

Impactos da Bioeconomia na Amazônia em Cenários de Mudanças Ambientais

Vitor da Silva Marinho*

Aline Souza Magalhães †

Edson Paulo Domingues‡

JEL:Q18, Q50, Q54

Área de Submissão: Meio ambiente, recursos naturais e sustentabilidade

Resumo

Este artigo analisa o impacto econômico e ambiental da bioeconomia na Amazônia Brasileira entre 2020 e 2040, utilizando o modelo de Equilíbrio Geral Computável REGIA. A pesquisa projeta os efeitos das políticas de desmatamento zero e do crescimento dos setores bioeconômicos sobre o PIB, consumo das famílias e uso da terra na região. Os resultados mostram que essas políticas podem aumentar o PIB nos estados do Pará, Amapá e Amazonas em até 4,7%, 2,7% e 2,8%, respectivamente, e preservar cerca de 9,83 milhões de hectares até 2040. O estudo destaca o potencial da bioeconomia como alternativa sustentável e a importância de políticas ambientais rigorosas e incentivos públicos para uma produção bioeconômica sustentável e inclusiva.

Palavras-chave: Bioeconomia, Amazônia, Mudanças Climáticas, Desmatamento Zero, Equilíbrio Geral Computável.

Resumo

This article analyzes the economic and environmental impact of the bioeconomy in the Brazilian Amazon between 2020 and 2040, using the REGIA Computable General Equilibrium model. The research projects the effects of zero deforestation policies and the growth of bioeconomic sectors on GDP, household consumption and land use in the region. The results show that these policies could increase GDP in the states of Pará, Amapá and Amazonas by up to 4.7%, 2.7% and 2.8%, respectively, and preserve around 9.83 million hectares by 2040. The study highlights the potential of the bioeconomy as a sustainable alternative and the importance of strict environmental policies and public incentives for sustainable and inclusive bioeconomic production.

Keywords: Bioeconomy, Amazon, Climate Change, Zero Deforestation, Computable General Equilibrium.

*Doutorando em Economia - CEDEPLA/UFMG - vitormarinho@cedeplar.ufmg.br

†Prof. CEDEPLAR/UFMG alinesm@cedeplar.ufmg.br

‡Prof. CEDEPLAR/UFMG domingues.edson@cedeplar.ufmg.br

1 Introdução

A bioeconomia tem emergido como uma alternativa promissora e sustentável à produção tradicional, especialmente relevante para a Amazônia Brasileira. A crescente conscientização sobre a insustentabilidade das práticas atuais de uso da terra e as pressões para mitigar os impactos das mudanças climáticas impulsionam a busca por soluções inovadoras que conciliem desenvolvimento econômico e conservação ambiental. Este artigo investiga o papel da bioeconomia na Amazônia Brasileira, projetando o impacto econômico da adoção de políticas de desmatamento zero combinadas com o crescimento de setores bioeconômicos no período de 2020 a 2040.

A Amazônia, como um dos maiores reservatórios de biodiversidade do mundo, desempenha um papel crucial na regulação climática global e na prestação de serviços ecossistêmicos. No entanto, a região enfrenta desafios significativos devido ao desmatamento e às mudanças climáticas. O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) tem destacado a necessidade urgente de limitar o aquecimento global para evitar impactos socioambientais severos. Nesse contexto, a bioeconomia surge como uma estratégia viável para promover um uso mais sustentável dos recursos naturais, respeitando a biodiversidade e o conhecimento tradicional das comunidades locais.

O objetivo deste estudo é projetar cenários econômicos de crescimento para setores ligados à bioeconomia na Amazônia, considerando a implementação de uma política de desmatamento zero a partir de 2030. Utilizando o modelo de Equilíbrio Geral Computável REGIA, são simulados diferentes cenários econômicos e ambientais para avaliar os impactos dessas políticas sobre o PIB, o consumo das famílias e o uso da terra. Os resultados indicam que a bioeconomia pode contribuir significativamente para o crescimento econômico regional e a conservação ambiental, destacando-se como uma alternativa viável frente às mudanças climáticas.

Este artigo pretende contribuir para a literatura existente ao fornecer uma análise detalhada dos possíveis impactos econômicos e ambientais da bioeconomia na Amazônia. Ao projetar cenários de crescimento e políticas de conservação, busca-se fornecer subsídios para a formulação de estratégias que promovam um desenvolvimento sustentável e inclusivo na região.

2 Revisão de Literatura

As mudanças climáticas são um desafio global urgente. O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) alertou em 2014 sobre a necessidade de limitar o aquecimento global a 1,5°C até 2050 para evitar impactos socioambientais severos. Em 2022, o IPCC destacou a influência direta da atividade humana nas mudanças climáticas e projetou que até 132 milhões de pessoas poderiam cair na pobreza extrema devido a esses impactos, incluindo riscos para a segurança alimentar, escassez de água, doenças e perda de biodiversidade.

Conforme [Ripple et al. \(2017\)](#), as práticas atuais de uso da terra podem ser insustentáveis para futuras gerações, destacando a necessidade de soluções como a criação de reservas naturais e a promoção de energias renováveis. Já [Ibarrarán et al. \(2009\)](#) destaca que as mudanças climáticas aumentam a frequência de desastres naturais, impactando a economia de países ao reduzir o PIB e aumentar o déficit fiscal.

No debate sobre mudanças climáticas, dois conceitos cruciais são a mitigação, focada na redução das emissões de gases de efeito estufa, e a adaptação, que visa minimizar os impactos das mudanças climáticas já em curso. [Klein, Schipper e Dessai \(2005\)](#) argumentam que, apesar de interligados, esses conceitos diferem em três aspectos principais: escala espaço-temporal, mensuração dos benefícios, e os atores e setores envolvidos. Primeiramente, enquanto a mitigação oferece benefícios globais, a adaptação tende a ser mais eficaz em uma escala regional ou no nível de sistemas específicos impactados. Em segundo lugar, há uma divergência na mensuração dos benefícios. Os benefícios da mitigação podem ser quantificados por uma métrica unificada, como a redução de CO₂, facilitando a comparação e análise.

Segundo [Tol \(2018\)](#), os impactos econômicos das mudanças climáticas serão mais severos em países mais pobres e de baixa altitude. Por sua vez [Dellink, Lanzi e Château \(2019\)](#) alertam que as consequências econômicas das mudanças climáticas até 2060 devem ser altamente variadas entre regiões e setores. Algumas regiões podem experimentar benefícios em certos setores, enquanto outras enfrentam perdas significativas, especialmente na agricultura e na produtividade do trabalho. Os resultados macroeconômicos indicam que os impactos regionais das mudanças climáticas afetam as economias de todos os países do mundo, com diferenças regionais substanciais. Os impactos tornam-se mais severos ao longo do tempo e já são mensuráveis nas próximas décadas, indicando que as consequências das mudanças climáticas não são apenas uma questão para o futuro distante.

Estudos sobre políticas de mitigação, como [Rausch, Metcalf e Reilly \(2011\)](#), examinam o impacto da precificação do carbono e como a alocação das receitas influencia a eficiência e equidade da política. Enquanto [Bosetti et al. \(2009\)](#) investigam o impacto do mecanismo REDD na redução de emissões globais, destacando a eficácia deste mecanismo no Brasil, devido aos custos relativamente menores de implementação.

No Brasil, o aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEE) está intimamente ligado ao desmatamento e à agropecuária. Segundo o SEEG (2022), o Brasil emitiu 2,4 bilhões de GEE em 2021, um aumento de 12,2% em relação a 2020, principalmente devido ao desmatamento na Amazônia. Políticas que visam a descarbonização e a adoção de práticas sustentáveis são cruciais para o país.

Estudos empíricos, como [Domingues et al. \(2010\)](#), projetam os impactos das mudanças climáticas na economia brasileira, indicando que o PIB poderia encolher entre 0,5% e 2,3% com base em dois cenários do IPCC, A2 (pessimista-ambiental) e B2 (otimista-ambiental). [Filho e Horridge \(2020\)](#) estimam que as mudanças climáticas aumentarão a migração rural-urbana, afetando trabalhadores menos qualificados.

Pesquisas como as de [Feijó e Júnior \(2009\)](#) avaliam os impactos das metas de redução de CO₂ acordadas no protocolo de Quito, destacando as vantagens competitivas do Brasil em relação a outros países. [Lucena et al. \(2016\)](#) analisam os efeitos de políticas climáticas no sistema energético brasileiro, mostrando que impostos mais altos sobre o carbono poderiam induzir reduções significativas nas emissões.

A bioeconomia surge como uma alternativa sustentável à produção tradicional. Estudos como [Costa et al. \(2022\)](#) argumentam pela adaptação do conceito de bioeconomia para o bioma amazônico, enfatizando a conservação da biodiversidade e o respeito ao conhecimento tradicional. Em uma tentativa de quantificar esta bioeconomia [Nobre et al. \(2023\)](#) projetam cenários para a economia da Amazônia Legal, destacando que investimentos em bioeconomia podem promover um desenvolvimento sustentável. Utilizando modelo EGC para projetar cenários para a economia da Amazônia Legal (AML) em 2050. A Nova Economia da Amazônia (NEA), cenário orientado pelo Acordo de Paris, desmatamento zero, expansão da bioeconomia, restauração florestal e adequação da agropecuária chega em 2050 com PIB R\$ 40 bilhões superior ao referencial, 312 mil empregos adicionais, além de 81 milhões de hectares de florestas e 19% de estoque de carbono a mais. Além disso, os investimentos para financiar a NEA foram estimados em 1,8% do PIB nacional ao ano, contra 1% ao ano no cenário referencial, sendo a Amazônia a grande catalisadora da descarbonização da economia brasileira.

Em resumo, a revisão de literatura destaca a urgência de políticas e estratégias para enfrentar os impactos das mudanças climáticas no Brasil, promovendo a descarbonização, a redução do desmatamento e a adoção de práticas sustentáveis. Este artigo busca contribuir com essa literatura ao projetar cenários econômicos de crescimento entre 2020 e 2040 em setores ligados a bioeconomia na amazônia, associado a uma política de desmatamento zero a partir de 2030.

3 Metodologia

Esta seção apresenta a estrutura teórica e as abordagens metodológicas utilizadas, seguindo [Carvalho \(2014\)](#) e [Souza \(2022\)](#). Utilizamos um modelo de equilíbrio geral computável (EGCs) inter-regional para explorar os impactos de políticas de bioeconomia. Esses modelos permitem uma análise abrangente da economia, incluindo políticas fiscais, inovações tecnológicas e choques econômicos ([DOMINGUES, 2002](#); [MAGALHAES, 2013](#)).

Modelos EGCs, baseados são baseados premissas neoclássicas para descrever as relações de oferta e demanda na economia. As firmas minimizam custos para produzir eficientemente e as famílias maximizam utilidade, decidindo consumo e trabalho. Utilizamos um modelo do tipo Johansen, onde as equações são linearizadas e os resultados são dados em termos de taxas de crescimento ou elasticidades ([DIXON; JORGENSON, 2012](#)).

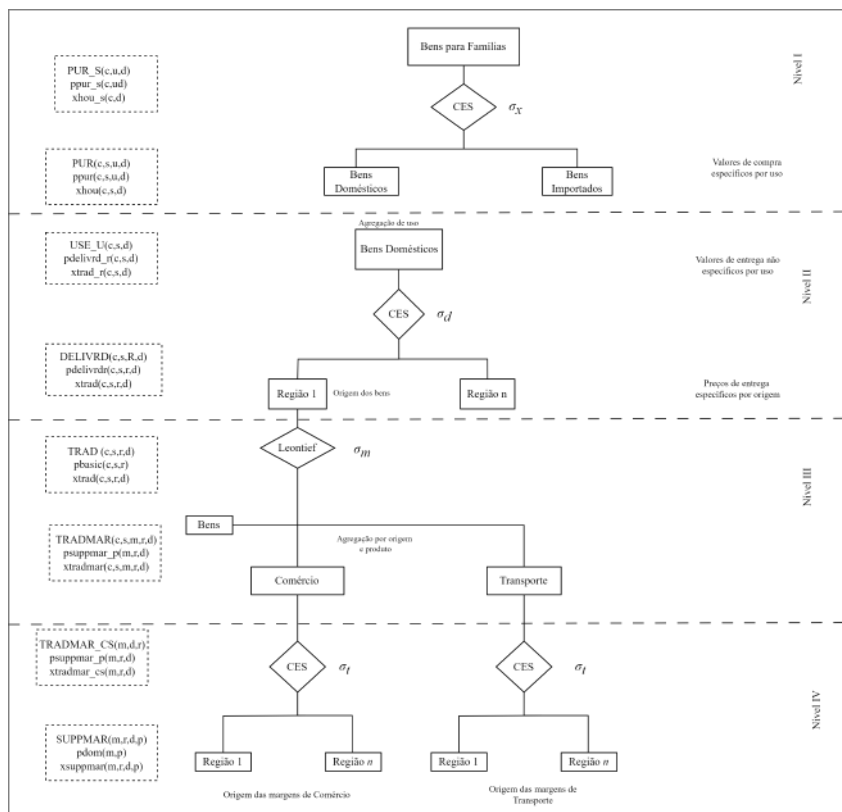
A construção do modelo REGIA segue a estrutura do modelo TERM (The Enour-

mous Regional model for Brazilian Economy) (HORRIDGE; MADDEN; WITTEWER, 2005), com adições de dinâmica recursiva (DIXON; RIMMER, 1998; DIXON; PICTON; RIMMER, 2002) e modulo de uso da terra conforme (CARVALHO, 2014). Calibrado com dados de 2015, utiliza a Matriz Insumo-Produto do (IBGE) (2024).

A especificação teórica do REGIA é dividida em três componentes principais: (1) mecanismos de demanda regional com estrutura de produção, investimento, famílias, exportações, governo, trabalho, equilíbrio de mercados, margens e preços; (2) elementos de dinâmica recursiva; e (3) efeitos das mudanças no uso da terra.

A demanda regional é analisada em quatro níveis hierárquicos (Figura 1). No Nível I, as famílias escolhem entre produtos nacionais e internacionais usando uma função CES. No Nível II, a origem regional do componente doméstico é determinada por uma função CES. No Nível III, a composição dos preços de bens é fixa, seguindo uma função Leontief. No Nível IV, define-se a origem das margens de transporte entre as regiões. Estas margens são distribuídas equitativamente entre a origem e o destino. A elasticidade (σ_t), que pode ser de 0,5, sugere a capacidade dos transportadores de ajustar seus depósitos de armazenagem. As margens de comércio geralmente se concentram na região de destino, com uma elasticidade próxima de zero. A mesma lógica de origem é aplicada a bens importados, considerando o porto de entrada como ponto de origem.

Figura 1: Mecanismo de Demanda por origens



Os fatores primários (capital, terra e trabalho) são distribuídos por uma função CES no modelo. Os insumos intermediários também seguem a função CES, aplicando a hipótese de Armington (ARMINGTON, 1969). A função de transformação CET ilustra a conversão de produtos em bens finais.

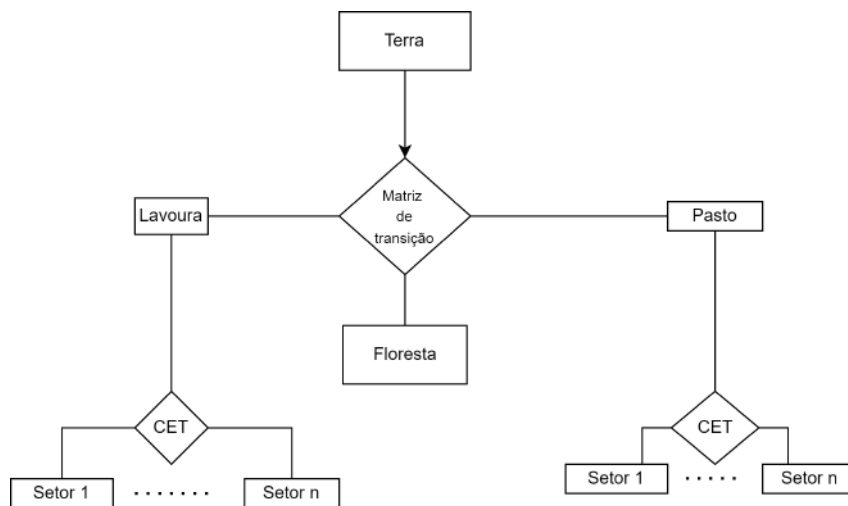
A demanda internacional por bens domésticos é modelada usando elasticidades, influenciada pelo preço em moeda estrangeira e fatores exógenos. A demanda por investimentos e a formação bruta de capital fixo ocorrem por minimização de custos, utilizando uma estrutura de tecnologia hierarquizada em dois níveis (função CES e Leontief).

O comportamento das famílias é modelado a nível regional. As decisões de consumo seguem uma abordagem CES e um sistema híbrido de preferências (CES e Klein-Rubin). A demanda governamental é flexível e pode ser determinada de maneira exógena. Os estoques são fixados exogenamente, refletindo diretamente na produção doméstica.

O modelo integra um mecanismo dinâmico de ajuste no mercado de trabalho, relacionando salário real, emprego atual e emprego projetado (SOUZA, 2022). A dinâmica recursiva descreve a acumulação e alocação de capital, considerando taxas de depreciação e retorno.

O modelo REGIA considera a terra um fator primário da economia junto ao capital e ao trabalho. Existem quatro categorias de uso da terra: Lavoura, Pastagem, Floresta Plantada e Floresta Natural. A alocação da terra é baseada na remuneração diferenciada, utilizando uma função CET, a figura 2 ilustra o modulo de uso da terra.

Figura 2: Distribuição do fator terra



Fonte: Adaptado de Carvalho (2014)

A oferta de terra é separada em categorias e modelada para cada região. A mobilidade entre categorias é guiada por uma matriz de transição, refletindo a conversão de terras produtivas em áreas agrícolas.

3.1 Fechamento do modelo

Os modelos EGCs utilizam mecanismos de dinâmica recursiva para uma abordagem temporal explícita. Após choques iniciais, as variáveis endógenas se adaptam durante o período analisado, tanto no cenário base como no de políticas, este último incorporando choques específicos de simulação. A fase de fechamento é crucial e é onde se define o cenário macroeconômico para simulações. Esse processo envolve escolher variáveis endógenas e exógenas, com base em teorias econômicas sobre ajustes e respostas a políticas. A natureza

do fechamento do modelo muda conforme a teoria econômica aplicada e os objetivos específicos da projeção (DOMINGUES, 2002) .

O modelo REGIA, dinâmico e regional, emprega fechamento de dinâmica recursiva, permitindo a acumulação de capital e ajustes no mercado de terras com base nos diferentes usos da terra. Considera-se o emprego nacional como exógeno e o salário real nacional como endógeno, promovendo a mobilidade inter-regional do trabalho de acordo com os diferenciais salariais. O investimento nacional, endógeno, é a soma dos investimentos setoriais, variando conforme o estoque de capital, movendo-se para setores mais lucrativos com taxas de retorno fixas. O consumo real das famílias é endógeno, baseado na variação do PIB regional, e o consumo do governo é exógeno (SOUZA, 2022; CARVALHO, 2014).

No cenário de referência, de 2015 a 2020, macroagregados como PIB, investimento, consumo das famílias, gastos governamentais, exportações e emprego, além das taxas de desmatamento e exportação setorial, são considerados exógenos. De 2021 a 2040, mantém-se a exogeneidade de variáveis macroeconômicas, taxas de exportação setorial e crescimento populacional, mas as taxas de desmatamento tornam-se endógenas. No cenário de política, as variáveis macroeconômicas são endógenas, com o emprego definido exogenamente. A dinâmica recursiva dos modelos EGC permite a adaptação temporal das variáveis endógenas após choques iniciais em ambos os cenários. O consumo nas regiões está ligado à renda regional, com a propensão marginal ao consumo definida exogenamente. Os gastos governamentais refletem o consumo familiar em níveis nacional e regional. A expansão agrícola via desmatamento é restrita, especialmente em áreas não florestais, onde a disponibilidade de terra é um fator exógeno.

4 Resultados

Para avaliar os impactos da bioeconomia na Amazônia, empregou-se o modelo REGIA. Que visam projetar a implementação de uma política de Desmatamento Zero a partir de 2030 e um aumento da produção em 100% de setores ligados à bioeconomia. Os setores de bioeconomia contemplam os seguintes produtos: Açaí-Fruto, Cacau-Amêndoa, Castanha do Pará, Açaí-Palmito, Cupuaçu- Fruta, Urucum, Bacuri, Mel e Pupunha. Este produtos foram escolhidos devido sua relevância para bioeconomia local e também pela disponibilidade suficientemente representativa de dados (NOBRE; AL., 2023).

No modelo dois setores incorporam estes produtos: Outras Lavouras permanentes e, notadamente, Extrativismo vegetal. O choque seria compatível com a produção dobrando de tamanho na região. Embora existam os efeitos de dinâmica recursiva, como o modelo é linearizado, pode-se obter aproximações lineares para diferentes intensidades de choques, conforme a avaliação do pesquisador: 50% ou 200% de aumento na produção dos setores, por exemplo, a depender da projeção que se queira realizar.

Assim, quando for mencionado "cenário de bioeconomia" refere-se a conjunção desses dois choques: desmatamento zero na Amazônia Legal e incentivo a setores ligados à bioeconomia. Para o cenário foi utilizada a base de dados atualizada até 2020, permitindo simulações quinquenais a partir de 2021.

Cabe salientar quando a disponibilidade de terra é restringida, observa-se um incremento no valor da terra, elevando assim os custos de produção agrícola e pecuária. Isso

repercute na produção dessas áreas. Devido ao caráter inter-estadual do modelo, pode ocorrer uma redistribuição da produção para áreas sem tais restrições e com maior eficiência na utilização da terra.

É importante denotar que regiões mais dependentes da agropecuária e focadas em agro-exportação são mais suscetíveis a essas políticas. Por outro lado, estímulos nos setores da bioeconomia podem impactar positivamente indicadores macroeconômicos regionais, através do aumento do emprego e dos investimentos. O crescimento na produção pode também elevar a renda e o consumo das famílias. Os efeitos globais dessas causalidades, diretas e indiretas, serão moldados pelos diferentes impactos aplicados, pelas limitações na oferta de terra e pela configuração produtiva de cada região.

4.1 Cenário de Referência

O cenário de referência projeta a trajetória tendencial de crescimento da economia. Esse cenário possibilita visualizar as trajetórias dos indicadores econômicos ao longo do tempo e o impacto dos choques de políticas nessa trajetória. A diferença entre o cenário de referência e o cenário de política representa, o efeito adicional da imposição da política de desmatamento zero e bioeconomia. Os resultados do modelo são, em geral, apresentados como o desvio acumulado de determinada variável em relação ao cenário contrafactual, ou de referência.

O cenário de referência utiliza dados macroeconômicos observados do [IBGE \(2020\)](#) e das taxas de desmatamento observadas. Os dados do incremento do desmatamento foram retirados da plataforma TerraBrasilis do INPE (Instituto Espacial de Pesquisas Espaciais) e dos relatórios oficiais do Instituto SOS Mata Atlântica. Na projeção, a partir de 2021, assume-se um crescimento da economia nacional de 2% a.a. (no PIB real, consumo das famílias, gastos do governo), crescimento das exportações setoriais de acordo com as projeções do MAPA (2019) e OCDE-FAO (2015) e crescimento populacional. Em todo período, considera-se um crescimento da produtividade da terra de 1% a.a. e do trabalho de 0,8% a.a.. Nas projeções, o desmatamento passa a ser endógeno, determinado pelo crescimento da economia de acordo com os mecanismos de uso da terra do modelo.

O módulo de uso da terra do modelo apresenta uma categoria de terra que engloba as áreas de Florestas Naturais e Demais Usos. Desse modo, a taxa de desmatamento incorporada no Cenário de Referência foi calculada como sendo o percentual de incremento do desmatamento divulgado pelo INPE sobre a categoria de floresta natural e demais usos do modelo REGIA.

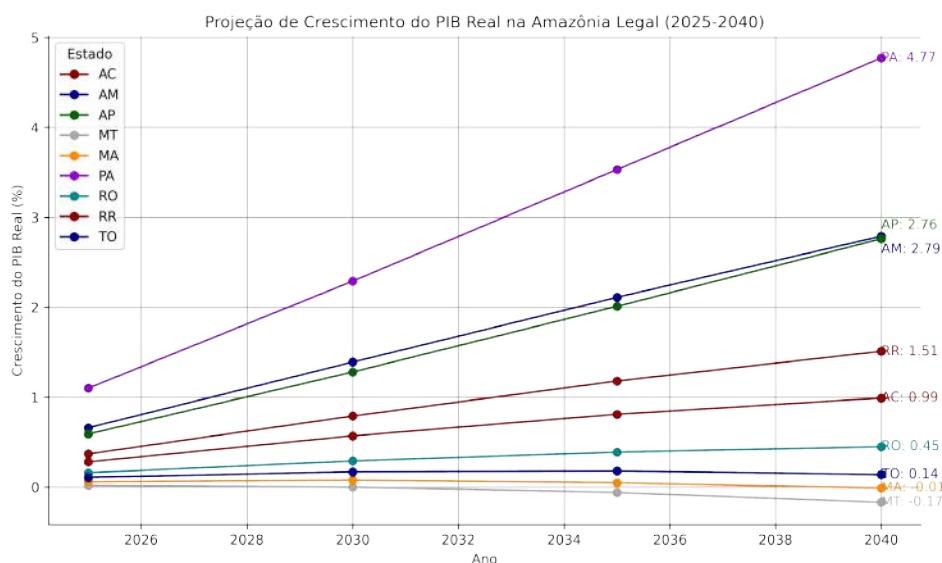
4.2 Resultados Macroeconômicos

Nesta subseção tem-se os resultados macroeconômicos associados à política de bioeconomia, dado por choques no setor extrativo vegetal e de outras lavouras permanentes. Segundo a estrutura do modelo, a política de Desmatamento Zero restringe o aumento de terras para agricultura, um processo geralmente realizado à custa do desmatamento de florestas naturais.

Na Figura 3, observa-se as projeções regionais de crescimento do PIB real em termos

do desvio acumulado em relação ao cenário de referência. Pode-se identificar quatro agrupamentos distintos neste cenário. O primeiro, constituído exclusivamente pelo estado do Pará. Os resultados indicam que o cenário de bioeconomia (desmatamento zero e incentivo a setores), teria um efeito adicional de crescimento real no PIB de até 4,7% no estado em comparação com um cenário sem a política de bioeconomia. Mesmo considerando restrições do uso da terra dos setores agropecuários no estado, o incentivo à produção de setores bioeconomicos compensaria o efeito negativo de menor produção dos setores agropecuários. O resultado no Pará tende a ser mais significativo pelo maior peso dos setores extrativos na região, se comparado aos demais estados da Amazônia Legal.

Figura 3: Impacto sobre o PIB Real dos estados da Amazônia Legal - desvio % acumulado em relação ao cenário base, 2025-2040



Fonte: Elaboração própria com base nas simulações do modelo REGIA.

Este crescimento representa um aumento significativo de aproximadamente 10.307,7 milhões de reais, elevando o PIB do estado de 215.935,6 milhões de reais em 2020 para cerca de 226.243,3 milhões de reais em 2040. Mesmo considerando restrições do uso da terra dos setores agropecuários no estado, o incentivo à produção de setores bioeconômicos compensaria o efeito negativo de menor produção dos setores agropecuários. O resultado no Pará tende a ser mais significativo pelo maior peso dos setores extrativos na região, se comparado aos demais estados da Amazônia Legal.

Os números do segundo grupo, formado por Amapá e Amazonas, projetam um crescimento similar, de 2,76% e 2,79%, respectivamente. No Amazonas, o PIB deve crescer de 116.019,1 milhões de reais em 2020 para aproximadamente 119.259,8 milhões de reais em 2040. No Amapá, o PIB projetado aumentaria de 18.469,1 milhões de reais em 2020 para cerca de 18.978,2 milhões de reais em 2040. Este crescimento é impulsionado pelo desenvolvimento dos setores bioeconômicos e pela maior integração com o mercado regional. O terceiro grupo inclui Roraima, Rondônia e Acre, com crescimentos de 1,51%, 0,45% e 0,99%, respectivamente. Em Roraima, o PIB deve aumentar de 16.024,3 milhões de reais em 2020 para aproximadamente 16.266,3 milhões de reais em 2040. Em Rondônia, o PIB deve crescer de 51.598,7 milhões de reais em 2020 para cerca de 51.831,9 milhões de reais em 2040. No Acre, o PIB projetado aumentaria de 16.476,4 milhões de reais em 2020 para

cerca de 16.639,2 milhões de reais em 2040. Estes estados, embora apresentem um crescimento menor, beneficiam-se das políticas de incentivo à bioeconomia e da diversificação econômica.

Por fim, o último grupo é composto por Tocantins (0,45%), Maranhão (0,01%) e Mato Grosso (-0,017%). Em Tocantins, o PIB deve crescer de 43.649,8 milhões de reais em 2020 para cerca de 43.846,2 milhões de reais em 2040. No Maranhão, o PIB deve aumentar ligeiramente de 106.915,9 milhões de reais em 2020 para aproximadamente 106.926,6 milhões de reais em 2040. Já em Mato Grosso, projeta-se uma leve redução do PIB, de 106.915,9 milhões de reais em 2020 para cerca de 106.733,5 milhões de reais em 2040. Este impacto mais reduzido quando comparado aos demais estados da região pode ser explicado pela menor área de cobertura florestal nesses estados, limitando os benefícios da produção bioeconômica e destacando o papel da restrição de oferta de terra nessas economias, notadamente no Mato Grosso.

A tabela 1 reporta os resultados macroeconômicos do consumo das famílias, Consumo do Governo e Emprego Agregado para Amazônia Legal. Os valores são apresentados em termos acumulados de 2025 à 2040, em relação ao cenário base. Cabe destacar que estes resultados representam desvios em relação a um cenário em que a política não fosse implementada, e números negativos não devem ser interpretados como recuos absolutos nos indicadores, e sim relativos a um cenário tendencial da economia.

A projeção dos postos de empregos no estado do Amazonas indicam um crescimento significativo de aproximadamente 213.858 postos de trabalho ao longo de 19 anos, elevando o total de 654.000 em 2021 para cerca de 867.858 em 2040. Esse crescimento de 1,53% ao ano reflete uma expansão constante do mercado de trabalho na região, impulsionada por diversos fatores econômicos e políticas de incentivo ao desenvolvimento sustentável. O Amazonas, com sua vasta cobertura florestal e riqueza em recursos naturais, apresenta um potencial robusto para a criação de empregos ligados à bioeconomia, incluindo áreas como a exploração sustentável de recursos florestais, o ecoturismo e a biotecnologia.

Tabela 1: Impacto sobre Indicadores Macroeconômicos dos estados - % acumulado em relação ao cenário base, 2025-2040

	Consumo Famílias	Investimento	Consumo Governo	Emprego
AC	0,91	1,65	0,91	0,84
AM	1,6	4,31	1,6	1,53
AP	2,11	3,25	2,11	2,04
PA	2,9	4,69	2,9	2,83
RO	0,48	0,8	0,48	0,41
RR	1,29	2,8	1,29	1,22
TO	0,35	-0,18	0,35	0,28

Fonte: Elaboração própria com base nas simulações do modelo REGIA.

Por sua vez o Amapá seria estado melhor beneficiando por essa política com um crescimento substancial de aproximadamente 61.740 postos de trabalho ao longo de 20 anos, elevando o total de 126.000 em 2020 para cerca de 187.740 em 2040. Esse crescimento de 2,04% ao ano reflete uma expansão considerável do mercado de trabalho na região, impulsionada por políticas de desenvolvimento sustentável e incentivo à bioeconomia.

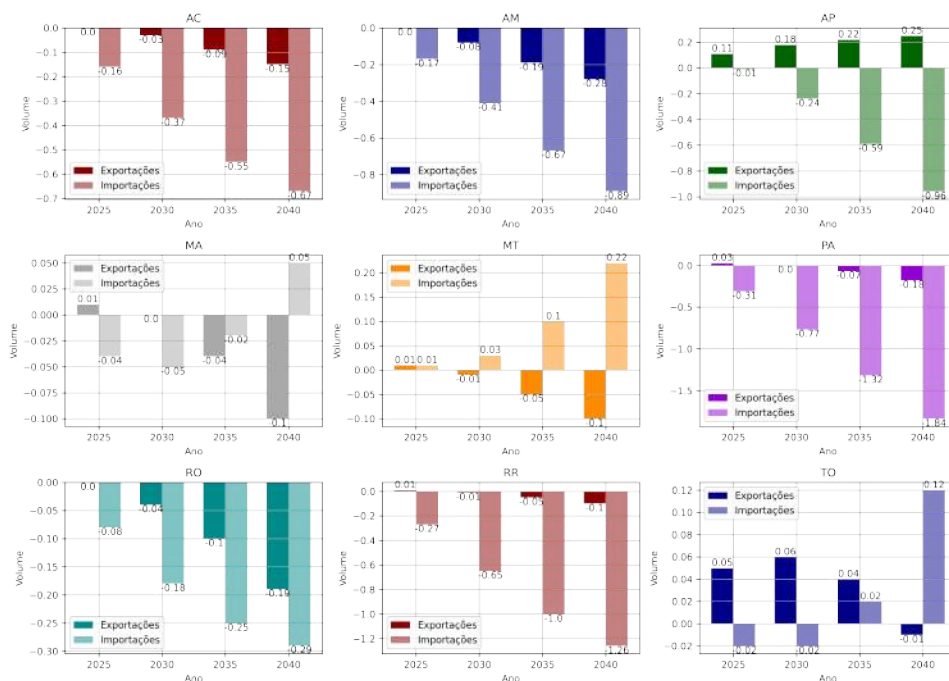
Ao avaliar o consumo das famílias, um indicador crucial para a demanda de produtos bioeconômicos, observa-se um incremento considerável em relação ao cenário base. Existe

uma variação marcante no consumo doméstico entre os estados, evidenciando respostas distintas ao choque de política. Especificamente, o Amapá teria um aumento acumulado de 2,11%, seguido por Pará 2,9%, Roraima com 1,29%, enquanto o Amazonas experimentaria um desvio de 1,6% em 2040, em relação ao cenário de referência. Em contraste, Tocantins e Rondônia exibiriam aumentos mais moderados, de 0,35% e 0,48%, respectivamente, no contexto regional. Maranhão e Mato Grosso exibem um crescimento mais tímido, com apenas 0,19% e 0,07% de aumento no consumo das famílias, respectivamente, indicando uma resposta menos intensa ao choque de política nesses estados. Esses resultados estão associados ao ganho/perda de renda com as políticas simuladas e o peso e dinâmica do consumo das famílias nas regiões.

Esta dinâmica espelha as consequências regionais decorrentes da restrição na conversão de terras para uso produtivo. As regiões estão se adaptando, substituindo terra por trabalho e capital, o que resulta em uma diminuição da relação investimento/capital devido a taxas de retorno mais baixas, levando a uma redução no investimento. Além disso, a queda no emprego, um efeito direto dessa transição, conduz a uma diminuição na renda familiar e no consumo, indicando uma redução geral no bem-estar em estados menos propícios à bioeconomia (CARVALHO, 2014). Vale ressaltar que estes números não expressam recuos absolutos no investimento, e sim desvios em relação a um cenário de referência da economia, no qual o investimento cresce a taxas tendenciais.

Como demonstrado na Figura 4, a análise da balança comercial revela padrões notáveis entre os indicadores macroeconômicos. A maioria dos estados apresenta um desempenho negativo na balança comercial, o que contrasta com os ganhos observados em outros indicadores. Estados como Acre, Amazonas, Roraima e Pará registram uma diminuição no volume de importações durante o período projetado, juntamente com pequeno recuo das exportações. Em contraste, o Amapá teria um aumento de 0,25% em suas exportações ao final do período, seguido por Roraima com 0,26% e Tocantins com 0,12%.

Figura 4: Balança Comercial - desvio % acumulado em relação ao cenário base, 2020-2040



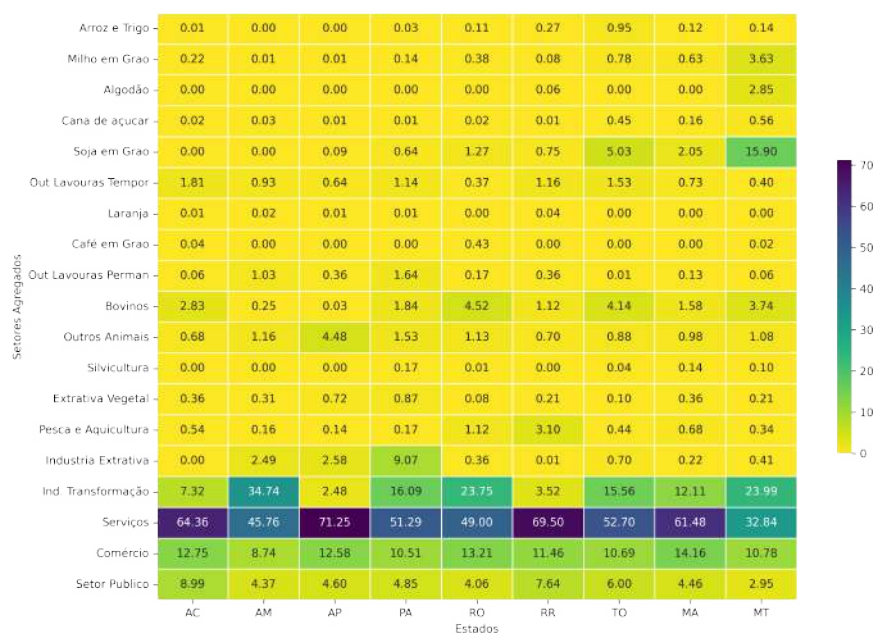
Fonte: Elaboração própria com base nas simulações do modelo REGIA.

Estes resultados podem ser explicados pela limitada presença dos produtos bioeconômicos no mercado externo, já que são predominantemente consumidos internamente, reduzindo assim seu impacto nas exportações. A diminuição nas exportações pode também ser um reflexo das restrições no uso de terras ou do aumento do consumo doméstico de produtos locais. Por outro lado, os resultados destacam a heterogeneidade dentro da Amazônia.

4.3 Resultados Setoriais

Utilizando um mapa de calor, figura 5, é possível visualizar participação setorial em 2015 nas economias estaduais. Primeiramente, pode-se observar, como esperado, como essas economias tem participação predominante do setor de serviços. Dentre as UFs o mesmo corresponde a mais de 51% das atividades econômicas no Pará, podendo corresponder até 71% no caso do Amapá. O setor Comércio também se destaca variando de 8% no Amazonas até 13% em Rondônia. Estas participações são esperadas e seguem uma tendência nacional. Cabe salientar a participação do segmento industrial no estado Amazonas que compõe 34% de sua economia. O mesmo destoa regionalmente devido a zona franca¹ de Manaus de forma semelhante a industria extrativa (9%) no caso do Pará devido atividades de mineração.

Figura 5: Participações Setoriais - 2020



Elaboração própria com dados do REGIA.

Como abordado no primeiro capítulo, a pecuária na Amazônia não apenas possui uma presença marcante, mas também gera impactos ambientais significativos. Este aspecto confere ao setor de Bovinos um peso setorial considerável. Por exemplo, respondem por 4% no Acre e Tocantins. Como também é o caso da Soja que chega a corresponder a 5% no Tocantins e 15% no Mato Grosso. Essa expansão agrícola, impulsionada por demandas globais e nacionais, não só molda a economia regional, mas também traz consigo questões

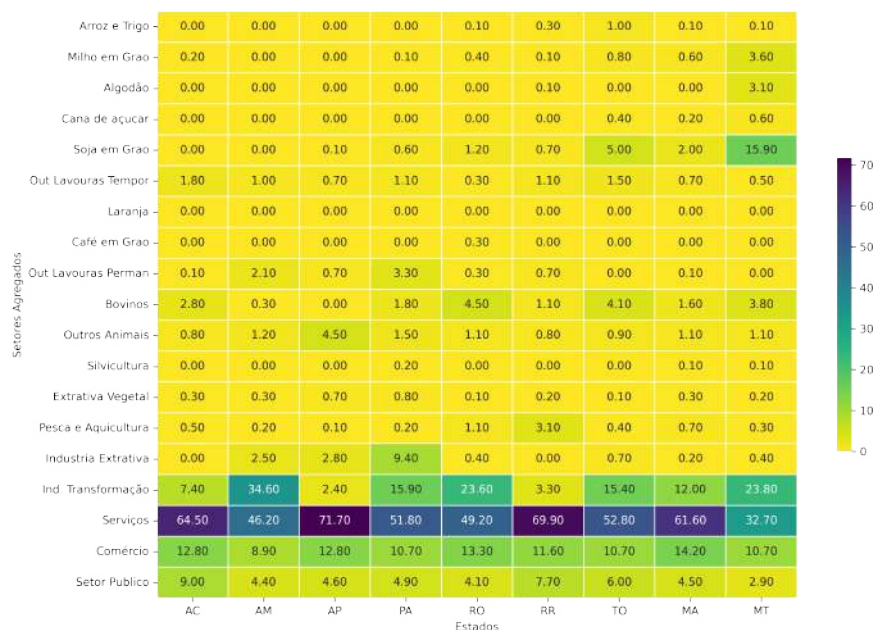
¹Para discussão ver [Silva \(2014\)](#), [Cavalcante \(2020\)](#)

críticas relacionadas ao uso sustentável da terra e ao impacto ambiental, particularmente no que diz respeito ao desmatamento e à conservação da biodiversidade.

Quando se avalia a participação dos setores ligados à bioeconomia, percebe-se seu peso relativo modesto nas regiões. Em Outras Lavouras permanentes, as quotas variam de 0,01% no Tocantins até um máximo de 1,6% no Pará. Enquanto na indústria extrativa vegetal a participação inicia em 0,10% no Tocantins a 0,87% também no Pará. Outro setor que chama atenção nesta discussão é de Pesca que tem participação relevante em Roraima, 3%. É essencial considerar estas contribuições em um contexto relativo, mesmo que menores em relação a outros setores, essas atividades têm sua relevância. Esta perspectiva é reforçada por [Figueiredo et al. \(2023\)](#), que salienta a importância da bioeconomia no combate contra a pobreza.

Na Figura 5, identifica-se o impacto potencial sobre a composição setorial diante de um choque de 100% de produção no setor de Outras Lavouras Permanentes aliado a política de desmatamento zero na Amazônia Legal. Já o Gráfico 8 mostra a mudança de participação do setor de Outras Lavouras permanentes entre o cenário antes e após a política.

Figura 6: Participações Setoriais (Crescimento de 100% em Outras Lavouras Permanentes em 2040)



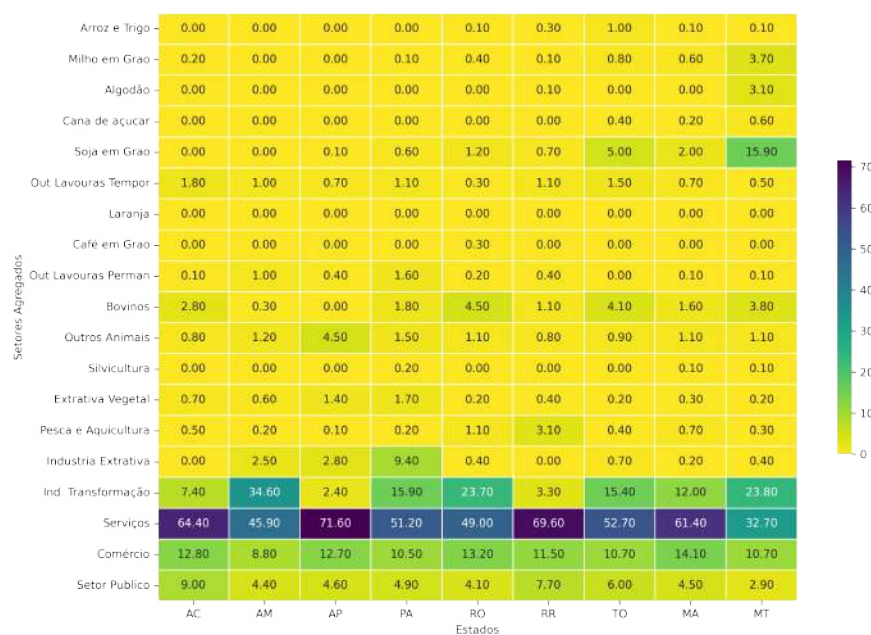
Fonte: Elaboração própria com base nas simulações do modelo REGIA.

Neste cenário, as participações não teriam uma mudança tão expressiva. Os setores anteriormente dominantes, como Serviços passariam a ter uma parcela ainda acima de 30% entre os estados. Comércio também manteria sua participação entre os 10%. No caso da pecuária, as mudanças também são marginais, mesmo com a política de desmatamento zero. Em Tocantins, a participação do setor seria mantida em 4%, da mesma maneira para a Soja no Mato Grosso, que manteria os 15% em relação ao cenário pré-política, mesmo com a restrição estabelecida de mudanças no uso da terra.

No setor extrativo vegetal, projetando um incremento de produção de 100% até o ano de 2040, em um contexto de política rigorosa de Desmatamento Zero na Amazônia. As

variações previstas nos setores estaduais são detalhadas na Figura 7.

Figura 7: Participações Setoriais (Crescimento de 100% Extrativo Vegetal em 2040)



Fonte: Elaboração própria com base nas simulações do modelo REGIA.

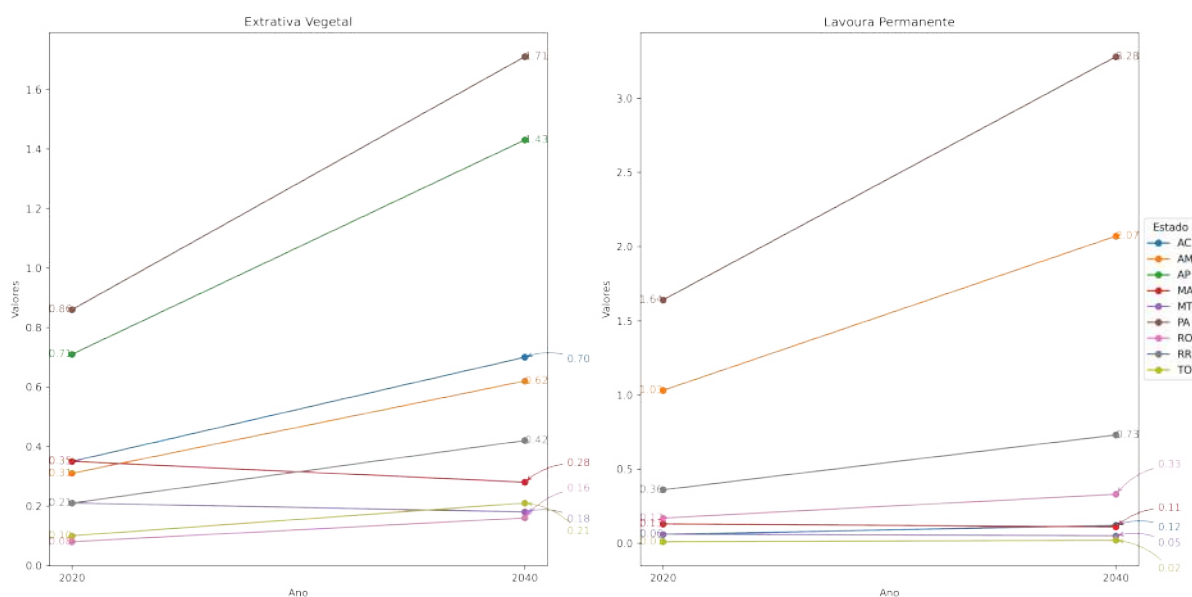
A tendência de crescimento no setor extrativo vegetal (8), reflete um dinamismo econômico regional desigual. Durante este período, projeta-se que o setor extrativo vegetal expanda sua presença em 8 dos 10 estados da Amazônia Legal. No entanto, o panorama não é uniformemente positivo em toda a região. No Maranhão, por exemplo, o setor sofreria uma leve queda, perdendo 0,10 pontos percentuais de sua participação, enquanto no Mato Grosso não haveria mudanças na participação em relação ao cenário base. Estas reduções podem ser atribuídas a fatores competitivos nas regiões e ao fato que Mato Grosso e Maranhão não foram incluídos nos choques de produção. De maneira semelhante, no Tocantins, espera-se um incremento marginal de apenas 0,10 p.p na participação do setor extrativo vegetal.

Contrastando com as variações moderadas em outros estados, o cenário no Pará e Amapá destaca-se por seu crescimento setorial. Assim como no setor da lavoura, esses estados demonstram um aumento na participação do setor extrativo vegetal, com o Pará e o Amapá acumulando aumentos de 0,90 (p.p) e 0,70 (p.p), respectivamente. Esse crescimento pode ser estendido a uma combinação de fatores, como pela expansão das áreas de cultivo sustentável e pelo fortalecimento das cadeias de valor locais. Estes cenário reforça a importância de políticas regionais diferenciadas, que considerem as especificidades econômicas e ambientais de cada estado.

Com a política, pode-se destacar três grupamentos para a produção em Outras Lavouras permanentes, na figura 8. O primeiro composto por estados no qual o aumento da participação do setor seria relativamente marginal, em parte por conta do peso relativamente pequeno do setor nas regiões. Esse seria o caso dos estados do Acre (ganho de participação de 0,10 pontos percentuais do setor com a política), e Tocantins, Maranhão e Mato Grosso, sem mudanças, dado que não receberam choques sobre o setor.

O segundo grupo é caracterizado por um aumento médio de participação no setor de

Figura 8: Participações Regionais - 2024



Fonte: Elaboração própria com dados do REGIA.

Outras Lavouras permanentes. Esse grupo inclui Amapá, Roraima e Rondônia, estados que, embora não liderem em termos de crescimento percentual, demonstrariam um desenvolvimento consistente. Esse avanço indica uma tendência positiva, refletindo o potencial desses estados em contribuir de forma mais efetiva para o setor agrícola da região, especialmente em culturas permanentes. A evolução nesses estados sugere uma combinação de fatores favoráveis, como políticas de incentivo, investimentos em infraestrutura.

Por outro lado, o último grupo, composto por Pará e Amazonas, destaca-se com um crescimento mais significativo na participação do setor de Outras Lavouras permanentes, com expansão de 1,60p.p e 1,00p.p, respectivamente. Esse avanço reflete um alinhamento estratégico de fatores ambientais, como a abundância de terras férteis e condições climáticas ideais, juntamente com extensão de floresta. Estes estados demonstram um potencial robusto, não apenas em termos de crescimento percentual, mas também no impacto substancial que podem ter na economia regional e na sustentabilidade.

O crescimento do Pará e do Amazonas no setor de lavouras permanentes pode ser atribuído a uma combinação de fatores ambientais, políticos e econômicos. Ambos os estados possuem vastas extensões de florestas naturais, que desempenham um papel crucial em manter um equilíbrio ecológico favorável. Além disso, as condições climáticas e de solo em áreas específicas desses estados são particularmente propícias para o cultivo de lavouras permanentes sustentáveis ou agroflorestas. Isso inclui a adequada pluviosidade, temperatura e fertilidade do solo, criando um ambiente ideal para o cultivo sustentável.

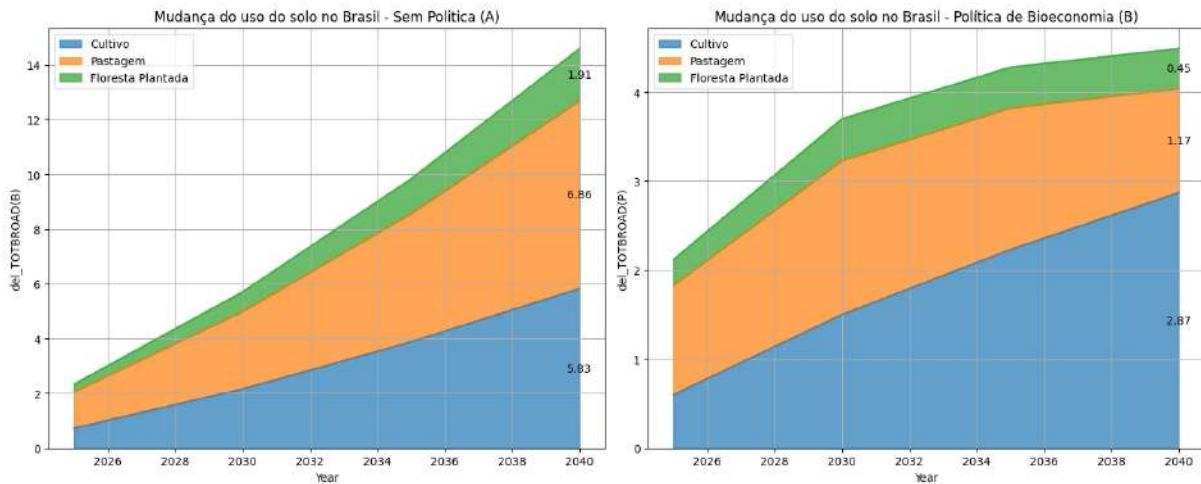
A análise de políticas sugere pequenas mudanças na composição setorial da região em resposta a um impulso na bioeconomia, principalmente porque o setor é relativamente pequeno nas regiões. Há certa reconfiguração na distribuição setorial, indicando que os setores da bioeconomia podem redefinir o perfil econômico da região, com potenciais impactos positivos. No entanto, essa transição muito provavelmente não ocorrerá sem políticas públicas explícitas de incentivo aos setores e produtores locais, de maneira a tornar sustentável e inclusiva a produção. Assim, os resultados destacam tanto o potencial

quanto as limitações de escala da bioeconomia. Além disso, sublinham a importância de realizar análises criteriosas das implicações setoriais e regionais, visando assegurar um desenvolvimento que seja não apenas equilibrado, mas também sustentável.

4.4 Resultados Ambientais

A Figura 9 ilustra dois cenários distintos de mudança no uso do solo no Brasil. O gráfico A representa a trajetória projetada na ausência de uma política efetiva de controle do desmatamento na Amazônia. Este cenário base prevê um desmatamento de 12,2 milhões de hectares entre 2025 e 2040, equivalendo a uma média anual de 0,82 milhões de hectares, sem levar em conta a implementação de uma política de desmatamento zero e investimentos adicionais na bioeconomia. Para se ter um ideia da magnitude, esta projeção está em linha com o desmatamento observado para a Amazônia entre 2022 e 2023 pelo INPE, na casa de 0,9 milhões de hectares.

Figura 9: Mudança do uso do solo no Brasil em Milhões de Hectares



Elaboração própria com base nas simulações do modelo REGIA.

Em contrapartida, o gráfico B apresenta um cenário alternativo em que medidas restritivas ao desmatamento são implementadas, juntamente com um estímulo à bioeconomia. Neste contexto, a projeção indica uma redução significativa para 2,37 milhões de hectares, ou 0,16 milhões de hectares de desmatamento anual, sendo este último concentrado em outras regiões do país, primordialmente no Cerrado.

O cenário B sugere um efeito líquido de 9,83 milhões de hectares de desmatamento evitado na Amazônia Legal até 2040. Esta análise destaca a relevância de políticas ambientais rigorosas e o potencial da bioeconomia como agentes de transformação no uso do solo, contribuindo para a conservação ambiental e o desenvolvimento sustentável. Outro fator que chama atenção entre os dois gráficos é a suavização das curvas entre os cenários de política. Bem como a perda de participação das áreas de pastagem ao fim do período saindo de 6,86 milhões de hectares no cenário sem política para 1,17 milhões de hectares com a política, sendo também que área de floresta perderia participação para área de cultivos.

Por fim, os cenários expostos na Figura 9 enfatizam a capacidade das políticas de

conservação de alterar significativamente o curso do desmatamento no Brasil. O impulso na bioeconomia, quando alinhado com estratégias de desmatamento zero, não apenas promete mitigar a perda de habitats naturais, mas também sinaliza um caminho para o crescimento econômico sustentável.

Esses resultados evidenciam a eficácia de políticas ambientais rigorosas e o papel importante da bioeconomia compensando possíveis perdas econômicas decorrentes na restrição ao desmatamento, contribuindo tanto para a conservação ambiental e o desenvolvimento sustentável. A análise sublinha a importância de estratégias de conservação para mudar significativamente o curso do desmatamento no Brasil, indicando que o fortalecimento da bioeconomia, combinado com políticas de desmatamento zero, pode ser um caminho viável para um crescimento econômico mais sustentável.

5 Conclusão

Este artigo analisou cenários de crescimento da bioeconomia e impactos de uma política de desmatamento zero na Amazônia Legal, no período 2020-2040. A bioeconomia é entendida como uma forma sustentável de produção na Amazônia, região importante na prestação de serviços ambientais globais.

A literatura alerta sobre a insustentabilidade das práticas atuais de uso da terra que promove larga escala emissões. A bioeconomia emerge como vetor de inovação e sustentabilidade, especialmente na Amazônia, respeitando biodiversidade e conhecimento tradicional. Promover a bioeconomia pode equilibrar progresso econômico e responsabilidade ecológica.

Nos cenários de política, os resultados macroeconômicos variam entre estados. O Pará destaca-se com crescimento adicional de até 4,7% no PIB real devido à bioeconomia, seguido por Amapá e Amazonas com 2,7%. Tocantins, Maranhão e Mato Grosso mostram impactos menores, refletindo a menor cobertura florestal.

A política de desmatamento zero e incentivo à bioeconomia mostra um aumento na participação setorial em estados como Pará e Amazonas. A implementação dessa política pode preservar até 9,83 milhões de hectares na Amazônia Legal e otimizar o uso da terra.

No entanto, a definição restrita de bioeconomia, limitada pelos dados disponíveis, é uma limitação. Futuras pesquisas devem explorar produtos adicionais da bioeconomia, incorporar módulo de emissões, e investigar efeitos sociais das políticas. A bioeconomia, frente às mudanças climáticas, é uma alternativa viável. Implementar políticas intraregionais e mecanismos adicionais de renda é crucial para garantir a qualidade de vida na Amazônia.

Referências

ARMINGTON, P. S. A theory of demand for products distinguished by place of production. **International Monetary Fund Staff Papers**, v. 16, n. 1, p. 159–178, 1969.

BOSETTI, V. et al. Linking reduced deforestation and a global carbon market: impacts on costs, financial flows, and technological innovation. FEEM Working Paper, 2009.

CARVALHO, T. S. **Uso do Solo e Desmatamento nas Regiões da Amazônia Legal Brasileira: Condicionantes Econômicos e Impactos de Políticas Públicas.** Tese (Tese de doutorado) — Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2014.

CAVALCANTE, L. R. Zona franca de manaus: uma revisão sistemática de impactos. 2020.

COSTA, F. et al. Uma bioeconomia inovadora para a amazônia: conceitos, limites e tendências para uma definição apropriada ao bioma floresta tropical. **Texto para discussão**, 2022.

DELLINK, R.; LANZI, E.; CHÂTEAU, J. The sectoral and regional economic consequences of climate change to 2060. **Environmental and Resource Economics**, v. 72, p. 309–363, 2019.

DIXON, P.; RIMMER, M. T. **Forecasting and policy analysis with a dynamic CGE model of Australia.** [S.l.]: Centre of Policy Studies (CoPS), 1998.

DIXON, P. B.; JORGENSON, D. **Handbook of computable general equilibrium modeling.** [S.l.]: Newnes, 2012. v. 1.

DIXON, P. B.; PICTON, M. R.; RIMMER, M. T. Efficiency effects of inter-government financial transfers in australia. **Australian Economic Review**, Wiley Online Library, v. 35, n. 3, p. 304–315, 2002.

DOMINGUES, E. et al. The impacts of climate change in the brazilian economy (impactos econômicos das mudanças climáticas no brasil). **Available at SSRN 1830552**, 2010.

DOMINGUES, E. P. **Dimensão regional e setorial da integração brasileira na Área de Livre Comércio das Américas.** Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2002.

FELJÓ, F. T.; JÚNIOR, S. P. O protocolo de quioto e o bem-estar econômico no brasil-uma análise utilizando equilíbrio geral computável. **Análise Econômica**, v. 27, n. 51, 2009.

FIGUEIREDO, Y. G. et al. A bioeconomia e sua relação com a amazônia paraense: Uma revisão a partir do conceito de desenvolvimento. **A ECONOMIA DO DESENVOLVIMENTO: DO CRESCIMENTO ECONÔMICO AO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**, Editora Científica Digital, v. 1, n. 1, p. 11–24, 2023.

FILHO, J. B. de S. F.; HORRIDGE, M. **Climate Change Impacts on Agriculture and Internal Migration in Brazil.** [S.l.]: Springer, 2020.

HORRIDGE, J. et al. Gempack manual. **GEMPACK software**, 2018.

HORRIDGE, M.; MADDEN, J.; WITTEWER, G. The impact of the 2002–2003 drought on australia. **Journal of Policy Modeling**, Elsevier, v. 27, n. 3, p. 285–308, 2005.

IBARRARÁN, M. E. et al. Climate change and natural disasters: macroeconomic performance and distributional impacts. **Environment, development and sustainability**, Springer, v. 11, p. 549–569, 2009.

IBGE. **Sistema de Contas Regionais: Brasil 2020**. [S.l.: s.n.], 2020. ISBN 9788524045509.

(IBGE), I. B. de Geografia e E. **Sistema de Contas Nacionais**. 2024. Disponível em: <<http://ibge.gov.br/home/download/estatistica.shtm>>.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Censo Agropecuário 2006**. Rio de Janeiro: IBGE, 2006.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA)**. 2010. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Produção da extração vegetal e da silvicultura. **Rio de Janeiro**, v. 27, p. 1–63, 2012.

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-naamazonia-ate-2010/view>>.

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>>.

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**. 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**. 2011. Dezembro de 2023.

KLEIN, R. J.; SCHIPPER, E. L. F.; DESSAI, S. Integrating mitigation and adaptation into climate and development policy: three research questions. **Environmental science & policy**, Elsevier, v. 8, n. 6, p. 579–588, 2005.

LUCENA, A. F. et al. Climate policy scenarios in brazil: A multi-model comparison for energy. **Energy Economics**, Elsevier, v. 56, p. 564–574, 2016.

MAGALHAES, A. S. Economia de baixo carbono no brasil: alternativas de políticas e custos de redução de emissões de gases de efeito estufa. Universidade Federal de Minas Gerais, 2013.

NOBRE, C.; AL. et. Relatório, **Nova Economia da Amazônia**. São Paulo: [s.n.], 2023. Disponível em: <<https://www.wribrasil.org.br/nova-economia-da-amazonia>>.

RAUSCH, S.; METCALF, G. E.; REILLY, J. M. Distributional impacts of carbon pricing: A general equilibrium approach with micro-data for households. **Energy economics**, Elsevier, v. 33, p. S20–S33, 2011.

RIPPLE, W. J. et al. World Scientists' Warning to Humanity: A Second Notice. **BioScience**, v. 67, n. 12, p. 1026–1028, dez. 2017. ISSN 0006-3568. Disponível em: <<https://doi.org/10.1093/biosci/bix125>>.

SILVA, S. M. d. **Projeção dos impactos econômicos da redução na alíquota do ICMS na economia do estado do Amazonas: uma abordagem de equilíbrio geral computável (MINIMAN)**. Dissertação (Mestrado) — Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2014.

SOUZA, G. C. P. d. **Crescimento econômico, desmatamento e emissões de gases de efeito estufa: análises prospectivas para os biomas brasileiros numa perspectiva de sustentabilidade**. 200 p. Tese (Tese (doutorado)) — Universidade Federal de Minas Gerais, Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional, 2022.

TOL, R. S. The economic impacts of climate change. **Review of environmental economics and policy**, The University of Chicago Press, 2018.