

# IMPACTOS ECONÔMICOS E DE USO DO SOLO DE UMA POLÍTICA DE CONTROLE DE DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA LEGAL BRASILEIRA

Terciane Sabadini Carvalho<sup>1</sup>  
Edson Paulo Domingues<sup>2</sup>

**Resumo:** No Plano Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) em 2008, o Brasil confirmou metas voluntárias de redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE), incluindo uma redução de 80% do desmatamento na Amazônia até 2020. A limitação do desmatamento implica em uma restrição na expansão da oferta de terra, que por sua vez, limita o crescimento da agropecuária, 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 Amazônia. Os objetivos deste artigo são: i) projetar as perdas econômicas e as mudanças no uso da terra decorrentes de uma política de controle de desmatamento na Amazônia Legal; e ii) projetar o aumento na produtividade da terra necessário para anular essas perdas. Para isso, foi desenvolvido um modelo de Equilíbrio Geral Computável inter-regional dinâmico para 30 mesorregiões da Amazônia, que inclui um modelo ILUC (*indirect land use change*), permitindo a conversão do fator terra entre diferentes usos. Os resultados apontaram que as regiões mais prejudicadas com a política de controle seriam aquelas que estão na fronteira do desmatamento, principalmente as regiões produtoras de soja e bovinos, assim como regiões onde predomina a agricultura familiar. Para anular os impactos da política, seria necessário um ganho anual na produtividade da terra de aproximadamente 1,4%, em média.

**Palavras-Chave:** equilíbrio geral computável, Amazônia, uso da terra, produtividade

**Classificação JEL:** Q15; C68; Q58

**Abstract:** In the National Plan on Climate Change (NPCC) in 2008, Brazil confirmed voluntary targets for reducing emissions of greenhouse gases (GHG), including a 80% reduction in Amazon deforestation by 2020. Limiting deforestation implies a constraint on the expansion of land, which in turn, limits the growth of agriculture, 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 (deforestation reduction) and economic growth in the Amazon. The aim of this paper is: i) to project the economic losses and land use change resulting from a policy to control deforestation in the Amazon; and ii) to project the rise in land productivity to offset these losses. For this purpose, a Dynamic Interregional Computable General Equilibrium Model for 30 regions Amazon was developed, which includes an ILUC (*indirect land use change*) model allowing the conversion between different land uses. The results showed that the most affected regions with the policy to control deforestation would be those on the frontier of deforestation, mainly producing regions of soybean and cattle, as well as regions dominated by family farms. To offset the impacts of the policy, it would be necessary an annual gain of land productivity of around 1.4%, on average.

**Key-words:** computable general equilibrium, Amazon, land use, productivity

**Área:** Economia Agrícola e do Meio Ambiente

---

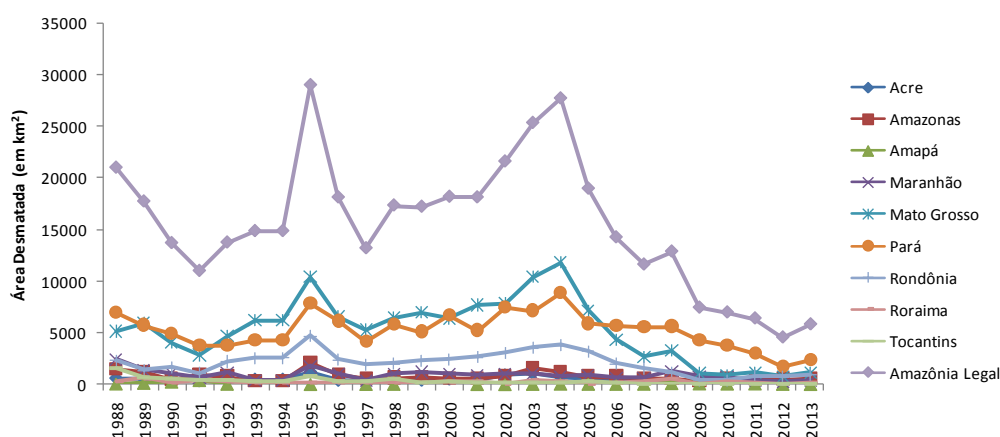
<sup>1</sup> Doutora em Economia pelo CEDEPLAR/UFMG.

<sup>2</sup> Professor Dr. Adjunto do Departamento de Ciências Econômicas – CEDEPLAR/UFMG

## 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 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>3</sup>.

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.



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

Fonte: Prodes (INPE).

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>4</sup>, que compreende além de regiões do Mato Grosso e Pará, regiões do Maranhão, Tocantins, Rondônia, Amazonas e Acre.

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).

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

<sup>3</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>4</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).

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 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. 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). 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, 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 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. 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>5</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 de RL na Amazônia Legal<sup>6</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) e 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 assumida pelo governo brasileiro de redução de emissões por desmatamento.

---

<sup>5</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>6</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>7</sup>, foi apresentada em 2009. A proposta foi de uma redução voluntária nas emissões de GEE, principalmente por meio de uma 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.

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

Neste contexto, torna-se relevante investigar os aspectos de um possível *trade off* entre conservação ambiental (redução do desmatamento) e crescimento econômico na região. Além disso, é importante entender as relações das atividades agropecuárias com a ocupação e uso do solo. Assim, os objetivos deste artigo são: i) avaliar o impacto regional econômico e de uso do solo de políticas de controle de desmatamento na Amazônia Legal<sup>8</sup>, e ii) investigar a questão da melhoria técnica da agropecuária na região. Para alcançar esse objetivo, foi construído 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>9</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), seguindo a abordagem de Ferreira Filho e Horridge (2014). 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 para a extensão das respostas dos agricultores a estas políticas.

O REGIA, portanto, é utilizado para simular um cenário que considera o estabelecimento de uma meta de redução do desmatamento de 80% até 2020, conforme o Plano Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC (2008), seguido por uma política de desmatamento zero de 2021 a 2030. Além disso, é realizada uma simulação para estimar os ganhos de produtividade da terra necessários para que a política de controle não tenha nenhum efeito adverso na economia da Amazônia. Para tanto, além desta introdução, este artigo apresenta mais quatro seções. A próxima seção discute a formação da base de dados e as características do modelo REGIA. A terceira analisa o fechamento e as simulações do modelo. Em seguida, tem-se a apresentação e discussão dos resultados e finalmente, tecem-se as considerações finais e conclusões do trabalho.

---

<sup>7</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>8</sup> Este artigo é uma contribuição da Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais, convênio FINEP/ RedeCLIMA 01.08.0405.01.

<sup>9</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.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 O Modelo REGIA

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>10</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.

O REGIA possui alguns avanços em relação a outros modelos que analisaram questões relacionadas à Amazônia e ao desmatamento, tais como Pattanayak *et al.* (2009) e Cattaneo (2001). O primeiro 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 o segundo, é a maior desagregação, 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.

O modelo REGIA apresenta estrutura teórica semelhante ao modelo IMAGEM-B<sup>11</sup> construído no Cedeplar-UFMG. 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).

Muitos modelos foram desenvolvidos usando a estrutura teórica do TERM australiano, tais como o TERM-BR para o Brasil, desenvolvido nos trabalhos de Ferreira Filho e Horridge (2006; 2008; 2010; 2011; 2012; 2014) e 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 foi construído para a China (HORRIDGE e WITTWER, 2008; HORRIDGE e WITTWER, 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 na Austrália (WITTWER, 2011).

O REGIA é composto por blocos de equações que determinam relações de demanda e oferta, de acordo com hipóteses de otimização e condições de equilíbrio de mercado. Além disso, vários agregados nacionais são definidos nesses blocos, como nível de emprego agregado, PIB, saldo comercial e índices de preços. Os setores produtivos minimizam os custos de produção sujeitos a uma tecnologia de retornos constantes de escala em que as combinações de insumos intermediários e fator primário (agregado) são determinados por coeficientes fixos (Leontief). Há substituição via preços entre produtos domésticos e importados na composição dos insumos via função de elasticidade de substituição constante (CES). Uma especificação CES também controla a alocação do composto doméstico entre as diversas regiões. Também ocorre substituição entre capital, trabalho e terra na composição dos fatores primários por meio de funções CES, entretanto o fator terra está alocado apenas nos setores de agricultura e pecuária.

Os produtos de uma determinada região direcionados para outra são compostos pelos valores básicos e pelas margens de comércio e transporte. A participação de cada margem no preço de entrega é uma combinação de origem, destino, produto e fonte (doméstico ou importado). As margens sobre os produtos de uma região para outra 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.

---

<sup>10</sup> Ao longo do texto utiliza-se o termo Amazônia como referência à Amazônia Legal Brasileira.

<sup>11</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).

No modelo, há uma família representativa para cada microrregião, que consome bens domésticos (das microrregiões) e bens importados. A escolha entre domésticos e importados (de outros países) é realizada por uma especificação CES (hipótese de Armington<sup>12</sup>). O tratamento da demanda das famílias é baseado num sistema combinado de preferências CES/Klein-Rubin. Assim, a utilidade derivada do consumo é maximizada segundo essa função de utilidade. Essa especificação dá origem ao sistema linear de gastos (LES)<sup>13</sup>, 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.

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. O modelo não inclui um processo de ajuste temporal do mercado de trabalho. Para as simulações deste artigo, que apresentam um horizonte temporal de 25 anos, adotou-se uma configuração em que o 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.

O consumo do governo é exógeno. O modelo opera com equilíbrio de mercado para todos os bens, tanto domésticos quanto importados, assim como no mercado de fatores (capital, terra e trabalho) em cada microrregião. Os preços de compra para cada um dos grupos de uso em cada microrregião (produtores, investidores, famílias, exportadores, e governo) são a soma dos valores básicos e dos impostos sobre vendas (diretos e indiretos) e margens (de comércio e transporte). Impostos sobre vendas são tratados como taxas *ad-valorem* sobre os fluxos básicos. As demandas por margens (transporte e comércio) são proporcionais aos fluxos de bens aos quais as margens estão conectadas.

## 2.2 O Modelo ILUC

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. O uso da terra é modelado separadamente para cada uma das regiões, mantendo fixa a área total. 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 1). No modelo, os setores/produtos agrícolas, assim como o uso da terra, são específicos para cada região.

**Tabela 1 – Descrição dos setores no uso do fator terra**

| Uso da terra      | Produtos  |
|-------------------|---|
| 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

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

<sup>12</sup> Hipótese de Armington - bens de origens diferentes são tratados como substitutos imperfeitos.

<sup>13</sup> 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 linear de gastos não permite a inclusão de bens inferiores (i.e., elasticidades renda negativas).

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 é uma *proxy* para medir o desmatamento para a expansão da agropecuária ou silvicultura.

O fator terra pode ser alocado entre os diferentes setores agrícolas de acordo com os diferenciais de remuneração. Assim, a demanda por terra no modelo responde às variações da remuneração do fator em cada setor. 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>14</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 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.

O lado da oferta de terra vai permitir que o fator 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 mobilidade da terra entre os usos, indicando as possibilidades de transformação dos diferentes usos da terra.

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.

<sup>14</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.

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>15</sup> de 2008 e 2010 (obtidos do PRODES/INPE), e dados do Censo Agropecuário de 1995 e 2006<sup>16</sup> (IBGE) para as 30 mesorregiões da Amazônia Legal Brasileira. 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>17</sup> utilizadas na matriz de transição são ilustradas no Quadro 1. 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>18</sup>, de escalonamento de linhas e colunas. Os elementos fora da diagonal mostram as áreas de terra que mudaram entre os dois períodos.

**Quadro 1 - 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 1 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 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 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

<sup>15</sup> Este artigo 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>>

<sup>16</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>17</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>18</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).



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:

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

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).  $P_{kr}^{\beta_{lnd}}$  é a remuneração unitária média do tipo de terra  $k$ .  $\beta_{lnd}$  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.

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.

### 2.3 Base de Dados

A base de dados do modelo REGIA foi construída por meio de um processo de regionalização da matriz de insumo-produto nacional de 2005. O procedimento partiu da metodologia proposta em Horridge (2006), adaptada para o caso brasileiro. A partir dos dados da matriz de insumo-produto de 2005 diagonalizada (110 setores e 110 produtos) e de um grande conjunto de indicadores regionais, estimou-se uma matriz de comércio inter-regional por meio de fórmulas utilizando uma matriz de distâncias e uma abordagem gravitacional. A principal hipótese da abordagem gravitacional<sup>19</sup> é que o comércio inter-regional está baseado na distância entre as regiões e na interação derivada do tamanho de suas economias.

Detalhes do procedimento de construção da base de dados do modelo estão em Carvalho (2014). O resultado desse procedimento é a total consistência da base de dados com os dados oficiais das Contas Regionais, Contas Nacionais, Matriz de Insumo-Produto, informações do IBGE; e Comércio Exterior (SECEX), Produção Industrial (PIA) e Emprego (RAIS). Um dos componentes mais importantes da base de dados para as simulações deste trabalho é a remuneração e uso do fator terra por mesorregião na Amazônia. No modelo, o fator terra foi alocado para os setores agricultura e pecuária. A remuneração do fator terra foi obtida a partir dos dados das “Despesas realizadas pelos estabelecimentos – Arrendamento de terras” do Censo Agropecuário de 2006 (IBGE)<sup>20</sup>.

## 3. FECHAMENTO E SIMULAÇÕES

### 3.1 Fechamento do Modelo

O fechamento do modelo é a determinação dos conjuntos de variáveis endógenas e exógenas das simulações realizadas. Este fechamento representa as hipóteses sobre o funcionamento da economia e

<sup>19</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). Um maior detalhe do método e algumas aplicações podem ser vistos em Miller e Blair (2009).

<sup>20</sup> 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 foram somados os valores de arrendamento da pecuária e criação de outros animais, pesca e aquicultura. Como a base de dados do modelo é 2005, foi aplicado um deflator para que os valores monetários do Censo se equiparassem aos da matriz de insumo-produto. Assim obteve-se a remuneração da terra em termos nacionais para agricultura e pecuária. O último passo foi dividir a remuneração da terra por microrregião e para isso considerou-se que o valor da mesma é proporcional à produção da agricultura e pecuária em cada região.

seus ajustamentos e choques (políticas). O REGIA é um modelo dinâmico e permite a acumulação do capital ao longo do tempo e ajustes no mercado de terra. Os dois fechamentos utilizados para as simulações de dinâmica recursiva são i) o fechamento do Cenário de Referência e ii) o fechamento de Política.

Nos dois fechamentos, assume-se que o consumo regional seque a renda regional, com propensão marginal a consumir exógena. Além, disso, supõe-se que o gasto do governo segue a renda das famílias nacionalmente e regionalmente. Outra pressuposição 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.

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

### *3.2 Simulações*

O cenário de referência apresenta uma trajetória de crescimento da economia de 3% ao ano para o período 2006 a 2030 e representa a projeção que é comparada ao cenário de política<sup>21</sup>. Assim, 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) que são consistentes com as projeções da FAO (2003). A justificativa para utilizar uma projeção de crescimento apenas das exportações de soja e de bovinos se baseia no fato de que o mercado externo para esses produtos é considerado um importante determinante do desmatamento na região. É considerado um aumento de 4,25% e 2,01% nas exportações de soja e bovinos, respectivamente, o que representa um aumento total de 130% das exportações de soja e 49% das exportações de bovinos em 2030.

O cenário de política busca representar a política de controle de desmatamento proposta no PNMC (2008), projetando 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 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. 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.

---

<sup>21</sup> Para mais detalhes sobre o Cenário de Referência, ver Carvalho (2014).

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 REGIA, que leva em conta esta interdependência regional.

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.

Por fim, a última simulação visa projetar 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 dessa 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.

## **4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

### *4.1 Resultados Macroeconômicos Regionais*

Os resultados apresentados aqui são reportados como o desvio percentual acumulado (2012-2030) em relação ao cenário de referência de crescimento econômico. De acordo com os mecanismos do REGIA, a 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). A Tabela 2 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% de redução do PIB cada uma). A interpretação correta desses resultados, por exemplo, é que o Norte Matogrossense obteria um crescimento acumulado 3,6% menor do que o obtido em um cenário sem a política de controle de desmatamento, em que a economia da Amazônia cresce de acordo com a trajetória de crescimento da economia nacional.

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.

A silvicultura e exploração florestal representam mais de 50% da produção em Marajó, sendo que outros 30% são distribuídos entre a agropecuária. Esse elevado grau de dependência econômica da produção agrícola e da exploração florestal 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 uma das maiores produtoras de bovinos da Amazônia, responsável por mais de 13% de toda a produção.

**Tabela 2 - 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       |
| Marajo                    | 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

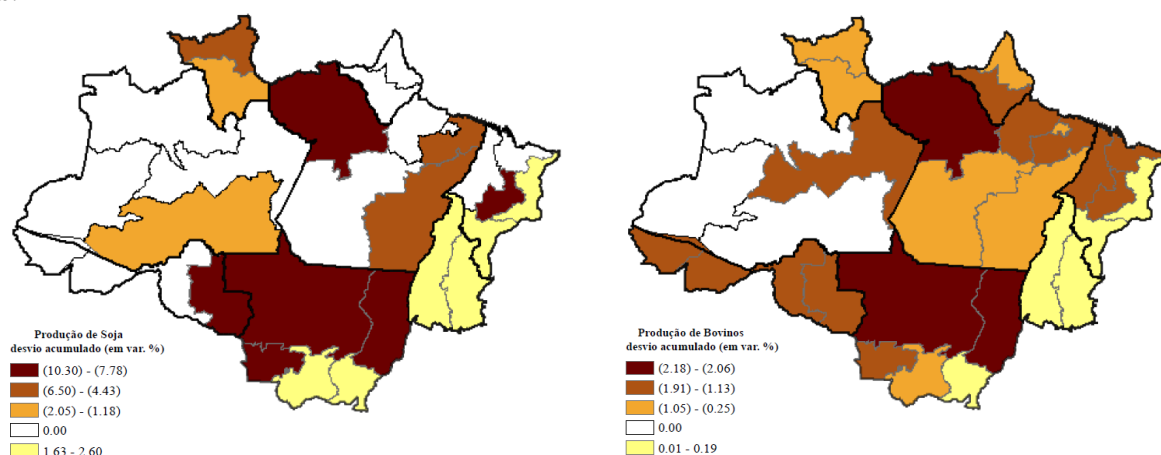
Como esperado, as mesorregiões que seriam menos afetadas pela política são aquelas que não apresentam áreas de florestas naturais para serem convertidas em uso produtivo, e algumas delas, como Sul Maranhense, Sudeste Matogrossense e Oriental de Tocantins, até mesmo apresentariam um pequeno ganho do PIB (0,35%, 0,20% e 0,12%, respectivamente). Esse resultado 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 direto 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. 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 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 perda de bem-estar.

#### 4.2 Resultados nos Setores de Soja e Bovinos

Esta seção analisa os impactos setoriais agrícolas dos produtos mais significativos da economia da Amazônia. Nota-se que a política, ao restringir as possibilidades de conversão de florestas para uso produtivo na agricultura, provoca um impacto negativo na atividade destes produtos. A produção de soja

é importante na Amazônia e corresponde por aproximadamente 35% da produção nacional. Da soja produzida na Amazônia, quase 60% está no Norte Matogrossense, seguido pelo Sudeste e Nordeste Matogrossense, que juntos produzem mais 25%. Como é um dos principais vetores do desmatamento, o impacto negativo era esperado. A Figura 2 mostra os impactos da política nos setores de soja e de bovinos.



**Figura 2 - Variação % da produção de Soja e Bovinos decorrente da Política de Controle do Desmatamento (desvio acumulado 2012-2030 em relação ao Cenário de Referência)**

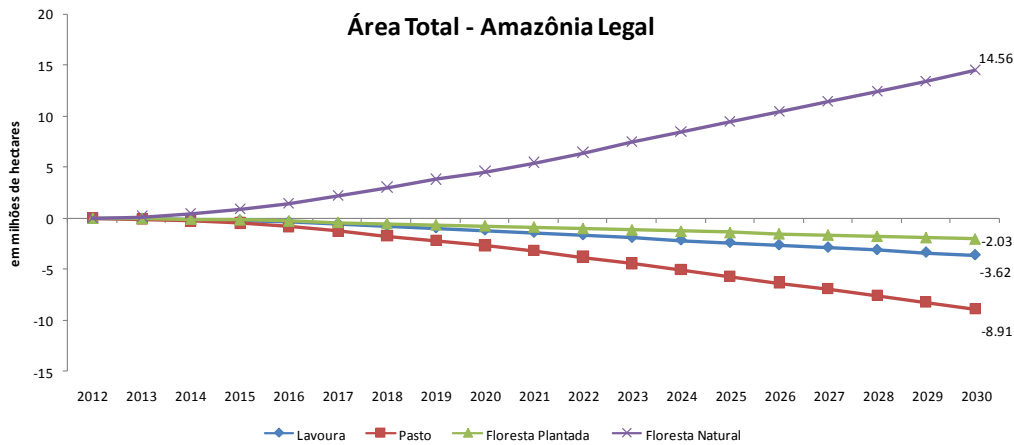
Fonte: Elaboração própria com base nos resultados das simulações com o modelo REGIA

Nota-se, pela Figura 2, que as mesorregiões que não apresentam variação não são produtoras de 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. De modo geral, os custos de produção aumentariam mais nas regiões que são alvos da política de controle de desmatamento. Isto implica que em regiões onde maior é a variação do custo, maior é a queda do nível de atividade. A soja se destaca como o setor que apresenta as maiores variações nos custos de produção.

A produção de Bovinos também 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 2, que as regiões onde se concentra a produção de bovinos, estão entre as mais afetadas negativamente pela política de controle de desmatamento. O setor de bovinos, também considerado 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.

#### 4.3 Resultados de Uso da Terra

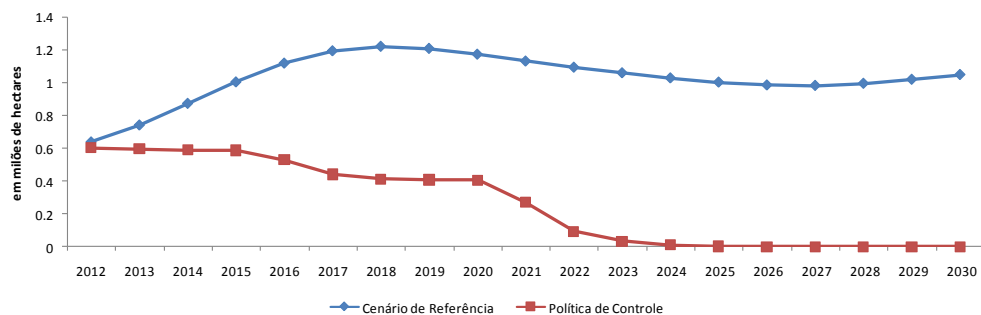
A Figura 4 ilustra a projeção do uso da terra na Amazônia no cenário de política de controle do desmatamento. Com a meta de redução, o desmatamento agregado na Amazônia iria cair ao longo do tempo. Isso pode ser observado pela trajetória ascendente da área de floresta natural que aumenta 14,56 milhões de hectares em 2030 em relação ao Cenário de Referência. 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 a redução do desmatamento só é possível com a redução das áreas de lavoura, pasto e floresta plantada. A redução dessas áreas, neste caso, significa que no cenário de crescimento econômico sem política de controle, haveria uma conversão de floresta natural (desmatamento) para o aumento dessas áreas na mesma proporção da redução apresentada com a política.



**Figura 3 - 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 5 apresenta a diferença das trajetórias do desmatamento anual entre o Cenário de Referência (de crescimento econômico) 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 de 100% do desmatamento.



**Figura 4 - 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 diminuiriam cerca de nove milhões de hectares em relação ao Cenário de Referência. Após, as áreas de lavoura e as áreas de floresta plantada apresentariam uma queda com o controle do desmatamento. A primeira que teria uma redução de sua área em aproximadamente quatro milhões de hectares com a política. E as áreas de floresta plantada reduziriam em cerca de dois milhões de hectares no acumulado 2012-2030 em relação ao Cenário de Referência de crescimento econômico.

A Tabela 3 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 3, que o Norte Matogrossense e o Sudeste Paraense seriam as regiões com as maiores áreas (em milhões de hectares) a serem preservadas. Em relação à área de lavoura, observa-se que as mesorregiões com 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. 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.

**Tabela 3 - 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 | Mesorregiões              | UF | Lavoura                | Pasto | Floresta Plantada | Floresta Natural |
|------------------------|----|------------------------|-------|-------------------|------------------|---------------------------|----|------------------------|-------|-------------------|------------------|
|                        |    | em milhões de hectares |       |                   |                  |                           |    | em milhões de hectares |       |                   |                  |
| Madeira-Guaporé        | RO | -0.03                  | -0.52 | -0.06             | 0.61             | Norte do Amapá            | AP | -0.02                  | -0.01 | 0.00              | 0.03             |
| Leste Rondoniense      | RO | -0.08                  | -0.77 | -0.07             | 0.92             | Sul do Amapá              | AP | -0.04                  | -0.02 | -0.01             | 0.07             |
| Vale do Juruá          | AC | -0.11                  | -0.06 | -0.03             | 0.20             | Ocidental do Tocantins    | TO | 0.01                   | -0.01 | 0.00              | 0.00             |
| Vale do Acre           | AC | -0.20                  | -0.34 | -0.03             | 0.57             | Oriental do Tocantins     | TO | 0.00                   | 0.00  | 0.00              | 0.00             |
| Norte Amazonense       | AM | -0.02                  | 0.00  | -0.02             | 0.04             | Norte Maranhense          | MA | -0.18                  | -0.10 | -0.04             | 0.33             |
| Sudoeste Amazonense    | AM | -0.09                  | -0.02 | -0.03             | 0.15             | Oeste Maranhense          | MA | -0.06                  | -0.50 | -0.07             | 0.62             |
| Centro Amazonense      | AM | -0.19                  | -0.12 | -0.13             | 0.44             | Centro Maranhense         | MA | -0.07                  | -0.31 | -0.07             | 0.45             |
| Sul Amazonense         | AM | -0.03                  | -0.16 | -0.04             | 0.24             | Leste Maranhense          | MA | 0.00                   | 0.00  | 0.00              | 0.00             |
| Norte de Roraima       | RR | -0.03                  | -0.05 | -0.01             | 0.09             | Sul Maranhense            | MA | 0.00                   | 0.00  | 0.00              | 0.00             |
| Sul de Roraima         | RR | -0.01                  | -0.08 | -0.02             | 0.11             | Norte Mato-Grossense      | MT | -1.27                  | -2.10 | -0.21             | 3.58             |
| Baixo Amazonas         | PA | -0.38                  | -0.32 | -0.22             | 0.92             | Nordeste Mato-Grossense   | MT | -0.27                  | -0.79 | -0.06             | 1.12             |
| Marajo                 | PA | -0.12                  | -0.02 | -0.06             | 0.20             | Sudoeste Mato-Grossense   | MT | -0.08                  | -0.40 | -0.03             | 0.51             |
| Metropolitana de Belém | PA | -0.01                  | -0.01 | -0.01             | 0.03             | Centro-Sul Mato-Grossense | MT | 0.00                   | 0.00  | 0.00              | 0.00             |
| Nordeste Paraense      | PA | -0.21                  | -0.18 | -0.16             | 0.55             | Sudeste Mato-Grossense    | MT | 0.00                   | 0.00  | 0.00              | 0.00             |
| Sudoeste Paraense      | PA | -0.06                  | -0.58 | -0.20             | 0.84             |                           |    |                        |       |                   |                  |
| Sudeste Paraense       | PA | -0.06                  | -1.44 | -0.46             | 1.96             |                           |    |                        |       |                   |                  |

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

A Tabela 3 indica que a área de pasto, 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 modelo supõe que a conversão das áreas de floresta se dá em direção à área de pasto, primeiramente. 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. 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.

Em termos de área para floresta plantada, percebe-se pela Tabela 3 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 de Exploração Florestal e Baixo Amazonas também apresenta uma produção concentrada neste setor.

#### 4.4 Resultados para o aumento 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. A Tabela 4 apresenta os resultados regionais do aumento de produtividade para os principais setores agrícolas do modelo REGIA.

**Tabela 4 – Resultados para o aumento de produtividade do fator terra – desvio acumulado em relação ao Cenário de Referência entre 2012 a 2030 (em var. % ao ano)**

| Mesorregião              | UF | Soja em Grão | Mandioca | Milho em Grão | Exploração Florestal e Silvicultura | Bovinos |
|--------------------------|----|--------------|----------|---------------|-------------------------------------|---------|
| Madeira Guaporé          | RO | -            | 1.14     | 1.20          | 1.13                                | 0.95    |
| Leste Rondoniense        | RO | 0.93         | 0.92     | 0.93          | 0.95                                | 0.66    |
| Vale Juruá               | AC | -            | 1.24     | 1.27          | 1.30                                | 1.28    |
| Vale Acre                | AC | -            | 1.14     | 1.16          | 1.30                                | 1.12    |
| Norte Amazonense         | AM | -            | 1.27     | -             | 1.28                                | -       |
| Sudoeste Amazonense      | AM | -            | 1.35     | 1.39          | 1.38                                | -       |
| Centro Amazonense        | AM | -            | 1.29     | 1.32          | 1.25                                | 1.28    |
| Sul Amazonense           | AM | 1.05         | 1.00     | 1.05          | 0.95                                | -       |
| Norte de Roraima         | RR | 1.13         | 1.11     | 1.13          | 1.09                                | 0.99    |
| Sul de Roraima           | RR | 0.89         | 0.83     | 0.89          | 0.83                                | 0.75    |
| Baixo Amazonas           | PA | 1.29         | 1.27     | 1.29          | 1.25                                | 1.26    |
| Marajó                   | PA | -            | 1.12     | -             | 1.26                                | 1.26    |
| Metropolitana de Belém   | PA | -            | 0.24     | -             | 0.36                                | 0.32    |
| Nordeste Paraense        | PA | 0.51         | 0.50     | 0.51          | 0.61                                | 0.54    |
| Sudoeste Paraense        | PA | -            | 0.91     | 0.96          | 0.84                                | 0.78    |
| Sudeste Paraense         | PA | 0.90         | 0.89     | 0.90          | 0.70                                | 0.56    |
| Norte do Amapá           | AP | -            | 0.97     | -             | 1.05                                | 1.03    |
| Sul do Amapá             | AP | -            | 1.15     | -             | 1.17                                | 1.17    |
| Ocidental de Tocantins   | TO | 0.00         | -0.01    | 0.00          | 0.00                                | 0.00    |
| Oriental de Tocantins    | TO | 0.00         | -0.01    | 0.00          | 0.00                                | 0.00    |
| Norte Maranhense         | MA | -            | 0.80     | 0.85          | 1.17                                | 1.02    |
| Oeste Maranhense         | MA | -            | 0.92     | 0.93          | 0.88                                | 0.65    |
| Centro Maranhense        | MA | 1.25         | 1.24     | 1.25          | 1.18                                | 1.01    |
| Leste Maranhense         | MA | 0.01         | -0.01    | 0.01          | -0.01                               | -0.02   |
| Sul Maranhense           | MA | 0.00         | -0.01    | 0.00          | 0.00                                | -0.01   |
| Norte Matogrossense      | MT | 1.11         | 1.09     | 1.11          | 1.30                                | 1.10    |
| Nordeste Matogrossense   | MT | 1.21         | 1.19     | 1.21          | 1.27                                | 1.10    |
| Sudoeste Matogrossense   | MT | 0.97         | 0.96     | 0.97          | 1.04                                | 0.76    |
| Centro-Sul Matogrossense | MT | 0.00         | -0.01    | 0.00          | 0.00                                | 0.00    |
| Sudeste Matogrossense    | MT | 0.00         | -0.01    | 0.00          | 0.00                                | 0.00    |

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 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.

## 5. CONCLUSÕES

O principal objetivo deste artigo foi analisar dinâmicas do uso do solo e impactos de uma política de controle de desmatamento, buscando contribuir para uma análise de diferentes cenários na Amazônia. 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*).

Construiu-se, primeiramente, um Cenário de Referência para projetar o crescimento da economia das regiões numa situação *business-as-usual*, sem políticas de controle do desmatamento. Neste cenário, as regiões da Amazônia são estimuladas pelo crescimento da economia nacional e pelo aumento da demanda por exportações de soja e bovinos. 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. Também foi projetado o aumento da produtividade da terra necessário para anular os impactos negativos desta política de controle do desmatamento. De modo geral, os resultados indicaram que as regiões mais afetadas pela 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.

Mas, de modo geral, 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 mais 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, do emprego, da renda e do consumo na região.

Os resultados da simulação de produtividade da terra sugerem que os ganhos anuais requeridos seriam 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 factíveis, e poderiam ser alcançados por meio de políticas de incentivo direcionadas aos principais cultivos de cada região e à pecuária.

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 a política de controle de desmatamento juntamente com o aumento da produtividade da terra. Dessa forma, o poder público deveria exercer 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.

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. Isso se deve também à escolha da maior desagregação regional do modelo.

## REFERÊNCIAS

ALENCAR, A. *et al.* **Desmatamento na Amazônia: indo além da emergência crônica**. Manaus, Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (Ipam), pp.89, 2004.

ARIMA, E.; VERÍSSIMO, A. *Brasil em Ação: Ameaças e Oportunidades Econômicas na Fronteira Amazônica. Série Amazônia n° 19*, Belém: Imazon, 2002.

ASSUNÇÃO, J. *et al.* *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.*

BARONA, E. *et al.* *The role of pasture and soybean in deforestation of the Brazilian Amazon. Environ. Res. Lett.*, vol. 5, 2010.

CARVALHO, T. S. *Uso do Solo e Desmatamento nas Regiões da Amazônia Legal Brasileira: condicionantes econômicos e impactos de políticas públicas*, 2014, 219 p. (Tese de Doutorado). Belo Horizonte: Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (Cedeplar) Universidade Federal de Minas Gerais, 2012.

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.

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. *et al.* **ORANI: A Multisectoral Model of the Australian Economy**. Amsterdam: North-Holland, 1982. 372 p.

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. Deforestation in Brazilian Amazonia: history, rates and consequences. *Conservation Biology*, vol. 19, n. 3, p. 680–688, 2005.

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. *et al.* (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. *et al.* 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.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Global Forest Resources Assessment 2010**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2010.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **World Agriculture: towards 2015/2030**. Earthscan Publications Ltda: UK, 2003, 444 p.

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>)

GOUVELLO, C. (Ed.) **Estudo de Baixo Carbono para o Brasil**. 2010. Disponível em: [http://siteresources.worldbank.org/BRAZILINPOREXTN/Resources/38171661276778791019/Relatorio\\_Principal\\_integra\\_Portugues.pdf](http://siteresources.worldbank.org/BRAZILINPOREXTN/Resources/38171661276778791019/Relatorio_Principal_integra_Portugues.pdf) Acesso em: 5 de Setembro de 2012.

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. *et al.* 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.; WITTEWER, 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.; WITTEWER, G. A multi-regional representation of China's agricultural sectors, *China Agricultural Economic Review*, vol. 1, n. 4, p. 420-434, 2009.

HUGHTON, R. A. Tropical deforestation as a source of greenhouse gases. IN: MOUTINHO, P.; SCHWARTZMAN, S. (Eds.). **Tropical Deforestation and Climate Change**. Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM) e Environmental Defense (ED), p 13-22, 2005.

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 BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Censo Agropecuário 2006*. Rio de Janeiro: IBGE, 2006.

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.

KRUGMAN, P. Scale Economics, product differentiation, and the pattern of trade, *American Economic Review*, v. 70, 1980.

MACEDO, D. C. *et al.* Cropland Expansion changes deforestation dynamics in the Southern Brazilian Amazon. *PNAS*, vol. 103, n. 39, p. 14637-14641, 2012.

MARGULIS, S. **Causas do desmatamento da Amazônia brasileira**. Brasília: Banco Mundial, 2003. 100 p.

MERTENS, B. *et al.* 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.

NASSAR, A. M. Inserção Internacional do Agro – caminho sem volta. *O Estado de São Paulo*, São Paulo, 16 de março de 2011.

NORDHAUS, W. D. A survey of estimates of the costs of controlling greenhouse gases, *Energy Journal*, vol. 12, p.37-66, 1991.

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. *et al.* 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.

PERES, C.A. *et al.* Biodiversity conservation in human-modified Amazonian forest landscapes. *Biological Conservation*, n. 143, p. 2314–2327, 2010.

PNMC (2008). **Plano Nacional sobre Mudança do Clima**, Brasília, dezembro de 2008.

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.

SOARES-FILHO, B. S. *et al.* Redução das Emissões de Carbono do Desmatamento no Brasil: O papel do programa Áreas Protegidas da Amazônia (ARPA), *WWF*, 2009. 8 p.

SOARES FILHO, B. S. *et al.* Cenário de Desmatamento para a Amazônia. *Estudos Avançados*, v. 19, n. 54, p. 137-152, 2005.

VAN MEIJL, H. *et al.* The impact of different policy environments on agricultural land use in Europe. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 114, p. 21-38, 2006.

WITTEWER, G. **Economic Modeling of Water**. London: Springer, 2012, 186 p.