOS E IMPACTOS DE POLÍTICAS PÚBLICAS**

Tese apresentada ao curso de doutorado em Economia do Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional da Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do Título de Doutora em Economia.

Orientador: Prof. Edson Paulo Domingues

Belo Horizonte, MG  
Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional  
Faculdade de Ciências Econômicas – UFMG

2014

## Folha de Aprovação

*Dedico este trabalho aos meus pais.*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a Deus. Aos meus pais, Beatriz e Tércio, por estarem ao meu lado em todas as jornadas. Pelo apoio incondicional e por compreenderem a minha ausência muitas vezes. Sem eles, essa conquista seria impossível. À minha irmã, meu cunhado e aos meus demais familiares, avós, tios e primos que sempre me incentivaram.

Ao Professor Edson Domingues, cuja orientação e amizade foram fundamentais para que eu me sentisse motivada nos momentos mais difíceis. Pelo apoio durante esses quatro anos de doutorado, inclusive no ano que fiz o sanduíche na Austrália. Agradeço por todas as horas de conversa, pela compreensão, competência e sugestões e por seu bom humor. Tenho uma imensa gratidão e admiração por seu trabalho.

Meu sincero agradecimento à todos do *Centre of Policy Studies* da Austrália. Não posso esquecer-me do quanto fui bem recebida e da maravilhosa experiência ao lado de pessoas muito competentes, mas que acima de tudo são prestativas, atenciosas e gentis. Foi uma honra conhecer e contar com o apoio de: Professor Phillip Adam, Professor Peter Dixon, Professor John Madden, Professor Maureen Rimmer, Professor Glyn Wittwer, Dr. Janine Dixon, Professor Ken Pearson, Dr. Michael Jerie, Dr. Louise Roos, Louise Pinchen.

Agradecimento ainda maior ao Professor James Giesecke que contribuiu com ideias, sempre disponível para ensinar e conversar. Ao Professor Mark Horridge, meus sinceros agradecimentos e a minha profunda admiração por sua receptividade e contribuição para o meu trabalho. Sem a sua ajuda, eu não teria construído o modelo EGC desta tese. Espero que seja a primeira de muitas parcerias.

Ao projeto UrbisAmazônia, por fornecer os dados do TerraClass/INPE, sem os quais seria impossível finalizar o módulo de uso da terra do modelo EGC.

Agradeço o financiamento de bolsas de estudo da Capes, CNPq (Doutorado-sanduíche), RedeClima (MCT), e URBISAmazonia (Instituto Tecnológico Vale-Desenvolvimento Sustentável), em diferentes etapas do Doutorado.

Ao Professor Fernando Perobelli da UFJF pelos conselhos nos momentos necessários e por seu incentivo.

Aos meus amigos do Cedeplar, principalmente a Flaviane, pela convivência durante todos esses anos e principalmente por sua amizade e cumplicidade. Às minhas amigas eternas com as quais eu tenho dividido os melhores e os piores momentos, Carol, Mariana, Tamara, Carol Hotz, Júlia, Gláucia.

Às minhas amigas de Melbourne, Ju-Ai Ng, Irene Yap, Vaite e Sabrina. Muitas saudades!

Gostaria de citar muitos nomes aqui, mas não teriam páginas suficientes. Do fundo do meu coração agradeço a cada um que esteve comigo ao longo desses quatro anos de doutorado. Àqueles que de uma forma ou de outra contribuíram para que eu concluísse essa tese com uma palavra de apoio, um sorriso ou mesmo com um momento compartilhado.

O meu agradecimento aos membros da banca, pelos quais eu tenho admiração e respeito. Espero que eu consiga absorver todas as sugestões e críticas da melhor maneira possível para que este momento seja importante para meu crescimento como pesquisadora, profissional e pessoa.

Muito obrigada!

## RESUMO

O desmatamento na Amazônia Legal Brasileira tem atraído a atenção de pesquisadores e do poder público em torno de medidas e políticas que envolvem tanto sua aferição como controle. Além da manutenção de uma grande biodiversidade, a floresta Amazônica tem sido também pauta de discussões da comunidade internacional, notadamente diante do crescente debate sobre as causas e consequências das mudanças climáticas globais. O Brasil confirmou metas nacionais voluntárias de redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE) que inclui a redução de 80% do desmatamento na Amazônia até 2020. A restrição na oferta de terra limita a expansão da agropecuária, que é uma das atividades econômicas mais importantes da região. Desse modo, parece relevante investigar os aspectos de um possível *trade off* entre os objetivos de conservação ambiental (redução do desmatamento) e de crescimento econômico na região. O principal objetivo desta tese é projetar as perdas econômicas decorrentes de uma política de controle de desmatamento na Amazônia Legal.

Em termos metodológicos, este estudo avança ao desenvolver um modelo de Equilíbrio Geral Computável inter-regional dinâmico para 30 mesorregiões da Amazônia, além de incluir um modelo ILUC (*indirect land use change*) que permite a conversão do fator terra em diferentes usos. Com o modelo, também é projetado um cenário de crescimento econômico das regiões da Amazônia entre 2006 a 2030 e a questão da melhoria técnica da agropecuária na região é investigada.

Os resultados apontaram que as regiões que apresentariam um maior crescimento do PIB seriam aquelas que estão na fronteira do desmatamento, principalmente as regiões produtoras de soja e bovinos. As regiões mais prejudicadas com a política de controle de desmatamento seriam essas mesmas, assim como as regiões onde predomina a agricultura familiar. O ganho anual de produtividade da terra necessário para que a política de controle não gere perdas econômicas na Amazônia é de aproximadamente 1,4%.

Palavras-chave: Amazônia. Modelo de Equilíbrio Geral Computável. Inter-regional. Políticas Públicas.

## **Land Use and Deforestation in the Brazilian Legal Amazon Regions: economic conditions and the impact of public policies**

### **ABSTRACT**

The deforestation in the Legal Brazilian Amazon has attracted the attention of researchers and government around measures and policies that involve both its measurement and control. Besides maintaining a high level of biodiversity, the Amazon forest has also been discussion agenda of the international community, especially on the growing debate about the causes and consequences of global climate change. Brazil has confirmed voluntary national targets for reducing emissions of greenhouse gases (GHG) that includes an 80% reduction in Amazon deforestation by 2020. The limited supply of land restricts the expansion of the agricultural frontier, which is one of the most important economic activities in the region. Thus, it seems relevant to investigate aspects of a possible trade-off between the goals of environmental conservation (reducing deforestation) and economic growth in the region. The main goal of this thesis is to project the economic losses resulting from a policy to control deforestation in the Amazon.

In methodological terms, this thesis advances in developing a Dynamic Interregional Computable General Equilibrium Model for 30 regions in Amazon, and include an ILUC model (indirect land use change) that allows conversion of land in different uses. With the model, it is also projected an economic growth scenario of the Amazon regions between 2006 and 2030 and the issue of agriculture technical improvement in the region is investigated.

The results showed that the regions that present a higher GDP growth would be those that are on the deforestation frontier, mainly the producing regions of soybean and cattle. The most affected regions with the policy to control deforestation are the major producing regions of soybean and cattle and the regions dominated by family farms. The annual productivity gain of land required is approximately 1.4%, so that the policy of control will not generate economic losses in the Amazon.

Key-words: Amazon. Computable General Equilibrium Model. Inter-regional. Public Policies.

## Lista de Abreviaturas e Siglas

AEZ – *agro-ecologically zone*  
APP – Área de Preservação Permanente  
BLUE – *Brazilian Land Use Energy*  
CCZEE – Comissão para Coordenação do Zoneamento Ecológico-Econômico  
CIF – *Cost Insurance Freight*  
COP15 – Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas  
CRVD – Companhia Vale do Rio Doce  
EGC – Equilíbrio Geral Computável  
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
EPA – *US Environmental Protection Agency*  
EPPA – *MIT Emissions Prediction and Policy Analysis model*  
EUA – Estados Unidos da América  
FAO – *Food and Agriculture Organization*  
FARM - *Future Agriculture Resources Model*  
GEE – Gases de Efeito Estufa  
GIS – *Geographic Information System*  
GTAP – *Global Trade Analysis Project*  
IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
ILUC – *Indirect Land Use Change*  
IMAGE – *The Integrated Model to Assess the Global Environment*  
IMAZON – Instituto do Homem e do Meio Ambiente na Amazônia  
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
IPAM – Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia  
IPCC – International Panel of Climate Change  
IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada  
KLUM – *Kleines Land Use Model*  
LGFP – Lei de Gestão de Florestas Públicas  
MIRAGE – *Modeling International Relationships in Applied General Equilibrium*  
PDA – Projetos Demonstrativos  
PEM – *OECD Policy Evaluation Model*  
PIB – Produto Interno Bruto  
PNLT – Plano Nacional de Logística e Transporte  
PNMC – Plano Nacional sobre Mudança do Clima  
PPCDAM – Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal  
PP-G7 – Programa Piloto para Proteção das Florestas Tropicais Brasileiras  
PROBEM – Programa Brasileiro de Ecologia Molecular da Biodiversidade Amazônica  
REDD – Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação  
REGIA – *Inter-Regional General Equilibrium Model for the Brazilian Amazon*  
Resex – Reservas Extrativistas  
RL – Reserva Legal  
SBS – Sociedade Brasileira de Silvicultura  
SEMA – Secretaria do Meio Ambiente  
SIPAM/SIVAM – Sistema de Proteção da Amazônia/Sistema de Vigilância da Amazônia  
SPVEA – Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazônia  
SUDAM – Superintendência para Desenvolvimento da Amazônia  
TERM – *The Enormous Regional Model*

TI – Terra Índigena

UC – Unidade de Conservação

UE – União Europeia

UNFCCC – Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima

ZEE – Zoneamento Ambiental ou Zoneamento Ecológico-Econômico

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Evolução do desmatamento anual (1988- 2011) .....	3
Figura 2 - Amazônia Legal Brasileira.....	10
Figura 3 - Desmatamento anual na Amazônia Legal em km2 de 1988 a 2013.....	19
Figura 4 - Desmatamento acumulado na Amazônia Legal até 2010 .....	20
Figura 5 - Fluxograma da base de dados do REGIA .....	53
Figura 6 - Estrutura da Tecnologia de Produção do Modelo .....	59
Figura 7 - Alocação do fator terra entre os setores (ano t).....	59
Figura 8 - Estrutura da Oferta por Terra .....	61
Figura 9 - Mecanismo de composição da demanda no modelo REGIA .....	66
Figura 10 - Estrutura da Demanda das Famílias.....	69
Figura 11 - Resumo do Procedimento de Regionalização .....	76
Figura 12 - Estrutura dos Dados Nacionais para 2005.....	79
Figura 13 - Mapa das 30 mesorregiões da Amazônia consideradas no modelo REGIA.....	92
Figura 14 - Trajetória do Desmatamento e dos Indicadores Econômicos de um cenário de Política comparativamente ao cenário de Referência .....	109
Figura 15 - Estrutura Simplificada do modelo REGIA.....	110
Figura 16 - Trajetória das variáveis macroeconômicas nacionais entre 2006 a 2030 no Cenário de Referência .....	118
Figura 17 - Trajetória das exportações e importações agregadas entre 2006 a 2030 no Cenário de Referência .....	119
Figura 18 - Crescimento da produção de soja (em var. %) no Cenário de Referência: acumulado 2006 a 2030 .....	126
Figura 19 - Crescimento da produção de Silvicultura e Exploração Florestal (em var. %) no Cenário de Referência: acumulado 2006 a 2030 .....	129
Figura 20 - Crescimento da produção de bovinos (em var. %) no Cenário de Referência: acumulado 2006 a 2030 .....	131
Figura 21 - Projeção do Uso da Terra (em milhões de hectares) no Cenário de Referência para a Amazônia.....	132
Figura 22 - Variação das áreas de lavoura no Cenário de Referência – var. % no acumulado 2006 a 2030 .....	135
Figura 23 - Variação das áreas de pasto no Cenário de Referência – var. % no acumulado 2006 a 2030 .....	136

Figura 24 - Variação da área de floresta plantada no Cenário de Referência – var. % no acumulado 2006 a 2030 .....	137
Figura 25 - Variação do desmatamento no Cenário de Referência – var. % no acumulado 2006 a 2030 .....	138
Figura 26 - Metas de redução do desmatamento segundo o PNMC (2008) .....	140
Figura 27 - Mecanismos de Causalidade do Modelo REGIA .....	141
Figura 28 - Variação % da produção de soja da Política de Controle do Desmatamento (desvio acumulado 2012-2030 em relação ao Cenário de Referência) .....	148
Figura 29 - Variação % da produção de Exploração Florestal e Silvicultura da Política de Controle de Desmatamento (desvio acumulado 2012-2030 em relação ao Cenário de Referência) .....	151
Figura 30 - Variação % da produção de Bovinos da Política de Controle do Desmatamento (desvio acumulado 2012-2030 em relação ao Cenário de Referência).....	153
Figura 31 - Projeção do Uso da Terra no Cenário de Política de Controle do Desmatamento para a Amazônia (em desvio em relação ao Cenário de Referência) .....	154
Figura 32 - Desmatamento anual: Cenário de Referência x Política de Controle entre 2012 a 2030 (em milhões de hectares) .....	154
Figura 33 - Variação % do desmatamento da Política de Controle do Desmatamento – desvio acumulado de 2012 a 2030 em relação ao Cenário de Referência .....	156
Figura 34 - Variação % das áreas de lavoura da Política de Controle do Desmatamento - desvio acumulado de 2012 a 2030 em relação ao Cenário de Referência .....	157
Figura 35 - Variação % das áreas de pasto da Política de Controle do Desmatamento - desvio acumulado de 2012 a 2030 em relação ao Cenário de Referência .....	158
Figura 36 - Variação % das áreas de floresta plantada da Política de Controle do Desmatamento - desvio acumulado de 2012 a 2030 em relação ao Cenário de Referência ..	159
Figura 37 - Crescimento dos setores de soja e bovinos na Amazônia Legal Brasileira .....	166
Figura 38 - Regiões mais afetadas pela Política de Controle do Desmatamento .....	167

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Descrição regional e setorial da base de dados do REGIA .....	51
Quadro 2 - Hipótese de Transição de Uso da Terra Utilizado no Modelo REGIA.....	62
Quadro 3 - Informações Necessárias ao Procedimento de Regionalização .....	81
Quadro 4 - Matriz de Comércio Doméstico do Setor Agropecuário (% de compras por mesorregião).....	100
Quadro 5 - Resumo das Simulações com o Modelo REGIA .....	108

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais conjuntos do modelo REGIA .....	52
Tabela 2 – Descrição dos setores no uso do fator terra.....	58
Tabela 3 - Matrizes de Transição - milhões de hectares (Base de dados – TerraClass e Censo Agropecuário).....	63
Tabela 4 – Elasticidades de substituição na oferta de uso da terra.....	90
Tabela 5 - Elasticidades e Parâmetros do Modelo REGIA .....	91
Tabela 6 - Participação das mesorregiões no PIB brasileiro e no PIB da Amazônia Legal (2005).....	93
Tabela 7 - Participação dos setores da agricultura no total produzido por cada mesorregião (2005).....	94
Tabela 8 - Participação dos setores da pecuária, silvicultura e exploração florestal, e pesca no total produzido por cada mesorregião .....	95
Tabela 9 - Participação dos demais setores no total produzido por cada mesorregião .....	97
Tabela 10 - Participação da remuneração dos fatores no PIB por mesorregião (2005).....	98
Tabela 11 - Principais Destinos da Produção da Agricultura (variação %).....	102
Tabela 12 - Principais Destinos da Produção da Silvicultura e Exploração Florestal (variação %).....	103
Tabela 13 - Principais Destinos da Produção da Pecuária e Pesca (variação %) .....	104
Tabela 14 – Descrição das variáveis utilizadas para o fechamento do modelo REGIA .....	112
Tabela 15 - Hipóteses do Fechamento do modelo REGIA para os diferentes Cenários .....	113
Tabela 16 - Variáveis do Cenário Macroeconômico para o período 2006 a 2011 - em variação % a.a.....	115
Tabela 17 - Área de floresta natural perdida em decorrência do processo de desmatamento na Amazônia Legal entre 2006 a 2011 (em var.% to total da área de floresta natural e demais usos de cada região).....	116
Tabela 18 - Variáveis do Cenário Macroeconômico para o período 2012 a 2030 – em variação % .....	117
Tabela 19 – Projeções Macroeconômicas para o Brasil no período entre 2006 a 2030 .....	117
Tabela 20 - Resultados Macroeconômicos Mesorregionais do Cenário de Referência para o período de 2006 a 2030 (acumulado em var. % em relação ao resultado para a Amazônia Legal) .....	121

Tabela 21 - Crescimento do emprego no Cenário de Referência 2006 - 2030 (acumulado em var. % em relação ao resultado para a Amazônia Legal) .....	123
Tabela 22 – Resultados Setoriais do Cenário de Referência 2006 - 2030 (acumulado em var. % em relação ao resultado para a Amazônia Legal) .....	124
Tabela 23 - Resultados Setoriais do Cenário de Referência 2006 - 2030 (acumulado em var. % em relação ao resultado para a Amazônia Legal) .....	128
Tabela 24 - Resultados Setoriais do Cenário de Referência 2006 - 2030 (acumulado em var. % em relação ao resultado para a Amazônia Legal) .....	130
Tabela 25 – Variação das áreas de lavoura, pasto, floresta plantada e floresta natural (em milhões de hectares) no Cenário de Referência – acumulado 2006 a 2030.....	134
Tabela 26 - Resultados regionais da Política de Controle do Desmatamento - desvio acumulado 2012-2030 em relação ao Cenário de Referência (em var. %).....	143
Tabela 27 – Resultados sobre o emprego da Política de Controle do Desmatamento - desvio acumulado 2012-2030 em relação ao Cenário de Referência (em var. %).....	145
Tabela 28 - Resultados Estaduais da Política de Controle do Desmatamento - desvio acumulado 2012-2030 em relação ao Cenário de Referência (em var. %).....	146
Tabela 29 - Resultados Setoriais para o Nível de Atividade da Política de Controle de Desmatamento - desvio acumulado 2012-2030 em relação ao Cenário de Referência (em var. %).....	147
Tabela 30 - Resultados Setoriais para o Índice de Custo de Produção da Política de Controle do Desmatamento - desvio acumulado 2012-2030 em relação ao Cenário de Referência (em var. %).....	149
Tabela 31 - Resultados Setoriais para o Nível de Atividade da Política de Controle de Desmatamento - desvio acumulado 2012-2030 em relação ao Cenário de Referência (em var. %).....	150
Tabela 32 - Resultados Setoriais para o Nível de Atividade da Política de Controle do Desmatamento - desvio acumulado 2012-2030 em relação ao Cenário de Referência (em var. %).....	152
Tabela 33 - Variação das áreas de lavoura, pasto, floresta plantada e floresta natural (em milhões de hectares) no Cenário de Política – acumulado 2012 a 2030.....	155
Tabela 34 - Resultados para o aumento da produtividade do fator terra – desvio acumulado em relação ao Cenário de Referência entre 2012 a 2030 (em var. % ao ano) .....	162
Tabela 35 - Resultados para o aumento da produtividade do fator terra – desvio acumulado em relação ao Cenário de Referência entre 2012 a 2030 (em var. % ao ano) .....	163

Tabela 36 - Resultados para o aumento da produtividade do fator terra - – desvio acumulado em relação ao Cenário de Referência entre 2012 a 2030 (em var. % ao ano)..... 164

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2</b>	<b>ECONOMIA, DESMATAMENTO E USO DA TERRA NA AMAZÔNIA LEGAL BRASILEIRA</b> .....	9
<b>2.1</b>	<b>A Amazônia Legal Brasileira: alguns aspectos essenciais</b> .....	9
<b>2.2</b>	<b>Desmatamento na Amazônia Brasileira: condicionantes históricos</b> .....	14
2.2.1	Evolução Recente do Desmatamento na Amazônia .....	18
2.2.2	Desmatamento e Produtividade da Terra .....	22
<b>2.3</b>	<b>Dinâmica Econômica da Amazônia Legal</b> .....	25
2.3.1	Trade off entre crescimento econômico e conservação da floresta .....	29
<b>2.4</b>	<b>Políticas de Preservação Ambiental para a Amazônia</b> .....	31
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	37
<b>3.1</b>	<b>Modelos de Equilíbrio Geral Computável</b> .....	37
3.1.1	Modelos Globais: Incorporação do uso da terra em modelos EGC .....	39
3.1.2	Incorporação do uso da terra em modelos EGC para o Brasil .....	46
<b>3.2</b>	<b>O Modelo REGIA (<i>Inter-regional General Equilibrium Model for the Brazilian Legal Amazon</i>)</b> .....	49
3.2.1	Características Gerais do Modelo REGIA .....	50
3.2.2	A Estrutura dos Dados do Modelo REGIA.....	52
3.2.3	Especificação teórica do Modelo REGIA .....	56
3.2.3.1	O Módulo de uso da terra .....	57
3.2.3.2	Mecanismo de composição por origem das demandas regionais .....	65
3.2.3.3	Estrutura de produção.....	68
3.2.3.4	Demanda das famílias .....	68
3.2.3.5	Demanda por exportações .....	70
3.2.3.6	Demanda do governo.....	70
3.2.3.7	Mercado de trabalho.....	71
3.2.3.8	Estoque de capital e investimento .....	71
3.2.3.9	Equilíbrio de mercados, demanda por margens e preços de compra .....	74
3.2.3.10	Outras equações .....	74
<b>3.3</b>	<b>Base de Dados</b> .....	74
3.3.1	A Base de Dados para o Modelo REGIA .....	78
3.3.2	Distribuição Regional da Produção e da Demanda Final .....	81
3.3.3	A Matriz de Comércio .....	84
3.3.4	Parâmetros e elasticidades.....	89
3.3.5	Análise Descritiva da Base de Dados do REGIA.....	91
3.3.5.1	Atividade Produtiva da Amazônia Legal .....	92
3.3.5.2	Composição dos Fatores Primários na Amazônia Legal.....	97
3.3.5.3	Análise das Relações de Comércio .....	99
<b>4</b>	<b>SIMULAÇÕES E ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....	106
<b>4.1</b>	<b>Simulações e Fechamento</b> .....	106
4.1.1	Descrição das Simulações com o Modelo REGIA .....	106
4.1.2	Fechamento do Modelo.....	110
<b>4.2</b>	<b>Cenário de Referência</b> .....	114

4.2.1	Resultados do Cenário de Referência .....	117
4.2.2	Cenário de Referência e seu rebatimento regional .....	120
4.2.3	Resultados Setoriais no Cenário de Referência.....	123
4.2.4	Resultados de Uso da terra no Cenário de Referência.....	131
<b>4.3</b>	<b>Cenário de Política de Desmatamento.....</b>	<b>139</b>
4.3.1	Impactos da Política de Controle de Desmatamento nos Indicadores Macroeconômicos Regionais .....	142
4.3.2	Resultados Setoriais Agrícolas da Política de Controle do Desmatamento.....	146
4.3.3	Resultados de Uso da Terra decorrentes da Política de Controle de Desmatamento .....	153
<b>4.4</b>	<b>Efeitos Econômicos do Ganho de Produtividade da Terra na Amazônia.....</b>	<b>160</b>
4.4.1	Resultados para o Nível de Produtividade da Terra .....	161
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>165</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>170</b>
	<b>Anexo A – Equações Comportamentais do REGIA.....</b>	<b>186</b>
	<b>Anexo B – Cálculos das Elasticidades de Substituição da Oferta de Terra por região .....</b>	<b>197</b>
	<b>Anexo C – Compatibilização dos dados de uso da terra: TerraClass (INPE/PRODES) e Censo Agropecuário .....</b>	<b>198</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O desmatamento na Amazônia Legal Brasileira tem atraído a atenção de pesquisadores e do poder público, em suas diversas esferas, em torno de medidas e políticas que envolvem tanto sua aferição como controle. Um dos motivos para a preocupação é que além da manutenção de uma grande biodiversidade, a floresta amazônica tem sido também pauta de discussões da comunidade internacional, notadamente diante do crescente debate sobre as causas e consequências das mudanças climáticas globais. Além da importância da conservação de um dos maiores biomas de diversidade ecológica (PERES *et al.*, 2010) e, abrigando a maior área de floresta primária do mundo - 35% do total mundial (FAO, 2010) - a região se tornou alvo de políticas de redução de desmatamento por se constituir em uma medida importante para a mitigação das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), uma vez que grande parte das emissões no Brasil provém da mudança no uso do solo e florestas (MCT, 2010)<sup>1</sup>.

Segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2013), em 2012 a área total desmatada<sup>2</sup> na Amazônia Legal Brasileira<sup>3</sup> alcançou aproximadamente 755 mil km<sup>2</sup>, o que representa cerca de 15% de sua área geográfica. A maior parte do desmatamento, em torno de 570 mil km<sup>2</sup> ocorreu no período entre 1977 e 2004. No estudo sobre o desmatamento na Amazônia realizado pelo Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM)<sup>4</sup>, Alencar *et al.* (2004) concluíram, por meio da análise de uma extensa base de dados, que existe uma

---

<sup>1</sup> A mudança do uso do solo pode ser entendida como a conversão de florestas em áreas para outros fins, como pastagens, agricultura ou outra forma de uso da terra. O processo de desmatamento implica na liberação de grande quantidade de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) para a atmosfera, principalmente através das queimadas e decomposição dos resíduos e liberação do solo. Somente na Amazônia brasileira, na última década, o desmatamento foi responsável pela liberação média de cerca de 200 milhões de toneladas de carbono anuais (3% do total das emissões globais), não incluindo as emissões por incêndios florestais (HOUGHTON, 2005). Por outro lado, estudos sugerem que a redução nas taxas de desmatamento seria um meio de menor custo para conter as emissões de CO<sub>2</sub>, comparado ao custo da redução do consumo de combustíveis fósseis nos países mais desenvolvidos (NORDHAUS, 1991).

<sup>2</sup> Todavia, deve-se explicar o que se considera como terras “desmatadas”. Tradicionalmente, o desmatamento na Amazônia tem sido definido como “a destruição completa e permanente da floresta” para permitir usos alternativos da terra. Isso reflete uma visão de grande parte da literatura que foca na mudança do uso da terra, reconhecendo que a tendência do desmatamento na Amazônia é guiada pela demanda por novas áreas para cultivo ou pasto, diferente do predomínio da demanda por madeira, que ocorre em grande parte da Ásia, ou lenha, como em parte da África (GEIST e LAMBIN, 2002).

<sup>3</sup> A Amazônia Legal Brasileira foi instituída por lei (em 1953 no governo Vargas) para fins de planejamento econômico da região amazônica, englobando os Estados do Norte (Acre, Amazonas, Amapá, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins), além do Estado do Mato Grosso e oeste do Maranhão, representando cerca de 60% do território brasileiro.

<sup>4</sup> O estudo do IPAM foi resultado de uma pesquisa encomendada pelo Ministério do Meio Ambiente em julho de 2003 com o objetivo de colher informações para a elaboração do Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia lançado em 2004. O estudo apresenta resultados de mais de oito anos de pesquisa científica e de experiências de campo do IPAM sobre os fatores que influenciam o desmatamento na região.

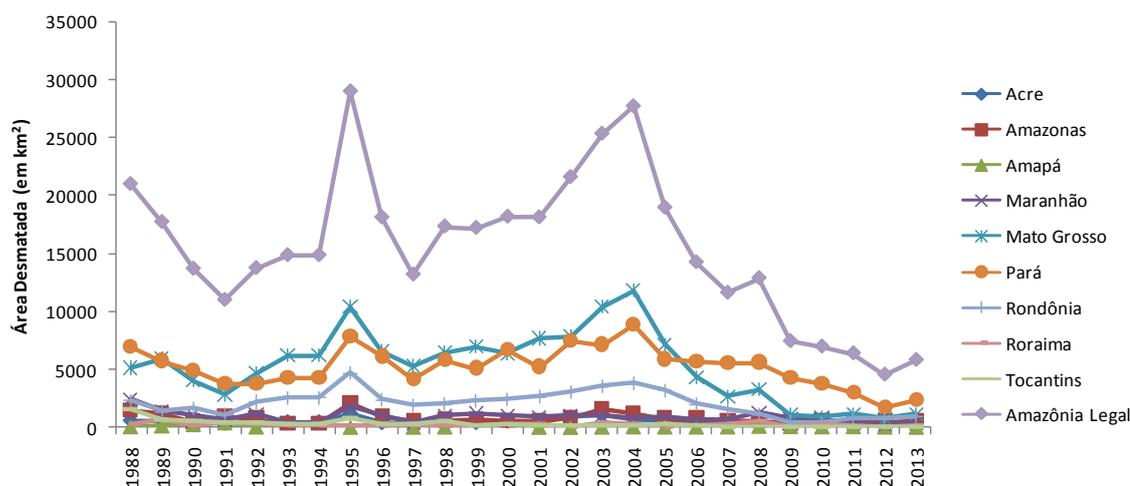
relação estreita entre o crescimento da economia, medido pela taxa de crescimento do Produto Interno Bruto (PIB), e o avanço da fronteira agrícola, sugerindo que a taxa de desmatamento foi influenciada ao longo do tempo pelo crescimento da economia nacional.

Alencar *et al.* (2004) apontaram que a partir de 2000 percebe-se uma modificação desta relação, já que a taxa de desmatamento continua aumentando mesmo com o baixo crescimento econômico do período. Tal fato sugere, de acordo com os autores, que uma nova dinâmica econômica, ligada ao mercado externo, estaria influenciando o desmatamento na região. Portanto, nos primeiros anos da década de 2000, o aumento da taxa de desmatamento seria explicado não somente pelo aumento da taxa de crescimento do PIB, mas por essa nova dinâmica na região, pela qual a taxa de desmatamento não está atrelada apenas ao estado da economia nacional. Nesse caso, o aumento da taxa pode refletir o crescimento do mercado internacional para os produtos amazônicos exportados, como a carne bovina e a soja.

A Figura 1 ilustra a evolução do desmatamento anual para a Amazônia Legal como um todo e para os estados que a compõem, com destaque para a queda na taxa de desmatamento a partir de 2004. Observa-se que as maiores áreas desmatadas encontram-se nos estados do Mato Grosso e Pará, seguido por Rondônia. Entre 2009 e 2011, cerca de 70% de todo o desmatamento observado no período ocorreu nos estados do Pará e Mato Grosso. Conforme destacado por Ferreira *et al.* (2005), o desmatamento na região é principalmente concentrado no chamado “arco do desmatamento”<sup>5</sup>, que compreende além de regiões do Mato Grosso e Pará, regiões do Maranhão, Tocantins, Rondônia, Amazonas e Acre.

---

<sup>5</sup> Mais especificamente o arco do desmatamento compreende o sudeste do Maranhão, norte do Mato Grosso, norte do Tocantins, sul do Pará, Rondônia, sul do Amazonas e sudeste do Acre (FERREIRA *et al.*, 2005).

**Figura 1 - Evolução do desmatamento anual (1988- 2011)**

Fonte: Prodes (INPE).

Segundo alguns estudos, a queda do desmatamento de 2004 a 2012 está associada à influência de fatores econômicos, tais como a redução dos preços internacionais da soja e da carne e a valorização do Real, que desestimularam as exportações. Outro fator importante para a queda do desmatamento seria o aumento da fiscalização, com a implementação pelo Governo Federal de programas de combate ao desmatamento, como o Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia (SOARES-FILHO *et al.*, 2009, ASSUNÇÃO *et al.*, 2012). Assunção *et al.* (2012) afirmam que as políticas públicas de combate ao desmatamento evitaram aproximadamente 62 mil km<sup>2</sup> de área desmatada entre 2005 a 2009.

Na literatura, muitos fatores são apontados como determinantes do desmatamento, como as políticas governamentais de incentivo ao desenvolvimento da região das décadas de 70 e 80, os investimentos em infra-estrutura e a abertura de estradas, a pecuária e a conversão da floresta em vários tipos de cultivo, além de fatores geocológicos<sup>6</sup> e demográficos (ANDERSEN e REIS, 1997; PFAFF *et al.*, 2007, CHOMITZ e THOMAS, 2003). Outros fatores importantes, citados em muitos trabalhos (ARAÚJO *et al.*, 2009; ARAÚJO *et al.*, 2006; FEARNSTIDE, 2001a; ALSTON *et al.*, 2000) são a fragilidade das instituições, a especulação fundiária e os conflitos de terra, que favorecem a destruição dos recursos naturais e o desflorestamento.

<sup>6</sup> Fatores geocológicos: qualidade do solo, precipitação, temperatura, entre outros fatores naturais.

Segundo Arima e Veríssimo (2002), as três principais formas diretas de desmatamento na Amazônia são: i) a conversão de floresta em pastagens para a criação de gado, ii) o corte e a queima da floresta para cultivos na agricultura familiar e iii) a implantação de cultivos de grãos pela agroindústria. Entre estas, a conversão de florestas para pastagens seria a predominante (MARGULIS, 2003). Arima e Veríssimo (2002) afirmam que com a redução drástica dos incentivos fiscais para os empreendimentos agrícolas no final dos anos 1980, esperava-se por uma redução no ritmo de desmatamento, o que não ocorreu. Nos anos 1990, outros fatores se tornaram decisivos para a manutenção do desmatamento, principalmente a exploração madeireira predatória, a pecuária extensiva e os assentamentos de reforma agrária.

Uma das principais causas do desmatamento apontada pela literatura é a pecuária extensiva e de baixa produtividade (MARGULIS, 2003; MERTENS *et al.*, 2002). O aumento do desmatamento para o estabelecimento de pastagens de baixa produtividade é também motivado pela posse e especulação de terra. Este talvez seja um dos problemas mais importantes para a política de controle do desmatamento. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), de 1990 até 2008 o rebanho da região passou de 21,1 milhões de cabeças (18% do total nacional) para 73,9 milhões (43% do total brasileiro) (IBGE, 2006). Cerca de 75% das novas reses acrescentadas ao rebanho nacional provêm da Amazônia. Essa expansão, no entanto, apresenta baixíssima produtividade, representando menos de uma cabeça por hectare (MMA, 2012; ALENCAR *et al.*, 2004), o que sugere seu uso também para fins especulativos.

O crescimento da produção de grãos na Amazônia, principalmente da soja, também tem sido apontado como um dos motivos para o aumento das taxas de desmatamento a partir do final da década de 1990. No caso da soja, a influência sobre o desmatamento é predominantemente indireta. A expansão da cultura tem acontecido fundamentalmente em pastagens já formadas, onde o custo de implantação da atividade é menor. No entanto, ao ocupar essas pastagens existentes, a soja acaba pressionando a expansão da atividade pecuária para outras áreas de florestas (ALENCAR *et al.*, 2004).

Algumas projeções sugerem que o desmatamento amazônico, apesar da redução em suas taxas entre 2004 a 2011, poderá se expandir nas próximas décadas. É o que apontam Gouvello (2010) e Soares Filho *et al.* (2005). Estima-se que até 2040 o desmatamento projetado pode eliminar 40% dos atuais 5,4 milhões de km<sup>2</sup> de florestas, caso o padrão de ocupação siga a trajetória das últimas duas décadas (SOARES FILHO *et al.*, 2005). O aumento do

desmatamento implica em um crescimento das emissões de GEE associadas às mudanças no uso do solo. Segundo estimativas de Gouvello (2010), as emissões totais da mudança no uso do solo e florestas no Brasil podem crescer cerca de 25% até 2030, alcançando uma taxa anual de 916 mil toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, o que pode comprometer as metas de redução de GEE propostas pelo governo brasileiro.

As últimas estimativas do desmatamento na Amazônia, divulgadas pelo INPE (INPE, 2013), mostraram que no período 2012-2013 houve um aumento da taxa de desmatamento de cerca de 30% (vide Figura 1), o que parece corroborar essas projeções. Embora seja a segunda menor taxa registrada pelo INPE desde o início do monitoramento em 1988, é um indício de que o desmatamento pode aumentar no futuro e que se deve fortalecer o controle e a fiscalização na região.

A perspectiva do aumento do desmatamento na Amazônia ganha ainda mais força ao se considerar a aprovação de algumas medidas do Novo Código Florestal<sup>7</sup> em maio de 2012, que entre outros aspectos trata das áreas de preservação permanente (APPs) e reservas legais (RL). Entre alguns dos pontos do Novo Código estão a redução do limite da RL na Amazônia Legal<sup>8</sup> e a regularização de cultivos de pequenos proprietários, excluindo-os da obrigatoriedade de recuperarem áreas que foram desmatadas em APPs. Um estudo recente do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) analisou a proposta do novo código (IPEA, 2011). O estudo concluiu que, com a manutenção dos principais pontos da proposta, cerca de 29 milhões de hectares de mata nativa deixariam de ser recuperados no país, em uma perspectiva mais otimista, com o agravante de intensificação significativa do desmatamento, na mais pessimista. Em contrapartida, segundo este mesmo estudo, a recuperação da reserva legal já desmatada compensaria a emissão de 3,15 bilhões de toneladas de carbono. Isso seria o suficiente para cumprir em quatro anos a meta de redução de emissões por desmatamento assumida pelo governo brasileiro.

---

<sup>7</sup> O Código Florestal Brasileiro foi criado pela Lei nº 4.771 em 15 de setembro de 1965. O Código estabelece limites de uso da propriedade, que deve respeitar a vegetação existente na terra, considerada bem de interesse comum a todos os habitantes do Brasil. O primeiro Código Florestal Brasileiro foi instituído pelo Decreto nº 23.793, de 23 de janeiro de 1934.

<sup>8</sup> A parcela a ser preservada no código Florestal atual é de 80% e caiu para 50% em estados que tenham 65% de áreas protegidas ou terras indígenas em seu território.

Essa meta, assumida pelo governo brasileiro no contexto das discussões sobre a mudança do clima na COP15<sup>9</sup>, foi apresentada em 2009. A proposta brasileira foi de uma redução voluntária nas emissões de GEE, principalmente as decorrentes da redução de 80% do desmatamento até 2020. Desse modo, o combate ao desmatamento no Brasil se tornou uma prioridade para o governo e também para as organizações internacionais preocupadas com os efeitos do aquecimento global. O monitoramento e a fiscalização são, atualmente, as estratégias principais. Segundo Fearnside (2005), uma fiscalização efetiva e a arrecadação de multas daqueles que não possuem autorização do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) devem ser acompanhadas pela compreensão necessária dos aspectos sociais, econômicos e políticos da região. Trazendo esta preocupação para a economia das regiões da Amazônia, a questão que surge é como a contenção do desmatamento pode restringir as possibilidades de expansão da agropecuária, que representa uma importante atividade econômica na região. Sem alternativas de crescimento neste e em outros setores indiretamente afetados, pode haver um *trade off* entre os objetivos de crescimento econômico regional e a preservação da floresta.

Alencar *et al.* (2004) argumentam que dever-se-ia deixar para trás o antagonismo entre desenvolvimento e preservação e adotar um novo debate sobre um modelo de desenvolvimento pelo qual as aspirações econômicas e sociais dos povos amazônicos sejam atendidas, assim como o equilíbrio ecológico que sustenta toda a vida na região seja mantido. Conciliar a conservação dos recursos naturais com o desenvolvimento econômico e social seria, portanto, uma meta a ser perseguida. O importante seria reduzir o desmatamento que, além de desperdiçar as riquezas florestais da região, não traz benefícios para a sociedade. Para tanto, segundo estes autores, o governo teria que intervir de maneira sustentada e levando em conta as diferentes realidades da região. Este ponto remete a questões do desenvolvimento regional sustentável<sup>10</sup> da Amazônia, que é discutido nos trabalhos de Becker (1999, 2001, 2005a, 2005b, 2013) e Costa (2000, 2005a, 2005b, 2006).

Algumas opções são apontadas para conciliar o crescimento econômico da região com o desenvolvimento sustentável e a redução do desmatamento. Uma delas se refere à

---

<sup>9</sup> A COP15 (Conferência das Nações Unidas sobre Mudança do Clima), realizada entre os dias 7 e 18 de dezembro de 2009, em Copenhague, reuniu os 193 países-membros da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Sua proposta era definir uma agenda global de ações para controlar o aquecimento do planeta e garantir a sobrevivência da espécie humana.

<sup>10</sup> Desenvolvimento sustentável é desenvolvimento capaz de suprir as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade de atender as necessidades das futuras gerações. É o desenvolvimento que não esgota os recursos para o futuro (ROMEIRO, 2003).

intensificação da agricultura por meio do aumento da produtividade da terra. Esse aumento da produtividade permitiria que a mesma área, que já foi desmatada na Amazônia, produzisse uma maior quantidade sem ampliar a área de cultivo ou pastagem por meio de desmatamento adicional.

No contexto desta discussão sobre a Amazônia Legal e o desmatamento, torna-se relevante investigar os aspectos de um possível *trade off* entre conservação ambiental (redução do desmatamento) e crescimento econômico na região. Além disso, cabe entender as relações das atividades agropecuárias com a ocupação e uso do solo. Assim, o objetivo central desta tese é estudar o impacto econômico regional de políticas de controle de desmatamento na Amazônia Legal<sup>11</sup>.

Para alcançar esse objetivo central, esta tese desenvolve uma metodologia que permite abordar outros aspectos relacionados ao tema: i) projetar o crescimento econômico futuro das regiões da Amazônia, e o desmatamento resultante deste crescimento, caso não ocorra nenhuma política de controle do desmatamento; e ii) investigar a questão da melhoria técnica da agropecuária na região, estimando ganhos de produtividade necessários para que uma política de controle de desmatamento não tenha nenhum efeito adverso significativo na economia da Amazônia.

A metodologia utilizada é um modelo dinâmico de equilíbrio geral computável (EGC) inter-regional para as 30 mesorregiões da Amazônia Legal, denominado REGIA (*Inter-Regional General Equilibrium Model for the Brazilian Amazon*)<sup>12</sup>. O REGIA possui um módulo de mudança indireta de uso da terra (ILUC – *indirect land use change model*) que permite modelar a conversão entre quatro categorias diferentes de uso da terra (floresta natural, floresta plantada, lavoura e pasto). A incorporação do módulo ILUC ao REGIA é fundamental para que se possam analisar os efeitos de uma política de restrição do uso da terra que afeta diretamente os setores agrícolas da região. Incorporar explicitamente o uso da terra em um modelo EGC permite simular como diversas políticas e conjunturas externas afetam a disponibilidade de terras aptas à agropecuária e permite que fatores econômicos contribuam

---

<sup>11</sup> Esta tese é uma contribuição da Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais, convênio FINEP/ RedeCLIMA 01.08.0405.01.

<sup>12</sup> REGIA remete à planta aquática vitória-régia, típica da região da Amazônia. Ela possui uma grande folha em forma de círculo, que fica sobre a superfície da água, e pode chegar a ter até 2,5 metros de diâmetro e suportar até 40 quilos se bem distribuídos em sua superfície.

para a extensão das respostas dos agricultores a estas políticas. O ILUC segue a abordagem de Ferreira Filho e Horridge (2014), conforme será abordado no capítulo 3.

O REGIA é utilizado para a simulação de diferentes políticas na Amazônia. A primeira é um cenário que considera o estabelecimento de uma meta de redução do desmatamento em 80% até 2020 conforme o Plano Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC (2008), seguido por uma política de desmatamento zero de 2021 a 2030. E o segundo cenário simulado busca projetar os ganhos de produtividade da terra necessários para que a produção da agricultura e pecuária não provocassem mais desmatamento.

## **2 ECONOMIA, DESMATAMENTO E USO DA TERRA NA AMAZÔNIA LEGAL BRASILEIRA**

Esta tese não pretende discutir a história de ocupação e do desenvolvimento regional<sup>13</sup> da Amazônia Legal Brasileira. O foco é uma análise mais recente do desmatamento, do uso e ocupação do solo na região. Neste capítulo, alguns pontos relevantes sobre a dinâmica da economia e da história de ocupação da região são abordados, principalmente aqueles relacionados ao processo de desmatamento. A ideia é contextualizar as políticas públicas voltadas para a Amazônia que culminaram em um processo de desenvolvimento econômico, crescimento populacional e desmatamento na região. Desse modo, o objetivo deste capítulo é trazer questões que auxiliem na interpretação dos resultados das simulações com o modelo REGIA.

### **2.1 A Amazônia Legal Brasileira: alguns aspectos essenciais**

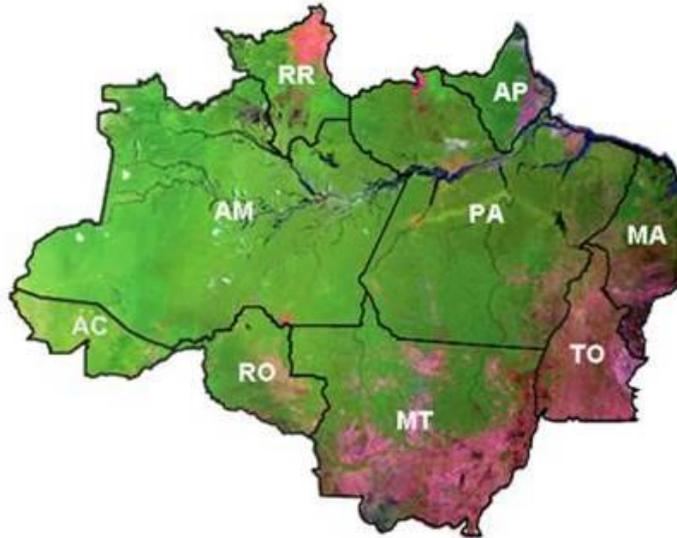
A Amazônia Legal foi definida para propósitos de planejamento regional em 1953 e cobre cerca de 60% do território brasileiro. A região abriga 21 milhões de habitantes, que representa 12% da população total nacional, dos quais 70% vivem em cidades e vilarejos (BRASIL, 2008). Essa região engloba além dos estados do Norte do Brasil (Amazonas, Acre, Amapá, Rondônia, Roraima, Tocantins, Pará), o estado do Mato Grosso e parte do Maranhão (vide Figura 2). A Amazônia Legal não possui o mesmo bioma em toda a sua extensão. Embora a floresta tropical amazônica seja predominante, existem também outros biomas, como o cerrado e o pantanal.

Para esta tese, optou-se pela análise da região definida como Amazônia Legal e não somente os estados da região Norte. Como o foco do estudo é o processo de desmatamento, isto é, a remoção de áreas de floresta natural, é relevante usar a Amazônia Legal e não a região norte, já que regiões de fronteira agrícola que não possuem o bioma amazônico em toda a sua extensão (como o Mato Grosso, Tocantins e Maranhão) foram alvos das políticas de desenvolvimento econômico e planejamento regional que estimularam a conversão de grandes áreas de floresta e cerrado para fins agrícolas.

---

<sup>13</sup> Uma discussão ampla sobre o desenvolvimento regional da Amazônia pode ser encontrado em Becker (1997, 1999, 2001, 2005a, 2005b, 2006, 2013), Costa (2000, 2005a, 2005b, 2006) e BECKER e COSTA (2009).

**Figura 2 - Amazônia Legal Brasileira**



Fonte: PRODES/INPE

Segundo Andersen *et al.* (2002), desde 1616, quando os colonizadores portugueses construíram o Forte do Presépio, até 1950, as atividades econômicas da Amazônia se baseavam na extração de borracha e castanha para exportação. O *boom* da borracha durou cerca de setenta anos, período em que a renda regional aumentou em seis vezes e a população cresceu a uma taxa de 3,3% ao ano. O crescimento da renda atraiu fluxos migratórios para a região, especialmente de origem nordestina, onde a economia era devastada pelas frequentes secas. A queda dos preços da borracha em 1912 foi o início de uma crise secular. Com exceção do curto renascimento da indústria da borracha na década de 1940 devido à II Guerra Mundial, a Amazônia não possuía uma base sustentável para crescimento. De 1912 a 1950, a economia da região permaneceu praticamente estagnada, apesar de uma pequena recuperação da renda per capita.

Em 1953, foi criada a SPVEA (Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazônia), acompanhada do reconhecimento pelo governo brasileiro não só dos fracassos anteriores na promoção do desenvolvimento da economia amazônica, como também da importância de se elaborar um plano de desenvolvimento para a região por meio de uma agência de planejamento regional. Foi neste período que o governo brasileiro, em virtude da área que viria a ser controlada pelo SPVEA, criou a definição política de “Amazônia Legal” (vide Figura 2). A utilização de um conceito político, e não de uma determinação geográfica,

foi resultado tanto da necessidade de um esforço de planejamento quanto da promoção do desenvolvimento daquela região (SERRA e FERNÁNDEZ, 2004).

Segundo Andersen *et al.*, (2002), na década de 1960 o padrão de ocupação da região começou a mudar, e com ele as taxas de desmatamento aumentaram significativamente. As políticas governamentais tiveram um papel decisivo neste processo. Crédito e subsídios fiscais para a agricultura, juntamente com a abertura de estradas expandiram a fronteira agrícola, enquanto os programas de colonização e incentivos regionais fomentaram a ocupação da região da Amazônia Legal. A pecuária se tornou, neste período, a maior fonte de desmatamento. Outras atividades, como extração de madeira, produção de lenha, mineração e barragens hidroelétricas, tiveram papéis de menor destaque no desmatamento neste período.

Foi na década de 1960 que o governo brasileiro decidiu pela maior integração da Amazônia à economia brasileira, e, para isso construiu cerca de 60.000 km de estradas e assentou milhares de pessoas ao longo destas. O marco foi a construção da rodovia Belém-Brasília no início dessa década (ANDERSEN *et al.*, 2002). Créditos, isenção de impostos e concessão de terras foram oferecidos a empresários que estivessem dispostos a investir em atividades agrícolas na região. Fundos internacionais ofereceram recursos para investimentos em hidroelétricas, portos e ferrovias (ANDERSEN e REIS, 1997). O resultado desse processo foi o crescimento expressivo da economia, da população e do desmatamento.

Ainda segundo estes autores, o Banco de Crédito da Amazônia era o órgão que concedia os subsídios e assim garantia a sobrevivência das velhas oligarquias regionais. Entretanto, a partir de 1966-1967, o governo federal mudou a sua orientação para a Amazônia. A criação da Superintendência da Zona Franca de Manaus, em 1966 e a extinção, em 1967, do Banco de Crédito da Amazônia indicam a mudança da política para a região. A série de atos legislativos e decretos promulgados em 1966 e 1967 com o objetivo de desenvolver, ocupar e integrar a região da Amazônia ao resto do Brasil ficou conhecido como “Operação Amazônia”.

O plano foi baseado na criação de “pólos de crescimento”, com a implantação da Zona Franca de Manaus e de grandes projetos minerais, que seriam beneficiados por crédito barato, incentivos fiscais, concessões de terra, e outros privilégios governamentais. Acreditava-se que os efeitos “multiplicadores” assegurariam que outras indústrias, serviços e comércio surgiriam em torno das indústrias beneficiadas pela política. Além disso, os pólos de crescimento estavam conectados às maiores rodovias, ao longo das quais eram ocupadas por pequenos

agricultores. A Superintendência para Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM) foi então criada para administrar o sistema de incentivos fiscais e de crédito e visava atrair investimentos privados para a região (ANDERSEN *et al.*, 2002).

De acordo com (SAYAGO *et al.*, 2004), com a finalidade de eliminar o “vazio demográfico” ainda existente na Amazônia, um eixo de políticas públicas teve papel de destaque a partir da década de 1970: a colonização rural. Grandes levadas de agricultores foram transferidos para a região. Despreparados para a vida na floresta, esses novos colonos reproduziam e adaptavam ao meio as mesmas práticas que conheciam em suas localidades de origem. Fica claro que o desmatamento seria um efeito inevitável dessa política, uma vez que o sistema de corte e queima foi tradicionalmente adotado para implantar atividades agrícolas nos ecossistemas florestais.

Deste modo, observa-se que de 1971 a 1975, a ênfase foi dada à política de integração regional. A construção da Transamazônica, da rodovia Cuiabá-Santarém e de Cuiabá-Porto Velho foram algumas dessas medidas de integração. Destacam-se também os programas de colonização implementados diretamente pelo governo federal, porém em menor escala. Em particular, incentivos regionais para projetos de agricultura e pecuária floresceram neste período. Na década de 1970, segundo Andersen *et al.* (2002), a região emergiu como uma importante fronteira econômica. A renda per capita regional mais que triplicou nessa década e, a população cresceu a uma taxa de 5% ao ano, sendo que metade deste crescimento pode ser atribuída à migração. Esta ocupação explosiva foi de natureza totalmente diferente do que já se tinha experimentado na Amazônia. No lugar dos *booms* históricos (como o da borracha), a base econômica dessa expansão não foi o extrativismo, mas a indústria e a agropecuária fomentadas pelas políticas governamentais.

Estas políticas regionais, atreladas ao contexto econômico favorável da década de 1970, resultaram em um surpreendente crescimento econômico durante esse período na Amazônia. Entre 1970 a 1980, o PIB da Amazônia Legal cresceu a taxas médias de 18% ao ano, em termos reais. O setor industrial liderou o crescimento, com taxas médias de 30% ao ano. Como consequência, a composição do produto regional experimentou grandes mudanças, como o aumento da participação da indústria de 15% em 1970 para 37% em 1980 (ANDERSEN *et al.*, 2002). Os incentivos regionais foram os fatores decisivos para esse *boom* industrial, mas o crescimento se concentrou nas áreas de Belém e Manaus.

Todos estes fatores foram forças significativas na atração de fluxos migratórios para a Amazônia. Por exemplo, a população de Parauapebas (PA) cresceu a uma taxa média anual de 18,07% entre 1980 e 1991; Marabá (PA), neste mesmo período, cresceu a uma taxa média de 8,34% ao ano; a população de Imperatriz (MA) cresceu, em termos absolutos, quase 150 mil habitantes entre 1984 e 1994 (WORLD BANK, 1992; SERRA, 1997).

Em consequência destes intensos fluxos migratórios, as cidades amazônicas começaram a apresentar problemas nos setores de educação e saúde, além de uma inadequada infraestrutura urbana. Os sistemas de tratamento de água, esgoto e coleta de lixo atendiam apenas a uma pequena parcela da população. Os impactos deste processo na saúde pública estão diretamente relacionados à falta de infra-estrutura urbana básica. Estes problemas se refletiram em uma deterioração de indicadores sociais, como, por exemplo, mortalidade infantil. Em 1988, o município de Parauapebas (PA) apresentava índices preocupantes de malária, tuberculose, hepatite, meningite, tétano, sarampo e coqueluche (SERRA, 1997). Parauapebas não era exceção, uma vez que todas as cidades, pequenas e médias, situadas ao longo do corredor de Carajás<sup>14</sup> apresentavam sérios problemas de infra-estrutura.

De 1960 a 1980, segundo Becker (1999), a Amazônia industrializou-se e apresentou os índices mais elevados de crescimento urbano do país. Contudo, os resultados desse processo em termos de desenvolvimento foram limitados. A internalização da renda e do emprego foi escassa, excluindo dos benefícios gerados grande parcela da população. Ao mesmo tempo, a exploração dos recursos naturais, apoiada em incentivos fiscais, se fez desordenadamente e com atividades inadequadas, assumindo caráter predatório na maioria das áreas ocupadas no período. Ou seja, nesta fase, o desmatamento na região apresentou taxas elevadas, principalmente devido aos grandes empreendimentos agrícolas, colonização rural, abertura de estradas e projetos de infra-estrutura e de mineração.

Uma outra fase de políticas regionais voltadas para a Amazônia passou a se destacar a partir da década de 1980. A política era caracterizada por uma forte presença de empresas estatais em grandes projetos, como o complexo mineral de Carajás pela Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) e a construção da planta hidrelétrica de Tucuruí pela ELETROBRAS. Outra iniciativa foi o Programa de Desenvolvimento POLONOROESTE, que forneceu

---

<sup>14</sup> O corredor de Carajás é formado por cidades e municípios do Sudeste Paraense, onde está concentrada a exploração mineral do projeto de Carajás.

infraestrutura para as ocupações agrícolas na região sudoeste da Amazônia Legal (ANDERSEN *et al.*, 2002).

Na metade da década de 1980, o desmatamento e a preservação da floresta na Amazônia começaram a se tornar objetivos para os formuladores de políticas. Essas, portanto, se tornaram as preocupações que, em combinação com a recessão econômica das décadas de 1980 e 1990, têm sido associadas a uma queda da expansão da fronteira agrícola. Nesta fase, incentivos fiscais e subsídios foram cortados para as atividades agropecuárias. O ponto inicial dessa nova visão foi o programa “Nossa Natureza” inaugurado em 1988, em que as políticas governamentais, pela primeira vez, passaram a discutir diretamente a questão do desmatamento (ANDERSEN *et al.*, 2002). Essa nova fase de políticas direcionadas à Amazônia e à preocupação ambiental será discutida na seção 2.4. Entender os mecanismos de algumas dessas políticas, especialmente as de controle do desmatamento é um dos objetivos desta tese.

## **2.2 Desmatamento na Amazônia Brasileira: condicionantes históricos**

Muitos fatores são apontados na literatura como responsáveis pelo desmatamento na Amazônia Legal. O processo de desmatamento teve início na década de 1970 com a ocupação da região que incentivou um processo migratório e um conseqüente adensamento urbano (FERREIRA e SALATI, 2005; BECKER, 2005a). Segundo Reis e Margullis (1991) a expansão e a ocupação da Amazônia foi motivada pela facilidade de crédito, abundância de terras e pelos incentivos fiscais; e reforçada pela relação positiva entre a criação de corredores de acesso à região, a migração e a especulação fundiária. Além disso, a legislação brasileira teria estimulado, de certo modo, o desmatamento, à medida que a reivindicação de terra se dava a partir da comprovação produtiva de seu uso.

A relação entre a migração e a criação de corredores de acesso à região, a partir da abertura de estradas, é apontada como um dos principais determinantes do desmatamento por muitos estudos (ANDERSEN e REIS, 1997; PFAFF, 1999; NEPSTAD *et al.*, 2001; SOARES *et al.*, 2005). Os resultados encontrados em Nepstad *et al.* (2001), por exemplo, indicaram que três quartos do desmatamento entre 1978 e 1994 ocorreu dentro de uma faixa de 100 km de largura ao longo das rodovias BR 010 (Belém-Brasília), BR 364 (Cuiabá-Porto Velho) e PA

150. A densidade demográfica, neste sentido, também contribuiu, representando uma das forças motrizes do desmatamento (PFAFF, 1999; IGLIORI, 2008).

Segundo Fearnside (2005), o desmatamento entre as décadas de 1970 e 1980 foi causado por uma combinação de subsídios governamentais para o desenvolvimento da Amazônia, investimentos em estradas e políticas que promoveram a especulação fundiária que gratificava os desmatadores com títulos formais de terra. Diversos estudos sobre o desmatamento em florestas tropicais discordam sobre a força relativa que cada um desses fatores exerce sobre esse processo. Contudo, grande parte desses estudos aponta os incentivos econômicos como explicação para a expansão da agricultura sobre as florestas (GEIST e LAMBIN, 2002).

A partir da década de 1990, as atividades agropecuárias passaram a conduzir as discussões acerca dos condicionantes do desmatamento na região. Muitos trabalhos indicaram que a pecuária em larga escala seria o fator mais relevante nesse sentido (CHOMITZ e THOMAS, 2001; MARGULIS, 2003; FEARNSIDE, 2005; CASTRO, 2005; MIRAGAYA, 2008; RIVERO *et al.*, 2009; BARONA *et. al.*, 2010; OLIVEIRA Jr. *et al.*, 2010). Segundo Aguiar *et al.* (2007), a área convertida em pastagens corresponde a cerca de 70% da área total desmatada na região, que atrelada à baixa produtividade foi responsável por estender o arco do desmatamento (CHOMITZ e THOMAS, 2001).

Outra questão relevante é o papel desempenhado pelos pequenos produtores no processo de desmatamento. Estudos sobre a Amazônia retratam que, no processo de ocupação de terras da região, os pequenos proprietários de terra foram expandindo a fronteira agrícola, sendo, posteriormente, substituídos por uma segunda geração de proprietários, com maior capitalização e ocupando áreas maiores (SOUZA *et al.*, 2012). Ao mesmo tempo, essa dinâmica forçou os pequenos agricultores a procurarem novas áreas de ocupação, abrindo assim novas fronteiras para o desmatamento. Neste contexto, a insegurança sobre os direitos de propriedade e regularização das terras (MENDELSON, 1994; FEARNSIDE, 2005; ARAÚJO *et al.*, 2009), juntamente às políticas fiscais e creditícias foram determinantes para o processo de expansão da fronteira agrícola (WALKER *et al.*, 2000; MARGULLIS, 2003; MERTENS *et al.*, 2002).

Fearnside (2005) afirma que na Amazônia brasileira, o peso relativo dos pequenos fazendeiros *versus* grandes latifundiários altera-se continuamente devido às pressões econômicas e demográficas. Os grandes latifundiários são mais sensíveis às mudanças econômicas, tais

como as variações nas taxas de juros e outros investimentos, subsídios governamentais para crédito agrícola, índice de inflação e preço da terra. Portanto, essa associação de maiores variações na taxa de desmatamento com fatores macroeconômicos, como a disponibilidade de capital e o índice de inflação, seria uma indicação de que a maior parte do desmatamento foi realizada por médios e grandes produtores de gado do que por pequenos fazendeiros que usam a força de trabalho familiar.

Ainda segundo este autor, a partir da década de 1990, o avanço das plantações de soja na região representou a maior ameaça à floresta, pois estimulou o investimento do governo em infraestrutura. O desenvolvimento da infraestrutura levou a uma cadeia de investimentos e exploração na região que destruiu mais florestas do que as próprias plantações (FEARNSIDE, 2001b).

A retirada em grande escala de madeira e o corte seletivo de espécies mais rentáveis (mogno, principalmente), também desempenha papel importante no desmatamento. Este processo é intensificado de tal forma que as estradas criadas para a retirada de madeira tornam as fronteiras regionais acessíveis para o investimento em plantações de soja e criação de gado, por exemplo (FEARNSIDE, 2005; BRANDAO *et al.*, 2007; PERZ *et al.*, 2008). Além disso, a extração da madeira aumenta a inflamabilidade da floresta, levando a queimadas que “colocam em movimento um círculo vicioso de mortalidade das árvores” (FEARNSIDE, 2005, p. 116), conduzindo ao processo de desmatamento<sup>15</sup>.

Diversos trabalhos consideram que, nas duas últimas décadas do século XXI o processo de desmatamento estaria ligado principalmente ao mercado externo, impulsionado pela rentabilidade das principais atividades exportadoras, como a extração madeireira, a pecuária e a agroindústria (MARGULIS, 2003; ALENCAR *et al.*, 2004). Nesse período, observou-se a remoção de políticas de incentivos fiscais e subsídios que estimularam o desmatamento e o aumento da influência dos mercados globais sobre a economia da Amazônia (NEPSTAD *et al.*, 2009, CATTANEO, 2008). Alguns trabalhos verificaram que existe uma correlação positiva entre o crescimento dos mercados globais por *commodities* e a conversão de floresta tropical para uso agrícola, que passaram a substituir a demanda local como principal vetor de desmatamento (DeFRIES e ROSENZWEIG, 2010; RUDEL *et al.*, 2009b).

---

<sup>15</sup> Fatores geocológicos como a qualidade do solo, precipitação e temperatura da região também são apontados como favoráveis ao processo de desmatamento (CHOMITZ e THOMAS, 2003).

A expansão da agricultura mecanizada para a produção de grãos, com especial destaque para a soja e o milho, tem liderado o processo recente de expansão da fronteira agrícola em direção às áreas de florestas na Amazônia (JARAMILLO e KELLY, 1999; CASTRO, 2005, FEARNSSIDE, 2005; BICKEL e DROSS, 2003; CARVALHO *et al.*, 2002). Estudos indicam que, em termos relativos, a agricultura se expandiu a uma taxa maior do que a pecuária entre 2000 a 2004 na Amazônia Legal, principalmente no Mato Grosso (MORTON *et al.*, 2006; MERTENS *et al.* 2002; KAIMOWITZ *et al.*, 2004). A área desmatada para a agricultura na fronteira agrícola, segundo os autores foi, em média, nesse período, o dobro da área para as pastagens, e tal conversão ocorreu muito rapidamente no Mato Grosso. Não obstante, a soja também se expandiu em áreas antes ocupadas por pastagens, e, por isso, não representaria um processo de desmatamento novo, no sentido da degradação de áreas florestais (MUELLER, 2003; ALENCAR *et al.*, 2004; LAURANCE *et al.*, 2004; BRANDÃO *et al.*, 2005).

Arima *et al.* (2011) afirmam que a expansão da demanda global por soja e biocombustíveis ameaçam a segurança alimentar<sup>16</sup> e o meio ambiente. Um impacto ambiental que tem se tornado uma séria preocupação é a perda de floresta na Amazônia através da mudança indireta de uso da terra (*indirect land use change* - ILUC), em que a agricultura mecanizada invade os pastos existentes, deslocando-os para a fronteira. Desde 1990, a população de gado na Amazônia aumentou de 25 milhões para mais de 70 milhões, e a área de soja de 16.000 km<sup>2</sup> para mais de 60.000 km<sup>2</sup> (IBGE, 2010). O crescimento da produção agrícola veio com a perda de 700.000 km<sup>2</sup> de florestas.

O estudo de Arima *et al.* (2011) considera que o ILUC na Amazônia não é somente mensurável, mas que seu impacto é significativo. Consequentemente, o crescimento da produção de lavoura mecanizada pode ser visto como um vetor de desmatamento na Amazônia, mesmo se as novas áreas destinadas à sua produção apenas substituem os pastos existentes ou as áreas de savana na periferia da bacia Amazônica. Os resultados sugerem que as políticas ambientais no Brasil devem reconhecer as relações de uso da terra no setor agrícola da economia. Embora a conversão de floresta para a agricultura mecanizada tenha sido observada, a expansão da área para pasto permanece como o maior vetor de desmatamento na Amazônia. Por esta razão, é importante que os estudos analisem os

---

<sup>16</sup> A segurança alimentar consiste na realização do direito de todos ao acesso regular e permanente a alimentos de qualidade, em quantidade suficiente, sem comprometer o acesso a outras necessidades essenciais (CONSEA, 2006).

impactos de políticas na região considerando as mudanças indiretas do uso da terra e as possibilidades de conversão entre os diferentes usos.

### **2.2.1 *Evolução Recente do Desmatamento na Amazônia***

Esta seção apresenta alguns dados e informações relevantes sobre o processo recente de desmatamento na Amazônia Legal Brasileira. Essas informações serão importantes para contrastar com os resultados das simulações do modelo REGIA em relação ao desmatamento projetado no capítulo 4 desta tese.

O INPE começou a usar a tecnologia de sensoriamento remoto para mapear o desmatamento em florestas tropicais em meados da década de 1970. O primeiro mapa de desmatamento da Amazônia brasileira foi produzido pelo INPE em 1979. Em 1988 o INPE recebeu do Governo Brasileiro a missão de desenvolver e operar um sistema de monitoramento para calcular anualmente a taxa de desmatamento para toda a Amazônia Legal brasileira através de imagens de satélite (INPE, 2013).

O INPE considera o desmatamento “como um processo único, que se inicia com a floresta intacta e termina com a conversão completa da floresta original em outras coberturas como pastagem e culturas agrícolas” (VALERIANO *et al.*, 2012). O sistema de monitoramento do INPE detecta que o desmatamento<sup>17</sup> ocorre por dois meios: o corte raso e a degradação florestal progressiva. O corte raso é o processo onde a floresta é inteiramente suprimida em um curto intervalo de tempo e substituída por outras coberturas. A degradação florestal progressiva é um processo mais lento que inclui a contínua exploração madeireira e ocorrências sucessivas de fogo florestal. Deste modo, as áreas em processo de sucessão secundária<sup>18</sup> são excluídas do cálculo dos desmatamentos brutos totais e anuais, implicando que a área uma vez desflorestada assim será considerada permanentemente (MARGULIS, 2003).

Desde 1988, as estimativas do INPE adquiriram o caráter de estatísticas oficiais sobre os desmatamentos da Amazônia Brasileira em nível nacional e estadual. Segundo o INPE, a área

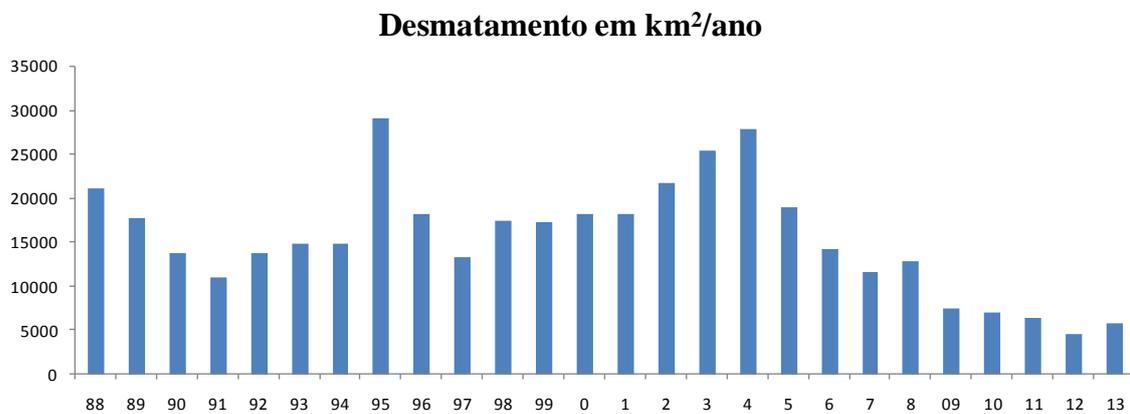
---

<sup>17</sup> O INPE processa imagens na escala 1:250.000 que só permite a identificação de mudanças de cobertura maiores que 6,25 hectares (correspondentes a 1 mm<sup>2</sup> na escala) (INPE, 2013).

<sup>18</sup> A sucessão secundária ocorre, por exemplo, em áreas que originalmente eram vegetadas e foram desmatadas. Locais já habitados cujo equilíbrio foi rompido devido alterações ambientais drásticas, causadas ou não pelo ser humano.

total desmatada<sup>19</sup> na Amazônia aumentou de 21.050 km<sup>2</sup> em 1988 para 136.217 km<sup>2</sup> em 1995, 220.473 km<sup>2</sup> em 2000 e em 2013 essa área passou para 402.615 km<sup>2</sup>. A Figura 3 apresenta o desmatamento em km<sup>2</sup> por ano na Amazônia Legal. Ao longo da década de 1990, a área anual desmatada situou-se em torno dos 17 mil km<sup>2</sup> com ascensão vertiginosa na década de 2000, quando o desmatamento anual alcançou 27 mil km<sup>2</sup> em 2004 (SOARES-FILHO *et al.*, 2009). Contudo, desde 2004, o ritmo de desmatamento tem declinado, situando-se em 4,6 mil km<sup>2</sup> (2012), a menor área desmatada medida pelo Programa de Observação do Desmatamento – PRODES (INPE, 2009).

**Figura 3 - Desmatamento anual na Amazônia Legal em km<sup>2</sup> de 1988 a 2013**



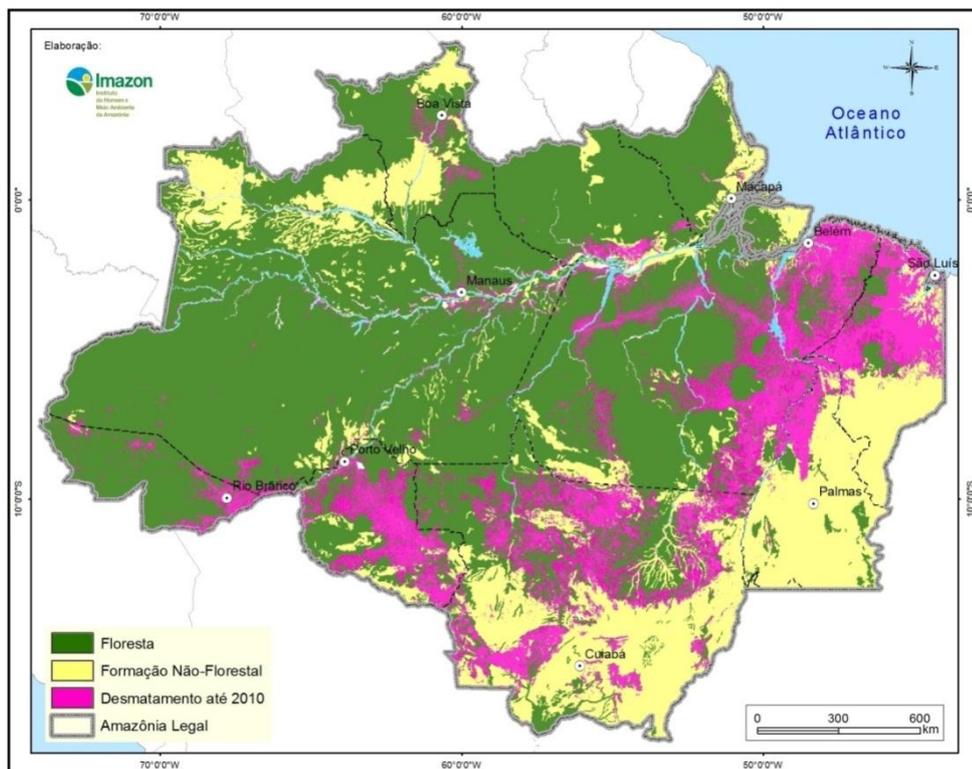
Fonte: Elaboração própria com base nos dados do PRODES/INPE

Conforme mencionado na introdução desta tese, a queda do desmatamento a partir de 2004 pode ser associada à influência de fatores econômicos, como a redução dos preços internacionais da soja e da carne e a valorização do Real que desestimulou as exportações. Além dos fatores econômicos, pode-se destacar o aumento da fiscalização pelo Governo Federal (SOARES-FILHO *et al.*, 2009, ASSUNÇÃO *et al.*, 2012). Conforme assinala Assunção *et al.* (2012), políticas públicas de combate ao desmatamento evitaram aproximadamente 62 mil km<sup>2</sup> de área desmatada entre 2005 e 2009. Dentre as medidas de controle estão a expansão do raio de áreas protegidas na Amazônia de 1,26 para 1,82 milhões de km<sup>2</sup>, atrelado ao cancelamento de crédito para proprietários de terras ilegais (NEPSTAD *et al.*, 2009).

<sup>19</sup> Esses dados do INPE contabilizam apenas o desmatamento ocorrido no período entre 1988 a 2013, não considerando o desmatamento ocorrido antes de 1988.

Desde o início da década de 1990, o monitoramento do INPE indicava que o desmatamento estava concentrado em poucas regiões, com 76% dos novos desmatamentos ocorrendo na região do Arco do Desmatamento. Em 1998, quase 80% do desmatamento concentravam-se apenas nos estados do Pará, Mato Grosso e Rondônia. Este mesmo percentual subiu para 85% em 2000 e voltou a cair para 75% em 2013. Chomitz e Thomas (2001) sugerem adicionalmente que 75% dos desmatamentos situam-se a menos de 25 km de distância de alguma rodovia municipal, estadual e federal, e 85% a menos de 50 km de algumas destas estradas (MARGULIS, 2003). A Figura 4 apresenta o mapa da Amazônia Legal ilustrando as áreas desmatadas e as áreas de formação não-florestal.

**Figura 4 - Desmatamento acumulado na Amazônia Legal até 2010**



Fonte: Imagem de divulgação IMAZON (2011)

Segundo Nepstad *et al.* (2009), o Brasil foi o líder no desmatamento tropical no mundo com média de 19.500 km<sup>2</sup> por ano de 1996 a 2005. Esta conversão para pasto e área agrícola liberou de 0,7 a 1,4 GtCO<sub>2</sub>e (bilhões de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente) por ano na atmosfera.

Em 2009 na COP15, o governo brasileiro se comprometeu a reduzir o desmatamento em 80% até 2020, motivado pelas taxas declinantes de desmatamento que foram observadas a partir de 2004. Para alcançar essa meta de redução, o Brasil expandiu sua rede de áreas protegidas que agora contém 51% da área de floresta da região. Foram realizadas campanhas federais para cancelar o crédito aos donos ilegais de terra, pressionar compradores de produtos da Amazônia e prender operadores ilegais. Isso também contribuiu para uma retração das atividades de gado e soja da região (NEPSTAD *et al.*, 2009).

Os dados mais recentes mostram um aumento do desmatamento de 28% no período 2012-2013 (INPE, 2013). Embora a área desmatada nesse período seja a segunda mais baixa registrada desde o início do monitoramento em 1988, essa área representa um grande desperdício segundo o Instituto do Homem e Meio Ambiente na Amazônia (IMAZON, 2013). Segundo este Instituto, estimativas do INPE e da Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) sugerem que sobram na Amazônia uma grande área já desmatada e que se encontra subutilizada. A Embrapa e o INPE estimaram que até 2010 a área abandonada ou subutilizada na região totalizava aproximadamente 12 milhões de hectares. Alguns fatores são apontados como causas desse aumento no desmatamento, como a elevação do preço de produtos agrícolas, que tem historicamente incentivado o desmatamento tanto para fins produtivos como especulativos. As grandes obras de infraestrutura, como o asfaltamento de rodovias (BR-163, Transamazônica) e construção de portos (Itaiatuba e Santarém), realizadas em 2013, alteram a dinâmica da região e também podem ter contribuído para o aumento da derrubada da floresta (IMAZON, 2013).

Ao mesmo tempo, o poder público pode estar enfraquecendo as regras ambientais, de acordo com o IMAZON (2013). O Novo Código Florestal, aprovado em 2012, permitiu a consolidação de parte significativa das áreas ilegalmente desmatadas no passado, o que pode ter criado expectativas de que novos desmatamentos possam ser anistiados no futuro. Apesar do sucesso do combate ao desmatamento registrado entre 2004 a 2012, é preciso, de acordo com o IMAZON (2013) que o governo e a sociedade estejam alertas para que os aumentos, mesmo que eventuais, sejam evitados. Tais medidas devem ser particularmente no campo dos incentivos econômicos para a conservação e a redução do desmatamento especulativo.

### 2.2.2 *Desmatamento e Produtividade da Terra*

A erosão, a compactação do solo e a exaustão dos nutrientes estão entre os impactos mais óbvios do desmatamento. A produtividade agrícola cai na medida em que a qualidade do solo piora, embora um patamar mais baixo de produtividade possa ser mantido pelos sistemas agrícolas, como na alternância de cultivos. A adição contínua de cal, adubo e nutrientes pode conter a degradação do solo, mas as limitações de recursos físicos e econômicos tornam o uso desses produtos inviáveis em áreas que estão longe dos mercados urbanos (FEARNSIDE, 1997). Em decorrência disso, muitos agricultores investem na incorporação de novas áreas à produção (via desmatamento) na Amazônia, ao invés de procurarem aumentar a produtividade do solo. Além disso, o desmatamento acaba com as opções econômicas sustentáveis de uso da terra, como o manejo florestal para recursos madeireiros, farmacológicos e genéticos.

Além da possibilidade do manejo florestal como uso econômico sustentável, a manutenção da floresta pode apresentar outros benefícios. No contexto das mudanças climáticas globais, sabe-se que manter os estoques de carbono em florestas tropicais é uma opção de baixo custo, relativamente às demais<sup>20</sup> para mitigação das mudanças climáticas, com benefícios adicionais na conservação da biodiversidade e manutenção de outros serviços do ecossistema. A convenção das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas está considerando a possibilidade de incluir a Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação (REDD<sup>21</sup>) como uma estratégia de redução permitida para o período pós-acordo de Quioto, a partir de 2012 (DeFRIES e ROSENZWEIG, 2010).

Duas estratégias são comumente propostas para controlar o desmatamento e promover a conservação da natureza e seus benefícios: o zoneamento do uso do solo e a intensificação agrícola. Os esquemas de zoneamento de uso do solo alocam a terra para usos determinados, assegurando que os ecossistemas naturais de grande valor não serão convertidos. A intensificação da agricultura, por sua vez, evitaria a incorporação de novas áreas para uso agrícola, pois permitiria que uma maior produção fosse obtida na mesma área ou em uma área menor. A implementação dessas duas estratégias deve ser realizada sob o controle

---

<sup>20</sup> Outras opções de mitigação são: mudanças na utilização dos combustíveis fósseis; uso de energias alternativas, eficiência energética e modificações no padrão de consumo (MAGALHÃES, 2013).

<sup>21</sup> REDD – Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação é um conceito que surgiu no âmbito da UNFCCC (Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima) em 2003, quando um grupo de instituições não governamentais brasileiras apresentou a proposta de um mecanismo de redução compensada de emissões. Em 2007, durante 13ª Conferência das Partes em Bali, o conceito foi ampliado para REDD+, e passou a incluir além do desmatamento e degradação, o papel da conservação florestal, do manejo florestal sustentável e do aumento dos estoques de carbono.

governamental por meio de políticas públicas, uma vez que falhas de mercado podem impedir sua adoção (assimetria de informação, custos de transação, externalidades).

A maior parte de terra do planeta que pode ser convertida ao uso agrícola está localizada nas regiões de floresta tropical, abrindo o debate de como conciliar a necessidade de uma maior produção agrícola com a conservação da floresta e manutenção dos serviços do ecossistema. Muitos especialistas argumentam que a intensificação e o uso produtivo da terra já desmatada é o caminho para alcançar esses objetivos (DeFRIES e ROSENZWEIG, 2010; MATSON e VITOUSEK, 2006; DeFRIES *et al.*, 2004; TILMAN *et al.*, 2002; NEPSTAD *et al.*, 2009). Essa é a ideia da hipótese de Borlaug<sup>22</sup>, que afirma que a inovação agrícola por meio do aumento da produtividade é poupadora de terra (HERTEL, 2012).

Em contraste, a hipótese de Borlaug tem sido debatida por estudos que argumentam a favor da hipótese de concorrência, conhecida como paradoxo de Jevon<sup>23</sup>, que sugere que o aumento da produtividade agrícola será acompanhado por uma expansão da área agrícola (HERTEL, 2012). Nesta linha, outros autores concluem que a intensificação sozinha não reduz a pressão sobre as florestas e que na ausência de políticas de conservação efetivas, o aumento da produção pode estimular o desmatamento adicional (RUDEL *et al.*, 2009b) via invasão agrícola direta ou deslocamento de outros usos (LAMBIN e MAYFROIDT, 2011; ARIMA *et al.*, 2011).

Teoricamente, a intensificação agrícola coloca em movimento duas forças opostas, uma que aumenta e outra que reduz as áreas cultivadas. Inicialmente, a produção intensificada fornece aos agricultores maior produção por hectare e crescimento em sua renda bruta. Este efeito pode induzi-los a expandir a área de cultivo. Se a demanda pelos produtos agrícolas é relativamente inelástica, o aumento na oferta, resultado da agregação das decisões individuais dos agricultores, pode causar uma queda nos preços dos bens agrícolas. Os argumentos que defendem a hipótese de Borlaug, que é a intensificação como poupadora de terra, enfatizam

---

<sup>22</sup> Os entusiastas da Revolução Verde, que representou a disseminação de novas práticas agrícolas que permitiu o aumento da produção em países menos desenvolvidos nas décadas de 1960 e 1970, afirmam que novas variedades de arroz, trigo e milho, combinadas com o maior uso de fertilizantes irrigação e pesticidas, ajudam a salvar milhões de hectares de florestas tropicais. Este argumento é conhecido como hipótese de Borlaug, em reconhecimento ao papel chave que Norman Borlaug, o “pai da Revolução Verde”, teve em promovê-lo (ANGELSEN e KAIMOWITZ, 2001).

<sup>23</sup> O paradoxo de Jevon propõe que o progresso tecnológico, ao aumentar a eficiência, leva ao uso mais intensivo dos recursos e tende a aumentar a sua taxa de consumo. É mais provável observar esse paradoxo quando a demanda pelos produtos agrícolas é mais elástica (HERTEL, 2012).

esse segundo estágio do processo no qual o preço cai, dissuadindo os produtores a expandir a área para o cultivo desses bens (RUDEL *et al.*, 2009b).

A globalização em conjunto com uma iminente escassez de terra produtiva no mundo, pode tornar essa estratégia (promoção do uso da terra que permite uma produção maior enquanto preserva os ecossistemas) menos efetiva, especialmente em florestas tropicais. A globalização também aumenta a influência das grandes propriedades do agronegócio e dos fluxos financeiros internacionais sobre as decisões locais de uso da terra, em alguns casos enfraquecendo as políticas nacionais intencionadas a promover a conservação da floresta. Por outro lado, o comércio internacional também tem o potencial de aumentar a eficiência global de uso da terra, permitindo a especialização regional e aumentando a produtividade como resposta a uma escassez global de terra (LAMBIN e MEYFROIDT, 2011).

Rudel *et al.* (2009b) observaram em seu estudo para diversas regiões do mundo, ao analisar áreas de cultivo para o período entre 1970 a 2005, que o padrão mais comum envolve o aumento simultâneo da produção agrícola e das áreas cultivadas. Mesmo quando as *commodities* agrícolas tiveram redução de preços, declínios com a intensificação em áreas cultivadas somente ocorreram quando a integração do mercado expulsou os pequenos produtores e formas ineficientes de cultivo, ou quando as importações de comida aumentaram e/ou o governo ofereceu incentivos para os agricultores conservarem a terra.

As relações entre redução em áreas cultivadas, políticas de conservação, comércio internacional e intensificação agrícola pode ter mudado recentemente quando as perspectivas para pagamentos por serviços ambientais<sup>24</sup> nos trópicos se tornaram uma parte das propostas políticas para a estabilização do clima mundial. Reduzir emissões do desmatamento e degradação somente se torna politicamente plausível quando a produção aumenta em terras remanescentes e o preço das *commodities* aumenta. O crescimento da demanda por biocombustíveis, junto ao crescimento do comércio de grãos, tem contribuído para aumentar os preços agrícolas, de forma que as condições que encorajam a intensificação agrícola ou declínio na área cultivada parecem insuficientes. Nesse contexto, a importância de unir a intensificação agrícola com a preservação de terras deveria aumentar, já que essa relação deve

---

<sup>24</sup> O Pagamento por serviços ambientais se refere a uma compensação financeira por serviços como: regulação de gases (produção de oxigênio e sequestro de carbono), conservação da biodiversidade, proteção dos solos e regulação das funções hídricas. Um exemplo é o pagamento por REDDs (redução de emissões do desmatamento e da degradação).

ser prioritária na busca da sustentabilidade (RUDEL *et al.*, 2009b), mas possivelmente só ocorreria com políticas públicas e não via mercado.

Dados os elementos discutidos nesta seção, parece que a intensificação agrícola só será alcançada se o governo implementar políticas de incentivo e fiscalização da conservação da floresta. O aumento da produtividade da terra sozinho não parece ser capaz de conter a expansão de áreas para cultivo conforme evidenciado em estudos sobre o tema (RUDEL *et al.*, 2009b, LABIN e MAYFROIDT, 2011; ARIMA *et al.*, 2011). Dessa forma, deveria haver maior fiscalização para conter os desmatamentos ilegais e, ao mesmo tempo, a promoção de incentivos econômicos para a conservação da floresta. Esses incentivos podem ser desde a concessão de florestas públicas para o manejo florestal sustentável, até o pagamento por serviços ambientais (dos quais destacam-se os pagamentos por REDDs), ou mesmo a promoção de programas com o objetivo de aumentar de produtividade da terra já desmatada na Amazônia. A questão da produtividade da terra será analisada nesta tese por meio de simulações com o modelo REGIA no capítulo quatro.

### **2.3 Dinâmica Econômica da Amazônia Legal**

Esta seção aborda questões relacionadas à economia da Amazônia Legal e sua dinâmica recente. Essa é uma discussão importante, pois servirá como base para as análises dos resultados das simulações com o modelo REGIA no capítulo quatro.

Alguns especialistas sustentam que três principais bases econômicas suportam o desempenho econômico recente da Amazônia Legal. A primeira tem como *locus* o Triângulo de Carajás, que a partir da maturação dos investimentos públicos e dos incentivos fiscais desenvolveu um complexo de setores minero-metalúrgico, hidroelétrico, portuário e industrial. Tal complexo abarca a área que abrange Belém, Marabá e Oriximiná, no Pará; São Luís e Imperatriz, no Maranhão; e Macapá, no Amapá. Outra área dinâmica é a Zona Franca de Manaus, com um núcleo eletroeletrônico, vinculado a empresas nacionais e multinacionais, especializado em bens duráveis. E por fim, a chamada “Faixa Agropecuária” que se estende pelos estados do Amazonas, Pará, Acre, Mato Grosso e Rondônia, onde se combinam a agroindústria da soja, a pecuária, o extrativismo vegetal e a agricultura tradicional (SANTANA, 2009; BRASIL, 2008).

Em relação à produção agrícola, destaca-se primeiramente a pecuária, que é considerado um setor economicamente importante na Amazônia e principal vetor de desmatamento na região. De acordo com o Censo Agropecuário do IBGE (2006), a Amazônia possui 30% de todo o rebanho bovino brasileiro. Destes 30%, cerca de 70% está nos estados do Mato Grosso, Pará e Rondônia. Segundo Arima *et al.* (2005), a pecuária cresceu na Amazônia porque tende a ser mais lucrativa que em outras regiões do Brasil, devido aos baixos preços da terra e a maior produtividade das pastagens nos principais centros pecuaristas.

Outras razões do crescimento da pecuária na Amazônia foram os empréstimos concedidos e a especulação fundiária. Entre 1989 e 2002, o banco da Amazônia emprestou US\$ 5,8 bilhões para a região (excluindo Mato Grosso e Maranhão), dos quais cerca de 40% desses recursos foram investidos na pecuária (ARIMA *et al.*, 2005). Uma outra explicação para o crescimento do rebanho bovino é que mesmo quando a pecuária não é lucrativa, os agricultores reivindicam e desmatam áreas a fim de acumular lucros ao revender a terra por preços maiores no futuro. Desse modo, a pecuária é vista como uma maneira mais barata de ocupação da terra (ANDERSEN *et al.*, 2002).

Mesmo com a especulação fundiária, o preço da terra na Amazônia sempre esteve abaixo do preço do Sudeste ou Centro-Oeste do Brasil, de acordo com Andersen *et al.* (2002). O efeito desta diferença de preços é a promoção da pecuária extensiva em direção às terras mais baratas da Amazônia. Enquanto as políticas governamentais, direta e indiretamente, contribuíram significativamente para o crescimento da pecuária na região, o crescimento dos centros urbanos e o desenvolvimento econômico por toda a Amazônia gerou forças sociais e econômicas suficientes para sustentar e promover a pecuária mesmo quando os incentivos governamentais foram removidos.

Com mais de 30% de todo rebanho bovino da Amazônia, o Mato Grosso é o estado mais importante na pecuária da região. De acordo com Schuh (2001), isso se deve às vastas áreas de cerrado e savana localizadas ao sul do estado. Segundo o autor, estas áreas de cerrado têm sido consideradas menos adequadas para o uso na agricultura e, desse modo, são utilizadas principalmente na produção extensiva do rebanho bovino. Avanços na pesquisa sobre a soja tropical e manejo do solo no cerrado, contudo, têm introduzido alternativas lucrativas na região.

Depois da pecuária, a lavoura temporária (arroz, milho, feijão, soja, cana de açúcar, mandioca e outros) representa a maior parte da terra desmatada na Amazônia. Em sua maioria, o cultivo da lavoura temporária é realizado por pequenos proprietários que queimam uma parte da floresta e produzem por um a três anos, até que os nutrientes das cinzas sejam esgotados. O tempo de descanso para que a terra possa ser utilizada novamente na lavoura é em torno de 10 anos. Contudo, esse período raramente é aplicado, já que transformar essa terra em pastagem é de duas a três vezes mais lucrativo do que esperar pela recomposição do solo (ANDERSEN *et al.*, 2002).

Entretanto, a lavoura temporária nas áreas de cerrado da Amazônia pode ser caracterizada por avanços tecnológicos, produção mecanizada e produção de soja. Isto se deve às pesquisas realizadas pela EMBRAPA para melhorar as variedades de soja e torná-la adaptável ao cerrado. Segundo dados do IBGE (2010), a produção de arroz, soja e mandioca na Amazônia representa cerca de 30% do total produzido pelo Brasil. No caso das culturas permanentes (cacau, café, banana, laranja etc.), houve um estímulo para a sua produção como uma melhor opção para a região do que as culturas temporárias. Em geral, elas são mais adaptáveis e menos sensíveis às pestes. Contudo, o investimento na lavoura permanente é cerca de 10 vezes maior do que o necessário para as culturas temporárias. Desse modo, a lavoura permanente apresentou crescimento entre 1970 e 1985 e depois se manteve constante na Amazônia (ANDERSEN *et al.*, 2002). A produção de café, por exemplo, não representa nem 4% do total produzido nacionalmente (IBGE, 2010).

Outro setor reconhecidamente importante na Amazônia Legal é a mineração. A atividade teve início na década de 1940 com a exploração das reservas de manganês na Serra do Navio (Amapá). Na década de 1970, foram instalados os polos minerais de Carajás e Trombetas, no Pará. Atualmente, a maior empresa de mineração da região é a Vale, antiga Companhia Vale do Rio Doce (CVRD). Essa mineradora, criada em 1942 pelo governo federal e privatizada em 1997, é a segunda maior mineradora do mundo atualmente. Além disso, existem outras empresas de mineração de grande porte investindo em pesquisas minerais na região (por exemplo, a Mineradora Rio Tinto) e na instalação de minas (por exemplo, Alcoa) (CELENTANO e VERÍSSIMO, 2007). A Vale também conta com o projeto Ferro Carajás S11D que visa expandir a atividade de extração e beneficiamento de minério de ferro no Complexo Minerador de Carajás, em operação desde 1985.

A exploração florestal também é um setor relevante na economia da Amazônia Brasileira. O Brasil é o maior produtor e consumidor de produtos de madeira tropical e, como tal, a indústria florestal é um importante componente da economia e, em particular, da economia da Amazônia. Em 2006, o setor florestal foi responsável por 3,5% do PIB brasileiro. Nesse ano, segundo a Sociedade Brasileira de Silvicultura (SBS), o setor foi responsável por cerca de dois milhões de empregos formais, além de responder por 8,4% das exportações totais da Amazônia (SBS, 2008). No Brasil, a exportação de produtos florestais aumentou de 14% para 36%, enquanto o valor dessas exportações aumentou em 250% entre 1998 a 2004, devido à taxa de câmbio favorável e ao aumento na demanda por exportações (BANERJEE e AVALAPALATI, 2009).

Segundo Rice *et al.* (1997), o baixo investimento na gestão florestal ocorre porque o gerenciamento de espécies madeireiras de alto valor requer investimentos de longo prazo, o que dificulta a atividade em ambientes políticos instáveis onde o regime de posse da terra não é claro. Desse modo, a especulação fundiária na Amazônia, assim como a extração ilegal de madeira e o desmatamento são alguns dos fatores que fazem com que a atividade de gestão florestal não seja atrativa. Como resultado, a indústria florestal na região tem seguido um ciclo de *boom* e colapso, onde, na maioria das vezes, as firmas destroem as espécies de alto valor até o completo esgotamento e, então, buscam outras áreas da floresta a procura de novas fontes de madeira (BANERJEE e AVALAPALATI, 2009).

Portanto, muitas vezes, o padrão adotado na extração madeireira se caracteriza por um processo em que o recurso florestal é tratado como recurso não renovável. Os madeireiros penetram sucessivamente na floresta para retirar as árvores de valor comercial. Esse tipo de exploração ocasiona a exaustão do recurso madeireiro, além de provocar danos na vegetação, dificultar a regeneração natural e tornar a floresta extremamente suscetível ao fogo (UHL *et al.*, 1997). Estudos publicados pela Fundação Floresta Tropical e EMBRAPA revelam que o manejo é uma opção economicamente viável e sustentável. De fato, há diversas empresas madeireiras, comunidades extrativistas e pequenos produtores que adotam práticas de manejo florestal sustentável (ARIMA e VERÍSSIMO, 2002).

A legislação brasileira (Decreto 1282/96) define manejo florestal sustentável como a “administração da floresta de modo a se obter benefícios econômicos e sociais, respeitando os mecanismos de sustentação do ecossistema objeto do manejo”. O setor florestal brasileiro adota esse conceito, com manejo de florestas que utilizam práticas e técnicas que visam o

equilíbrio entre o desenvolvimento econômico e a manutenção dos recursos naturais (SBS, 2008). De acordo com Banerjee e Avalapalati (2009), o governo federal tomou medidas para aproveitar o potencial que o manejo florestal tem em promover o desenvolvimento sustentável. Em Março de 2006, a Lei de Gestão de Florestas Públicas foi aprovada. Um ponto chave dessa lei é um sistema para a criação de concessões florestais em terras públicas. Com o objetivo de estabelecer cerca de 13 milhões de hectares em concessões até o final da década, tal iniciativa foi inédita para o desenvolvimento do setor florestal no Brasil.

Na Amazônia brasileira, o manejo florestal tem experimentado forte processo de expansão e concentrado suas atividades em um único produto: a madeira. No final da década de 1990, existiam pouco mais de uma dúzia destas iniciativas e até meados de 2005 já se observava mais de 300 planos de manejo florestal (aprovados ou em processos de elaboração e tramitação) envolvendo comunidades rurais. O crescimento destas iniciativas surgiu como uma alternativa para reduzir o processo acelerado de degradação ambiental devido à expansão da fronteira agrícola e a exploração predatória de madeira. Outra razão, seriam os baixos preços dos produtos extrativistas, como castanha e látex, têm levado as comunidades a buscarem formas alternativas de gerar renda adicional nos seus sistemas de produção (AMARAL E NETO, 2005).

### ***2.3.1 Trade off entre crescimento econômico e conservação da floresta***

A discussão sobre o controle do desmatamento tem um caráter ambiental, nacional e global. Contudo, deve-se levar em consideração a importância da agropecuária e do extrativismo na dinâmica econômica da Amazônia, pois muitas vezes o crescimento está relacionado à expansão da área ocupada por meio do desmatamento. O agronegócio, ligado à produção de grãos e a pecuária bovina, tem aumentado o seu peso relativo no desempenho econômico dos estados de Mato Grosso, Rondônia, Tocantins, Pará e Maranhão. Uma significativa parcela da produção dessas regiões é destinada aos mercados do Centro-Sul do país, com especial destaque para os bens agropecuários (carne, soja) e produtos madeireiros, ao passo que a outra parte se dirige ao mercado externo (MMA, 2012).

Portanto, parte significativa do desempenho econômico nessas regiões foi obtido à custa do desmatamento na região, notadamente no bioma cerrado. Não por menos, na última década do século XXI essas atividades (agricultura, pecuária e extração ilegal de madeira) são apontadas

como as principais causas da expansão do desmatamento na Amazônia Legal. Além disso, uma alternativa de ocupação e proteção lucrativa das florestas não foi estabelecida, seja por políticas públicas ou mecanismos de mercado. Por exemplo, ainda não se constituíram mercados para os serviços ambientais prestados pelos ecossistemas que recompensem a quem protege o meio ambiente, ou para os produtos nativos do patrimônio biológico da região, fornecedor de insumos para a bioindústria (BRASIL, 2008).

A região enfrenta uma gama de desafios que perpassa sobre questões sociais, ambientais, éticas, políticas e econômicas (MARGULLIS, 2003). Talvez o principal desses desafios, para o Brasil, seja o de proteger a floresta amazônica e ao mesmo tempo desenvolver economicamente a região.

O benefício econômico do desmatamento pode ser medido como um acréscimo ao PIB regional obtido na conversão de um hectare extra de floresta para uso agrícola. Entretanto, existem custos potencialmente elevados e significativos associados com a conversão. A maioria dos custos é externa aos agricultores e, assim, é improvável que estes levem esses custos em consideração ao tomar as decisões de produção sobre a área a ser desmatada. A presença dessas externalidades vai provocar uma conversão da terra mais rápida do que o socialmente desejado. De qualquer modo, a existência desses custos não implica necessariamente que o desmatamento vai exceder a quantidade considerada socialmente ótima. A lógica pode ser aplicada de modo contrário, os mercados imperfeitos de capital, a falta de governos locais para prover os bens públicos necessários e outras imperfeições de mercado pode levar a subutilização da floresta de uma perspectiva econômica (ANDERSEN *et al.*, 2002).

Os custos do desmatamento podem ser divididos, segundo Andersen *et al.* (2002) em custo público local, custo privado e custo público global. É importante entender qual o tipo de serviço a floresta produz e quem se beneficia dele. Apenas com esse entendimento podem-se desenhar políticas para conservar os serviços florestais de maneira eficiente. Por exemplo, se o armazenamento de carbono para mitigar os efeitos do aquecimento global é considerado um dos principais serviços da manutenção da floresta, será possível manter esse serviço ambiental e ao mesmo tempo permitir o uso da floresta por meio da extração de madeira sustentável<sup>25</sup>. Se a proteção da bacia hidrográfica é considerada o serviço ambiental mais importante, então

---

<sup>25</sup> A extração de madeira sustentável não causa emissões líquidas significativas de carbono, se a floresta vai absorver carbono durante a sua fase de regeneração e esta absorção será capaz de contrabalançar as emissões de carbono associadas com os produtos residuais da produção de madeira (ANDERSEN *et al.*, 2002).

deve haver uma proibição do desmatamento perto de rios para preservar esse serviço. Se as florestas nativas são mais importantes, então toda a atividade econômica na floresta deve ser banida. Para manter um alto nível de serviços ambientais a um baixo custo é importante entender quais serviços são mais importantes para a sociedade, e assim desenhar políticas eficientes para protegê-los.

O trabalho de Margulis (2003) buscou avaliar os custos e benefícios econômicos relacionados ao desmatamento. Entre as discussões, o autor considerou que uma atividade sustentável na Amazônia seria a exploração de madeira com práticas de rotação das áreas de corte e manejo florestal sustentável. Contudo, em sua análise econômica encontrou que o manejo não seria mais atrativo financeiramente do que a pecuária. A atividade da pecuária na Amazônia apresenta elevada lucratividade e alternativas sustentáveis como o manejo florestal não seriam capazes de competir com ela. Contudo, do ponto de vista social, o manejo<sup>26</sup> seria superior à pecuária, promovendo benefícios sociais ao deixar praticamente inalterado o sistema florestal. Contudo, o manejo sustentável compete economicamente não apenas com a pecuária, mas também com o extrativismo em sua forma não sustentável. Desse modo, a lacuna entre os retornos privado e social tornam quase impossível que a atividade de manejo florestal sustentável seja implementada sem algum tipo de intervenção governamental.

Nesse contexto, destaca-se que é preciso intervenção governamental para que se concilie o crescimento econômico com a preservação da floresta. Existem possibilidades de crescimento econômico sustentável por meio do manejo florestal, por exemplo, assim como a intensificação da agricultura em áreas já desmatadas pode evitar desmatamentos adicionais. Para isso, o poder público precisa implementar políticas para garantir a preservação da floresta.

## **2.4 Políticas de Preservação Ambiental para a Amazônia**

Foi a partir de 1980 que a destruição das florestas tropicais passou a chamar a atenção dos formuladores de políticas públicas. A preocupação inicial com a extinção de espécies se uniu ao alarme de um possível aquecimento global causado pela acumulação de gases de efeito estufa na atmosfera, como o dióxido de carbono, que é liberado pelo desmatamento (PFAFF,

---

<sup>26</sup> Neste caso, entende-se o manejo como uma atividade de manejo florestal sustentável e não o extrativismo madeireiro que degrada e desmata permanentemente a floresta.

1999). Esta seção apresenta um breve histórico de políticas brasileiras que buscaram a preservação da Amazônia e o desenvolvimento sustentável da região.

A Floresta Tropical da Amazônia foi declarada patrimônio nacional pela Constituição de 1988 e, nesse mesmo ano, foi criado o Programa Nossa Natureza. O objetivo deste programa era a proteção dos grandes complexos ecossistêmicos do Brasil e a organização sistemática da proteção ambiental (KOHLHEPP, 1992). Para a integração da gestão ambiental, em 1989 foi criado o IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente), assim como foram estabelecidos departamentos ambientais em todas as esferas do governo (federal, estadual e municipal), além da criação do Centro de Pesquisa para Florestas Tropicais com o objetivo de estudar os problemas de desenvolvimento sustentável na Amazônia (ANDERSEN *et al.*, 2002).

No governo Collor foi criada a Secretaria do Meio Ambiente (SEMA) cuja função era conduzir a elaboração de uma concepção de política ambiental e a coordenação de medidas ambientais, além do controle de sua aplicação através do IBAMA. Ressalta-se também o corte dos incentivos fiscais para os projetos problemáticos do ponto de vista ecológico, atingindo, sobretudo os estabelecimentos pecuários (KOHLHEPP, 1992). Esforços adicionais para conter os custos ecológicos do crescimento foram iniciados em 1990 com a criação da Comissão para Coordenação do Zoneamento Econômico-Ecológico<sup>27</sup> no Território Nacional (CCZEE). A primeira prioridade do CCZEE foi desenvolver um sistema de zoneamento na região da Amazônia que discriminasse entre áreas onde a preservação era crítica e áreas onde as atividades econômicas, sob práticas sustentáveis, poderiam ser empreendidas (SEROA DA MOTA, 1993).

O Programa Piloto para Proteção das Florestas Tropicais Brasileiras (PP-G7) foi criado em 1991 para trabalhar junto aos governos municipais, no fortalecimento da capacidade local de planejar e regular, e envolveu também a participação de “*stakeholders*” locais no processo (ANDERSEN *et al.*, 2002). Foi financiado pela União Europeia, Canadá, França, Alemanha, Itália, Japão, Estados Unidos e Reino Unido e administrado pelo Banco Mundial. Representou um instrumento de regulação nos objetivos de preservação dos recursos genéticos e contenção do desmatamento. Deve-se mencionar o êxito deste Programa na Demarcação das Terras

---

<sup>27</sup> O Zoneamento Ambiental ou Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) é um instrumento de planejamento do uso do solo e gestão ambiental que consiste na delimitação de zonas ambientais e atribuição de usos e atividades compatíveis segundo as características (potencialidades e restrições) de cada uma delas, visando o uso sustentável dos recursos naturais e o equilíbrio dos ecossistemas existentes.

Indígenas<sup>28</sup>, dos Projetos Demonstrativos<sup>29</sup>, das Reservas Extrativistas<sup>30</sup>, assim como na tentativa de ampliar a escala de ação, o envolvimento e parceria entre atores públicos, privados e não governamentais no Programa (BECKER, 2001).

Entre 1995 a 1998, o governo reconheceu 58 Reservas Indígenas, correspondendo a 26 milhões de hectares, e demarcou 115, equivalendo a 31 milhões de hectares, de modo que 63% das terras indígenas foram demarcadas no período, representando 78% da área total de reservas nacionais. Por outro lado, as áreas protegidas se referem às Unidades de Conservação<sup>31</sup> (UCs) de vários tipos, que se multiplicaram na Amazônia a partir de meados de 1980, mas cujo gerenciamento se constitui em um ponto crucial, dada a sua grande extensão e a falta de pessoal. Até o começo da década de 2000, cerca de 22% do território amazônico e mais de 6% eram ocupados, respectivamente, por terras indígenas e unidades de conservação (BECKER, 2001). Assim como a demarcação das terras indígenas, o modelo das Reservas Extrativistas (Resex) é igualmente importante, pois abre a concessão de terras pelo governo federal para a população extrativista tradicional, cuja subsistência baseia-se no extrativismo e, complementarmente, na agricultura de subsistência e na criação de animais de pequeno porte.

Ainda na década de 1990, teve início o projeto SIPAM/SIVAM de proteção e vigilância na Amazônia. Trata-se de um projeto do governo brasileiro de proteção e defesa da soberania nacional na Amazônia. Outro grande projeto focou diretamente na biodiversidade: o PROBEM (Programa Brasileiro de Ecologia Molecular da Biodiversidade Amazônica)

---

<sup>28</sup>A definição de terras indígenas encontra-se no parágrafo primeiro do artigo 231 da Constituição Federal: são aquelas "por eles habitadas em caráter permanente, as utilizadas para suas atividades produtivas, as imprescindíveis à preservação dos recursos ambientais necessários a seu bem-estar e as necessárias a sua reprodução física e cultural, segundo seus usos, costumes e tradições". Terras indígenas (TI), assim como as Unidades de Conservação (UCs), são áreas protegidas legalmente, pela Constituição definidas como bens da União, inalienáveis e indisponíveis, destinadas à posse e ao usufruto exclusivo dos índios que as ocupam, constituindo-se espaços privilegiados para a conservação da diversidade biológica.

<sup>29</sup>Os Projetos Demonstrativos (PDA) eram um subprojeto do Programa Piloto que financiava projetos de desenvolvimento sustentável voltados para quatro áreas temáticas prioritárias: i) sistemas de preservação ambiental; ii) sistemas de manejo florestal; iii) sistemas de manejo de recursos aquáticos; e iv) sistemas agroflorestais e de recuperação ambiental (LITTLE, 2005).

<sup>30</sup>Reservas Extrativistas ou Resex é um território de propriedade da União (sob jurisdição do IBAMA) que combina um regime de propriedade assentado na atribuição de direitos de uso à coletividades tradicionais, com um regime de gestão baseado na regulamentação dos direitos de uso através de planos de manejo e regulamentos de uso (ANDRADE, 1999).

<sup>31</sup>Unidades de conservação (UCs) são espaços territoriais e seus componentes, abrangem as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituídas pelo poder público, com objetivos de preservação/conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção. As unidades de conservação podem ser de uso indireto quando não envolvem consumo, coleta, dano ou destruição dos recursos naturais e de uso direto quando envolvem o uso comercial ou não dos recursos naturais, como definidas no Sistema Nacional de Unidades de Conservação.

definido em 1997 é um programa multi-institucional brasileiro, que conta com o apoio de uma rede de laboratórios nacionais e internacionais, do setor privado internacional e dos vários níveis do governo brasileiro. Seu principal objetivo é capacitar o país em pesquisa e desenvolvimento de produtos industriais de alto valor agregado, além de contribuir para o desenvolvimento sustentável e a conservação da biodiversidade.

O ano de 1996 também representou um marco, com o projeto que propôs a formação de corredores ecológicos para proteção ambiental. Nesse mesmo ano, o governo federal retomou o Planejamento Brasil em Ação, propondo a implantação de igualmente grandes corredores de desenvolvimento (BECKER, 2001). Portanto, ressurgiu o interesse em desenvolver e integrar o Brasil, o que ficou claro com os planos plurianuais chamados de “Avança Brasil”. O plano implicou em um elevado investimento direcionado à Amazônia. Por exemplo, durante o período de 2000-2007, o plano destinou cerca de 25 bilhões de reais para o Norte e Oeste da Amazônia Legal (Acre, Amapá, Amazonas, Roraima, e grande parte do Pará) e 48 bilhões de reais para as áreas de fronteira no leste e sul do coração da Amazônia (Rondônia, Mato Grosso, Maranhão, Tocantins, Pará e áreas de fronteira da Amazônia Legal). Os investimentos cobriam projetos de infraestrutura (melhorias em rodovias, pontes, aeroportos, portos, canais, comportas, ferrovias, terminais, usinas de energia, oleodutos de gás natural, linhas de telefone etc.) e em torno de um terço foi destinado a projetos de desenvolvimento social (educação, saúde, água e saneamento), enquanto de 5 a 8% foram destinados a projetos ambientais e coleta de informações (ANDERSEN *et al.*, 2002).

Contudo, os interesses na proteção ambiental se mantiveram, e em 1998, uma conta de “crime ambiental” passou pelo Congresso Brasileiro, dando poderes ao IBAMA para a aplicação de multas e prisões nos casos de desmatamento ilegal, extração ilegal de madeira e queimadas. No início da década de 2000, as leis de zoneamento ecológico também regulavam o uso dos recursos naturais privados. Assim, áreas específicas dentro de propriedades privadas (nascentes e margens de rios, vegetação sobre colinas, etc.) foram consideradas por lei (pelo Código Florestal Brasileiro) como reservas ecológicas ou áreas de preservação permanente (APP). Em adição, uma parcela de toda propriedade privada teria que ser publicamente registrada como área de preservação de cobertura florestal permanente (ANDERSEN *et al.*, 2002). Para a região da Amazônia, a área de reserva legal aumentou de 50% para 80% em 1996.

Conforme mencionado anteriormente nesta tese, deve-se ressaltar que a partir de 2004, verificou-se uma redução nas taxas de desmatamento. Os fatores que explicariam essa redução seriam as condições de mercado, em especial a forte retração dos preços dos produtos agropecuários intensificado pela valorização cambial, e as políticas de conservação introduzidas na segunda metade dos anos 2000. Essas políticas contam com mecanismos mais eficientes de controle e monitoramento e criação de novas unidades de conservação.

Em 2006, a concessão florestal foi legalizada e regulada por meio da Lei de Gestão de Florestas Públicas (LGFP). A concessão trata da definição de modelos de gestão de florestas públicas para a produção sustentável. Esse tipo de manejo florestal sustentável tem o objetivo de extrair madeira e produtos não madeireiros com o mínimo de dano ao meio ambiente. Portanto, é realizado com práticas de impacto reduzido de exploração, garantindo a permanência da floresta após a exploração de seus produtos. Garante também a conservação dos solos, dos rios e dos habitats para a fauna. Além disso, permite que a comunidade possa obter renda (BALIEIRO *et al.*, 2010).

Mais recentemente, em 2012, foi aprovado o Novo Código Florestal que tem causado divergências ao fixar novos limites de proteção relacionados às áreas protegidas e pode ter sido um dos responsáveis pelo pequeno aumento do desmatamento do período 2012-2013. No caso da área de reserva legal na Amazônia Legal, por exemplo, que passou a ser de 50% no caso de propriedades em estados que possuam mais de 65% de áreas protegidas e que uma lei estadual autorize a redução da reserva legal das propriedades. Desse modo, segundo o IMAZON (2013), o novo Código permitiu a consolidação de parte significativa de áreas ilegalmente desmatadas no passado, o que cria expectativas de que novos desmatamentos possam ser anistiados no futuro.

O governo brasileiro apresentou na COP15, realizada em dezembro de 2009 em Copenhague, metas voluntárias nacionais de redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE) entre 36,1% a 38,9% das emissões projetadas até 2020, propondo como principal meio, diminuir a taxa de desmatamento da Amazônia em 80% nesse período. Segundo Nepstad *et al.* (2009), o compromisso brasileiro em reduzir o desmatamento no interesse do programa das Nações Unidas de REDD tem criado esperanças para uma nova era de relações entre os sistemas naturais e humanos na Amazônia.

Observa-se, portanto, que o Brasil adotou nas últimas décadas, uma série de iniciativas que visam à proteção da Amazônia e o desenvolvimento sustentável, embora não tenha abandonado as políticas de investimentos em infraestrutura. Neste contexto, esta tese visa analisar o impacto econômico e de uso da terra de uma dessas políticas ambientais recentes para a região, no caso, a política de controle de desmatamento proposto na COP15.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Modelos de Equilíbrio Geral Computável

Um modelo de equilíbrio geral computável pode ser definido como um conjunto de equações que incorpora um histórico de conhecimentos econômicos, teóricos e empíricos da teoria de equilíbrio geral walrasiana. Apresenta, assim, uma estrutura microeconômica detalhada, captando características setoriais e comportamentais de empresas, famílias e demais instituições na economia. Mudanças nos preços relativos provocam substituições imperfeitas nos mercados de fatores primários e de bens e insumos, provocando impactos por toda a economia. Por exemplo, variações dos preços internos produzem alterações na demanda externa que podem favorecer ou prejudicar as indústrias exportadoras e produzir efeitos sobre o restante do sistema produtivo. O mercado de fatores de produção (capital, trabalho e terra), através de restrições de oferta, alterações nos preços relativos e efeitos de substituição, pode capturar a mobilidade dos fatores entre setores e também entre regiões (HADDAD, 1999; DOMINGUES, 2002; PEROBELLI, 2004).

Desde a publicação de Johansen (1960), a modelagem EGC passou a atrair uma série de pesquisadores em diferentes linhas de pesquisa. Os modelos objetivam analisar os efeitos sobre variáveis macroeconômicas, de bem-estar, industriais, regionais, do mercado de trabalho e ambientais de diversas políticas, tais como: i) impostos, ii) pagamentos de seguridade social e gastos do governo; iii) tarifas e outras interferências no comércio internacional, iv) políticas ambientais, vi) mudanças tecnológicas, vii) preços internacionais de *commodities*, viii) taxas de juros, entre muitos outros (DIXON e RIMMER, 2010).

Segundo Domingues (2002), tratar um problema econômico em equilíbrio parcial ou equilíbrio geral tem implicações metodológicas importantes. De acordo com o autor, em equilíbrio parcial a economia é um sistema econômico onde o problema em estudo representa um bloco ou mercado, independente e isolado. As relações e o comportamento desse mercado têm pouco ou nenhum efeito no restante do sistema, e vice-versa. Já em equilíbrio geral a economia é vista como um sistema de mercados inter-relacionados no qual o equilíbrio em todas as relações tem que ser obtido simultaneamente. De fato, os trabalhos que utilizam

modelos de equilíbrio parcial não conseguem capturar as interações com o resto da economia (REILLY *et al.*, 2007).

Os modelos EGC se dividem entre os modelos de estática comparativa e os modelos dinâmicos. Na aplicação estática não existe preocupação com a trajetória do investimento ao longo do tempo, mas sim com a forma que os gastos de investimentos serão alocados entre as atividades e regionalmente. Desse modo não há relação fixa entre capital e investimento. (DIXON *et al.*, 1982; HADDAD, 2004, FARIAS, 2012).

Em geral, os modelos de EGC construídos para a economia brasileira nas três últimas décadas, utilizaram uma análise em estática comparativa. Dentre estes modelos pode-se destacar: a) o modelo PAPA (GUILHOTO, 1995), desenvolvido para a economia nacional, que foi utilizado para análise de políticas agrícolas; b) o modelo TERM-BR (FERREIRA FILHO, 1998), utilizado para análise do desenvolvimento agrícola; c) o modelo B-MARIA (HADDAD, 1999), calibrado para três regiões (Norte, Nordeste e Centro-Sul), implementado para discutir aspectos da desigualdade regional e de mudança estrutural na economia brasileira; d) o modelo SPARTA (DOMINGUES, 2002), aplicado para análise da dimensão regional e setorial da integração brasileira na Área de Livre Comércio das Américas; e) o modelo MINAS-SPACE (ALMEIDA, 2003), modelo EGC espacial, utilizado no planejamento e análise de políticas de transporte; f) o modelo B-MARIA-IT (PEROBELLI, 2004) elaborado para analisar as interações entre as unidades federativas e suas relações mercantis com o restante do mundo; e g) o modelo IMAGEM-B (MPOG, 2008), modelo multirregional, aplicado à avaliação de impactos de investimentos em infraestrutura, transportes e comércio inter-regional.

Alguns modelos com características recursivas e que foram aplicados para a economia brasileira podem ser destacados. O modelo de FOCHEZATO & SOUZA (2000), calibrado para o ano base de 1994 utiliza a estrutura de dinâmica recursiva. Desenvolvido para análise nacional, projeta impactos de políticas de estabilização e reformas estruturais da economia brasileira. O modelo MIBRA (HASEGAWA, 2003), por sua vez, ao incorporar endogenamente os investimentos numa estrutura recursiva, examinou as propostas efetivas do governo federal diante de uma combinação entre aumento de investimentos, gastos públicos e produtividade dos fatores de produção. O modelo EFES (HADDAD & DOMINGUES, 2001) é uma referência na análise de projeção, tratando explicitamente de componentes de dinâmica recursiva na acumulação de capital. E também, o modelo de Ferreira Filho e Horridge (2010)

que analisa os impactos potenciais de cenários de mudanças climática na agricultura brasileira sobre as migrações internas no país.

Os modelos dinâmicos avançam em relação aos modelos estáticos, pois permitem simulações em que o estoque de capital se acumula ao longo do tempo e o mercado de trabalho apresenta certa inércia no ajustamento dos salários e do emprego. Um modelo EGC dinâmico que apresente um módulo para o uso da terra permite ainda que o mercado de terra se ajuste anualmente de acordo com os diferenciais de rentabilidade entre as lavouras. O modelo construído para esta tese, denominado REGIA (*Inter-Regional General Equilibrium Model for the Brazilian Amazon*), é um modelo dinâmico para as mesorregiões da Amazônia Legal Brasileira conectado a um modelo de uso da terra. Desse modo, o modelo inova ao ser o primeiro modelo regional para a Amazônia e que permite o estudo de questões relacionadas ao uso da terra. Além disso, por se tratar de um modelo inter-regional apresenta como característica a identificação dos canais regionais, inter-regionais e externos dos fluxos de comércio e renda. Uma resenha de modelos EGC regionais pode ser vista em Donaghy (2009).

### **3.1.1 Modelos Globais: Incorporação do uso da terra em modelos EGC**

A incorporação de um módulo de uso da terra em modelos EGC é relativamente recente na literatura. O debate sobre as mudanças climáticas globais parece ter estimulado a pesquisa e a tentativa de superar as dificuldades técnicas associadas entre a ligação do uso da terra e os modelos EGC. Desse modo, a grande maioria dos trabalhos encontrados na literatura liga o uso da terra a um modelo EGC global para analisar questões relacionadas às mudanças climáticas, políticas de mitigação de emissões e políticas energéticas voltada ao uso de biocombustíveis. A vantagem dos modelos EGC em análises de uso da terra é que eles podem capturar de forma sistêmica os efeitos econômicos das mudanças no padrão de uso da terra. Modelos EGC conseguem incorporar o comportamento dos produtores em relação à demanda por terra segundo as diferentes possibilidades de uso. Assim, devido ao comportamento otimizador dos produtores, a alocação de terra é direcionada ao uso produtivo que fornece o maior retorno (FARIAS, 2012).

Os modelos EGC com uso da terra encontrados na literatura podem ser divididos em duas diferentes abordagens, os modelos de estática comparativa e os dinâmicos. Contudo, vale

salientar que o processo de mudança no uso da terra é um processo altamente dinâmico (HEISTERMANN *et al.*, 2006). Desse modo, as decisões de uso da terra não dependem sobre os usos passados e correntes, mas sobre as expectativas futuras – especialmente em setores como o de silvicultura, em que o planejamento de longo prazo é fundamental. Portanto, a desvantagem dos modelos de estática comparativa é a incapacidade de descrever trajetórias e o comportamento futuro do uso da terra. Isto torna os modelos dinâmicos mais apropriados aos estudos com foco no desmatamento. Neste contexto, ao longo desta seção, serão apresentados alguns estudos de modelos globais EGC com uso da terra. Primeiramente, alguns modelos estáticos serão apresentados e, após, tem-se uma revisão dos modelos EGC dinâmicos.

O primeiro modelo global EGC com o uso da terra desagregado por características físicas foi o FARM (*Future Agriculture Resources Model*) de Darwin *et al.* (1995). Os autores dividiram a terra, tipicamente tratada como um fator não comercializável nos modelos EGC, em um número de categorias de uso, diferenciadas pela duração do período de crescimento das lavouras. Os dados do fator terra foram retirados de um modelo bioclimático espacial, GIS<sup>32</sup> (*Geographic Information System*). O modelo FARM foi utilizado para estimar os impactos das mudanças climáticas (DARWIN *et al.*, 1995), do aumento dos níveis dos oceanos (DARWIN e TOL, 2001) e da conservação da natureza (DARWIN *et al.*, 1996) – fenômenos que modificam a alocação do fator terra nas diversas regiões do mundo.

O FARM é uma extensão do modelo mundial GTAP (*Global Trade Analysis Project*), e contém oito regiões geográficas, 11 setores e 13 *commodities*. Foi utilizado para avaliar os efeitos da mudança climática global baseada em uma duplicação das emissões atmosféricas de CO<sub>2</sub> sobre a agricultura, ligando as condições climáticas aos recursos terra e água, à produção, ao comércio e ao consumo. Para tal fim, i) foram simulados os efeitos potenciais da mudança climática sobre a disponibilidade e produtividade da terra agrícola; ii) foi determinada a extensão em que os agricultores respondem à mudança do clima pela adoção de sistemas de produção alternativos e pela expansão (ou abandono) das terras agrícolas; e, por fim, iii) estimativas quantitativas das mudanças no uso da terra e da água foram apresentadas (DARWIN *et al.*, 1995).

Os principais resultados desta pesquisa de Darwin *et al.* (1995) mostraram que há alguns benefícios agrícolas das mudanças climáticas, mas que não seriam distribuídos igualmente por

---

<sup>32</sup> O modelo GIS liga o clima com as possibilidades de produção em oito regiões (DARWIN *et al.*, 1995).

todo o mundo. Em países como o Canadá, a produção agrícola aumentaria, enquanto no Sudeste da Ásia diminuiria para todos os cenários. Em relação à disponibilidade do fator, encontrou-se que a quantidade de terra agriculturável aumentaria nas regiões de alta latitude. Contudo, mesmo que a produção agrícola aumentasse em alguns países, a produção total mundial provavelmente diminuiria nos piores cenários das mudanças climáticas, pois os aumentos na produção de alimentos seriam mais do que compensados pelas quedas em outros setores.

Segundo Heistermann *et al.* (2006), um importante aspecto do tratamento da terra no processo de produção é a sua heterogeneidade. A produtividade da terra pode variar entre produtos, regiões e tempo. As principais razões para essas diferenças, conforme ressaltado pelos autores, são as características biofísicas da terra, tais como o clima e o solo. Uma maneira de introduzir essa heterogeneidade é deixar de lado a suposição de que a terra é perfeitamente substituível e adotar a substituição imperfeita entre os diferentes setores e usos. Com este propósito, o modelo GTAP (HERTEL, 1997) foi modificado para o GTAP-L (BURNIAUX, 2002) para que a terra apresentasse substituição imperfeita entre os diferentes usos.

O GTAPE-L é um modelo para cinco regiões e dez setores e captura a heterogeneidade da terra introduzindo uma matriz de transição que rastreia todas as transformações da terra entre os setores. As matrizes de transição do uso de terra (retiradas do modelo IMAGE<sup>33</sup>) descrevem o padrão de mudanças da terra observado em relação ao ano de referência, dada uma variação no nível de emissões. Juntamente com os dados do GTAP, Burniaux (2002) utilizou dados do EPA (*US Environmental Protection Agency*) para as emissões de GEE com foco sobre as emissões relacionadas ao uso da terra, agricultura e silvicultura. Assim o objetivo do estudo foi verificar a conversão de florestas para outros usos, decorrente de uma variação nas emissões. O GTAP-L também foi usado no trabalho de Burniaux e Lee (2003) para projetar os efeitos globais sobre o uso da terra da redução nas emissões de GEE.

No modelo GTAP-AEZ, utilizado por Lee (2004), o uso da terra e as emissões decorrentes de mudanças no uso da terra foram incorporadas dentro de um modelo EGC que também visou analisar políticas relacionadas às mudanças climáticas. O modelo segue o zoneamento agro-ecológico (AEZ: *agro-ecologically zone*) proposto pela *Food and Agriculture Organization* (FAO, 2000) e identifica 18 zonas (6 AEZ ligadas em 3 zonas climáticas) de uso da terra. No

---

<sup>33</sup> IMAGE – *The Integrated Model to Assess the Global Environment*: é um modelo dinâmico de avaliação integrada para as mudanças climáticas (BURNIAUX, 2002).

modelo, a terra é móvel entre lavoura, pasto e silvicultura dentro de cada AEZ, porém não é móvel entre elas. Este modelo foi desenvolvido para retratar as emissões relacionadas ao uso da terra e descrever o processo utilizado para a consideração de aspectos biofísicos, como a temperatura, os tipos de solo e a precipitação, no processo de calibragem do modelo EGC. A ligação do uso da terra ao modelo EGC foi feita por meio de uma equação que distribui o retorno de cada uso da terra em cada AEZ (LEE, 2004).

O desenvolvimento de uma nova base de dados de uso da terra promovido pelo modelo GTAP-AEZ (LEE *et al.*, 2005) abriu possibilidades para uma modelagem detalhada do uso da terra dentro de um sistema EGC. A partir dele, Ahmmad e Mi (2005) desenvolveram o modelo GETEM em que a oferta de terra acomoda de forma flexível a possibilidade da alocação do fator entre as atividades agrícolas e a de silvicultura. As maiores contribuições do GETEM foram: i) a incorporação de sistemas florestais em um sistema EGC para modelar explicitamente o sequestro de carbono da silvicultura; e ii) a introdução de substituição entre terra e fertilizantes na tecnologia de produção.

Hertel *et al.* (2008) ampliou o conceito inicial de Lee (2004) e desenvolveu um estudo de oportunidades de mitigação de emissões relacionadas ao uso da terra. O GTAP-AEZ foi usado também para analisar os efeitos de mudanças climáticas sobre o uso da terra, oferta, demanda e preços dos alimentos (LEE, 2009) e mostrou que os países em desenvolvimento seriam os mais adversamente afetados. Já o modelo GTAP-AEZ-GHG desenvolvido por Golub *et al.* (2008) é mais uma versão modificada do modelo GTAP (HERTEL, 1997) que incorpora diferentes usos de terra, emissões e sequestro de GEE relacionadas. Os autores analisaram o papel do uso da terra na mitigação de GEE potencial por meio de atividades relacionadas ao uso da terra na agricultura e silvicultura. Desse modo, o modelo GTAP-AEZ-GHG consegue capturar efetivamente os custos de oportunidade das decisões sobre o uso da terra na agricultura e silvicultura, permitindo uma análise de competição por tipos heterogêneos de terra e a substituição de fatores entre terra e demais fatores de produção.

Da mesma forma que o modelo GTAP-L (BURNIAUX, 2002), Van Meijl *et al.* (2006) combinou o modelo econômico GTAP com o modelo biofísico IMAGE em seu modelo denominado GTAPEM. O tratamento da agricultura e de uso da terra foi melhorado ao incorporar as informações do modelo PEM (OECD *Policy Evaluation Model*)<sup>34</sup> na estrutura de produção agrícola e uma nova metodologia de alocação da terra foi introduzida utilizando

---

<sup>34</sup> Para detalhes deste modelo, ver OCDE (2003).

curvas de oferta de terra regionais para facilitar a conversão de terra ociosa para terra produtiva levando em consideração o nível de intensificação. Outro aspecto importante é que o modelo econômico está ligado ao modelo biofísico, de modo que informações heterogêneas detalhadas sobre a produtividade da terra alimentam o modelo EGC.

Outra diferença entre os modelos, é que no GTAPEM, a terra é usada somente para a produção agrícola, enquanto que no GTAPE-L, a terra também é usada na silvicultura e em outros setores (interpretada como terra para áreas urbanas) (HEISTERMANN *et al.*, 2006). Normalmente, para reduzir os parâmetros necessários, os insumos intermediários são modelados em ECG como não substituíveis aos fatores primários. Isso significa que um decréscimo na utilização da terra não pode ser contrabalanceado por um aumento no uso de fertilizantes (HERTEL, 1999). O modelo GTAPEM, neste caso, avança em relação a outros estudos e modela essa substituição entre fatores primários e intermediários (HEISTERMANN *et al.*, 2006).

No modelo LEITAP de Eickhout *et al.* (2008) foram combinados conceitos econômicos e biofísicos para quantificar e analisar as consequências sócio-econômicas e ambientais de longo prazo de diferentes cenários. O LEITAP é um modelo ECG que também foi ligado ao modelo biofísico IMAGE com o objetivo de capturar os efeitos de variações na produtividade da terra. O modelo incluiu a estrutura de demanda por terra para refletir o grau de substitutibilidade dos vários tipos de uso da terra. A introdução de uma curva de oferta de terra endógena apresentou importantes implicações para as análises de mudanças climáticas, agrícolas e de reforma de políticas de comércio ao modificar os impactos nos diferentes países.

Ronneberger (2006) uniu o modelo global de uso da terra agrícola KLUM<sup>35</sup> a uma versão estendida do modelo GTAP de Hertel (1997), o GTAP-EFL, para analisar consistentemente os impactos da mudança climática sobre a alocação de lavouras e suas implicações para o desenvolvimento econômico no modelo KLUM@GTAP. A metodologia incluiu decisões econômicas dinâmicas de uso da terra baseadas também em aspectos biofísicos dentro do “estado da arte” da modelagem de EGC. Em sua abordagem, a alocação de terra que é exógena no GTAP-EFL foi substituída pelo KLUM. As decisões de uso da terra são limitadas às lavouras, excluindo o pasto. No lugar de mudanças na produção de lavoura, os autores

---

<sup>35</sup> KLUM - *Kleines Land Use Model*. O Modelo global KLUM de uso da terra agrícola foi desenhado para ligar a economia e a vegetação reproduzindo a dinâmica da alocação global de lavouras (RONNEBERGER *et al.*, 2005).

usaram diretamente as mudanças nos preços determinados dentro do modelo EGC. Vale lembrar que este modelo também utiliza a metodologia das AEZ, com uma representação da terra mais explícita geograficamente.

Devido a preocupação com a oferta global de terra limitada, Hertel *et al.* (2010) buscaram avaliar o impacto econômico do aumento da produção de biocombustíveis no uso da terra. Para isso, incorporaram na base de dados do modelo GTAP-AEZ subprodutos como óleos vegetais, biodiesel do milho, entre outros. O modelo foi validado para o período histórico de 2001 a 2006, que foi um período de rápido crescimento na produção de biocombustíveis nos EUA (Estados Unidos da América) e na UE (União Europeia). Com essa validação, foram estimadas as elasticidades de substituição entre biocombustíveis e produtos de petróleo. Ainda neste tema, Britz e Hertel (2011) combinaram o modelo CAPRI (de produção agrícola e uso de recursos da UE) com o modelo global de comércio e uso da terra GTAP para estimar tanto o impacto global quanto os impactos regionais das políticas de biocombustíveis da UE sobre o uso da terra.

Outros estudos também avaliaram questões relacionadas aos biocombustíveis. Taheripour *et al.* (2010) argumentou que outros estudos superestimaram os impactos da primeira geração de biocombustíveis sobre os mercados globais agrícola e de uso da terra por não considerarem o papel dos subprodutos dos biocombustíveis. Os autores afirmam que a presença desses subprodutos reduz o impacto nos preços da produção de biocombustíveis e, mais importante, reduzem a demanda por terra para uso agrícola, moderando as consequências indiretas do uso da terra. Os autores utilizaram o GTAP-BIO que é uma versão modificada do GTAP-L. Timilsina e Mevel (2011) usaram o GTAP para representar explicitamente os impactos de mudanças no uso da terra devido à expansão dos biocombustíveis.

Entre os modelos dinâmicos, destaca-se o trabalho de Golub *et al.* (2006) que buscou melhorar a modelagem de oferta e demanda por terra do modelo GTAP para ampliar a adequação deste para as análises de políticas climáticas e, especialmente, as análises de emissões de gases de efeito estufa decorrentes do uso da terra ou das mudanças no uso do solo. Trata-se de um modelo dinâmico GTAP-dyn que analisa o crescimento econômico em cada região do mundo, baseado em projeções da população, mão de obra qualificada e não-qualificada e mudança tecnológica. Os autores visaram a questão da mobilidade da terra nos diferentes usos (atividades) na economia por meio de modelos mais sofisticados de oferta de terra, começando por um modelo no qual a terra é perfeitamente móvel e não diferenciada, e

terminando com um no qual a mobilidade da terra entre os usos é governada por uma função de elasticidade constante de transformação (CET – *Constant Elasticity Transformation*) que também é responsável pela heterogeneidade da terra dentro das AEZs.

No estudo de Gurgel *et al.* (2008) foi usada uma extensão do modelo EPPA (MIT *Emissions Prediction and Policy Analysis model*) (PALTSEV *et al.*, 2005) que tem sido amplamente aplicado em análises de políticas de mudanças climáticas, energéticas e agrícolas. Trata-se de um modelo dinâmico para 16 regiões e 21 setores, com múltiplos setores agrícolas e tipos de terra. A modelagem permite a conversão de áreas naturais para áreas agrícolas quando economicamente favorável. Essa modelagem foi introduzida de duas maneiras: i) em uma abordagem por meio da elasticidade da oferta de terra baseada nas repostas observadas desta e, ii) considerando apenas os custos diretos da conversão de terra. O principal objetivo foi estimar a produção de biomassa no século 21 considerando dois cenários alternativos, com e sem política para mitigar as emissões de GEE.

O modelo ENVISAGE buscou fornecer uma visão dos impactos das mudanças climáticas e políticas de mitigação dentro dos países, ligando um modelo econômico global com um modelo de micro-simulação global baseado numa compilação abrangente de pesquisas familiares de cada país (BUSSOLO *et al.*, 2008). Trata-se de um modelo EGC dinâmico derivado do modelo global de comércio LINKAGE<sup>36</sup> do Banco Mundial. O ENVISAGE modelou a terra usando uma função de transformação CET que governa a sua oferta. O estudo de Keeney e Hertel (2008) examinou os impactos do uso de terra agrícola decorrente do aumento da demanda por etanol nos Estados Unidos usando o modelo GTAP-BIO. Encontrou-se que a suposição padrão do crescimento da produtividade é excessivamente restritiva. O modelo global GTAP-BIO foi adaptado para estudar as *commodities* agrícolas e a implicação no mercado de fatores de um aumento na produção de biodiesel no EUA, com foco no uso de terra de áreas para lavoura, tanto como a conversão potencial de pasto e floresta.

Na avaliação do efeito do aumento da produção de biocombustíveis no uso da terra, também destacam-se os trabalhos desenvolvidos em Al-Riffai *et al.* (2010) e Laborde e Valin (2011). Al-Riffai *et al.* (2010) analisou o possível impacto de mudanças nas políticas de comércio dos biocombustíveis sobre a produção agrícola global e a performance ambiental da política de

---

<sup>36</sup> A especificação completa do modelo LINKAGE está descrita em van der Mensbrugge (2006).

biocombustíveis da UE utilizando uma versão ampliada do modelo MIRAGE<sup>37</sup>. Foi introduzida uma modelagem de demanda de energia que permite substitutibilidade entre diferentes fontes de energia, incluindo biocombustíveis. O estudo de Laborde e Valin (2011) também buscou avaliar as mudanças indiretas de uso da terra (ILUC – *indirect land use change*) causadas pelos biocombustíveis. Os autores desenvolveram uma base de dados mais detalhada e consistente para representar os setores e os mecanismos de substituição por meio do modelo EGC dinâmico MIRAGE-BioF.

Portanto, a literatura apresenta desde meados da década de 1990 uma série de estudos que apresentaram tentativas de incorporar o uso da terra dentro de uma estrutura de EGC. Estes estudos, basicamente, buscaram analisar questões relacionadas às políticas das mudanças climáticas e seus efeitos sobre o uso da terra, assim como políticas de expansão de biocombustíveis e análises de emissões e sequestro de carbono<sup>38</sup>.

### 3.1.2 *Incorporação do uso da terra em modelos EGC para o Brasil*

Considerando os estudos que incorporaram o uso da terra em modelos EGC para o Brasil, destacam-se os modelos que analisam questões relacionadas às mudanças climáticas e aos biocombustíveis, assim como alguns modelos com foco em políticas de desmatamento na Amazônia.

Giesecke *et al.* (2008) analisaram o ajustamento estrutural brasileiro ao rápido crescimento da demanda por etanol. Assim, este estudo investigou as consequências regionais e setoriais de um rápido crescimento no consumo doméstico e nas exportações de etanol no Brasil. Para isso, utilizaram um modelo multirregional EGC estático (*top-down*) com detalhes da indústria de energia. O modelo incluiu diferenças regionais nas tecnologias de produção de etanol e açúcar, métodos de colheita de cana e elasticidade de oferta de terra para a produção de cana. Foi permitida a mobilidade da terra de outras lavouras para a cana fixando a oferta de terra total para todos os setores agrícolas. Uma das conclusões deste trabalho é que a pressão por adicional desmatamento é frequentemente associada a um cenário de crescimento da produção

---

<sup>37</sup> O MIRAGE (*Modeling International Relationships in Applied General Equilibrium*) foi desenvolvido no *Centre d'Etudes Prospectives et d'Informations Internationales* (CEPII). A documentação do modelo pode ser vista em Bchir *et al.* (2002) e Decreaux e Valin (2007).

<sup>38</sup> Para uma discussão mais ampla dos modelos EGC com uso da terra, ver o trabalho de Farias (2012).

de etanol, porém somente uma pequena redução no uso da terra (menor que 2%) é necessária para acomodar a expansão da produção de etanol.

Domingues *et al.* (2008) analisaram o impacto de mudanças climáticas no Nordeste a partir de estimativas sobre a disponibilidade de terras aptas para a atividade agrícola em um conjunto de lavouras. Foram utilizadas informações do IPCC (*International Panel of Climate Change*) de cenários de aquecimento global para alimentar o modelo inter-regional EGC estático estadual para o Brasil. Os dados de mudanças na disponibilidade de terras por estado foram retirados de cenários climáticos da Embrapa e representam os choques sobre a disponibilidade do fator de produção na agropecuária. Esses choques, por sua vez, afetariam a rentabilidade do setor agrícola, diminuindo seu nível de atividade e o uso dos fatores primários, que tendem a ser atraídos pelas regiões e setores menos afetados, gerando efeitos migratórios e de deslocamento de capital. Contudo, o modelo não apresenta uma modelagem explícita de uso da terra, considerada exógena.

Moraes (2010) avaliou os efeitos de diferentes cenários de mudanças climáticas sobre a agricultura brasileira por meio de um modelo EGC estático, o TERM-BR (*The Enormous Regional Model for Brazil*) e cenários disponibilizados pela EMBRAPA que são baseados no IPCC. Assim como Domingues *et al.* (2008) utilizou a terra como fator de produção agrícola. Margulis e Dubeux (2010) também avaliaram os efeitos das mudanças climáticas no Brasil. Os autores consideraram diferentes cenários das mudanças climáticas e identificaram as principais vulnerabilidades da economia e da sociedade brasileira. Foi utilizado um modelo EGC dinâmico denominado EFES com projeções macroeconômicas até o ano de 2050 que forneceram as condições da evolução da economia brasileira e mundial. Além das projeções macroeconômicas, o trabalho levou em consideração projeções para a agricultura e uso da terra, energia e demografia.

Ferreira Filho e Horridge (2014) desenvolveram um modelo EGC para analisar os efeitos das mudanças indiretas no uso da terra (*Indirect Land Use Change – ILUC*) da expansão da produção de etanol. Assim, usaram um modelo EGC *bottom-up* inter-regional (15 regiões agregadas) dinâmico calibrado para o ano de 2005, onde cada região possui 38 setores, 10 tipos de famílias, 10 tipos de trabalhadores e um módulo de mudança no uso da terra (*Indirect Land Use Change – ILUC*). Para construir esse módulo foi utilizada uma matriz de transição de uso da terra calibrada com os dados do Censo Agropecuário de 1996 e 2006. Analisaram os efeitos de mudança no uso da terra de uma expansão na produção de etanol, comparando

ao “cenário base” um cenário de expansão moderada com outro mais agressivo, analisando as diferenças no uso da terra em ambas as situações. Os resultados mostraram que o desvio de terras utilizadas na produção de alimentos para lavouras energéticas não ocorre no caso do Brasil.

Farias (2012) desenvolveu um modelo de equilíbrio geral computável com especificação detalhada do uso da terra para o Brasil, o BLUE (*Brazilian Land Use Energy*) que é um modelo derivado do B-MARIA27 (HADDAD, 2004). Pelo lado da demanda foi introduzida uma estrutura aninhada para o fator terra com possibilidades de substituição entre os usos do composto de lavouras, pasto e floresta. Pelo lado da oferta de terra, os usos pelas atividades agrícolas foram definidos em unidades físicas. Assim, as modificações no retorno da terra conduzem a variações do uso de acordo com as possíveis categorias. O modelo avaliou os impactos econômicos das mudanças climáticas no Brasil e a avaliação dos impactos regionais de mudanças na produtividade da terra agrícola das lavouras entre 1996 a 2006.

Outros trabalhos na literatura buscaram avaliar questões relativas ao desmatamento na Amazônia, tratando o uso da terra em um modelo EGC, tais como Pattanayak *et al.* (2009) e Cattaneo (2001). Cattaneo (2001) examinou a relevância de um conjunto de variáveis mencionadas na literatura como responsáveis pelo desmatamento da Amazônia utilizando um modelo EGC estático regional (Amazônia, Centro-Oeste, Nordeste, restante do Brasil). Os dados da matriz de insumo-produto foram calibrados para o ano de 1995 e dados do Censo Agropecuário produziram a regionalização das atividades agrícolas. Considerou-se um cenário de curto prazo, que assume rigidez de salários, e não há migração de trabalho e capital entre as regiões; e outro de longo prazo, que assume flexibilidade de salários e permite a migração.

Entre as simulações realizadas no modelo de Cattaneo (2001), tem-se: i) desvalorizações na taxa de câmbio real entre 5% a 40%, ii) abolição dos subsídios agrícolas em todo o país, e iii) uma redução dos custos de transporte. Nos resultados, notou-se que as políticas de desvalorização do câmbio provocam uma diminuição no desmatamento. O trabalho concluiu que existe um significativo *trade-off* entre conservação da floresta e crescimento da agricultura.

Pattanayak *et al.* (2010) analisaram a política conhecida como FLONAS (Floresta Natural)<sup>39</sup>, que objetiva expandir em 50 milhões de hectares o sistema nacional de florestas por meio de um modelo EGC dinâmico. Foi considerado um cenário de aquecimento moderado do IPCC em que ocorre um aumento de 2°C na temperatura. O modelo ADAGE (*Applied Dynamic Analysis of Global Economy*) combina uma estrutura teórica EGC com dados de 2005, cobrindo todo o tipo de interação entre firmas e famílias nos países ao redor do mundo. O modelo possui cinco regiões, Brasil, resto da América do Sul, Estados Unidos, Europa e resto do mundo, com dados retirados do GTAP. O modelo inclui dois tipos de famílias (rural e urbana), três setores agrícolas (lavoura, pasto e florestas), um setor de produtos alimentícios, um setor de produtos florestais (madeira e papel) e outros nove setores não-agrícolas.

O “cenário base” desse estudo adota uma redução percentual de 0,3% (urbano) e 0,6% (rural) do fator de produção trabalho relacionado ao aumento das doenças relacionadas às mudanças do clima e dos três milhões de hectares de florestas que são desmatados anualmente. Por fim, o “cenário base” é comparado ao cenário de conservação FLONAS. Os principais resultados mostraram que a conservação da floresta se contrapõe aos impactos negativos causados na saúde pelas mudanças climáticas. Entretanto, a conservação causa uma pequena perda no PIB (-0,1%) e em outros indicadores macroeconômicos (investimento -0,1%, exportações -0,2% e importações -0,1%).

### **3.2 O Modelo REGIA (*Inter-regional General Equilibrium Model for the Brazilian Legal Amazon*)**

O REGIA é um modelo de Equilíbrio Geral Computável (EGC) com dinâmica recursiva e modelagem do uso da terra para 30 mesorregiões que fazem parte da Amazônia Legal Brasileira<sup>40</sup> e restante do Brasil. Trata-se de um modelo *bottom-up*, isto é, um modelo multirregional em que os resultados nacionais são agregações dos resultados regionais. Além disso, é o primeiro modelo EGC construído para a economia da Amazônia que apresenta essa desagregação regional.

---

<sup>39</sup> Área com cobertura florestal de espécies predominantemente nativas e tem como objetivo básico o uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica, com ênfase em método para exploração sustentável de florestas nativas (Lei Federal nº 9.985, de 18/07/2000).

<sup>40</sup> Ao longo do texto utiliza-se o termo Amazônia como referência à Amazônia Legal Brasileira.

O objetivo da construção do REGIA foi criar um modelo capaz de analisar os impactos econômicos regionais de diferentes políticas e cenários na região da Amazônia. Desse modo, permite analisar: mudanças no uso do solo devido a políticas de controle de desmatamento; impactos de investimentos em mineração; impactos do aumento de produtividade agrícola, entre outros. Para tal finalidade, o REGIA incorpora, além dos elementos de dinâmica recursiva, uma modelagem de uso da terra que diferencia três tipos de usos econômicos, a saber, lavoura, pasto e floresta plantada.

Em relação aos modelos mencionados na seção anterior, que tratam questões de desmatamento e da Amazônia, o REGIA possui melhorias em dois aspectos. A primeira é o tratamento do uso da terra em um modelo com dinâmica recursiva, permitindo analisar os impactos dos diferentes cenários ao longo do tempo e o ajuste endógeno da oferta de terra. E a segunda, é a maior desagregação regional, 30 mesorregiões da Amazônia e restante do Brasil. Essa desagregação foi definida a fim de obter as especificidades e características diferenciadas das regiões que compõem a Amazônia, sem comprometer a operacionalização do modelo.

Este é um elemento importante, pois a Amazônia é bastante heterogênea, com regiões mais desenvolvidas e industrializadas, como Manaus e Belém, outras especializadas na agricultura e nas exportações de *commodities*, como diversas regiões do estado do Mato Grosso, e regiões mais dependentes da pecuária, como São Félix do Xingu no Sudeste do Pará. Portanto, os diversos cenários e políticas podem apresentar impactos bastante diferenciados. Entender como se dá esse processo e de que maneira regiões com diferentes especificidades seriam afetadas se torna relevante, e é uma das capacidades do REGIA.

### **3.2.1 Características Gerais do Modelo REGIA**

O modelo REGIA apresenta estrutura teórica semelhante ao modelo IMAGEM-B<sup>41</sup> construído no Cedeplar-UFMG. As diferenças entre os dois modelos são: i) o REGIA possui uma desagregação regional de 30 mesorregiões da Amazônia e restante do Brasil (enquanto o IMAGEM-B representa as 27 unidades da federação); ii) o REGIA apresenta elementos de

---

<sup>41</sup> O modelo IMAGEM-B foi construído a partir do modelo TERM (HORRIDGE *et al.*, 2005) para a análise dos impactos regionais do Plano Plurianual 2008-11 (PPA) de investimentos do governo federal (MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO, 2008).

dinâmica recursiva e modelagem explícita de uso da terra; e iii) o REGIA possui uma agregação de setores diferente do IMAGEM-B, com uma maior desagregação dos bens agropecuários e uma maior agregação dos setores industriais. A desagregação setorial e regional da base de dados do REGIA pode ser vista no Quadro 1.

**Quadro 1 - Descrição regional e setorial da base de dados do REGIA**

Mesorregiões	UF	Setores	Mesorregião	UF	Setores
1. Madeira Guaporé	RO	1. Arroz em casca	17. Norte do Amapá	AP	17. Ovos
2. Leste Rondoniense	RO	2. Milho em grão	18. Sul do Amapá	AP	18. Pesca e Aquicultura
3. Vale Juruá	AC	3. Trigo e cereais	19. Ocidental de Tocantins	TO	19. Indústria Extrativa
4. Vale Acre	AC	4. Cana de açúcar	20. Oriental de Tocantins	TO	20. Alimentos e Bebidas
5. Norte Amazonense	AM	5. Soja em grão	21. Norte Maranhense	MA	21. Indústrias Diversas
6. Sudoeste Amazonense	AM	6. Outros da lavoura	22. Oeste Maranhense	MA	22. Eletrônicos
7. Centro Amazonense	AM	7. Mandioca	23. Centro Maranhense	MA	23. Comércio (setor de margem)
8. Sul Amazonense	AM	8. Fumo em folha	24. Leste Maranhense	MA	24. Transportes (setor de margem)
9. Norte de Roraima	RR	9. Algodão Herbáceo	25. Sul Maranhense	MA	25. Construção
10. Sul de Roraima	RR	10. Frutas cítricas	26. Norte Matogrossense	MT	26. Serviços
11. Baixo Amazonas	PA	11. Café em grão	27. Nordeste Matogrossense	MT	27. Setor Público
12. Marajó	PA	12. Exploração Florestal e Silvicultura	28. Sudoeste Matogrossense	MT	
13. Metropolitana de Belém	PA	13. Bovinos	29. Centro-Sul Matogrossense	MT	
14. Nordeste Paraense	PA	14. Leite	30. Sudeste Matogrossense	MT	
15. Sudoeste Paraense	PA	15. Suínos	31. Restante do Brasil		
16. Sudeste Paraense	PA	16. Aves			

Fonte: Elaboração Própria

Assim como o IMAGEM-B, o REGIA parte da estrutura teórica do TERM, um acrônimo em inglês para *The Enormous Regional Model* (HORRIDGE *et al.*, 2005). O TERM é um modelo multirregional *bottom-up* EGC do tipo Johansen que decorre do contínuo desenvolvimento do modelo ORANI (DIXON *et al.*, 1982) e de sua versão genérica, o ORANI-G (HORRIDGE, 2000). O TERM foi desenvolvido para lidar com dados regionais desagregados, mas que também permitisse uma geração de soluções para as simulações mais rápidas do que nos modelos disponíveis (HORRIDGE *et al.*, 2005).

Uma série de modelos para outros países foram desenvolvidos, usando a estrutura teórica do TERM australiano, tais como o TERM-BR desenvolvido nos trabalhos de Ferreira Filho e Horridge (2006; 2008; 2009; 2010; 2011; 2014), Ferreira Filho *et al.* (2007). O TERM-BR também foi utilizado nos trabalhos de Santos (2006), Fachinello (2008), Pavão (2008), Diniz (2012) entre outros. O modelo SinoTERM construído para a China (HORRIDGE e WITTEWER, 2008; HORRIDGE e WITTEWER, 2009) e o modelo TERM para a Indonésia (PAMBUDI e SMYTH, 2008). O desenvolvimento do TERM australiano também deu origem

ao TERM-H2O que é utilizado para analisar problemas relacionados a políticas de gerenciamento de água (WITTEWER, 2011).

### 3.2.2 A Estrutura dos Dados do Modelo REGIA

A Figura 5 é a representação esquemática da base de dados do modelo REGIA. Os retângulos indicam as matrizes de fluxos, as matrizes principais são apresentadas em negrito e as outras matrizes podem ser calculadas a partir dessas duas. As dimensões das matrizes são indicadas por índices (*c, s, i, m, etc.*) que correspondem aos conjuntos apresentados na Tabela 1. Os conjuntos DST, ORG e PRD são os mesmos, apenas nomeados de acordo com o contexto de sua utilização.

**Tabela 1 - Principais conjuntos do modelo REGIA**

Índice	Nome do Conjunto	Descrição	Tamanho
s	SRC	(dom, imp) Fonte doméstica e importada	2
c	COM	<i>Commodities</i>	27
m	MAR	<i>Commodities</i> de margem (comércio e transporte)	2
i	IND	Indústrias	27
d	DST	Regiões de uso (destino)	31
r	ORG	Regiões de origem	31
p	PRD	Regiões de margem de produção	31
f	FINDEM	Demanda final (HOU - famílias, INV - investimento, GOV - governo, EXP - exportações)	4
u	USER	Usuários = IND + FINDEM	31

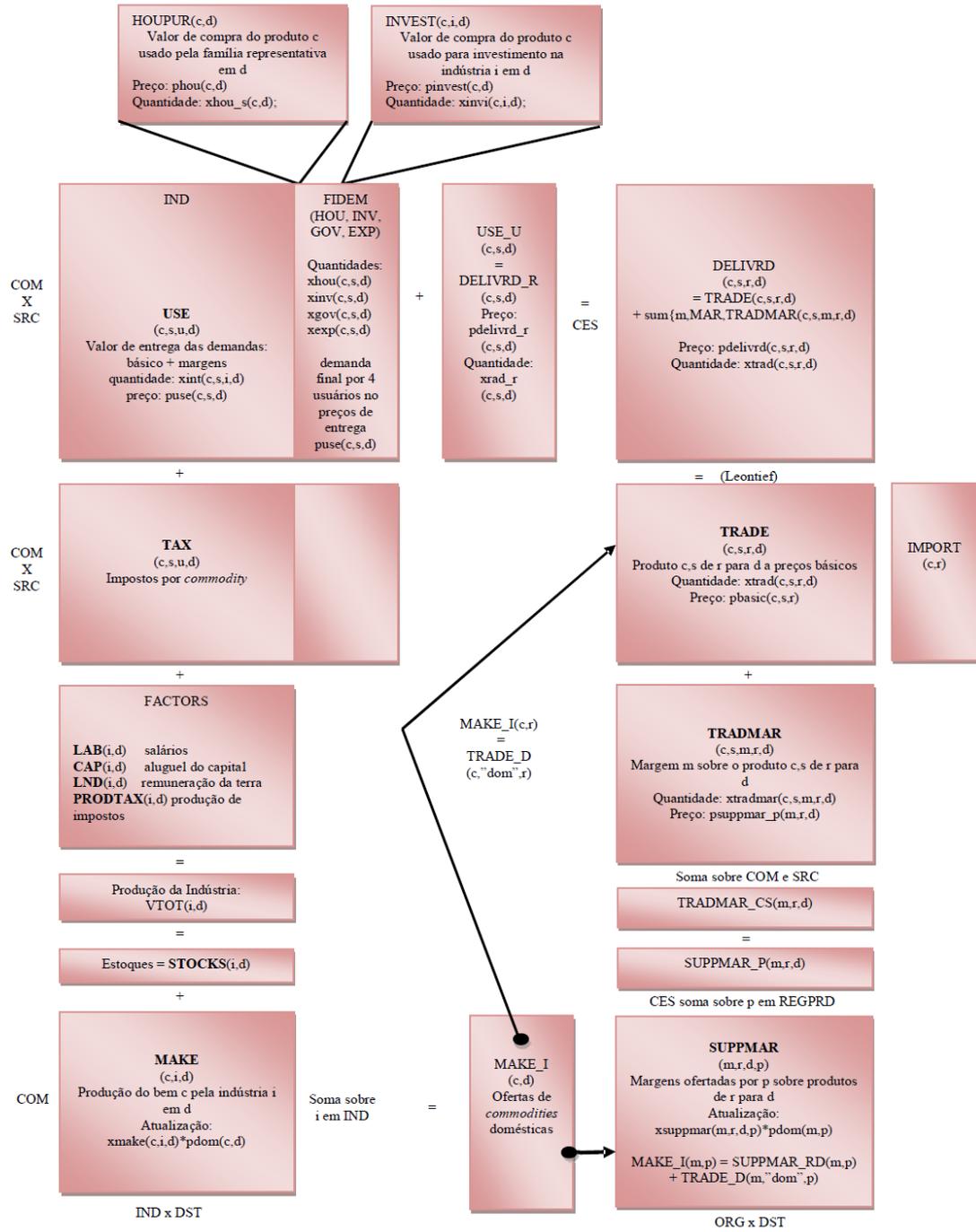
Fonte: Elaboração própria

As matrizes na Figura 5 mostram o valor dos fluxos de acordo com três métodos:

- i) Preço básico = preços da produção (para bens produzidos domesticamente), ou preços CIF<sup>42</sup> (para importados);
- ii) Preço “de entrega” = preço básico + margens;
- iii) Preço “de compra” = preço básico + margens + impostos = preço “de entrega” + impostos.

<sup>42</sup> CIF é a abreviatura da expressão em inglês “*Cost Insurance Freight*”, que em português significa Custo, Seguro e Frete. Neste caso, o fornecedor se responsabiliza pelo seguro e pelo frete até ao local de destino, indicado pelo comprador.

**Figura 5 - Fluxograma da base de dados do REGIA**



Fonte: Elaboração própria com base em Horridge (2012)

As matrizes do lado esquerdo da Figura 5 se assemelham (para cada região) a uma matriz convencional de insumo-produto. Por exemplo, a matriz USE do lado esquerdo mostra o preço de entrega da demanda por cada produto (c em COM) se doméstico ou importado (s in SRC) em cada região de destino (DST) para cada usuário (USER, que compreende as

indústrias, IND; e os quatro demandantes finais - famílias, investimento, governo, e exportações). Alguns elementos de USE mostram:

- USE('alimentos', 'dom', 'têxtil', 'Sudeste do Pará'): alimento produzido domesticamente usado pela indústria têxtil no Sudeste do Pará.
- USE('alimentos', 'imp', 'HOU', 'Norte de Amazonas'): alimento importado usado pelas famílias no Norte de Amazonas.
- USE('carne', 'dom', 'EXP', 'Metropolitana de Belém'): carne produzida domesticamente exportada de um porto de Metropolitana de Belém. Parte dessa carne pode ter sido produzida em outra região.
- USE('carne', 'imp', 'EXP', 'Metropolitana de Belém'): carne importada re-exportada de um porto de Metropolitana de Belém.

Como o último exemplo mostra, a estrutura dos dados permite que os produtos sejam re-exportados. Todos os valores de USE são preços de entrega: eles incluem o valor de qualquer margem de transporte ou comércio usado para entregar o produto ao usuário. Nota-se que a matriz USE não contém nenhuma informação da origem dos produtos, que será representada na matriz TRADE.

A matriz TAX de receitas de impostos por produto contém um elemento correspondente a cada elemento de USE. Junto com as matrizes de custos de fatores primários e impostos sobre a produção, estes adicionam os custos de produção (ou valor do produto) de cada indústria regional. A matriz MAKE mostra o valor da produção de cada produto por cada indústria em cada região. Um subtotal de MAKE, MAKE\_I, mostra a produção total de cada produto ( $c$  em COM) em cada região  $d$ .

O modelo REGIA reconhece as mudanças nos estoques de uma maneira limitada. Primeiro, as mudanças nos estoques de importados são ignoradas. Para a produção doméstica, as mudanças nos estoques são consideradas como um destino para a indústria doméstica (ou seja, são de dimensão IND).

O lado direito da Figura 5 mostra o mecanismo de oferta regional. A matriz chave é denominada TRADE, que mostra o valor do comércio inter-regional por origem ( $r$  em ORG) e destino ( $d$  em DST) para cada produto ( $c$  em COM), doméstico ou importado ( $s$  em SRC). A diagonal dessa matriz ( $r = d$ ) mostra o valor do uso local que é de origem local. Para os bens importados ( $s = \text{'imp'}$ ), o subscrito de origem regional  $r$  (em ORG) representa o porto de

entrada. A matriz IMPORT, mostra a entrada total de importados por cada porto, e é simplesmente uma adição (sobre  $d$  em DST) da parte importada de TRADE.

A matriz TRADMAR mostra, para cada célula da matriz TRADE, o valor da margem  $m$  ( $m$  em MAR) necessária para facilitar aquele fluxo. Combinando as matrizes TRADE e TRADMAR, tem-se DELIVRD, o preço de entrega (básico + margens) de todos os fluxos de produtos intra e entre regiões. Note que TRADMAR não apresenta nenhuma suposição sobre onde o fluxo de margem é produzido (o subscrito  $r$  se refere à origem do fluxo básico subjacente).

A matriz SUPPMAR mostra onde as margens são produzidas ( $p$  em PRD). Não apresenta os subscritos  $c$  (COM) nem  $s$  (SRC), indicando que, para o uso total de produtos de margem  $m$  usados para transportar qualquer produto da região  $r$  para a região  $d$ , a mesma proporção de  $m$  é produzida na região  $p$ . A soma de SUPPMAR sobre o subscrito  $p$  (em PRD) produz a matriz SUPPMAR\_P que deve ser idêntica ao subtotal de TRADMAR (sobre  $c$  em COM e  $s$  em SRC), TRADMAR\_CS. No modelo, TRADMAR\_CS é uma agregação CES (elasticidade de substituição constante) de SUPPMAR: margens (para um dado produto e rota) que são fornecidas de acordo com o preço daquela margem nas várias regiões ( $p$  em PRD).

O REGIA assume que os usuários de um determinado produto ( $c,s$ ) em uma dada região ( $d$ ) apresenta o mesmo *mix* de origem ( $r$ ). Assume-se substituição de Armington: a matriz DELIVRD\_R é um composto CES (sobre  $r$  em ORG) da matriz DELIVRD.

Para haver um equilíbrio na base de dados do REGIA, a soma de USE, USE\_U (de dimensão  $c$  em COM,  $s$  em SRC, e  $d$  em DST) deve ser igual à soma da matriz DELIVRD, DELIVRD\_R. Deve-se conectar a oferta e demanda por produtos produzidos domesticamente. Na Figura 5, a conexão é feita por setas que ligam a matriz MAKE\_I com as matrizes TRADE e SUPPMAR. Para os produtos que não são margens, a parte doméstica da matriz TRADE deve somar (sobre  $d$  em DST) ao elemento correspondente na matriz MAKE\_I de oferta de *commodities*. Para os bens de margens, deve-se ter em conta ambos os requerimentos de margem SUPPMAR\_RD como a demanda direta TRADE\_D.

A matriz INVEST (de dimensão  $c$  em COM,  $i$  em IND e  $d$  em DST) divide o investimento de acordo com a indústria de destino ou ponto de entrada de importações no território: porto, aeroporto, ferrovia ou rodovia. Ela permite distinguir a composição do produto de investimento de acordo com a indústria: por exemplo, espera-se que o investimento na

agricultura vai usar mais máquinas (e menos construção) do que o investimento em habitações.

Por fim, o REGIA distingue quatro demandantes finais em cada região:

- a) HOU: a família representativa;
- b) INV: formação de capital;
- c) GOV: a demanda do governo<sup>43</sup>;
- d) EXP: a demanda por exportações;

### 3.2.3 *Especificação teórica do Modelo REGIA*

Um modelo EGC é composto por blocos de equações que determinam relações entre demanda e oferta, de acordo com hipóteses de otimização e condições de equilíbrio de mercado. Além disso, vários agregados nacionais são definidos, como emprego agregado, PIB, saldo comercial e índices de preços. Os setores produtivos minimizam custos de produção sujeitos a uma tecnologia de retornos constantes de escala e os consumidores maximizam a utilidade sujeitos a uma restrição orçamentária.

O REGIA incorpora três diferentes avanços de acordo com os objetivos desta tese. O primeiro é a incorporação de um modelo que analisa os efeitos das mudanças indiretas no uso da terra (ILUC – *indirect land use change*). Este modelo será apresentado detalhadamente na próxima subseção, com a descrição de suas características e equações relacionadas. O segundo avanço é a estrutura de dinâmica recursiva do REGIA que permite um ajuste intertemporal no estoque de capital e investimento, assim como no mercado de terra. Além disso, o modelo apresenta a maior desagregação regional (por mesorregião) encontrada na literatura para uma análise EGC de questões relacionadas à Amazônia.

Sendo um modelo *bottom-up*, ele permite: i) simular políticas que vão gerar impactos sobre os preços específicos das regiões; e ii) modelar a mobilidade de fatores (entre regiões ou setores). O modelo REGIA possui uma base de dados específica para a Amazônia, conforme será apresentado na seção 3.3.

---

<sup>43</sup> No caso brasileiro, as três esferas do governo são: federal, estadual e municipal.

Uma das principais características do modelo é sua capacidade computacional de trabalhar com um grande número de regiões e setores a partir de uma base de dados mais simples, relativamente a modelos como o MONASH-MRF e B-MARIA. Esta característica se deve a estrutura mais compacta da base de dados e hipóteses simplificadoras na modelagem do comércio inter-regional. O modelo assume que todos os usuários de bens industriais em uma determinada região, por exemplo, utilizam-se como origem as demais regiões em proporções fixas. Assim, a necessidade de dados de origem por usos específicos no destino é eliminada, assim como a necessidade destas informações no banco de dados (MAGALHÃES, 2009). Esta especificação do banco de dados é uma vantagem do modelo REGIA, devido às restrições de informações de fluxos regionais para a Amazônia.

As próximas seções apresentam a especificação teórica do modelo e a construção da base de dados.

#### 3.2.3.1 *O Módulo de uso da terra*

Um dos diferenciais do REGIA é a incorporação de um modelo de uso da terra conhecido na literatura como ILUC (*indirect land use change*). A terra é um dos fatores primários do modelo, assim como o capital e o trabalho, e é utilizada na produção dos setores agrícolas, silvicultura e pecuária. O uso da terra é modelado separadamente para cada uma das regiões, mantendo fixa a área total e impedindo a mobilidade do fator entre as regiões. O uso da terra é dividido em quatro tipos: i) lavoura, ii) pasto, iii) floresta plantada e iv) floresta natural e demais áreas. A área de lavoura é utilizada na produção de onze setores, a área de pasto em cinco setores e a floresta plantada é usada no setor de silvicultura e exploração florestal (ver Tabela 2). No modelo, os setores/produtos agrícolas, assim como o uso da terra, são específicos para cada região.

Assume-se que cada setor do modelo esteja ligado a um desses tipos de uso da terra. A área de floresta natural e demais usos é definida como a área total de cada mesorregião menos as áreas de lavoura, pasto e floresta plantada. Isto é, inclui todas as áreas que não são utilizadas nos sistemas agroflorestais, como as florestas naturais, áreas urbanas, montanhas, estradas e rios. Considera-se que estas últimas áreas mudem mais lentamente do que as florestas naturais, e, portanto, a mudança (queda) desse tipo de uso da terra seja uma *proxy* para medir o desmatamento para a expansão da agropecuária ou silvicultura.

**Tabela 2 – Descrição dos setores no uso do fator terra**

<b>Uso da terra</b>	<b>Produtos</b>
Lavoura	1. Arroz em casca, 2. Milho em grão, 3. Trigo e cereais, 4. Cana de açúcar, 5. Soja em grão, 6. Outros da lavoura, 7. Mandioca, 8. Fumo em folha, 9. Algodão herbáceo, 10. Frutas cítricas e 11. Café em grão
Pasto	1. Bovinos, 2. Leite e vaca, 3. Suínos, 4. Aves vivas, 5. Ovos
Floresta plantada	1. Exploração florestal e silvicultura

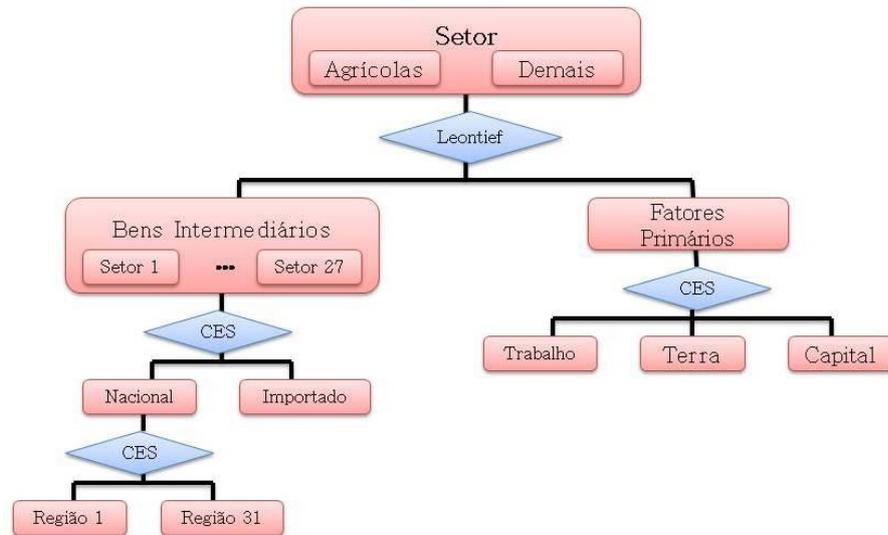
Fonte: Elaboração própria

A Figura 6 apresenta a estrutura da tecnologia de produção setorial do modelo. Ela representa a forma como os setores combinam fatores primários e insumos intermediários para a produção setorial e como essa combinação varia com o nível de produção e os preços relativos de insumos. No primeiro nível da figura, os insumos intermediários e fatores primários são combinados por meio de uma tecnologia de produção Leontief, que define a utilização desses insumos em proporções fixas. Os insumos intermediários são demandados nacionalmente ou importados. Por sua vez, os insumos nacionais podem ser demandados das diferentes regiões do modelo (30 regiões da Amazônia e restante do Brasil). Assume-se substituição imperfeita entre os insumos nacionais e importados, de acordo com a hipótese de Armington (1969)<sup>44</sup>, assim como entre os insumos das diversas regiões (nacionais). A segunda parte da figura apresenta a substituição entre os fatores primários de produção, representados pelo capital, terra e trabalho.

A Figura 7 adiciona as mudanças introduzidas pelo fator terra, que no REGIA pode ser alocado entre os diferentes setores agrícolas de acordo com os diferenciais de remuneração. O primeiro nível apresenta o fator terra desagregado nos diferentes usos (lavoura, pasto e floresta plantada) que é inicialmente pré-determinado (ano base do modelo). No segundo nível, observa-se que dentro de cada categoria de uso, o fator terra pode ser realocado entre os diferentes setores de acordo com uma função CET (elasticidade de transformação constante). Assim, a demanda por terra no modelo responde às variações da remuneração do fator em cada setor.

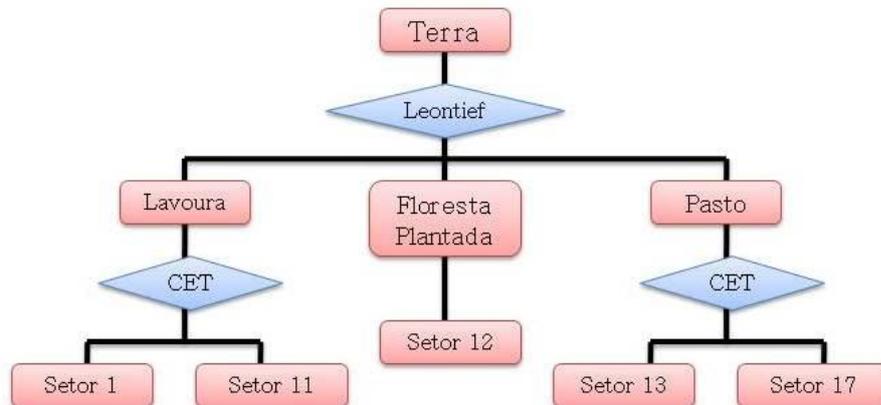
<sup>44</sup> Se a hipótese de Armington fosse abandonada em favor da pressuposição de substitubilidade perfeita, alterações infinitamente pequenas nos preços relativos poderiam resultar em uma mudança brusca na alocação da produção setorial de uma tecnologia para outra. Assim, a suposição de substitubilidade imperfeita é imperativa se mudanças plausíveis no padrão de uso de tecnologias alternativas podem ser derivadas, suposição que está mais próxima da realidade.

**Figura 6 - Estrutura da Tecnologia de Produção do Modelo**



Fonte: Elaboração própria

**Figura 7 - Alocação do fator terra entre os setores (ano t)**



Fonte: Elaboração própria

Desse modo, cada uso de terra (lavoura, floresta plantada e pasto) é distribuído no ano  $t$  segundo uma função CET entre os diferentes produtos para cada região. Na forma percentual, tem-se:

$$x_{ir} = x_r + \alpha_{Ind} (p_{ir} - p_r) \quad (1)$$

em que  $x_{ir}$  é a mudança percentual da demanda por terra alocada para o produto  $i$ <sup>45</sup> na região  $r$ .  $p_{ir}$  é a mudança percentual na remuneração da terra para o produto  $i$  na região  $r$ .  $x_r$  é a variação percentual do insumo total terra (lavoura, pasto e floresta plantada) na região  $r$  e  $p_r$  é a remuneração média de todos os produtos na região  $r$ . Assim, se em determinada região a remuneração do setor  $i$  é superior à remuneração média da região ( $p_{ir} - p_r > 0$ ) então ocorrerá uma mudança positiva da alocação de terra em direção ao cultivo  $i$ .

A variação total na demanda por cada uso de terra para cada região é dada por  $x_r = \sum_k S_k x_k$ , usando a distribuição de remuneração,  $S_k$ , com  $k$  representando os diversos usos da terra (lavoura, pasto e floresta plantada). Porém, deve-se adotar um limite físico da área total da região  $r$ , que será  $\sum_k H_k x_k = 0$ , usando a distribuição de hectares,  $H_k$ . Assim, para manter a área total constante, utiliza-se uma variável física em hectares,  $n_{kr}$ , para cada uso da terra por região  $r$ , computada por:

$$n_{kr} = x_{kr} + \mu \quad (2)$$

em que  $\mu$  é calculado tal que  $0 = \sum_k H_k n_k$ , garantindo que a oferta física total de terra seja fixa.

Assim, a demanda por terra, segundo os diferentes usos, é ligada à oferta de terra no modelo. A ideia é que a demanda por terra,  $x_{kr}$ , influencia o processo de conversão de terra entre os usos, isto é, o lado da oferta,  $n_{kr}$ . No modelo REGIA, isto é operacionalizado ao determinar que a variação da demanda por terra é igual a variação da oferta de terra. Este mecanismo garante o equilíbrio no mercado de terra, fixando a oferta total de terra regional disponível.

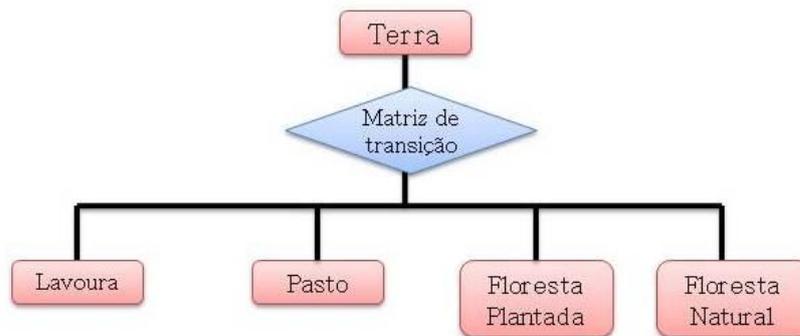
A Figura 8 apresenta a estrutura da oferta de terra segundo os diferentes usos e representa o ajuste dinâmico no mercado de terra. Essa estrutura vai permitir que o fator terra se mova entre as diferentes categorias de terra entre o ano  $t$  e o ano  $t + 1$ . Uma função CET não conseguiria capturar o processo de conversão entre os tipos de usos da terra. Para isso, o processo de conversão é controlado por meio de uma matriz de transição que representa as possibilidades de conversão da terra entre o ano  $t$  e o ano  $t + 1$ . A matriz representa a

---

<sup>45</sup>  $i = 1$  (arroz em casa), 2 (milho em grão), 3 (trigo e cereais), 4 (cana de açúcar), 5 (soja em grão), 6 (outros produtos da lavoura), 7 (mandioca), 8 (fumo em folha), 9 (Algodão herbáceo), 10 (frutas cítricas), 11 (café em grão), 12 (exploração florestal e silvicultura), 13 (bovinos), 14 (leite e vaca), 15 (suínos), 16 (aves) e 17 (ovos). Os produtos de 1 a 11 estão ligados no código do modelo ao tipo de terra lavoura, o produto 12 está atrelado ao uso de floresta plantada, e, por fim, os produtos 13 a 17 ao uso pasto.

mobilidade da terra entre os usos, indicando as possibilidades de transformação dos diferentes usos da terra.

**Figura 8 - Estrutura da Oferta por Terra**



Fonte: Elaboração própria

A matriz de transição captura o fato de que terras mais produtivas são inicialmente utilizadas no processo produtivo e, ao mesmo tempo, a utilização marginal da terra que poderia ser convertida em uso produtivo é limitada. O processo econômico de conversão da terra ocorre da seguinte forma: as florestas seriam inicialmente convertidas em áreas para pasto, que após algum tempo estariam aptas para serem convertidas em áreas para lavoura (FERREIRA FILHO e HORRIDGE, 2012; CATTANEO, 2002; MACEDO *et. al*, 2012; BARONA *et. al*, 2010).

Portanto, a matriz mostra que a conversão entre os usos, por exemplo, entre pasto e lavoura é mais fácil de ser realizada do que entre floresta natural para lavoura diretamente. Se a diferença entre a quantidade de terra empregada na produção agrícola e a área total da região é grande, então os aumentos na demanda por terra vão conduzir a uma maior conversão de terra para a utilização agrícola. Isso, por sua vez, vai levar a um aumento na remuneração da terra para compensar os custos associados a esta conversão.

No REGIA a matriz de transição foi construída baseada na metodologia de Ferreira Filho e Horridge (2014), calibrada com os dados de satélite do TerraClass<sup>46</sup> de 2008 e 2010 (obtidos

<sup>46</sup> Esta tese se insere no âmbito do projeto URBISAmazônia que discute os fatores sociais e econômicos que influenciam o processo de urbanização na Amazônia. Este projeto é realizado por meio de uma equipe multidisciplinar liderada pelo INPE que disponibilizou os dados do TerraClass para a construção da matriz de transição para o modelo REGIA. *Link* com as produções do projeto URBISAmazônia: <<http://www.dpi.inpe.br/urbisAmazonia/doku.php?id=urbis:producao>>

do PRODES/INPE), e dados do Censo Agropecuário de 1995 e 2006<sup>47</sup> (IBGE) para as 30 mesorregiões da Amazônia Legal Brasileira<sup>48</sup>. A matriz calibrada indica como o uso da terra muda entre os diferentes tipos (lavoura, pasto, floresta plantada e florestal natural) ao longo do tempo. Entre dois períodos (anos), o modelo permite que a terra se mova entre lavoura, pasto, floresta plantada, ou que floresta natural se converta em um dos três. As possibilidades de conversão<sup>49</sup> utilizadas na matriz de transição são ilustradas no Quadro 2. A soma das linhas representa o uso da terra no ano  $t$  e a soma das colunas representa o uso da terra no ano  $t + 1$ , valores retirados do banco de dados do TerraClass e Censo Agropecuário. A matriz é construída usando um método de ajuste bi-proporcional, conhecido como RAS<sup>50</sup>, de escalonamento de linhas e colunas. Os elementos fora da diagonal mostram as áreas de terra que mudaram entre os dois períodos.

**Quadro 2 - Hipótese de Transição de Uso da Terra Utilizado no Modelo REGIA**

Possibilidades de conversão	Cultura	Pasto	Floresta Plantada	Floresta Natural e outros	Total ano $t$
<b>Cultura</b>	22.50	0.23	0.02	0.02	22.77
<b>Pasto</b>	2.25	22.50	0.23	0.02	25.00
<b>Floresta Plantada</b>	0.23	2.25	22.50	0.02	25.00
<b>Floresta Natural e outros</b>	0.23	2.25	2.25	22.50	27.23
<b>Total ano <math>t + 1</math></b>	25.20	27.23	25.00	22.57	100.00

Fonte: Elaboração Própria

O Quadro 2 ilustra que em uma região, 90% do total de terra em  $t$  permanece sendo o mesmo uso em  $t + 1$  (soma da diagonal principal). A primeira coluna mostra que 2,25% do que seria

<sup>47</sup> Os dados usados para a construção da matriz de transição foram retirados do TerraClass, porém como a fonte de dados para a produção setorial foi o IBGE, alguns ajustes tiveram que ser feitos usando os dados do Censo Agropecuário, pois alguns setores apresentavam produção, segundo os dados do IBGE, mas não apresentavam área cultivada, de acordo com os dados do TerraClass. Porém, esse ajuste foi mínimo, em menos de 10% dos dados de uso da terra. A opção pelos dados do TerraClass se explica pela qualidade das informações de dados de satélite comparativamente aos dados do Censo Agropecuário, que se baseia nas respostas dos agricultores.

<sup>48</sup> A apresentação dos dados do TerraClass e do Censo Agropecuário, assim como a compatibilização utilizada é apresentada no Anexo C desta tese.

<sup>49</sup> As possibilidades de transição, do Quadro 2, utilizadas para calcular a matriz de transição, são valores hipotéticos e foram baseados na direção de conversão do uso de terra que supõe que as florestas naturais seriam inicialmente convertidas em áreas para pasto, e que após algum tempo estariam aptas para serem convertidas em áreas para lavoura.

<sup>50</sup> O método RAS é um mecanismo iterativo, que busca ajustar os valores das linhas e colunas de uma matriz, com seus totais, considerando a proporcionalidade dos valores totais. Esse método calcula um novo conjunto de valores para as células de uma matriz, a partir de uma estrutura já existente, fazendo com que a soma das linhas e das colunas fiquem consistentes com o total esperado. Maiores informações sobre o método RAS podem ser encontradas em Miller e Blair (2009).

pasto em  $t$ , se transformaria em lavoura em  $t + 1$ , e 0,23% do que seria floresta plantada e 0,23% de floresta natural se converteriam em lavoura em  $t + 1$ . Nota-se que 2,25% do que seria floresta natural transformar-se-ia em pasto em  $t + 1$ , e 2,25% se transformaria em floresta plantada. A Tabela 3 apresenta as matrizes de transição construídas para o modelo REEGIA para a Amazônia Legal e para a região do Sudeste do Pará.

**Tabela 3 - Matrizes de Transição - milhões de hectares (Base de dados – TerraClass e Censo Agropecuário)**

<b>Amazônia Legal</b>	<b>Lavoura</b>	<b>Pasto</b>	<b>Floresta Plantada</b>	<b>Floresta Natural</b>	<b>Total</b>
<b>Lavoura</b>	5.01	0.18	0.24	0.49	5.92
<b>Pasto</b>	2.33	39.50	2.02	0.65	44.50
<b>Floresta Plantada</b>	0.17	0.93	13.73	0.18	15.01
<b>Floresta Natural</b>	0.83	4.31	22.10	413.54	440.78
<b>Total</b>	8.33	44.92	38.10	414.86	506.21

<b>Sudeste Paraense</b>	<b>Lavoura</b>	<b>Pasto</b>	<b>Floresta Plantada</b>	<b>Floresta Natural</b>	<b>Total</b>
<b>Lavoura</b>	0.11	0.00	0.00	0.00	0.12
<b>Pasto</b>	0.48	8.40	0.90	0.00	9.78
<b>Floresta Plantada</b>	0.00	0.02	2.48	0.00	2.50
<b>Floresta Natural</b>	0.06	1.08	11.57	4.70	17.40
<b>Total</b>	0.65	9.50	14.95	4.70	29.80

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do TerraClass para 2008 e 2010

Na Tabela 3, as somas das linhas e das colunas refletem o uso total de terra no ano de 2008 e o uso em 2010 segundo os dados do TerraClass (PRODES/INPE). Os números no interior da tabela, fora da diagonal, mostram que aproximadamente dois milhões de hectares de áreas de pasto foram convertidos em áreas de lavoura na Amazônia Legal neste período, e que o novo pasto foi formado por meio principalmente da conversão de florestas natural.

A oferta de terra em cada categoria (lavoura, pasto, floresta plantada e floresta natural) para cada região aumenta de acordo com a taxa anual de crescimento percentual de cada uso dado pela matriz de transição:

$$N_{k,t+1} = 100 * \Delta N_{k,(t+1,t)} / N_{k,t} \quad (3)$$

Além desta taxa de crescimento anual, para ajustar a matriz de transição para o próximo período, o estoque corrente de terra em  $t$  é distribuído para o próximo ano  $t + 1$ , respondendo às variações da remuneração da terra. As matrizes de transição podem ser expressas na forma

de participação percentual (isto é, o total da soma das linhas igual a 1), mostrando as probabilidades que um hectare particular de terra usado para o pasto seja usado no próximo ano para a lavoura. No REGIA, essas probabilidades ou proporções são modeladas como uma função da variação da rentabilidade de cada tipo de terra:

$$S_{pkr} = \mu_{pr} \cdot L_{pkr} \cdot P_{kr}^{\beta_{Ind}} \cdot M_{kr} \quad (4)$$

ou alternativamente:

$$= L_{pkr} \cdot P_{kr}^{\beta_{Ind}} \cdot M_{kr} / \sum_k L_{pkr} \cdot P_{kr}^{\beta_{Ind}} \cdot M_{kr} \quad (5)$$

Em que o subscrito  $r$  denota região.  $S_{pkr}$  é a participação da terra do tipo  $p$  que se transforma em  $k$  na região  $r$ .  $\mu_{pr}$  é uma variável de ajuste para assegurar que  $\sum_k S_{pkr} = 1$ .  $L_{pkr}$  é uma constante de calibração que representa o valor inicial de  $S_{pkr}$  (dado pela matriz de transição).  $P_{kr}^{\beta_{Ind}}$  é a remuneração unitária média do tipo de terra  $k$ .  $\beta_{Ind}$  é um parâmetro de sensibilidade que mede a resposta da oferta de terra em relação às variações da remuneração.  $M_{kr}$  é uma variável de deslocamento de valor inicial igual a 1.

Retirando o subscrito  $r$ , tem-se:

$$S_{pk} = \mu_p \cdot L_{pk} \cdot P_k^{\beta_{Ind}} \cdot M_k \quad (6)$$

Em que  $S_{pk}$  é a participação do tipo de terra  $p$  que se transforma em  $k$ . Seja  $N_{k,t}$  a área de terra do tipo  $k$  no ano  $t$ . Então, a área de terra do tipo  $k$  no ano  $t+1$  será:

$$N_{k,t+1} = \sum_k S_{pk} N_{kt} \quad (7)$$

Se o preço não muda,  $S_{pk}$  também não muda. Eventualmente, alcança-se um padrão imutável de uso da terra  $N_k$  tal que:

$$N_k = \sum_k S_{p,k} N_k \quad (8)$$

De qualquer modo, alcançando  $N_k$  estável provavelmente mudaria o preço da terra e assim  $S_{pk}$ , e, portanto é difícil determinar  $N_k$  no equilíbrio.

O parâmetro de sensibilidade  $\beta_{lnd}$  representa a elasticidade da oferta de terra e foi calculado de acordo com a metodologia utilizada em Van Meijl *et al.* (2006) e Farias (2012). A elasticidade da oferta de terra com relação aos retornos da terra deve refletir que quanto maior a disponibilidade de terra maior deve ser o valor dessa elasticidade. A maior disponibilidade de terra implica em maior facilidade no processo de conversão de terra em termos de custos. Assim, se a remuneração de lavoura aumenta em relação a remuneração do pasto no ano  $t$  (lado da demanda), a taxa de conversão de pasto para lavoura vai aumentar, e, assim, a quantidade de terra destinada para lavoura em  $t + 1$  também aumenta. Para modelar a taxa de conversão de florestas naturais foi necessário considerar uma remuneração fictícia, no caso, o Índice de Preços ao Usuário Final. Desse modo, a matriz de transição é ajustada anualmente, assim como a oferta de terra.

### 3.2.3.2 Mecanismo de composição por origem das demandas regionais

A Figura 9 mostra o sistema de composição por origem das demandas do modelo REGIA. Embora a figura mostre apenas a demanda por um único produto (alimentos) por um único usuário (famílias) em uma única região (Sudeste do Pará), o mesmo diagrama poderia ser aplicado aos demais produtos, usuários e regiões.

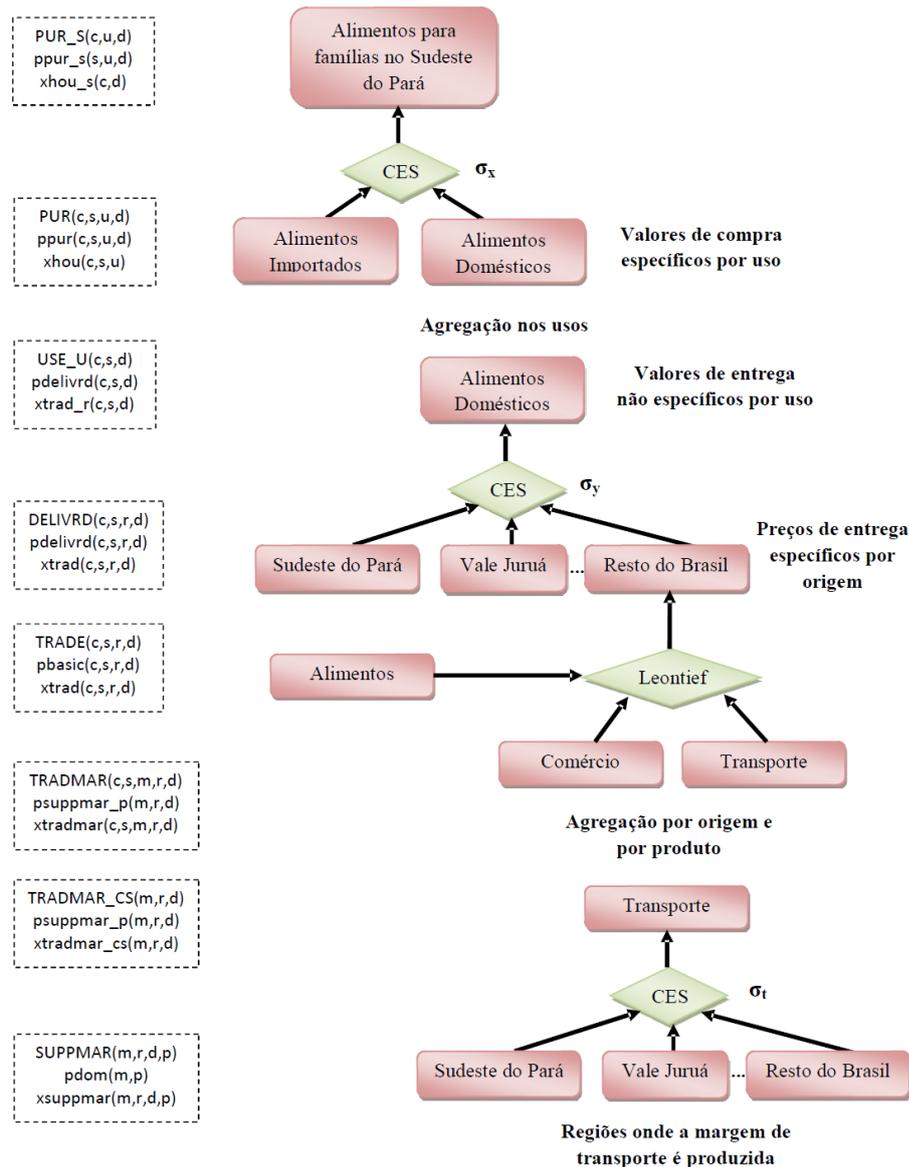
A Figura 9 descreve uma série de estruturas aninhadas indicando as várias possibilidades de substituição permitidas no modelo. Os quadros tracejados do lado direito da figura mostram em letras maiúsculas os valores dos fluxos associados com cada nível do sistema, e em letras minúsculas as variáveis de preço e quantidade associadas com cada fluxo. As dimensões são indicadas por subscritos  $c, s, m, r, d$  e  $p$ .

A figura está segmentada em quatro níveis. No primeiro nível as famílias escolhem entre alimentos domésticos e importados (de outros países), e esta escolha é realizada por uma especificação CES (hipótese de Armington<sup>51</sup>). As demandas são relacionadas aos valores de compra específicos por uso (a matriz dos valores de compra PUR é a soma das matrizes USE e TAX) e a elasticidade de substituição entre o composto doméstico e importado é  $\sigma_x$ . Este parâmetro costuma ser específico por bem, mas comum por uso e região, embora estimativas diferenciadas possam ser utilizadas. As demandas por bens domésticos numa região são agregadas (para todos os usos) de forma a determinar o valor total, USE\_U (o sufixo “\_U”

<sup>51</sup> Hipótese de Armington - bens de origens diferentes são tratados como substitutos imperfeitos.

indica a soma do índice  $u$ ). A matriz de uso  $USE\_U$  é valorada em preços de “entrega” – que incluem os preços básicos e as margens (comércio e transporte), mas não os impostos por uso específico.

**Figura 9 - Mecanismo de composição da demanda no modelo REGIA**



Fonte: Elaboração Própria

O segundo nível trata a origem do composto doméstico  $USE\_U$  entre as diversas regiões. A matriz  $DELIVRD$  mostra como esse composto  $USE\_U$  é dividido entre as  $r$  regiões de origem. Mais uma vez, uma especificação CES controla esta alocação, com elasticidade representada por  $\sigma_d$ . A especificação CES implica que regiões com queda de custo relativo de

produção aumentam seu *market-share* na região de destino do produto. O mecanismo de substituição é baseado em preços de entrega, que incluem margens de comércio e de transporte. Portanto, mesmo que os preços de produção sejam fixos, alterações nos custos de transporte afetam os *market-shares* regionais. As variáveis neste nível não possuem o subscrito por usuário ( $u$ ) – a decisão é feita com base em todos os usuários (como se atacadistas, e não usuários finais decidissem a origem dos alimentos). A implicação desta hipótese é que no Sudeste do Pará, a proporção de alimentos provenientes do Vale Juruá é a mesma para as famílias e demais usuários.

O terceiro nível mostra como os alimentos de uma determinada mesorregião, por exemplo, Vale Juruá, são direcionados para o Sudeste do Pará pelos valores básicos e pelas margens de comércio e transporte. A participação de cada componente no preço de entrega é determinada por uma função Leontief, de participações fixas. Dessa forma, elimina-se a hipótese de substituição entre margens de comércio e transporte. A participação de cada margem no preço de entrega é uma combinação de origem, destino, bem e fonte. Por exemplo, espera-se que a participação dos custos de transporte no preço de entrega seja elevada entre duas regiões distantes, ou para bens com elevada participação dos custos de transporte em seu preço.

A parte final da estrutura aninhada indica como as margens sobre alimentos, do Sudeste do Pará para a mesorregião Vale Juruá, podem ser produzidas em diferentes regiões. Espera-se que as margens sejam distribuídas mais ou menos equitativamente entre origem e destino, ou entre regiões intermediárias no caso de transporte entre regiões mais distantes. Existe substituição nos fornecedores de margem de acordo com uma função CES, representada pela elasticidade  $\sigma_t$ . Esta elasticidade pode capturar a capacidade dos transportadores de realocarem seus depósitos de armazenagem ao longo de rotas. Para as margens de comércio, por outro lado, espera-se que a maior parte da margem seja produzida na região de destino (uso), então o escopo para substituição deve ser menor (a elasticidade pode ser calibrada para algo próximo de zero, como 0,1). Novamente, esta decisão de substituição é tomada em nível agregado. A hipótese implícita é que a participação do Sudeste do Pará, por exemplo, na provisão de margens na comercialização de bens entre o Vale Juruá e Resto do Brasil, é a mesma não importa o bem que esteja sendo transportado. O mesmo mecanismo de origem de fluxos é aplicado aos bens importados, mas traçando sua origem ao porto de entrada como região de origem (que é o mercado externo).

### 3.2.3.3 *Estrutura de produção*

No REGIA, cada setor produz um único produto, utilizando-se de insumos domésticos e importados, e fatores primários (trabalho, capital e terra, usada apenas nos setores da Agropecuária). A Figura 6 apresentada na seção anterior ilustra a tecnologia de produção adotada no modelo, que é a especificação usual em modelos EGC com as mudanças introduzidas para a inserção do módulo de uso da terra. Desse modo, produtores escolhem uma combinação de insumos e fatores primários para minimizar os custos, sujeitos às funções de produção que são estruturadas por uma função CES.

A utilização de funções CES na tecnologia de produção implica na adoção da chamada hipótese de Armington (1969) de diferenciação de produtos. Por essa hipótese, bens de diferentes origens (domésticas ou externas) são tratados como substitutos imperfeitos<sup>52</sup>. Por exemplo, bens agropecuários importados são diferenciados dos bens agropecuários domésticos, na sua utilização no processo produtivo. Este tratamento permite que o modelo exiba padrões de comércio intra-setoriais não especializados, uma importante regularidade empírica encontrada na literatura<sup>53</sup>.

### 3.2.3.4 *Demanda das famílias*

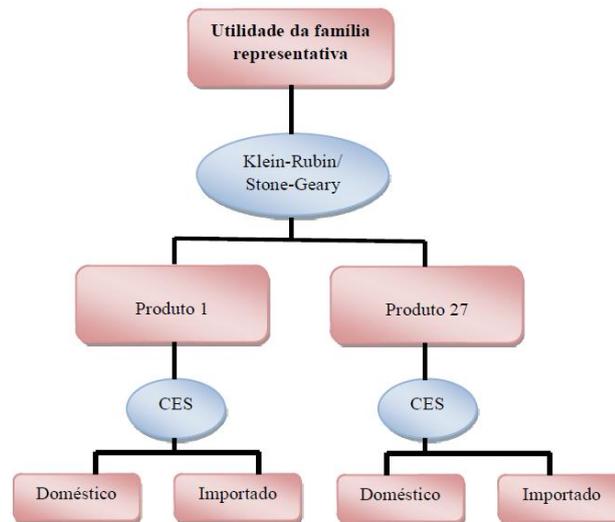
No modelo REGIA há uma família representativa para cada mesorregião, que consome bens domésticos e bens importados. O tratamento da demanda das famílias é baseado num sistema combinado de preferências CES/Klein-Rubin. As equações de demanda são derivadas de um problema de maximização de utilidade, cuja solução segue etapas hierarquizadas (vide Figura 10). No primeiro nível ocorre substituição CES entre bens domésticos e importados.

---

<sup>52</sup> Se a elasticidade de substituição for 1, as demandas se comportam como uma função Cobb-Douglas hierarquizada (i.e., participação nos gastos são constantes mesmo com mudanças de preços relativos). Se o parâmetro é igual a zero, a demanda segue a forma de Leontief (i.e., proporções das quantidades constantes independentemente do preço).

<sup>53</sup> Sobre diferenciação de produtos no comércio internacional e modelos EGC, ver De Melo e Robinson (1989). O comportamento de diversas classes de funções CES é analisado em Perroni e Rutherford (1995).

**Figura 10 - Estrutura da Demanda das Famílias**



Fonte: Elaboração própria

No nível superior subsequente há uma agregação Klein-Rubin dos bens compostos. Assim, a utilidade derivada do consumo é maximizada segundo essa função de utilidade. Essa especificação dá origem ao sistema linear de gastos (LES), no qual a participação do gasto acima do nível de subsistência, para cada bem, representa uma proporção constante do gasto total de subsistência de cada família.

A denominação Sistema Linear de Gastos (LES) deriva da propriedade de que o gasto em cada bem é uma função linear dos preços médios (composto doméstico e importado) e do gasto (renda). Existe um requisito de “subsistência” em cada produto, cujas quantidades são adquiridas qualquer que seja o preço do produto. O resíduo do orçamento do consumidor, depois dos gastos totais de subsistência, é chamado de “gasto de luxo”. A alocação do “gasto de luxo” nos diversos bens segue uma participação orçamentária marginal – calibrada de acordo com parâmetros de elasticidade do gasto e de participação orçamentária.

De acordo com Haddad (2004), a função utilidade per capita Stone-Geary ou Klein-Rubin, que possui a forma de uma função Cobb-Douglas, pode ser definida pela equação abaixo:

$$U(h) = \sum_i^N \frac{1}{Q} (X(h) - \gamma(h))^{\beta h} \quad (9)$$

Em que  $X(h)$  é o consumo agregado do bem  $i$  pela família representativa  $h$  e  $Q$  é o número de famílias.  $\gamma$  é a quantidade de subsistência de cada família  $h$ , e  $\beta$  representa a participação

orçamentária marginal sobre os gastos totais em bens de luxo (vetores de parâmetros). Uma característica da função de utilidade Stone-Geary, é que apenas o componente de gastos acima do nível de subsistência, ou gastos em bens de luxo, afeta a utilidade per capita (PETER *et al.*, 1996).

O sistema de demanda regional resultante implica que a quantia gasta em cada produto acima do nível de subsistência,  $(X(h) - \gamma(h)) \cdot P(i)$ , é dada por uma participação constante no gasto total em bens de luxo:

$$(X(h) - \gamma(h)) \cdot P(k) = \beta_i \sum_k (X(k) - \gamma(k)) \cdot P(k) \quad (10)$$

### 3.2.3.5 *Demanda por exportações*

Em um modelo onde o Resto do Mundo é exógeno, a hipótese usual é definir curvas de demanda negativamente inclinadas nos próprios preços do mercado mundial. No REGIA, um vetor de elasticidades (diferenciado por produto, mas não por região de origem) representa a resposta da demanda externa a alterações no preço F.O.B. das exportações. Deslocamentos no preço e na demanda por exportações possibilitam choques nas curvas de demanda.

As funções de demanda por exportações representam a saída de bens que deixam o país por uma determinada região (porto). Como a mesma especificação de composição por origem da demanda se aplica às exportações, o modelo pode capturar os custos de transporte de, por exemplo, exportações de produtos de uma mesorregião  $r$  exportados pelo porto da mesorregião  $d$ . Esta característica distinta do modelo permite diferenciar o local de produção do bem exportado e seu ponto (região) de exportação.

### 3.2.3.6 *Demanda do governo*

A demanda do governo mesorregional representa a soma das demandas das esferas de governo (federal, estadual e municipal). A demanda do governo não é modelada explicitamente, e pode, portanto, seguir a renda regional em um cenário exógeno.

### 3.2.3.7 *Mercado de trabalho*

O modelo REGIA não inclui um processo de ajuste temporal do mercado de trabalho. Em seu lugar, como a região da Amazônia (alvo das simulações) é responsável por uma pequena parte do emprego total no Brasil, o emprego nacional é considerado exógeno. Assim, optou-se por uma teoria do mercado de trabalho mais simplificada para facilitar o procedimento computacional do modelo.

As opções de operacionalização para o mercado de trabalho no REGIA são: i) emprego nacional exógeno (com variações determinadas por características demográficas históricas) com salários se ajustando endogenamente para equilibrar o mercado de trabalho regional; ii) salário real (ou nominal) fixo e o emprego determinado pelo lado da demanda no mercado de trabalho. Para as simulações do REGIA, que apresentam um horizonte temporal de 25 anos, adotou-se uma configuração em que emprego nacional no cenário de referência é exógeno (entre 2006 a 2011, ajustado com dados observados e a partir de 2012, determinado pelo crescimento populacional). No cenário de política, o emprego nacional agregado é fixo, relativamente ao cenário de referência. Isso implica em uma resposta endógena do salário médio, com diferenciais de salário setoriais e regionais fixos. Assim, há mobilidade intersetorial e regional de trabalho.

### 3.2.3.8 *Estoque de capital e investimento*

Os “investidores” formam uma categoria de uso da demanda final, responsáveis pela produção de novas unidades de capital (formação bruta de capital fixo). Estes escolhem os insumos utilizados no processo de criação de capital através de um processo de minimização de custos sujeito a uma estrutura de tecnologia hierarquizada. Como na estrutura de produção, os bens de capital são produzidos por insumos domésticos e importados. No primeiro nível, uma função CES é utilizada para combinar os bens com origem doméstica e importada. No segundo nível, um agregado do conjunto dos insumos intermediários compostos é formado pela combinação em proporções fixas (Leontief), definindo o nível de produção do capital do setor. Nenhum fator primário é utilizado diretamente como insumo na formação de capital.

O modelo REGIA possui uma especificação de dinâmica recursiva, em que o investimento e o estoque de capital seguem mecanismos de acumulação e de deslocamento intersetorial a partir

de regras pré-estabelecidas, associadas a taxas de depreciação e de retorno. Desse modo, uma das modificações para tornar o REGIA dinâmico é ligar os fluxos de investimentos anuais aos estoques de capital. Isto é, o investimento é importante porque compõe uma proporção substancial da atividade econômica do lado dos gastos e a remuneração do capital uma proporção substancial do lado da renda na economia. No modelo, a acumulação de capital ocorre de acordo com:

$$K_{j,t+1} = K_{j,t}(1 - D_{j,t}) + I_{j,t} \quad (13)$$

Onde  $K_{j,t}$  é a quantidade de capital disponível para a indústria  $j$  no ano  $t$ ;

$I_{j,t}$  é a quantidade de investimento (novo capital) na indústria  $j$  no ano  $t$ ;

$D_{j,t}$  é a taxa de depreciação.

Conforme Dixon e Rimmer (1998), em cada ano de simulação, assume-se que as taxas de crescimento do capital em uma determinada indústria (e dessa forma, os níveis de investimento) sejam determinadas pela disposição dos indivíduos a investir frente aos aumentos nas taxas esperadas de retorno. Esses desvios na taxa de retorno são eliminados gradualmente. Em outras palavras, admite-se que o crescimento do capital numa indústria específica no ano  $t$  é limitado pelas percepções de risco do investidor (em relação à taxa de retorno esperada), ao invés dos custos de instalação crescentes (via seus efeitos nos custos unitários de construção e outras indústrias fornecedoras de capital). Desse modo, a taxa de crescimento do capital no ano  $t$  só será maior do que sua taxa normal à medida que a taxa de retorno esperada pelos investidores for superior à taxa de retorno normal.

Com estoque inicial de  $K_{j,0}$  e com o mecanismo para determinar o investimento  $I_{j,t}$ , a equação (14) que representa a equação da taxa de retorno esperada, pode ser utilizada para esboçar o caminho que o estoque de capital em  $j$  percorre:

$$E_t(R_{j,t}) = ER_j + DR_j \quad (14)$$

Onde  $E_t(R_{j,t})$  é a taxa de retorno esperada no ano  $t$  para os proprietários de capital da indústria  $j$ ,  $ER_j$  é a taxa de retorno de equilíbrio esperada, ou seja, a taxa esperada de retorno exigida para sustentar indefinidamente a taxa corrente de crescimento de capital em  $j$ , e  $DR_j$  representa uma medida de desequilíbrio na taxa de retorno corrente em  $j$ .

Na maioria das aplicações de modelos dinâmicos EGC, o mecanismo para determinar o investimento em  $j$  pode ser representado por:

$$E_t(R_{j,t}) = -1 + \left[ \frac{E_t(Q_{j,t+1})}{C_{j,t}} \right] \cdot \left( \frac{1}{1+r} \right) + (1 - D_j) \cdot \left[ \frac{E_t(C_{j,t+1})}{C_{j,t}} \right] \cdot \left( \frac{1}{1+r} \right) \quad (15)$$

$$E_t(R_{j,t}) = f_{j,t} \left( \frac{K_{j,t+1}}{K_{j,t}} - 1 \right) \quad (16)$$

Em que  $E_t$  representa a expectativa no ano  $t$ ,  $R_{j,t}$  é a taxa de retorno do investimento no setor  $j$  realizado no ano  $t$ ,  $(Q_{j,t+1})$  representa o retorno do capital em  $j$  no ano  $t + 1$ ,  $r$  é a taxa de juros,  $C_{j,t}$  é o custo extra de uma unidade de capital instalado no setor  $j$  no ano  $t$ ,  $f_{j,t}$  representa uma função não-decrescente.

A equação (15) representa a taxa de retorno esperada do setor  $j$  no ano  $t$  como o valor presente de um real extra de investimento, isto é, um real de investimento compra  $1/C_{j,t}$  unidades de capital no ano  $t$ . Além disso, diante desta equação, espera-se gerar uma renda no ano  $t + 1$  de  $\left[ \frac{E_t(C_{j,t+1})}{C_{j,t}} \right]$  e reduzir a necessidade de gastos em investimento em  $(1 - D_j) \cdot \left[ \frac{E_t(C_{j,t+1})}{C_{j,t}} \right]$ . Assim, a taxa esperada de retorno na indústria  $j$  determina seu nível de investimento em um dado período.

Já a equação (16) mostra uma curva de oferta de investimento em que a taxa de retorno esperada para um real adicional de investimento depende da taxa de crescimento do estoque de capital da indústria  $j$ . Esta equação tem por hipótese a redução da disponibilidade de fundos de investimento de tal modo que, diante da inclinação positiva da curva  $f_{j,t}$ , o setor  $j$  atrairia consideráveis fundos de investimento dado uma alta taxa de crescimento do capital, e, com isso, provoca a alta na taxa esperada de retorno para atrair o investidor marginal. Isso implica que quanto maior a taxa de crescimento do capital entre dois períodos, maior será a taxa de retorno esperada. Cabe notar que é usual assumir que a oferta de fundos de investimento é infinitamente elástica em relação à taxa de juros.

### 3.2.3.9 *Equilíbrio de mercados, demanda por margens e preços de compra*

O REGIA opera com equações de equilíbrio de mercado para todos os bens consumidos localmente, tanto domésticos como importados. Os preços de compra para todos os grupos de usos (produtores, investidores, famílias, exportadores, e governo) são a soma dos valores básicos e dos impostos (diretos e indiretos) sobre vendas e margens. Impostos sobre vendas são tratados como taxas *ad-valorem* sobre os fluxos básicos. Há equilíbrio no mercado para todos os bens, tanto domésticos como importados, assim como no mercado de fatores (capital e trabalho) em cada região. As demandas por margens (transporte e de comércio) são proporcionais aos fluxos de bens aos quais as margens estão conectadas. Os preços de compra todos os grupos de usos em cada mesorregião são a soma dos valores básicos, dos impostos (diretos e indiretos) e margens (de comércio e transporte).

### 3.2.3.10 *Outras equações*

O modelo ainda especifica uma série de equações para o cálculo dos agregados macroeconômicos e indicadores do banco de dados. Estes são importantes para o entendimento e explicação dos resultados das simulações. Entre outros, existem equações para:

- i) PIB do lado do dispêndio e do lado da renda;
- ii) Saldo Comercial;
- iii) Índices de preços de consumo das famílias, do investimento, das exportações, das importações e do PIB (deflator implícito);
- iv) Agregações de fatores primários (capital, trabalho e terra);
- v) Decomposições das vendas (uso intermediário e final);
- vi) Decomposições do PIB (lado da renda e do dispêndio).

## 3.3 Base de Dados

De acordo com Horridge (2012), as bases de dados de modelos EGC regionais frequentemente assumem como ponto de partida matrizes de insumo-produto regionais. Contudo, mesmo quando tais tabelas estão disponíveis, elas podem sofrer de deficiências.

Entre elas, pode-se mencionar que: i) frequentemente essas matrizes apresentam poucos setores, ii) a cobertura regional pode apresentar regiões muito grandes, ou ser incompleta ou inconsistente (tabelas regionais com diferentes fontes de dados, ou com diferentes formatos); e iii) não foram desenhadas para serem usadas nos modelos EGC.

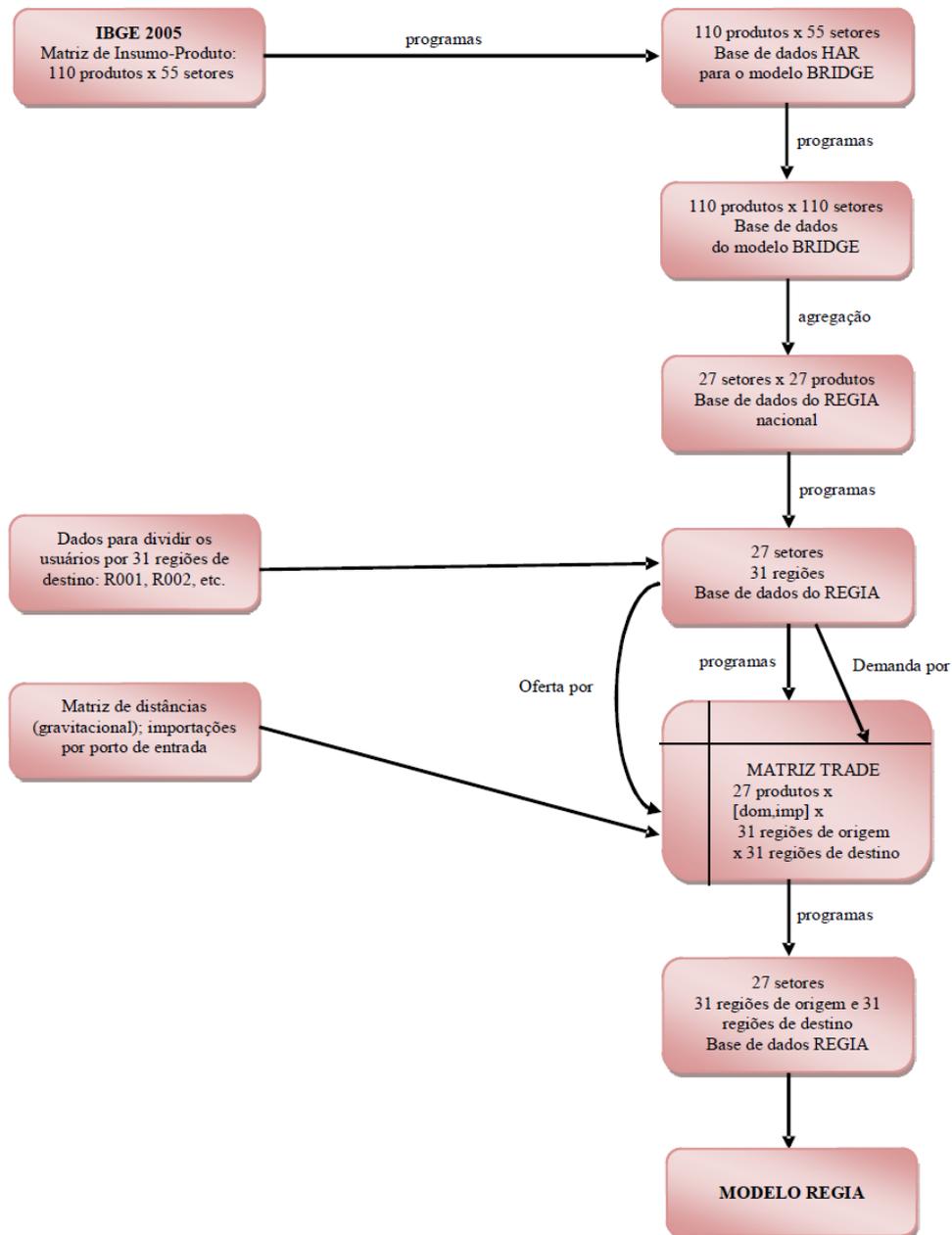
Além dos possíveis problemas citados com as matrizes de IP regionais, não existem matrizes publicadas por mesorregião para a Amazônia Legal Brasileira<sup>54</sup>, objeto de estudo desta tese. A base de dados do modelo REGIA foi construída por meio de um procedimento de regionalização desenvolvido por Horridge (2006) adaptado para o caso brasileiro. O procedimento consiste na construção de uma base de dados para um modelo EGC multirregional *bottom-up* a partir de dados de participação das regiões na produção setorial e de componentes da demanda final.

A construção da base de dados do REGIA utiliza uma estratégia (vide Figura 11) para estimar sua base de dados com a utilização de dados regionais limitados. O procedimento é composto por três estágios, e parte da matriz nacional de insumo-produto de 2005 do IBGE. Esse procedimento será descrito com detalhes nas próximas subseções.

---

<sup>54</sup> Guilhoto e Sesso Filho (2005) construíram uma matriz de insumo-produto por estado da Amazônia Legal para o ano de 1999. A partir desta matriz, foram elaboradas duas outras para o estado do Pará nos anos de 1999 e 2002 elaboradas pela Coordenação de Programação e Avaliação da Superintendência e Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM) (PEREIRA *et al.*, 2008). Costa (2006) construiu uma matriz de insumo-produto para a economia do Sudeste Paraense para o ano de 2004.

**Figura 11 - Resumo do Procedimento de Regionalização**



Fonte: Elaboração própria com base em Horridge (2012)

Existem diversos exemplos de construção de dados para modelos EGC multirregionais no Brasil, como o IMAGEM-B (MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO, 2008), B-MARIA27 (HADDAD, 2004), SPARTA (DOMINGUES, 2002) e B-MARIA27-IT (PEROBELLI, 2004). O IMAGEM-B utilizou como dado primário, a matriz de insumo-produto de 2003 (GUILHOTO e SESSO FILHO, 2005) agregada em 31 setores e, a partir dessa matriz, foi realizada a desagregação regional em 27 unidades da federação. Para isso, assumiu-se a hipótese de que os setores estaduais possuem a mesma tecnologia

(coeficiente de insumo-produto) do respectivo setor nacional, tanto para os insumos intermediários (domésticos e importados) como para os fatores primários (capital e trabalho). Para regionalizar os vetores da demanda final (consumo, investimento, exportações e consumo do governo), partiu-se de informações específicas de cada estado sobre esses componentes, usando dados de diversas fontes, como IBGE, CENSO, o sistema ALICEWEB da SECEX e POF.

O B-MARIA27 e o B-MARIA27-IT são modelos EGC multirregionais para as 27 unidades da federação brasileira. Os dois modelos utilizaram a matriz de insumo-produto do Brasil, calibrada para o ano de 1996, assim como dados de contas regionais do IBGE e de comércio externo do sistema ALICEWEB da SECEX. O procedimento de regionalização da matriz nacional começa com a estimativa da matriz interestadual obtida pelo método de Quocientes Locacionais (QL), calculados a partir das informações estaduais do valor bruto da produção setorial. O QL assume que a tecnologia estadual de produção das atividades é idêntica (em termos de coeficientes de insumo-produto) e que os multiplicadores de produção obtidos são os mesmos em todos os estados. Para garantir que a soma das linhas e colunas da matriz reproduza o valor bruto da produção por setor e por estado foi realizado um ajuste pelo método RAS<sup>55</sup> efetuado nos componentes intra-regionais da demanda final (HADDAD *et al.*, 2002).

O modelo SPARTA é um modelo inter-regional para São Paulo e restante do Brasil que utilizou a matriz de insumo-produto brasileira de 1996. O método de regionalização utilizado também foi o de Quociente Locacional (QL) em que a principal hipótese é que tecnologias setoriais nacionais e regionais são idênticas. No caso, São Paulo e restante do Brasil e os seus setores utilizaram a mesma receita de produção, isto é, apresentaram os mesmos requisitos técnicos do respectivo setor nacional. Depois desse procedimento, a base de dados gerada foi comparada aos dados reais de comércio interestadual brasileiro CONFAZ (Conselho Nacional de Política Fazendária), e como os dados gerados ficaram subestimados, um método *ad hoc* foi aplicado para rebalancear as matrizes. Com isso, a estimativa ajustada atendeu não só às condições de consistência de insumo-produto, como também a informação adicional de comércio inter-regional da CONFAZ.

---

<sup>55</sup> Uma difundida justificativa teórica à ideia de que os fluxos bilaterais de comércio dependem positivamente da renda das regiões e negativamente da distância entre elas baseia-se em um modelo de comércio desenvolvido por Krugman (1980).

O procedimento de construção da base de dados utilizado no REGIA apresenta diferenças e avanços em relação aos procedimentos expostos acima. A partir dos dados da matriz nacional de insumo-produto de 2005, cria-se uma matriz de comércio inter-regional por meio de uma série de fórmulas, descritas na próxima seção, envolvendo dados de uma matriz de distâncias e utilizando a abordagem gravitacional. A principal hipótese de um modelo gravitacional<sup>56</sup> é que o comércio está baseado na distância entre as regiões e na interação derivada do tamanho de suas economias. Depois de criada a matriz de comércio inter-regional, um ajuste é realizado para preservar as relações contábeis de igualdade entre oferta e demanda, e para isso, o método RAS é utilizado. O avanço, neste caso, é que o método é aplicado em três partes, o que permite que os erros sejam minimizados no processo de regionalização.

### **3.3.1 A Base de Dados para o Modelo REGIA**

O processo da criação do banco de dados do modelo REGIA utiliza as tabelas de insumo-produto do IBGE para 2005 (que apresenta 110 produtos e 55 setores), organizadas de acordo com a Figura 12.

O primeiro passo foi converter essas tabelas para o formato do modelo BRIDGE<sup>57</sup> que é um modelo EGC para o Brasil desenvolvido no Cedeplar. O próximo passo, ainda ao nível nacional, foi a diagonalização do modelo para 110 produtos e 110 setores, por meio de um procedimento computacional<sup>58</sup>.

---

<sup>57</sup> O modelo nacional BRIDGE (DOMINGUES *et al.*, 2010) foi desenvolvido no Cedeplar, e está configurado para 55 indústrias/setores, 110 produtos, duas fontes (doméstico e importado), cinco componentes de demanda final (consumo das famílias, consumo do governo, investimentos, exportações, estoques), dois setores de margem (comércio e transportes) e três fatores primários (trabalho, capital e terra).

<sup>58</sup> Estratégia para a diagonalização da base de dados: i) Os elementos fora da diagonal da MAKE são cancelados. Isto depende dos produtos e setores correspondentes com o mesmo nome. ii) As indústrias são redefinidas em uma base de produtos, isto é, a indústria de sapatos consiste de todas as partes de indústrias originais as quais fornecem diferentes produtos para produzir sapatos.

**Figura 12 - Estrutura dos Dados Nacionais para 2005**

		Matriz de Absorção					
		1	2	3	4	5	6
		Produtores	Investidores	Famílias	Exportações	Governo	Estoques
	Tamanho	← i →	← i →	← 1 →	← 1 →	← 1 →	← 1 →
Fluxos de Uso	↑ c x s ↓	V1USE	V2USE	V3USE	V4USE	V5USE	V6USE
Impostos	↑ c x s ↓	V1TAX	V2TAX	V3TAX	V4TAX	V5TAX	V6TAX
Margens	↑ c x s x m ↓	V1MAR	V2MAR	V3MAR	V4MAR	V5MAR	V6MAR
Trabalho	↑ o ↓	V1LAB					
Capital	↑ 1 ↓	V1CAP					
Terra	↑ 1 ↓	V1LND					
Imposto de Produção	↑ 1 ↓	V1PTX					

c = Bens (1, ..., 55)  
 i = Setores (1, ..., 110)  
 s = 2 (doméstico e importado)  
 o = 1 (número de ocupações)  
 m = margens (comércio e transporte)  
 f = demanda final (investidores, famílias, exportações, governo e estoques)

Matriz de Produção Conjunta	
Tamanho	← i →
↑ c ↓	MAKE

Impostos de Importação	
Tamanho	← i →
↑ c ↓	V0TAR

Fonte: Elaboração própria com base no modelo BRIDGE

A base de dados do modelo BRIDGE pode ser apresentada conforme a Figura 12. Nas colunas identificam-se os seguintes agentes:

- produtores domésticos divididos em 55 indústrias;
- investidores divididos em 55 indústrias;
- uma família representativa;
- as exportações;
- o governo; e
- variação de estoques.

As entradas em cada coluna da matriz de absorção mostram a estrutura de compras feitas pelos agentes identificados acima. Cada um dos 110 produtos identificados na matriz pode ser

obtido no mercado nacional ou internacional. Os produtos de uma fonte específica são usados como insumos para a produção corrente e para a formação de capital, consumidos pelas famílias e pelo governo, exportados, ou adicionados ou subtraídos dos estoques. Somente os produtos produzidos domesticamente aparecem na coluna de exportações. Dois produtos domésticos, comércio e transporte, são utilizados como serviços de margens. A produção corrente e de insumos intermediários requer três categorias de fatores primários (terra, trabalho e capital). Para esta tese, a remuneração do fator terra,  $V1LND$ , que está no banco de dados foi incluída por meio da variável de “Despesas realizadas pelos estabelecimentos – Arrendamento de terras” do Censo Agropecuário de 2006<sup>59</sup>. Como a matriz é de 2005, foi aplicado um deflator para que os valores monetários do Censo se equiparassem aos da matriz de insumo-produto.

A segunda etapa foi simplificar o formato da base de dados nacional e descartar alguns detalhes que não são necessários ao modelo mesorregional. A primeira simplificação é a união em uma única matriz, denominada  $BASIC_{c,s,u}$ , das matrizes de fluxos intermediários  $V1BAS_{c,s,i}$ , fluxos de investimentos  $V2BAS_{c,s,i}$ , e fluxos das famílias  $V3BAS_{c,s}$ . Desse modo, a dimensão  $u$  será um conjunto de todas as indústrias mais a demanda individual final. A demanda por investimento apresenta uma única coluna. Simplificação similar é feita para  $TAX$  (impostos) e  $MARGINS$  (margens).

Os diferentes investimentos por indústria estão em uma matriz de compra por indústria e por produto. Embora a base de dados nacional permita a participação das importações no uso investimentos para as diversas indústrias, o mesmo não ocorre na base regionalizada.

As receitas dos impostos de importações são realocadas em uma matriz  $TAX$  específica por usuário. O estoque doméstico de dimensão  $c$  também é movido para um vetor por indústria. Os estoques são subtraídos da  $MAKE$  e os estoques importados são ignorados.

---

<sup>59</sup> No modelo, o fator terra foi alocado para os setores agricultura e pecuária em cada região. A divisão dessa informação entre pecuária e agricultura foi feita de acordo com os valores de arrendamento de terras por grupo de atividade. Por exemplo, para a agricultura foram somados os valores de arrendamento dos grupos: produção de lavoura temporária, horticultura e floricultura, produção de lavouras permanentes, sementes, mudas e outras formas de propagação vegetal e produção florestal. Já para a pecuária agrupou-se os valores de arrendamento da pecuária e criação de outros animais, pesca e aquíicultura.

### 3.3.2 Distribuição Regional da Produção e da Demanda Final

Após o procedimento de diagonalização, o modelo BRIDGE de 110 produtos por 110 setores foi agregado nos 27 setores de interesse para esta tese. A partir desse ponto, foram utilizados os dados de participações regionais (vide Quadro 3) para a divisão dos usuários por mesorregião.

**Quadro 3 - Informações Necessárias ao Procedimento de Regionalização**

Variável	Descrição	Fonte dos dados
$RP_{i,r}$	Participação regional da produção (por $i$ setores e $r$ regiões)	IBGE, RAIS
$RI_{i,r}$	Participação regional do investimento (por $i$ setores e $r$ regiões)	RAIS
$RF_{c,r}$	Participação regional do consumo das famílias (por $c$ produtos e $r$ regiões)	POF, IBGE
$RX_{c,r}$	Participação regional das exportações (por $c$ produtos e $r$ regiões)	Sistema ALICEWEB da SECEX
$RG_{c,r}$	Participação regional do consumo do governo (por $c$ produtos e $r$ regiões)	IBGE
$RE_{c,r}$	Participação regional da variação de estoques (por $c$ produtos e $r$ regiões)	RAIS

Fonte: Elaboração Própria

Por exemplo, o  $RP_{i,r}$ , é a participação da produção do setor  $i$  localizado na região  $r$ , tal que  $\sum_r RP_{i,r} = 1$ . Foi necessária uma divisão regional desagregada dessas participações em 30 mesorregiões da Amazônia Legal e o restante do Brasil.

A fim de obter as participações por mesorregião, foram utilizados dados de diversas fontes: PIB por mesorregião (incluindo a divisão entre PIB da agropecuária, indústria, serviços e administração pública), divulgados pelo IBGE; exportações por mesorregião existentes no sistema ALICEWEB da SECEX, e a massa salarial (por setor de atividade e mesorregião) obtida por meio da “Relação Anual de Informações Sociais” (RAIS).

Primeiramente, foi realizada uma divisão de todas as participações por estado. A participação de cada estado na produção foi dividida segundo dados da massa salarial disponibilizado pela RAIS por estado e por setor. Para calcular as participações mesorregionais ( $RP_{i,r}$ ), foram mantidas as participações por estado e a partir destas, subdividiu-se as mesorregiões por meio do PIB da agricultura, indústria, serviços e administração pública, disponibilizados pelo IBGE, ao passo que os demais setores foram subdivididos de acordo com a massa salarial (dados da RAIS), gerando o conjunto de 27 setores (agregados conforme divisão das Contas Nacionais).

No caso do investimento<sup>60</sup> e da variação de estoques, as participações estaduais foram distribuídas de acordo com a matriz de produção MAKE e a massa salarial da RAIS. A participação mesorregional do investimento e estoques,  $(RI_{i,r})$  e  $(RE_{c,r})$ , foi redistribuída de acordo com a matriz de participação na produção  $(RP_{i,r})$ .

O consumo das famílias por estado foi distribuído de acordo com dados da POF (Pesquisa de Orçamento Familiar) por produto. A partir dessas participações estaduais, a variável  $RF_{c,r}$  foi redistribuída por mesorregião de acordo com o PIB *per capita* mesorregional (IBGE, 2011). As exportações, da mesma forma, foram primeiramente divididas por estado e produto com base nos dados do sistema ALICEWEB da SECEX. Após, a variável  $(RX_{c,r})$  foi redistribuída por mesorregião também com base nas informações por produto do sistema ALICEWEB.

Por sua vez, o consumo da administração pública  $(RG_{c,r})$  foi distribuído de acordo com o PIB da administração pública por mesorregião e produto por meio dos dados do IBGE. Desse modo, todas as participações foram obtidas em dois passos, primeiro com a abertura por estado, e após, com a abertura por mesorregião. Portanto, os resultados dos vetores de participações mesorregionais dentro de um mesmo estado possuem a mesma estrutura, e só diferem em nível.

Aplicando estas participações na base de dados nacional, EGC, foram computadas as matrizes USE, FACTOR e MAKE do lado direito da Figura 5. Nenhuma dessas matrizes distingue a região de origem dos insumos.

Assim, divisão dos usuários por destino foi feita com as participações descritas  $(RP_{i,r}, \dots, RE_{c,r})$ . Os usuários foram distribuídos entre as regiões, de forma que cada região manteve a mesma estrutura da economia nacional (o que será modificado em etapas posteriores), assim como as participações de insumos domésticos e importados.

Por sua vez, as margens de comércio e transporte foram distribuídas de acordo com os fluxos básicos da economia nacional e a distância média entre as regiões. Como os estoques foram removidos, as matrizes MAKE regionais seguem a MAKE nacional sem estoques. Por sua vez, os fluxos básicos (BASIC) e as margens (MARGIN) são arranjados em uma única matriz

---

<sup>60</sup> Como não há na literatura uma discussão ampla de qual deveria ser a *proxy* utilizada para o investimento privado e os estoques, optou-se por distribuí-los de acordo com a produção. Haddad *et al.* (2002) obtiveram essa *proxy* por resíduo. Como conheciam os valores das  $n - 1$  variáveis que compõem a identidade macroeconômica do PIB, a  $n$ -ésima pôde ser obtida automaticamente.

de usos (USE), assumindo que a razão de fluxos básicos sobre a margem (BASIC/MARGIN) é constante para todos os usuários de uma dada região.

Neste ponto, é possível fazer uma projeção inicial da oferta e da demanda regional de cada produto por fonte e região,  $S_{c,s,r}$  e  $D_{c,s,r}$ , respectivamente, de tal forma que, a diferença entre os dois componentes será acomodada no comércio inter-regional na próxima etapa do procedimento de regionalização. Assim, tem-se que:

$$S_{c,dom,r} = M_I_{c,r} \quad (17)$$

$$M_I_{c,r} = \sum_i M_{c,i,r} \quad (18)$$

$$M_{c,i,r} = RP_{i,r} \times NM_{c,i} \quad (19)$$

$$S_{c,imp,r} = IMP_{c,r} \quad (20)$$

$$IMP_{c,r} = SM_{c,r} \times NIMP_c \quad (21)$$

em que a oferta doméstica é igual a  $M_I_{c,r}$ , matriz de produção doméstica MAKE, somada por setor,  $\sum_i M_{c,s,i,r} \cdot NM_{c,i}$  é a matriz MAKE da base de dados nacional. Já a oferta de importados é igual a  $IMP_{c,r}$ , importações por porto de entrada.  $NIMP_c$  representa o vetor de importações da base de dados nacional, e  $SM_{c,r}$  é a participação das importações por porto de entrada  $r$ . Desse modo a oferta doméstica total por região,  $M_{c,i,r}$ , é a matriz MAKE nacional multiplicada pela matriz de participação regional na produção por setor e região.

$$D_{c,s,r} = B_U_{c,s,r} \quad (22)$$

$$B_U_{c,s,r} = \sum_u B_{c,s,r,u,r} \quad (23)$$

$$B_{c,s,u,r} = NB_{c,s,u} \times SU_{c,s,u,r} \quad (24)$$

em que  $NB_{c,s,u}$  é a matriz BASIC da base de dados nacional e  $SU_{c,s,u,r} = RP_{u,r}$  é o total das participações regionais por usuário ( $SU_{c,s,hou,r} = RF_{c,r}$ ,  $SU_{c,s,gov,r} = RG_{u,r}$  e  $SU_{c,s,exp,r} = RX_{u,r}$ ). Ou seja, a demanda por região é a matriz BASIC nacional multiplicada pela participação regional da produção para todos os usuários finais.

A regionalização dos fatores primários (terra, capital e trabalho) foi feita de acordo com a participação da produção em cada mesorregião. Por exemplo, para o caso da remuneração da terra, tem-se:

$$VL_{i,r} = FAC_{i,land,r} \quad (25)$$

$$FAC_{i,land,r} = RP_{i,r} \times NFAC_{i,land} \quad (26)$$

em que  $VL_{i,r}$  representa a remuneração da terra<sup>61</sup> por setor em cada mesorregião.  $FAC_{i,land,r}$  é o custo do fator terra no setor  $i$  na região  $r$ , que foi distribuído por mesorregião por meio da fórmula (26) em que  $FAC_{i,g,r}$  representa a matriz de custos dos fatores primários mais impostos (dimensão  $g$ ) por setor em cada mesorregião e  $NFAC_{i,g}$  representa a matriz de custos nacional dos fatores. O mesmo procedimento foi adotado na regionalização dos fatores trabalho e capital.

### 3.3.3 A Matriz de Comércio

O próximo passo foi construir a matriz TRADE. Para cada produto, doméstico ou importado, a TRADE apresenta uma submatriz  $27 \times 27$ , onde as linhas correspondem à região de origem e as colunas correspondem à região de uso. Os elementos da diagonal mostram a produção da região  $r$  que é consumida localmente. Sabe-se o valor total das linhas (oferta por produto e região) e o valor total das colunas (demanda por produto e região) destas submatrizes. Foi utilizado o método gravitacional (volumes de comércio variam de acordo com o inverso da distância) para construir matrizes de comércio consistentes com os totais de linhas e colunas predeterminadas.

Desse modo, além das participações descritas na seção anterior, foram utilizados outros dados regionais, como uma matriz de distâncias de uma região  $r$  a outra região  $d$ ,  $D_{r,d}$ . Para este trabalho foi construída uma matriz de distâncias rodoviária, um avanço em relação às matrizes de distâncias euclidianas na calibragem de modelos EGC. A matriz de distância foi gerada por um algoritmo de otimização de trajetória do *software* Transcad na versão 5.0 sobre a rede de

---

<sup>61</sup> Na base de dados nacional, a remuneração da terra está alocada nos setores de agricultura e pecuária, portanto, para a base regionalizada foi mantida a mesma estrutura.

transporte multimodal brasileira de forma que as trajetórias representam a distância com menor tempo de deslocamento entre pares de origem-destino.

Para calcular o tempo de deslocamento em cada segmento de via foram consideradas suas velocidades médias (KM/h) e características conforme as informações contidas na própria rede multimodal brasileira de 2007 - desenvolvida pelo Plano Nacional de Logística e Transporte (PNLT) e disponibilizada publicamente pelo Ministério dos Transportes. Nesse cálculo, não se consideram paradas, intensidades de uso (tráfego) ou qualquer outra interrupção. Logo, o tempo deve ser considerado como o “ótimo”, ou seja, o menor tempo possível em uma situação ótima de uso das vias nas condições em que elas se encontram.

Os nós de acesso – dentre eles, rodoviário, ferroviário, aquaviário (navegação interior, cabotagem e de longo curso) – da rede totalizam 558 e foram associados às microrregiões brasileiras pela área de influência e informações da base de dados georreferenciadas do Ministério dos Transportes. Esse procedimento revelou-se consistente e foi inicialmente testado por uma matriz de origem-destino. Desse modo, foram geradas informações para todas as 558 microrregiões brasileiras (posteriormente agregados em mesorregiões). Porém, dado o objetivo deste estudo, foram utilizadas somente as informações/dados para as 30 mesorregiões da Amazônia Legal.

Para os dados de população, foram utilizadas as projeções do IBGE para 2005. A variável que apresenta a participação das importações nacionais por produto  $c$  do porto de entrada  $r$ ,  $SM_{c,r}$ , foi obtida pelo sistema ALICEWEB da SECEX, com compatibilização por produto. Cabe destacar, que a Amazônia Legal possui dois portos importantes, Belém e Manaus. Assumiu-se que as diferenças entre as margens nas mesorregiões vão ser determinadas somente pela distância entre elas.

Até este ponto, é possível conhecer apenas os somatórios de linhas e colunas da matriz TRADE (oferta e demanda total) de comércio. Para cada produto, doméstico ou importado, tem-se:

$$S_r = \text{total ofertado em } r = \sum_r T_{r,*} \quad (27)$$

$$D_d = \text{total demandado em } d = \sum_d T_{*,d} \quad (28)$$

em que  $S_r$  é a oferta total da região  $r$  igual a  $\sum_r T_{r,*}$  que representa o somatório da matriz de comércio (linha) na região de origem  $r$ .  $D_d$  é a demanda total da região  $d$  (coluna) que é igual a  $\sum_d T_{*,d}$  que representa o somatório da matriz de comércio na região de destino  $d$ .

Por conseguinte, faz-se necessário conhecer a participação de cada produto  $c$  em cada destino  $d$ , com origem na região  $r$ . Assim, a matriz de comércio inter-regional TRADE foi criada por meio de uma série de fórmulas envolvendo os dados da matriz de distância e a abordagem gravitacional. Para um determinado produto, doméstico ou importado, a fórmula gravitacional pode ser escrita como:

$$V_{r,d} = \lambda_r \cdot \mu_d \cdot S_r / (D_{r,d})^2 \text{ com } r \neq d, \quad (29)$$

Onde  $V_{r,d}$  representa o fluxo de  $r$  para  $d$  (correspondente à matriz TRADE),  $S_r$  é a oferta total na região  $r$  e  $D_{r,d}$  é a distância da região  $r$  para  $d$ .  $\lambda_r$  e  $\mu_d$  são obtidas para satisfazer:

$$\sum_r V_{r,d} = V_{*,d} \quad \text{e} \quad \sum_d V_{r,d} = V_{r,*} \quad (30)$$

A soma do fluxo (na coluna) da região  $r$  para a região  $d$ , seja igual a demanda total da região  $d$  e que a soma do fluxo (na linha) da região  $r$  para a região  $d$  seja igual a oferta total da região  $r$ .

Porém, utilizando apenas esse cálculo, os fluxos de comércio podem ser superestimados, em especial quando uma região pequena está rodeada por regiões maiores. Se isso acontece, a distância na fórmula (29),  $D_{r,d}$ , entre a região pequena e a região maior será um valor pequeno, aumentando muito o coeficiente de fluxo de comércio,  $V_{r,d}$ . Para corrigir esse erro é necessário estimar a proporção da demanda satisfeita pelo mercado local,  $V_{d,d}$ :

$$V_{d,d} = \text{MIN}[1, V_{d,*}/V_{*,d}] \times [1 - (0,2)^k] \quad (31)$$

Em que  $V_{d,d}$  é a proporção do fluxo consumido localmente que é a demanda local em  $d$  satisfeita com a produção local, representada por  $\text{MIN}[1, V_{d,*}/V_{*,d}]$ .  $k^{62}$  é o fator de distância

---

<sup>62</sup>  $k$  é uma variável que representa a facilidade ou dificuldade do transporte de determinados bens. Produtos agropecuários, por exemplo, são considerados de fácil transporte, e, portanto, assumem valor 1. Bens nos setores de comércio, administração pública que não se deslocam de uma região para outra assumem valor 2, de acordo com o método de regionalização de Horridge (2006).

da fórmula gravitacional, que pode assumir valores 1 e 2, sendo 2 para os bens difíceis de transportar.

Desta forma, assume-se, de acordo com a fórmula (31) que se a oferta local é suficiente para suprir a demanda local, ou seja, se  $V_{d,*}/V_{*,d} \geq 1$ , pelo menos 80% da demanda será suprida localmente.<sup>63</sup> Para os demais elementos de  $V_{r,d}$  com  $V_{d,*}/V_{*,d} < 1$ , assume-se:

$$V_{r,d} = [S_r^{0,5}] / [(D_{r,d})^k] \times \delta_d \times \lambda_r \quad (32)$$

Em que, novamente, o valor de  $\lambda_r$  é obtido fazendo com que  $\sum_r V_{r,d} = V_{*,d}$  e  $\sum_d V_{r,d} = V_{r,*}$ .  $\delta_d = 0,1$ , representando a participação regional padrão para regiões em que a razão entre a oferta local sobre a demanda local de um produto é menor do que um,  $V_{d,*}/V_{*,d} < 1$ , ou seja, a oferta local não é suficiente para atender a demanda local.  $\delta_d = 1$ , se a oferta local é igual ou maior que a demanda local, ou seja,  $V_{d,*}/V_{*,d} \geq 1$ .

As estimativas iniciais de  $V_{r,d}$  foram então escalonadas utilizando o procedimento RAS, para escalonar linhas e colunas. O método RAS é um procedimento iterativo que ajusta os valores das linhas e colunas de uma matriz proporcionalmente ao total das mesmas, e desse modo, encontra um novo conjunto de valores para as células a partir dos valores pré-existentes, de forma a tornar consistente a soma das colunas e linhas com os respectivos valores totais das mesmas. De modo que:

$$\sum_r V_{r,d} = V_{*,d} \quad \text{e} \quad \sum_d V_{r,d} = V_{r,*} \quad (33)$$

Os custos de transporte como participação dos fluxos de comércio foram definidos de acordo com a distância:

$$T_{r,d}/V_{r,d} \propto \sqrt{D_{r,d}} \quad (34)$$

<sup>63</sup> Miller e Blair (2009) fazem ampla discussão em torno dos métodos utilizados para estimar quanto da demanda de determinado produto  $c$  é atendida pela oferta local. Um procedimento para obter essa estimativa para cada setor  $i$  é encontrar a razão da produção regional total menos as exportações do setor  $i$  sobre a produção total menos as exportações mais as importações do setor  $i$ . Se essa razão for igual a 1, significa que toda a necessidade de produção do setor  $i$  é atendida localmente. Porém, o procedimento de regionalização que deste trabalho, que é o de Horridge (2006), parte de uma formulação de modelo gravitacional em que a ideia básica é a de que o fluxo do produto  $i$  da região  $r$  para a região  $d$  é uma função de: i) alguma medida da produção total de  $i$  em  $r$ , ii) de alguma medida das compras totais de  $i$  em  $d$ , e da distância entre as duas regiões. Este é um método que tem sido bastante utilizado para a estimação de matrizes de comércio. Um maior detalhe do método e algumas aplicações podem ser vistos em Miller e Blair (2009).

Onde  $T_{r,d}$  corresponde à matriz TRADMAR na Figura 6. Todas essas estimativas foram feitas com a base de dados completamente desagregada. Em muitos casos, o fluxo de comércio igual a zero pode ser conhecido *a priori*. Por exemplo, os dados do Censo Agropecuário do IBGE indicam que a cana de açúcar é produzida em apenas algumas das 31 regiões do modelo REGIA. Quanto maior o nível de desagregação setorial, menores os erros decorrentes das suposições do modelo gravitacional.

Resumidamente, o principal objetivo do procedimento é fazer com que os fluxos de comércio satisfaçam as condições de equilíbrio e preservem as seguintes restrições contábeis:

- i. a soma da matriz de comércio  $\text{TRADE}_{c,s,r,d}$  deve ser igual a soma dos fluxos básicos para todos os usuários  $\text{BASIC}_U_{c,s,d}$ ;

$$\text{BASIC}_U_{c,s,d} = \sum_r \text{TRADE}_{c,s,r,d} \quad (35)$$

- ii. a soma das margens sobre a matriz de comércio  $\text{TRADMAR}_{c,s,r,d}$  deve ser igual ao total de margens para todos os usuários  $\text{MARGINS}_U_{c,s,m,d}$ ;

$$\text{MARGINS}_U_{c,s,m,d} = \sum_r \text{TRADMAR}_{c,s,m,r,d} \quad (36)$$

- iii. a soma da matriz de comércio de importados  $\text{TRADE}_{c,imp,r,d}$  deve ser igual ao total de importações por porto de entrada  $\text{IMPORT}_{c,r}$ ;

$$\text{IMPORT}_{c,r} = \sum_d \text{TRADE}_{c,imp,r,d} \quad (37)$$

- iv. a soma da matriz de comércio doméstica sobre as regiões de destino  $\text{TRADE}_{c,com,r,d}$  deve ser adicionada a oferta doméstica ( $\text{MAKE}_I$ );

$$\text{MAKE}_I_{s,r} = \sum_d \text{TRADE}_{c,dom,r,d} \text{ bens sem margem} \quad (38)$$

$$\text{MAKE}_I_{m,r} = \sum_d \text{TRADE}_{m,dom,r,d} + \sum_{rr} \text{SUPPMAR}_{m,rr,d,r} \text{ bens com margem} \quad (39)$$

- v. A soma da oferta de margens,  $\text{SUPPMAR}_{m,r,d,p}$  deve ser a soma das margens na matriz de comércio ( $\text{TRADEMAR}_{CS}$ );

$$\text{TRADMAR}_{CS_{m,r,d}} = \sum_c \sum_s \text{TRADMAR}_{c,s,m,r,d} \quad (40)$$

$$\text{TRADMAR}_{CS_{m,r,d}} = \sum_p \text{SUPPMAR}_{m,r,d,p} \quad (41)$$

Para que todas essas condições sejam satisfeitas, um método adicional de escalonamento de linhas e colunas foi utilizado: RASLIN<sup>64</sup>. Após o ajuste das matrizes, o procedimento realiza uma checagem dos dados, observando se os erros foram minimizados e combinando a matriz de insumo-produto e a matriz de comércio inter-regional em um mesmo arquivo.

Finalmente, os dados são exportados para o formato requerido da base de dados do modelo REGIA (vide Figura 5). A partir daí, são incluídos os parâmetros de elasticidades, como o coeficiente de Armington entre as regiões, baseado nas elasticidades utilizadas no modelo IMAGEM-B, e a elasticidade de substituição entre regiões de produção de margens, considerada *ad hoc* como 0,2, assumindo que a possibilidade de substituição entre as margens de transporte e comércio é pequena.

O último estágio do procedimento foi realizar uma simulação teste para checar a consistência da base de dados gerada. Esta simulação verificou a funcionalidade do modelo por meio do cálculo de indicadores da base de dados e de um diagnóstico da base de dados de entrada. A partir disso, a nova base de dados por mesorregião ficou pronta para ser utilizada.

### 3.3.4 *Parâmetros e elasticidades*

O modelo REGIA também necessita de uma série de estimativas de parâmetros comportamentais e elasticidades em sua calibragem. Essas estimativas são, geralmente, retiradas de outros estudos na literatura, devido a escassez de dados para a estimação destes parâmetros e elasticidades. Os principais parâmetros se referem às elasticidades de substituição entre fatores primários, do tipo Armington, e elasticidade gasto-consumo das famílias. Ao adotar a elasticidade de substituição imperfeita de Armington, o modelo permite a substituição entre produtos domésticos e importados em direção ao produto relativamente mais barato. Podem-se substituir os fatores primários do modelo, terra, trabalho e capital, de acordo com uma função CES.

A elasticidade de substituição de fatores primários, SIGMA1PRIM, e a elasticidade entre bens domésticos e importados, EXPLAST, foram obtidas das estimativas do trabalho de Domingues *et al.* (2009). A elasticidade de Armington para bens intermediários,

---

<sup>64</sup> No método RASLIN todas as células são escalonadas ao mesmo tempo, requerendo a solução de um sistema linear. A fim de suprir as deficiências de cada um dos métodos, isto é, os erros decorrentes do processo de escalonamento das matrizes, estes são aplicados em três escalas, na seguinte ordem: RAS-RASLIN-RAS.

ARMSIGMA, foi retirada de Tourinho *et al.* (2007). Todas essas estimativas foram compatibilizadas aos setores do modelo REGIA.

A estrutura de demanda das famílias utiliza um parâmetro de Frisch (FRISCH, 1959) em sua formulação. Este é um parâmetro de substituição que mede a sensibilidade da utilidade marginal da renda (ver DIXON *et al.*, 1982). O Frisch é estimado com um valor negativo e que quanto maior (em módulo), menor o grau de consumo de luxo o maior o de subsistência. O valor utilizado no REGIA foi de -2,48, que foi estimado para a economia brasileira em Domingues *et al.* (2009). Segundo estes autores, este valor coloca o Brasil no extrato de consumo de renda média.

**Tabela 4 – Elasticidades de substituição na oferta de uso da terra**

Mesorregião	UF	Elasticidade da oferta de terra
Madeira Guaporé	RO	1.05
Leste de Rondônia	RO	0.55
Vale do Juruá	AC	1.39
Vale do Acre	AC	0.92
Norte do Amazonas	AM	1.65
Sudoeste do Amazonas	AM	1.62
Centro do Amazonas	AM	1.52
Sul do Amazonas	AM	1.58
Norte de Roraima	RR	1.55
Sul de Roraima	RR	1.52
Baixo Amazonas	PA	1.37
Marajó	PA	1.45
Metropolitana de Belém	PA	0.30
Nordeste do Pará	PA	0.41
Sudoeste do Pará	PA	1.37
Sudeste do Pará	PA	0.56
Norte do Amapá	AP	1.59
Sul do Amapá	AP	1.56
Ocidental de Tocantins	TO	0.50
Oriental de Tocantins	TO	0.93
Norte do Maranhão	MA	0.76
Oeste do Maranhão	MA	0.54
Centro do Maranhão	MA	0.87
Leste do Maranhão	MA	1.27
Sul do Maranhão	MA	1.15
Norte do Mato Grosso	MT	0.90
Nordeste do Mato Grosso	MT	0.98
Sudoeste do Mato Grosso	MT	0.63
Centro-Sul do Mato Grosso	MT	1.32
Sudeste do Mato Grosso	MT	0.70
Restante do Brasil	-	0.32

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do TerraClass/INPE de 2008

$\alpha_{ld}$  mede a mobilidade da terra entre os usos agrícolas quando acontece uma mudança na remuneração de algum dos usos considerados no modelo (lavoura, pasto e floresta plantada) e

$\beta_{Ind}$  mede a elasticidade da oferta de terra, cujo valor indica a facilidade de conversão da terra entre os usos. Por exemplo, as mesorregiões que possuem maior quantidade de terra potencialmente convertível em áreas agrícolas vão apresentar um valor mais elevado da elasticidade, e conseqüentemente, apresentarão uma maior facilidade de conversão entre os usos. Esse valor foi calculado seguindo a metodologia proposta em Van Meijl *et al.* (2006) e Farias (2012) utilizando os dados do INPE<sup>65</sup>. A elasticidade da oferta de terra por mesorregião é apresentada na Tabela 4 e os demais parâmetros e elasticidades são descritos na Tabela 5.

**Tabela 5 - Elasticidades e Parâmetros do Modelo REGIA**

Parâmetro	Descrição	Dimensão	Valor
DPRC	Taxa de depreciação	IND	0.08
QRATIO	Razão investimento/capital (máxima/tendência)	IND e DST	10.00
RNORMAL	Taxa de retorno normal bruta	IND e DST	22%
GROTREND	Razão Investimento/Capital (tendência)	IND e DST	0.10
ALPHA	Elasticidade do investimento	IND e DST	5.00
SIGMA1LAB	Elasticidade de substituição do trabalho	IND	0.35
SIGMA1PRIM	Elasticidade de substituição dos fatores primários	IND	0.27 a 0.73
ARMSIGMA	Elasticidade de substituição dos bens intermediários	IND	0.18 a 2.68
SIGMADOMDOM	Elasticidade de substituição entre regiões	IND	1.03 a 5.33
SIGMAMAR	Elasticidade de substituição entre regiões que produzem margens	MAR	0.20
FRISCH	Parâmetro de FRISCH	DST	-2.48
EPS	Elasticidade dos gastos das famílias	COM	0 a 1.72
SIGMA1OUT	Elasticidade de transformação CET	IND	0.50
EXPLAST	Elasticidade da demanda por exportações	IND	0.04 a 4.33
$\alpha_{Ind}$	Mobilidade da terra entre os usos agrícolas	TERRA	0.50

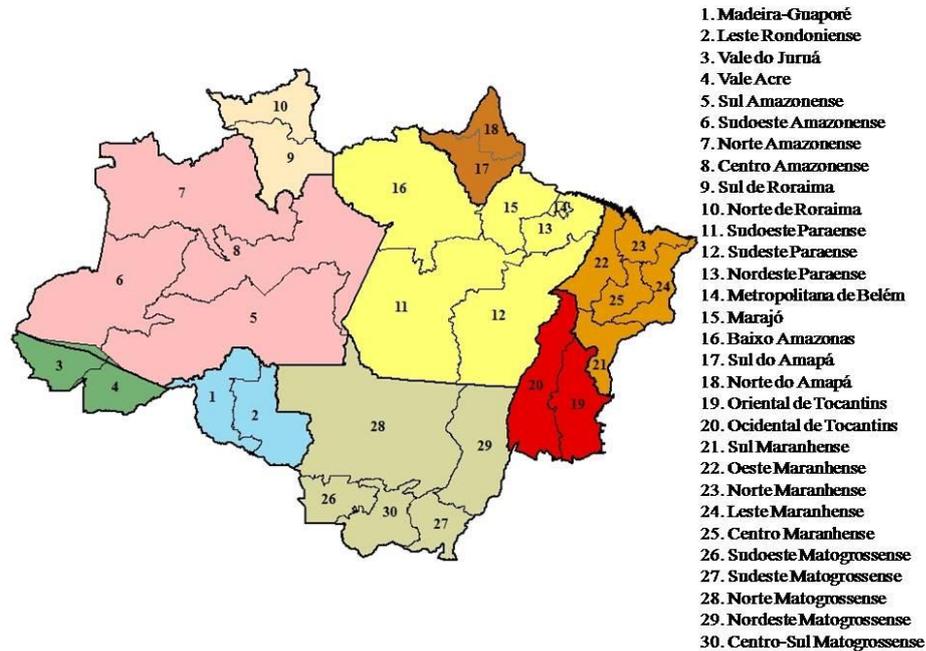
Fonte: Elaboração própria com base nas estimativas da literatura

### 3.3.5 *Análise Descritiva da Base de Dados do REGIA*

Conforme o procedimento de regionalização descrito nesta tese, uma base de dados *bottom-up* foi gerada para todas as mesorregiões da Amazônia Legal Brasileira (30) e restante do Brasil, de acordo com a estrutura teórica do modelo REGIA. Esta seção visa analisar alguns dos indicadores dessa base de dados, principalmente no que concerne aos setores agrícolas, foco das simulações que serão realizadas. A Figura 13 apresenta o mapa com as mesorregiões da Amazônia consideradas no modelo REGIA.

<sup>65</sup> O método completo do cálculo da elasticidade de substituição da oferta pode ser visto no Anexo B desta tese.

**Figura 13 - Mapa das 30 mesorregiões da Amazônia consideradas no modelo REGIA**



Fonte: Elaboração própria

### 3.3.5.1 Atividade Produtiva da Amazônia Legal

De acordo com os dados gerados para o modelo REGIA, o Produto Interno Bruto da Amazônia Legal corresponderia a aproximadamente 8% do PIB brasileiro no ano base de 2005. A Tabela 6 apresenta a participação do PIB mesorregional na Amazônia Legal e no Brasil. Estes dados correspondem com os divulgados pelo IBGE para o ano de 2005.

Conforme observado pela Tabela 6, o Centro Amazonense, que inclui a capital Manaus, seria a maior mesorregião, contribuindo com cerca de 20% de todo o PIB da Amazônia e 1,5% do PIB brasileiro. Em seguida, destaca-se a mesorregião Metropolitana de Belém responsável por 11,2% do PIB da Amazônia e 0,9% do PIB nacional. Após, tem-se o Norte Maranhense (da capital São Luís), produzindo cerca de 8% do PIB da região e 0,6% do PIB do Brasil. A região Norte Matogrossense seria responsável por aproximadamente 6% e 0,5% do PIB da Amazônia e do Brasil, respectivamente e é uma importante região produtora de soja. Contudo, para que se possa compreender melhor a estrutura econômica da região presente no modelo, é imprescindível saber o perfil das atividades e dos setores econômicos mais importantes de cada mesorregião.

**Tabela 6 - Participação das mesorregiões no PIB brasileiro e no PIB da Amazônia Legal (2005)**

Mesorregião	UF	Participação % no PIB brasileiro	Participação % no PIB da Amazônia	Mesorregião	UF	Participação % no PIB brasileiro	Participação % no PIB da Amazônia
Madeira Guaporé	RO	0.21	2.78	Norte do Amapá	AP	0.02	0.21
Leste Rondoniense	RO	0.34	4.40	Sul do Amapá	AP	0.21	2.67
Vale Juruá	AC	0.04	0.53	Ocidental de Tocantins	TO	0.28	3.65
Vale Acre	AC	0.16	2.12	Oriental de Tocantins	TO	0.15	1.93
Norte Amazonense	AM	0.02	0.20	Norte Maranhense	MA	0.60	7.76
Sudoeste Amazonense	AM	0.05	0.61	Oeste Maranhense	MA	0.31	4.08
Centro Amazonense	AM	1.54	20.03	Centro Maranhense	MA	0.11	1.43
Sul Amazonense	AM	0.05	0.60	Leste Maranhense	MA	0.05	0.63
Norte de Roraima	RR	0.13	1.70	Sul Maranhense	MA	0.07	0.87
Sul de Roraima	RR	0.02	0.30	Norte Matogrossense	MT	0.47	6.09
Baixo Amazonas	PA	0.14	1.85	Nordeste Matogrossense	MT	0.11	1.42
Marajó	PA	0.04	0.53	Sudoeste Matogrossense	MT	0.13	1.66
Metropolitana de Belém	PA	0.86	11.17	Centro-Sul Matogrossense	MT	0.46	5.96
Nordeste Paraense	PA	0.18	2.37	Sudeste Matogrossense	MT	0.32	4.09
Sudoeste Paraense	PA	0.07	0.97	<b>Amazônia Legal</b>		<b>7.71</b>	<b>100.00</b>
Sudeste Paraense	PA	0.57	7.41	<b>Restante do Brasil</b>		<b>92.29</b>	

Fonte: Elaboração própria baseado no banco de dados do REGIA

Alguns indicadores da especialização produtiva da Amazônia podem ser destacados. A Amazônia, em 2005, produziu quase 30% do arroz em casca do Brasil, sendo que mais de 47% desta produção se concentraria no estado do Mato Grosso, com cerca de 30% apenas no Norte Matogrossense. Em torno de 14% do milho em grão brasileiro é produzido na Amazônia. Destes 14%, 63% são produzidos no Mato Grosso, com cerca de 40% da produção concentrada no Norte Matogrossense.

No caso da soja, 36% da produção brasileira se localizam na Amazônia, sendo o Mato Grosso mais uma vez o maior produtor, com 86% do total, notadamente concentrada no Norte Matogrossense (cerca de 60%). Da produção total de Outros de Lavoura, aproximadamente 17% estaria na Amazônia, destacando-se o estado do Pará, responsável por 50% do total produzido na região. Aproximadamente 33% da produção de mandioca brasileira está na Amazônia, sendo que desta produção, 17% se concentra no Nordeste Paraense. No caso do algodão herbáceo, a região é responsável por cerca de 70% da produção nacional, quase que inteiramente dentro do Sudeste Matogrossense (principalmente na cidade de Rondonópolis).

**Tabela 7 - Participação dos setores da agricultura no total produzido por cada mesorregião (2005)**

Mesorregião	UF	Arroz em Casca	Milho em Grão	Soja em Grão	Outros da Lavoura	Mandioca	Algodão Herbáceo	Restante	Total Agricultura
Madeira Guaporé	RO	0.18%	0.13%	0.01%	1.14%	11.34%	0.00%	2.16%	14.96%
Leste Rondoniense	RO	0.40%	0.36%	0.58%	1.14%	3.71%	0.00%	7.49%	13.68%
Vale Juruá	AC	0.22%	0.36%	0.00%	6.43%	33.43%	0.00%	1.26%	41.70%
Vale Acre	AC	0.18%	0.26%	0.00%	1.93%	16.62%	0.01%	0.95%	19.95%
Norte Amazonense	AM	0.01%	0.13%	0.00%	1.33%	20.86%	0.00%	6.50%	28.82%
Sudoeste Amazonense	AM	0.18%	0.25%	0.00%	6.70%	20.03%	0.00%	0.64%	27.80%
Centro Amazonense	AM	0.00%	0.01%	0.00%	0.59%	2.11%	0.00%	0.25%	2.97%
Sul Amazonense	AM	0.40%	0.27%	0.07%	4.61%	31.67%	0.00%	3.87%	40.89%
Norte de Roraima	RR	1.54%	0.27%	0.46%	7.21%	4.77%	0.00%	0.31%	14.56%
Sul de Roraima	RR	0.72%	0.54%	0.15%	13.23%	26.08%	0.00%	0.23%	40.96%
Baixo Amazonas	PA	0.64%	0.63%	0.72%	10.79%	15.16%	0.00%	0.70%	28.64%
Marajó	PA	0.01%	0.01%	0.00%	0.52%	1.61%	0.00%	0.66%	2.81%
Metropolitana de Belém	PA	0.00%	0.01%	0.00%	6.99%	1.85%	0.00%	0.06%	8.91%
Nordeste Paraense	PA	0.05%	0.10%	0.01%	34.10%	17.30%	0.00%	1.14%	52.70%
Sudoeste Paraense	PA	0.58%	0.39%	0.02%	8.03%	11.93%	0.00%	2.02%	22.97%
Sudeste Paraense	PA	0.30%	0.30%	0.11%	0.85%	2.83%	0.00%	2.03%	6.43%
Norte do Amapá	AP	0.03%	0.04%	0.00%	3.26%	27.59%	0.00%	1.52%	32.44%
Sul do Amapá	AP	0.05%	0.01%	0.00%	2.48%	8.65%	0.00%	0.40%	11.59%
Ocidental de Tocantins	TO	0.73%	0.16%	0.95%	24.46%	1.66%	0.00%	1.31%	29.28%
Oriental de Tocantins	TO	0.62%	0.43%	3.97%	1.23%	2.07%	0.25%	0.89%	9.47%
Norte Maranhense	MA	0.23%	0.06%	0.00%	2.00%	5.42%	0.00%	0.09%	7.80%
Oeste Maranhense	MA	0.64%	0.43%	0.00%	2.23%	8.71%	0.00%	0.22%	12.22%
Centro Maranhense	MA	1.29%	0.64%	0.06%	5.19%	4.08%	0.00%	0.78%	12.04%
Leste Maranhense	MA	1.52%	0.34%	0.10%	5.67%	2.36%	0.01%	0.25%	10.25%
Sul Maranhense	MA	0.80%	0.66%	13.87%	1.62%	0.40%	8.29%	2.30%	27.93%
Norte Matogrossense	MT	1.53%	1.75%	14.09%	1.86%	3.08%	30.22%	1.06%	53.59%
Nordeste Matogrossense	MT	1.53%	0.30%	7.62%	21.46%	10.68%	16.52%	0.20%	58.31%
Sudoeste Matogrossense	MT	0.24%	0.23%	1.24%	0.43%	2.35%	0.89%	2.02%	7.40%
Centro-Sul Matogrossense	MT	0.07%	0.19%	0.63%	1.49%	3.33%	1.03%	0.32%	7.06%
Sudeste Matogrossense	MT	0.04%	0.77%	4.80%	0.61%	1.46%	53.10%	0.23%	61.01%
Amazônia Legal		0.41%	0.38%	2.24%	5.23%	5.06%	7.36%	1.15%	21.85%

Fonte: Elaboração própria baseado no banco de dados do REGIA

A Tabela 7 apresenta a participação dos setores da agricultura na produção total de cada uma das mesorregiões do modelo REGIA. O Sudeste Matogrossense se destaca com 61% de sua produção total concentrada na agricultura, seguido pelo Nordeste Matogrossense com 58%, ambos especializados na produção de Outros da Lavoura (melancia, por exemplo) e Algodão Herbáceo. A agricultura no Norte Matogrossense representa 54% da produção total, destacando-se a elevada participação da produção de Soja. O Nordeste Paraense tem 53% de sua produção voltada para a agricultura, principalmente na atividade de Outros da Lavoura. Outras mesorregiões que apresentaram uma estrutura produtiva baseada na agricultura são Vale Juruá, Sul Amazonense e Sul de Roraima com mais de 40% do total produzido concentrado nesse setor, com destaque à produção de mandioca.

Dentre as regiões menos dependentes da produção da agricultura, destacam-se o Centro Amazonense e Marajó, com menos de 3% de participação no total produzido. No Sudeste

Paraense, Metropolitana de Belém, Norte Maranhense, Sudoeste Matogrossense e Centro-Sul Matogrossense, a agricultura representa menos de 9% da produção total. Todas essas mesorregiões são, portanto, especializadas em outras atividades, que serão apresentadas mais adiante. Na Tabela 8, a composição da produção mesorregional na pecuária, silvicultura e exploração florestal, e pesca é apresentada.

**Tabela 8 - Participação dos setores da pecuária, silvicultura e exploração florestal, e pesca no total produzido por cada mesorregião**

Mesorregião	UF	Silvicultura e Exploração Florestal	Bovinos	Suínos	Pesca e Aquicultura	Outros da Pecuária	Total Pecuária, Silvicultura e Pesca
Madeira Guaporé	RO	11.63%	8.37%	1.22%	5.34%	4.15%	30.70%
Leste Rondoniense	RO	4.71%	19.38%	2.55%	12.59%	9.70%	48.94%
Vale Juruá	AC	3.50%	6.12%	3.50%	4.88%	4.78%	22.78%
Vale Acre	AC	6.13%	8.39%	4.45%	6.57%	6.08%	31.62%
Norte Amazonense	AM	49.47%	0.00%	0.00%	2.15%	0.00%	51.63%
Sudoeste Amazonense	AM	16.62%	0.00%	0.61%	15.56%	2.62%	35.41%
Centro Amazonense	AM	0.31%	0.14%	0.31%	8.83%	1.37%	10.96%
Sul Amazonense	AM	17.47%	0.00%	0.80%	18.28%	3.10%	39.65%
Norte de Roraima	RR	3.95%	3.56%	2.46%	0.00%	4.58%	14.56%
Sul de Roraima	RR	19.50%	4.39%	2.69%	0.00%	5.66%	32.23%
Baixo Amazonas	PA	10.53%	6.84%	3.34%	8.22%	3.31%	32.23%
Marajó	PA	54.46%	8.11%	4.18%	10.07%	3.54%	80.36%
Metropolitana de Belém	PA	0.38%	1.61%	0.74%	1.95%	0.76%	5.45%
Nordeste Paraense	PA	22.17%	2.76%	1.29%	3.38%	1.35%	30.95%
Sudoeste Paraense	PA	15.04%	11.54%	5.50%	13.94%	5.51%	51.53%
Sudeste Paraense	PA	13.28%	8.83%	4.25%	10.69%	4.13%	41.20%
Norte do Amapá	AP	1.36%	10.26%	1.68%	1.64%	0.00%	14.94%
Sul do Amapá	AP	1.20%	1.96%	0.18%	0.17%	0.01%	3.52%
Ocidental de Tocantins	TO	1.01%	13.92%	2.66%	2.60%	6.48%	26.66%
Oriental de Tocantins	TO	1.19%	14.69%	2.78%	2.71%	6.86%	28.22%
Norte Maranhense	MA	2.51%	1.57%	2.56%	1.71%	1.66%	10.00%
Oeste Maranhense	MA	9.16%	8.70%	14.48%	9.63%	9.13%	51.10%
Centro Maranhense	MA	18.88%	9.90%	16.75%	11.08%	10.54%	67.15%
Leste Maranhense	MA	10.85%	5.21%	8.97%	5.69%	5.75%	36.47%
Sul Maranhense	MA	4.82%	5.64%	9.44%	6.14%	5.88%	31.92%
Norte Matogrossense	MT	4.80%	8.17%	1.95%	4.24%	3.14%	22.29%
Nordeste Matogrossense	MT	1.22%	12.09%	2.96%	6.31%	4.60%	27.19%
Sudoeste Matogrossense	MT	1.57%	25.33%	6.03%	13.04%	9.66%	55.63%
Centro-Sul Matogrossense	MT	0.36%	5.69%	1.43%	2.97%	2.16%	12.61%
Sudeste Matogrossense	MT	0.37%	8.50%	2.03%	4.43%	3.19%	18.51%
Amazônia Legal		5.81%	7.04%	2.88%	6.70%	3.76%	26.19%

Fonte: Elaboração própria baseado no banco de dados do REGIA

No caso dos Bovinos, a Amazônia Legal é responsável por aproximadamente 21% do total produzido no Brasil. Porém, a distribuição dessa atividade na região é mais dispersa, com destaque para produção do Sudeste Paraense, Leste Rondoniense e Norte Matogrossense. O setor de Suínos na Amazônia corresponde a cerca de 30% da produção nacional, com destaque para as mesorregiões do Sudeste Paraense e Oeste Maranhense, responsáveis por cerca de 30% do total produzido dentro da região. Os dados também indicam que quase 35%

da atividade de Pesca e Aquicultura brasileira se encontram na Amazônia, sendo os maiores produtores o Centro Amazonense e o Sudeste Paraense.

A mesorregião de Marajó se destaca com uma estrutura produtiva concentrada nos setores de pecuária, silvicultura e pesca, e que seria principalmente dependente da silvicultura e exploração florestal (quase 55% do total produzido). O Centro Maranhense também apresenta concentração de sua produção nesses setores (67%), sendo a silvicultura e o setor de suínos os mais representativos da região. Em seguida, notam-se o Sudoeste Matogrossense, Oeste Maranhense, Sudoeste Paraense e Norte Amazonense com mais de 50% do total produzido nesses setores, especializados principalmente em Bovinos, Suínos e Silvicultura. As mesorregiões de Metropolitana de Belém e Sul do Amapá apresentam uma pequena participação na produção destes setores, representando menos de 6% da produção total.

A Tabela 9 identifica a participação dos demais setores na produção total de cada mesorregião. Nota-se que as mesorregiões Sul do Amapá, Metropolitana de Belém, Centro Amazonense, Centro-Sul Matogrossense e Norte Maranhense concentram mais de 80% de sua atividade produtiva nestes setores, sendo grande parte na Construção e Comércio. As capitais dos respectivos estados, Amapá, Pará, Amazonas, Mato Grosso e Maranhão pertencem a essas mesorregiões. O Centro Amazonense também se destaca na produção da Indústria de Eletrônicos, representando o maior produtor da região, localizado Zona Franca de Manaus. Outras mesorregiões apresentam uma produção significativa no setor público, por exemplo, o Norte Amazonense, com quase 20% de sua produção total.

**Tabela 9 - Participação dos demais setores no total produzido por cada mesorregião**

Mesorregião	UF	Indústria Extrativa	Indústria de Eletrônicos	Construção	Serviços	Público	Comércio	Demais Setores	Total
Madeira Guaporé	RO	1.65%	0.00%	3.95%	2.33%	9.41%	12.65%	24.35%	54.33%
Leste Rondoniense	RO	0.20%	0.00%	7.57%	1.96%	5.28%	10.67%	11.70%	37.38%
Vale Juruá	AC	0.00%	0.00%	8.37%	0.85%	11.04%	4.62%	10.64%	35.52%
Vale Acre	AC	0.00%	0.00%	16.75%	2.45%	6.38%	13.34%	9.50%	48.43%
Norte Amazonense	AM	0.00%	0.00%	0.01%	0.00%	19.50%	0.01%	0.02%	19.55%
Sudoeste Amazonense	AM	0.44%	0.00%	0.51%	2.09%	16.26%	11.34%	6.15%	36.79%
Centro Amazonense	AM	0.35%	24.07%	9.68%	1.85%	3.77%	10.03%	36.33%	86.07%
Sul Amazonense	AM	0.00%	0.00%	3.37%	0.68%	7.05%	3.69%	4.67%	19.46%
Norte de Roraima	RR	0.16%	0.00%	25.22%	3.43%	12.87%	18.64%	10.56%	70.88%
Sul de Roraima	RR	0.65%	0.00%	5.69%	0.00%	11.88%	0.01%	8.57%	26.81%
Baixo Amazonas	PA	15.84%	0.00%	5.58%	1.28%	2.95%	6.94%	6.55%	39.13%
Marajó	PA	0.00%	0.00%	0.02%	0.42%	4.34%	2.28%	9.77%	16.83%
Metropolitana de Belém	PA	0.54%	0.05%	23.01%	4.31%	7.47%	23.45%	26.81%	85.65%
Nordeste Paraense	PA	0.61%	0.00%	1.69%	0.41%	3.03%	2.24%	8.36%	16.35%
Sudoeste Paraense	PA	1.51%	0.00%	1.52%	0.67%	3.48%	3.64%	14.69%	25.50%
Sudeste Paraense	PA	17.09%	0.00%	15.10%	1.18%	1.65%	6.42%	10.94%	52.38%
Norte do Amapá	AP	0.00%	0.00%	31.29%	1.43%	7.41%	7.76%	4.72%	52.62%
Sul do Amapá	AP	2.83%	0.00%	22.96%	3.93%	14.94%	21.39%	18.84%	84.89%
Ocidental de Tocantins	TO	0.30%	0.00%	25.44%	1.48%	3.04%	8.06%	5.73%	44.06%
Oriental de Tocantins	TO	0.56%	0.00%	30.74%	2.46%	5.40%	13.36%	9.78%	62.31%
Norte Maranhense	MA	2.43%	0.00%	30.89%	3.84%	7.54%	20.91%	16.57%	82.19%
Oeste Maranhense	MA	3.52%	0.00%	6.37%	1.53%	4.25%	8.30%	12.72%	36.68%
Centro Maranhense	MA	1.85%	0.00%	1.19%	0.97%	5.65%	5.25%	5.91%	20.81%
Leste Maranhense	MA	10.84%	0.00%	2.21%	1.52%	8.92%	8.29%	21.48%	53.28%
Sul Maranhense	MA	12.57%	0.00%	3.23%	1.78%	3.71%	9.70%	9.16%	40.15%
Norte Matogrossense	MT	0.17%	0.00%	2.57%	0.87%	2.18%	4.75%	13.58%	24.12%
Nordeste Matogrossense	MT	0.11%	0.00%	2.05%	0.65%	2.02%	3.52%	6.15%	14.50%
Sudoeste Matogrossense	MT	1.00%	0.00%	2.54%	0.66%	2.05%	3.57%	27.15%	36.97%
Centro-Sul Matogrossense	MT	0.43%	0.00%	23.78%	4.31%	8.96%	23.44%	19.40%	80.33%
Sudeste Matogrossense	MT	0.12%	0.00%	7.74%	0.95%	1.53%	5.19%	4.95%	20.48%
Amazônia Legal		3.07%	4.34%	11.69%	1.80%	4.30%	9.77%	16.99%	51.96%

Fonte: Elaboração própria baseado no banco de dados do REGIA

### 3.3.5.2 Composição dos Fatores Primários na Amazônia Legal

O PIB regional do lado da renda corresponde à soma das remunerações dos fatores primários (terra, capital e trabalho) e os impostos<sup>66</sup>. Segundo a base de dados, a participação da remuneração do fator terra representaria 0,39% do PIB da Amazônia Legal, enquanto no restante do Brasil seria responsável por 0,13% do PIB nacional. Na Amazônia, a remuneração do fator trabalho seria responsável por 36% e a renda do capital por 32% do PIB, o restante seria voltado ao pagamento de taxas e impostos. A Tabela 10 apresenta esses dados, assim como a participação de cada um dos fatores no PIB mesorregional.

<sup>66</sup> Esses dados são gerados pelo procedimento de regionalização, e, portanto, não são observados de fontes secundárias.

**Tabela 10 - Participação da remuneração dos fatores no PIB por mesorregião (2005)**

Mesorregião	UF	Terra	Trabalho	Capital	Impostos	Total
Madeira Guaporé	RO	0.22%	31.34%	27.42%	41.02%	100.00%
Leste Rondoniense	RO	0.34%	36.05%	28.71%	34.90%	100.00%
Vale Juruá	AC	0.26%	34.16%	24.40%	41.18%	100.00%
Vale Acre	AC	0.19%	32.30%	25.49%	42.02%	100.00%
Norte Amazonense	AM	0.87%	50.69%	23.88%	24.55%	100.00%
Sudoeste Amazonense	AM	0.40%	44.61%	33.49%	21.50%	100.00%
Centro Amazonense	AM	0.03%	35.96%	39.60%	24.41%	100.00%
Sul Amazonense	AM	0.59%	39.89%	32.99%	26.53%	100.00%
Norte de Roraima	RR	0.15%	28.12%	21.38%	50.36%	100.00%
Sul de Roraima	RR	0.39%	26.78%	19.56%	53.27%	100.00%
Baixo Amazonas	PA	0.48%	36.55%	36.91%	26.06%	100.00%
Marajó	PA	0.98%	40.42%	29.59%	29.01%	100.00%
Metropolitana de Belém	PA	0.07%	37.43%	34.78%	27.73%	100.00%
Nordeste Paraense	PA	0.83%	34.16%	40.96%	24.05%	100.00%
Sudoeste Paraense	PA	0.59%	39.06%	33.20%	27.15%	100.00%
Sudeste Paraense	PA	0.32%	38.74%	34.17%	26.77%	100.00%
Norte do Amapá	AP	0.16%	34.92%	24.40%	40.52%	100.00%
Sul do Amapá	AP	0.04%	27.26%	21.59%	51.11%	100.00%
Ocidental de Tocantins	TO	0.40%	35.40%	32.83%	31.37%	100.00%
Oriental de Tocantins	TO	0.31%	38.04%	27.55%	34.10%	100.00%
Norte Maranhense	MA	0.08%	39.50%	32.68%	27.74%	100.00%
Oeste Maranhense	MA	0.33%	39.68%	30.21%	29.79%	100.00%
Centro Maranhense	MA	0.55%	40.03%	27.70%	31.72%	100.00%
Leste Maranhense	MA	0.35%	40.03%	29.92%	29.70%	100.00%
Sul Maranhense	MA	0.99%	37.42%	29.35%	32.24%	100.00%
Norte Matogrossense	MT	1.33%	36.80%	27.15%	34.72%	100.00%
Nordeste Matogrossense	MT	1.05%	34.66%	33.95%	30.34%	100.00%
Sudoeste Matogrossense	MT	0.52%	38.35%	30.52%	30.60%	100.00%
Centro-Sul Matogrossense	MT	0.10%	39.96%	33.06%	26.88%	100.00%
Sudeste Matogrossense	MT	0.80%	37.33%	27.24%	34.63%	100.00%
Amazônia Legal		0.39%	36.71%	32.60%	30.31%	100.00%
Restante do Brasil		0.13%	40.20%	35.65%	24.02%	100.00%

Fonte: Elaboração própria baseado no banco de dados do REGIA

As mesorregiões da Amazônia Legal que possuiriam as maiores participações da remuneração do fator terra em relação ao PIB são o Norte Matogrossense e o Nordeste Matogrossense, com 1,33% e 1,05%, respectivamente, conforme observado pela Tabela 10. Em seguida, destacam-se Marajó e o Sul Maranhense com uma participação da remuneração da terra sobre o PIB próxima a 1%, enquanto regiões como Norte Amazonense, Nordeste Paraense e Sudeste Matogrossense apresentariam valores acima de 0,8% de participação da remuneração do fator terra no PIB. Algumas dessas regiões possuem um PIB pouco significativo em relação ao PIB total da Amazônia Legal, tais como Marajó, Sul Maranhense e Norte Amazonense, que representam menos de 1% do PIB da região cada uma. As mesorregiões onde se localizam algumas das capitais da Amazônia são as que apresentariam as menores

participações da remuneração da terra sobre o PIB, como Centro Amazonense (Manaus), Metropolitana de Belém (Belém), Sul do Amapá (Macapá) e Norte Maranhense (São Luís).

Em relação à remuneração do fator trabalho, destaca-se a região do Norte Amazonense, com uma participação acima de 50%. Em seguida, têm-se as regiões Sudoeste Amazonense, Marajó, Centro Maranhense e Leste Maranhense com uma participação acima de 40%. As regiões que apresentariam as menores participações do trabalho sobre o PIB seriam Norte de Roraima, Sul de Roraima e Sul do Amapá. No caso da remuneração do capital, tem-se que cerca de 40% deste fator determinaria o PIB do Nordeste Paraense. Logo após, pode-se destacar Baixo Amazonas e Centro Amazonense com participação acima de 35%. Regiões como Norte Amazonense, Norte de Roraima, Sul de Roraima e Sul do Amapá apresentariam as menores participações do capital no PIB. O restante do PIB seria determinado pela participação do pagamento de impostos.

Conhecer a composição dos fatores primários por mesorregião é útil para a compreensão dos resultados das simulações com o modelo REGIA. As mesorregiões que apresentam uma maior participação da remuneração da terra no PIB tendem a ser mais sensíveis às políticas de restrição na oferta de terra via controle do desmatamento, por exemplo. Em geral a contribuição da remuneração da terra no PIB é relativamente pequena quando comparada aos demais fatores, e por isso, sugerindo que a política de controle de desmatamento teria um pequeno impacto ao restringir as possibilidades de conversão de áreas de florestas naturais para a atividade agrícola.

### *3.3.5.3 Análise das Relações de Comércio*

Para avançar na compreensão da base de dados do REGIA e posteriormente dos resultados das simulações, a análise desta seção tem como objetivo apresentar a estrutura e a intensidade do comércio agropecuário (incluindo a silvicultura e a pesca) inter-mesorregional na Amazônia Legal e no restante do Brasil. A construção desta matriz de comércio inter-regional para a Amazônia é uma contribuição inédita desta tese.

**Quadro 4 - Matriz de Comércio Doméstico do Setor Agropecuário (% de compras por mesorregião)**

		RO		AC		AM				RR		PA				AP		TO		MA					MT					RB	Legenda			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29		30	31	
RO	1	19.8	0.7	0.5	0.8	0.5	0.5	0.8	1.1	0.3	0.4	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.4	0.2	0.3	0.4	0.4	0.2	1	Madeira Guaporé
	2	5.1	32.7	2.7	3.2	3.6	3.0	3.3	4.8	1.7	2.0	1.3	1.8	1.4	1.1	1.1	0.9	1.3	1.2	0.9	0.8	1.2	0.6	0.7	0.9	1.1	4.0	1.6	2.8	3.2	2.4	0.8	2	Leste Rondoniense
AC	3	0.3	0.2	15.1	0.6	0.2	0.8	0.3	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	3	Vale Juruá
	4	1.3	0.6	1.7	17.7	0.6	1.4	1.0	1.3	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.4	0.4	0.2	0.2	0.3	0.2	0.1	0.2	0.3	0.5	0.2	0.4	0.5	0.4	0.2	4	Vale Acre
AM	5	0.0	0.0	0.0	0.0	11.5	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5	Norte Amazonense
	6	0.2	0.1	0.6	0.4	0.1	17.4	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	6	Sudoeste Amazonense
	7	1.8	1.0	1.6	1.6	2.3	1.5	16.5	1.7	3.5	4.5	1.2	0.9	0.9	0.6	0.7	0.4	1.3	1.5	0.6	0.5	0.9	0.4	0.3	0.5	0.7	1.0	0.5	0.7	1.1	0.6	0.8	7	Centro Amazonense
	8	0.7	0.3	0.3	0.5	0.2	0.2	0.5	16.4	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3	0.2	0.1	8	Sul Amazonense
RR	9	0.3	0.2	0.3	0.3	0.9	0.3	0.7	0.3	12.4	1.7	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	9	Norte de Roraima
	10	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.5	0.1	0.9	14.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	10	Sul de Roraima
PA	11	1.1	0.8	0.8	0.9	1.4	0.8	2.0	1.0	1.9	1.8	38.7	1.9	1.0	0.6	1.7	0.7	1.5	2.2	0.6	0.5	0.9	0.6	0.5	0.7	0.9	0.8	0.5	0.6	0.9	0.7	0.4	11	Baixo Amazonas
	12	0.1	0.1	0.1	0.1	0.4	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	15.2	1.0	0.5	0.2	0.2	0.5	0.6	0.2	0.2	0.5	0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.4	0.3	12	Marajó
	13	1.0	0.8	0.8	0.9	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0	0.9	0.8	2.3	15.9	2.5	1.1	1.7	1.9	2.9	0.9	0.8	1.8	1.8	1.3	1.2	1.3	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.2	13	Metropolitana de Belém
	14	4.2	3.4	3.5	3.8	1.4	2.8	4.5	3.4	4.6	4.2	2.5	6.9	13.3	34.1	3.9	7.7	6.4	9.5	4.4	3.5	6.4	7.4	4.6	4.6	5.9	2.4	2.6	3.0	3.1	2.5	1.0	14	Nordeste Paraense
	15	0.7	0.5	0.6	0.6	0.9	0.6	1.0	0.8	0.8	0.7	1.1	1.3	1.1	0.6	36.3	0.7	0.9	1.2	0.6	0.5	0.9	0.5	0.4	0.6	0.9	0.7	0.5	0.5	0.8	0.6	0.3	15	Sudoeste Paraense
	16	1.6	1.3	1.6	1.4	3.3	1.7	2.4	1.7	2.2	2.1	2.0	3.3	7.8	5.5	1.9	30.8	3.8	4.7	5.1	4.8	5.8	3.1	2.4	3.5	5.8	2.7	3.2	1.5	3.3	3.2	1.6	16	Sudeste Paraense
AP	17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	6.9	0.2	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17	Norte do Amapá
	18	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.4	0.3	0.1	0.1	0.1	0.4	3.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	18	Sul do Amapá
TO	19	2.5	2.6	2.3	2.5	1.9	2.1	2.6	2.3	3.0	2.4	1.6	2.6	2.8	2.2	2.3	4.8	3.2	3.8	39.2	17.0	4.0	3.7	3.3	3.2	6.6	1.9	2.3	2.4	2.7	2.0	0.4	19	Ocidental de Tocantins
	20	0.3	0.2	0.3	0.3	0.8	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.4	0.7	0.8	0.9	0.4	0.7	0.7	0.8	1.5	24.6	0.9	0.6	0.6	0.7	1.1	0.3	0.4	0.2	0.4	0.4	0.2	20	Oriental de Tocantins
MA	21	0.4	0.3	0.4	0.4	0.6	0.4	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.8	1.5	0.7	0.4	0.6	0.9	1.0	0.6	0.5	16.4	1.2	1.3	1.7	1.2	0.5	0.5	0.3	0.4	0.6	0.2	21	Norte Maranhense
	22	0.7	0.4	0.7	0.7	1.2	0.6	1.3	0.7	0.9	0.8	0.8	1.5	4.2	2.2	0.7	1.6	1.9	2.6	1.6	1.3	5.8	35.9	2.8	3.2	3.3	0.8	0.8	0.4	1.0	0.8	0.5	22	Oeste Maranhense
	23	0.4	0.3	0.4	0.3	0.7	0.3	0.8	0.5	0.6	0.5	0.5	0.8	1.7	0.9	0.5	0.8	1.1	1.4	1.0	0.8	3.7	1.5	37.3	3.3	2.1	0.5	0.5	0.3	0.6	0.6	0.3	23	Centro Maranhense
	24	0.2	0.1	0.2	0.2	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	0.6	0.4	0.2	0.3	0.4	0.5	0.3	0.3	1.4	0.5	1.0	30.8	0.7	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	24	Leste Maranhense
	25	0.2	0.2	0.2	0.2	0.8	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	0.4	0.8	0.9	1.2	0.5	0.9	0.6	0.6	1.1	0.6	1.1	1.0	1.2	1.1	27.6	0.2	0.3	0.1	0.3	0.3	0.1	25	Sul Maranhense
MT	26	5.5	6.6	4.2	3.9	10.4	6.3	3.8	8.2	2.1	3.7	5.2	8.3	3.3	6.2	5.5	4.2	3.5	2.1	2.7	2.3	3.7	3.2	3.5	3.6	2.7	37.6	4.0	6.8	6.7	5.1	2.1	26	Norte Matogrossense
	27	2.2	2.4	1.8	2.0	1.8	1.9	1.9	2.1	1.3	1.5	1.3	1.9	1.4	1.6	1.6	2.1	1.6	1.5	1.7	1.5	1.8	1.5	1.5	1.5	1.8	2.3	42.5	2.6	3.6	3.3	0.5	27	Nordeste Matogrossense
	28	1.0	1.0	0.9	0.9	1.6	1.2	1.2	1.4	0.6	0.7	0.5	0.9	0.8	0.6	0.4	0.4	0.7	0.7	0.4	0.4	0.7	0.2	0.3	0.4	0.5	3.8	0.8	32.1	3.4	1.5	0.4	28	Sudoeste Matogrossense
	29	0.6	0.8	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7	0.4	0.4	0.3	0.5	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.4	1.4	0.6	1.8	22.6	1.4	0.3	29	Centro-Sul Matogrossense
	30	2.7	2.7	2.3	2.1	6.3	3.7	1.9	4.0	1.2	2.0	3.3	4.7	2.6	4.7	3.0	3.4	2.5	1.4	2.5	2.5	2.8	2.6	2.9	2.9	2.1	2.5	3.7	2.4	6.5	37.5	1.9	30	Sudeste Matogrossense
RB	31	44.8	39.3	55.3	53.0	44.5	50.0	49.1	44.2	57.9	52.8	35.9	40.7	35.1	31.7	36.2	36.1	56.5	54.6	33.1	35.6	37.8	32.5	33.2	34.4	31.9	33.6	32.8	38.9	36.6	33.6	86.8	31	Restante do Brasil
Total		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100		

Fonte: Elaboração própria baseado no banco de dados do REGIA

O Quadro 4 foi construído de acordo com a base de dados do REGIA e mostra a estrutura do comércio entre as mesorregiões da Amazônia Legal e o restante do Brasil. Para construir este quadro, foram utilizados os dados de comércio dos bens agropecuários, incluindo o setor de silvicultura e exploração florestal, assim como o setor de pesca. De um modo geral, nota-se um predomínio dos fluxos com origem no restante do Brasil para todas as mesorregiões da Amazônia. Isto sugere um elevado grau de dependência da região em relação aos bens agrícolas advindos do restante da economia brasileira. Com exceção de Baixo Amazonas, Nordeste Paraense, Ocidental de Tocantins, Oeste Maranhense, Centro Maranhense, Norte Matogrossense, Nordeste Matogrossense e Sudeste Matogrossense, observa-se que as demais mesorregiões compram mais do restante do Brasil do que internamente. Todas essas regiões apresentam grande produção nos setores da agropecuária e da silvicultura e exploração florestal, com participação desses setores acima de 55% no total produzido por cada uma.

Desse modo, as colunas da matriz de comércio representam os destinos e as linhas apresentam as origens dos bens, destacando-se em cinza as mesorregiões com maiores fluxos de comércio. Embora as relações de comércio da Amazônia sejam predominantemente com origem no restante do Brasil, nota-se que existe um elevado fluxo de comércio intra-mesorregional. Há um elevado fluxo com origem no Leste Rondoniense em direção a Madeira Guaporé (no próprio estado de Rondônia), ao estado do Amazonas (Norte, Centro e Sul), e ao Norte Matogrossense. Observa-se um volume de comércio do Centro Amazonense em direção ao estado Roraima e um elevado fluxo do Nordeste Paraense em direção a todas as mesorregiões dos estados de Rondônia, Acre, Roraima, Amapá, Tocantins, Maranhão, Pará (exceto em Baixo Amazonas) e Amazonas (exceto no Norte e Sudoeste). O Sudeste Paraense também é grande fornecedor de produtos agrícolas para as mesorregiões do Norte Amazonense, Centro-Sul Matogrossense, e a totalidade das mesorregiões do Amapá, Tocantins e para Marajó, Metropolitana de Belém, Nordeste Paraense, e no Maranhão (Norte, Leste e Sul).

Ocidental de Tocantins também é fornecedor de bens agropecuários dentro do estado de Tocantins, assim como no Sudeste Paraense, Sul do Amapá, e regiões do Maranhão (exceto o Leste Maranhense). Já o Oeste Maranhense se destaca vendendo para as regiões de seu próprio estado (exceto Centro e Leste), assim como para Metropolitana de Belém. O Norte Matogrossense, importante produtor de soja e bovinos, destina elevados fluxos para quase todas as mesorregiões da Amazônia Legal. O Nordeste Matogrossense concentra as suas vendas no próprio estado com exceção do Norte e Sudoeste. E por fim, o Sudeste

Matogrossense vende significativamente para as mesorregiões do Pará (exceto Metropolitana de Belém e Sudoeste Paraense), Amazonas, Nordeste Matogrossense e Centro-Sul Matogrossense.

Outro indicador importante da base de dados é o destino da produção dos demais bens produzidos em cada mesorregião. Nesta seção, analisam-se três conjuntos agregados de setores: agricultura, silvicultura e exploração florestal, e pecuária e pesca. Apesar do modelo REGIA possuir 27 setores, as atividades analisadas são mais relevantes ao tema discutido nesta tese. A Tabela 11 apresenta a participação percentual em relação às vendas totais da produção da agricultura de cada mesorregião da Amazônia Legal.

**Tabela 11 - Principais Destinos da Produção da Agricultura (variação %)**

Mesorregião	UF	Local	Resto da Amazônia Legal	Resto do Brasil	Exportações	Total
Madeira Guaporé	RO	18.54%	25.43%	52.68%	3.35%	100.00%
Leste Rondoniense	RO	29.51%	35.25%	32.17%	3.07%	100.00%
Vale Juruá	AC	5.93%	20.69%	73.38%	-	100.00%
Vale Acre	AC	9.81%	19.54%	70.65%	-	100.00%
Norte Amazonense	AM	6.59%	26.17%	67.23%	-	100.00%
Sudoeste Amazonense	AM	10.22%	23.62%	66.15%	-	100.00%
Centro Amazonense	AM	28.65%	15.52%	50.89%	4.94%	100.00%
Sul Amazonense	AM	8.10%	25.19%	66.71%	-	100.00%
Norte de Roraima	RR	21.67%	33.80%	28.71%	15.82%	100.00%
Sul de Roraima	RR	9.91%	28.90%	54.49%	6.70%	100.00%
Baixo Amazonas	PA	18.44%	32.44%	46.92%	2.20%	100.00%
Marajó	PA	26.31%	34.94%	38.76%	-	100.00%
Metropolitana de Belém	PA	17.34%	50.06%	23.45%	9.15%	100.00%
Nordeste Paraense	PA	9.02%	55.11%	34.98%	0.89%	100.00%
Sudoeste Paraense	PA	23.17%	31.00%	44.05%	1.78%	100.00%
Sudeste Paraense	PA	29.07%	37.52%	31.58%	1.83%	100.00%
Norte do Amapá	AP	4.35%	21.57%	74.08%	-	100.00%
Sul do Amapá	AP	16.25%	26.34%	50.74%	6.67%	100.00%
Ocidental de Tocantins	TO	14.51%	61.75%	18.16%	5.58%	100.00%
Oriental de Tocantins	TO	19.67%	39.81%	37.19%	3.33%	100.00%
Norte Maranhense	MA	12.91%	24.71%	57.65%	4.74%	100.00%
Oeste Maranhense	MA	16.95%	27.68%	53.37%	2.00%	100.00%
Centro Maranhense	MA	27.40%	43.26%	26.55%	2.79%	100.00%
Leste Maranhense	MA	23.25%	45.19%	25.43%	6.12%	100.00%
Sul Maranhense	MA	9.27%	40.18%	48.96%	1.60%	100.00%
Norte Matogrossense	MT	14.20%	21.78%	63.04%	0.98%	100.00%
Nordeste Matogrossense	MT	11.92%	38.06%	48.92%	1.10%	100.00%
Sudoeste Matogrossense	MT	34.31%	33.55%	30.55%	1.58%	100.00%
Centro-Sul Matogrossense	MT	17.70%	30.82%	46.16%	5.32%	100.00%
Sudeste Matogrossense	MT	11.72%	15.48%	72.18%	0.62%	100.00%

Fonte: Elaboração própria baseado no banco de dados do REGIA

Mais uma vez, nota-se pela Tabela 11, que a Amazônia possui um elevado grau de dependência do restante do Brasil, com a maioria das regiões apresentando essa região como o principal destino de sua produção da agricultura. Contudo, existem algumas exceções que

têm como principal destino o restante da Amazônia Legal para os seus produtos. São elas: Leste Rondoniense, Norte de Roraima, Metropolitana de Belém, Nordeste Paraense, Sudeste Paraense, Ocidental de Tocantins, Oriental de Tocantins, Centro Maranhense e Leste Maranhense. A única mesorregião que destina a maior parte da sua produção localmente é o Sudoeste Matogrossense, com 34%, região que possui algumas das cidades mais populosas do estado (Tangará da Serra, por exemplo) e, portanto, apresenta um grande mercado interno. Outros grandes mercados internos para a produção da agricultura podem ser citados, como o Leste Rondoniense (da capital Rio Branco), Centro Amazonense (da capital Manaus) e Sudeste Paraense (que engloba grandes cidades do Pará, como Parauapebas e Marabá). No que concerne às exportações como destino da produção, o Leste Maranhense, o Sul do Amapá, Metropolitana de Belém e Norte de Roraima apresentariam uma participação acima de 6%. A Tabela 12 apresenta os destinos da produção da silvicultura e exploração florestal.

**Tabela 12 - Principais Destinos da Produção da Silvicultura e Exploração Florestal (variação %)**

Mesorregião	UF	Local	Resto da Amazônia Legal	Resto do Brasil	Exportações	Total
Madeira Guaporé	RO	11.00%	15.71%	70.59%	2.70%	100.00%
Leste Rondoniense	RO	17.56%	13.29%	66.81%	2.33%	100.00%
Vale Juruá	AC	21.58%	8.25%	70.16%	-	100.00%
Vale Acre	AC	16.23%	10.17%	73.60%	-	100.00%
Norte Amazonense	AM	3.36%	9.03%	87.61%	-	100.00%
Sudoeste Amazonense	AM	5.26%	9.02%	85.71%	-	100.00%
Centro Amazonense	AM	20.58%	5.59%	64.99%	8.84%	100.00%
Sul Amazonense	AM	6.68%	14.08%	79.24%	-	100.00%
Norte de Roraima	RR	10.22%	10.36%	76.48%	2.94%	100.00%
Sul de Roraima	RR	6.00%	15.07%	78.93%	-	100.00%
Baixo Amazonas	PA	10.01%	11.38%	77.86%	0.75%	100.00%
Marajó	PA	3.22%	11.74%	85.05%	-	100.00%
Metropolitana de Belém	PA	17.71%	8.18%	64.67%	9.44%	100.00%
Nordeste Paraense	PA	5.38%	14.64%	79.98%	-	100.00%
Sudoeste Paraense	PA	7.77%	13.37%	78.86%	-	100.00%
Sudeste Paraense	PA	8.33%	12.52%	78.43%	0.72%	100.00%
Norte do Amapá	AP	24.47%	7.96%	67.56%	-	100.00%
Sul do Amapá	AP	9.00%	9.92%	76.92%	4.17%	100.00%
Ocidental de Tocantins	TO	30.13%	10.17%	55.92%	3.78%	100.00%
Oriental de Tocantins	TO	22.18%	9.95%	64.73%	3.14%	100.00%
Norte Maranhense	MA	9.15%	9.96%	77.82%	3.08%	100.00%
Oeste Maranhense	MA	13.34%	11.73%	73.59%	1.34%	100.00%
Centro Maranhense	MA	8.44%	12.57%	78.22%	0.78%	100.00%
Leste Maranhense	MA	8.71%	11.76%	77.76%	1.76%	100.00%
Sul Maranhense	MA	19.57%	11.15%	66.08%	3.20%	100.00%
Norte Matogrossense	MT	18.73%	13.42%	66.59%	1.26%	100.00%
Nordeste Matogrossense	MT	35.07%	12.47%	50.42%	2.04%	100.00%
Sudoeste Matogrossense	MT	30.17%	17.53%	50.20%	2.11%	100.00%
Centro-Sul Matogrossense	MT	21.35%	20.29%	51.65%	6.71%	100.00%
Sudeste Matogrossense	MT	35.77%	9.42%	52.87%	1.95%	100.00%

Fonte: Elaboração própria baseado no banco de dados do REGIA

Nota-se pela Tabela 12, que no caso da produção de silvicultura e exploração florestal, o restante do Brasil é o principal destino de todas as mesorregiões da Amazônia. O mercado local se destaca no Sudeste Matogrossense, Sudoeste Matogrossense, Nordeste Matogrossense e Ocidental de Tocantins com uma participação acima de 30%. As vendas maiores para o restante da Amazônia teriam origem no Centro-Sul Matogrossense e Sudoeste Matogrossense, com uma participação em torno de 17%. A participação das exportações como destino da produção é maior no Centro Amazonense e na Metropolitana de Belém e essas regiões representam em torno de 12% das exportações totais do setor na Amazônia.

**Tabela 13 - Principais Destinos da Produção da Pecuária e Pesca (variação %)**

Mesorregião	UF	Local	Resto da Amazônia Legal	Resto do Brasil	Exportações	Total
Madeira Guaporé	RO	31.34%	56.75%	43.25%	3.61%	100.00%
Leste Rondoniense	RO	21.75%	43.55%	56.45%	1.51%	100.00%
Vale Juruá	AC	27.15%	51.15%	48.85%		100.00%
Vale Acre	AC	29.30%	52.00%	48.00%		100.00%
Norte Amazonense	AM	17.87%	22.58%	77.42%		100.00%
Sudoeste Amazonense	AM	8.28%	24.15%	75.85%		100.00%
Centro Amazonense	AM	24.66%	36.46%	63.54%	2.34%	100.00%
Sul Amazonense	AM	8.02%	25.60%	74.40%		100.00%
Norte de Roraima	RR	41.05%	78.85%	21.15%	7.65%	100.00%
Sul de Roraima	RR	21.30%	73.61%	26.39%	1.93%	100.00%
Baixo Amazonas	PA	25.18%	47.11%	52.89%	1.52%	100.00%
Marajó	PA	13.64%	38.37%	61.63%		100.00%
Metropolitana de Belém	PA	30.44%	54.14%	45.86%	4.96%	100.00%
Nordeste Paraense	PA	36.84%	59.43%	40.57%	0.26%	100.00%
Sudoeste Paraense	PA	18.28%	40.32%	59.68%	0.36%	100.00%
Sudeste Paraense	PA	22.68%	42.93%	57.07%	1.39%	100.00%
Norte do Amapá	AP	13.57%	32.56%	67.44%		100.00%
Sul do Amapá	AP	33.92%	49.09%	50.91%	2.90%	100.00%
Ocidental de Tocantins	TO	23.62%	50.30%	49.70%	0.99%	100.00%
Oriental de Tocantins	TO	22.16%	47.37%	52.63%	1.01%	100.00%
Norte Maranhense	MA	30.69%	57.36%	42.64%	3.50%	100.00%
Oeste Maranhense	MA	23.82%	53.94%	46.06%	1.06%	100.00%
Centro Maranhense	MA	21.43%	51.40%	48.60%	0.96%	100.00%
Leste Maranhense	MA	23.44%	53.71%	46.29%	2.11%	100.00%
Sul Maranhense	MA	18.10%	49.69%	50.31%	1.44%	100.00%
Norte Matogrossense	MT	30.39%	49.16%	50.84%	1.36%	100.00%
Nordeste Matogrossense	MT	27.45%	49.01%	50.99%	0.98%	100.00%
Sudoeste Matogrossense	MT	18.43%	44.11%	55.89%	0.60%	100.00%
Centro-Sul Matogrossense	MT	29.61%	54.43%	45.57%	2.63%	100.00%
Sudeste Matogrossense	MT	45.92%	62.65%	37.35%	1.80%	100.00%

Fonte: Elaboração própria baseado no banco de dados do REGIA

A Tabela 13 mostra que no caso da pecuária e pesca, os destinos da produção mesorregional são mais heterogêneos, com predomínio do fluxo para o restante do Brasil e restante da Amazônia. Vale notar que algumas regiões se destacam, destinando mais de 70% do que é

produzido para o restante do Brasil, como Norte Amazonense, Sudoeste Amazonense e Sul Amazonense, enquanto outras destinam mais de 70% de sua produção ao restante da Amazônia Legal, caso de Norte de Roraima e Sul de Roraima. As mesorregiões que possuem os maiores mercados locais para os produtos da pecuária e pesca são Sudeste Matogrossense e Norte de Roraima, que destinam mais de 40% internamente. As mesorregiões que se destacam com as maiores participações das exportações são Madeira Guaporé, Norte de Roraima, Metropolitana de Belém e Norte Matogrossense. Juntas elas representam em torno de 17% das exportações destes setores no modelo REGIA.

## 4 SIMULAÇÕES E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este capítulo descreve as simulações realizadas com o modelo REGIA e analisa os resultados obtidos. O objetivo principal é analisar os custos econômicos de uma política de controle do desmatamento que restringe a quantidade de terra de floresta natural que pode ser convertida para uso agrícola.

As simulações e os resultados são reportados em quatro seções principais, em que a primeira apresenta as simulações e o fechamento do modelo, e a segunda discute o cenário de referência. A terceira parte apresenta os impactos da simulação da política de controle de desmatamento. E, finalmente, a última seção deste capítulo discute os resultados de uma simulação que investiga o ganho de produtividade necessário para que não houvesse nenhuma perda econômica na Amazônia decorrente da política de controle do desmatamento.

### 4.1 Simulações e Fechamento

#### 4.1.1 *Descrição das Simulações com o Modelo REGIA*

O principal objetivo desta tese é analisar os impactos econômicos regionais de uma política de controle de desmatamento na Amazônia. Na simulação de política de contenção de desmatamento, a hipótese é de que ela restringe as possibilidades de expansão da agropecuária. A Amazônia é uma região com grande dependência da agropecuária em sua economia, como ressaltado nos indicadores da base de dados do modelo, o que torna relevante analisar quais seriam as perdas econômicas dessa restrição e como elas se distribuiriam nas diversas mesorregiões.

Desse modo, o REGIA vai permitir quantificar os custos econômicos da política de redução do desmatamento em termos de seu impacto no PIB e na produção agrícola. Permitirá também uma análise da realocação dos usos da terra, entre as categorias de lavoura, pasto e floresta plantada, devido ao controle. As estimativas dos custos econômicos decorrentes da política de controle podem ser vistas como um indicativo do custo de oportunidade da redução do desmatamento nas diversas mesorregiões. Como a Amazônia apresenta regiões bastante heterogêneas, com elevada ou baixa produtividade no setor agrícola, a análise se

torna ainda mais relevante ao apresentar os resultados regionais, indicando as regiões que podem ser mais negativamente afetadas pelo controle do desmatamento.

A intensificação da agricultura evitaria a incorporação de novas áreas para uso agrícola, permitindo uma maior produção em áreas menores, colaborando para o crescimento das atividades agrícolas sem o aumento do fator terra via desmatamento. Essa estratégia é apontada na literatura (DeFRIES e ROSENZWEIG, 2010; MATSON e VITOUSEK, 2006; DeFRIES *et al.*, 2004; TILMAN *et al.*, 2002; NEPSTAD *et al.*, 2009) como um meio para controlar o desmatamento na Amazônia. Isto demonstra a importância de se verificar o quanto a produtividade da terra precisaria aumentar para manter o PIB e a produção agrícola das diversas regiões nos mesmos patamares de um cenário onde não houvesse nenhuma restrição de expansão da terra.

Foram realizadas três simulações, sendo a primeira um cenário de referência que mostra a trajetória da economia da Amazônia, sem qualquer política de controle de desmatamento ao longo do período 2006 a 2030. Este cenário se divide em dois períodos distintos: i) o primeiro para o período 2006 - 2011, baseado em dados observados da economia nacional e de taxas de desmatamento da Amazônia (por mesorregião); ii) o segundo projeta a trajetória da economia no período 2012 a 2030 considerando um cenário de crescimento hipotético da economia nacional de 3% ao ano e projeções do crescimento das exportações de soja e bovinos, com desmatamento determinado endogenamente, de acordo com os mecanismos definidos no modelo.

A próxima refere-se à simulação de política em que é analisado um cenário de controle de desmatamento baseado na proposta estabelecida no PNMC (Plano Nacional de Mudanças Climáticas), no qual o Brasil assumiu metas voluntárias de reduzir o desmatamento na Amazônia em 80% até 2020. De 2021 a 2030, foi considerada uma política hipotética de desmatamento zero.

Por fim, é realizada uma terceira simulação para verificar o quanto a produtividade da terra precisaria aumentar para que o controle do desmatamento não causasse perdas na economia e na produção agrícola da Amazônia. Na região, existem aproximadamente 12 milhões de hectares de área já desmatada e que se encontra subutilizada (IMAZON, 2013). Além disso, a produtividade agrícola é baixa em muitas regiões (MMA, 2012; ALENCAR *et al.*, 2004). A intensificação agrícola permitiria que a mesma produção ou até mesmo que uma produção

maior fosse obtida nas áreas que já são ocupadas pelas atividades agrícolas na Amazônia, sem a necessidade de incorporar áreas adicionais por meio do desmatamento. O Quadro 5 resume as características de cada simulação.

**Quadro 5 - Resumo das Simulações com o Modelo REGIA**

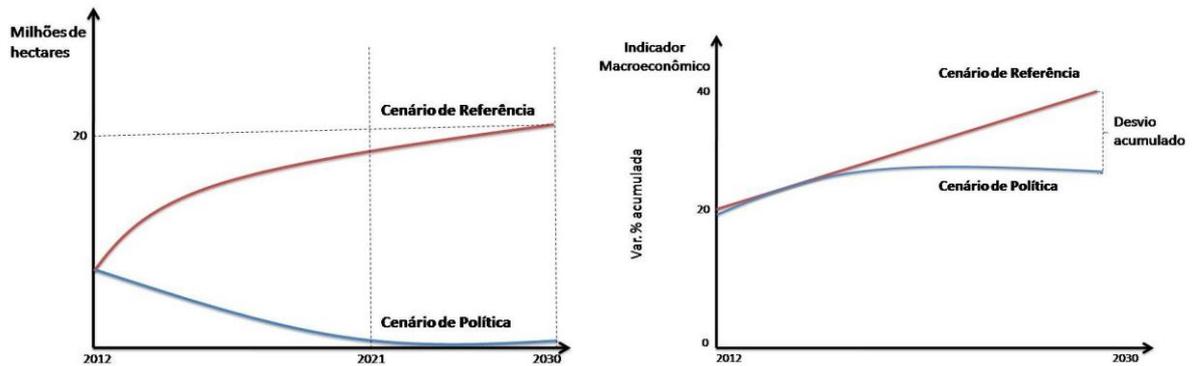
<b>Simulações</b>	<b>Cenário de Referência</b>	<b>Controle de Desmatamento</b>	<b>Ganho de produtividade</b>
Simulação 1			
Simulação 2			
Simulação 3			

Fonte: Elaboração Própria

O cenário de referência é um elemento importante para um modelo EGC dinâmico, pois possibilita visualizar as diferentes trajetórias dos indicadores econômicos ao longo do tempo e o impacto dos choques de políticas nessa trajetória. A diferença entre as trajetórias (cenário de referência com cenário de política) representa, por exemplo, o efeito da imposição da política de controle do desmatamento. Os resultados do modelo são normalmente apresentados como o desvio acumulado de determinada variável (indicador) em relação ao seu valor acumulado no cenário de referência.

A Figura 14 ilustra a trajetória do desmatamento, assim como o desvio acumulado de uma determinada variável em relação ao cenário de referência. Observa-se que o desmatamento, em milhões de hectares, apresentaria uma trajetória ascendente no cenário de referência. Quando a política de controle é implementada, essa trajetória é modificada. A diferença entre o cenário de referência e o cenário de política de controle de desmatamento em 2030 representa a quantidade (em milhões de hectares) de áreas de florestas que não teriam sido desmatadas, de acordo com o modelo. No modelo, ao se restringir as possibilidades de expansão do fator terra para fins produtivos, essa política implicaria em perdas econômicas, o que é apresentado na segunda parte da figura que mostra a trajetória de uma variável macroeconômica do modelo, como o PIB.

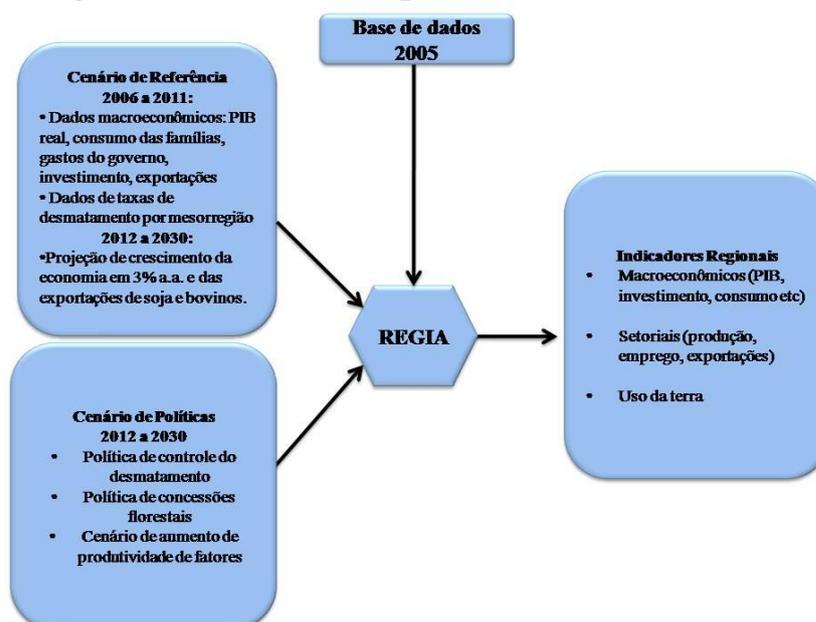
**Figura 14 - Trajetória do Desmatamento e dos Indicadores Econômicos de um cenário de Política comparativamente ao cenário de Referência**



Fonte: Elaboração própria.

Observa-se, portanto, que devido aos mecanismos de ajuste temporal do modelo, as variáveis endógenas se ajustam ao longo do período, tanto no cenário de referência como no cenário de política. A Figura 15 apresenta a estrutura simplificada da dinâmica das simulações. A base de dados regional construída para o ano base de 2005 é o ponto de partida do modelo REGIA. O cenário de referência e os demais cenários alimentam o modelo por meio de choques em variáveis exógenas. No cenário de referência, são considerados os valores de algumas variáveis macroeconômicas (PIB, consumo das famílias, e gastos do governo) e a trajetória das taxas de desmatamento é determinada endogenamente. No cenário de política, têm-se os choques de redução do desmatamento a partir de 2012. Com essas informações o REGIA calcula endogenamente a trajetória das variáveis econômicas e de uso da terra, que é representado na figura como uma saída do modelo.

**Figura 15 - Estrutura Simplificada do modelo REGIA**



Fonte: Elaboração própria

O modelo REGIA apresenta uma limitação em sua metodologia. Embora seja um modelo regional, a questão da “vizinhança ou proximidade” entre as regiões não exerce nenhum papel para a expansão dos cultivos agrícolas ou da pecuária. O modelo só permite a expansão de culturas em regiões onde essa cultura já exista, e em grande parte, apenas os condicionantes econômicos da própria região influenciam a sua expansão. Ou seja, o modelo não trabalha propriamente com a questão de expansão da fronteira agrícola, já que não é possível que a produção agrícola apareça em regiões que não as possuem na base de dados do modelo. Mas é possível a expansão local de atividades influenciadas por mecanismos de mercado competitivo. Este é um problema da estratégia de regionalização adotada, já que quanto maior a desagregação regional, maior será o número de regiões que não possuem algumas das atividades consideradas no modelo.

#### **4.1.2 Fechamento do Modelo**

Esta seção apresenta o fechamento do modelo, isto é, o conjunto de variáveis endógenas e exógenas das simulações realizadas com o modelo REGIA. Este fechamento representa as hipóteses sobre o funcionamento da economia e seus ajustamentos e choques (políticas).

Normalmente, os modelos EGC de estática comparativa adotam dois tipos de fechamento. O primeiro é o chamado fechamento de “curto prazo” e o segundo é o fechamento de “longo prazo”. A principal diferença entre estes fechamentos se relaciona ao tratamento empregado na abordagem microeconômica do ajuste do estoque de capital. No fechamento de curto prazo o estoque de capital é fixo, enquanto no longo prazo, o estoque de capital é móvel entre regiões e setores.

O REGIA é um modelo dinâmico, e, portanto, permite a acumulação do capital ao longo do tempo, não utilizando as hipóteses adotadas em modelos estáticos em relação ao capital. O modelo também permite ajustes no mercado de terra de acordo com os mecanismos do módulo de uso da terra. O REGIA não apresenta um mecanismo de ajuste intertemporal do mercado de trabalho. Por isso, adota-se a estratégia que o emprego agregado nacional é exógeno (entre 2006 a 2011, ajustado com dados observados e a partir de 2012, determinado pelo crescimento populacional) com diferencial entre salários reais fixo em todas as regiões, permitindo a mobilidade inter-regional do trabalho. Os dois fechamentos utilizados para as simulações de dinâmica recursiva são i) o fechamento do Cenário de Referência e ii) o fechamento de Políticas. A Tabela 14 apresenta a descrição das variáveis e a Tabela 15 apresenta o fechamento utilizado em cada cenário (as variáveis exógenas estão em cinza).

Assume-se que o consumo regional segue a renda regional, com a propensão marginal a consumir exógena nos fechamentos de cenário de referência e de política. Além, disso, supõe-se que o gasto do governo segue a renda das famílias nacionalmente e regionalmente. Outra pressuposição do fechamento é que o fator terra para “florestas naturais e demais usos” é exógeno para as regiões do modelo que não possuem floresta tropical e onde a capacidade de expansão da agropecuária via desmatamento seja pequena. No REGIA, esse grupo de mesorregiões é formado por: Sudeste Matogrossense, Centro-Sul Matogrossense, Sul Maranhense, Leste Maranhense, Oriental de Tocantins e Restante do Brasil. O modelo trabalha com preços relativos e a variável de preços escolhida como numerário foi o Índice de Preços ao Consumidor.

**Tabela 14 – Descrição das variáveis utilizadas para o fechamento do modelo REGIA**

Variáveis	Dimensão	Descrição
<b>PIB real (lado da oferta)</b>		
fnorm	IND*DST	Deslocamento da taxa de retorno normal bruta (regional)
fnorm_id	1	Deslocamento da taxa de retorno normal bruta (nacional)
gtrend	IND*DST	Razão tendencial do investimento sobre o capital (regional)
flab_io	DST	Deslocamento do salário regional
NatMacro("AggEmploy")	1	Emprego agregado nacional
flab_iod	1	Deslocamento do salário nacional
labslack	1	Variável que permite o ajuste do emprego agregado
acap, alnd, atot, blab_o	IND*DST	
bint_scd	IND	
aprim_i	DST	Variáveis de mudanças tecnológicas
atradmar_cs	MAR*ORG*DST	
aprintot, blab_oid	1	
<b>PIB real (lado da demanda)</b>		
NatMacro("RealHou")	1	Consumo real das famílias
fgovgen	1	Deslocamento da demanda do governo (nacional)
NatMacro("RealGov")	1	Consumo do governo
fgovtot2	DST	Deslocamento da demanda do governo (regional)
fgov_s	COM*DST	Deslocamento da demanda do governo por produto (regional)
NatMacro("RealInv")	1	Investimento real
NatMacro("ExpVol")	1	Volume de exportações
NatMacro("RealGDP")	1	PIB real
shrBoTnom	1	A participação da Balança Comercial no PIB no longo prazo é fixa
invslack	1	Variável que permite exogeneizar o investimento nacional
fhou	DST	Propensão a consumir (regional)
<b>Condições Externas</b>		
fpexp	COM*SRC	Deslocamento do preços das exportações
fqexp	COM*SRC	Deslocamento da quantidade exportada
fqexp_cs	1	Deslocamento geral da quantidade exportada
pfimp	COM*ORG	Preço dos importados em moeda estrangeira
<b>Impostos</b>		
delPTXRATE	IND*DST	Mudança na taxa do imposto sobre a produção
<b>Distribuição dos Investimentos</b>		
finv4	IND*DST	Deslocamento do investimento de longo prazo
faccum	IND*DST	Deslocamento que ativa a equação de acumulação de capital
delUnity	1	Variável <i>dummy</i> = 1 para ativar a equação de acumulação de capital
<b>Número de famílias</b>		
nhou	DST	Número de famílias
<b>Módulo de Uso da Terra</b>		
delLnd	1	Variável <i>dummy</i> = 1 para ativar o módulo de uso da terra
qlndbrd1	Unused*LNDUSED	Área de terra de "floresta natural e demais usos" nas regiões que não possuem floresta tropical
fqtrans	Unused*LNDUSED	Deslocamento do uso da terra
landtwist	LNDIND*DST	Mudança no uso da terra não causada pelos preços
<b>Numerário</b>		
NatMacro("CPI")	1	Índice de preços ao consumidor

Fonte: Elaboração própria

Por se tratar de um modelo regional, o REGIA possui flexibilidade em seu fechamento regional e nacional. Por exemplo, no fechamento de política, na Tabela 15, é imposta uma restrição na balança comercial nacional que determina que sua participação sobre o PIB nacional seria exógena, o que não restringe as possibilidades de ajuste da balança comercial de cada região individualmente.

**Tabela 15 - Hipóteses do Fechamento do modelo REGIA para os diferentes Cenários**

Variáveis	Dimensão	Cenário de Referência		Cenário de Política
		2006-2011	2012-2030	2012-2030
<b>PIB real (lado da oferta)</b>				
fnorm	IND*DST			
fnorm_id	1			
gtrend	IND*DST			
flab_io	DST			
NatMacro("AggEmploy")	1			
flab_iod	1			
labslack	1			
acap, ahnd, atot, blab_o, blab_oid	IND*DST			
bint_scd	IND			
aprim_i	DST			
atradmar_cs	MAR*ORG*DST			
aprintot	1			
<b>PIB real (lado da demanda)</b>				
NatMacro("RealHou")	1			
fgovgen	1			
NatMacro("RealGov")	1			
fgovtot2	DST			
fgov_s	COM*DST			
NatMacro("RealInv")	1			
NatMacro("ExpVol")	1			
NatMacro("RealGDP")	1			
shrBoTnom	1			
invslack	1			
fhou	DST			
<b>Condições Externas</b>				
fpexp	COM*SRC			
fqexp	COM*SRC			
fqexp_cs	1			
pfimp	COM*ORG			
<b>Impostos</b>				
delPTXRATE	IND*DST			
<b>Distribuição dos Investimentos</b>				
finv4	IND*DST			
faccum	IND*DST			
delUnity	1			
<b>Número de famílias</b>				
nhou	DST			
<b>Módulo de Uso da Terra</b>				
delLnd	1			
qlndbrd1	Unused*LNDUSED			
fqtrans	Unused*LNDUSED			
landtwist	LNDIND*DST			
<b>Numerário</b>				
NatMacro("CPI")	1			

Fonte: Elaboração própria

No cenário de referência, entre 2006 a 2011, são considerados exógenos os principais agregados macroeconômicos, PIB real, investimento, consumo das famílias, gastos do governo, volume de exportações e emprego agregado, além das taxas de desmatamento por mesorregião. Desse modo, as variáveis de deslocamento para: a taxa de retorno bruta, o salário nacional, a demanda do governo, a quantidade exportada e o uso da terra, assim como a variável de mudança tecnológica dos fatores de produção são endógenas.

No segundo período do cenário de referência, 2012-2030, as variáveis macroeconômicas para o PIB agregado, consumo das famílias e gastos do governo são mantidas exógenas e as taxas de desmatamento passam a ser endógenas. No cenário de política, todas as variáveis macroeconômicas são endógenas com o emprego nacional agregado definido exogenamente, isto é, o emprego agregado é fixo relativamente ao cenário de referência.

#### **4.2 Cenário de Referência**

O cenário de referência apresenta a trajetória da economia para o período 2006 a 2030 e representa a projeção que é comparada aos cenários de políticas. De 2006 a 2011 são utilizados indicadores macroeconômicos nacionais observados, assim como taxas de desmatamento regionais observadas. Os dados para as variáveis econômicas são retirados das contas nacionais (IBGE): PIB real, consumo das famílias, gastos do governo, investimento e exportações. Outros dados incorporados são o preço médio dos importados (calculado a partir dos dados da FUNCEX), o emprego agregado e o crescimento populacional (IBGE). A Tabela 16 apresenta os dados para esses indicadores.

As taxas de desmatamento por mesorregião também são consideradas exógenas para o período 2006 a 2011, com base nos dados do INPE. Os dados foram retirados do programa PRODES<sup>67</sup>, que apresenta a área desmatada por município da Amazônia Legal. Conforme foi explicado na seção sobre o módulo de uso da terra, o REGIA apresenta uma categoria para área de florestas naturais e demais usos, que é a área total de cada mesorregião menos as áreas de lavoura, pasto e silvicultura. Isso significa que essa inclui além das florestas naturais, áreas

---

<sup>67</sup> Projeto PRODES: Monitoramento da Floresta Amazônia Brasileira por Satélite. Desde 1988, o INPE é o responsável por produzir as "Taxas Anuais do desflorestamento da Amazônia Legal". A partir do ano de 2002, estas estimativas começaram a ser produzidas por classificação digital de imagens seguindo a "Metodologia Prodes". A principal vantagem deste procedimento está na precisão do georreferenciamento dos polígonos de desflorestamento, de forma a produzir um banco de dados geográfico multitemporal.

urbanas, rios, entre outras. Desse modo, a taxa de desmatamento foi calculada como sendo a área desmatada por mesorregião do INPE (agregando os dados municipais) em relação à área de floresta natural e demais usos.

**Tabela 16 - Variáveis do Cenário Macroeconômico para o período 2006 a 2011 - em variação % a.a.**

Indicadores	Anos					
	2006	2007	2008	2009	2010	2011
PIB agregado	3.95	6.10	5.23	-0.33	7.58	2.75
Investimento	9.80	13.75	13.65	-6.65	22.13	4.88
Consumo das Famílias	5.20	6.10	5.70	4.40	6.90	4.10
Gastos do Governo	2.60	5.10	3.20	3.10	4.20	1.90
Volume de Exportações	5.00	6.20	0.50	-9.10	11.50	4.50
Emprego Agregado	-0.15	0.73	1.58	-0.19	1.46	0.82
Crescimento Populacional	1.19	1.12	1.05	0.99	0.93	0.87
Preços dos Importados	6.97	8.24	21.81	-11.12	3.90	14.28

Fonte: Elaboração própria com base em dados das Contas Nacionais, FUNCEX e IBGE.

A Tabela 17 apresenta os valores das taxas de desmatamento por mesorregião. Nota-se que os valores são pequenos se comparados aos valores divulgados pelo INPE. Embora seja um valor diferente do divulgado pelo INPE, os valores representam o mesmo desmatamento (em hectares). Isso se deve ao fato de que a taxa foi calculada em relação a essa categoria do modelo REGIA, chamada “floresta natural e demais usos”, que é uma área muito maior do que somente a área de florestas naturais. Os valores da tabela são negativos, pois representam uma redução na área de florestas naturais. Essa redução neste uso é redistribuída pelo modelo entre lavoura, pasto e floresta plantada de acordo com os mecanismos já discutidos na seção do módulo de uso da terra. Assim, possibilita-se a alocação endógena dos demais usos da terra pelo modelo de 2006 a 2011.

Para o período entre 2012 a 2030 é considerado um cenário hipotético de crescimento da economia nacional de 3% ao ano<sup>68</sup>. Desse modo, é projetado um crescimento das variáveis de PIB real, consumo das famílias e gastos do governo a 3% ao ano, enquanto o crescimento populacional é fixado em 1% ao ano. Além dessas variáveis, são utilizadas projeções de exportações de soja e bovinos retirados de Nassar (2011). A justificativa para utilizar uma projeção de crescimento apenas das exportações de soja e de bovinos se baseia no fato de que

<sup>68</sup> Taxa considerada como “*steady state*” não inflacionária para a economia brasileira em vários estudos.

o mercado externo para esses produtos é considerado um importante determinante do desmatamento na região. Além disso, esses produtos são importantes na dinâmica econômica da Amazônia. As estimativas de Nassar (2011) são consistentes com as projeções da FAO (2003). É considerado um aumento de 4,25% e 2,01% nas exportações de soja e bovinos, respectivamente, o que no acumulado representa um aumento total de 130% das exportações de soja e 49% das exportações de bovinos em 2030. As exportações dos demais produtos são endógenas entre 2012 e 2030 e aumentam ao longo do tempo seguindo a trajetória de crescimento da economia. A Tabela 18 mostra o cenário de crescimento nacional utilizado.

**Tabela 17 - Área de floresta natural perdida em decorrência do processo de desmatamento na Amazônia Legal entre 2006 a 2011 (em var.% to total da área de floresta natural e demais usos de cada região)**

Mesorregiões	UF	Anos					
		2006	2007	2008	2009	2010	2011
Madeira Guaporé	RO	-1.02	-1.19	-0.71	-0.30	-0.40	-0.70
Leste Rondoniense	RO	-0.63	-0.78	-0.71	-0.24	-0.14	-0.27
Vale Juruá	AC	-0.06	-0.07	-0.14	-0.06	-0.17	-0.13
Vale Acre	AC	-0.29	-0.17	-0.29	-0.19	-0.22	-0.33
Norte Amazonense	AM	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00
Sudoeste Amazonense	AM	-0.01	-0.01	-0.02	-0.01	-0.02	-0.01
Centro Amazonense	AM	-0.03	-0.03	-0.06	-0.03	-0.06	-0.04
Sul Amazonense	AM	-0.13	-0.08	-0.08	-0.04	-0.06	-0.07
Norte de Roraima	RR	-0.08	-0.06	-0.23	-0.02	-0.08	-0.04
Sul de Roraima	RR	-0.12	-0.17	-0.38	-0.07	-0.13	-0.08
Baixo Amazonas	PA	-0.10	-0.11	-0.15	-0.08	-0.12	-0.06
Marajó	PA	-0.05	-0.09	-0.11	-0.04	-0.12	-0.08
Metropolitana de Belém	PA	-1.62	-0.80	-0.61	-0.14	-0.20	-0.15
Nordeste Paraense	PA	-1.60	-1.01	-1.39	-0.99	-1.40	-0.61
Sudoeste Paraense	PA	-0.35	-0.46	-0.37	-0.32	-0.26	-0.33
Sudeste Paraense	PA	-1.55	-1.70	-1.85	-0.86	-0.79	-0.49
Norte do Amapá	AP	-0.04	-0.06	-0.07	-0.02	-0.06	-0.01
Sul do Amapá	AP	-0.03	-0.07	-0.07	-0.03	-0.04	-0.01
Ocidental do Tocantins	TO	-0.12	-0.07	-0.11	-0.08	-0.09	-0.07
Oriental do Tocantins	TO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Norte Maranhense	MA	-0.34	-0.27	-1.10	-0.38	-0.26	-0.18
Oeste Maranhense	MA	-0.58	-0.40	-1.06	-0.57	-0.35	-0.27
Centro Maranhense	MA	-0.48	-0.88	-1.10	-0.83	-0.96	-0.45
Leste Maranhense	MA	-0.03	-0.03	-0.13	-0.62	-0.04	-0.02
Sul Maranhense	MA	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	-0.01
Norte Matogrossense	MT	-0.53	-0.56	-0.71	-0.17	-0.07	-0.23
Nordeste Matogrossense	MT	-0.32	-0.30	-0.50	-0.08	-0.07	-0.12
Sudoeste Matogrossense	MT	-0.26	-0.15	-0.30	-0.14	-0.14	-0.12
Centro-Sul Matogrossense	MT	-0.07	-0.05	-0.05	-0.03	-0.02	-0.01
Sudeste Matogrossense	MT	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do PRODES/INPE

**Tabela 18 - Variáveis do Cenário Macroeconômico para o período 2012 a 2030 – em variação %**

<b>Variável</b>	<b>média anual 2012-2030</b>	<b>acumulado 2030</b>
PIB agregado	3.00	57.00
Investimento	1.31	24.80
Consumo das Famílias	3.00	57.00
Gastos do Governo	3.00	57.00
Exportações	2.10	39.92
Exportações soja	4.25	130.00
Exportações bovinos	2.10	49.00
Crescimento populacional	1.00	19.00
Preço médio dos importados	3.00	57.00

Fonte: Elaboração própria com base no cenário econômico projetado

#### **4.2.1 Resultados do Cenário de Referência**

Conforme mencionado na seção anterior, o cenário de referência do REGIA produz uma trajetória tendencial de crescimento da economia da Amazônia. Para isso, assume-se um cenário de crescimento econômico em que foram utilizadas projeções, divididas em duas partes. A primeira atualiza a economia com dados macroeconômicos nacionais e dados de taxas de desmatamento regionais observados para o período compreendido entre 2006 a 2011. Na segunda, a partir de 2012, assume-se um crescimento da economia nacional de 3% ao ano (PIB real, consumo das famílias, gastos do governo) e o desmatamento passa a ser endógeno, determinado pelo crescimento da economia de acordo com os mecanismos de uso da terra do REGIA. Além disso, é considerada uma projeção do aumento das exportações de soja e bovinos. A Tabela 19 apresenta os indicadores macroeconômicos nacionais, assim como a média de crescimento de cada um deles.

**Tabela 19 – Projeções Macroeconômicas para o Brasil no período entre 2006 a 2030**

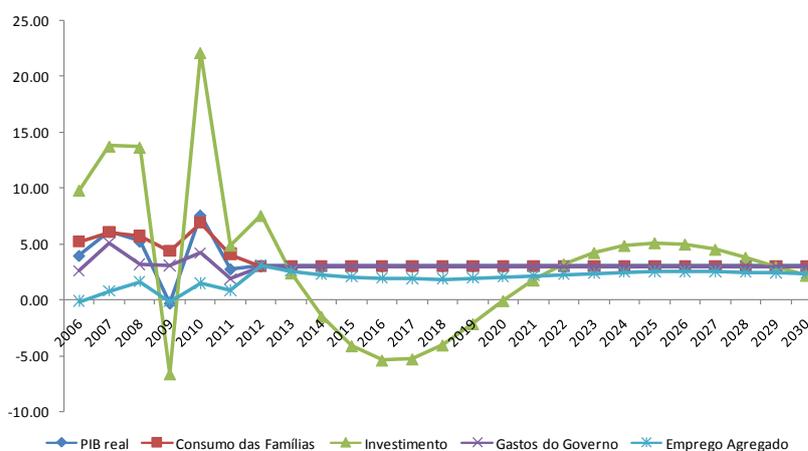
<b>Variável</b>	<b>acumulado (em var. %)</b>	<b>média anual 2006-2011 (em var. %)</b>	<b>média anual 2012-2030 (em var. %)</b>
PIB agregado	124.21	4.21	3.00
Consumo das Famílias	140.35	5.40	3.00
Gastos do Governo	113.62	3.35	3.00
Investimento	114.16	9.59	1.31
Emprego	60.50	0.71	2.29
Exportações	74.66	3.10	2.10
Importações	110.91	16.43	-0.81

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados das simulações com o modelo REGIA

Observa-se pela Tabela 19 que o consumo das famílias ganha participação no PIB, sendo o componente mais dinâmico, com crescimento acumulado de 140%. Em relação à balança comercial, no período entre 2006 a 2011, observa-se que a média de crescimento das importações está acima do crescimento das exportações. Já no período entre 2012 a 2030, ocorre um crescimento médio anual das exportações e uma pequena queda, em média, do crescimento anual das importações. Com crescimento abaixo dos demais componentes, nota-se uma diminuição da participação do saldo da balança comercial no PIB.

As Figuras 16 e 17 ilustram a trajetória dessas variáveis ao longo do período 2006 a 2030. Nota-se que entre 2006 a 2011 os indicadores econômicos apresentam uma maior volatilidade, pois ilustram o comportamento real observado para essas variáveis. O investimento real agregado passa por um período de queda entre 2014 a 2020, que se explica pelos mecanismos de acumulação de capital do modelo. Até 2012 os níveis de estoque de capital estavam elevados<sup>69</sup>, pressionando para baixo as taxas de retorno na economia e a razão investimento/capital. Com taxas de retorno mais baixas, o investimento cai e promove uma nova pressão sobre a taxa de retorno do capital, que volta a aumentar. A taxa de retorno mais alta faz com que o investimento volte a apresentar taxas de crescimento positivas a partir de 2021. Verifica-se que no longo prazo o investimento oscila e tende à taxa de crescimento do PIB.

**Figura 16 - Trajetória das variáveis macroeconômicas nacionais entre 2006 a 2030 no Cenário de Referência**



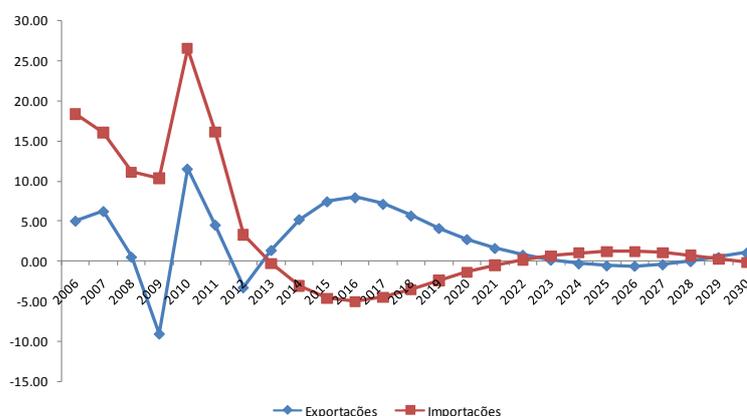
Fonte: Elaboração própria com base nos resultados das simulações com o modelo REGIA

<sup>69</sup> Entre 2006 a 2012 o investimento aumentou 57,6% e o PIB 28,3%, indicando o crescimento do estoque de capital.

Para o consumo das famílias, o gasto do governo e o PIB real, adotam-se trajetórias de crescimento linear de 3% ao ano, a partir de 2012. O emprego agregado segue a mesma trajetória de crescimento do PIB, já que o crescimento da economia implica em uma maior utilização de fatores primários na produção.

A Figura 17 ilustra o comportamento ao longo do tempo das exportações e importações totais. O comportamento desses indicadores depende dos preços relativos entre domésticos e importados. Os índices de preços nacionais caem nesse período, deixando os produtos nacionais mais atrativos e, portanto, causando esse aumento das exportações e queda de importações. A partir de 2023, as importações passam a crescer mais que as exportações, reflexo do aumento dos preços domésticos, causado principalmente pelo aumento no preço do capital.

**Figura 17 - Trajetória das exportações e importações agregadas entre 2006 a 2030 no Cenário de Referência**



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados das simulações com o modelo REGIA

Desse modo, a partir dessas projeções macroeconômicas, as demais variáveis do REGIA são calculadas endogenamente para este cenário de referência. As próximas seções apresentam esses resultados.

#### **4.2.2 *Cenário de Referência e seu rebatimento regional***

Dado o cenário macroeconômico apresentado na seção anterior, os resultados regionais para o cenário de referência são determinados endogenamente no modelo REGIA (Tabela 20). A última linha da tabela apresenta os resultados macroeconômicos para a Amazônia Legal em variação percentual no acumulado de 2030. O crescimento do PIB regional indica que as mesorregiões de Madeira Guaporé, Leste Rondoniense, Sul do Amapá e Norte Matogrossense são as mais beneficiadas nesse cenário de crescimento econômico. O cenário de crescimento nacional apresenta um elevado aumento do consumo e do investimento (acima de 3% ao ano, em média), e conseqüentemente, as regiões com uma parcela maior destes indicadores no PIB são mais beneficiadas. Ou seja, o mercado interno apresenta maior relevância e o comércio externo tem crescimento menor. O cenário de referência utilizou uma projeção do crescimento das exportações de soja e bovinos, o que também favoreceria regiões especializadas nesses dois setores (ver Tabela 18).

**Tabela 20 - Resultados Macroeconômicos Mesorregionais do Cenário de Referência para o período de 2006 a 2030 (acumulado em var. % em relação ao resultado para a Amazônia Legal)**

Mesorregiões	UF	PIB regional	Consumo das famílias	Governo	Investimento	Emprego	Exportações	Importações
Madeira-Guaporé	RO	+ 13.14	+ 10.55	+ 8.80	+ 7.88	+ 7.68	- 3.61	+ 13.61
Leste Rondoniense	RO	+ 13.18	+ 17.19	+ 14.73	+ 11.28	+ 12.14	- 1.68	+ 10.64
Vale do Juruá	AC	+ 6.38	+ 9.05	+ 7.45	- 2.11	+ 6.65	-	+ 9.80
Vale do Acre	AC	+ 8.74	+ 7.71	+ 6.28	+ 8.93	+ 5.78	-	+ 10.37
Norte Amazonense	AM	- 11.81	+ 0.97	+ 0.23	- 11.93	+ 1.22	-	- 7.90
Sudoeste Amazonense	AM	+ 0.69	+ 10.60	+ 8.80	- 0.96	+ 7.66	-	- 0.68
Centro Amazonense	AM	- 13.87	- 28.49	- 26.03	- 7.17	- 18.59	+ 10.07	- 13.74
Sul Amazonense	AM	+ 0.48	+ 11.97	+ 10.06	- 5.51	+ 8.62	- 47.87	- 0.40
Norte de Roraima	RR	+ 2.92	- 4.77	- 4.89	- 6.74	- 2.61	- 8.41	+ 3.51
Sul de Roraima	RR	+ 6.13	+ 3.66	+ 2.65	- 11.60	+ 3.05	- 12.39	+ 8.28
Baixo Amazonas	PA	+ 1.60	+ 3.95	+ 2.91	- 2.99	+ 3.24	+ 2.45	+ 2.74
Marajo	PA	- 7.17	+ 3.90	+ 2.87	- 11.88	+ 3.21	-	- 3.37
Metropolitana de Belém	PA	+ 2.40	- 3.44	- 3.65	+ 5.60	- 1.71	+ 7.00	+ 2.70
Nordeste Paraense	PA	- 7.76	+ 2.86	+ 1.95	- 15.90	+ 2.51	- 21.51	- 6.19
Sudoeste Paraense	PA	+ 1.74	+ 10.59	+ 8.87	- 6.35	+ 7.74	- 17.95	+ 0.90
Sudeste Paraense	PA	+ 2.53	+ 2.18	+ 1.38	+ 5.86	+ 2.10	+ 5.95	+ 4.17
Norte do Amapá	AP	+ 3.78	+ 2.15	+ 1.35	+ 6.12	+ 2.08	-	+ 5.86
Sul do Amapá	AP	+ 9.51	+ 1.09	+ 0.36	+ 5.52	+ 1.36	- 6.81	+ 9.69
Ocidental do Tocantins	TO	+ 0.50	+ 3.69	+ 2.70	- 1.07	+ 3.07	- 13.48	+ 0.85
Oriental do Tocantins	TO	+ 4.12	+ 4.32	+ 3.28	+ 14.08	+ 3.51	- 15.63	+ 6.92
Norte Maranhense	MA	+ 6.15	+ 2.08	+ 1.32	+ 13.69	+ 2.08	+ 3.95	+ 6.71
Oeste Maranhense	MA	+ 1.57	+ 6.99	+ 5.64	+ 2.20	+ 5.29	+ 2.40	+ 3.18
Centro Maranhense	MA	+ 2.15	+ 12.04	+ 10.12	- 1.32	+ 8.66	+ 1.87	+ 3.81
Leste Maranhense	MA	+ 2.00	+ 4.83	+ 3.73	+ 1.50	+ 3.88	+ 0.24	+ 4.80
Sul Maranhense	MA	- 0.16	+ 5.73	+ 4.49	+ 1.92	+ 4.41	+ 1.63	+ 4.88
Norte Mato-Grossense	MT	+ 8.16	+ 17.54	+ 15.01	+ 0.29	+ 12.32	+ 11.00	+ 6.81
Nordeste Mato-Grossense	MT	+ 2.30	+ 13.61	+ 11.50	- 8.96	+ 9.68	+ 9.98	+ 0.90
Sudoeste Mato-Grossense	MT	+ 6.55	+ 12.41	+ 10.50	- 5.83	+ 8.97	+ 10.41	+ 4.97
Centro-Sul Mato-Grossense	MT	+ 5.47	+ 3.60	+ 2.61	+ 15.17	+ 2.99	+ 10.39	+ 6.98
Sudeste Mato-Grossense	MT	- 16.24	- 8.51	- 8.21	- 20.72	- 5.15	+ 12.42	- 10.88
Amazônia Legal	-	125.47	145.61	119.40	106.29	63.75	58.24	109.51

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados das simulações com o modelo REGIA

As regiões de Madeira Guaporé e Sul do Amapá se destacam por apresentarem uma elevada participação do consumo no PIB, enquanto o Leste Rondoniense tem a sua economia estimulada pelo aumento da demanda externa por carne, já que é uma região importante na produção de bovinos. O Norte Matogrossense é impulsionado pelo aumento da demanda de soja e bovinos, pois é a maior região produtora na Amazônia. De modo geral, as regiões agrícolas obtiveram resultados acima da Amazônia por causa das projeções de aumento na demanda externa de soja e bovinos. A região do Centro Amazonense apresenta crescimento do PIB, investimento, gasto do governo, consumo das famílias e emprego, significativamente abaixo da média da Amazônia Legal. O Centro Amazonense, onde se localiza a Zona Franca de Manaus, possui quase 90% de sua produção nos setores industriais e de serviços. Embora

esteja crescendo abaixo da Amazônia em alguns indicadores, as suas exportações crescem acima (10%), o que se explica por esta ser a maior região exportadora da Amazônia.

Analisado o crescimento dos indicadores na Amazônia, apresenta-se o resultado para o emprego em grupo de setores. A Tabela 21 apresenta a variação percentual do emprego na agricultura, pecuária, silvicultura e exploração florestal, indústria, serviços e setor público, em relação ao crescimento do emprego na Amazônia Legal. Alguns setores, em determinadas mesorregiões, são mais dinâmicos. Este é o caso do crescimento da agricultura no Norte Matogrossense, que tem o emprego impulsionado principalmente pelo aumento da produção no setor de soja, devido ao aumento da demanda externa.

O crescimento do emprego na pecuária no Sul do Amapá também ficou acima da Amazônia. Este maior crescimento se explica devido a sua remuneração mais baixa do trabalho e também porque o setor de Bovinos é um importante setor agrícola na mesorregião. O emprego no setor de Silvicultura e Exploração Florestal crescerá mais nas mesorregiões do Sudoeste e Sul Amazonense e Sudoeste Paraense, 3% acima do crescimento na Amazônia. Esta é uma atividade importante na estrutura produtiva destas mesorregiões, representando mais de 13% da produção total. O Leste Rondoniense apresenta o maior crescimento do emprego nos setores de serviços e público. Em conjunto, esses setores representam cerca de 30% de toda a produção desta mesorregião.

Em relação à dinâmica do emprego no setor Indústria, observa-se que o crescimento na Amazônia está abaixo da maioria de suas mesorregiões. Isso se explica porque a mesorregião Centro Amazonense apresenta um menor crescimento do emprego neste setor pressionando a taxa de crescimento da Amazônia para baixo, já que é responsável por cerca de 50% de toda a remuneração do trabalho da região. Em geral, as mesorregiões da Amazônia são voltadas às atividades agrícolas, sendo significativo apenas o crescimento do emprego industrial na Metropolitana de Belém, Sudeste Paraense e Norte Matogrossense.

**Tabela 21 - Crescimento do emprego no Cenário de Referência 2006 - 2030 (acumulado em var. % em relação ao resultado para a Amazônia Legal)**

Mesorregião	UF	Agricultura	Pecuária	Silvicultura	Indústria	Serviços	Público
Madeira Guaporé	RO	+ 4.49	+ 5.08	+ 1.52	+ 13.24	+ 6.82	+ 6.82
Leste Rondoniense	RO	+ 5.66	+ 4.80	- 0.23	+ 14.74	+ 10.56	+ 10.92
Vale Juruá	AC	+ 0.55	+ 1.16	+ 2.52	+ 17.48	- 0.21	+ 6.02
Vale Acre	AC	+ 1.92	+ 2.13	+ 0.48	+ 16.07	+ 3.86	+ 5.45
Norte Amazonense	AM	- 1.24	-	- 1.59	-	-	- 5.11
Sudoeste Amazonense	AM	+ 2.23	- 3.04	+ 3.37	+ 4.47	+ 3.00	+ 6.04
Centro Amazonense	AM	+ 2.21	- 8.08	- 2.28	- 9.58	- 11.92	- 17.77
Sul Amazonense	AM	+ 5.66	- 2.25	+ 4.86	+ 12.36	+ 1.96	+ 5.88
Norte de Roraima	RR	+ 3.21	- 1.52	+ 1.61	+ 9.21	- 4.81	- 3.67
Sul de Roraima	RR	+ 0.39	- 2.40	+ 2.24	+ 11.81	- 7.66	- 4.50
Baixo Amazonas	PA	+ 2.61	+ 0.24	+ 1.43	+ 9.91	+ 0.23	+ 1.61
Marajó	PA	+ 0.87	- 1.03	- 1.22	+ 7.48	- 1.54	+ 1.54
Metropolitana de Belém	PA	- 10.74	- 0.40	+ 0.24	+ 11.08	+ 0.26	- 1.71
Nordeste Paraense	PA	- 3.41	- 3.32	+ 1.35	+ 9.00	- 2.11	+ 1.67
Sudoeste Paraense	PA	+ 3.89	+ 2.50	+ 3.22	+ 8.75	+ 1.87	+ 5.42
Sudeste Paraense	PA	+ 4.40	+ 0.45	+ 0.82	+ 10.99	+ 1.60	+ 2.15
Norte do Amapá	AP	+ 0.23	+ 5.82	+ 2.72	- 0.14	- 0.75	+ 1.26
Sul do Amapá	AP	- 0.03	+ 7.70	- 0.34	+ 12.79	+ 1.59	+ 0.92
Ocidental de Tocantins	TO	- 4.83	+ 2.12	- 4.93	+ 15.54	+ 1.39	+ 3.15
Oriental de Tocantins	TO	- 0.86	+ 1.99	- 7.45	+ 13.49	+ 2.27	+ 3.30
Norte Maranhense	MA	+ 1.25	- 0.40	- 4.16	+ 14.57	+ 3.36	+ 2.35
Oeste Maranhense	MA	- 1.67	- 2.05	- 4.09	+ 12.01	+ 4.13	+ 4.54
Centro Maranhense	MA	+ 2.79	- 0.32	+ 0.16	+ 14.28	+ 5.25	+ 6.08
Leste Maranhense	MA	- 7.50	- 1.71	- 4.37	+ 13.06	+ 4.78	+ 4.11
Sul Maranhense	MA	+ 0.69	- 4.07	- 12.69	+ 11.63	+ 4.85	+ 3.49
Norte Matogrossense	MT	+ 10.78	+ 1.44	- 1.19	+ 9.58	+ 7.38	+ 9.30
Nordeste Matogrossense	MT	+ 4.28	+ 1.27	- 0.80	+ 9.80	+ 2.35	+ 5.56
Sudoeste Matogrossense	MT	+ 5.85	+ 2.45	- 1.73	+ 7.19	+ 5.61	+ 7.44
Centro-Sul Matogrossense	MT	- 4.98	+ 0.05	- 8.25	+ 13.04	+ 4.10	+ 3.75
Sudeste Matogrossense	MT	- 14.72	- 9.05	- 12.03	+ 9.11	- 4.27	- 0.51
<b>Amazônia Legal</b>		<b>70.65</b>	<b>77.61</b>	<b>64.98</b>	<b>46.96</b>	<b>60.65</b>	<b>68.66</b>

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados das simulações com o modelo REGIA

### 4.2.3 Resultados Setoriais no Cenário de Referência

O modelo REGIA apresenta 27 setores/produtos, sendo 18 constituídos por atividades agrícolas<sup>70</sup>. Em um modelo EGC, o crescimento dos setores depende do preço do produto setorial e do seu custo de produção, que por sua vez é formado pelo preço dos insumos intermediários e fatores de produção (capital, trabalho e terra). Desse modo, a atividade é positivamente afetada quando ocorre um aumento no preço de seu produto e/ou uma redução dos custos de produção. O comportamento desses indicadores ajuda na compreensão dos resultados setoriais.

<sup>70</sup> O setor de trigo foi excluído das tabelas de resultados porque sua representatividade na região é praticamente nula.

A Tabela 22 apresenta o crescimento de seis setores agrícolas do modelo: arroz em casa, milho em grão, cana de açúcar, soja em grão, outros de lavoura e mandioca. Os resultados são apresentados em relação ao crescimento dos setores na Amazônia Legal, no acumulado 2006-2030.

**Tabela 22 – Resultados Setoriais do Cenário de Referência 2006 - 2030 (acumulado em var. % em relação ao resultado para a Amazônia Legal)**

Mesorregião	UF	Arroz em Casca	Milho em Grão	Cana de Açúcar	Soja em Grão	Outros de Lavoura	Mandioca
Madeira Guaporé	RO	+ 25.34	+ 27.65	-	-	+ 8.89	+ 3.65
Leste Rondoniense	RO	- 6.49	+ 1.18	- 52.91	- 6.30	+ 4.71	+ 3.46
Vale Juruá	AC	+ 15.91	+ 18.40	-	-	+ 2.82	+ 0.97
Vale Acre	AC	+ 9.99	+ 13.73	-	-	+ 3.45	+ 1.52
Norte Amazonense	AM	-	-	-	-	+ 4.34	- 1.69
Sudoeste Amazonense	AM	- 6.01	+ 21.52	-	-	+ 13.49	+ 3.56
Centro Amazonense	AM	- 11.70	+ 22.86	+ 35.79	-	+ 10.71	- 0.82
Sul Amazonense	AM	+ 29.41	+ 33.35	+ 46.01	- 100.80	+ 16.29	+ 4.37
Norte de Roraima	RR	+ 17.96	+ 18.53	-	+ 30.81	- 0.31	+ 1.30
Sul de Roraima	RR	+ 25.43	+ 26.85	-	- 105.39	+ 3.40	+ 2.34
Baixo Amazonas	PA	+ 10.34	+ 13.33	-	+ 5.94	+ 5.79	+ 0.87
Marajó	PA	-	-	-	-	+ 6.09	- 1.19
Metropolitana de Belém	PA	-	-	-	-	- 12.34	- 4.81
Nordeste Paraense	PA	- 14.54	- 8.19	-	- 20.92	- 1.17	- 1.83
Sudoeste Paraense	PA	+ 20.48	+ 27.58	-	-	+ 9.82	+ 2.43
Sudeste Paraense	PA	- 0.91	+ 2.88	+ 5.36	- 4.03	+ 3.64	+ 0.18
Norte do Amapá	AP	-	-	-	-	- 0.36	- 0.21
Sul do Amapá	AP	- 6.57	-	-	-	+ 1.68	+ 0.94
Ocidental de Tocantins	TO	- 19.73	- 13.52	-	- 23.63	- 2.99	- 2.04
Oriental de Tocantins	TO	- 27.93	- 22.35	- 27.67	- 35.10	- 6.60	- 3.27
Norte Maranhense	MA	+ 16.99	+ 21.00	-	-	+ 2.40	+ 1.74
Oeste Maranhense	MA	- 11.04	- 6.31	- 6.25	-	- 0.16	- 1.64
Centro Maranhense	MA	+ 5.78	+ 10.80	+ 16.31	+ 10.88	+ 4.70	+ 1.26
Leste Maranhense	MA	- 20.91	- 14.17	- 15.16	- 21.71	- 3.81	- 2.24
Sul Maranhense	MA	- 24.38	- 18.79	- 19.61	- 27.30	- 2.70	- 4.39
Norte Matogrossense	MT	+ 6.44	+ 9.15	+ 19.75	+ 15.30	+ 9.46	+ 1.94
Nordeste Matogrossense	MT	+ 3.00	+ 9.86	+ 15.54	+ 10.46	+ 5.48	- 0.38
Sudoeste Matogrossense	MT	- 4.20	+ 1.48	+ 5.46	- 4.37	+ 5.67	+ 3.48
Centro-Sul Matogrossense	MT	- 33.83	- 23.37	- 27.04	- 31.57	- 2.70	- 3.32
Sudeste Matogrossense	MT	- 37.94	- 28.50	- 29.70	- 38.58	- 3.08	- 11.06
Amazônia Legal		115.46	116.21	110.05	147.50	115.58	120.64

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados das simulações com o modelo REGIA

Conforme mencionado na seção de análise descritiva da base de dados, dos setores da Tabela 22, cinco apresentam maior representatividade na Amazônia: arroz (30% da produção nacional), milho (14% da produção nacional), soja (35% da produção nacional), outros de lavoura (17% da produção nacional) e mandioca (33% da produção nacional). Por isso, o

crescimento dessas atividades tem um impacto maior na região, devido a sua relevância na estrutura produtiva.

Verifica-se que o Sul Amazonense, Sul de Roraima e Madeira Guaporé apresentam o maior crescimento na produção de arroz. Contudo, essas três mesorregiões são responsáveis por apenas 1,5% da produção total de arroz da Amazônia. Importantes regiões produtoras de arroz, como o Norte Matogrossense (maior produtor da região, com aproximadamente 35% do total), Nordeste Matogrossense e Sudeste Paraense, cresceram em média 2,8% acima do crescimento da Amazônia. O Centro-Sul Matogrossense e Oriental de Tocantins seriam as mesorregiões com menor crescimento, em média 26% abaixo do crescimento da Amazônia.

Na produção de milho, destacam-se mais uma vez o crescimento de Madeira Guaporé, Sul Amazonense, Sul de Roraima e Sudoeste Paraense. Porém, essas regiões produzem menos de 3% da produção total de milho da Amazônia. O Norte Matogrossense apresenta um aumento da produção 9% acima do crescimento do setor na Amazônia no acumulado para 2030, sendo o principal produtor de milho da região (mais de 40% da produção total). Enquanto o Sudeste Matogrossense, segundo maior produtor, apresenta o crescimento mais baixo, (28% abaixo do crescimento da Amazônia). Este resultado se explica pela restrição na oferta de terra no Sudeste Matogrossense, pois não há áreas de florestas naturais para serem convertidas em uso produtivo. Essa restrição faz com que o custo total dos fatores primários fique mais caro nesta região.

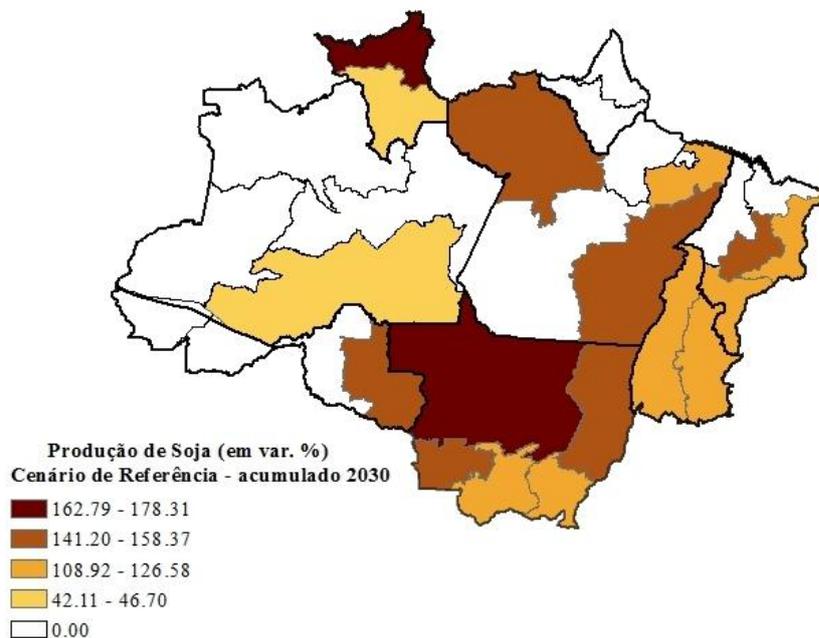
A produção de cana de açúcar na Amazônia representa apenas cerca de 4% da produção nacional, concentrando-se no Sudoeste Matogrossense, Sul Maranhense e Norte Matogrossense. O Sul Maranhense mostra o menor crescimento deste setor (abaixo do crescimento do setor na Amazônia), por existir uma restrição na oferta de terra da região que não apresenta mais floresta natural para ser convertida nos demais usos.

O setor Outros de Lavoura (em que se destaca a produção de melancia) na Amazônia representa 17% da produção nacional total. O Sul Amazonense apresentaria o maior crescimento da atividade, enquanto o menor crescimento ocorreria em Oriental de Tocantins. O Sul Amazonense também se destaca no crescimento do setor de mandioca (4% acima do crescimento do setor na Amazônia). O resultado positivo nessa mesorregião tanto para Outros de Lavoura como para Mandioca se deve a uma elasticidade da oferta de terra elevada e uma baixa remuneração da terra. Contudo, o Sul Amazonense não é grande produtor nestes

setores, contribuindo com 0,5% do total produzido de Outros de Lavoura e 3% da produção total de mandioca na Amazônia. O Sudeste Matogrossense apresenta o menor crescimento pela restrição na oferta de terra e remuneração de fatores relativamente mais cara.

O crescimento do setor de Soja, considerado na literatura um dos principais vetores do desmatamento da região, pode ser observado pela Tabela 22 assim como pela Figura 18.

**Figura 18 - Crescimento da produção de soja (em var. %) no Cenário de Referência: acumulado 2006 a 2030**



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados das simulações com o modelo REGIA

Nota-se que a atividade de soja cresceria mais no Norte de Roraima e no Norte Matogrossense, 178% e 163%, respectivamente. Contudo, a produção de soja no Norte de Roraima é pouco representativa (0,2% do total produzido na Amazônia), tornando esse resultado pouco significativo. Já o Norte Matogrossense representa 60% de toda a produção de soja da Amazônia. Após, se destacariam regiões como o Leste Rondoniense, Baixo Amazonas, Sudeste Paraense, Centro Maranhense, Nordeste e Sudoeste Matogrossense. Com exceção do Leste Rondoniense e Sudoeste Matogrossense (responsáveis por quase 1,5% da produção total de soja cada uma), as demais regiões possuem produção pouco representativa no total de soja produzido. No entanto, o estímulo do crescimento econômico aliado ao

cenário de crescimento das exportações de soja faz com que este setor cresça acima dos demais.

A Tabela 23 apresenta os resultados para Fumo em folha, Algodão Herbáceo, Frutas Cítricas, Café em grão e também para o setor de Exploração Florestal e Silvicultura. A Amazônia é responsável por apenas 5% da produção de frutas cítricas do Brasil, com 40% desta produção concentrada no Sudeste Paraense. Esta atividade cresce mais em Madeira Guaporé e Norte Maranhense. Juntas, essas mesorregiões correspondem a menos de 2% da produção total de frutas cítricas da Amazônia. O Sudeste Matogrossense, mais uma vez, é a mesorregião com o menor crescimento do setor (entretanto corresponde por apenas 0,2% da produção total regional). O Café em Grão também não é muito representativo na região e corresponde por menos de 3% do total nacional, concentrada no Leste Rondoniense.

O setor de Exploração Florestal e Silvicultura apresenta produção significativa no Sudeste e Nordeste Paraense. A Figura 19 apresenta o mapa do crescimento acumulado para o setor de 2006 a 2030. O Sul Amazonense e o Sudoeste Paraense têm o maior crescimento acumulado na atividade de exploração florestal e silvicultura. Este setor corresponde a mais de 15% da produção dessas mesorregiões. Em seguida, apresentam-se Vale Juruá, Sudoeste Amazonense, Norte e Sul de Roraima, e Norte do Amapá. Com exceção do Sul de Roraima e Sudoeste Amazonense, as demais regiões são pouco dependentes deste setor em sua estrutura produtiva (possuem menos de 4% de sua produção total na silvicultura e exploração florestal). Nota-se que as regiões com restrição na expansão da oferta de terra (que não possuem áreas de florestas) crescem menos do que as regiões com maior disponibilidade do fator.

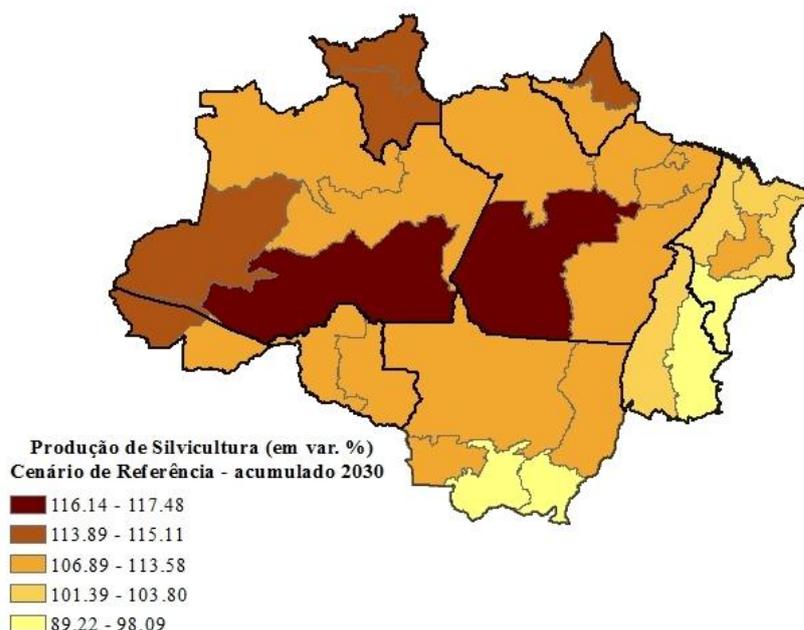
**Tabela 23 - Resultados Setoriais do Cenário de Referência 2006 - 2030 (acumulado em var. % em relação ao resultado para a Amazônia Legal)**

Mesorregião	UF	Fumo em folha	Algodão Herbáceo	Frutas Cítricas	Café em grão	Exploração Florestal e Silvicultura
Madeira Guaporé	RO	-	-	+ 9.56	+ 5.36	+ 2.07
Leste Rondoniense	RO	-	-	+ 5.37	+ 0.04	- 1.54
Vale Juruá	AC	+ 44.99	-	+ 6.60	-	+ 3.44
Vale Acre	AC	-	-	+ 7.18	+ 1.65	- 0.13
Norte Amazonense	AM	-	-	- 0.59	-	- 1.49
Sudoeste Amazonense	AM	-	-	- 48.98	- 113.63	+ 3.91
Centro Amazonense	AM	-	-	+ 1.61	-	- 2.55
Sul Amazonense	AM	+ 53.99	-	+ 8.73	+ 5.09	+ 6.28
Norte de Roraima	RR	-	-	+ 7.47	-	+ 2.69
Sul de Roraima	RR	-	-	-	-	+ 3.59
Baixo Amazonas	PA	-	-	+ 2.46	+ 1.51	+ 2.21
Marajó	PA	-	-	- 0.39	-	- 1.12
Metropolitana de Belém	PA	-	-	- 6.11	-	+ 1.58
Nordeste Paraense	PA	- 31.84	-	- 3.25	-	+ 2.38
Sudoeste Paraense	PA	-	-	+ 4.98	+ 5.57	+ 4.94
Sudeste Paraense	PA	-	-	+ 0.47	- 1.66	+ 1.74
Norte do Amapá	AP	-	-	+ 4.74	-	+ 3.81
Sul do Amapá	AP	-	-	+ 4.91	-	- 0.41
Ocidental de Tocantins	TO	-	-	- 0.06	-	- 9.81
Oriental de Tocantins	TO	-	- 0.62	- 2.61	-	- 13.37
Norte Maranhense	MA	-	-	+ 9.17	-	- 7.48
Oeste Maranhense	MA	-	-	+ 1.48	-	- 7.40
Centro Maranhense	MA	-	-	+ 5.36	-	- 0.11
Leste Maranhense	MA	-	-	- 27.74	-	- 7.60
Sul Maranhense	MA	-	- 1.75	- 4.36	-	- 21.98
Norte Matogrossense	MT	-	+ 4.98	+ 0.75	+ 0.54	- 1.82
Nordeste Matogrossense	MT	-	+ 4.18	- 1.95	-	- 1.39
Sudoeste Matogrossense	MT	-	+ 7.60	- 0.92	- 2.85	- 4.31
Centro-Sul Matogrossense	MT	-	- 2.19	- 7.87	-	- 13.11
Sudeste Matogrossense	MT	-	- 3.93	- 43.67	-	- 17.98
Amazônia Legal		59.95	99.25	133.25	125.80	111.20

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados das simulações com o modelo REGIA

A Tabela 24 apresenta os resultados de crescimento para os produtos da pecuária e o setor de pesca. A Amazônia produz cerca de 8% do total de leite produzido no Brasil, com a maior parte da produção localizada no Leste Rondoniense e Sudeste Paraense, que apresentaram um crescimento de 3,3% e 1,7% respectivamente, acima do crescimento do setor na Amazônia. O crescimento da produção ligeiramente superior no Leste Rondoniense se explica por essa região apresentar uma produtividade maior na produção de leite por hectare.

**Figura 19 - Crescimento da produção de Silvicultura e Exploração Florestal (em var. %) no Cenário de Referência: acumulado 2006 a 2030**



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados das simulações com o modelo REGIA

O setor de Suínos na Amazônia representa quase 15% da produção nacional, com a atividade concentrada no Sudeste Paraense e Oeste Maranhense (crescem quase 1% acima da Amazônia no cenário de referência). O setor é mais importante na estrutura produtiva do Oeste Maranhense correspondendo a 15% da produção dessa região. As mesorregiões com maior crescimento deste setor são Leste Rondoniense, Sudoeste e Sul Amazonense (em torno de 4% acima do crescimento do setor na Amazônia). Como em todas essas regiões existe a possibilidade de conversão de terra via desmatamento, isto explica em grande parte a razão deste maior crescimento.

Cerca de 9% da produção brasileira do setor de Aves se localiza na Amazônia brasileira, principalmente no Leste Rondoniense e Sudeste Paraense. O setor de Ovos, por apresentar uma variação do custo de produção baixa relativamente aos demais setores, apresenta crescimento superior para todas as mesorregiões. A Amazônia produz cerca de 6% dos ovos produzidos nacionalmente, com a produção concentrada no Centro Amazonense, Sudeste Paraense e Norte Matogrossense. Os resultados podem ser explicados, de um modo geral, que as regiões com maior crescimento destes setores possuem menores custos de produção assim como maiores possibilidades de expansão da oferta de terra para pasto.

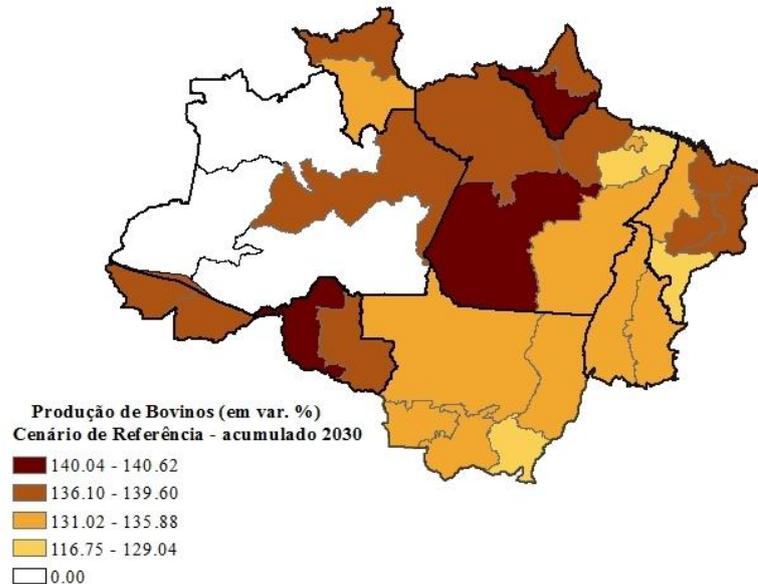
**Tabela 24 - Resultados Setoriais do Cenário de Referência 2006 - 2030 (acumulado em var. % em relação ao resultado para a Amazônia Legal)**

Mesorregião	UF	Bovinos	Leite	Suínos	Aves	Ovos	Pesca e Aquicultura
Madeira Guaporé	RO	+ 6.82	+ 5.61	+ 2.98	+ 3.40	+ 4.76	+ 0.84
Leste Rondoniense	RO	+ 4.51	+ 3.34	+ 4.57	+ 4.55	+ 5.80	+ 1.13
Vale Juruá	AC	+ 3.80	+ 4.34	+ 0.94	+ 0.16	+ 3.61	+ 2.48
Vale Acre	AC	+ 5.06	+ 4.02	+ 2.21	+ 0.88	+ 4.42	+ 1.35
Norte Amazonense	AM	-	-	-	-	-	- 37.84
Sudoeste Amazonense	AM	-	-	+ 4.38	+ 5.78	+ 2.48	+ 1.91
Centro Amazonense	AM	+ 2.74	- 5.05	- 12.20	- 7.35	- 4.26	- 0.24
Sul Amazonense	AM	-	-	+ 3.74	+ 7.52	+ 2.78	+ 2.05
Norte de Roraima	RR	+ 3.83	+ 2.92	- 2.21	- 1.35	+ 3.11	-
Sul de Roraima	RR	+ 2.30	-	- 5.74	- 0.73	+ 2.05	-
Baixo Amazonas	PA	+ 2.52	+ 2.85	- 0.82	+ 0.94	+ 1.70	+ 1.14
Marajó	PA	+ 2.59	+ 0.21	- 2.52	- 1.30	- 1.78	- 1.32
Metropolitana de Belém	PA	+ 0.22	- 1.52	- 0.47	- 1.94	- 0.03	- 2.47
Nordeste Paraense	PA	- 8.70	- 4.04	- 1.50	- 1.99	- 0.84	- 1.54
Sudoeste Paraense	PA	+ 6.47	+ 6.57	+ 1.69	+ 4.24	+ 2.72	+ 1.51
Sudeste Paraense	PA	+ 2.28	+ 1.69	+ 0.61	+ 1.36	- 0.99	- 0.55
Norte do Amapá	AP	+ 5.76	-	+ 0.02	-	-	+ 0.91
Sul do Amapá	AP	+ 7.04	-	+ 0.49	-	-	- 32.35
Ocidental de Tocantins	TO	- 1.85	- 2.95	+ 0.92	+ 0.73	+ 1.29	- 0.56
Oriental de Tocantins	TO	- 2.24	- 3.70	+ 1.13	+ 0.79	+ 1.46	+ 0.48
Norte Maranhense	MA	+ 5.01	+ 3.98	+ 2.11	+ 4.44	+ 3.97	+ 1.07
Oeste Maranhense	MA	+ 1.91	+ 0.73	+ 0.76	+ 1.27	+ 0.57	- 0.35
Centro Maranhense	MA	+ 6.02	+ 5.23	+ 2.77	+ 3.40	+ 2.27	- 0.09
Leste Maranhense	MA	+ 2.94	+ 1.03	+ 1.12	+ 1.84	+ 1.01	- 1.65
Sul Maranhense	MA	- 4.54	- 7.27	- 1.06	- 2.39	- 2.92	- 1.31
Norte Matogrossense	MT	+ 1.04	- 0.92	- 0.65	- 1.82	+ 2.49	+ 2.27
Nordeste Matogrossense	MT	+ 0.92	- 1.72	- 0.62	- 1.98	+ 0.64	+ 1.32
Sudoeste Matogrossense	MT	+ 1.65	+ 0.96	+ 0.18	+ 1.90	- 1.17	+ 1.74
Centro-Sul Matogrossense	MT	- 2.55	- 6.05	- 1.47	- 2.19	- 0.93	+ 0.63
Sudeste Matogrossense	MT	- 16.82	- 14.68	- 9.29	- 11.75	- 7.91	- 4.57
Amazônia Legal		133.58	125.86	116.97	121.84	138.94	121.84

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados das simulações com o modelo REGIA

Na Pesca e Aquicultura, 34% da produção nacional se localiza na Amazônia e os principais produtores são o Centro Amazonense e Sudeste Paraense. As mesorregiões menos dinâmicas são o Norte Amazonense e Sul do Amapá. Resultado explicado pela pequena participação desse setor na produção total dessas regiões, que apresentam custos mais elevados de produção. A produção de Bovinos é impulsionada pelo crescimento da economia nacional e também pelas projeções de crescimento das exportações (Tabela 24 e Figura 20).

**Figura 20 - Crescimento da produção de bovinos (em var. %) no Cenário de Referência: acumulado 2006 a 2030**



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados das simulações com o modelo REGIA

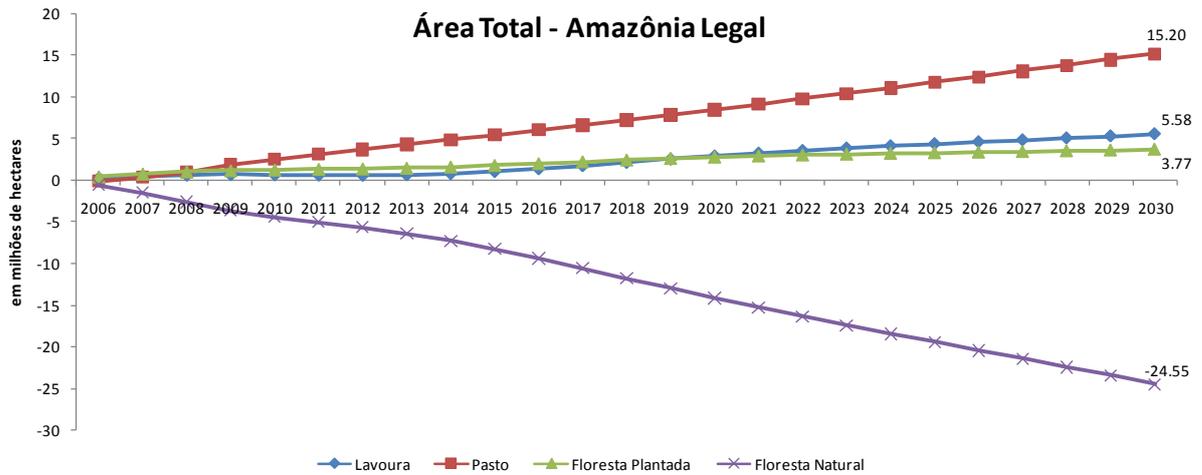
A produção de Bovinos é um importante setor na Amazônia, com quase 30% da produção nacional, e um dos principais vetores do desmatamento. A sua produção é concentrada no Leste Rondoniense, Sudeste Paraense, Norte e Sudoeste Matogrossense. Observa-se pela Figura 20, que as regiões com maior crescimento seriam o Sul do Amapá, Madeira Guaporé e Sudoeste Paraense. Mas são regiões menos significativas na produção total de Bovinos da região e sua maior dinâmica se explica pelo baixo custo de fatores e grande quantidade de terra passível para conversão em pasto. As regiões mais expressivas na produção de bovinos cresceram entre de 1,6% a 5% acima do crescimento do setor na Amazônia, de acordo com as possibilidades de conversão de terra e custos de produção de cada região. O Nordeste Paraense e o Sudeste Matogrossense apresentam as mais baixas taxas de crescimento devido aos maiores custos de produção dessas regiões, assim como a dificuldade de expansão da oferta de terra.

#### **4.2.4 Resultados de Uso da terra no Cenário de Referência**

Esta seção analisa os resultados para uso da terra. A Figura 21 apresenta a trajetória ao longo do tempo da quantidade de terra agregada na Amazônia Legal (em milhões de hectares) para

cada um dos usos do modelo (lavoura, pasto, floresta plantada e floresta natural). No REGIA, para que a área total se mantenha fixa, o crescimento de um determinado uso da terra implica na redução de um ou mais usos. Desse modo, nota-se que o crescimento das áreas de lavoura, pasto e floresta plantada acontece devido a uma redução da área de floresta natural.

**Figura 21 - Projeção do Uso da Terra (em milhões de hectares) no Cenário de Referência para a Amazônia**



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados das simulações com o modelo REGIA

Observa-se que o modelo projeta entre 2006 a 2030, um aumento de 15 milhões de hectares nas áreas de pasto da Amazônia e que esta apresenta a trajetória mais ascendente de crescimento entre os diferentes usos da terra. A área total de lavoura também apresenta uma trajetória ascendente, com um aumento de mais de 5 milhões de hectares entre 2006 a 2030. A área de floresta plantada manteria um crescimento quase constante neste cenário, embora pequeno em magnitude, aumentando sua área total em quase 4 milhões de hectares em 2030. Entre 2006 a 2015, a área de floresta natural apresenta uma trajetória descendente que se torna mais acentuada a partir de 2016, apresentando uma redução total de 24 milhões de hectares em 2030, o que representa o desmatamento da Amazônia no período. Esse valor não é muito elevado se comparado ao desmatamento passado da região que foi de cerca de 30 milhões de hectares em 15 anos (de 1990 a 2005).

O cenário projetado de crescimento da economia gera um aumento na utilização dos fatores de produção. O comportamento da quantidade de terra para cada uso é determinado, principalmente, pela variação da remuneração dos usos. De um modo geral, pode-se constatar,

pelos resultados do modelo, que a remuneração do pasto está aumentando ao longo do tempo na Amazônia relativamente à remuneração dos demais usos de terra. Isto leva a um processo de conversão, principalmente, de áreas de floresta natural para áreas de pasto. Conforme explicitado no capítulo de módulo de uso da terra, a matriz de transição representa as possibilidades de conversão entre os usos e a direção desta conversão se dá basicamente de floresta natural para pasto, e deste para lavoura.

Outro fator que determina esse resultado são as projeções de aumento na demanda externa por bovinos e soja. Nessas projeções, o crescimento das exportações desses produtos contribui para tornar as áreas para pasto e lavoura mais atrativas, estimulando a conversão de floresta para usos agrícolas. No caso das áreas para floresta plantada, nota-se que esse crescimento quase linear é explicado pelo crescimento da economia que gera um aumento da produção na silvicultura e exploração florestal. Mas as possibilidades de conversão de floresta plantada são mais limitadas que para os demais usos na matriz de conversão. Isso significa que uma conversão maior em direção a este tipo de uso apenas seria possível com um significativo aumento da sua remuneração relativamente aos demais usos, o que não ocorre.

No caso de floresta natural, observa-se uma trajetória descendente ao longo do tempo que possibilita o aumento das áreas dos sistemas agroflorestais na Amazônia. Este fato pode ser interpretado como um aumento da remuneração dos demais usos relativamente à remuneração de floresta natural, o que leva a uma conversão desta para os usos agrícolas. Assumiu-se no modelo que a remuneração deste uso seria igual à variação do índice de preços ao consumidor. Portanto, a conversão de áreas de floresta natural para os demais usos vai depender desse índice relativamente às outras remunerações de uso da terra, assim como das possibilidades de conversão dadas pela matriz de transição e da elasticidade da oferta de terra regional que indica que quanto maior a área que pode potencialmente ser convertida, mais fácil a conversão.

Como cada mesorregião apresenta uma dinâmica própria de crescimento, apresentam-se agora os resultados desagregados para o uso da terra. A Tabela 25 mostra o que acontece em cada mesorregião da Amazônia com as áreas de lavoura, pasto, floresta plantada e floresta natural, em milhões de hectares no Cenário de Referência (variação acumulada entre 2006 a 2030). E a Figura 22 apresenta a variação percentual das áreas de lavoura, no acumulado entre 2006 a 2030, para cada mesorregião da Amazônia.

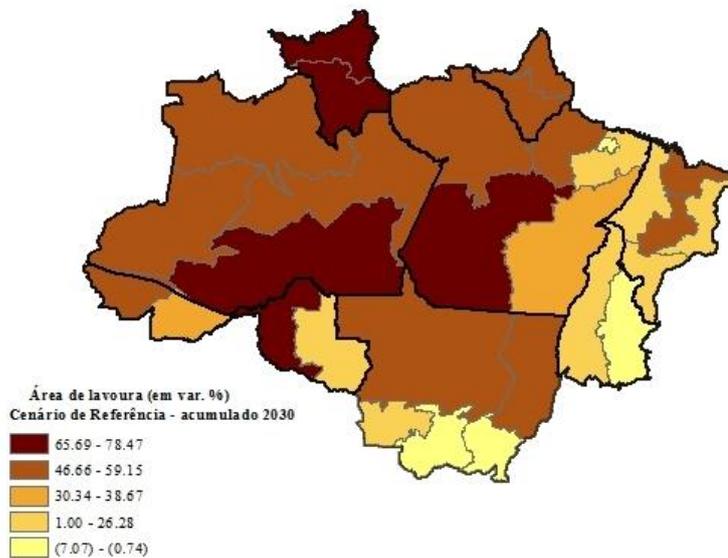
**Tabela 25 – Variação das áreas de lavoura, pasto, floresta plantada e floresta natural (em milhões de hectares) no Cenário de Referência – acumulado 2006 a 2030**

Mesorregiões	UF	Lavoura	Pasto	Floresta Plantada	Floresta Natural
		em milhões de hectares			
Madeira-Guaporé	RO	0.07	1.17	0.08	-1.31
Leste Rondoniense	RO	0.09	1.13	0.05	-1.26
Vale do Juruá	AC	0.15	0.10	0.04	-0.29
Vale do Acre	AC	0.26	0.47	0.02	-0.75
Norte Amazonense	AM	0.03	0.00	0.02	-0.06
Sudoeste Amazonense	AM	0.14	0.03	0.03	-0.21
Centro Amazonense	AM	0.28	0.18	0.15	-0.62
Sul Amazonense	AM	0.09	0.45	0.09	-0.64
Norte de Roraima	RR	0.05	0.09	0.02	-0.17
Sul de Roraima	RR	0.04	0.22	0.05	-0.31
Baixo Amazonas	PA	0.49	0.44	0.30	-1.24
Marajo	PA	0.23	0.04	0.07	-0.33
Metropolitana de Belém	PA	-0.04	0.01	0.05	-0.02
Nordeste Paraense	PA	0.21	0.00	0.60	-0.81
Sudoeste Paraense	PA	0.16	1.77	0.55	-2.47
Sudeste Paraense	PA	0.09	3.17	1.34	-4.60
Norte do Amapá	AP	0.03	0.01	0.01	-0.05
Sul do Amapá	AP	0.06	0.04	0.01	-0.11
Ocidental do Tocantins	TO	0.05	-0.17	-0.03	0.15
Oriental do Tocantins	TO	0.00	-0.10	0.00	0.11
Norte Maranhense	MA	0.39	0.14	0.00	-0.53
Oeste Maranhense	MA	0.04	0.89	0.01	-0.93
Centro Maranhense	MA	0.08	0.69	0.07	-0.84
Leste Maranhense	MA	0.01	0.01	0.00	-0.01
Sul Maranhense	MA	0.03	-0.01	0.00	-0.02
Norte Mato-Grossense	MT	2.11	2.88	0.18	-5.17
Nordeste Mato-Grossense	MT	0.38	1.04	0.05	-1.48
Sudoeste Mato-Grossense	MT	0.09	0.49	0.00	-0.58
Centro-Sul Mato-Grossense	MT	0.00	0.02	0.00	-0.01
Sudeste Mato-Grossense	MT	-0.01	0.01	-0.01	0.01

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados das simulações com o modelo REGIA

Analisando primeiramente as áreas de lavoura, nota-se pela Tabela 25 que a região que mais amplia essa área, considerando o cenário de referência, é o Norte Matogrossense com 2,11 milhões de hectares a mais em 2030. O crescimento do setor de soja, que representa aproximadamente 14% de tudo que é produzido no Norte Matogrossense, contribui para esse resultado. O Norte Matogrossense é o maior produtor de soja da Amazônia, e, portanto, o aumento da remuneração de terra para lavoura torna atrativa a conversão de outros usos de terra para este uso. As demais regiões citadas apresentam uma conversão em direção ao uso lavoura, principalmente devido ao crescimento dos setores de mandioca e outros produtos da lavoura.

**Figura 22 - Variação das áreas de lavoura no Cenário de Referência – var. % no acumulado 2006 a 2030**

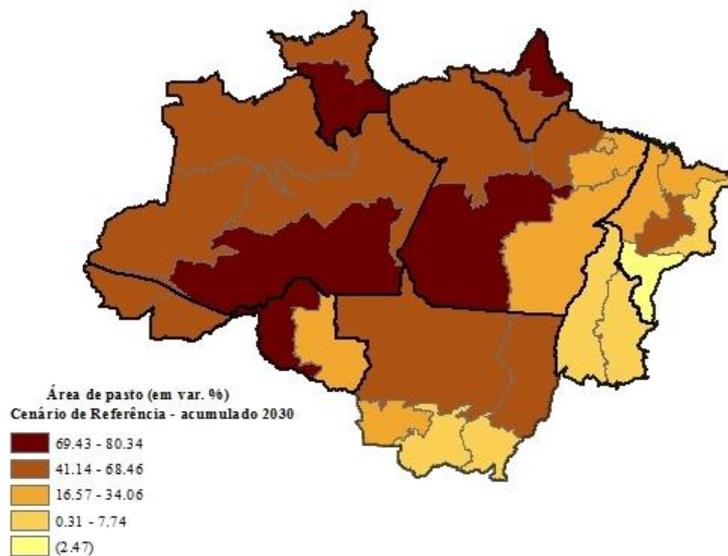


Fonte: Elaboração própria com base nos resultados das simulações com o modelo REGIA

A Figura 22 mostra a variação percentual acumulada entre 2006 a 2030 das áreas de lavoura em cada mesorregião. Norte de Roraima, Sul de Roraima, Sul Amazonense, Madeira Guaporé e o Sudoeste Paraense obtiveram a maior taxa de crescimento das áreas de lavoura, entre 65% a 78%. Este resultado é explicado pelo aumento da remuneração da lavoura em relação aos demais usos, elasticidades maiores da oferta da terra em cada mesorregião e possibilidades de conversão dada pela matriz de transição.

A Figura 23 apresenta a variação percentual acumulada das áreas de pasto para cada mesorregião entre 2006 a 2030.

**Figura 23 - Variação das áreas de pasto no Cenário de Referência – var. % no acumulado 2006 a 2030**



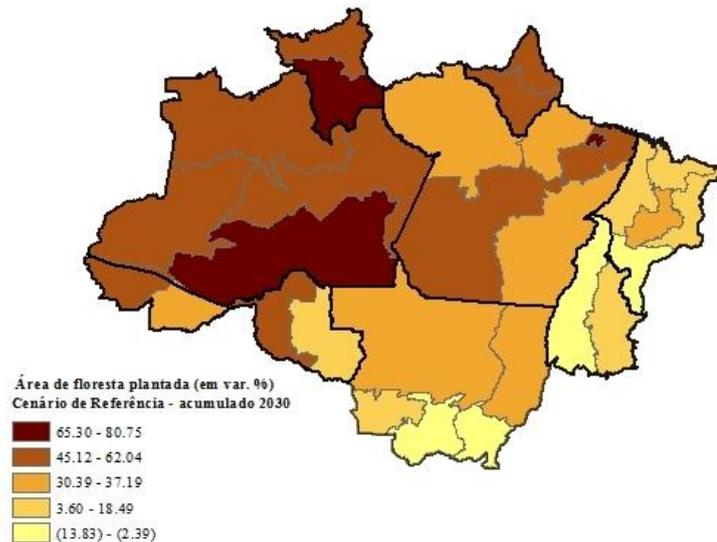
Fonte: Elaboração própria com base nos resultados das simulações com o modelo REGIA

Em relação ao pasto, a Tabela 25 indica que as áreas de pasto, em milhões de hectares, aumentam mais que as áreas de lavoura. Isso sugere que a remuneração do pasto também aumenta no Cenário de Referência. Além disso, a matriz de transição ilustra o fato de que é mais fácil a conversão de terra de florestas naturais para áreas de pasto do que para os demais usos. As mesorregiões Sudeste Paraense, Norte Matogrossense e Sudoeste Paraense apresentam a maior expansão da área para pasto. De acordo com base de dados do REGIA, essas regiões possuem mais de 13% de sua produção total no setor de pecuária. Além disso, a pecuária é impulsionada pelo crescimento das exportações de bovinos.

Em relação a variação percentual da área de pasto, a Figura 23 mostra que Madeira Guaporé, Sul Amazonense, Norte de Roraima, Sul de Roraima, Sudoeste Paraense e Norte do Amapá obtiveram as maiores taxas de crescimento, entre 69% a 81%. Com exceção da região Sul Amazonense, em que o setor de pecuária tem pouca representatividade, menos de 4% da produção desta mesorregião, as demais têm mais de 10% do seu PIB neste setor. Além disso, o Sudoeste Paraense é uma região com especialização na pecuária, que representa mais de 20% de toda a sua produção. Nas regiões mais claras da Figura 23, estão as mesorregiões que não possuem mais floresta natural para ser convertida em um uso produtivo. Isto explica o pequeno crescimento ou até mesmo uma pequena queda das áreas de pasto dessas regiões.

A Figura 24 mostra o crescimento percentual acumulado das áreas de floresta plantada na Amazônia em 2030.

**Figura 24 - Variação da área de floresta plantada no Cenário de Referência – var. % no acumulado 2006 a 2030**



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados das simulações com o modelo REGIA

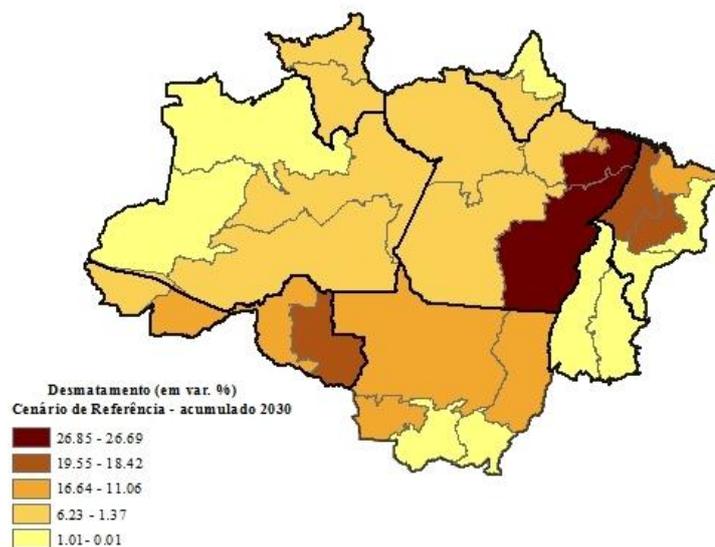
Em termos de área para floresta plantada, percebe-se pela Tabela 25 que o crescimento dessas áreas foi menor do que para os demais usos. Este resultado indica que o crescimento da remuneração deste tipo de uso foi relativamente menor do que os demais (com exceção do Sudeste Paraense que apresenta um aumento da área de floresta plantada de aproximadamente 1,4 milhões de hectares). O Sudeste Paraense é o maior produtor de silvicultura e exploração florestal da Amazônia Legal, correspondente a aproximadamente 25% de toda a produção. Destacam-se também regiões com crescimento da área de floresta plantada entre 0,15 a 0,60 milhões de hectares, como o Centro Amazonense, Baixo Amazonas, Nordeste Paraense, Sudoeste Paraense e Norte Matogrossense.

A Figura 24 ilustra o crescimento da área de floresta plantada em variação percentual. Neste caso, destacam-se o Sul Amazonense e o Sul de Roraima com o maior crescimento percentual, situando-se entre 65% a 81%. Essas regiões contribuem com aproximadamente 2% da produção de silvicultura na Amazônia, sugerindo que esse crescimento não seria

significativo para o aumento da produção total. Embora o Sudeste Paraense apresente, em milhões de hectares, o maior crescimento da área de floresta plantada, o seu crescimento em variação percentual é apenas mediano, situado na terceira categoria da Figura 24, entre 30 a 38%.

A próxima Figura 25 mostra o crescimento percentual acumulado entre 2006 a 2030 das áreas desmatadas, isto é, a redução das áreas de floresta natural em cada mesorregião.

**Figura 25 - Variação do desmatamento no Cenário de Referência – var. % no acumulado 2006 a 2030**



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados das simulações com o modelo REGIA

Pela Tabela 25, nota-se que o Norte Matogrossense e o Sudeste Paraense são as regiões que mais perderam área de floresta, 5,2 e 4,6 milhões de hectares, respectivamente. No Sudeste Paraense, 98% dessa redução se devem ao aumento das áreas de pasto (69%) e área de floresta plantada (29%). Isso se explica pela dinâmica econômica da região que está voltada à produção de bovinos e também apresenta destaque na produção de silvicultura. Já no Norte Matogrossense, da redução de cerca de 5 milhões de hectares da área de florestas, 55% ocorre em direção às áreas de pasto e 41% para lavoura (41%), pois essa é uma região que se destaca na produção de soja e bovinos.

Em variação percentual, o Sudeste e o Nordeste Paraense se destacam com taxas de desmatamento acumuladas entre 2006 a 2030 entre 25 a 27% (vide Figura 25). Essa taxa de

desmatamento significa a redução ocorrida nas áreas de florestas naturais em cada mesorregião. As mesorregiões que apresentam as menores taxas de desmatamento se encontram no Norte Amazonense, Sudoeste Amazonense e Norte de Roraima. Essas regiões possuem baixa representatividade na atividade agropecuária na Amazônia, e, portanto, a conversão de floresta natural para uso produtivo é pouco estimulada devido aos baixos retornos dos usos. Outras mesorregiões como o Sudeste Matogrossense, Oriental de Tocantins e Sul Maranhense apresentam baixas taxas de desmatamento devido à restrição de oferta de terra (áreas de floresta natural).

A correlação entre os resultados de variação na taxa de desmatamento com o crescimento percentual da produção da soja e bovinos é pequena. Embora a produção de bovinos apresente uma correlação maior, este resultado mostra que não é apenas o crescimento desses dois setores que implica em uma conversão de floresta para uso agrícola no modelo REGIA. No modelo, outros mecanismos também são importantes para o aumento das taxas de desmatamento, como as relações intersetoriais e de comércio exterior, que também exerceriam influência na conversão de terra da região.

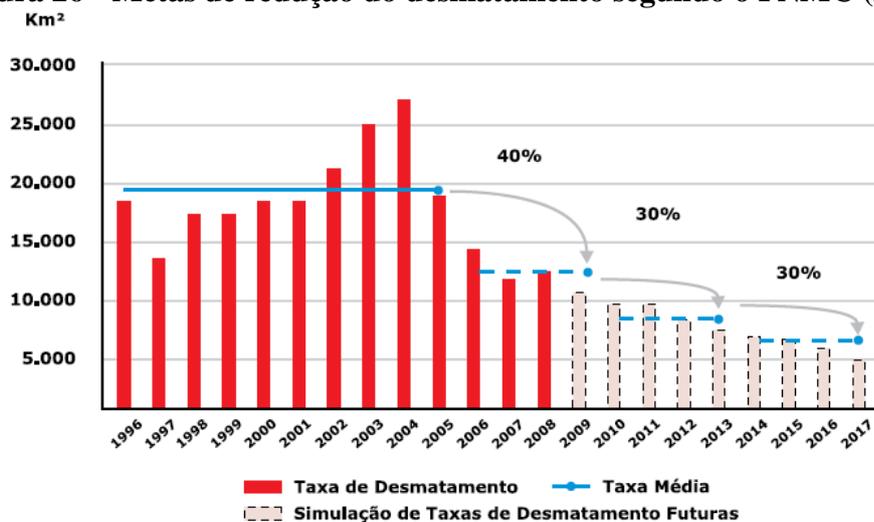
#### **4.3 Cenário de Política de Desmatamento**

O Plano Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC (2008) estipulou uma meta de redução de 80% do desmatamento até 2020. Essa meta está dentro da proposta voluntária brasileira de reduzir as emissões totais de gases de efeito estufa entre 36,1% a 38,9% em relação aos níveis de 1990. De acordo com o PNMC (2008), o que se busca é uma redução consistente do desmatamento em períodos quadrienais. O objetivo é reduzir o desmatamento em 30% em cada quadriênio até 2020, sempre comparado ao desmatamento do quadriênio anterior (vide Figura 26). Nesse sentido, vem sendo empreendido um esforço por parte do Governo Federal consubstanciado no Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAM), que teria resultado na diminuição de 59% da taxa anual de desmatamento entre 2004 a 2007 no bioma amazônico.

O primeiro exercício de simulação com o modelo busca capturar as características dessa política. Este cenário projeta os impactos nas mesorregiões da Amazônia Legal Brasileira de uma redução de 80% do desmatamento até 2020 e de uma redução de 100% entre 2021 a

2030, o que significa alcançar uma taxa de desmatamento zero. No modelo REGIA, o controle do desmatamento na Amazônia implica uma restrição à expansão do fator terra para uso produtivo na agropecuária. De um modo geral, a restrição na oferta de terra vai reduzir as possibilidades de conversão de áreas de floresta natural e demais usos para áreas produtivas, tais como lavoura, pasto e silvicultura.

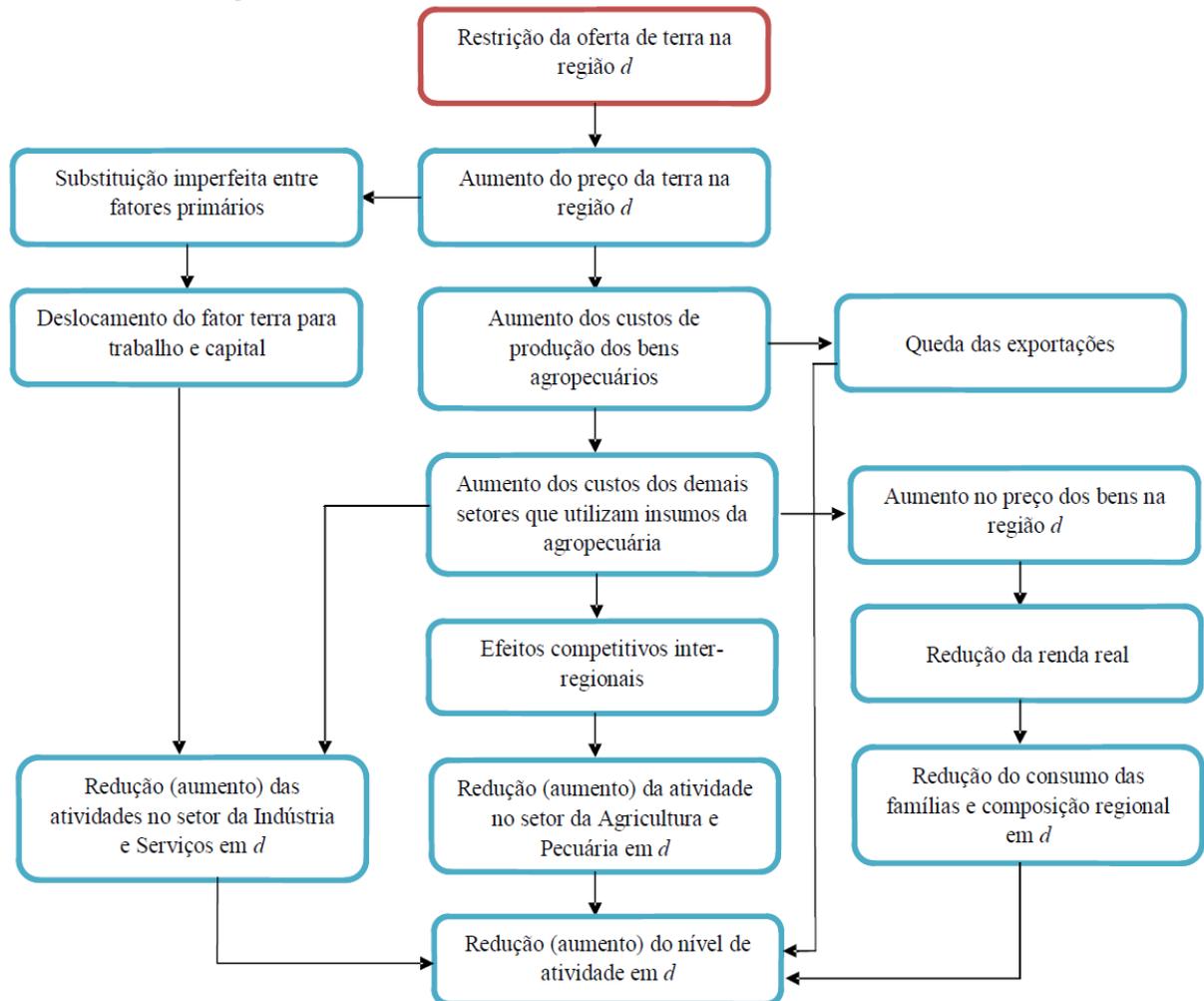
**Figura 26 - Metas de redução do desmatamento segundo o PNMC (2008)**



Fonte: PNMC (2008)

No modelo, o impacto inicial da restrição na oferta de terra é um aumento da remuneração da terra, com impactos econômicos negativos ao aumentar o custo de produção dos bens agropecuários, diminuindo, diretamente, o nível de atividade do setor e indiretamente via cadeia produtiva e efeito renda, o nível de atividade dos demais setores. Além disso, os choques de controle do desmatamento tendem a engendrar impactos mais intensos sobre as regiões que têm sua economia baseada na agropecuária. A Figura 27 mostra a direção desses mecanismos de causalidade do modelo REGIA.

**Figura 27 - Mecanismos de Causalidade do Modelo REGIA**



Fonte: Elaboração própria

Outro efeito desencadeado na simulação é que o fator mais caro incentiva uma substituição da terra em direção aos outros fatores primários (capital e trabalho). Mesmo com a substituição do fator terra por trabalho e capital, pode haver uma redução no emprego e no investimento se o efeito atividade (queda da produção) for mais intenso que o efeito substituição (substituição entre os fatores terra, trabalho e capital). O aumento dos preços dos produtos e a queda do nível de emprego podem ter um impacto de redução no consumo das famílias. Como o modelo é inter-regional, a restrição do desmatamento também provoca uma realocação da produção em direção às regiões menos prejudicadas. Estes impactos são consistentemente projetados pelo modelo REGIA visto que leva em conta esta interdependência regional.

A política de controle de desmatamento, ao evitar a incorporação de novas áreas de florestas para a agropecuária, faz com os produtores da região sofram um aumento de custos, à medida

que uma maior produção só seria possível com o aumento da utilização de outros insumos e fatores. Sendo a terra na Amazônia um fator relativamente barato em relação aos demais insumos, a sua restrição elevaria seu preço, pressionando o custo dos produtores da região. Estes, muitas vezes pequenos proprietários, não têm os recursos necessários para investir em diferentes métodos de produção e optam pelas queimadas e derrubadas da floresta para obterem uma maior produção. E a política de controle reduz essa possibilidade.

A redução na oferta de terra também tem efeito sobre as exportações, de acordo com o modelo, pois o aumento dos preços dos produtos na região torna os produtos exportados relativamente mais caros que os produtos importados. Logo, as regiões mais afetadas serão aquelas com a economia voltada principalmente às atividades agroexportadoras. Em síntese, o efeito líquido destas causalidades diretas e indiretas que apontará o impacto sobre o nível de atividade de cada mesorregião, e este efeito é determinado pelas características e integração do comércio regional, assim como pela própria estrutura produtiva das regiões.

#### ***4.3.1 Impactos da Política de Controle de Desmatamento nos Indicadores Macroeconômicos Regionais***

Nesta seção, analisam-se os resultados regionais da política de controle de desmatamento para o período entre 2012 a 2030. Estes resultados são reportados como o desvio percentual acumulado (2012-2030) em relação ao cenário de referência. De acordo com os mecanismos do REGIA, essa política implica em uma restrição à expansão da oferta de terra que visa ampliar as áreas agrícolas em detrimento de áreas de florestas naturais (desmatamento). Assim, pretende-se verificar se esse controle do desmatamento geraria perdas econômicas regionais, as mesorregiões mais afetadas e o tamanho desse impacto. A Tabela 26 apresenta os resultados por mesorregião dos principais indicadores macroeconômicos. Em geral, nota-se que o impacto da política de controle não seria elevado.

As seis mesorregiões com maiores impactos negativos no PIB seriam: Norte Matogrossense (-3,6%), Nordeste Matogrossense (-3%), Sudoeste Matogrossense (-2,1%), Marajó, Baixo Amazonas e Leste Rondoniense (com aproximadamente -1,7% cada de redução do PIB em relação ao cenário de referência). A interpretação correta desses resultados, por exemplo, é que o Norte Matogrossense obterá um crescimento acumulado 3,6% menor do que o obtido no cenário de Referência (em que não há controle de desmatamento). Neste caso, ao invés de

obter um crescimento acumulado de 133,6% entre 2006 a 2030, o crescimento do Norte Matogrossense seria de 130%.

**Tabela 26 - Resultados regionais da Política de Controle do Desmatamento - desvio acumulado 2012-2030 em relação ao Cenário de Referência (em var. %)**

Mesorregiões	UF	PIB regional	Consumo das Famílias	Governo	Investimento	Emprego	Exportações	Importações
Madeira-Guaporé	RO	-1.12	-1.08	-1.08	-1.82	-1.10	-0.19	-0.92
Leste Rondoniense	RO	-1.69	-1.58	-1.58	-2.71	-1.61	-0.23	-1.24
Vale do Juruá	AC	-1.25	-1.13	-1.13	-1.86	-1.16	-0.07	-1.13
Vale do Acre	AC	-1.37	-1.27	-1.27	-2.08	-1.29	-0.10	-1.25
Norte Amazonense	AM	-1.66	-1.12	-1.12	-2.15	-1.14	0.01	-1.53
Sudoeste Amazonense	AM	-1.46	-1.26	-1.26	-2.00	-1.28	0.04	-0.98
Centro Amazonense	AM	-0.72	-0.73	-0.73	-1.26	-0.75	-0.25	-0.62
Sul Amazonense	AM	-0.80	-0.73	-0.73	-1.26	-0.75	0.04	-0.42
Norte de Roraima	RR	-1.02	-0.98	-0.98	-1.65	-1.01	-0.08	-1.04
Sul de Roraima	RR	-0.61	-0.58	-0.58	-1.04	-0.60	-0.04	-0.57
Baixo Amazonas	PA	-1.66	-1.44	-1.44	-2.10	-1.46	-0.36	-1.16
Marajó	PA	-1.70	-1.22	-1.22	-1.90	-1.25	-0.01	-0.94
Metropolitana de Belém	PA	-0.66	-0.65	-0.65	-1.19	-0.67	-0.25	-0.65
Nordeste Paraense	PA	-0.86	-0.62	-0.62	-1.73	-0.64	-0.15	-0.81
Sudoeste Paraense	PA	-0.62	-0.52	-0.52	-1.12	-0.54	-0.12	-0.45
Sudeste Paraense	PA	-0.65	-0.58	-0.58	-1.06	-0.60	-0.25	-0.48
Norte do Amapá	AP	-0.66	-0.58	-0.58	-1.10	-0.61	-0.06	-0.64
Sul do Amapá	AP	-0.84	-0.83	-0.83	-1.38	-0.85	-0.11	-0.84
Ocidental do Tocantins	TO	-0.05	-0.04	-0.04	-0.11	-0.06	-0.09	-0.02
Oriental do Tocantins	TO	0.06	0.09	0.09	-0.06	0.06	-0.07	0.05
Norte Maranhense	MA	-0.69	-0.65	-0.65	-1.11	-0.67	-0.26	-0.71
Oeste Maranhense	MA	-1.09	-0.93	-0.93	-1.63	-0.95	-0.28	-0.80
Centro Maranhense	MA	-1.38	-1.08	-1.08	-1.95	-1.10	-0.29	-0.96
Leste Maranhense	MA	-0.23	-0.22	-0.22	-0.59	-0.24	-0.23	-0.29
Sul Maranhense	MA	0.28	0.32	0.32	0.09	0.30	-0.15	0.11
Norte Mato-Grossense	MT	-3.56	-3.04	-3.04	-4.46	-3.06	-0.34	-2.30
Nordeste Mato-Grossense	MT	-2.96	-2.49	-2.49	-3.62	-2.51	-0.39	-2.08
Sudoeste Mato-Grossense	MT	-2.14	-1.94	-1.94	-3.26	-1.96	-0.33	-1.39
Centro-Sul Mato-Grossense	MT	-0.96	-1.00	-1.00	-1.66	-1.03	-0.21	-0.97
Sudeste Mato-Grossense	MT	0.14	0.17	0.17	-0.03	0.14	-0.15	0.15
Restante do Brasil	-	0.06	0.11	0.11	0.01	0.09	-0.11	0.05
Amazônia Legal	-	-1.06	-0.91	-0.93	-1.55	-0.98	-0.20	-0.82

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados das simulações com o modelo REGIA

Este maior impacto no Norte e Nordeste Matogrossense é explicado, em parte, por possuírem as mais altas participações da remuneração da terra no PIB de toda a Amazônia. Além disso, a agropecuária representa mais de 70% de tudo o que é produzido nestas regiões. Destaca-se também, que a queda do PIB no Norte Matogrossense é um resultado significativo, já que se trata de uma das maiores regiões da Amazônia, notadamente importante na produção de soja e bovinos, dois setores diretamente afetados pela política.

O Sudoeste Matogrossense, Baixo Amazonas e Leste Rondoniense possuem uma economia voltada às atividades agropecuárias, que representa mais de 50% da produção total em cada uma dessas regiões, explicando o impacto negativo. Outro fator importante nesse resultado é

que todas essas mesorregiões apresentaram uma grande área desmatada no cenário de referência, indicando que para ampliar às suas atividades agrícolas uma grande parte de área de florestas seria convertida. Portanto, a limitação dessa conversão teria maiores impactos adversos nessas mesorregiões.

A silvicultura e exploração florestal representam mais de 50% da produção em Marajó, sendo que outros 30% são distribuídos entre a produção agropecuária. Esse elevado grau de dependência econômica da produção agrícola e de silvicultura faz com que essa região também esteja entre as mais afetadas pela política de controle de desmatamento. Destaca-se também, que a queda no investimento e no consumo das famílias foram os maiores impulsionadores da queda do PIB dessas regiões. O Leste Rondoniense também sofreria uma maior queda do PIB, resultado importante já que a região é umas das maiores produtoras de bovinos da Amazônia, responsável por mais de 13% de toda a produção.

Como esperado, as mesorregiões que seriam menos afetadas pela política são aquelas que não apresentam áreas de florestas naturais para serem convertidas em uso produtivo foram, e algumas delas, como Sul Maranhense, Sudeste Matogrossense e Oriental de Tocantins, até mesmo apresentariam um pequeno ganho do PIB (0,35%, 0,20% e 0,12%, respectivamente). Esse resultado também pode ser explicado por meio da dinâmica do mercado de trabalho. O emprego vai aumentar nas regiões menos afetadas pela política, que conseqüentemente, apresentam um menor aumento de custos. Desse modo, essas regiões apresentam pequenos ganhos no PIB devido à migração inter-regional, já que regiões que são mais afetadas pela política liberam mão de obra, provocando uma queda no salário real, o que beneficia as demais regiões.

Por representar um aumento nos custos de produção da atividade agrícola, principal atividade econômica da maioria das mesorregiões da Amazônia, a política de controle de desmatamento também reduz as exportações. O aumento no custo da produção que é repassado ao preço final dos produtos torna o produto local relativamente mais caro que os importados, desestimulando as exportações. O efeito da queda na atividade também provoca uma redução das importações.

O investimento também sofre uma redução nas mesorregiões da Amazônia. Como as mesorregiões não podem mais converter terra para uso produtivo, as regiões procuram substituir o fator terra por trabalho e capital. Isso pressiona para baixo a relação

investimento/capital e, portanto, promove uma queda do investimento devido às taxas de retorno mais baixas. O emprego também apresenta uma redução, o que sugere que o efeito atividade (queda no PIB) é maior do que o efeito substituição (entre os fatores primários). A queda do emprego leva a uma conseqüente redução na renda familiar e no consumo, indicando que a política causa uma perda de bem-estar.

A Tabela 27 apresenta resultados desagregados de emprego por grupos setoriais.

**Tabela 27 – Resultados sobre o emprego da Política de Controle do Desmatamento - desvio acumulado 2012-2030 em relação ao Cenário de Referência (em var. %)**

Mesorregião	UF	Agricultura	Pecuária	Silvicultura	Indústria	Serviços	Público
Madeira Guaporé	RO	-0.97	-0.88	-1.38	-0.58	-1.29	-1.12
Leste Rondoniense	RO	-2.68	-1.23	-1.87	-0.80	-1.72	-1.57
Vale Juruá	AC	-1.20	-1.02	-1.67	-0.80	-1.20	-1.16
Vale Acre	AC	-1.42	-1.23	-2.57	-0.78	-1.23	-1.24
Norte Amazonense	AM	-1.01	0.00	-1.68	0.00	0.00	-0.84
Sudoeste Amazonense	AM	-1.14	-0.73	-1.98	-0.89	-1.27	-1.21
Centro Amazonense	AM	-1.60	-0.58	-1.70	-0.59	-0.85	-0.78
Sul Amazonense	AM	-0.64	-0.44	-0.42	-0.28	-1.05	-1.00
Norte de Roraima	RR	-1.79	-0.75	-0.89	-0.55	-0.93	-1.01
Sul de Roraima	RR	-0.38	-0.45	-0.28	-0.49	-0.65	-0.94
Baixo Amazonas	PA	-2.28	-1.31	-1.79	-0.63	-1.29	-1.20
Marajó	PA	-1.14	-0.96	-1.61	-0.38	-1.18	-0.92
Metropolitana de Belém	PA	-0.63	-0.47	0.33	-0.49	-0.71	-0.66
Nordeste Paraense	PA	-0.88	-0.76	0.04	-0.56	-0.87	-0.66
Sudoeste Paraense	PA	-0.53	-0.43	-0.23	-0.62	-0.89	-0.72
Sudeste Paraense	PA	-1.67	-0.57	-0.20	-0.52	-0.61	-0.61
Norte do Amapá	AP	-0.71	-0.66	-0.83	-0.33	-0.50	-0.78
Sul do Amapá	AP	-0.97	-0.89	-1.55	-0.54	-0.86	-0.85
Ocidental de Tocantins	TO	0.45	0.01	0.89	-0.13	-0.27	-0.17
Oriental de Tocantins	TO	1.73	0.06	1.02	0.05	-0.12	-0.05
Norte Maranhense	MA	-0.70	-0.81	-3.23	-0.54	-0.63	-0.68
Oeste Maranhense	MA	-1.84	-0.74	-1.99	-0.61	-0.90	-0.84
Centro Maranhense	MA	-3.06	-0.70	-1.76	-0.68	-0.85	-0.81
Leste Maranhense	MA	0.89	-0.12	0.59	-0.46	-0.58	-0.43
Sul Maranhense	MA	1.36	-0.10	0.67	-0.16	-0.05	-0.50
Norte Matogrossense	MT	-3.63	-1.60	-2.72	-1.61	-2.69	-2.36
Nordeste Matogrossense	MT	-3.11	-1.52	-2.90	-1.68	-1.78	-1.47
Sudoeste Matogrossense	MT	-5.34	-1.35	-3.05	-1.75	-2.21	-1.77
Centro-Sul Matogrossense	MT	0.52	-0.34	0.73	-0.76	-1.17	-1.18
Sudeste Matogrossense	MT	0.53	0.09	1.05	-0.31	-0.33	-0.59
Restante do Brasil	-	0.29	0.12	1.01	0.04	0.06	0.10
Amazônia Legal	-	-1.54	-0.76	-0.94	-0.65	-0.87	-0.93

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados das simulações com o modelo REGIA

Observa-se que ocorre uma redução maior do emprego na agricultura, pecuária e silvicultura e exploração florestal, que são afetados diretamente pela política de desmatamento. Contudo, devido às interligações do modelo entre setores, a Indústria, os Serviços e o Setor Público

também apresentam uma redução no emprego. Apenas as regiões fora da fronteira do desmatamento como Ocidental e Oriental de Tocantins, Sul e Leste Maranhense e Centro-Sul e Sudeste Matogrossense apresentam pequenos aumentos no emprego nas atividades agrícolas. Mas devido às ligações intersetoriais e inter-regionais, essas mesorregiões também sofrem queda do emprego na Indústria, Serviços e Setor Público. A Tabela 28 mostra os resultados dos indicadores regionais por estado. Nota-se que os estados que mais perderiam com o controle do desmatamento seriam: Mato Grosso, Rondônia, Acre e Pará.

**Tabela 28 - Resultados Estaduais da Política de Controle do Desmatamento - desvio acumulado 2012-2030 em relação ao Cenário de Referência (em var. %)**

Estados	PIB regional	Consumo das Famílias	Governo	Investimento	Emprego	Exportações	Importações
Rondônia	-1.55	-1.40	-1.37	-2.51	-1.50	-0.21	-1.15
Acre	-1.35	-1.24	-1.22	-2.05	-1.27	-0.10	-1.23
Amazonas	-0.73	-0.73	-0.80	-1.27	-0.76	-0.25	-0.62
Roraima	-0.79	-0.69	-0.72	-1.32	-0.71	-0.25	-0.64
Pará	-0.95	-0.92	-0.98	-1.57	-0.95	-0.07	-0.95
Amapá	-0.82	-0.81	-0.83	-1.34	-0.82	-0.11	-0.83
Tocantins	-0.01	0.01	0.02	-0.10	-0.02	-0.08	0.00
Maranhão	-0.74	-0.62	-0.72	-1.18	-0.68	-0.25	-0.64
Mato Grosso	-1.88	-1.63	-1.79	-2.52	-1.65	-0.26	-1.39
Amazônia Legal	-1.06	-0.91	-0.93	-1.55	-0.98	-0.20	-0.82

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados das simulações com o modelo REGIA

#### 4.3.2 Resultados Setoriais Agrícolas da Política de Controle do Desmatamento

Esta seção analisa os impactos setoriais agrícolas decorrentes da política de controle de desmatamento. A Tabela 29 apresenta os resultados para arroz em casca, milho em grão, cana de açúcar, soja em grão, outros de lavoura e mandioca. Nota-se que a política, ao restringir as possibilidades de conversão de florestas para uso produtivo na agricultura, provoca um impacto negativo na atividade de todos esses produtos. Os impactos positivos observados nas mesorregiões do Sudeste e Centro-Sul Matogrossense, Leste e Sul Maranhense, Ocidental e Oriental de Tocantins, assim como no Restante do Brasil se devem ao fato de que essas mesorregiões não são afetadas diretamente pela política de controle de desmatamento. Desse modo, há um deslocamento relativo dessas atividades produtivas em direção a essas mesorregiões, que não enfrentam o aumento de custos decorrente da restrição do fator terra.

Entre os setores apresentados na Tabela 29, a política de controle do desmatamento prejudicaria mais a produção de cana de açúcar e soja na Amazônia. Contudo, apenas a

produção de soja é representativa na região, correspondendo por aproximadamente 35% da produção nacional. A soja é considerada um dos principais vetores do desmatamento na Amazônia, e, por isso, um maior impacto negativo era esperado. Da soja da Amazônia, quase 60% da produção está no Norte Matogrossense, seguido pelo Sudeste e Nordeste Matogrossense, que juntos produzem mais 25%.

**Tabela 29 - Resultados Setoriais para o Nível de Atividade da Política de Controle de Desmatamento - desvio acumulado 2012-2030 em relação ao Cenário de Referência (em var. %)**

Mesorregião	UF	Arroz em Casca	Milho em Grão	Cana de Açúcar	Soja em Grão	Outros de Lavoura	Mandioca
Madeira Guaporé	RO	-3.31	-4.74	-	-	-1.22	-0.82
Leste Rondoniense	RO	-6.52	-7.59	-10.01	-8.05	-2.16	-1.41
Vale Juruá	AC	-8.51	-8.77	-	-	-2.31	-1.07
Vale Acre	AC	-8.70	-9.19	-	-	-2.43	-1.23
Norte Amazonense	AM	-	-	-	-	-2.06	-0.90
Sudoeste Amazonense	AM	-8.27	-8.45	-3.54	-	-2.16	-0.94
Centro Amazonense	AM	-7.23	-7.57	-11.58	-	-1.92	-0.90
Sul Amazonense	AM	-1.02	-2.88	-5.77	-2.05	-0.77	-0.55
Norte de Roraima	RR	-5.19	-5.95	-	-6.50	-1.43	-0.83
Sul de Roraima	RR	-0.72	-2.39	-	-1.18	-0.56	-0.44
Baixo Amazonas	PA	-8.89	-9.05	-	-9.45	-2.52	-1.40
Marajó	PA	-	-	-	-	-1.42	-1.02
Metropolitana de Belém	PA	-	-	-	-	-0.85	-0.57
Nordeste Paraense	PA	-3.11	-4.40	-	-4.43	-1.26	-0.69
Sudoeste Paraense	PA	-0.74	-2.47	-	-	-0.65	-0.50
Sudeste Paraense	PA	-4.31	-5.62	-9.04	-6.01	-1.53	-0.81
Norte do Amapá	AP	-	-	-	-	-1.67	-0.77
Sul do Amapá	AP	-7.32	-	-	-	-1.96	-0.92
Ocidental de Tocantins	TO	3.26	1.59	-	2.34	0.14	0.15
Oriental de Tocantins	TO	3.02	1.60	0.44	2.20	0.18	0.26
Norte Maranhense	MA	-2.95	-4.22	-	-	-1.06	-0.61
Oeste Maranhense	MA	-6.63	-7.72	-11.35	-	-2.22	-1.14
Centro Maranhense	MA	-8.18	-8.75	-13.18	-10.30	-2.40	-1.23
Leste Maranhense	MA	2.78	1.06	-0.56	1.85	0.07	-0.02
Sul Maranhense	MA	2.60	1.01	-0.41	1.63	0.10	0.19
Norte Matogrossense	MT	-5.91	-6.42	-10.66	-7.78	-2.28	-1.77
Nordeste Matogrossense	MT	-6.84	-8.43	-12.20	-9.08	-2.35	-1.52
Sudoeste Matogrossense	MT	-6.47	-7.42	-10.24	-7.94	-2.23	-1.83
Centro-Sul Matogrossense	MT	4.56	1.77	0.67	2.60	0.11	-0.27
Sudeste Matogrossense	MT	4.41	1.39	0.19	1.69	0.12	0.21
Restante do Brasil	-	0.90	0.45	0.17	1.48	0.09	0.28
Amazônia Legal	-	-4.39	-4.92	-8.51	-5.22	-1.16	-0.92

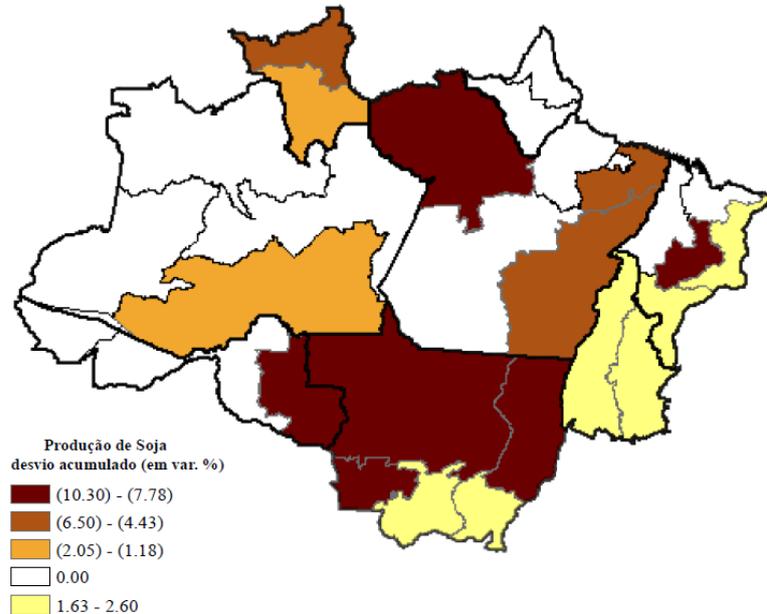
Fonte:

Elaboração própria com base nos resultados das simulações com o modelo REGIA

A Figura 28 ilustra os impactos da política na produção de soja da Amazônia. Nota-se que as mesorregiões que não apresentam variação não produzem soja ou a produção é praticamente nula. Observa-se que tanto o Norte como o Nordeste Matogrossense estão no intervalo das

regiões mais afetadas pela política. Conforme esperado, o Sudeste Matogrossense seria beneficiado por não estar no escopo da política.

**Figura 28 - Variação % da produção de soja da Política de Controle do Desmatamento (desvio acumulado 2012-2030 em relação ao Cenário de Referência)**



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados das simulações com o modelo REGIA

A Tabela 30 apresenta os resultados para os custos dos principais setores agrícolas (arroz em casca, soja em grão, mandioca, exploração florestal e silvicultura, e bovinos) da Amazônia. De modo geral, os custos de produção aumentariam mais nas regiões alvo da política de controle de desmatamento onde maior é essa variação do custo, e, conseqüentemente, maior é a queda do nível de atividade. A soja se destaca como o setor que apresenta as maiores variações nos custos de produção. O setor de bovinos, que também é considerado um importante vetor de desmatamento na região, apresenta um aumento de custos mais modesto. Isto se deve ao fato de que a remuneração do fator terra em áreas de pasto é significativamente menor do que em áreas de lavoura. Nota-se também, que as mesorregiões que apresentaram os maiores aumentos no custo de produção, são as mesorregiões com as maiores variações negativas na produção.

**Tabela 30 - Resultados Setoriais para o Índice de Custo de Produção da Política de Controle do Desmatamento - desvio acumulado 2012-2030 em relação ao Cenário de Referência (em var. %)**

Mesorregião	UF	Arroz em Casa	Soja em Grão	Mandioca	Exploração Florestal e Silvicultura	Bovinos
Madeira Guaporé	RO	2.55	-	0.38	1.05	0.51
Leste Rondoniense	RO	3.62	3.98	0.51	1.20	0.69
Vale Juruá	AC	4.05	-	0.48	1.19	0.68
Vale Acre	AC	4.19	-	0.52	1.58	0.78
Norte Amazonense	AM	-	-	0.42	1.16	-
Sudoeste Amazonense	AM	3.87	-	0.44	1.30	-
Centro Amazonense	AM	3.61	-	0.43	1.21	0.68
Sul Amazonense	AM	1.88	2.09	0.32	0.65	-
Norte de Roraima	RR	2.98	3.45	0.38	0.83	0.50
Sul de Roraima	RR	1.67	1.89	0.29	0.60	0.37
Baixo Amazonas	PA	4.43	4.94	0.58	1.17	0.84
Marajó	PA	-	-	0.38	1.12	0.63
Metropolitana de Belém	PA	-	-	0.33	0.32	0.40
Nordeste Paraense	PA	2.54	2.76	0.37	0.46	0.67
Sudoeste Paraense	PA	1.80	-	0.30	0.57	0.38
Sudeste Paraense	PA	3.11	3.33	0.40	0.55	0.48
Norte do Amapá	AP	-	-	0.40	0.83	0.52
Sul do Amapá	AP	3.77	-	0.43	1.11	0.62
Ocidental de Tocantins	TO	0.44	0.38	0.14	0.20	0.15
Oriental de Tocantins	TO	0.39	0.32	0.11	0.17	0.13
Norte Maranhense	MA	2.35	-	0.34	1.82	0.68
Oeste Maranhense	MA	3.92	-	0.50	1.31	0.56
Centro Maranhense	MA	4.27	4.73	0.51	1.20	0.50
Leste Maranhense	MA	0.59	0.55	0.18	0.27	0.20
Sul Maranhense	MA	0.59	0.54	0.14	0.28	0.18
Norte Matogrossense	MT	3.44	3.88	0.51	1.50	0.83
Nordeste Matogrossense	MT	3.98	4.45	0.56	1.50	0.84
Sudoeste Matogrossense	MT	3.66	4.04	0.54	1.66	0.78
Centro-Sul Matogrossense	MT	0.56	0.37	0.18	0.26	0.20
Sudeste Matogrossense	MT	0.71	0.46	0.16	0.25	0.18
Restante do Brasil	-	0.12	0.20	0.08	0.13	0.10

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados das simulações com o modelo REGIA

A Tabela 31 apresenta os resultados setoriais do nível de atividade para os setores Fumo em Folha, Algodão Herbáceo, Frutas Cítricas, Café em Grão e Exploração Florestal e Silvicultura. Observa-se que a política de controle de desmatamento causaria um impacto negativo em todas essas atividades. Contudo, apenas a produção de Algodão Herbáceo e Exploração Florestal e Silvicultura é significativa na Amazônia. A primeira está notadamente concentrada nas mesorregiões Sudeste e Norte Matogrossense, a segunda no Sudeste e Nordeste Paraense. A produção de Algodão apresenta uma redução no Norte e um pequeno aumento no Sudeste Matogrossense, que se beneficia por não fazer parte da política de controle do desmatamento.

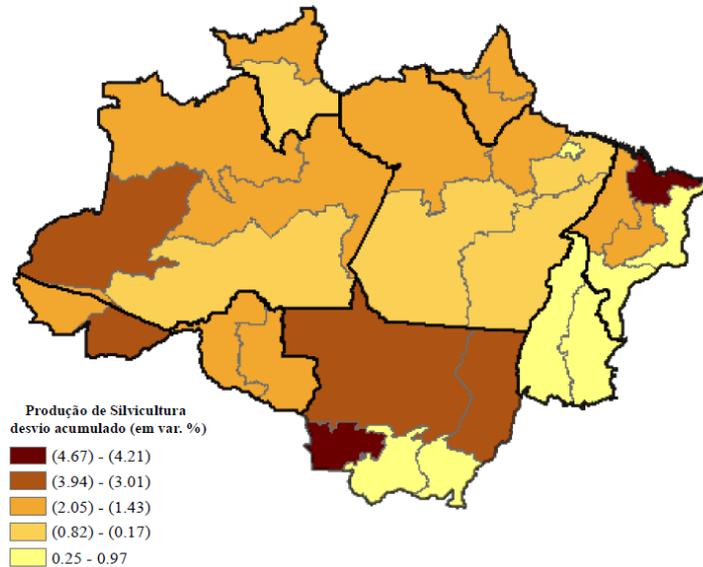
**Tabela 31 - Resultados Setoriais para o Nível de Atividade da Política de Controle de Desmatamento - desvio acumulado 2012-2030 em relação ao Cenário de Referência (em var. %)**

Mesorregião	UF	Fumo em Folha	Algodão Herbáceo	Frutas Cítricas	Café em Grão	Exploração Florestal e Silvicultura
Madeira Guaporé	RO	-	-	-2.32	-2.21	-2.12
Leste Rondoniense	RO	-	-	-3.23	-3.01	-2.69
Vale Juruá	AC	-2.98	-	-2.98	-	-2.56
Vale Acre	AC	-	-	-3.20	-3.55	-3.78
Norte Amazonense	AM	-	-	-2.40	-	-2.56
Sudoeste Amazonense	AM	-	-	-2.72	-1.62	-3.01
Centro Amazonense	AM	-	-	-2.44	-	-2.62
Sul Amazonense	AM	-1.55	-	-1.87	-1.65	-0.82
Norte de Roraima	RR	-	-	-2.28	-	-1.46
Sul de Roraima	RR	-	-	-	-	-0.64
Baixo Amazonas	PA	-	-	-3.31	-3.81	-2.57
Marajó	PA	-	-	-2.19	-	-2.43
Metropolitana de Belém	PA	-	-	-1.61	-	0.25
Nordeste Paraense	PA	-1.72	-	-1.73	-	-0.17
Sudoeste Paraense	PA	-	-	-1.58	-1.66	-0.55
Sudeste Paraense	PA	-	-	-2.07	-2.58	-0.49
Norte do Amapá	AP	-	-	-2.23	-	-1.43
Sul do Amapá	AP	-	-	-2.46	-	-2.39
Ocidental de Tocantins	TO	-	-	-0.29	-	0.84
Oriental de Tocantins	TO	-	0.52	-0.13	-	0.96
Norte Maranhense	MA	-	-	-1.78	-	-4.67
Oeste Maranhense	MA	-	-	-2.78	-	-2.95
Centro Maranhense	MA	-	-	-2.82	-	-2.64
Leste Maranhense	MA	-	-	-0.76	-	0.50
Sul Maranhense	MA	-	0.31	-0.43	-	0.52
Norte Matogrossense	MT	-	-1.86	-3.25	-3.58	-3.77
Nordeste Matogrossense	MT	-	-2.08	-3.09	-	-3.94
Sudoeste Matogrossense	MT	-	-2.23	-3.39	-3.80	-4.21
Centro-Sul Matogrossense	MT	-	0.03	-0.99	-	0.70
Sudeste Matogrossense	MT	-	0.22	-0.64	-	0.97
Restante do Brasil	-	-0.07	0.66	-0.01	0.03	0.95
Amazônia Legal	-	-21.85	-0.73	-2.03	-3.21	-1.49

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados das simulações com o modelo REGIA

O setor de Exploração Florestal e Silvicultura é importante na Amazônia e corresponde a mais de 50% da produção total brasileira. A Figura 29 ilustra a distribuição mesorregional dos impactos da política sobre o nível de atividade setorial na Silvicultura. Os maiores produtores, Sudeste e Nordeste Paraense, apresentam um impacto negativo apenas mediano. Este setor apresenta redução da produção relativamente menor à redução do setor de soja, já que não se trata de uma atividade determinante do processo de desmatamento na região. E por isso, a restrição na oferta de terra provoca um aumento menor em seus custos de produção (vide Tabela 28).

**Figura 29 - Variação % da produção de Exploração Florestal e Silvicultura da Política de Controle de Desmatamento (desvio acumulado 2012-2030 em relação ao Cenário de Referência)**



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados das simulações com o modelo REGIA

A Tabela 32 apresenta os impactos sobre o nível de atividade dos setores de Bovinos, Leite, Suínos, Aves, Ovos e Pesca. A conversão de áreas de florestas para pasto é reconhecidamente uma das principais causas do desmatamento na Amazônia. Contudo, a remuneração do fator terra para áreas de pasto é inferior à remuneração das áreas de lavoura. Isso leva a um impacto negativo menor nestes setores. O setor de Pesca apresenta resultados negativos, pois é afetado indiretamente pela política, por se tratar de um estreitamente ligado aos setores agrícolas via cadeia produtiva. Dos setores da pecuária, observa-se que os maiores impactos da restrição da oferta de terra ocorrem nos setores de Leite, Bovinos e Ovos.

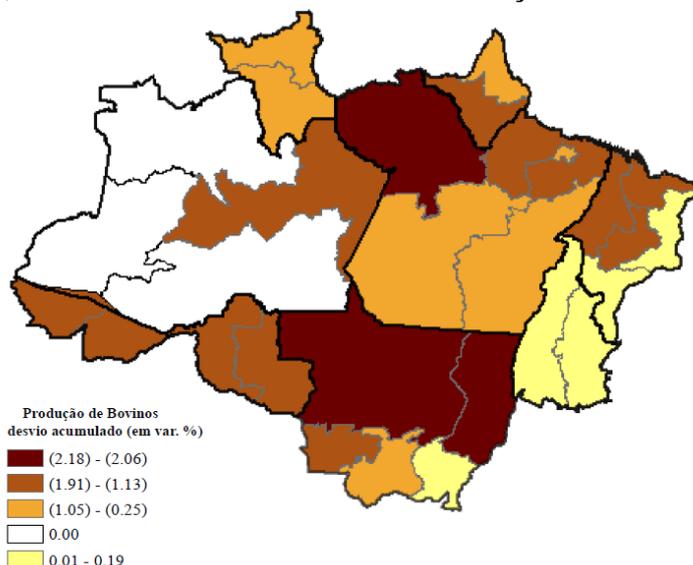
Destes, a produção de bovinos na Amazônia é mais significativa e representa aproximadamente 30% da produção nacional, destacando-se as mesorregiões do Leste Rondoniense, Sudeste Paraense e Norte, Sudoeste e Sudeste Matogrossense. Observa-se pela Figura 30, que essas regiões estão entre as mais afetadas negativamente pela política de controle de desmatamento.

**Tabela 32 - Resultados Setoriais para o Nível de Atividade da Política de Controle do Desmatamento - desvio acumulado 2012-2030 em relação ao Cenário de Referência (em var. %)**

Mesorregião	UF	Bovinos	Leite	Suínos	Aves	Ovos	Pesca e Aquicultura
Madeira Guaporé	RO	-1.13	-1.33	-0.72	-1.06	-1.10	-0.38
Leste Rondoniense	RO	-1.63	-1.83	-1.07	-1.37	-1.39	-0.40
Vale Juruá	AC	-1.55	-1.84	-0.74	-1.27	-1.28	-0.42
Vale Acre	AC	-1.86	-2.11	-0.99	-1.44	-1.36	-0.38
Norte Amazonense	AM	-	-	-	-	-	-0.46
Sudoeste Amazonense	AM	-	-	-0.87	-1.50	-1.37	-0.40
Centro Amazonense	AM	-1.48	-1.77	-0.62	-1.07	-1.12	-0.31
Sul Amazonense	AM	-	-	-0.40	-0.74	-0.97	-0.27
Norte de Roraima	RR	-1.05	-1.27	-0.60	-0.89	-1.00	-
Sul de Roraima	RR	-0.51	-	-0.33	-0.66	-0.83	-
Baixo Amazonas	PA	-2.06	-2.43	-0.98	-1.51	-1.64	-0.83
Marajó	PA	-1.48	-2.05	-0.74	-1.31	-1.16	-0.42
Metropolitana de Belém	PA	-0.67	-0.82	-0.39	-0.64	-0.88	-0.40
Nordeste Paraense	PA	-1.31	-1.70	-0.53	-0.95	-1.21	-0.57
Sudoeste Paraense	PA	-0.60	-0.70	-0.34	-0.59	-0.87	-0.32
Sudeste Paraense	PA	-0.90	-1.03	-0.45	-0.74	-0.90	-0.35
Norte do Amapá	AP	-1.05	-	-0.45	-	-	-0.30
Sul do Amapá	AP	-1.37	-	-0.52	-	-	-0.29
Ocidental de Tocantins	TO	0.10	-0.01	-0.05	-0.25	-0.30	-0.02
Oriental de Tocantins	TO	0.17	0.01	-0.03	-0.23	-0.28	0.04
Norte Maranhense	MA	-1.59	-1.85	-0.61	-1.13	-1.09	-0.34
Oeste Maranhense	MA	-1.25	-1.33	-0.58	-1.02	-1.06	-0.47
Centro Maranhense	MA	-1.15	-1.18	-0.52	-0.98	-1.07	-0.53
Leste Maranhense	MA	0.01	-0.15	-0.13	-0.29	-0.51	-0.15
Sul Maranhense	MA	0.08	-0.11	-0.13	-0.33	-0.40	-0.14
Norte Matogrossense	MT	-2.18	-2.56	-1.25	-1.65	-1.97	-1.02
Nordeste Matogrossense	MT	-2.13	-2.46	-1.17	-1.58	-1.89	-1.12
Sudoeste Matogrossense	MT	-1.91	-2.09	-1.05	-1.46	-1.45	-0.64
Centro-Sul Matogrossense	MT	-0.25	-0.24	-0.42	-0.55	-0.78	-0.38
Sudeste Matogrossense	MT	0.19	0.11	-0.02	-0.12	-0.44	-0.17
Restante do Brasil	-	0.26	0.09	0.11	0.03	-0.02	0.12
Amazônia Legal	-	-1.11	-1.31	-0.58	-0.95	-1.11	-0.43

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados das simulações com o modelo REGIA

**Figura 30 - Variação % da produção de Bovinos da Política de Controle do Desmatamento (desvio acumulado 2012-2030 em relação ao Cenário de Referência)**



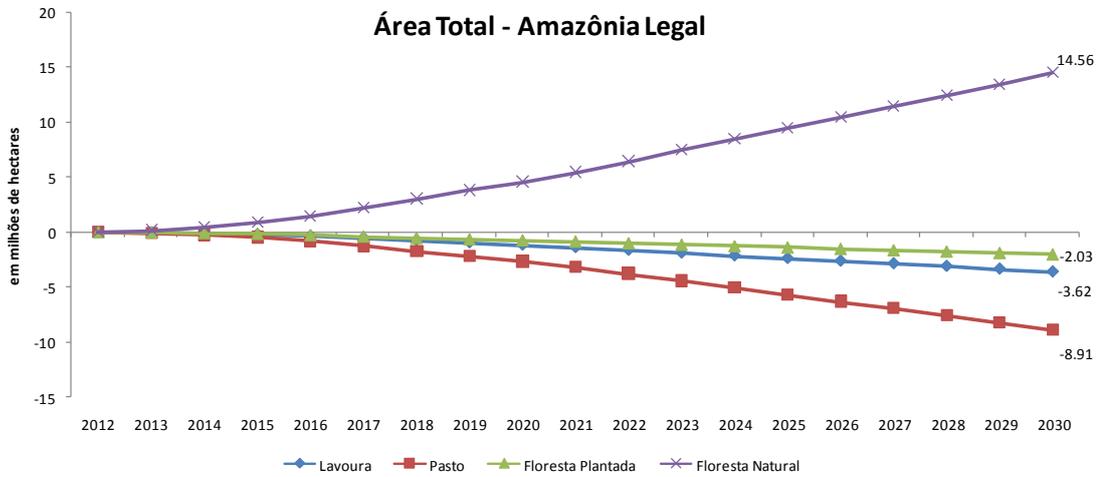
Fonte: Elaboração própria com base nos resultados das simulações com o modelo REGIA

#### ***4.3.3 Resultados de Uso da Terra decorrentes da Política de Controle de Desmatamento***

Na simulação, a variação mesorregional da área de floresta natural é fixada exogenamente de acordo com a meta de redução do desmatamento em 80% até 2020 do PNMC (2008) e a meta de desmatamento zero de 2021 a 2030. Desse modo, os demais usos de terra (lavoura, pasto e floresta plantada) devem se ajustar endogenamente a esta política de restrição da oferta de terra.

A Figura 31 ilustra a projeção do uso da terra na Amazônia no cenário de política de controle do desmatamento. Com a meta de redução, o desmatamento agregado na Amazônia iria cair ao longo do tempo. Isso pode ser observado pela trajetória ascendente da área de floresta natural que aumenta 14,56 milhões de hectares em 2030 em relação ao Cenário de Referência. Isto significa que o desmatamento na Amazônia para o período total entre 2006 a 2030 seria de apenas 10 milhões de hectares e não de 24,55 milhões como no Cenário de Referência. Para que a área total da região seja fixa, o crescimento de um determinado uso da terra implica na redução de um ou mais usos. Desse modo, nota-se que o aumento da área de floresta natural só é possível com a redução das áreas de lavoura, pasto e floresta plantada.

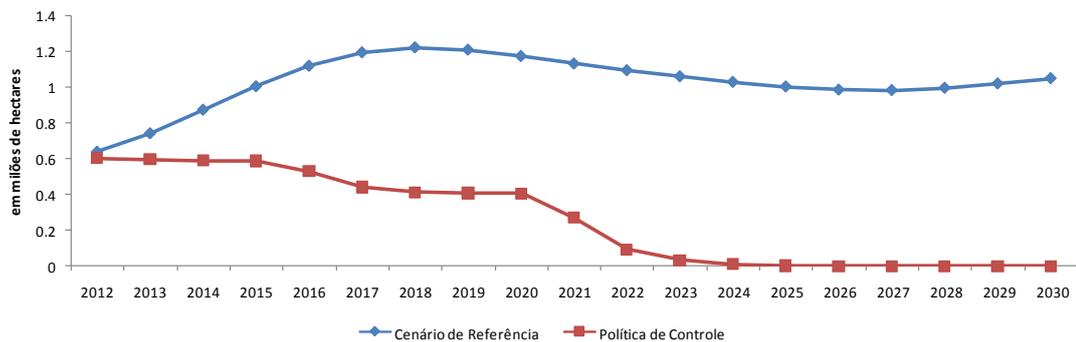
**Figura 31 - Projeção do Uso da Terra no Cenário de Política de Controle do Desmatamento para a Amazônia (em desvio em relação ao Cenário de Referência)**



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados das simulações com o modelo REGIA

A Figura 33 apresenta a diferença das trajetórias do desmatamento anual entre o Cenário de Referência e o Cenário de Política de Controle. Observa-se que a política visa reduzir o desmatamento em 80% até 2020, de acordo com a proposta estabelecida no PNMC (2008). A partir de 2021 é considerada uma política de redução zero do desmatamento.

**Figura 32 - Desmatamento anual: Cenário de Referência x Política de Controle entre 2012 a 2030 (em milhões de hectares)**



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados das simulações com o modelo REGIA

As áreas de pasto sofreriam a maior redução com a restrição na oferta de terra, já que a conversão de terra estabelecida no REGIA pressupõe que as áreas de floresta natural são primeiramente convertidas em pasto. Portanto, essas áreas que cresceriam cerca de 15 milhões

de hectares no Cenário de Referência, aumentariam somente 6,3 milhões de hectares com a política de desmatamento. Após, as áreas de lavoura e as áreas de floresta plantada também apresentariam uma queda com o controle do desmatamento. A primeira que teria um aumento de sua área em aproximadamente 5,6 milhões no Cenário de Referência, passaria para um crescimento de apenas 2 milhões de hectares com a política. E as áreas de floresta plantada cresceriam 1,7 milhões de hectares até 2030 e não mais os 3,7 milhões do Cenário de Referência.

**Tabela 33 - Variação das áreas de lavoura, pasto, floresta plantada e floresta natural (em milhões de hectares) no Cenário de Política – acumulado 2012 a 2030**

Mesorregiões	UF	Lavoura	Pasto	Floresta Plantada	Floresta Natural
		em milhões de hectares			
Madeira-Guaporé	RO	-0.03	-0.52	-0.06	0.61
Leste Rondoniense	RO	-0.08	-0.77	-0.07	0.92
Vale do Juruá	AC	-0.11	-0.06	-0.03	0.20
Vale do Acre	AC	-0.20	-0.34	-0.03	0.57
Norte Amazonense	AM	-0.02	0.00	-0.02	0.04
Sudoeste Amazonense	AM	-0.09	-0.02	-0.03	0.15
Centro Amazonense	AM	-0.19	-0.12	-0.13	0.44
Sul Amazonense	AM	-0.03	-0.16	-0.04	0.24
Norte de Roraima	RR	-0.03	-0.05	-0.01	0.09
Sul de Roraima	RR	-0.01	-0.08	-0.02	0.11
Baixo Amazonas	PA	-0.38	-0.32	-0.22	0.92
Marajo	PA	-0.12	-0.02	-0.06	0.20
Metropolitana de Belém	PA	-0.01	-0.01	-0.01	0.03
Nordeste Paraense	PA	-0.21	-0.18	-0.16	0.55
Sudoeste Paraense	PA	-0.06	-0.58	-0.20	0.84
Sudeste Paraense	PA	-0.06	-1.44	-0.46	1.96
Norte do Amapá	AP	-0.02	-0.01	0.00	0.03
Sul do Amapá	AP	-0.04	-0.02	-0.01	0.07
Ocidental do Tocantins	TO	0.01	-0.01	0.00	0.00
Oriental do Tocantins	TO	0.00	0.00	0.00	0.00
Norte Maranhense	MA	-0.18	-0.10	-0.04	0.33
Oeste Maranhense	MA	-0.06	-0.50	-0.07	0.62
Centro Maranhense	MA	-0.07	-0.31	-0.07	0.45
Leste Maranhense	MA	0.00	0.00	0.00	0.00
Sul Maranhense	MA	0.00	0.00	0.00	0.00
Norte Mato-Grossense	MT	-1.27	-2.10	-0.21	3.58
Nordeste Mato-Grossense	MT	-0.27	-0.79	-0.06	1.12
Sudoeste Mato-Grossense	MT	-0.08	-0.40	-0.03	0.51
Centro-Sul Mato-Grossense	MT	0.00	0.00	0.00	0.00
Sudeste Mato-Grossense	MT	0.00	0.00	0.00	0.00

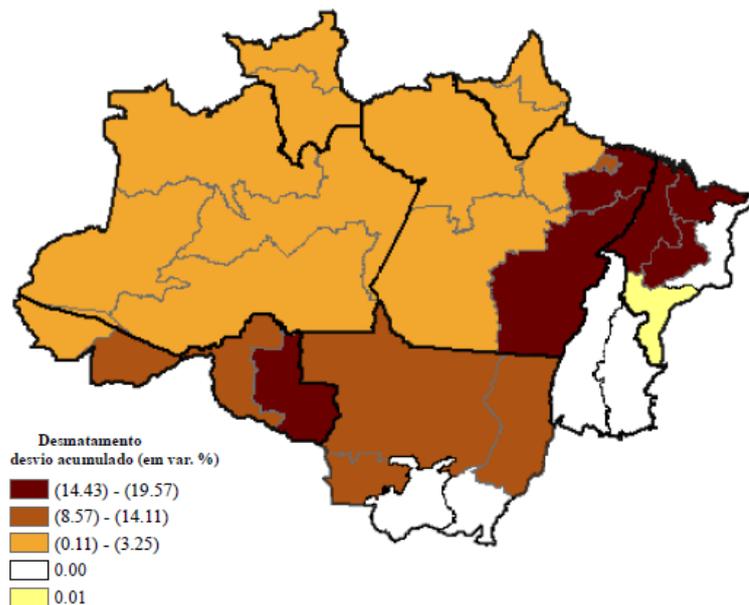
Fonte: Elaboração própria com base nos resultados das simulações com o modelo REGIA

Conforme os resultados apresentados nas seções anteriores, os choques de redução do desmatamento provocam uma restrição na expansão do uso do fator terra, aumentando os custos de produção dos diversos setores. Contudo, cada mesorregião será impactada de forma

diferenciada de acordo com o tamanho do desmatamento na região, estrutura produtiva, relações intersetoriais e inter-regionais. A Tabela 33 apresenta os resultados para os diferentes tipos de usos da terra (em milhões de hectares) por mesorregião.

O choque de política aumenta a quantidade de terra alocada no uso de floresta natural, e nota-se, pela Tabela 33, que o Norte Matogrossense e o Sudeste Paraense seriam as regiões com as maiores áreas (em milhões de hectares) a serem preservadas. A Figura 33 ilustra a redução do desmatamento em variação percentual acumulada entre 2012 a 2030, que é resultado das metas da política. As regiões com as maiores reduções nas taxas de desmatamento seriam o Leste Rondoniense, Sudeste e Nordeste Paraense. A Figura 33 mostra que essas regiões teriam taxas de desmatamento entre 14 a 20% menores em 2030 do que o apresentado no Cenário de Referência.

**Figura 33 - Variação % do desmatamento da Política de Controle do Desmatamento – desvio acumulado de 2012 a 2030 em relação ao Cenário de Referência**

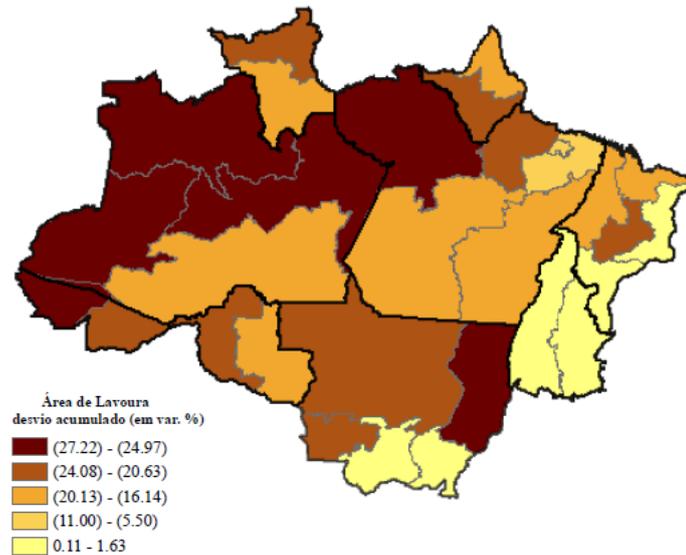


Fonte: Elaboração própria com base nos resultados das simulações com o modelo REGIA

Em relação à área de lavoura, observa-se pela Tabela 33 que as mesorregiões com uma maior redução em hectares seriam: Norte Matogrossense, Baixo Amazonas, Nordeste Matogrossense, Nordeste Paraense e Vale do Acre. Em comum, essas mesorregiões têm os produtos/setores da agricultura como os mais relevantes em suas estruturas produtivas e são as

regiões que obteriam o maior aumento da área de lavoura no cenário de crescimento econômico sem controle do desmatamento. Nessas regiões, a política de controle de desmatamento causaria uma queda mais intensa na produção da agricultura, explicando a maior redução das áreas de lavoura.

**Figura 34 - Variação % das áreas de lavoura da Política de Controle do Desmatamento - desvio acumulado de 2012 a 2030 em relação ao Cenário de Referência**

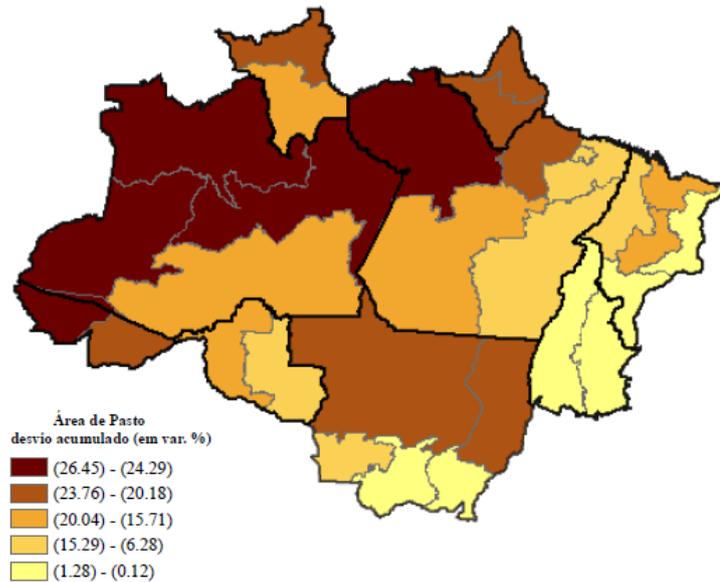


Fonte: Elaboração própria com base nos resultados das simulações com o modelo REGIA

A Figura 34 mostra a variação percentual acumulada entre 2012 a 2030 das áreas de lavoura em cada mesorregião. Sudoeste, Centro e Norte Amazonense, Baixo Amazonas, Vale do Juruá e Nordeste Matogrossense apresentariam as maiores reduções (em variação percentual) das áreas de lavoura em relação ao Cenário de Referência, entre 24% a 28%. Essas regiões apresentam um maior aumento na remuneração (preço) do fator terra para o uso na Agricultura. Essa maior redução na área de lavoura dessas regiões pode ser explicada pelo aumento crescente dos custos de produção relativamente às demais regiões, que ocorre devido a impossibilidade de conversão de terra para uso agrícola na Política de Controle.

A Figura 35 apresenta a variação percentual acumulada das áreas de pasto para cada mesorregião entre 2006 a 2030. De modo geral, pode-se afirmar que as áreas de pasto apresentariam redução maior do que os demais usos em relação ao Cenário de Referência.

**Figura 35 - Variação % das áreas de pasto da Política de Controle do Desmatamento - desvio acumulado de 2012 a 2030 em relação ao Cenário de Referência**



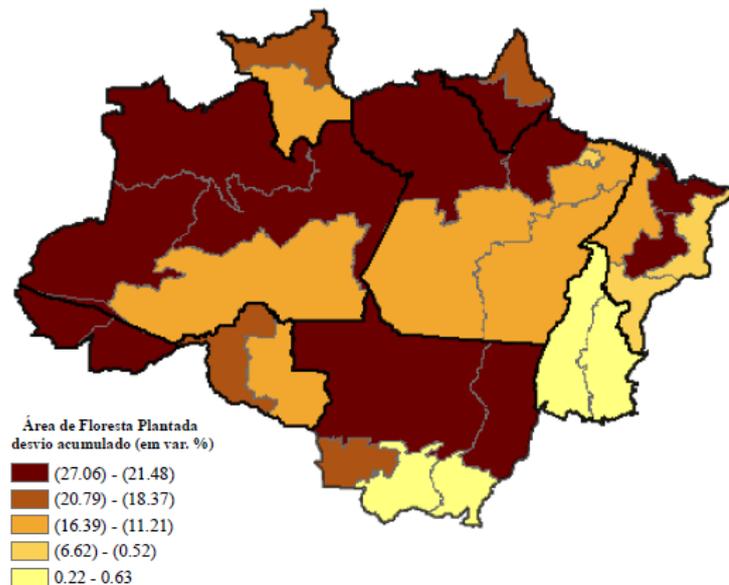
Fonte: Elaboração própria com base nos resultados das simulações com o modelo REGIA

Em relação ao pasto, a Tabela 33 indica que essa área, em milhões de hectares, se reduziria mais que as áreas de lavoura na maioria das mesorregiões da Amazônia. A explicação para essa redução maior nas áreas de pasto reside no fato de que o REGIA supõe que a conversão das áreas de floresta se dá em direção à área de pasto, primeiramente. Desse modo, a política de controle de desmatamento impacta diretamente nesta conversão. As mesorregiões Sudeste e Sudoeste Paraense, Norte e Nordeste Matogrossense, e Leste Rondoniense teriam a maior redução da área para pasto. Esse resultado é explicado pela estrutura produtiva dessas mesorregiões, importantes produtoras de bovinos na Amazônia.

Em relação a variação percentual da área de pasto, a Figura 35 mostra que Vale do Juruá, Norte, Sudoeste e Centro Amazonense, e Baixo Amazonas, obtiveram as maiores reduções, entre 24% a 27%. Essas mesorregiões, assim como ocorreu nos setores de lavoura, foram as que apresentaram o maior aumento do preço da terra para uso nos setores da pecuária. Observa-se, portanto, que as regiões que possuem áreas maiores de floresta natural seriam mais afetadas pela política de controle de desmatamento e apresentariam uma variação maior (redução) das áreas para uso produtivo assim como um aumento maior dos custos de produção. Nas regiões mais claras da Figura, estão as mesorregiões que não possuem mais floresta natural para ser convertida em um uso produtivo, o que explica o menor impacto em suas áreas de pasto.

A Figura 36 mostra a variação percentual acumulado das áreas de floresta plantada na Amazônia entre 2012 a 2030.

**Figura 36 - Variação % das áreas de floresta plantada da Política de Controle do Desmatamento - desvio acumulado de 2012 a 2030 em relação ao Cenário de Referência**



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados das simulações com o modelo REGIA

Em termos de área para floresta plantada, percebe-se pela Tabela 33 que a redução dessas áreas é menos intensa do que para os demais usos. Este resultado indica que o crescimento do custo de produção deste uso é relativamente menor do que os demais. Contudo, pode-se destacar a redução da área de floresta plantada no Sudeste Paraense e em Baixo Amazonas. O Sudeste Paraense é o maior produtor da Amazônia Legal de Exploração Florestal e Silvicultura e Baixo Amazonas também apresenta uma produção concentrada neste setor. A Figura 36 ilustra a redução da área de floresta plantada em variação percentual. Neste caso, destacam-se também as regiões com maiores áreas passíveis à conversão de terra e que, com a restrição da política, têm uma variação maior nos custos de produção, principalmente no preço da terra.

#### 4.4 Efeitos Econômicos do Ganho de Produtividade da Terra na Amazônia

Conforme os resultados das simulações apresentadas, uma restrição da expansão da oferta de terra imposta pelo controle de desmatamento na Amazônia pode causar perdas econômicas nas regiões, dado a relevância da produção agropecuária em sua estrutura produtiva. Entretanto, pode-se pensar numa proposta de desenvolvimento econômico para a região que permita a manutenção da floresta (política de controle do desmatamento) e evite perdas econômicas, por meio de ganhos de produtividade e intensificação do uso do fator terra. Segundo Rebello e Homma (2005), o aumento da produtividade da terra reduziria as pressões sobre os recursos naturais e melhoraria os indicadores socioeconômicos regionais.

A agricultura na Amazônia apresenta uma grande heterogeneidade tecnológica, com alguns produtores utilizando transplante de embriões, mecanização e alta produtividade, e outros se dedicando a agricultura de derruba e queima. Há, portanto, a necessidade de se aumentar a produtividade, tanto da terra como da mão-de-obra, de modo a reduzir a utilização dos recursos naturais com a contínua incorporação de novas áreas derrubadas e queimadas (HOMMA, 2005).

De acordo com o estudo feito por Valentim e Andrade (2009), desde meados da década de 1980, os ganhos de produtividade permitiram evitar a incorporação de 147,5 milhões de hectares dos biomas de Cerrado e da Amazônia à pecuária na Amazônia Legal. Apesar dos avanços, estes sistemas ainda apresentam baixo nível tecnológico. O investimento em inovações tecnológicas para promover a intensificação da pecuária de corte e leite nas áreas desmatadas da região, considerando toda a diversidade de clima e solos existente, é uma questão fundamental.

O objetivo das simulações nesta seção é calcular os ganhos de produtividade da terra que tornariam nulos os efeitos econômicos adversos da política de controle de desmatamento na Amazônia. A ideia por trás desta simulação é de que os agentes econômicos, ou políticas públicas associadas, podem responder à política de controle do desmatamento com modificações na forma de produção da agricultura e da pecuária, de maneira a mitigar as restrições impostas pelo controle do desmatamento

A variável que mede a produtividade setorial do fator terra em cada região no modelo REGIA é exógena nos fechamentos do Cenário de Referência e Cenário de Política (vide Tabela 15),

uma vez que não existe progresso tecnológico endógeno no modelo. Para que a produtividade varie na simulação, é necessário trocar seu *status* com alguma variável endógena de mesma dimensão. A escolha óbvia neste caso é a produção setorial. Assim, impõe-se o choque de controle do desmatamento, torna-se a produção agrícola e da pecuária fixas, e as respectivas produtividades da terra endógenas. Isso faz com que não haja variação da atividade no Cenário de Política em relação ao Cenário de Referência (anula-se o efeito negativo direto do controle do desmatamento). Logo, para que não haja uma queda da produção, a produtividade da terra precisa aumentar endogenamente para compensar a restrição na oferta de terra causada pelo controle do desmatamento. Desse modo, os resultados vão indicar o nível de produtividade necessário para manter a mesma produção setorial que seria obtida no Cenário de Referência, implicando que a política de controle do desmatamento tenha efeito econômico nulo<sup>71</sup>.

#### **4.4.1 Resultados para o Nível de Produtividade da Terra**

Nas simulações com o modelo REGIA supõe-se que a política de desmatamento acontece no período entre 2012 a 2030, e, desse modo, os resultados apresentados visam mostrar o quanto a produtividade da terra teria que aumentar neste mesmo período para que a produção da região não fosse prejudicada pela restrição na oferta de terra. No cenário de referência, supõe-se que a produtividade da terra aumenta 1% ao ano entre 2012 a 2030. Há também um aumento na produtividade total dos fatores primários em 0,7% ao ano para o mesmo período. Portanto, os resultados reportados nesta seção devem ser entendidos como o aumento de produtividade adicional ao considerado no cenário de referência.

Primeiramente, são analisados os resultados para os setores de Arroz, Milho, Trigo, Cana de açúcar, Soja, Outros de Lavoura e Mandioca. A Tabela 41 apresenta os resultados regionais para estes setores em variação percentual anual, ou seja, a taxa anual de crescimento da produtividade da terra. Como estes setores utilizam em sua estrutura de produção o mesmo tipo de uso da terra, no caso, a lavoura, a variação da produtividade requerida entre os setores é pequena. Isso acontece porque o modelo analisa o aumento da produtividade da terra, e a categoria de uso da terra para esses setores é a lavoura.

---

<sup>71</sup> Não estamos considerando que o ganho de produtividade tenha algum custo econômico para os setores ou para o governo. Poderia ser o caso de que esse aumento de produtividade exigisse maior investimento dos setores ou investimentos públicos.

**Tabela 34 - Resultados para o aumento da produtividade do fator terra – desvio acumulado em relação ao Cenário de Referência entre 2012 a 2030 (em var. % ao ano)**

Mesorregião	UF	Arroz em Casca	Milho em Grão	Cana de Açúcar	Soja em Grão	Outros de Lavoura	Mandioca
Madeira Guaporé	RO	1.20	1.20	-	-	1.18	1.14
Leste Rondoniense	RO	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.92
Vale Juruá	AC	1.27	1.27	-	-	1.25	1.24
Vale Acre	AC	1.16	1.16	-	-	1.15	1.14
Norte Amazonense	AM	-	-	-	-	1.29	1.27
Sudoeste Amazonense	AM	1.40	1.39	1.40	-	1.37	1.35
Centro Amazonense	AM	1.32	1.32	1.32	-	1.31	1.29
Sul Amazonense	AM	1.05	1.05	1.05	1.05	1.03	1.00
Norte de Roraima	RR	1.13	1.13	-	1.13	1.12	1.11
Sul de Roraima	RR	0.89	0.89	-	0.89	0.87	0.83
Baixo Amazonas	PA	1.29	1.29	-	1.29	1.28	1.27
Marajó	PA	-	-	-	-	1.15	1.12
Metropolitana de Belém	PA	-	-	-	-	0.24	0.24
Nordeste Paraense	PA	0.51	0.51	-	0.51	0.51	0.50
Sudoeste Paraense	PA	0.96	0.96	-	-	0.94	0.91
Sudeste Paraense	PA	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.89
Norte do Amapá	AP	-	-	-	-	0.99	0.97
Sul do Amapá	AP	1.17	-	-	-	1.16	1.15
Ocidental de Tocantins	TO	0.00	0.00	-	0.00	0.00	-0.01
Oriental de Tocantins	TO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01
Norte Maranhense	MA	0.85	0.85	-	-	0.84	0.80
Oeste Maranhense	MA	0.93	0.93	0.93	-	0.92	0.92
Centro Maranhense	MA	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.24
Leste Maranhense	MA	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	-0.01
Sul Maranhense	MA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01
Norte Matogrossense	MT	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.09
Nordeste Matogrossense	MT	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.19
Sudoeste Matogrossense	MT	0.97	0.97	0.97	0.97	0.96	0.96
Centro-Sul Matogrossense	MT	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01
Sudeste Matogrossense	MT	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados das simulações com o modelo REGIA

Nota-se que a produtividade anual da terra deveria crescer em torno de 1% ao ano, adicionalmente ao crescimento do cenário de referência, para que a política de controle do desmatamento não causasse nenhum impacto negativo na produção. Segundo Gasques *et al.* (2008), a produtividade da terra no Brasil cresceu 3,26% ao ano entre 2000 e 2005, o que sugere que esta taxa seria factível, mesmo na Amazônia. Por exemplo, pelos resultados obtidos, os ganhos de produtividade da terra teriam que ser de 0,5% a 1,4% ao ano, em relação ao cenário de referência para neutralizar o efeito do controle do desmatamento. Isto implicaria em um aumento da produtividade entre 2,2% a 3,1% ao ano, incluindo o aumento da produtividade ao ano do Cenário de Referência. Desse modo, parece que este valor seria

possível de ser alcançado, considerando o aumento da produtividade da terra entre 2000 e 2005 que foi de 3,26% ao ano.

A Tabela 42 apresenta os resultados para os setores de Fumo, Algodão, Frutas Cítricas, Café em grão e Exploração Florestal e Silvicultura. A média de crescimento da produtividade da terra nestes setores continua sendo em torno de 1% ao ano. Nos setores da lavoura, as mesmas regiões citadas anteriormente, incluindo o Norte Amazonense, necessitariam um aumento um pouco maior da produtividade, acima de 1,2% ao ano. No caso da Exploração Florestal e Silvicultura, além das regiões mencionadas, o Vale do Acre, Marajó e Norte Matogrossense também precisariam aumentar um pouco mais a produtividade anual da terra.

**Tabela 35 - Resultados para o aumento da produtividade do fator terra – desvio acumulado em relação ao Cenário de Referência entre 2012 a 2030 (em var. % ao ano)**

Mesorregião	UF	Fumo em Folha	Algodão Herbáceo	Frutas Cítricas	Café em Grão	Exploração Florestal e Silvicultura
Madeira Guaporé	RO	-	-	1.18	1.19	1.13
Leste Rondoniense	RO	-	-	0.93	0.93	0.95
Vale Juruá	AC	1.26	-	1.26	-	1.30
Vale Acre	AC	-	-	1.15	1.15	1.30
Norte Amazonense	AM	-	-	1.29	-	1.28
Sudoeste Amazonense	AM	-	-	1.38	1.39	1.38
Centro Amazonense	AM	-	-	1.31	-	1.25
Sul Amazonense	AM	1.04	-	1.03	1.04	0.95
Norte de Roraima	RR	-	-	1.12	-	1.09
Sul de Roraima	RR	-	-	-	-	0.83
Baixo Amazonas	PA	-	-	1.28	1.28	1.25
Marajó	PA	-	-	1.15	-	1.26
Metropolitana de Belém	PA	-	-	0.24	-	0.36
Nordeste Paraense	PA	0.51	-	0.50	-	0.61
Sudoeste Paraense	PA	-	-	0.94	0.95	0.84
Sudeste Paraense	PA	-	-	0.90	0.90	0.70
Norte do Amapá	AP	-	-	0.99	-	1.05
Sul do Amapá	AP	-	-	1.16	-	1.17
Ocidental de Tocantins	TO	-	-	0.00	-	0.00
Oriental de Tocantins	TO	-	0.00	0.00	-	0.00
Norte Maranhense	MA	-	-	0.83	-	1.17
Oeste Maranhense	MA	-	-	0.92	-	0.88
Centro Maranhense	MA	-	-	1.25	-	1.18
Leste Maranhense	MA	-	-	0.00	-	-0.01
Sul Maranhense	MA	-	0.00	-0.01	-	0.00
Norte Matogrossense	MT	-	1.11	1.11	1.11	1.30
Nordeste Matogrossense	MT	-	1.21	1.21	-	1.27
Sudoeste Matogrossense	MT	-	0.97	0.96	0.97	1.04
Centro-Sul Matogrossense	MT	-	0.00	0.00	-	0.00
Sudeste Matogrossense	MT	-	0.00	0.00	-	0.00

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados das simulações com o modelo REGIA

Os resultados de produtividade da terra dos setores da pecuária são apresentados na Tabela 43. Observa-se, que como nos demais usos da terra, o aumento da produtividade requerido é em torno de 1% ao ano. Vale Juruá, Centro Amazonense, Baixo Amazonas e Marajó seriam as mesorregiões com as maiores necessidades de aumento da produtividade da terra, pouco acima de 1,2% ao ano.

**Tabela 36 - Resultados para o aumento da produtividade do fator terra - – desvio acumulado em relação ao Cenário de Referência entre 2012 a 2030 (em var. % ao ano)**

Mesorregião	UF	Bovinos	Leite	Suínos	Aves	Ovos
Madeira Guaporé	RO	0.95	0.95	0.66	0.85	0.88
Leste Rondoniense	RO	0.66	0.66	0.58	0.64	0.64
Vale Juruá	AC	1.28	1.28	1.08	1.20	1.23
Vale Acre	AC	1.12	1.12	1.00	1.08	1.09
Norte Amazonense	AM	-	-	-	-	-
Sudoeste Amazonense	AM	-	-	1.11	1.26	1.32
Centro Amazonense	AM	1.28	1.28	1.03	1.19	1.23
Sul Amazonense	AM	-	-	0.28	0.61	0.73
Norte de Roraima	RR	0.99	1.03	0.42	0.87	0.91
Sul de Roraima	RR	0.75	-	0.34	0.60	0.62
Baixo Amazonas	PA	1.26	1.26	1.14	1.22	1.23
Marajó	PA	1.26	1.26	1.06	1.19	1.22
Metropolitana de Belém	PA	0.32	0.32	0.26	0.30	0.30
Nordeste Paraense	PA	0.54	0.54	0.52	0.54	0.54
Sudoeste Paraense	PA	0.78	0.78	0.29	0.61	0.68
Sudeste Paraense	PA	0.56	0.57	0.45	0.53	0.54
Norte do Amapá	AP	1.03	-	0.86	-	-
Sul do Amapá	AP	1.17	-	1.00	-	-
Ocidental de Tocantins	TO	0.00	0.00	-0.05	-0.01	-0.01
Oriental de Tocantins	TO	0.00	0.00	-0.05	-0.01	-0.01
Norte Maranhense	MA	1.02	1.02	0.90	0.99	0.99
Oeste Maranhense	MA	0.65	0.65	0.52	0.61	0.62
Centro Maranhense	MA	1.01	1.01	0.55	0.86	0.92
Leste Maranhense	MA	-0.02	-0.02	-0.34	-0.10	-0.09
Sul Maranhense	MA	-0.01	-0.01	-0.09	-0.02	-0.02
Norte Matogrossense	MT	1.10	1.10	0.99	1.06	1.08
Nordeste Matogrossense	MT	1.10	1.10	1.00	1.07	1.08
Sudoeste Matogrossense	MT	0.76	0.76	0.69	0.74	0.75
Centro-Sul Matogrossense	MT	0.00	0.00	-0.08	-0.02	-0.02
Sudeste Matogrossense	MT	0.00	0.00	-0.09	-0.02	-0.02

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados das simulações com o modelo REGIA

## 5 CONCLUSÕES

O principal objetivo desta tese foi analisar dinâmicas do uso do solo, desmatamento e impactos de políticas de controle de desmatamento, buscando contribuir para uma análise de diferentes cenários na região. A preservação da floresta amazônica tem sido pauta de diversas discussões em âmbito nacional e internacional, já que possui uma das maiores biodiversidades do mundo, além de sua manutenção ser considerada importante para o processo de mitigação dos efeitos das mudanças climáticas.

Para isso, foi construído um modelo de Equilíbrio Geral Computável (EGC) dinâmico inter-regional denominado REGIA que incorpora um modelo de uso da terra conhecido como ILUC (*indirect land use change*). A base de dados para o REGIA foi construída por meio de um procedimento computacional de regionalização baseado no método desenvolvido por Horridge (2006). A aplicação desta metodologia de regionalização, amplamente documentada nesta tese, permite a construção de modelos para outras regionalizações da economia brasileira, o que facilita a disseminação de modelos EGC regionais na literatura brasileira. Este procedimento encontra-se disponível no anexo em CD desta tese, assim como o código computacional, a base de dados do modelo e as simulações.

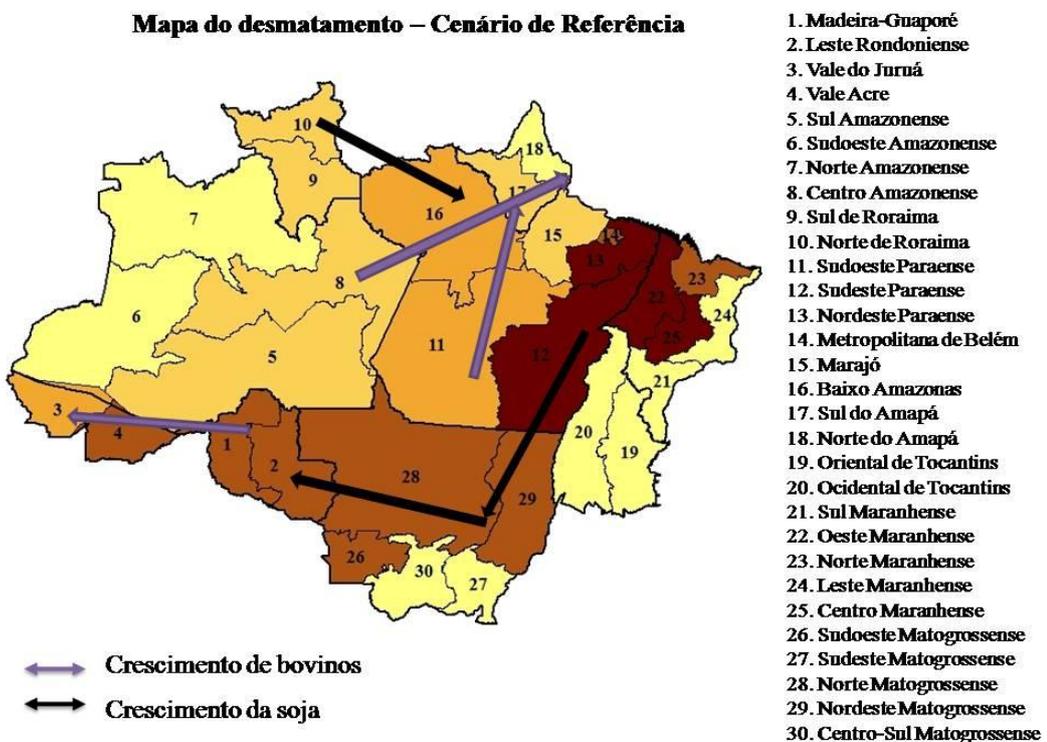
A primeira simulação foi um Cenário de Referência que projetou o crescimento da economia das regiões do modelo numa situação *business-as-usual*, sem políticas de controle do desmatamento. Nesse cenário, os resultados apontaram que as regiões que apresentariam maior crescimento do PIB seriam aquelas que estão no arco do desmatamento, no Mato Grosso, Pará e Rondônia, principalmente as regiões produtoras de soja e bovinos. Essas regiões são estimuladas neste cenário devido ao crescimento não somente da economia nacional, mas também pelo aumento da demanda por exportações de soja e bovinos.

O crescimento da economia, aliado ao aumento da produção desses dois setores, sugere uma dinâmica interessante no que concerne às mudanças no uso da terra na Amazônia. O desmatamento total na região em 19 anos, período de 2012 a 2030, foi comparativamente menor do que aquele ocorrido nos 15 anos anteriores (19 milhões contra 24 milhões de hectares), indicando que o crescimento da economia não aumentaria substancialmente o desmatamento na região. Esse resultado pode ser explicado devido ao fato de que muitas vezes o desmatamento ilegal está relacionado a fatores não capturados pelo modelo, como a especulação fundiária, a construção de estradas e a extração ilegal de madeira. Desse modo,

os resultados para o desmatamento neste cenário de crescimento sem política de controle podem estar subestimados.

Vale ressaltar que uma limitação da metodologia é que a questão de vizinhança entre regiões não tem nenhum papel na expansão de cultivos agrícolas ou da pecuária. O modelo só permite a expansão de culturas em regiões onde essa cultura já exista e em grande parte apenas os condicionantes econômicos da própria região influenciam a sua expansão. Ou seja, o modelo não trabalha propriamente com a questão de expansão da fronteira agrícola, mas com a de expansão local de atividades influenciadas por mecanismos de mercado competitivo. Dentro desta limitação, observa-se pela Figura 37 que a soja apresentou um crescimento mais acentuado nas regiões do Mato Grosso, que é o maior produtor de soja da Amazônia e que o setor de Bovinos se destacou em regiões fora do arco do desmatamento, como no Sudoeste Paraense, Baixo Amazonas, Centro Amazonense, Madeira-Guaporé e no Acre.

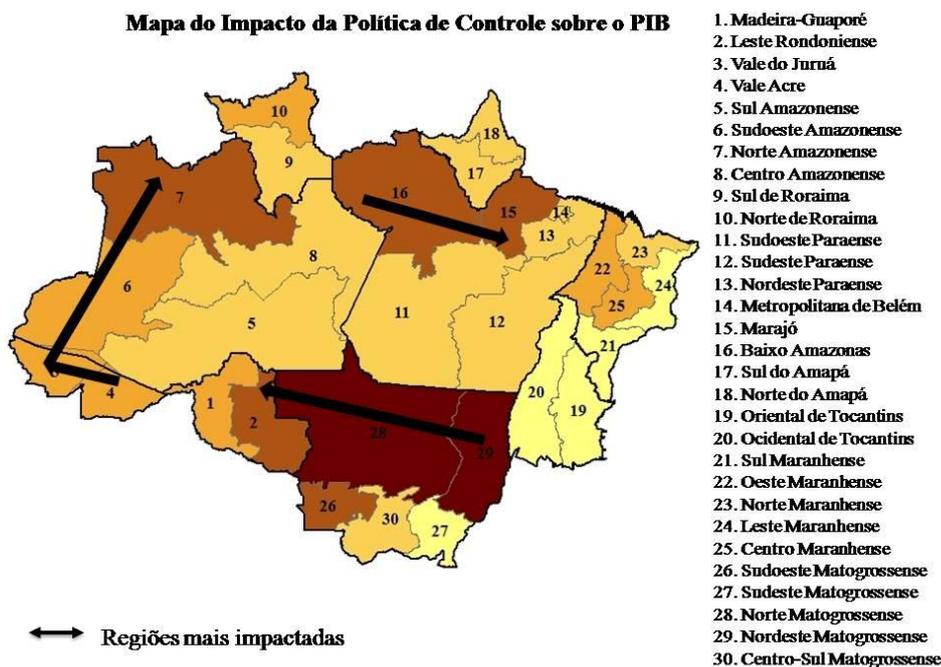
**Figura 37 - Crescimento dos setores de soja e bovinos na Amazônia Legal Brasileira**



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados das simulações

Relativamente a esse cenário, foi simulada uma política de controle que visa reduzir o desmatamento em 80% até 2020, seguido por uma meta de redução de 100% para o período entre 2021 e 2030. De modo geral, os resultados indicaram que as regiões mais afetadas por essa política seguem dois padrões distintos: i) regiões na fronteira do desmatamento, no Mato Grosso e em Rondônia; e ii) regiões fora da fronteira, que possuem pequena participação no PIB total da Amazônia, no Amazonas e no Pará. De acordo com os dados e mecanismos do modelo utilizado, as primeiras são mais impactadas por possuírem maior remuneração da terra e serem mais produtivas, e assim, a restrição da oferta de terra geraria perdas maiores de produção por hectare. Já as regiões fora da fronteira apresentam uma produtividade mais baixa e, muitas vezes, o crescimento de sua produção está atrelado à expansão de terra (baixa remuneração), o que leva ao maior impacto negativo nestas regiões. A Figura 38 ilustra as regiões mais impactadas pela política.

**Figura 38 - Regiões mais afetadas pela Política de Controle do Desmatamento**



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados das simulações

O REGIA simulou os impactos regionais de uma política de controle de desmatamento na Amazônia. Obviamente, para que esta política alcance suas metas é preciso que o governo promova uma maior fiscalização do desmatamento ilegal na região. Conforme apresentado

nos últimos dados sobre o desmatamento pelo INPE (2013), no período de 2012-2013 a taxa de desmatamento voltou a aumentar na região, sugerindo que deve haver uma maior atenção dos formuladores de políticas no combate ao desmatamento. Para que uma solução do problema possa ser encontrada, Alencar *et al.* (2004) sugerem que deve haver uma integração das políticas ambientais com políticas socioeconômicas e desenvolvimentistas. Além disso, as diferenças regionais devem ser consideradas e instituições como o IBAMA e o INCRA precisam ser fortalecidas. Somente assim, segundo estes autores, será possível dar início a um processo de mudança de atitude em relação ao desmatamento.

A terceira e última simulação com o modelo REGIA analisou o ganho de produtividade da terra necessário para que a atividade econômica dos setores agrícolas da Amazônia não fosse prejudicada pela política de controle de desmatamento. De acordo com os resultados obtidos, os ganhos de produtividade anuais requeridos são de no máximo 1,4% para áreas de lavoura, 1,3% para áreas de pasto e 1,4% para áreas de floresta plantada. Esses resultados são adicionais ao aumento de produtividade que é considerado no cenário de referência para o fator terra e para o conjunto de fatores primários, que é aproximadamente 1,7% ao ano. A Amazônia apresenta uma grande área desmatada que se encontra subutilizada (IMAZON, 2013), e a produtividade da terra no Brasil cresceu, em média, 3,26% ao ano entre 2000 e 2005 (GASQUES *et al.*, 2008). Desse modo, os resultados de ganho de produtividade encontrados com o modelo REGIA parecem ser factíveis de serem alcançados por meio de políticas de incentivo direcionadas aos principais cultivos de cada região e à pecuária.

Portanto, os resultados mostraram que os custos de uma política de controle de desmatamento na Amazônia são relativamente pequenos, embora se distribuam de forma diferenciada entre as regiões, prejudicando principalmente aquelas dependentes da agricultura e com baixa produtividade. Observou-se também que a intensificação da agricultura na Amazônia pode ser considerada como uma possibilidade de política alternativa para a manutenção da produção da região, do emprego, da renda e do consumo.

De acordo com outros estudos sobre o tema, o aumento da produtividade da terra sozinho não parece conter a expansão de áreas para cultivo. O aumento da produtividade pode gerar um incentivo para que os produtores adicionem áreas de cultivo para uma expansão ainda maior da produção. Com isso, é necessário que haja uma política de controle de desmatamento juntamente com o aumento da produtividade da terra. Dessa forma, o poder público deveria exercer uma maior fiscalização para conter os desmatamentos ilegais e, ao mesmo tempo,

promover os incentivos econômicos necessários para a conservação da floresta. Esses incentivos podem ser desde a concessão de florestas públicas para o manejo florestal sustentável, até o pagamento por serviços ambientais, dos quais destacam-se os pagamentos por REDDs, ou mesmo a promoção de programas com o objetivo de aumentar de produtividade da terra já desmatada na Amazônia.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A.P.; CÂMARA, G.; ESCADA, M.I.S. Spatial statistical analysis of land-use determinants in the Brazilian Amazonia: Exploring intra-regional heterogeneity. *Ecological Modelling*, vol. 209, p.169-188, 2007.
- AHAMMAD, H.; MI, R. Land Use Change Modeling in GTEM Accounting for Forests Sinks. In: *ABARE Conference*, paper 05.13, California, United States, 2005.
- ALENCAR, A.; NEPSTAD, D.; McGRATH, D.; MOUTINHO, P.; PACHECO, P.; DIAZ, M. C. V.; SOARES-FILHO, B. **Desmatamento na Amazônia: indo além da emergência crônica**. Manaus, Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (Ipam), pp.89, 2004.
- ALMEIDA, E. S. *MINAS-SPACE: Modelo de equilíbrio geral espacial para planejamento e análise de políticas de transportes no estado de Minas Gerais*, 2003, 258 p. (Tese de doutorado) Departamento de Economia/IPE, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- AL-RIFFAI, P.; DIMARANAN, B.; LABORDE, D. Global Trade and Environmental Impact Study of the EU biofuels mandate. *Final Draft Report*, Atlass Consortium, 2010.
- ALSTON, L. J.; LIBECAP, G. C.; MULLER, B. Land Reform Policies, the Sources of Violent Conflict, and Implications for Deforestation in the Brazilian Amazon. *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 39, p. 162-188, 2000.
- AMARAL, P.; NETO, M. A.; **Manejo Florestal Comunitário: processos e aprendizagens na Amazônia Brasileira e na América Latina**. Belém, IEB: Imazon, 2005, 84 p.
- ANDERSEN, L. E.; GRANGER, C. W. J.; REIS, E. J.; WEINHOLD, D.; WUNDER, S. **The Dynamics of Deforestation and Economic Growth in the Brazilian Amazon**. United Kingdom: Cambridge University Press, 2002. 259 p.
- ANDERSEN, L. E. e REIS, E. J. Deforestation, Development, and Government Policy in the Brazilian Amazon: An Econometric Analysis. 1997. *Texto para Discussão n. 513*. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Rio de Janeiro. 1997.
- ANDRADE, A. A. L. G. Reservas Extrativistas e Desenvolvimento Florestal Sustentável. In: *III Encontro Anual da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica*, Recife 11-13 de Novembro, 1999.
- ANGELSEN, A.; KAIMOWITZ, D. Introduction: the Role of Agricultural Technologies in Tropical Deforestation. In: ANGELSEN, A.; KAIMOWITZ, D. (eds). **Agricultural Technologies and Tropical Deforestation**. New York: CARBI Publishing, USA, 2001. 436 p.
- ARAÚJO, C.; BONJEAN, C. A.; COMBES, J. L.; MOTEL, P. C.; REIS, E. J. Land Tenure insecurity and deforestation in the Brazilian Amazônia. *CERDI, Etudes et Documents*, vol. 15, 37 p., 2006.
- ARAÚJO, C.; BONJEAN, C. A.; COMBES, J. L.; MOTEL, P. C.; REIS, J. E. Property Rights and Deforestation in the Brazilian Amazon. *Ecological Economics*, vol. 68, p. 2461-2468, 2009.

ARIMA, E.; BARRETO, P.; BRITO, M. **Pecuária na Amazônia: tendências e implicações para a conservação ambiental**. Belém: Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia - IMAZON, 2005, 68 p.

ARIMA, E. Y.; RICHARDS, P.; WALKER, R.; CALDAS, M. M. Statistical confirmation of indirect land use change in the Brazilian Amazon. *Environmental Research Letters*, vol. 6, p. 1-7, 2011.

ARIMA, E.; VERÍSSIMO, A. Brasil em Ação: Ameaças e Oportunidades Econômicas na Fronteira Amazônica. *Série Amazônia n<sup>o</sup> 19*, Belém: Imazon, 2002.

ARMINGTON, P. S. A Theory of Demand for Products Distinguished by Place of Production. *International Monetary Fund Staff Papers*, v.16, p.159-178, 1969.

ARROW, K. J.; DEBREU, G. Existence of an Equilibrium for a Competitive Economy. *Econometrica*, v. 22, n.3, p. 265-290, 1951.

ASSUNÇÃO, J.; GANDOURA, C.; ROCHA, R. Deforestation Slowdown in the Legal Amazon: Prices or Policies? *Climate policy initiative*. Working paper, 2012. Disponível em: <http://climatepolicyinitiative.org/publication/deforestation-slowdown-in-the-legal-amazon-prices-or-policie/>. Acesso em: 02 de outubro de 2012.

BALIEIRO, M. R.; ESPADA, A. L. V.; NOGUEIRA, O.; PALMIERI, R.; LENTINI, M. **As Concessões de Florestas Públicas na Amazônia Brasileira: um manual para pequenos e médios produtores**. Piracicaba: Imaflora, SP; Belém: IFT, PA. 2010, 204 p.

BANERJEE, O.; ALAVALAPATI, J. A Computable General Equilibrium Analysis of Forest Concessions in Brazil. *Forest Policy and Economics*, vol. 11, p. 244-252, 2009.

BARONA, E.; RAMANKUTTY, N.; HYMAN, G.; COOMES, O. T. The role of pasture and soybean in deforestation of the Brazilian Amazon. *Environ. Res. Lett.*, vol. 5, 2010.

BCHIR, H., DECREAUX, Y.; GUERIN, J. L.; JEAN, S. MIRAGE, a computable general equilibrium model for trade policy analysis. *CEPII Working paper n<sup>o</sup> 2002-17*, France, 2002.

BECKER, B. Tendências de Transformação do Território no Brasil: vetores e circuitos. *Revista TERRITÓRIO*, vol. 1, n. 2, p. 5-17, 1997.

BECKER, B. Os eixos de integração e desenvolvimento e a Amazônia. *Revista Território*, ano IV, n. 6, p. 29-42, 1999.

BECKER, B. Revisão das Políticas de Ocupação da Amazônia: é possível identificar modelos para projetar cenários? *Parcerias Estratégicas*, número 12, setembro de 2001.

BECKER, B. Geopolítica da Amazônia. *Estudos Avançados*, vol. 19, n. 53, p.71-86, 2005a.

BECKER, B. Amazônia: nova geografia, nova política regional e nova escala de ação. p.23-44. In: COY, M.; KOHLHEPP, G. (coords). **Amazônia Sustentável: desenvolvimento sustentável entre políticas públicas, estratégias inovadoras e experiências locais**. Rio de Janeiro: Garamond; Tübingen, Alemanha: Geographischen Instituts der Universität Tübingen, 2005b. 230 p.

BECKER, B. **A Urbe Amazônia: a floresta e a cidade**. 1 ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2013. 88p.

BECKER, B.; COSTA F. A. **Um Projeto para a Amazônia do Século 21: desafios e contribuições**. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2009. 426 p.

BICKEL U.; DROS J. M. **The Impacts of Soybean Cultivation on Brazilian Ecosystems** (Bonn: AID Environment-WWF) p 33, Disponível em: <http://assets.panda.org/downloads/impactsofsoybean.pdf>. Acesso em 02 de outubro de 2012.

BRANDAO Jr., A.; SOUZA Jr., C. M.; RIBEIRO, J. G. F.; SALES, M. H. R.. Desmatamento e estradas não-oficiais da Amazônia. In: *Proceeding of the XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. Florianópolis: INPE. 2005.

BRASIL. Presidência da República. **Plano Amazônia Sustentável: diretrizes para o desenvolvimento sustentável da Amazônia Brasileira**. Brasília, 2008. 112 p.

BRITZ, W.; HERTEL, T. W. Impacts of EU biofuels directives on global markets and EU environmental quality: An integrated PE, Global CGE Analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 142, p. 102-109, 2011.

BURNIAUX, J. M. *Incorporating carbon sequestration into CGE models: a prototype GTAP model with land uses*. West Lafayette: Center for Global Trade Analysis, Purdue University 2002. Disponível em: < <https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/1219.pdf>>

BURNIAUX, J., LEE, H. L. Modeling land use changes in GTAP. *GTAP technical paper n<sup>o</sup> 18*. Center for Global Trade Analysis, Purdue University, 2003.

BUSSOLO, M.; HOYOS, R.; MEDVEDEV, D.; VAN DER MENSBRUGGHE. Global Climate Change and its Distributional Impacts. *The World Bank*, Washington, 2008.

CARVALHO, G. O.; NEPSTAD, D.; McGRATH D.; VERA DIAZ M. D. C.; BARROS, A. C. Frontier expansion in the Amazon: Balancing development and sustainability. *Environment Sci. Policy Sustainable Dev.*, vol. 44 p.32–42, 2002.

CASTRO, E. Dinâmica socioeconômica e desmatamento na Amazônia. *Novos Cadernos NAEA*, v. 8, n. 2, p. 5-39, Pará: dez. 2005.

CATTANEO, A. Deforestation in the Brazilian Amazon: Comparing the impacts of Macroeconomics Shocks, Land Tenure, and Technological Change. *Land Economics*, vol. 77, n.2, p. 219-140, 2001.

CATTANEO, A. Balancing Agricultural Development and Deforestation in the Brazilian Amazon. *Research Report 129*, International Food Policy Research Institute, Washington D. C., 2002.

CATTANEO, A. Regional Comparative Advantage, Location of Agriculture, and Deforestation in Brazil. *Journal of Sustainable Forestry*, vol. 27, p. 25-41, 2008.

CELENTANO, D.; VERÍSSIMO, A. **O Avanço da Fronteira na Amazônia: do boom ao colapso**. Belém: Imazon, 2007. 46 p.

CHOMITZ, K. M.; THOMAS, T. S. **Geographic Patterns of Land Use and Land Intensity in the Brazilian Amazon**. Washington, DC: World Bank 50 p., 2001. Disponível em <http://ideas.repec.org/p/wbk/wbrwps/2687.html>. Acesso em 26 de setembro de 2012.

CHOMITZ, K. M.; THOMAS, T. S.; Determinants of Land Use in Amazônia: a fine scale spatial analysis, *American Journal of Agricultural Economics*, vol. 85, p. 1016-1028, 2003.

CONSELHO NACIONAL DE SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL – CONSEA. *Lei de Segurança Alimentar e Nutricional*. Brasília, Lei nº 11.346, 15 de setembro de 2006.

COSTA, F. A. Indicadores de prioridade para políticas públicas dirigidas ao desenvolvimento sustentável na Amazônia. *Novos Cadernos Naea*, vol. 3, n. 1, p. 101-118, 2000.

COSTA, F. A. O Planejamento do Desenvolvimento Regional na Amazônia: Pressupostos Conceituais para uma Nova Institucionalidade. *Amazônia: Ci. & Desenv.*, Belém, vol.1, n.1, p. 181-196, 2005a.

COSTA, F. A. Polaridades e Desenvolvimento Endógeno no Sudeste Paraense. *Revista Internacional de Desenvolvimento Local*, vol. 6, n. 10, p. 29-54, 2005b.

COSTA, F. A. Arranjos e Sistemas Produtivos e Inovativos Locais – As possibilidades do conceito na Constituição de um Sistema de Planejamento para a Amazônia. *Revista Brasileira de Inovação*, vol. 5, n. 1, p. 77-98, 2006.

COSTA, F. A. Corporação e Economia Local: uma análise usando Contas Sociais Alfa (CS<sup>α</sup>) do programa de investimentos da CVRD no Sudeste Paraense (2004 a 2010). *Nova Economia*, vol. 18, n. 3, p. 429-470, 2008.

DARWIN, R.; TOL, R. S. J. Estimates of the Economic Effects of Sea Level Rise. *Environmental and Resource Economics*, vol. 19, p. 113-129, 2001.

DARWIN, R.; TSIGAS, M.; LEWANDROWSKY, J.; RANESES, A. World Agriculture and Climate Change: economic adaptations. *Agricultural Economic Report*, n. 703, 98 p., 1995.

DARWIN, R.; TSIGAS, M.; LEWANDROWSKY, J.; RANESES, A. Land Use and Cover in Ecological Economics. *Ecological Economics*, vol. 17, p. 157-181, 1996.

DECREAUX, Y.; VALIN, H. MIRAGE: Updated Version of the Model for Trade Policy Analysis: focus on Agriculture and Dynamics. *CEPII Working paper n<sup>o</sup> 2007-15*, 2007.

DeFRIES, R.; FOLEY, J. A.; ASNER, G. P. Land-use choices: balancing human needs and ecosystem function. *Front. Ecol. Environ.*, vol. 2, n.5, p.149-257, 2004.

DeFRIES, R. S.; ROSENZWEIG, C. Toward a whole-landscape approach for sustainable land use in the tropics. *PNAS*, vol. 107, n. 46, p. 19627-19632, 2010.

DE MELO, J.; ROBINSON, S. Product Differentiation and Foreign Trade in CGE Models of Small Economies. *Policy, Planning, and Research Working Papers*. WPS 144. Washington, DC: World Bank, 1989.

DINIZ, T. B. *Impactos socioeconômicos do Código Florestal Brasileiro: uma discussão à luz de um modelo de equilíbrio geral computável*, 2012, 113 p. (Dissertação de Mestrado). São Paulo: Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2012.

DIXON, P. B.; PARMENTER B. R.; SUTTON, J. M.; VINCENT D. P. **ORANI: A Multisectoral Model of the Australian Economy**. Amsterdam: North-Holland, 1982. 372 p.

DIXON, P.B.; RIMMER, M. Forecasting and Policy Analysis with a Dynamic CGE Model of Australia. *Working Paper*, Center of Policy Studies, CoPS, Monash University, 1998.

DIXON, P. B.; RIMMER, M. T. Johansen’s Contribution to CGE Modeling: Originator and Guiding Light for 50 years. *Working Paper*. Melbourne: Centre of Policy Studies, Monash University, 50 p., 2010. Disponível em: <<http://www.monash.edu.au/policy>>.

DOMINGUES, E. P. *Dimensão Regional e Setorial da Integração Brasileira na Área de Livre Comércio das Américas*, 2002, 222 p. (Tese de Doutorado). São Paulo: Universidade de São Paulo, 2002.

DOMINGUES, E. P.; BETARELLI JUNIOR, A. A.; MAGALHÃES, A. S.; CARVALHO, T. S.; SANTIAGO, F. S. Repercussões setoriais e regionais da crise econômica de 2009 no Brasil: simulações em um modelo de equilíbrio geral computável de dinâmica recursiva. 2010. 32p. *Texto para Discussão* – Centro de Planejamento e Desenvolvimento Regional, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo horizonte. 2010.

DOMINGUES, E. P.; BETARELLI A. A. J.; MAGALHÃES, A. S.; OLIVEIRA, H. C.; VALLADARES, L.M.. Calibragem do Modelo ORANIG para os Dados da Matriz Insumo-Produto Nacional (2005). Relatório Técnico de Pesquisa. CEDEPLAR/UFMG, out. 2009, 33 p.

DOMINGUES, E. P.; MAGALHÃES, A. S.; RUIZ, R. M. Cenários de Mudanças Climáticas e Agricultura no Brasil: impactos econômicos na região Nordeste. *Texto para Discussão n<sup>o</sup> 340*, Cedeplar/FACE/UFMG, Belo Horizonte, 2008.

DONAGHY, K. P. CGE Modeling in space: a survey. p.389-442. In: CAPELLO, R.; NIJKAMP, P. (eds). **Handbook of Regional Growth and Development Theories**. Cheltenham: Edward Elgar, 2009. 525 p.

EICKHOUT, B.; VAN MEIJL, H.; TABEAU, A.; STEHFEST, E. The Impact of Environmental and Climate Constraints on Global Food Supply. *GTAP working paper n<sup>o</sup> 47*, Center for Global Trade Analysis, Purdue University, 2008.

FACHINELLO, A. L. *Avaliação do impacto econômico de possíveis surtos da gripe aviária no Brasil: uma análise de equilíbrio geral computável*, 2008, 161 p. (Tese de Doutorado). São Paulo: Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2008.

FARIAS, W. R. *Modelagem e Avaliação de Fenômenos Relacionados ao Uso da Terra no Brasil*, 2012, 275 p. (Tese de Doutorado). São Paulo: Universidade de São Paulo, 2012.

FEARNSIDE, P. M. Limiting Factors for Development of Agriculture and Ranching in Brazilian Amazon. *Revista Brasileira de Biologia*, vol. 57, n. 4, p.531-549, 1997.

FEARNSIDE, F. M. Land-tenure Issues as Factors in Environmental Destruction in Brazilian Amazonian: The Case of Southern Pará. *World Development*, vol. 29, n. 8, p. 1361-1372, 2001a.

FEARNSIDE, P. M. Soybean cultivation as a threat to the environmental in Brazil. *Environmental Conservation*, vol. 28, n.1, p. 23-28, 2001b.

FEARNSIDE, P. M. Can pasture intensification discourage deforestation in the Amazon and Pantanal regions of Brazil? p.283-364. In: WOOD, C. H.; PORRO, R. (eds). **Deforestation and Land Use in the Amazon**. Gainesville: University Press of Florida, USA, 2002. 386 p.

FEARNSIDE, P. M. Deforestation in Brazilian Amazonia: history, rates and consequences. *Conservation Biology*, vol. 19, n. 3, p. 680–688, 2005.

FERREIRA FILHO, J. B. S. Ajuste estrutural e agricultura na década de 80: uma abordagem de equilíbrio geral. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, v.27, n.2, 1998.

FERREIRA FILHO, J. B.; HORRIDGE, J. M. The Doha Round, Poverty and Regional Inequality in Brazil. IN: HERTEL, T. W. (eds.). **Putting Development Back Into the Doha Agenda: Poverty Impacts of a WTO Agreement**. Washington DC: The International Bank of Reconstruction and Development, Palgrave, McMillan, 2006.

FERREIRA FILHO, J. B.; HORRIDGE, J. M. Would World Agricultural Trade Liberalization Help the Poor of Brazil? IN: ANDERSON, K.; COCKBURN, J.; MARTIN, W. (eds). **Agricultural Price Distortions, Inequality and Poverty**. Forthcoming., 2008.

FERREIRA FILHO, J. B.; HORRIDGE, J. M. Climate Change Impacts on Agricultural and Internal Migrations in Brazil. In: *13th Annual Conference on Global Economic Analysis*, Penang, Malaysia, 2010.

FERREIRA FILHO, J. B.; HORRIDGE, J. M. Climate Change Impacts on Agriculture and Internal Migrations in Brazil. IN: 14<sup>th</sup> Annual Conference on Global Economic Analysis 2011, Venice Proceedings of the 14<sup>th</sup> Annual Conference on Global Economic Analysis, 2011.

FERREIRA FILHO, J. B.; HORRIDGE, J. M. Endogenous Land Use and Supply Security in Brazil. *General Paper n<sup>o</sup> G-229*, Centre of Policy Studies, CoPS, Monash, 2012.

FERREIRA FILHO, J. B.; HORRIDGE, J. M. Ethanol expansion and indirect land use change in Brazil. *Land Use Policy*, vol. 36, p. 595-604, 2014.

FERREIRA FILHO, J. B.; SANTOS, C. V.; LIMA, S. M. P. Tax reform, income distribution and poverty in Brazil: a general equilibrium analysis, *MPIA Working Paper 2007-26*, Poverty and Economic Policy Research Network – PEP-NET, Québec, 2007.

FERREIRA, A. M. M.; SALATI, E. Forças de transformação do ecossistema amazônico. *Estudos Avançados*, vol. 19, n. 54, 2005.

FOCHEZATTO, A., SOUZA, N. J. Estabilização e reformas estruturais no Brasil após o Plano Real: uma análise de equilíbrio geral computável. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, v. 30, n. 3, p. 395-426, 2000.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Global Forest Resources Assessment 2010**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2010.

FRISCH, R. A complete scheme for computing all direct and cross demand elasticities in a model with many sectors. *Econometrica*, vol. 27, p. 177-196, 1959.

GASQUES, J.G.; BASTOS, E.T.; BACCHI, M.R.P. Produtividade e Fontes de Crescimento da Agricultura Brasileira. In: de NEGRI, J.; KUBOTA, L. (Eds.) **Políticas de Incentivo à Inovação Tecnológica**. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. 2008 (Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/sites/000/2/livros/inovacaotecnologica/capitulo11.pdf>)

GEIST, H. J.; LAMBIN, E. F. Proximate Causes and Underlying Driving Forces of Tropical Deforestation, *BioScience*, vol. 52, n. 2, p. 143-150, 2002.

GIESECKE, J. A.; HORRIDGE, J. M.; SCARAMUCCI, J. A. Brazilian Structural Adjustment to rapid growth in fuel ethanol demand. In: *Eleventh Annual Conference: Future of Global Economy*, Helsinki, 2008.

GOLUB, A.; HERTEL, T.; LEE, H. L. Modeling Land Supply and Demand in the Long Run. In: *Ninth Annual Conference on Global Economics Analysis*, Addis Ababa, Ethiopia, 2006.

GOLUB, A.; HERTEL, T.; LEE, H. L.; ROSE, S.; SOHNGEN, B. The Opportunity Cost of Land Use and the Global Potential for Greenhouse Gas Mitigation in Agriculture and Forestry. *GTAP working paper n<sup>o</sup> 36*, Center for Global Trade Analysis, Purdue University, 2008.

GOUVELLO, C. (Ed.) **Estudo de Baixo Carbono para o Brasil**. 2010. Disponível em: <[http://siteresources.worldbank.org/BRAZILINPOREXTN/Resources/3817166-1276778791019/Relatorio\\_Principal\\_integra\\_Portugues.pdf](http://siteresources.worldbank.org/BRAZILINPOREXTN/Resources/3817166-1276778791019/Relatorio_Principal_integra_Portugues.pdf)> Acesso em: 5 de Setembro de 2012.

GUILHOTO, J. J. M. *Um modelo computável de equilíbrio geral para planejamento e análise de políticas agrícolas (PAPA) na economia brasileira*, 1995, 258 p. (Tese de Livre-Docência). ESALq, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

GUILHOTO, J. J. M.; SESSO FILHO, U. A. Estimação da matriz insumo-produto a partir de dados preliminares das Contas Nacionais. *Revista de Economia Aplicada*, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 277-299, 2005.

GUIMARÃES NETO, L. Desigualdades Regionais e Federalismo. In: AFFONSO, R. B. Á.; SILVA, P. L. B. **Federalismo no Brasil: desigualdades regionais e desenvolvimento**. São Paulo: FUNDAP/UNESP, 1995.

GURGEL, A.; REILLY, J. M.; PALTSEV, S. Potential Land Use Implications of a Global Biofuels Industry. *Report n<sup>o</sup> 155*, MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change, Cambridge, 2008.

HADDAD, E. A. **Regional Inequalities and Structural Changes: lessons from the Brazilian experience**. Aldershot: Ashgate, 1999. 209 p.

HADDAD, E. A. *Retornos Crescentes, Custos de Transporte e Crescimento Regional*. São Paulo, 2004. 207 p. (Tese de Livre Docência em Economia). Instituto de Pesquisas Econômicas (IPE), Universidade de São Paulo, 2004.

HADDAD E. A.; AZZONI C. R., DOMINGUES, E. P.; PEROBELLI, F. S. Macroeconomia dos Estados e Matriz inter-estadual de insumo-produto. *Revista de Economia Aplicada*, v. 6, n. 4, p.875-895, 2002.

HADDAD, E. A.; DOMINGUES, E. P. EFES: Um modelo aplicado de equilíbrio geral para a economia brasileira: projeções setoriais para 1999-2004. *Estudos Econômicos*. São Paulo, v. 31, n.1, p. 89-125, 2001.

HASEGAWA, M. M. *Políticas públicas na economia brasileira: uma aplicação do modelo MIBRA, um modelo inter-regional aplicado de equilíbrio geral*. 2003. (Tese de Doutorado em Economia) – ESALQ/USP, Piracicaba/SP, 2003.

HEISTERMANN, M.; MÜLLER, C.; RONNEBERGER, K. Land in Sight? Achievements, deficits and potentials of continental to global scale land-use modeling. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 114, p. 141-158, 2006.

HERTEL, T. W. **Global Trade Analysis: modeling and applications**. Cambridge: University press, 1997, 403 p.

HERTEL, T. W. Applied general equilibrium analysis of agricultural and resource policies. *Staff Paper 99-2*, Purdue University, Department of Agricultural Economics, 1999.

HERTEL, T. W. Implications of Agricultural Productivity for Global Cropland Use and GHG Emissions: Borlaug x Jevons. *GTAP working paper n<sup>o</sup> 4020*, Center for Global Trade Analysis, Purdue University, 2012.

HERTEL, T. W.; LEE, H. L.; ROSE, S.; SOHNGEN, B. Modeling Land-use Related Greenhouse Gas Sources and Sinks and their Mitigation Potential. *GTAP working paper n<sup>o</sup> 44*, Center for Global Trade Analysis, Purdue University, 2008.

HERTEL, T. W.; TYNER, W. E.; BIRUR, D. K. The Global Impacts of Biofuel Mandates. *The Energy Journal*, vol. 31, n.1, p. 75-100, 2010.

HOMMA, A. K. O. Amazônia: como aproveitar os benefícios da destruição? *Estudos Avançados*, vol. 19, n. 54, p. 115-135, 2005.

HORRIDGE, M. ORANI-G: a General Equilibrium Model of the Australian Economy. *Working Paper OP-93*. Cops/Impact: Centre of Policy Studies, Monash University, 2000. Disponível em:<[www.monash.edu.au/policy/elecpr/93.htm](http://www.monash.edu.au/policy/elecpr/93.htm)>.

HORRIDGE, M. Preparing a TERM bottom-up regional database. *Preliminary Draft*, Centre of Policy Studies, Monash University, 2006.

HORRIDGE, J. M. The TERM Model and its Database. IN: WITTWER, G.; (Editor). *Economic Modeling of Water*. London: Springer, 2012, p. 13-35.

HORRIDGE, J. M.; MADDEN, J.; WITTWER, G. The Impact of the 2002-2003 Drought on Australia. *Journal of Policy Modeling*, v. 27, n. 3, 2005/4, p. 285-308, 2005.

HORRIDGE, J. M.; WITTWER, G. The economic impacts of a construction project, using SinoTERM, a multi-regional CGE model of China. *China Economic Review*, vol.19, n.4, p. 628-634, 2008.

HORRIDGE, J. M.; WITTWER, G. A multi-regional representation of China's agricultural sectors, *China Agricultural Economic Review*, vol. 1, n. 4, p. 420-434, 2009.

IGLIORI, D.C. Deforestation, Growth and Agglomeration Effects: Evidence from Agriculture in the Brazilian Amazon. University of Cambridge, Department of Land Economy, *Texto para Discussão*, 28, 2008. Disponível em: <<http://ideas.repec.org/p/wiw/wiwrsa/ersa06p719.html>>. Acesso em: 23 jan. 2009

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Censo Agropecuário 2006*. Rio de Janeiro: IBGE, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura*, Rio de Janeiro, vol. 27, p. 1-63, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE); *Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA)*, 2010. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>> . Acesso em: 20 jan. 2013.

INSTITUTO DO HOMEM E MEIO AMBIENTE DA AMAZÔNIA (IMAZON); *Desmatamento na Amazônia Legal até 2010*, 2011. Disponível em: <<http://www.imazon.org.br/mapas/desmatamento-acumulado-2007-2010/desmatamento-na-amazonia-ate-2010/view>>. Acesso em: 10 jan. 2013.

INSTITUTO DO HOMEM E MEIO AMBIENTE DA AMAZÔNIA (IMAZON); *O aumento no Desmatamento na Amazônia em 2013: um ponto fora da curva ou fora de controle?*, 2013. Disponível em: <http://www.imazon.org.br/publicacoes/outros/o-aumento-no-desmatamento-na-amazonia-em-2013-um-ponto-fora-da-curva-ou-fora-de-controle>. Acesso em: 12 jan. 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE); EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). *TerraClass, 2008 – Levantamento de Informações de uso e cobertura da terra na Amazônia*, setembro de 2011.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE); EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). *TerraClass – Levantamento de Informações de uso e cobertura da terra na Amazônia*, setembro de 2011.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE); EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). *TerraClass, 2010 – Levantamento de Informações de uso e cobertura da terra na Amazônia*, setembro de 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE); *Projeto PRODES Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite*. 2009. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes/index.html>>. Acesso em 23 de setembro de 2012.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE); COORDENADORIA GERAL OBSERVAÇÃO DA TERRA PROGRAMA AMAZÔNIA – PROJETO PRODES. *Metodologia para o Cálculo da Taxa Anual de Desmatamento na Amazônia Legal*, outubro de 2013.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). *Código florestal: implicações do PL 1876/99 nas áreas de reserva legal*. Comunicados do IPEA. n. 96. 2011.

JARAMILLO, C. F. e KELLY, T. **Deforestation and Property Rights in Latin America**. Washington, D.C.: Inter-American Development Bank. 1999. Disponível em: <<http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=359769>>. Acesso em 04 de outubro de 2012.

JOHANSEN, L. **A multi-sectoral study of economic growth**. Second Enlarged Edition. North Holland: American Elsevier, 1960. 274 p.

KAIMOWITZ, D.; MERTENS, B.; WUNDER, S.; PACHECO, P. **Hamburger connection files Amazon destruction**. Bangon, Indonesia: Center for International Forest Research, 2004.

KEENEY, R.; HERTEL, T. W. The Indirect Land Use Impacts of U.S. Biofuel Policies: The Importance of Acreage, Yield, and Bilateral Trade Responses. *GTAP Working Paper n<sup>o</sup> 52*, Center for Global Trade Analysis, Purdue University, 2008.

KOHLHEPP, G. Desenvolvimento Regional Adaptado: o caso da Amazônia Brasileira. *Estudos Avançados*, vol. 6, n. 16, p. 81-102, 1992.

KRUGMAN, P. Scale Economics, product differentiation, and the pattern of trade, *American Economic Review*, v. 70, 1980.

LABORDE, D.; VALIN, H. Assessing the EU biofuel land use change effects: estimates with the MIRAGE-BioF model and uncertainty. In: *14<sup>th</sup> GTAP Conference*, Venice, 2011.

LAMBIN, E. F.; MEYFROIDT, P. Global Land Use Change, Economic Globalization, and the Looming and Scarcity. *PNAS*, vol. 108, n. 9, p. 3465-3472, 2011.

LAURANCE, W.L.; ALBERNAZ, A. K. M.; FEARNSIDE, P. M.; VASCONCELOS, H. L.; FERREIRA, L. V. Deforestation in Amazonia, *Science*, vol. 304, n. 5674, p. 1109- 1111, 2004.

LEE, H. L. *Incorporating Agro-Ecologically Zoned Land Use Data and Land-based Greenhouse Gases emissions into GTAP framework*. West Lafayette: Center for Global Trade Analysis, Purdue University, 2004. Disponível em: <[https://www.bioenergykdf.net/sites/default/files/nagenda/KC\\_090916160504.pdf](https://www.bioenergykdf.net/sites/default/files/nagenda/KC_090916160504.pdf) >

LEE, H. L. The Impact of Climate Change on Global Food Supply and Demand, food prices, and land use. *Paddy and Water Environment*, vol. 7, n. 4, p. 321-331, 2009.

LEE, H. L.; HERTEL, T. W.; SOHNGEN, B.; RAMANKUTTY, N. Towards an Integrated Land Use Data Base for Assessing the Potential Greenhouse Gas Mitigation. *GTAP Technical paper n<sup>o</sup> 25*, Center for Global Trade Analysis, Purdue University, 2005.

LEONTIEF, W. **The structure of the American Economy, 1919-1929**. New York: Oxford University Press, (1936) 1941. 181 p.

LITTLE, P. E. **Projetos Demonstrativos – PDA: sua influência na construção do Proambiente**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente (Série estudos 2), 2005. 63 p.

MACEDO, D. C.; DEFRIES, R. S.; SHIMABUKURO, Y. E.; ANDERSON, L. O. ARAI, E.; ESPÍRITO-SANTO, F. B.; FREITAS, R.; MORISETTE, J. Cropland Expansion changes deforestation dynamics in the Southern Brazilian Amazon. *PNAS*, vol. 103, n. 39, p. 14637-14641, 2012.

MAGALHÃES, A. S. *O comércio por vias internas e seu papel sobre crescimento e desigualdade regional no Brasil*. 2009. 135 p. Dissertação (Mestrado em Economia) – Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

MARGULIS, S. **Causas do desmatamento da Amazônia brasileira**. Brasília: Banco Mundial, 2003. 100 p.

MARGULIS, S.; DUBEUX, C. B. S. **Economia da Mudança do Clima no Brasil: custos e oportunidades**. São Paulo: IBEP Gráfica, 2010, 82 p.

MATSON, P. A.; VITOUSEK, P. Agricultural Intensification: Will Land Spared from Farming be Land Spared for Nature? *Conservation Biology*, vol. 20, n. 3, p. 709-710, 2006.

MENDELSON, R. Property Rights and Tropical Deforestation. *Oxford Economic Papers*, v. 46, p. 750-756, 1994.

MERTENS, B.; POCCARDCHAPUIS, R.; PIKETTY, M. G.; LACQUES, A. E. VENTURIERI, A. Crossing spatial analyses and livestock economics to understand deforestation process in Brazilian Amazon: the case of São Felix do Xingu in South Pará. *Agricultural Economics*, n. 27, p. 269-294, 2002.

MILLER, R.; BLAIR, P. **Input-Output analysis: foundations and extensions**. New Jersey: Prentice-Hall, 2009. 782p.

MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA (MCT). **Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas por Fontes e Remoções por Sumidouros de Gases de Efeito Estufa não Controlados pelo Protocolo de Montreal**. Brasília: Ministério de Ciência e Tecnologia, 2010.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). *Plano de Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia*. 2012. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/florestas/controle-e-preven%C3%A7%C3%A3o-dodesmatamento/plano-de-a%C3%A7%C3%A3o-para-amaz%C3%B4nia-ppcdam>> Acesso em: 5 de setembro de 2012.

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO. Impactos Econômicos da Carteira de Investimentos. In: *Estudo da Dimensão Territorial para o Planejamento, Volume VI*. MPOG, Secretaria de Planejamento e Investimentos Estratégicos, Brasília, 2008.

MIRAGAYA, J. Demanda mundial de carne bovina tem provocado o desmatamento na Amazônia. *T&C Amazônia*, ano VI, n. 14, 2008.

MORAES, G. I. *Efeitos econômicos de cenários de mudança climática na agricultura brasileira: um exercício a partir de um modelo geral computável*. Piracicaba, 2010. 267 p. (Tese de Doutorado em Economia Aplicada). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), Universidade de São Paulo, 2010.

MORTON, D. C.; DEFRIES, R. S.; SHIMABUKUROS, Y. E.; ANDERSON, L. O.; ARAI, E.; ESPIRITO-SANTO, F.; FREITAS, R.; MORISETTE, J. Cropland Expansion Changes Deforestation Dynamics in the Southern Brazilian Amazon. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 103, n. 39, 2006.

MUELLER, C. C. **Expansion and Modernization of Agriculture in the Cerrado—The Case of Soybeans in Brazil’s Center-West.** (Brasília: University of Brasília, Department of Economics) p. 28, 2003. Disponível em <http://e-groups.unb.br/face/eco/cpe/TD/306nov2003CMueller.pdf>. Acesso em 02 de outubro de 2012.

NASSAR, A. M. Inserção Internacional do Agro – caminho sem volta. *O Estado de São Paulo*, São Paulo, 16 de março de 2011.

NEPSTAD, D.; CARVALHO, G.; BARROS, A. C.; ALENCAR, A.; CAPOBIANCO, J. P., BISHOP, J.; MOUTINHO, P.; LEFEBVRE, P.; SILVA, U. L.; PRINS, E. Road paving, fire regime feedbacks, and the future of Amazon forests. *Forest Ecology and Management*, vol. 154 n. 3, p. 395–407, 2001.

NEPSTAD, D.; SCHWARTZMAN, S.; BAMBERGER, B.; SANTILLI, M.; RAY, D.; SCHLESINGER, P.; LEFEBVRE, P.; ALENCAR, A.; PRINZ, E.; FISKE, G.; ROLLA, A. Inhibition of Amazon Deforestation and Fire by Parks and Indigenous Land. *Conservation Biology*, vol. 20, n.1, p. 65-73, 2006.

NEPSTAD, D.; SOARES-FILHO, B.; MERRY, F.; LIMA, A.; MOUTINHO, P.; CARTER, J.; BOWMAN, M.; CATTANEO, A.; RODRIGUES, H.; SCHWARTZMAN, S.; McGRATH, D.; STICKLER, C. M.; LUBOWSKY, R.; PIRIS-CABEZAS, P.; RIVERO, S.; ALENCAR, A.; ALMEIDA, O.; STELLA, O. The end of deforestation in the Brazilian Amazon, *Science*, vol. 326, p. 1350-1351, 2009.

OLIVEIRA JUNIOR, J. N.; DINIZ, M. B.; FERREIRA, R. T.; CASTELAR, I.; DINIZ, M. J. T. Análise da área desmatada municipal na Amazônia Brasileira no período 2000 – 2004: Uma abordagem com modelos não-lineares, *Economia Aplicada*, vol. 14, n. 3, p. 395-411, 2010.

PALTSEV, S.; REILLY, J.; JACOBY, H.; ECKAUS, R.; MCFARLAND, J.; SAROFIM, M.; ASADOORIAN, M.; BABIKER, M. The MIT Emissions Prediction and Policy Analysis (EPPA) Model: Version 4. MIT Joint Program on the Science and Policy Global Change, *Report n<sup>o</sup> 125*, Cambridge, MA, 2005.

PAMBUDI, D.; SMYTH R. Making Indonesia more attractive to foreign investors: A Computable General Equilibrium analysis of reducing the risk premium in Central Java. *Review of Urban and Regional Development Studies*, vol. 20, n.3, 2008.

PATTANAYAK, S. K.; ROSS, M. T.; DEPRO, B. M.; BAUCH, S. C.; TIMMINS, C.; WENDLAND, K. J.; ALGER, K. Climate Change and Conservation in Brazil: CGE Evaluation of Health and Wealth Impacts, *Economic Geography and Color Maps*, vol. 9, n.2, 2009.

PAVÃO, A. R. *Impactos econômicos da introdução do milho Bt11 no Brasil: uma abordagem de equilíbrio geral inter-regional*, 2008, 111 p. (Dissertação de Mestrado). São Paulo: Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2008.

PEREIRA, V. L.; SANTANA, A. C.; MENDES, F. A. T.; KHAN, A. S. Análise do setor de energia elétrica no Pará: uma aplicação da matriz de insumo-produto. *Amazônia: Ci & Desenv.*, vol. 4, n. 7, 2008.

PEROBELLI, F. S. *Análise das Interações Econômicas entre os Estados Brasileiros*. 2004. 246 p. (Tese de Doutorado). São Paulo: Universidade de São Paulo, 2004.

PERRONI, C.; RUTHERFORD, T. F. Regular Flexibility of Nested CES Functions. *European Economic Review*, v. 39, n. 2, p. 335-343, 1995.

PERES, C.A.; GARDNER, T.A.; BARLOW, J.; ZUANON, J.; MICHALSKI, F.; LESS, A.C., VIEIRA, I.C.G.; MOREIRA, F.M.S.; FEELEY, K.J. Biodiversity conservation in human-modified Amazonian forest landscapes. *Biological Conservation*, n. 143, p. 2314–2327, 2010.

PERZ, S.; BRILHANTE, S.; BROWN, F.; CALDAS, M.; IKEDA, S.; MENDOZA, E. Road building, land use and climate change: Prospects for environmental governance in the Amazon. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, vol. 363, p. 1889–1895, 2008.

PETER, M. W.; HORRIDGE, M.; MEAGHER, G. A.; PARMENTER, B. R. **The Theoretical Structure of Monash-MRF**. Australia: Monash University, Centre of Policy Studies, Impact Project: 121 p., 1996.

PFAFF, A. S. P. What Drives Deforestation in the Brazilian Amazon? Evidence from satellite and Socioeconomic Data. *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 37, p. 26-43, 1999.

PFAFF, A.; ROBALINO, R.; WALKER, R.; ALDRICH, S.; CALDAS, M.; REIS, E.; PERZ, S.; BOHRER, C.; ARIMA, E.; LAURANCE, W.; KIRBY, K. Road Investments, Spatial Spillovers, and Deforestation in the Brazilian Amazon, *Journal of Regional Science*, vol. 47, n. 1, p. 109-123, 2007.

PNMC (2008). **Plano Nacional sobre Mudança do Clima**, Brasília, dezembro de 2008.

REILLY, J.; PALTSEV, S.; FELZER, B.; WANG, X.; KICKLIGHTER, D.; MELLILO, J.; PRINN, R.; SAROFIM, M.; SOKOLOV, A.; WANG, C. Global Economics Effects of changes in crops, pasture, and forests due changing climate, carbon dioxide, and ozone. *Energy Policy*, vol. 35, p. 5370-5383, 2007.

REIS, E.; MARGULLIS, S. Options for slowing Amazon jungle clearing. In: DORNBUSCH, R., POTERBA, J. **Economic Policy Responses to Global Warming**, Cambridge, MA, MIT Press, 1991.

RICE, R. E.; GULLISON, R. E.; REID, J. W. Can Sustainable Management Save Tropical Forests? *Scientific American*, April 1997.

RIVERO, S.; ALMEIDA, O.; AVILA, S.; OLIVEIRA, W. Pecuária e Desmatamento: Uma Análise das Principais Causas Diretas do Desmatamento na Amazônia. *Nova Economia*, vol. 19, n. 1, p. 41-66, 2009.

ROMEIRO, A. R. Economia ou Economia Política da Sustentabilidade. p. 1-29. In: MAY, H. M.; LUSTOSA, M. C.; VINHA, V. (orgs). **Economia do Meio Ambiente: teoria e prática**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003. 318 p.

RONNEBERGER, K.; BERRITELLA, M.; BOSELLO, F.; TOL, R. S. J. Klum@GTAP: Introducing biophysical aspects of land use decisions into a general equilibrium model a couple experiment. *NOTA DI LAVORO 102.2006*, CCMP – Climate Change Modeling and Policy, 2006.

RONNEBERGER, K.; TOL, R. S. J. SCHNEIDER U.A. KLUM: A simple model of global agricultural land use as a coupling tool of economy and vegetation. *FNU Working paper 65*. Hamburg University and Centre for Marine and Atmospheric Science, Hamburg, Germany, 2005. Disponível em: < <http://www.unihamburg.de/Wiss/FB/15/Sustainability/KLUMWP.pdf>>.

RUDEL, T. K.; DeFRIES, R.; ASNER, G.; LAURANCE, W. F. Changing Drivers of Deforestation and New Opportunities for Conservation. *Conservation Biology*, vol. 23, n. 6, p. 1396-1405, 2009a.

RUDEL, T. K.; SCHNEIDER, L.; URIARTE, M.; TURNER II, B. L.; DeFRIES, R.; LAWRENCE, D.; GEOGHEGAN, J.; HECHT, S.; ICKOWITZ, A.; LAMBIN, E. F.; BIRKENHOLTZ, T.; BAPTISTA, S.; GRAU, R. Agricultural Intensification and changes in cultivated areas, 1970-2005. *PNAS*, vol. 106, n. 49, p. 20675-20680, 2009b.

SANTANA, M. A. *A Experiência de Planejamento Regional no Brasil: o caso da Amazônia (1985-2003)*. 2009. 116p. Tese (Doutorado em Planejamento Urbano e Regional) – Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2009.

SANTOS, C. V. *Política tributária, nível de atividade econômica e bem-estar: lições de um modelo de equilíbrio geral inter-regional*, 2006, 140 p. (Tese de Doutorado). São Paulo: Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2006.

SAYAGO, D.; TOURRAND, J. F.; BURSZTYN, M. Um olhar sobre a Amazônia: das cenas aos cenários. In: SAYAGO, D.; TOURRAND, J. F.; BURSZTYN, M. (orgs.). **Amazônia: cenas e cenários**. Brasília: Editora da Universidade de Brasília, 2004. 382p.

SCARF, H. The Approximation of Fixed Points of a Continuous Mapping. *SIAM J. Appl. Math.*, v. 15, n.5, p. 1328-1343, 1967.

SCHUH, E. Reclaiming Marginal Lands and Exploiting Tropical Soils: The Cerrado in Brazil and its Future Role in International Trade. In: *Symposium on “The Risks to the World’s Food Supply in the 21<sup>st</sup> Century”*, a Conference in honor of Nobel Peace Prize Laureate Dr. Norman Borlaug. 2001.

SEROA DA MOTA, R. Past and current political issues concerning tropical deforestation in Brazil. *Kiel Working Papers*, n. 566, 1993.

SERRA, M. A. *The social impacts of regional development policies in Eastern Amazonia: a case study of Parauapebas*. 1997. (PhD thesis). London: London School of Economics and Political Science, 1997.

SERRA, M. A.; FERNÁNDEZ, R. G. Perspectivas de Desenvolvimento da Amazônia: motivos para o otimismo e para o pessimismo. *Economia e Sociedade*, vol. 13, n. 2, p. 107-131, 2004.

SISTEMA FLORESTAL BRASILEIRO (SFB). *Plano Anual de Outorga Florestal*, 2013.

SOARES-FILHO, B. S.; DIETZCH, L.; MOUTINHO, P.; FALIERI, A.; RODRIGUES, H.; PINTO, E.; MARETTI, C. C.; SCARAMUZZA, C. A. M.; ANDERSON, A.; SUASSUNA, K.; LANNA, M.; ARAUJO, F. V. Redução das Emissões de Carbono do Desmatamento no Brasil: O papel do programa Areas Protegidas da Amazônia (ARPA), *WWF*, 2009. 8 p.

SOARES FILHO, B. S.; NEPSTAD, B. C.; CURRAN, L.; CERQUEIRA, G. C.; GARCIA, R. A.; RAMOS, C. A.; VOLI, E.; MCDONALD, A.; LEFEBVRE, P.; SCHLESINGER, P.; McGRATH, D. Cenário de Desmatamento para a Amazônia. *Estudos Avançados*, v. 19, n. 54, p. 137-152, 2005.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA (SBS). *Fatos e Números do Brasil Florestal*, dezembro de 2008.

SOUZA, R. A.; MIZIARA, F.; MARCO Jr., P. Spatial variation of deforestation rates in the Brazilian Amazon: A complex theater for agrarian technology, agrarian structure and governance by surveillance. *Land Use Policy*, n. 30, p. 915– 924, 2012.

TAHERIPOUR, F.; HERTEL, T. W., TYNER, W. E.; BECKMAN, J. F., BIRUR, D. K. Biofuels and their by-products: Global economic and environmental implications. *Biomass and Bioenergy*, vol. 34, p. 278-289, 2010.

TILMAN, D.; CASSMAN, K. G.; MATSON, P. A.; NAYLOR, R.; POLASKY, S. Agricultural Sustainability and Intensive Production Practices. *Nature*, vol. 418, p. 671-677, 2002.

TIMILSINA, G. R.; MEVEL, S. Biofuels and Climate Change Mitigation: a CGE Analysis Incorporating Land Use Change. *Policy Research Working Paper 5672*, The World Bank, 2011.

TOURINHO, O. A. F; KUME, H.; PEDROSO, A. C. S. Elasticidades de Armington para o Brasil: 1986-2002. *Revista Brasileira de Economia*, v. 61, n.2, Rio de Janeiro, Abril./Junho 2007.

UHL, C.; BARRETO, P.; VERÍSSIMO, E. V.; AMARAL, P.; BARROS, A. C.; SOUZA JUNIOR, C.; JOHNS, J.; GERWING, J. Natural Resource Management in the Brazilian Amazon. *BioScience*, vol. 47, n. 3, 1997.

VALENTIM, J. F.; ANDRADE, C. M. S.; Tendências e Perspectivas da Pecuária Bovina na Amazônia Brasileira. *Amazônia: Ci. & Desenv.*, Belém, vol. 4, n.8, p. 9-32, 2009.

VALERIANO, D. M.; ESCADA, M. I. S.; CÂMARA, G.; AMARAL, S.; MAURANO, L. E.; RENNÓ, C. D.; ALMEIDA, C.; MONTEIRO, A. M. V. Dimensões do Desmatamento na Amazônia Brasileira. In: MARTINE, G. **População e Sustentabilidade na era das mudanças ambientais Globais: Contribuições para uma Agenda Brasileira**. p. 223-238, Inprint. Junho 2012.

VAN DER MENSBRUGGHE, D. LINKAGE Technical Reference Document, *The World Bank*, 2006.

VAN MEIJL, H.; VAN RHEENEN, T.; TABEAU, A.; EICKHOUT, B. The impact of different policy environments on agricultural land use in Europe. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 114, p. 21-38, 2006.

WALKER, R., MORAN, E., ANSELIN, L. Deforestation and cattle ranching in the Brazilian Amazon: external capital and household processes. *World Development*, vol. 28, n. 4, p. 683–699, 2000.

WALRAS, L. **Compêndio dos elementos de economia política pura**. São Paulo: Nova Cultural, (1938) 1988. 269 p.

WITTEWER, G. **Economic Modeling of Water**. London: Springer, 2012, 186 p.

WORLD BANK. **World Bank approaches to the environment in Brazil: a review of selected projects - The Carajás Iron Ore Project**. Washington D.C.: The World Bank, Apr. 1992. v. III.

## Anexo A – Equações Comportamentais do REGIA

O presente anexo mostra as equações do REGIA em nível, enquanto o modelo codificado no GEMPACK apresenta equações linearizadas.

### Escolha dos usuários entre produtos nacionais e importados

Este anexo visa apresentar o comportamento teórico do modelo com as equações que determinam a demanda composta de produtos nacionais e importados utilizados pelos produtores, famílias e investidores numa determinada mesorregião  $d$ . Cada usuário minimiza seu custo utilizando uma função CES (elasticidade de substituição constante) hierarquizada<sup>72</sup>. Várias hierarquias seguem este padrão, sendo que cada uma abrange uma equação de quantidade e uma de preço.

A demanda intermediária pelo produto  $c$  do setor  $i$ , doméstico ou importado, na região  $d$ ,  $XINT_{c,s,i,d}$  é proporcional a demanda total do produto  $c$  pelo setor  $i$  na região  $d$ ,  $XINT_{S_{c,i,d}}$  e ao diferencial de preço elevado a uma elasticidade de substituição entre o produto nacional e o importado,  $\sigma_{dom,imp}$ . O preço é relativo ao preço de compra do bem  $c$  com destino a  $d$ ,  $PPUR_{c,s,i,d}$  e ao preço médio de compra,  $PPUR_{S_{c,i,d}}$ . As mudanças nos preços relativos dos produtos nacionais e importados induzem a uma substituição em favor dos bens relativamente mais baratos.

$$XINT_{c,s,i,d}/XINT_{S_{c,i,d}} = [PPUR_{c,i,s,d}/PPUR_{S_{c,i,d}}]^{-\sigma_{dom,imp}} \quad (A1)$$

O preço médio de compra ao longo de todas as fontes  $PPUR_{S_{c,i,d}}$ , multiplicado pela quantidade do produto  $c$  produzido no setor  $i$  na região  $d$ ,  $XINT_{S_{c,i,d}}$ , é igual ao valor da soma ao longo das fontes de  $PPUR_{c,i,s,d}$  multiplicada por  $XINT_{c,s,i,d}$ .

$$PPUR_{S_{c,i,d}} \times XINT_{S_{c,i,d}} = \sum_s (PPUR_{c,s,i,d} \times XINT_{c,s,i,d}) \quad (A2)$$

Da mesma forma, a demanda por produtos domésticos e importados das famílias na mesorregião  $d$ ,  $XHOU_{c,s,d}$ , é proporcional ao produto  $c$  demandado pelas famílias na região  $d$ ,  $XHOU_{S_{c,d}}$  e ao diferencial de preço elevado às elasticidades de substituição entre bens

<sup>72</sup> Se  $CES = 1$ , a demanda é simplificada a uma Cobb-Douglas hierarquizada (i.e., participações no gasto permanecem constantes como mudança nos preços relativos). Se  $CES = 0$ , a demanda segue a forma Leontief (i.e., proporções físicas constantes independentes de preço).

domésticos e importados,  $\sigma_{dom,imp}$ . O diferencial de preço é relativo ao preço de compra do produto  $c$  demandado pelas famílias, doméstico ou importado, na região de destino  $d$ ,  $PPUR_{c,s,hou,d}$ , e o preço do produto  $c$  ao consumidor em  $d$  é  $PHOU_{c,d}$ .

$$XHOU_{c,s,d}/XHOU_{S_{c,d}} = [PPUR_{c,s,hou,d}/PHOU_{c,d}]^{-\sigma_{dom,imp}} \quad (A3)$$

Do mesmo modo, o preço  $PPUR_{c,s,hou,d}$  multiplicado pela quantidade do produto  $c$  das famílias em  $d$ ,  $XHOU_{S_{c,d}}$ , é igual a soma ao longo das fontes de  $PPUR(c,s,"Hou",d)$ , multiplicado por  $XINT(c,s,"Hou",d)$ .

$$PPUR_{S_{c,hou,d}} \times XHOU_{S_{c,d}} = \sum_s (PPUR_{c,s,hou,d} \times XHOU_{c,s,d}) \quad (A4)$$

A demanda por produtos domésticos e importados dos investidores na região  $d$ ,  $XINV_{c,s,d}$  é proporcional à demanda por produto dos investidores totais,  $XINV_{S_{c,s}}$  e ao diferencial de preço elevado à elasticidade de substituição entre produtos domésticos e importados do bem  $c$ ,  $\sigma_{dom,imp}$ . O diferencial de preço é relativo ao preço de compra por origem dos bens e o preço do investimento.

$$XINV_{c,s,d}/XINV_{S_{c,d}} = [PPUR_{c,s,inv,d}/PINVEST_{c,d}]^{-\sigma_{dom,imp}} \quad (A5)$$

O preço agregado do produto  $c$  (doméstico ou importado) no setor  $i$  por investidores na região  $d$  de  $PPUR_{c,s,inv,d}$ , multiplicado pela quantidade de investimento composto,  $XINV_{S_{c,d}}$  é igual à soma das fontes de  $PPUR_{c,s,inv,d}$ , multiplicado por  $XINV_{c,s,inv,d}$ .

$$PPUR_{S_{c,inv,d}} \times XINV_{S_{c,d}} = \sum_s (PPUR_{c,s,inv,d} \times XINV_{c,s,d}) \quad (A6)$$

### **Demanda por fatores primários**

Esta seção explica as demandas por fatores primários (terra, trabalho e capital) baseadas na minimização de custo. No REGIA, trabalho, capital e terra são combinados usando uma função CES.  $XLAB_{i,d}$  é proporcional à demanda global por fatores primários,  $XPRIM_{i,d}$ , e ao diferencial de preços elevado à elasticidade de substituição dos fatores primários,  $\sigma_{prim}$ . A quantidade de trabalho empregada no setor  $i$  na região  $d$  também varia de acordo com as mudanças tecnológicas no trabalho,  $ALAB_{i,d}$ . A quantidade de trabalho é função do preço

relativo do trabalho,  $PLAB_{i,d}$ , e do preço dos fatores compostos,  $PPRIM_{i,d}$ . Mudanças nos preços relativos induzem substituição em favor dos fatores relativamente mais baratos.

$$XLAB_{i,d} / [XPRIM_{i,d} \times ALAB_{i,d}] = [PLAB_{i,d} \times ALAB_{i,d} / PPRIM_{i,d}]^{-\sigma_{prim}} \quad (A7)$$

A mesma equação de otimização se aplica à demanda por capital  $XCAP_{i,d}$  e à demanda por terra  $XLND_{i,d}$ .

$$XCAP_{i,d} / [XPRIM_{i,d} \times ACAP_{i,d}] = [PCAP_{i,d} \times ACAP_{i,d} / PPRIM_{i,d}]^{-\sigma_{prim}} \quad (A9)$$

$$XLND_{i,d} / [XPRIM_{i,d} \times ALND_{i,d}] = [PLND_{i,d} \times ALND_{i,d} / PPRIM_{i,d}]^{-\sigma_{prim}} \quad (A10)$$

Os preços dos fatores primários são determinados pela soma da quantidade de todos os fatores multiplicados por seus respectivos preços. Isso resolve para o preço dos fatores compostos,  $PPRIM_{i,d}$ .

$$PPRIM_{i,d} \times XPRIM_{i,d} = PLAB_{i,d} \times XLAB_{i,d} + PCAP_{i,d} \times XCAP_{i,d} + PLND_{i,d} \times XLND_{i,d} \quad (A11)$$

### **Demanda por diferentes tipos de terra**

O REGIA apresenta um módulo onde a demanda por terra se divide entre terra para lavoura, terra para pasto e terra de floresta plantada. As equações que definem o comportamento da demanda por terra encontram-se no capítulo 4 desta tese, na seção 4.2.3.1.

### **Demanda por fatores primários agregados e insumos intermediários**

O produto é produzido usando uma combinação de insumos primários  $XPRIM_{i,d}$  e de bens intermediários  $XINT_{S_{c,i,d}}$  com uma tecnologia Leontief (tecnologia de proporções fixas). A demanda da indústria pelos fatores primários agregados é proporcional à produção total e aos termos de mudança tecnológica [ $ATOT_{i,d}$  e  $APRIM_{i,d}$ ].

$$XPRIM_{i,d} = XTOT_{i,d} \times APRIM_{i,d} \quad (A12)$$

A demanda por bens compostos,  $XINT_{S_{c,i,d}}$  também é proporcional à produção total e às mudanças tecnológicas, multiplicada pelos preços relativos  $[PPUR_{S_{c,i,d}}/PINT_{i,d}]$  elevado a um parâmetro CES. Reconhecem-se três diferentes mudanças tecnológicas:  $ATOT_{i,d}$ ,  $APRIM_{i,d}$  e  $AINT_{S_{c,i,d}}$ . A mudança tecnológica implica mudança no insumo requerido por unidade de produto. Quando estes fatores tecnológicos mudam (i.e., queda de magnitude), o mesmo nível de produção é produzido utilizando menos fatores primários  $XPRIM_{i,d}$  ou intermediários  $XINT_{S_{c,i,d}}$ .

$$XINT_{S_{c,i,d}} = ATOT_{i,d} \times AINT_{S_{c,i,d}} \times XTOT_{i,d} \times [PPUR_{S_{c,i,d}} \times AINT_{S_{c,i,d}}/PINT_{i,d}]^{-\sigma_{int}} \quad (A13)$$

A condição de equilíbrio de mercado é tal que as receitas totais (valorado ao preço de produção),  $PCST_{i,d}$ , multiplicado pela quantidade  $XTOT_{i,d}$ , é igual ao custo total de produção.

$$PCST_{i,d} \times XTOT_{i,d} = \sum_c (PPUR_{S_{c,i,d}} \times XINT_{S_{c,i,d}}) + \sum_o (PLAB_{i,d} \times XLAB_{i,d}) + XCAP_{i,d} + PLND_{i,d} \times XLND_{i,d} \quad (A14)$$

### Impostos de produção

O modelo possui impostos sobre a produção para os setores. Em (A15), os impostos diretos da produção,  $PTX_{i,d}$ , são calculados como a alíquota  $PTXRATE_{i,d}$  multiplicada pelo valor da produção  $PCST_{i,d} \times XTOT_{i,d}$ .

$$PTX_{i,d} = PTXRATE_{i,d} \times PCST_{i,d} \times XTOT_{i,d} \quad (A15)$$

A equação (A16) determina os preços do produto da indústria,  $PTOT_{i,d}$  pela combinação de (A14) e (A15).

$$PTOT_{i,d} \times XTOT_{i,d} = PCST_{i,d} [1 + PTXRATE_{i,d}] \times XTOT_{i,d} \quad (A16)$$

### A matriz MAKE

O modelo considera 27 produtos e 27 setores, onde cada setor produz apenas o produto correspondente. Contudo, os produtores agrícolas (neste caso,  $i =$  lavoura, pasto) têm a opção

de produzir diferentes produtos dentro de cada tipo de terra, de acordo com a remuneração da produção. A oferta de produtos por esses setores,  $XMAKE_{agr,i,d}$ , é explicada usando uma função de elasticidade de transformação constante (CET). Os produtos  $c$  ofertados pelo setor  $i$  (lavoura ou pasto) na região  $d$ ,  $XMAKE_{agr,i,d}$ , são proporcionais a  $XTOT_{i,d}$  e ao termo de preço elevado a  $\sigma_{out}$ , multiplicado pelo fator tecnológico,  $ATOT_{c,i,d}$ . O preço é composto pelo preço base dos bens agrícolas em relação ao preço do produto dentro de cada uso de terra. Como  $\sigma_{out}$  tem um sinal positivo, este induz as indústrias a produzirem mais de um bem quando seu preço aumenta em relação ao preço composto do setor (lavoura ou pasto).

$$XMAKE_{c,i,d} = AMAKE_{c,i,d} \times XTOT_{i,d} \times \{ [PDOM_{c,d} / PTOT_{i,d}]^{\sigma_{out}} \} \quad (A17)$$

Na segunda equação, o valor do produto de um setor em  $d$   $PTOT_{i,d} \times XTOT_{i,d}$  é igual à soma do valor dos bens ofertados pelo setor, calculado utilizando os preços domésticos do bem  $c$  em  $d$ ,  $PDOM_{c,d}$ .

$$PTOT_{i,d} \times XTOT_{i,d} = \sum_{agr} (PDOM_{agr,d} \times XMAKE_{agr,i,d}) \quad (A18)$$

### Preços de importação

Assumiu-se que a oferta de importações é infinitamente elástica. Assim, o preço das importações do bem  $c$  da região de origem  $r$ ,  $PIMP_{c,r}$ , é simplesmente determinado pelos preços estrangeiros de importação,  $PFIMP_{c,r}$  multiplicado pela taxa de câmbio nominal  $PHI$ .

$$PIMP_{c,r} = PFIMP_{c,r} \times PHI \quad (A19)$$

### Demanda das famílias

Este tópico retoma a demanda das famílias, que segue um sistema linear de gastos (LES) (também denominado de Stone-Geary ou Klein-Rubin). Este sistema de demanda requer apenas um vetor de elasticidades de gasto (ou participações no orçamento marginal) e um parâmetro Frisch para cada região (FRISCH, 1959). O parâmetro Frisch é a razão negativa entre gastos de subsistência e de gastos de não-subsistência: espera-se que tal razão seja maior para famílias pobres do que para famílias ricas. O LES é adequado para amplos agregados de

bens onde substituições específicas não são consideradas. Isto é, elasticidades de preços-cruzados são iguais ao efeito renda dado na equação de Slutsky sem qualquer contribuição dos efeitos de preço-cruzado [ver Chiang (1974), p.400]. Isso implica que todos os bens são complementares fracos. O sistema de gastos não permite a inclusão de bens inferiores (i.e., elasticidades renda negativas). O sistema linear de gastos é formalizado nas equações do REGIA para a demanda das famílias, enquanto no modelo original ORANI ou o modelo que sucedeu o MONASH, os parâmetros de restrições do LES foram impostos em uma equação adicional de demanda geral das famílias.

Define-se os preços dos bens para famílias em  $d$ ,  $PHOU_{c,d}$ , como a composição por fonte dos preços de compra das famílias,  $PPURS_{c,hou,d}$ .

$$PHOU_{c,d} = PPUR_{S_{c,hou,d}} \quad (A20)$$

O nível agregado de gastos de subsistência das famílias  $WSUBSIST_d$  é o produto do número de famílias  $NHOU_d$  e a soma dos preços dos bens  $PHOU_{c,d}$ , multiplicado pela quantidade de famílias que gastam apenas com bens de subsistência  $XSUBSIT_{c,d}$ .

$$WSUBSIT_d = \sum_c (PHOU_{c,d} \times NHOU_c \times XSUBSIT_{c,d}) \quad (A21)$$

A demanda total das famílias por bens compostos,  $XHOU_{S_{c,d}}$  é proporcional à participação marginal no orçamento,  $MBS_{c,d}$ , multiplicada pelo gasto de não-subsistência ou de luxo (i.e., total menos gasto de subsistência das famílias), dada por  $WHOUTOT_d - WSUBSIST_d$ .

$$XHOU_{S_{c,d}} \times PHOU_{c,d} = MBS_{c,d} \times [WHOUTOT_d - WSUBSIST_d] \quad (A22)$$

A despesa nominal das famílias  $WHOUTOT_d$  é o preço correspondente multiplicado pelo gasto real das famílias.

$$WHOUTOT_c = PHOUTOT_d \times XHOUTOT_d \quad (A23)$$

O índice de preços ao consumidor,  $PHOUTOT_d$ , é a soma do produto dos preços ao consumidor  $PHOU_{c,d}$  e as participações no orçamento,  $BUDGSHR_{c,d}$ .

$$PHOUTOT_d = \sum_c (BUDGSHR_{c,d} \times PHOU_{c,d}) \quad (A24)$$

### **Demanda por investimento**

A seguir, examinam-se as equações referentes à demanda por investimento, condicionadas ao investimento por setor. A equação de criação de novo capital no setor  $i$  é obtida através da tecnologia de Leontief (combinação dos insumos intermediários em proporções fixas). A quantidade do bem  $c$  demandado pelo setor  $i$  na região  $d$ ,  $XINV_{c,i,d}$ , é proporcional ao nível de investimento pelo setor  $i$ ,  $XINVTOT_{i,d}$  multiplicado pelo termo tecnológico  $AINV_{c,i,d}$ .

$$XINV_{c,i,d} = AINV_{c,i,d} \times XINVTOT_{i,d} \quad (A25)$$

Definiu-se, também, o preço de compra do bem  $c$  para investimento em  $d$ ,  $PINVEST_{c,d}$  como o preço de compra do investidor,  $PPUR_{S_{c,inv,d}}$ .

$$PINVEST_{c,d} = PPUR_{S_{c,inv,d}} \quad (A26)$$

Em seguida, pode-se calcular o índice de preço do investimento do setor  $i$ ,  $PINVTOT_{i,d}$ , multiplicado pelo investimento do setor, como a soma dos investimentos para todos os setores.

$$PINVTOT_{i,d} \times XINVTOT_{i,d} = \sum_c (PINVEST_{c,d} \times XINV_{c,i,d}) \quad (A27)$$

A última equação, por sua vez, mostra a demanda por investimento de compostos domésticos e importados,  $XINV_{S_{c,d}}$  como a soma das demandas de todos os setores por bens do investimento,  $XINV_{c,i,d}$ .

$$XINV_{S_{c,d}} = \sum_i XINV_{c,i,d} \quad (A28)$$

### **Demandas por investimento de setores específicos**

Nesta seção, consideram-se as demandas por investimento em setores específicos. A taxa de retorno bruta,  $GRET_{i,d}$ , é determinada como a razão entre a rentabilidade do capital (aluguel) e o índice de preço do investimento no setor (preço de novas unidades de capital na abordagem de dinâmica recursiva determinada pelo modelo e explicada na seção 4.2.3.9).

$$GRET_{i,d} = PCAP_{i,d} / PINVTOT_{i,d} \quad (A29)$$

A taxa de crescimento bruto de capital,  $GGRO_{i,d}$  por sua vez, é uma razão entre o investimento pelo setor,  $XINVTOT_{i,d}$  e o uso ou estoque de capital,  $XCAP_{i,d}$ .

$$GGRO_{i,d} = XINVTOT_{i,d}/XCAP_{i,d} \quad (A30)$$

$GGRO_{i,d}$  é determinado pela regra de investimento proposta em Dixon *et al.* (1982).

$$GGRO_{i,d} = FINV1_{i,d} \times \{[GRET_{i,d}^2]/INVSLACK\}^{0.33} \quad (A31)$$

### **Demanda por exportações, do governo e estoques**

Nesta seção, examinam-se as demandas do governo, exportações e estoques. A demanda do governo é independente dos preços e proporcional aos fatores de deslocamento, que consiste no deslocamento da função de demanda em diferentes dimensões: por  $d$ , deslocamento da demanda total do governo na região  $d$ ,  $FGOVTOT_d$ , por  $c$  e  $d$ , deslocamento da demanda agregada do governo,  $FGOV_{S_{c,d}}$ ; e por  $c$ ,  $d$  e  $s$ , deslocamento da demanda do governo,  $FGOV_{c,s,d}$ .

$$XGOV_{c,s,d} = FGOVTOT_d \times FGOV_{c,s,d} \times FGOV_{S_{c,d}} \quad (A32)$$

A demanda por bens de exportação,  $XEXP_{c,s,d}$  é proporcional a uma variável de deslocamento de quantidade exportada,  $FQXEXP_{c,d}$  multiplicada pelo preço elevado a elasticidade de demanda por exportação  $\sigma_{exp}$ . As exportações são função do preço das exportações,  $PPUR_{c,s,exp,d}$ , da variável de deslocamento do preço de exportação  $FPEXP_{c,s}$  e da taxa de câmbio,  $PHI$ .

$$EXP_{c,s,d}/FQXEXP_{c,s} = [PPUR_{c,s,exp,d}/[FPEXP_{c,s}/PHI]]^{-[\sigma_{exp}]} \quad (A33)$$

E por fim, define-se a demanda por estoques,  $XSTOCKS_{i,d}$  como proporcional à produção do setor  $i$ ,  $XTOT_{i,d}$  multiplicado pelo fator de deslocamento  $FSTOCKS_{i,d}$ .

$$XSTOCKS_{i,d} = FSTOCKS_{i,d} \times XTOT_{i,d} \quad (A34)$$

### Demanda por margens

Primeiramente, somam-se as demandas por região. Pela notação,  $XTRAD\_R_{c,s,d}$ , demanda total pelo bem  $(c,s)$  em  $d$ , é a soma através das origens  $r$  de  $XTRAD_{c,s,r,d}$ , variável que fornece o detalhamento da especificação da origem de cada um dos usos: intermediário,  $XINT_{c,s,i,d}$ ; investimento,  $XINV_{c,s,d}$ ; governo,  $XGOV_{c,s,d}$ ; e exportação  $XEXP_{c,s,d}$ . O pressuposto de origem comum, independente do uso, permite que se omita a dimensão do usuário de  $XTRAD_{c,s,r,d}$ . Assim, a demanda total pelo composto regional  $(c,s)$  em  $d$ ,  $XTRAD\_R_{c,s,d}$ , é uma soma da demanda de todos os usos.

$$XTRAD\_R_{c,s,d} = \sum_i XINT_{c,s,i,d} + XHOU_{c,s,d} + XGOV_{c,s,d} + XEXP_{c,s,d} \quad (A35)$$

Em segundo lugar, tem-se a utilização de demandas por margens que facilitam o fluxo de mercadorias provenientes da região de origem  $r$  com destino a  $d$ . Utilizando uma função de Leontief (coeficientes fixos), a demanda por margens  $XTRADMAR_{c,s,m,r,d}$  é uma proporção de  $XTRAD_{c,s,r,d}$  multiplicada por um fator de mudança tecnológica no uso da margem,  $ATRADMAR_{c,s,m,r,d}$ .

$$XTRADMAR_{c,s,m,r,d} = ATRADMAR_{c,s,m,r,d} \times XTRAD_{c,s,r,d} \quad (A36)$$

O preço de entrega a todos os usuários do bem  $(c, s)$  de  $r$  para  $d$ ,  $PDELIVRD_{c,s,r,d}$  é determinado usando a equação (A37). O lado direito da equação é composto dos preços básicos acrescidos das margens utilizadas.

$$PDELIVRD_{c,s,r,d} \times XTRAD_{c,s,r,d} = PBASIC_{c,s,r} \times XTRAD_{c,s,r,d} + \sum_m (PSUPPMAR_{p_{m,r,d}} \times XTRADMAR_{c,s,m,r,d}) \quad (A37)$$

O próximo passo, baseia-se em detalhar o preço de entrega do bem regional  $c$ , de fonte  $s$ , com destino  $d$ ,  $PUSE_{c,s,d}$ . Para cada bem e região de destino, o usuário escolhe um recurso regional baseado nos preços de entrega,  $PDELIVRD_{c,s,r,d}$  e no valor  $PDELIVRD_{c,s,r,d} \times XTRAD_{c,s,r,d}$ . O valor de entrega  $PUSE_{c,s,d} \times XTRAD\_R_{c,s,d}$  é igual a soma através das origens do valor dos bens entregues.

$$PUSE_{c,s,d} \times XTRAD\_R_{c,s,d} = \sum_r (PDELIVRD_{c,s,r,d} \times XTRAD_{c,s,r,d}) \quad (A38)$$

Determinou-se, também, a demanda do bem  $c$ , doméstico ou importado, da região de origem  $r$  para a de destino  $d$ ,  $XTRAD_{R_{c,s,d}}$  através da multiplicação de  $XTRAD_{R_{c,s,d}}$  pela participação no comércio,  $XTRAD_{c,s,r,d}$ , e pelo termo de preço relativo  $PDELIVRD_{c,s,r,d}/PUSE_{c,s,d}$  elevado ao parâmetro CES,  $\sigma_{dom}$ , elasticidade de substituição entre origens.

$$XTRAD_{c,s,r,d} = STRAD_{c,s,r,d} \times XTRAD_{R_{c,s,d}} \times [PDELIVRD_{c,s,r,d}/PUSE_{c,s,d}]^{\sigma_{dom}} \quad (A39)$$

### Fontes regionais das margens

Nesta seção, as equações que determinam onde as margens são produzidas são analisadas. A demanda pela margem  $m$ , produzida em  $p$  nos bens de  $r$  para  $d$ ,  $XSUPPMAR_{P_{m,r,d}}$  é a soma para todos os produtos e fontes de margens  $m$  do bem  $c$ , fonte  $s$  da região  $r$  para  $d$ ,  $XTRADMAR_{P_{c,s,m,r,d}}$ .

$$XSUPPMAR_{P_{m,r,d}} = \sum_c \sum_s XTRADMAR_{c,s,m,r,d} \quad (A40)$$

Similarmente, o preço da margem composta  $m$  dos bens  $r$  para  $d$ ,  $PSUPPMAR_{P_{m,r,d}}$  multiplicado por  $XSUPPMAR_{P_{m,r,d}}$  é calculado como a soma de todos os fornecedores  $p$  das margens  $XSUPPMAR_{m,r,d,p}$  multiplicado pelo seu preço,  $PDOM_{m,d}$ .

$$XSUPPMAR_{P_{m,r,d}} \times PSUPPMAR_{P_{m,r,d}} = \sum_p XSUPPMAR_{m,r,d,p} \times PDOM_{m,p} \quad (A41)$$

Além disso, a demanda pela margem  $m$  (produzida em  $p$ ) de  $r$  para  $d$ ,  $XSUPPMAR_{m,r,d,p}$  é proporcional a  $XSUPPMAR_{P_{m,r,d}}$  multiplicado pelo preço correspondente. Assim, a demanda pela margem é função da razão entre  $PDOM_{m,p}$  e  $PSUPPMAR_{P_{m,r,d}}$  elevado a elasticidade de substituição entre as origens da margem  $m$ ,  $\sigma_{mar}$ .

$$XSUPPMAR_{m,r,d,p} = XSUPPMAR_{P_{m,r,d}} \times [PDOM_{m,p}/PSUPPMAR_{P_{m,r,d}}]^{-\sigma_{mar}} \quad (A42)$$

Feito isto, pode-se determinar  $XSUPPMAR_{D_{m,r,p}}$  e  $XSUPPMAR_{RD_{m,p}}$  por meio da soma de  $XSUPPMAR_{D_{m,r,p}}$  sobre o destino e a origem, respectivamente.

$$XSUPPMAR\_D_{m,r,p} = \sum_d XSUPPMAR_{m,r,d,p} \quad (A43)$$

$$XSUPPMAR\_RD_{m,p} = \sum_r XSUPPMAR\_D_{m,r,p} \quad (A44)$$

### Equações de demanda e oferta

A demanda total pelo bem  $(c,s)$  consumido em  $r$  é igual à demanda total de  $(c,s)$  em  $r$  de todas as origens,  $d$ .

$$TOTDEM_{c,s,r} = \sum_d XTRAD_{c,s,r,d} \quad (A45)$$

Especificamente para fontes domésticas, esta demanda,  $TOTDEM_{c,dom,r}$ , é igual à oferta de bens que não são margens,  $XCOM_{c,r}$ .

$$XCOM_{c,r} = TOTDEM_{c,dom,r} \quad (A46)$$

Para se definir as margens de serviços,  $XCOM_{m,p}$  é composto de demandas diretas por bens produzidos domesticamente em  $p$ ,  $TOTDEM_{c,dom,p}$ , acrescido da demanda por margens produzido em  $p$ ,  $SUPPMAR\_D_{m,p}$ .

$$XCOM_{m,p} = TOTDEM_{m,dom,p} + XSUPPMAR\_RD_{m,p} \quad (A47)$$

A equação de preços mostra que  $PBASIC_{c,dom,r}$  e  $PDOM_{c,r}$  são idênticos:

$$PBASIC_{c,dom,r} = PDOM_{c,r} \quad (A48)$$

Para importações,  $PBASIC_{c,imp,r}$  é igual a  $PIMP_{c,r}$ .

$$PBASIC_{c,imp,r} = PIMP_{c,r} \quad (A49)$$

Então,  $PPUR_{c,s,r,d}$  é calculado através do produto de  $PUSE_{c,s,d}$  pelo “poder” dos impostos sobre produtos,  $TUSER_{c,s,u,d}$ .

$$PPUR_{c,s,u,d} = PUSE_{c,s,d} \times TUSER_{c,s,u,d} \quad (A50)$$

A receita de impostos sobre a produção em  $d$ ,  $COMTAXREV_d$ , é obtida a partir do valor total dos bens utilizados multiplicado pela taxa de imposto do produto, sendo que esta taxa é definida como  $TAX_{c,s,u,d}/USE_{c,s,u,d}$  ou  $TUSER_{c,s,i,d} - 1$ .

$$\begin{aligned} COMTAXREV_d = & \sum_c \sum_s \sum_i \{ [TUSER_{c,s,i,d} - 1] \times PUSE_{c,s,d} \} \times PUSE_{c,s,d} \times \\ & XHOU_{c,s,d} + [TUSER_{c,s,gov,d} - 1] \times PUSE_{c,s,d} \times XGOV_{c,s,d} + [TUSER_{c,s,inv,d} - 1] \times \\ & PUSE_{c,s,d} \times XINV_{c,s,d} + [TUSER_{c,s,exp,d} - 1] \times PUSE_{c,s,d} \times XEXP_{c,s,d} \end{aligned} \quad (A51)$$

## Anexo B – Cálculos das Elasticidades de Substituição da Oferta de Terra por região

A elasticidade da oferta de terra deve refletir que quanto maior a disponibilidade de terra, implicando em maior facilidade no processo de conversão de terra, maior deve ser o valor da elasticidade. Este anexo apresenta como foram calculadas as elasticidades de substituição da oferta de terra por mesorregião da Amazônia. O cálculo segue a metodologia empregada nos trabalhos de Van Meijl *et al.* (2006), Eickhout (2008) e Farias (2012).

Assume-se que em cada região a curva de oferta de terra vai apresentar a seguinte equação matemática:

$$Oferta\ de\ terra = \frac{a-b}{remunera\ ç\ ao\ da\ terra} \quad (B1)$$

Em que a oferta de terra representa a oferta de terra correspondente ao total de terra utilizada no processo de produção (lavoura, pasto e floresta plantada),  $a > 0$  é uma assíntota, interpretada como o total de terra disponível na região ou o máximo de terra potencial disponível que pode ser convertida para a produção.  $b$  é um parâmetro positivo que indica o formato da curva de oferta.

Desse modo, a elasticidade da oferta de terra  $E$  em relação ao preço da terra é igual a:

$$E = \frac{b}{(a \times remunera\ ç\ ao\ da\ terra) - b} \quad (B2)$$

Os valores de  $a$  e  $b$  foram calibrados de forma a reproduzir a base de dados de uso da terra do modelo REGIA que foi retirado do TerraClass/INPE para 2008. Assumiu-se que a assíntota  $a$  representa o máximo de terra potencialmente disponível para o uso agrícola que é a

quantidade de terra já empregada na produção agrícola e as áreas de floresta de reserva. Os dados do TerraClass apresentam os valores para a oferta de terra, a assíntota  $a$  e a remuneração da terra. Portanto,  $b$  e  $E$  podem ser calculados.

A partir deste cálculo, o parâmetro  $\alpha$  foi calibrado por mesorregião para a equação (5) que apresenta o comportamento da oferta de terra do modelo, que é função das mudanças na remuneração de terra, como também das possibilidades de conversão determinadas por uma matriz de transição.

### **Anexo C – Compatibilização dos dados de uso da terra: TerraClass (INPE/PRODES) e Censo Agropecuário**

Classes temáticas do TerraClass:

- i) agricultura anual – áreas extensas com predomínio de culturas de ciclo anual, sobretudo de grãos, com emprego de padrões tecnológicos elevados, tais como uso de sementes certificadas, insumos, defensivos e mecanização entre outros;
- ii) mosaico de ocupações – áreas representadas por uma associação de diversas modalidades de uso da terra, e que devido à resolução espacial das imagens de satélite não é possível uma discriminação de seus componentes. Nesta classe, a agricultura familiar é realizada de forma conjugada ao subsistema de pastagens para criação tradicional de gado;
- iii) pasto limpo – áreas de pastagem com predomínio de vegetação herbácea, e cobertura de espécies de gramíneas entre 90% e 100%;
- iv) pasto sujo – áreas de pastagem em processo produtivo com predomínio da vegetação herbácea e cobertura de espécies gramíneas entre 50% e 80%, associado à presença de vegetação arbustiva esparsa com cobertura entre 20% a 50%;
- v) regeneração com pasto – áreas que, após o corte raso da vegetação natural e o desenvolvimento de alguma atividade agropastoril, encontram-se no início do processo de regeneração da vegetação nativa, apresentando dominância de espécies arbustivas e pioneiras arbóreas. Áreas caracterizadas pela alta diversidade de espécies vegetais;

- vi) pasto com solo exposto – áreas que, após o corte raso da floresta e o desenvolvimento de alguma atividade agropastoril, apresentam uma cobertura de pelo menos 50% de solo exposto; e
- vii) vegetação secundária – áreas que, após a supressão total da vegetação florestal, encontram-se em processo avançado de regeneração da vegetação arbustiva e/ou arbórea ou que foram utilizadas para a prática de silvicultura ou agricultura permanente com uso de espécies nativas ou exóticas.

A classificação das áreas apresentadas nos Censos Agropecuários de 1996 e 2006 pelo SIDRA/IBGE é diferente da classificação das áreas apresentadas nos dados do TerraClass de 2008 e 2010 pelo INPE/PRODES. Os dados utilizados na construção da matriz de transição desta tese foram os dados do INPE, com alguns ajustes feitos com os dados do IBGE, pelas razões citadas na nota de rodapé 16. Para tornar isso possível, os dados do TerraClass foram reclassificados de acordo com a classificação do Censo. As áreas consideradas no TerraClass estão descritas na nota de rodapé número 9 da presente tese.

Os dados do Censo Agropecuário para área dos estabelecimentos agropecuários em hectares são divididos em: i) lavoura temporária, ii) horticultura e floricultura, iii) lavoura permanente, iv) sementes, mudas e outras formas de propagação vegetal, v) pecuária e criação de outros animais, vi) produção florestal – florestas plantadas; vii) produção florestal – florestas nativas; e viii) pesca.

Os itens i), ii), iii) e iv) foram classificados como “Lavoura”. O item v) como “Pasto”. Os itens vi) e vii) como “Floresta Plantada”. Para compatibilizar os dados do TerraClass nessas mesmas categorias, foi gerada uma nota técnica pelo INPE:

#### “NOTA TÉCNICA

Esta NOTA TÉCNICA foi gerada por Isabel Escada, Alessandra Gomes, Claudio Almeida e Antonio Miguel do INPE com objetivo de estabelecer o racional escolhido para o ajuste entre as legendas do IBGE (1996 e 2006 – Censo Agropecuário) e o do TerraClass (2008 e 2010 - INPE Amazônia) relacionadas a uso e cobertura da terra no recorte para a Amazônia Legal Brasileira. O mapeamento das classes do TerraClass para as categorias do IBGE não é 1:1. Decisões devem ser tomadas. Este documento mostra o racional utilizado para estas decisões. O mais importante, no entanto, é que os modeladores se certifiquem que essas são as escolhas mais adequadas para o MODELO utilizado, pois o resultado será influenciado por estas

escolhas, pela reclassificação entre os dados provenientes de diferentes sistemas de classificação.

Racionalidade das Reclassificações:

[1] A Classe NF (Não Floresta) do TerraClass não entra, pois não há mapeamento de uso e cobertura nas manchas da Classe NF.

[2] A Classe Mosaico de Ocupações é uma classe mista, em que não se consegue definir uma cobertura/uso dominante. Mesmo que a somatória dos diferentes tipos da categoria pasto, existentes no TerraClass (pasto limpo, pasto sujo, pasto com solo exposto e regeneração com pasto) dominem essas áreas, ainda continuamos com o problema de que a pequena produção agrícola não será representada. Como não há meios de fazer uma reclassificação distribuindo o dado para as duas classes, pasto e lavoura, relativas ao EGC, os modeladores é que devem decidir sobre o melhor mapeamento com base no conhecimento que possuem sobre as hipóteses de seu Modelo. Os dois mapeamentos possíveis são:

(a) A Classe Mosaico de Ocupações do TerraClass pode ser remapeada para classe pasto do EGC. Neste caso a suposição é que a somatória dos diversos tipos de pasto (pasto limpo, pasto sujo, pasto com solo exposto e regeneração com pasto) é a cobertura dominante;

(b) A Classe Mosaico de Ocupações do TerraClass pode ser remapeada para a classe outros usos do EGC. Neste caso, para a classe outros usos, as áreas de pastagem e de agricultura (temporária principalmente) das regiões onde estão as pequenas propriedades, estarão agrupadas nesta categoria. Como consequência, as áreas de lavoura, consideradas nesta reclassificação referem-se apenas a agricultura anual de larga escala.

[3] A Classe Sistemas Agroflorestais, do IBGE, poderia, em parte, ser mapeada para a classe vegetação secundária, do TerraClass. Entretanto, a maior parte da vegetação secundária não representa um sistema agroflorestal, é regeneração de floresta mesmo, então ao mapeá-la para Sistemas Agroflorestais estaríamos inflando essa classe. Para os Sistemas Agroflorestais, dada as limitações da categoria Mosaico de Ocupações do TerraClass, o remapeamento com menor problema seria para a categoria de outros usos do TerraClass.

[4] A Classe Área não observada, do TerraClass, foi remapeada para a classe outros usos do EGC. Observe que Área não observada no TerraClass refere-se às áreas com cobertura de nuvens ou com sombra de nuvens, onde não foi possível obter informações. Assim, em Área

não observada pode existir área urbana, mineração, agricultura, pastos, reflorestamento ou qualquer outra das categorias do TerraClass, pois não foi possível observar pelo satélite. É importante que o modelador saiba que ao remapear esta classe para a classe outros usos do EGC ele pode estar levando para esta categoria outros usos áreas de lavoura ou de pasto ou de floresta plantada (as três categorias base do EGC) pois não foi possível observar o que ali havia na metodologia do TerraClass.”

Para o item [2], foi escolhido a alternativa (a), remapeando o Mosaico de Ocupações na categoria “Pasto”. Para a categoria de “Floresta Plantada” foram utilizados os dados do Censo Agropecuário, pois a classe de vegetação secundária do TerraClass inflaria esse uso, de acordo com esta nota técnica emitida pelo INPE.