CRESCIMENTO ECONÔMICO SEM DESMATAMENTO? OS LIMITES E POTENCIAIS DA BIOECONOMIA NA AMAZÔNIA[1,2]

Vitor da Silva Marinho[3]
Aline Souza Magalhães[4]
Edson Paulo Domingues[5]

A Amazônia Legal (AMZ-L) enfrenta crescentes pressões para conciliar conservação ambiental e desenvolvimento econômico. Este estudo analisa os possíveis impactos econômicos e sobre o uso da terra decorrentes da combinação entre uma política de desmatamento zero e incentivos à bioeconomia no período de 2020 a 2040. Utiliza-se o modelo inter-regional de equilíbrio geral computável (Regia), que incorpora um módulo dinâmico de uso da terra com quatro categorias: lavoura, pastagem, floresta plantada e floresta natural. Simula-se um choque de aumento de 100% na produção de setores relacionados à bioeconomia, como o extrativismo vegetal e as lavouras permanentes. Esses choques são combinados à implementação progressiva de uma política de desmatamento zero, baseada na meta climática brasileira de eliminar o desmatamento até 2030, por meio da restrição à conversão de áreas de floresta natural para usos agropecuários. Os resultados indicam ganhos acumulados no produto interno bruto (PIB) de até 4,7% no Pará, 2,8% no Amazonas e 2,7% no Amapá, em comparação a um cenário tendencial. Além disso, estima-se a preservação de aproximadamente 9,83 milhões de hectares de floresta até 2040. Esses resultados sugerem que o fortalecimento da bioeconomia, aliado a políticas ambientais rigorosas, pode contribuir para uma transição sustentável na Amazônia. As implicações apontam para a necessidade de políticas públicas ativas e estratégias territorialmente diferenciadas para ampliar os efeitos positivos dessa agenda.

Palavras-chave: bioeconomia; desmatamento zero; Amazônia; uso da terra; modelo de equilíbrio geral.

ECONOMIC GROWTH WITHOUT DEFORESTATION? THE LIMITS AND POTENTIAL OF THE BIOECONOMY IN THE AMAZON

The Legal Amazon is facing increasing pressure to reconcile environmental conservation and economic development. This study analyzes the possible economic and land use impacts of a combination of a zero deforestation policy and bioeconomy incentives from 2020 to 2040. It uses the Computable General Equilibrium Interregional Model (REGIA), which incorporates a dynamic land use module with four categories: crop, pasture, planted forest and natural forest. A shock of a 100% increase in the production of sectors related to the bioeconomy, such as plant extraction and permanent crops, is simulated. These shocks are combined with the progressive implementation of a zero deforestation policy, based on Brazil's climate target of eliminating deforestation by 2030, by restricting the conversion of natural forest areas to agricultural uses. The results indicate accumulated

1. DOI: https://dx.doi.org/10.38116/ppp71art2.

2. Esta edição da revista PPP atende à chamada temática de 2024, que recepcionou artigos submetidos até junho de 2025. A enumeração da edição segue a ordem original da revista, referente ao último período de 2024.

3. Doutorando em economia no Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional da Universidade Federal de Minas Gerais (Cedeplar/UFMG). *E-mail*: vitormarinho@cedeplar.ufmg. Lattes: http://lattes.cnpq.br/7205965341395241. Orcid: https://orcid.org/0000-0001-8959-9897.

4. Professora adjunta do Departamento de Ciências Econômicas da Faculdade de Ciências Econômicas (Face) da UFMG. *E-mail*: alinesm@cedeplar.ufmg.br. Lattes: http://lattes.cnpq.br/2334700749602128. Orcid: https://orcid.org/0000-0003-3349-5372.

5. Professor titular no Cedeplar/UFMG. *E-mail*: domingues.edson@gmail.com. Lattes: http://lattes.cnpq.br/2059703319050475. Orcid: https://orcid.org/0000-0002-7640-6010.

gains in GDP of up to 4.7% in Pará, 2.8% in Amazonas and 2.7% in Amapá, compared to a trend scenario. In addition, it is estimated that approximately 9.83 million hectares of forest will be preserved by 2040. These results suggest that strengthening the bioeconomy, combined with strict environmental policies, can contribute to a sustainable transition in the Amazon. The implications point to the need for active public policies and territorially differentiated strategies to amplify the positive effects of this agenda.

Keywords: bioeconomics; zero deforestation; Amazon; land use; general equilibrium model.

¿CRECIMIENTO ECONÓMICO SIN DEFORESTACIÓN? LOS LÍMITES Y EL POTENCIAL DE LA BIOECONOMÍA EN LA AMAZONÍA

La Amazonia Legal se enfrenta a una presión cada vez mayor para conciliar la conservación del medio ambiente y el desarrollo económico. Este estudio analiza los posibles impactos económicos y de uso del suelo de una combinación de política de deforestación cero e incentivos de bioeconomía entre 2020 y 2040. Utiliza el Modelo Interregional de Equilibrio General Computable (REGIA), que incorpora un módulo dinámico de uso del suelo con cuatro categorías: cultivos, pastos, bosques plantados y bosques naturales. Se simula un shock de aumento del 100% en la producción de sectores relacionados con la bioeconomía, como la extracción de plantas y los cultivos permanentes. Estos shocks se combinan con la aplicación progresiva de una política de deforestación cero, basada en el objetivo climático de Brasil de eliminar la deforestación para 2030, restringiendo la conversión de áreas de bosque natural a usos agrícolas. Los resultados indican ganancias acumuladas en el PIB de hasta el 4,7% en Pará, el 2,8% en Amazonas y el 2,7% en Amapá, en comparación con un escenario tendencial. Además, se estima que se conservarán aproximadamente 9,83 millones de hectáreas de bosque hasta 2040. Estos resultados sugieren que el fortalecimiento de la bioeconomía, combinado con políticas medioambientales estrictas, puede contribuir a una transición sostenible en la Amazonia. Las implicaciones apuntan a la necesidad de políticas públicas activas y estrategias territorialmente diferenciadas para amplificar los efectos positivos de esta agenda.

Palabras clave: bioeconomía; deforestación cero; Amazonia; uso del suelo; modelo de equilibrio general.

JEL: Q57; O13; C68.

1 INTRODUÇÃO

A bioeconomia tem se consolidado como uma estratégia para conciliar crescimento econômico e conservação ambiental, especialmente na Amazônia Legal (AMZ-L), território que abriga a maior floresta tropical do mundo e uma das áreas mais biodiversas do planeta. Com rica diversidade biológica, abundância de serviços ecossistêmicos e clima tropical, a região reúne tanto oportunidades quanto entraves para o desenvolvimento de cadeias produtivas sustentáveis orientadas à bioeconomia.

Esse contexto regional se insere em uma conjuntura global marcada pela chamada tripla crise planetária – as mudanças climáticas, a perda de biodiversidade e o crescimento da poluição –, que se apresenta como uma ameaça concreta aos ecossistemas e aos modos de vida, sobretudo em regiões vulneráveis como a AMZ-L (Ihsan, Bloomfield e Monrouxe, 2024). Diante disso, a bioeconomia tem ganhado

espaço nas formulações de políticas públicas por ser um modelo de produção que integra inovação, uso responsável dos recursos naturais e inclusão socioeconômica.

Apesar de seu papel estratégico na regulação climática global e na provisão de serviços ecossistêmicos como o sequestro de carbono e a manutenção dos regimes hidrológicos (De Benedicto *et al.*, 2025), a Amazônia enfrenta desafios históricos de desenvolvimento que vêm sendo agravados pela tripa crise. Na AMZ-L, as políticas de desenvolvimento foram baseadas na expansão agropecuária e na exploração intensiva de recursos naturais (Santos, 1977) – políticas essas que favoreceram o desmatamento, principal vetor de emissões de gases de efeito estufa – GEE (Azevedo *et al.*, 2018).

Nesse cenário, políticas públicas voltadas à bioeconomia vêm ganhando centralidade como ferramentas para reorientar o desenvolvimento regional. Iniciativas como o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm), o Plano Estadual de Bioeconomia do Pará (PlanBio) e os compromissos internacionais assumidos pelo Brasil representam avanços institucionais no direcionamento estratégico da bioeconomia (Bergamo *et al.*, 2022). No entanto, ainda persistem obstáculos relacionados à coordenação, à oferta de crédito, à assistência técnica e à consolidação de marcos regulatórios robustos e eficazes.

Diferentemente de estudos que abordam a bioeconomia sob perspectivas qualitativas ou institucionais com ênfase em definições conceituais, governança e marcos normativos (Thame, Martins e Burnquist, 2022), este trabalho adota uma abordagem quantitativa, fundamentada em modelagem econômica. O objetivo é mensurar os efeitos agregados e setoriais da bioeconomia na AMZ-L, contribuindo para o debate sobre políticas públicas regionalizadas, marcos regulatórios eficientes e incentivos estruturados compatíveis com a sustentabilidade. Para isso, são simulados cenários que combinam uma política de desmatamento zero com a expansão dos setores produtivos associados à bioeconomia, no período de 2020 a 2040. Os resultados indicam que a bioeconomia apresenta potencial para promover o crescimento econômico regional e conservar cerca de 9,83 milhões de hectares de floresta até 2040, apontando um caminho mais sustentável e socialmente inclusivo para a região.

O artigo está estruturado em cinco seções, incluindo esta introdução. A seção 2 revisa a literatura sobre modelos de equilíbrio geral e bioeconomia. A seção 3 apresenta a metodologia e o modelo inter-regional de equilíbrio geral computável (Regia). A seção 4 analisa os resultados econômicos, setoriais e ambientais das simulações. A seção 5 conclui com implicações para políticas públicas sustentáveis na Amazônia.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Modelos de equilíbrio geral aplicados a questões ambientais no Brasil

Modelos de equilíbrio geral computável (EGC) têm sido amplamente utilizados para simular os efeitos de políticas ambientais e mudanças no uso da terra no Brasil. Essa literatura pode ser agrupada em três eixos principais: i) impactos das mudanças climáticas sobre a economia; ii) efeitos de políticas agroambientais; e iii) cenários de desmatamento e conservação florestal. Este corpo de estudos fornece uma base analítica relevante para compreender os desafios e oportunidades da bioeconomia, especialmente na AMZ-L.

No primeiro eixo, voltado às mudanças climáticas, Domingues *et al*. (2010) mostram que choques climáticos tendem a gerar retração no produto interno bruto (PIB) e a ampliar desigualdades regionais. Ferreira Filho e Horridge (2020) apontam que esses choques também intensificam a migração rural-urbana, afetando principalmente trabalhadores menos qualificados. Lucena *et al*. (2016), por sua vez, simulam estratégias de precificação de carbono no setor energético, destacando o potencial das energias renováveis e das tecnologias de captura de carbono para mitigar emissões com impactos econômicos controláveis.

O segundo eixo da literatura examina os efeitos de políticas agroambientais. Stocco, Ferreira Filho e Horridge (2020) e Silva *et al*. (2017) analisam o impacto da intensificação da produtividade agropecuária sobre o uso da terra e as emissões de GEE. Ambos os trabalhos identificam ganhos econômicos nas regiões Norte e Centro-Oeste, mas alertam para possíveis efeitos colaterais, como deslocamento de mão de obra e aumento das emissões líquidas caso o desmatamento não seja controlado. Leitão e Vasconcellos (2017) complementam esse debate ao mostrar que políticas de desmatamento zero, aliadas a ganhos de produtividade, podem ser viáveis economicamente quando combinadas com instrumentos como pagamentos por serviços ambientais e parcerias público-privadas.

O terceiro eixo reúne estudos que simulam cenários de desmatamento e reflorestamento. Eriksson (2020), utilizando o modelo Rice,[6] enfatiza a importância das florestas tropicais para o cumprimento das metas climáticas globais. Já Pattanayak *et al*. (2009), com o modelo Adage,[7] estimam os efeitos da expansão de 50 milhões de hectares de floresta no Brasil, apontando benefícios redistributivos para populações rurais e defendendo mecanismos de compensação internacional pelos serviços ecossistêmicos prestados.

6. *Regional integrated model of climate and the economy*.
7. *Applied dynamic analysis of the global economy*.

No contexto amazônico, os EGC também têm sido aplicados de forma estratégica. Walker (2012) analisa os efeitos da especialização regional entre a Mata Atlântica e a Amazônia, revelando que investimentos em infraestrutura e vantagens comparativas podem levar à regeneração florestal em áreas urbanizadas, mas também intensificar o desmatamento em zonas periféricas. Araujo, Assunção e Bragança (2023) exploram os impactos da expansão da infraestrutura de transporte sobre o desmatamento, mostrando que um aumento de 1% no acesso ao mercado pode elevar o desmatamento em 0,5%. Ignorar os efeitos de equilíbrio geral, segundo os autores, levaria à subestimação do desmatamento em até 25%.

Outros trabalhos exploram instrumentos específicos. Banerjee e Alavalapati (2009) simulam os efeitos socioeconômicos da concessão de 13 milhões de hectares de florestas públicas para manejo sustentável. Os resultados apontam aumento na renda familiar e no consumo privado, mas também um crescimento de 3,8% no desmatamento legal, além de impactos regionais como retração das plantações florestais e desvalorização da terra agrícola. Tanure *et al.* (2020), por sua vez, avaliam as consequências de perdas de produtividade agrícola sob o cenário climático A1B do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC). Seus resultados indicam uma retração de 1,18% no PIB da AMZ-L até 2049, com aumento do desmatamento em estados mais dependentes da agropecuária, como Mato Grosso, Tocantins e Pará.

Embora os modelos EGC sejam a principal ferramenta para analisar os efeitos agregados e distributivos de políticas ambientais no Brasil, outras abordagens empíricas têm ampliado esse debate. Modelos de insumo-produto, como os de Simas (2012) e Hilgemberg e Guilhoto (2006), estimam os impactos indiretos de políticas ambientais sobre o emprego e a produção setorial. Métodos econométricos, como apresentado por Assunção *et al*. (2020), revelam que restrições ao crédito rural podem reduzir o desmatamento em áreas de forte presença pecuária. Hargrave e Kis-Katos (2013) mostram que dinâmicas econômicas locais e variações no preço das *commodities* agrícolas e florestais influenciam diretamente a pressão sobre a floresta.

Em síntese, a literatura baseada em EGC contribui de forma expressiva para entender as interações entre crescimento econômico, uso do solo e políticas ambientais no Brasil. Contudo, há ainda espaço para ampliar sua aplicação em cenários mais específicos de bioeconomia, como este estudo propõe, ao combinar desmatamento zero com expansão produtiva sustentável na AMZ-L.

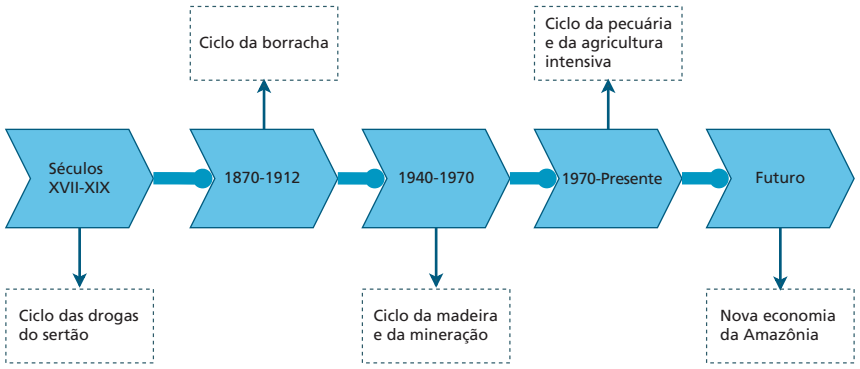
2.2 A bioeconomia como vetor de desenvolvimento da Amazônia

As mudanças climáticas representam um desafio global que exige ações coordenadas e imediatas. O IPCC destaca a necessidade de limitar o aquecimento global a 1,5 °C a fim de mitigar impactos socioambientais severos, como pobreza extrema, insegurança alimentar, escassez de água e perda de biodiversidade (Huang *et al.*, 2020). Nesse contexto, dois conceitos fundamentais guiam as estratégias de enfrentamento: a mitigação e a adaptação. Enquanto a mitigação busca reduzir as emissões de GEE, a adaptação se concentra em minimizar os impactos climáticos inevitáveis (Klein, Schipper e Dessai, 2005).

O Brasil enfrenta desafios significativos nesse cenário, especialmente na AMZ-L, onde o desmatamento e a expansão agropecuária têm contribuído para o aumento das emissões de carbono (Azevedo *et al.*, 2018). Desde a década de 1960, políticas de ocupação e grandes projetos de infraestrutura transformaram a paisagem amazônica, resultando em intensa conversão de áreas florestais e conflitos fundiários (Aguiar, 2006; Rivero *et al.*, 2009). Apesar de a agropecuária constituir o destino preponderante das áreas desmatadas, o desmatamento também se correlaciona a outros propósitos, tais como a mineração, a expansão urbana descontrolada e a especulação fundiária (Gouvêa, Ávila e Ribeiro, 2009; Congilio, 2014).

A Amazônia tem experimentado sucessivos ciclos econômicos ao longo de sua história, cada um marcado pela exploração intensiva de recursos naturais, seguida por esgotamento e declínio econômico. Desde o período colonial até os dias atuais, esses ciclos refletem os desafios da ocupação humana na floresta e as influências externas na economia regional (Santos, 1977; Becker, 2001; Monzoni e Gomez, 2018). A figura 1 apresenta um panorama dos ciclos econômicos que moldaram o desenvolvimento da Amazônia.

FIGURA 1
Ciclos econômicos da Amazônia



Elaboração dos autores.

O primeiro ciclo econômico foi impulsionado pelo extrativismo de produtos nativos, conhecidos como "drogas do sertão", abastecendo o mercado europeu com especiarias tropicais como cacau, guaraná e ervas medicinais. No entanto, a ausência de uma estrutura produtiva sustentável limitou o impacto econômico de longo prazo (Monzoni e Gomez, 2018).

Com a descoberta da vulcanização e o crescimento da indústria automobilística, a borracha tornou-se o principal produto da economia amazônica. O *boom* econômico modernizou cidades como Manaus e Belém, mas foi interrompido pela concorrência da borracha asiática a partir de 1912, levando à estagnação do setor. Durante a Segunda Guerra Mundial, um segundo ciclo da borracha tentou reativar a economia regional, mas teve impacto limitado (Santos, 1977).

Já durante a ditadura militar, a Amazônia tornou-se alvo de políticas de integração nacional, incluindo a abertura da Transamazônica e incentivos fiscais para a pecuária. Esse modelo acelerou o desmatamento e aprofundou conflitos fundiários, resultando na concentração de terras e na expansão de práticas especulativas (Loureiro e Pinto, 2005; Costa, 2000).

A partir dos anos 1970, e com maior intensidade na década de 1980, o agronegócio se firmou como o principal motor econômico da região, liderado pela produção de soja e carne bovina. Apesar de impulsionar indicadores econômicos, essa expansão ocorreu às custas de profundas transformações socioambientais, como o avanço do desmatamento e a exclusão de comunidades tradicionais (Silva, Ruviaro e Ferreira Filho, 2017). Carvalho, Domingues e Horridge (2017) demonstraram que, embora a conversão de florestas para a agropecuária cause grande impacto ambiental, sua contribuição para o PIB regional é mínima, apenas 0,142%. Isso revela uma contradição central no modelo de desenvolvimento regional: as atividades que degradam intensamente o meio ambiente geram, na prática, um retorno econômico irrisório, muitas vezes associado à especulação fundiária em vez de à produtividade real.

A Amazônia também ocupa uma posição central em disputas territoriais e socioambientais. Conforme apontado por Becker (2001), a região tem sido alvo de pressões externas para preservação ambiental e, simultaneamente, de políticas nacionais voltadas para a exploração econômica. O avanço de projetos de mineração e infraestrutura continua gerando conflitos territoriais e impactos sociais significativos.

A bioeconomia surge como uma alternativa que transcende esses ciclos econômicos, oferecendo um modelo de produção sustentável agregador de valor à biodiversidade amazônica que pode promover desenvolvimento econômico. Diferentemente dos modelos anteriores, com frequência baseados na exaustão dos recursos naturais, a bioeconomia propõe um desenvolvimento fundamentado no

uso sustentável da floresta, integrando práticas tradicionais ao avanço tecnológico e promovendo cadeias produtivas de maior valor agregado. No contexto amazônico, princípios como o desmatamento zero e o fortalecimento das práticas produtivas locais são ativos para evitar a repetição dos padrões históricos de exploração predatória (D'Amato *et al.*, 2017; Dietz *et al.*, 2018; Bergamo *et al.*, 2022; Thame, Martins e Burnquist, 2022).

Do ponto de vista das políticas públicas, a quinta fase do PPCDAm representa um esforço para integrar a bioeconomia às metas climáticas nacionais. O plano estabelece diretrizes para alcançar o desmatamento zero até 2030, ao mesmo tempo em que estimula práticas produtivas sustentáveis. Sua estrutura busca fortalecer cadeias produtivas alinhadas à conservação ambiental e ao desenvolvimento socioeconômico da região, promovendo um novo ciclo econômico baseado na valorização dos recursos naturais da floresta e na inclusão social.

2.3 Políticas públicas para a bioeconomia na Amazônia

A consolidação da bioeconomia como vetor de desenvolvimento sustentável na Amazônia depende fortemente da atuação coordenada do Estado. Mais que reconhecer seu potencial, é necessário transformar esse modelo em políticas públicas concretas, com instrumentos de financiamento, regulação e incentivo capazes de moldar as condições produtivas da região. Nos últimos anos, diferentes esferas de governo (federal, estadual e local) têm elaborado estratégias voltadas à promoção da bioeconomia, articulando inovação, conservação ambiental e inclusão social. Esta subseção analisa as principais políticas públicas nesse campo, suas diretrizes institucionais e os desafios práticos para sua implementação em um território marcado por desigualdades históricas e pressões econômicas contraditórias.

A bioeconomia é um conceito amplo que assume diferentes definições conforme o contexto institucional, regional e setorial. Em termos internacionais, organizações como a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (Food and Agriculture Organization – FAO), a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e a Comissão Europeia a associam ao uso sustentável de recursos biológicos como base para inovação e crescimento econômico. Nos Estados Unidos, o foco recai sobre tecnologias baseadas na biologia aplicadas à segurança e à competitividade nacional (Costa *et al.*, 2022).

No Brasil, a bioeconomia é incorporada a diversas políticas públicas. Órgãos como o Ministério das Relações Exteriores (MRE) e o Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa) a vinculam ao extrativismo sustentável, às energias renováveis e à valorização da sociobiodiversidade, enquanto o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e a Confederação Nacional da Indústria (CNI) enfatizam o papel da biotecnologia e da inovação industrial (Costa *et al.*, 2022). Para a Amazônia,

esse modelo deve respeitar a biocapacidade do bioma e promover atividades que mantenham os serviços ecossistêmicos essenciais à vida local, integrando conhecimento tradicional e ciência.

Três vertentes principais organizam o debate: a bioeconomia biotecnológica, centrada em inovações como biofármacos e engenharia genética; a dos biorrecursos, voltada à biomassa e à bioenergia; e a bioecológica, que prioriza a conservação dos ecossistemas e os saberes tradicionais. Este artigo adota esta última abordagem, por entendê-la como a mais adequada à realidade amazônica, ao articular conservação, inclusão social e produção sustentável com base em ciência e tradição.

A Estratégia Nacional de Bioeconomia, instituída pelo Decreto nº 12.044, de 5 de junho de 2024, vem definir as diretrizes para coordenar e implementar políticas públicas voltadas ao setor. Seus principais eixos incluem descarbonização da produção e incentivo à agropecuária regenerativa, promoção da bioindustrialização e da agregação de valor a produtos da biodiversidade, respeito aos direitos de povos indígenas e comunidades tradicionais, geração de emprego e inclusão social, especialmente de mulheres e jovens, e fomento à inovação tecnológica, integrando conhecimentos científicos e tradicionais.

A implementação da estratégia ocorre por meio do Plano Nacional de Desenvolvimento da Bioeconomia (PNDBio), que define metas e instrumentos de financiamento. A governança desse plano envolve a Comissão Nacional de Bioeconomia, que articula diferentes ministérios e setores econômicos. Além disso, o programa busca ampliar o uso de fontes renováveis de energia na agricultura familiar, contribuindo para a sustentabilidade das cadeias produtivas.

No âmbito regional, o estado do Pará tem sido pioneiro na implementação de políticas para a bioeconomia, com destaque para o PlanBio. Esta estratégia visa integrar a bioeconomia à agenda climática estadual e promover cadeias produtivas sustentáveis. Os principais eixos do PlanBio incluem:

- fortalecimento das cadeias produtivas de bioprodutos amazônicos, como fitoterápicos, óleos essenciais e borracha nativa;
- incentivo à inovação e pesquisa científica, conectando universidades e empresas;
- criação de mecanismos de financiamento e incentivo à certificação ambiental; e
- apoio à comercialização e inserção dos produtos amazônicos no mercado global.

Além das estratégias mencionadas, há um crescente esforço de captação de investimentos para a bioeconomia amazônica. O relatório *Nova economia da*

Amazônia (NEA) destaca a necessidade de mobilizar 1,8% do PIB nacional ao ano para financiar a transição da Amazônia para um modelo econômico sustentável. Esse investimento inclui R$ 442 bilhões para a agropecuária de baixo carbono, R$ 217 bilhões para a bioeconomia e a restauração florestal, e R$ 410 bilhões para a modernização da matriz energética. Além disso, o documento sugere que a bioeconomia pode gerar 312 mil novos empregos na região até 2050, destacando a necessidade de políticas públicas voltadas para a formação e a capacitação da mão de obra local (Nobre *et al.*, 2023).

Apesar dos avanços regulatórios, há desafios para a implementação de políticas para bioeconomia na Amazônia dada a falta de infraestrutura e logística para escoamento da produção sustentável. Produtores de pequeno porte e comunidades tradicionais continuam a enfrentar obstáculos no que diz respeito ao acesso a crédito e à assistência técnica, o que prejudica a viabilidade econômica de suas iniciativas. Ademais, as pressões exercidas pelo mercado global, assim como a crescente procura por *commodities* agrícolas, frequentemente colidem com a agenda voltada para a conservação da biodiversidade (Ollinaho e Kröger, 2023). Além dessas limitações, é preciso considerar cadeias produtivas que sejam sustentáveis em cada uma de suas fases, desde a proveniência dos insumos, estrutura social da produção, até os canais de comercialização e a valorização, assegurando que os ganhos econômicos da bioeconomia estejam integrados a critérios socioambientais sólidos (Lesenfants *et al.*, 2024; Bergamo *et al.*, 2022).

As políticas públicas para a bioeconomia na Amazônia representam um avanço significativo rumo a um modelo de desenvolvimento sustentável. A Estratégia Nacional de Bioeconomia e programas como o Bioeconomia Brasil – Sociobiodiversidade demonstram um compromisso governamental com a transição para uma economia baseada no uso sustentável dos recursos naturais. No entanto, sua implementação exige investimentos robustos, maior integração entre políticas federais e estaduais e o fortalecimento das cadeias produtivas locais. A bioeconomia pode ser a chave para um futuro mais equilibrado entre crescimento econômico, conservação ambiental e inclusão social na Amazônia.

3 METODOLOGIA

Esta seção apresenta a estrutura teórica e as abordagens metodológicas utilizadas, seguindo Carvalho, Domingues e Horridge (2017) e Souza, Magalhães e Domingues (2022). Utilizamos um modelo de EGC 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).

Os modelos operam com abordagens *top-down* e *bottom-up*. Na *top-down*, a distribuição regional é derivada dos resultados nacionais, enquanto na *bottom-up*,

as contribuições regionais influenciam o panorama nacional. Esses modelos consideram a economia como uma rede de mercados interconectados, onde o equilíbrio é simultâneo, enfatizando a flexibilidade dos preços, a mobilidade dos fatores e a capacidade de substituição entre insumos.

Modelos EGC são baseados em 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, em que as equações são linearizadas e os resultados são dados em termos de taxas de crescimento ou elasticidades (Dixon e Jorgenson, 2012). Essas premissas não capturam integralmente a complexidade dos sistemas socioecológicos, especialmente no contexto amazônico, em que múltiplos atores, assimetrias de informação e externalidades ambientais exigem abordagens mais dinâmicas e interdisciplinares. Ainda assim, a modelagem EGC oferece uma estrutura útil para estimar impactos econômicos agregados e distributivos de forma robusta.

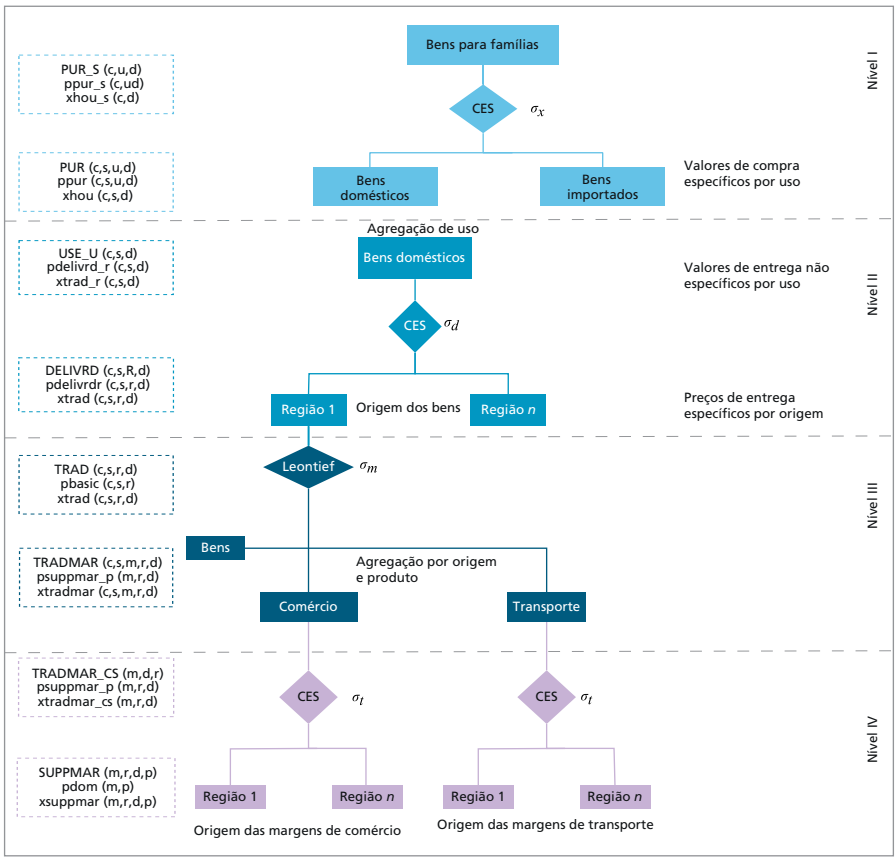
A construção do modelo Regia segue a estrutura do modelo The Enormous Regional Model for Brazilian Economy – Term (Horridge, Madden e Wittwer, 2005), com adições de dinâmica recursiva (Dixon, Picton e Rimmer, 2002) e módulo de uso da terra (Carvalho, 2014). Calibrado com dados de 2015, utiliza a matriz insumo-produto do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que, até o momento, constitui a versão oficial mais recente disponibilizada para o Brasil.

A especificação teórica do Regia é dividida em três componentes principais: i) mecanismos de demanda regional com estrutura de produção, investimento, famílias, exportações, governo, trabalho, equilíbrio de mercados, margens e preços; ii) elementos de dinâmica recursiva que permitem um ajuste intertemporal no estoque de capital, no investimento, e do mercado de trabalho – estas variáveis comportam-se por meio de mecanismos de acumulação e de deslocamento entre setores e regiões, fundamentando-se em normas previamente definidas, que estão correlacionadas às taxas de depreciação e de retorno; dessa forma, o modelo estabelece uma vinculação entre os fluxos de investimentos anuais e os estoques de capital; e iii) efeitos das mudanças no uso da terra.

A demanda regional é analisada em quatro níveis hierárquicos (figura 2). No nível I, as famílias escolhem entre produtos nacionais e internacionais usando uma função elasticidade de substituição constante (*constant elasticity of substitution* – 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 2
Mecanismo de demanda por origens



Fonte: Souza, Magalhães e Domingues (2022).
Elaboração dos autores.

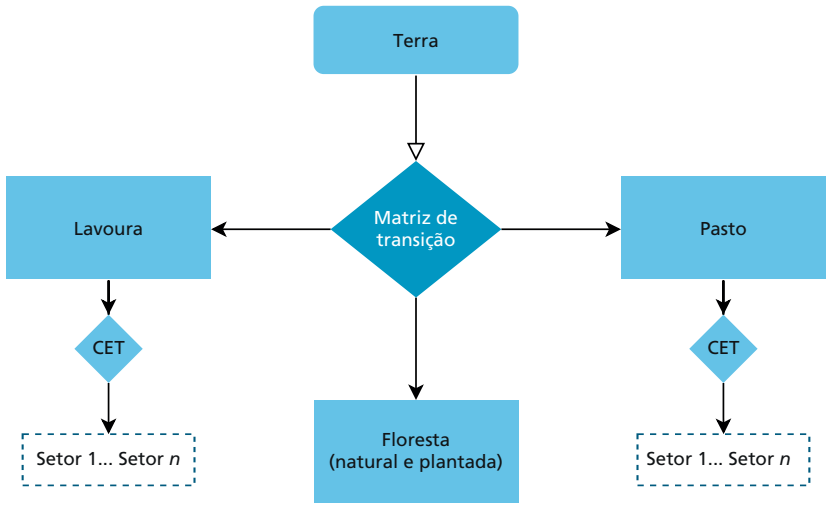
Os fatores primários (capital, terra e trabalho) são distribuídos por uma função CES no modelo. Os insumos intermediários também seguem a função CES, aplicando a hipótese de Armington (1969). A função de transformação *constant elasticity of transformation* (CET) ilustra a conversão de produtos em bens 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, além de integrarem um mecanismo dinâmico de ajuste no mercado de trabalho, relacionando salário real, emprego atual e emprego projetado (Souza, Magalhães e Domingues, 2022). A dinâmica recursiva descreve a acumulação e a 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. A figura 3 apresenta o funcionamento do módulo de uso da terra no modelo, que trata a terra como um fator primário da produção, ao lado do capital e do trabalho. A terra total disponível em cada região é distribuída entre três categorias principais de uso produtivo: lavoura, pastagem e floresta (abrangendo floresta plantada e natural). A alocação inicial da terra entre essas categorias segue uma matriz de transição, calibrada com dados de uso do solo e ajustada anualmente conforme as variações de rentabilidade.

FIGURA 3
Distribuição do fator terra



Fonte: Carvalho, Domingues e Horridge (2017).
Elaboração dos autores.

Dentro de cada categoria, a distribuição entre os diferentes setores produtivos (por exemplo, arroz, soja, bovinos, silvicultura) é determinada por uma função CET, que permite a realocação da terra entre usos alternativos de acordo com as mudanças nos preços relativos e na remuneração esperada. Assim, o modelo capta tanto os deslocamentos intersetoriais quanto as mudanças estruturais de uso da terra provocadas por políticas ambientais e choques econômicos.

A escolha por um modelo de EGC justifica-se por sua capacidade de capturar os efeitos intersetoriais e inter-regionais decorrentes de choques de política pública em economias com forte heterogeneidade estrutural, como é o caso da AMZ-L. Diferentemente de modelos de insumo-produto, que assumem coeficientes técnicos fixos e não incorporam mecanismos de ajuste de preços, os EGCs possibilitam simular realocações de recursos e mudanças no comportamento de agentes econômicos. Em relação aos métodos econométricos, apesar de sua elevada capacidade de identificação causal com dados históricos, eles são mais limitados na simulação prospectiva de cenários contrafatuais complexos, como os que envolvem políticas de bioeconomia, produtividade agropecuária e restrição ao desmatamento. O Regia, portanto, fornece uma estrutura mais adequada para avaliar os impactos agregados e distributivos de políticas ambientais de longo prazo, sendo especialmente útil para mensurar efeitos indiretos e interdependências sistêmicas de mudanças em estruturas econômicas.

3.1 Fechamento do modelo

Os modelos EGC 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 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, Magalhães e Domingues, 2022; Carvalho, Domingues e Horridge, 2017).

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.

3.2 Estratégia de simulação

A estratégia de simulação adotada neste estudo visa avaliar os efeitos econômicos e ambientais de diferentes cenários de desenvolvimento para a AMZ-L no período de 2020 a 2040. O modelo Regia é utilizado para comparar uma trajetória de referência (*baseline*), que representa a continuidade de tendências observadas até 2020, com dois cenários alternativos: um de crescimento impulsionado pela bioeconomia e outro com políticas de desmatamento zero. As simulações são dinâmicas, com atualização periódica dos estoques de capital e da força de trabalho, e incorporam choques exógenos sobre variáveis-chave como produtividade do trabalho, produtividade da terra, crescimento do PIB nacional e expansão da produção em setores bioeconômicos.

Os cenários são construídos de forma incremental para isolar os efeitos de cada política. A trajetória *baseline* considera crescimento moderado da economia nacional e ganhos limitados de produtividade, mantendo o padrão histórico de uso da terra. Já o cenário de bioeconomia simula um aumento expressivo na produção dos setores associados a cadeias produtivas sustentáveis, enquanto o cenário de desmatamento zero impõe restrições à expansão da fronteira agrícola, forçando uma intensificação da produção sem ampliação de área. As simulações permitem observar os impactos sobre o PIB regional, o uso da terra e o consumo das famílias, bem como em outros fatores econômicos.

Para estimar os efeitos econômicos e ambientais da bioeconomia na AMZ-L, este estudo utiliza o modelo Regia, calibrado com base na matriz insumo-produto oficial do IBGE referente ao ano de 2015, a mais recente disponível. A estrutura do modelo permite simulações intertemporais com dinâmica recursiva, incorporando variações endógenas de estoque de capital, uso da terra e crescimento demográfico. A análise cobre o horizonte de 2020 a 2040, com foco específico na implementação de uma política de desmatamento zero a partir de 2030, em linha com os compromissos climáticos nacionais.

O principal experimento de política envolve a simulação de um choque positivo de 100% na produção dos setores de bioeconomia. Entre os produtos contemplados estão: açaí-fruto, cacau-amêndoa, castanha-do-pará, açaí-palmito, cupuaçu, urucum, bacuri, mel e pupunha, conforme identificado por Nobre *et al*. (2023) com base em critérios de relevância regional e disponibilidade de dados. No modelo, esses itens foram agregados nos setores outras lavouras permanentes, que compreendem cultivos como frutas tropicais, castanhas e especiarias produzidas de forma contínua ao longo dos anos (sem necessidade de replantio após cada colheita, como é o caso do açaí e do cupuaçu), e extrativismo vegetal, que inclui a coleta sustentável de produtos oriundos de áreas nativas, como castanha-do-pará e mel silvestre.

A escolha do choque de 100% na produção dos setores da bioeconomia foi como um cenário prospectivo, dado que não há, até o momento, estimativas oficiais ou consensuais sobre as taxas de crescimento do setor para o horizonte analisado. A duplicação da produção permite uma avaliação clara e escalável dos impactos econômicos e ambientais decorrentes da expansão da bioeconomia. Como o modelo Regia adota uma estrutura Johansen com equações linearizadas, os resultados desse cenário são diretamente proporcionais à magnitude do choque. Assim, os efeitos estimados podem ser reinterpretados posteriormente conforme novas informações ou projeções mais precisas sobre o crescimento setorial estejam disponíveis, conferindo flexibilidade e robustez às projeções.

O cenário de referência (*baseline*) assume a continuidade das tendências atuais de crescimento econômico e uso da terra, sem a implementação de medidas específicas de controle do desmatamento ou incentivos à bioeconomia. Este cenário incorpora os seguintes parâmetros:

- crescimento do PIB nacional: 2% ao ano (a.a.);
- crescimento da produtividade da terra: 1% a.a;
- crescimento da produtividade do trabalho: 0,8% a.a.; e
- projeção de desmatamento: baseada em dados do TerraBrasilis/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e do instituto SOS Mata Atlântica.

Os valores adotados seguiram as perspectivas oficiais de crescimento do PIB do Banco Central (BCB, 2024) e estimativas conservadoras de crescimento da produtividade da terra e do trabalho baseadas em padrões médios históricos e perspectivas para o Brasil (Brasil, 2021).

A taxa de desmatamento é modelada como uma variável endógena, sensível ao ritmo de crescimento econômico e às mudanças nos usos da terra, o que permite avaliar o impacto direto e indireto da política ambiental sobre os biomas da região

e comparar os resultados entre o cenário tendencial e o cenário com política de desmatamento zero e expansão da bioeconomia, considerando seus efeitos sobre o PIB regional, o consumo das famílias, e o padrão de uso da terra.

4 RESULTADOS

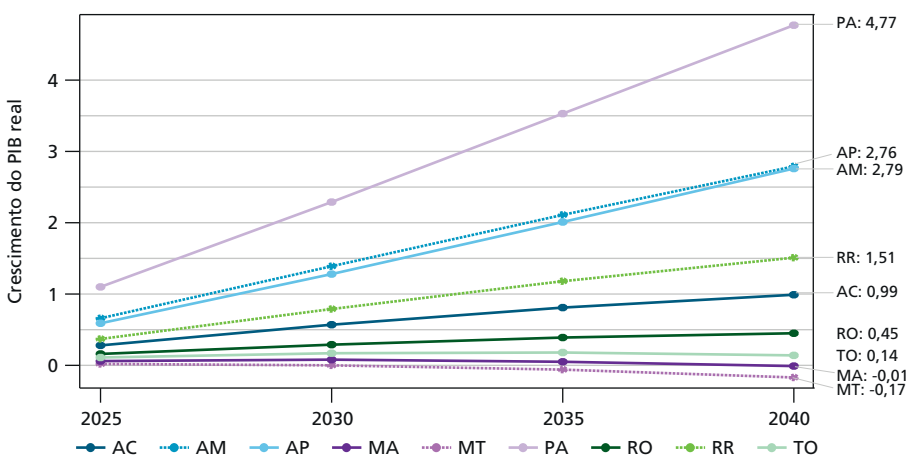
4.1 Resultados macroeconômicos

O gráfico 1 apresenta as projeções regionais de crescimento do PIB real para os estados da AMZ-L, expressas em termos de desvio acumulado em relação ao cenário de referência. Os resultados indicam uma resposta heterogênea entre os estados, refletindo diferenças na estrutura produtiva, no grau de integração da bioeconomia e nas restrições de uso da terra.

O Pará se destaca como o estado com o maior crescimento adicional do PIB (até 4,7%), impulsionado pela expansão de cadeias bioeconômicas estruturadas, como açaí, cacau, cosméticos e biotecnologia florestal. Esse crescimento ocorre mesmo com restrições ao uso da terra, indicando que a bioeconomia substitui parcialmente setores tradicionais e agrega valor à produção.

Os estados do Amapá (2,76%) e Amazonas (2,79%) também apresentam impactos positivos expressivos. No Amazonas, esse crescimento está fortemente associado à integração da bioeconomia à indústria local, especialmente na Zona Franca de Manaus, que pode agregar inovação e biotecnologia a produtos regionais. Já no Amapá, a expansão da agricultura sustentável e da exploração comercial de produtos da sociobiodiversidade impulsiona o crescimento projetado.

GRÁFICO 1
Impacto sobre o PIB real: desvio acumulado em relação ao cenário base (2025-2040)
(Em %)



Elaboração dos autores.

Roraima, Rondônia e Acre apresentam taxas de crescimento variando entre 0,45% e 1,15%. Esses estados possuem uma estrutura econômica ainda fortemente baseada na agropecuária tradicional, o que limita a expansão de setores bioeconômicos baseados nos produtos selecionados da matriz alfa.[8] No entanto, há oportunidades para crescimento futuro, desde que haja incentivos para transição produtiva e investimentos em infraestrutura logística e tecnológica, assim como um aprofundamento de pesquisa sobre qual aspecto da bioeconomia deve ser desenvolvido nesses territórios.

Tocantins (0,14%), Maranhão (-0,01%) e Mato Grosso (-0,017%) registram os menores impactos do choque de bioeconomia no PIB estadual. Isso pode ser explicado por duas principais razões: menor aderência dos produtos à matriz produtiva predominante, dominada por soja e pecuária extensiva; e dependência de cadeias de exportação que enfrentam dificuldades de integração com o mercado da bioeconomia regional, barreiras comerciais e logística inadequada.

A tabela 1 apresenta os impactos macroeconômicos da bioeconomia sobre o consumo das famílias, o investimento, o consumo do governo e o emprego agregado para os estados da AMZ-L. Os valores expressam o desvio acumulado em relação ao cenário de referência para o período de 2025 a 2040. Os números negativos não indicam necessariamente reduções absolutas nos indicadores, mas diferenças em relação à tendência projetada sem a política de bioeconomia.

As projeções para o mercado de trabalho mostram variações regionais nos impactos da bioeconomia. No Amazonas, estima-se a criação de aproximadamente 213.858 novos postos de trabalho ao longo do período, elevando o total de 654.000 em 2021 para cerca de 867.858 em 2040, com uma taxa média de crescimento anual de 1,53%. No Amapá, o crescimento do emprego é estimado em 61.740 postos, passando de 126.000 em 2020 para aproximadamente 187.740 em 2040, com uma taxa anual de 2,04%.

O consumo das famílias também apresenta ganhos expressivos, especialmente no Pará e Amapá, com aumentos de 2,9% e 2,11%, respectivamente. Em Roraima, a expansão do consumo é de 1,29%, enquanto no Amazonas o crescimento é de 1,6%. Estados como Tocantins e Rondônia registram incrementos mais moderados, de 0,35% e 0,48%, respectivamente.

8. As contas sociais alfa constituem uma metodologia de cálculo ascendente e direto para estimar o produto e o valor adicionado das economias locais de base agrária, com foco em cadeias produtivas e articulações institucionais específicas de territórios subnacionais. Ver Costa (2016).

TABELA 1
Impacto sobre indicadores macroeconômicos: acumulado em relação ao cenário base (2025-2040)
(Em %)

UF	Consumo das famílias	Investimento	Consumo do 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
MA	0,19	-0,47	0,19	0,12
MT	0,07	0,14	0,07	0,00
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

Elaboração dos autores.

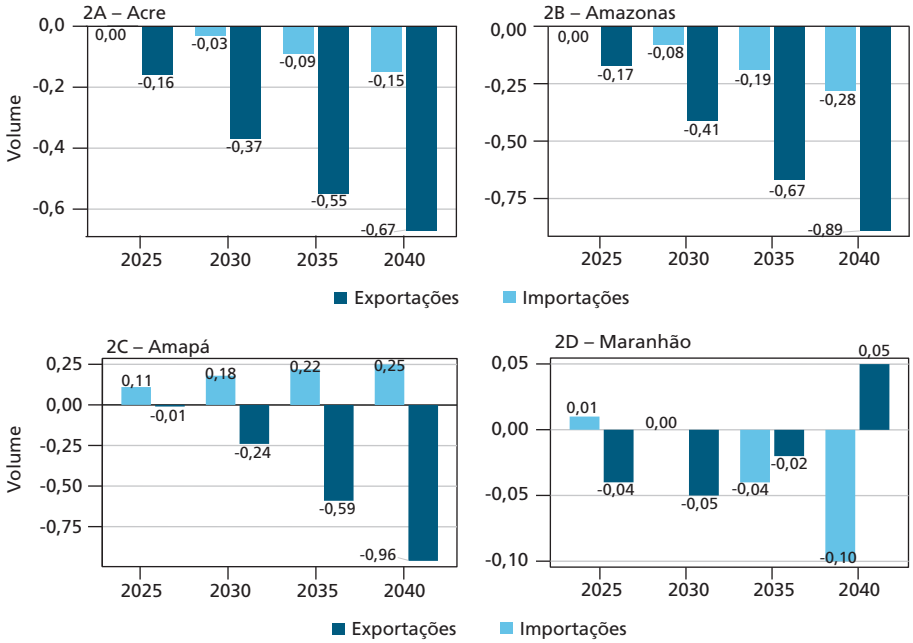
Por sua vez, Maranhão e Mato Grosso apresentam variações menores, de 0,19% e 0,07%, sugerindo uma resposta menos expressiva ao choque de política. Essas diferenças podem estar relacionadas ao perfil produtivo dos estados e ao grau de incorporação dos setores bioeconômicos às economias regionais.

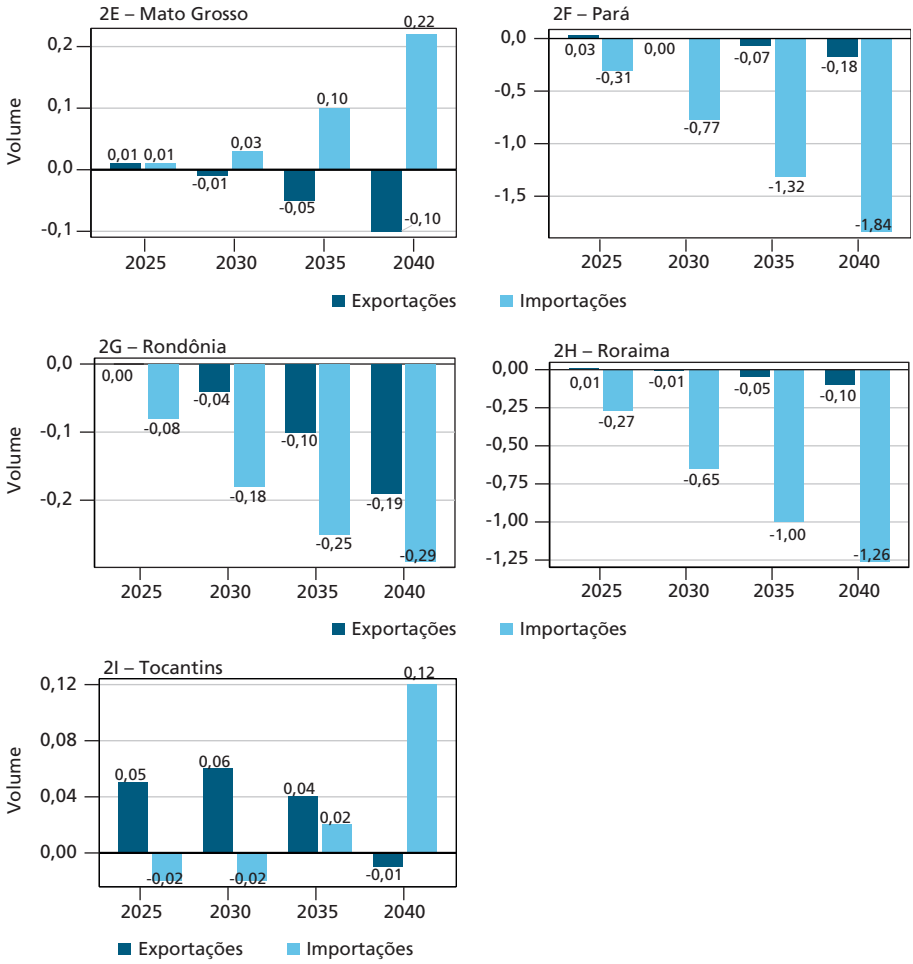
Os resultados macroeconômicos alcançados são decorrentes dos mecanismos característicos de realocação de recursos em modelos de EGC. Conforme ocorre a expansão dos setores, observa-se uma substituição parcial de atividades que apresentam menor valor agregado ou maior utilização de terra, como no caso do Pará e do Amazonas. A elevação do consumo das famílias e do emprego demonstra os efeitos multiplicadores da bioeconomia, tanto por meio de encadeamentos produtivos quanto através de efeitos distributivos regionais, fenômeno já observado por Banerjee e Alavalapati (2009) e Walker (2012). A diversidade nos impactos observados entre os estados demonstra a heterogeneidade na configuração produtiva e nos níveis de articulação dos setores da bioeconomia, resultados semelhantes ao de Tanure *et al.* (2020) acerca dos efeitos espaciais da política agrícola na região amazônica.

O gráfico 2 apresenta as projeções para a balança comercial dos estados, expressas em termos de desvio percentual acumulado em relação ao cenário base. A maioria dos estados exibe desempenho negativo nesse indicador, contrastando com os ganhos observados em outros aspectos macroeconômicos. Acre, Amazonas, Roraima e Pará registram redução no volume de importações e pequeno recuo nas exportações ao longo do período analisado. O Amapá, em contrapartida, projeta um aumento de 0,25% nas exportações até 2040, seguido por Tocantins (0,12%).

Os resultados da balança comercial indicam que a inserção dos produtos da bioeconomia no mercado externo permanece limitada, uma vez que grande parte da produção é destinada ao consumo doméstico. Além disso, a redução das exportações em alguns estados pode estar associada a restrições no uso da terra, que impactam a disponibilidade de produtos agropecuários para exportação. As variações regionais mostram que os efeitos da bioeconomia sobre o comércio exterior dependem da estrutura produtiva de cada estado.

GRÁFICO 2
Balança comercial: desvio acumulado em relação ao cenário-base (2020-2040)
(Em %)





Elaboração dos autores.

O desempenho da balança comercial em determinadas unidades da federação indica uma discrepância entre o crescimento do consumo interno e a capacidade exportadora dos setores emergentes, ressaltando a relevância de infraestrutura e integração logística, aspectos igualmente enfatizados por Arima *et al.* (2021) no âmbito do comércio entre a União Europeia e o Mercado Comum do Sul (Mercosul). Isso indica que o crescimento bioeconômico, apesar de promissor, continua a depender de políticas adicionais, como investimentos em pesquisa e desenvolvimento, certificação de origem e aperfeiçoamento dos canais de comercialização.

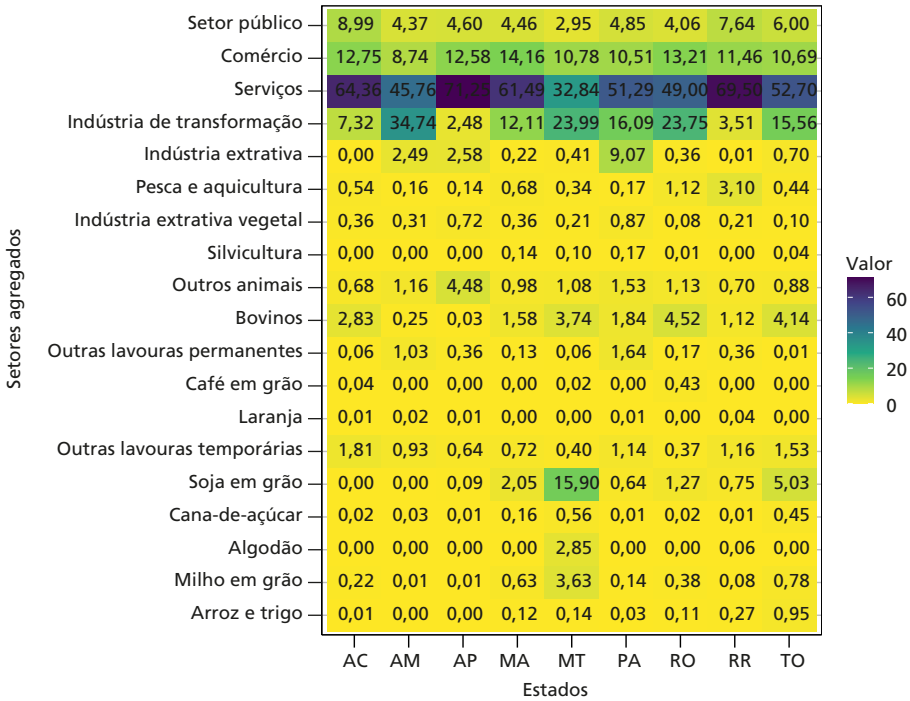
A acentuada concentração dos lucros nas regiões com maior densidade industrial ou com cadeias de valor já consolidadas também evidencia a urgência de políticas diferenciadas por território, conforme sugerem Cattaneo (2001) e Stocco,

Ferreira Filho e Horridge (2020). Nessas áreas, o impacto favorável ocorre por meio de inovação e valorização, enquanto em outras, a falta de estruturas produtivas e institucionais apropriadas restringe os avanços no bem-estar. Esses resultados indicam a necessidade premente de implementar políticas de transição produtiva e de capacitação técnica, a fim de impedir que os benefícios da bioeconomia permaneçam restritos apenas às regiões com maior potencial de absorção.

4.2 Resultados setoriais

A composição setorial das economias locais destaca a predominância do setor de serviços, conforme apresentado na figura 4. No Pará, esse setor representa mais de 51% das atividades econômicas, enquanto no Amapá alcança 71%. O comércio também apresenta participação relevante, variando de 8% no Amazonas a 13% em Rondônia. O Amazonas se diferencia dos demais estados pela concentração da atividade industrial, que responde por 34% do PIB estadual, impulsionado pela Zona Franca de Manaus. No Pará, a indústria extrativa tem peso significativo, representando cerca de 9% da economia estadual, refletindo a importância da mineração na estrutura produtiva regional.

FIGURA 4
Participações setoriais (2020)
(Em %)



Elaboração dos autores.

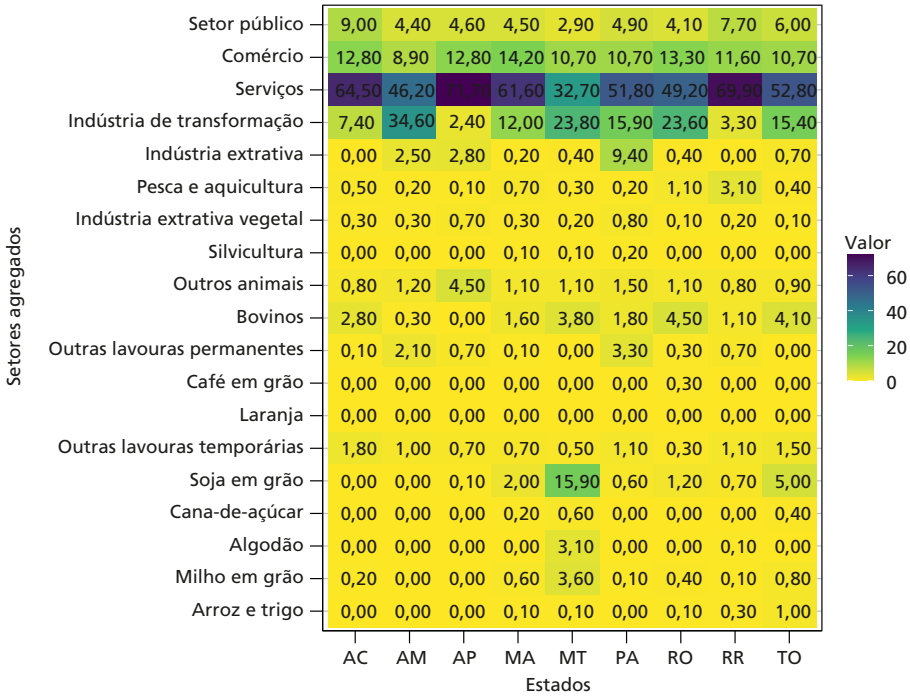
A agropecuária desempenha papel relevante na economia da região, sobretudo em Mato Grosso e Tocantins, onde a produção de soja e a pecuária extensiva se destacam. O setor de bovinos representa 4% do PIB no Acre e Tocantins, enquanto a soja corresponde a 5% no Tocantins e 15% no Mato Grosso. A expansão dessas atividades, como indicado na revisão de literatura, está associada à conversão de áreas de floresta em pastagens e lavouras. Esses padrões reforçam a necessidade de políticas voltadas para a diversificação econômica na região, considerando a relação entre uso da terra, produtividade e impactos ambientais.

O setor de bioeconomia ainda possui uma participação modesta na estrutura produtiva da AMZ-L. No setor de outras lavouras permanentes, as participações variam de 0,01% no Tocantins até 1,6% no Pará. Na indústria extrativa vegetal, os valores oscilam entre 0,10% no Tocantins e 0,87% no Pará. A pesca, por sua vez, tem destaque em Roraima, onde atinge 3% do PIB estadual. Embora ainda representem uma parcela reduzida da economia, essas atividades desempenham papel estratégico na conservação ambiental e no fortalecimento da identidade socioprodutiva das comunidades locais.

A figura 5 apresenta as projeções para a composição setorial diante de um choque de 100% na produção do setor de outras lavouras permanentes, ou seja, uma duplicação da produção setorial em relação ao cenário de referência, simulada como forma de avaliar os efeitos de um cenário prospectivo de forte crescimento da bioeconomia regional. A simulação considera a implementação simultânea da política de desmatamento zero a partir de 2030, conforme as metas nacionais de clima. O gráfico 3 compara a participação desse setor entre os cenários antes e após a política.

Os resultados indicam que as mudanças na participação setorial não são homogêneas. Os setores predominantes, como serviços e comércio, mantêm uma participação elevada. O setor de pecuária também apresenta variações limitadas, mesmo diante das restrições impostas pelo desmatamento zero. No Tocantins, por exemplo, a participação da pecuária se mantém em 4%, enquanto a soja em Mato Grosso continua representando 15% do PIB estadual.

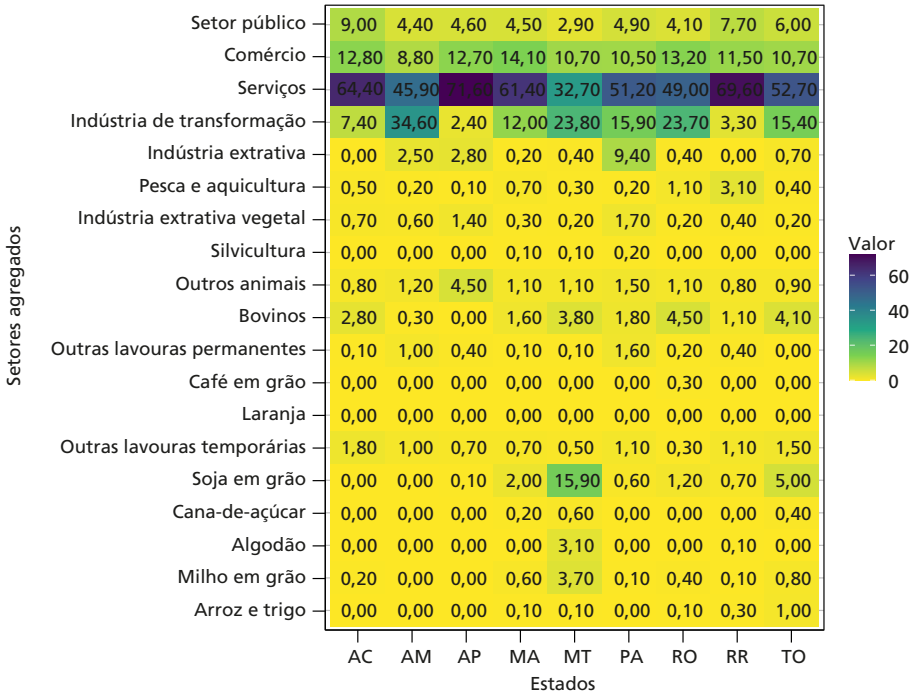
FIGURA 5
Participações setoriais: choque de 100% em outras lavouras permanentes (2040)
(Em %)



Elaboração dos autores.

Já a figura 6 apresenta os resultados para o setor extrativo vegetal, considerando um aumento de 100% na produção até 2040 em um cenário de rigorosa implementação da política de desmatamento zero.

FIGURA 6
Participações setoriais: choque de 100% no extrativismo vegetal (2040)
(Em %)

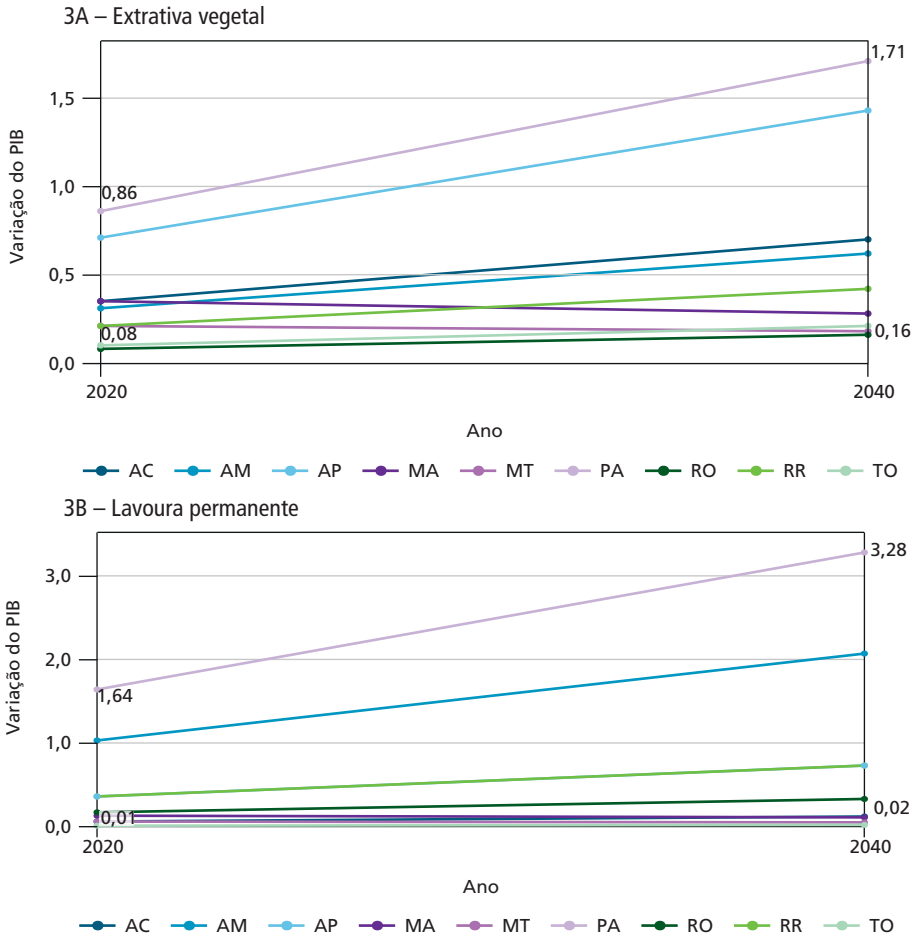


Elaboração dos autores.

Os resultados indicam uma contribuição ainda restrita, contudo, diversificada, do setor de extrativismo vegetal para as economias da AMZ-L. Conforme ilustrado na figura 6, os estados do Pará (1,40%), Amapá (1,40%) e Roraima (0,70%) apresentam as mais elevadas participações relativas desse setor em seus respectivos PIBs estaduais. Essa configuração indica uma ampliação da inclusão de atividades extrativas, tais como a coleta de açaí, castanha-do-pará e óleos vegetais, em cadeias produtivas mais organizadas, resultado tanto da disponibilidade de recursos florestais quanto de políticas direcionadas à valorização da sociobiodiversidade. Em oposição, estados como Mato Grosso (0,20%), Tocantins (0,20%), Maranhão (0,30%) e Rondônia (0,20%) apresentam uma participação marginal, dada a prevalência de modelos agropecuários tradicionais e um reduzido nível de integração da bioeconomia extrativa. Sob a perspectiva econômica, tais disparidades evidenciam a função da estrutura produtiva regional e das vantagens comparativas locais na disseminação da bioeconomia extrativista.

O gráfico 3 ilustra as variações regionais na participação do setor de outras lavouras permanentes entre os cenários de referência e o de política.

GRÁFICO 3
Participações regionais (2020-2040)
(Em p.p.)



Elaboração dos autores.

A partir dessas projeções, é possível agrupar os estados em três categorias, de acordo com a magnitude da variação na participação do setor. O primeiro grupo inclui estados com mudanças marginais, nos quais o setor permanece com peso reduzido, como Acre, Tocantins, Maranhão e Mato Grosso. O segundo grupo engloba estados que registram crescimento moderado na participação do setor de outras lavouras permanentes, como Amapá, Roraima e Rondônia. O terceiro grupo se destaca por um crescimento mais expressivo, sendo composto por Pará e Amazonas, onde a participação do setor aumenta em 1,60 e 1,00 ponto percentual, respectivamente.

Pará e Amazonas apresentam características estruturais que podem estar associadas ao crescimento da bioeconomia nesses estados. Eles possuem extensas áreas florestais e condições ambientais propícias para o cultivo de lavouras permanentes e sistemas agroflorestais. Elementos como a pluviosidade, a fertilidade do solo e as condições climáticas podem favorecer a expansão dessas atividades. Além disso, a configuração da infraestrutura produtiva e a existência de cadeias de valor estruturadas para produtos da bioeconomia podem contribuir para essa expansão.

As mudanças na composição setorial ocorrem de maneira gradual e dependem da capacidade de cada economia estadual em absorver a expansão dos setores bioeconômicos. Esses resultados indicam que a implementação de políticas voltadas para a bioeconomia pode apresentar efeitos distintos entre as regiões, sendo necessário um planejamento diferenciado para maximizar os benefícios, dadas as características produtivas de cada região. O fortalecimento das cadeias produtivas locais, aliado a políticas de incentivo à inovação e ao desenvolvimento tecnológico, pode contribuir para a ampliação das oportunidades econômicas e o desenvolvimento regional.

Os resultados setoriais sugerem que o fortalecimento da bioeconomia na AMZ-L pode gerar transformações produtivas relevantes, mas que permanecem condicionadas à estrutura econômica preexistente em cada estado. A concentração de impactos mais expressivos no Pará e Amazonas corrobora os achados de Banerjee e Alavalapati (2009), que apontam a importância da estrutura institucional e produtiva para o aproveitamento de políticas de uso sustentável da floresta. O crescimento limitado em estados como Tocantins e Mato Grosso revela, por outro lado, a persistência da lógica de uso extensivo da terra voltada à agropecuária convencional, conforme evidenciado por Silva, Ruviaro e Ferreira Filho (2017) e Leitão e Vasconcellos (2017), que destacam a necessidade de ganhos de produtividade como condição para viabilizar políticas de desmatamento zero.

Ademais, a estagnação ou leve retração dos setores bioeconômicos em determinados estados fortalece os argumentos de Arima *et al*. (2021) e Araujo, Assunção e Bragança (2023) acerca dos perigos de políticas ambientais dissociadas da realidade produtiva local, na qual a carência de infraestrutura e cadeias organizadas pode restringir os resultados almejados. Esses resultados indicam que o progresso da bioeconomia não deve ser abordado como uma política uniforme, sendo necessária uma identificação das vocações produtivas e a consolidação de sistemas territoriais de inovação. Em última análise, a ampliação de segmentos como o extrativismo vegetal e as plantações permanentes, utilizadas como estratégias para agregar valor com menor pressão sobre a utilização da terra, evidencia o potencial redistributivo e ambiental dessas práticas, desde que sustentadas por mecanismos de compensação e acesso ao mercado.

4.3 Resultados sobre alocação do fator terra

A estimativa da área possivelmente conservada resulta da comparação entre o cenário de referência, no qual o desmatamento segue as tendências históricas projetadas com base em dados do INPE, e o cenário alternativo com implementação da política de desmatamento zero a partir de 2030. No modelo Regia, essa política é operacionalizada pela imposição de restrições sobre a conversão de floresta natural para uso agropecuário, de modo que a área de floresta permanece constante a partir do ano de implementação da política.

A conservação adicional da terra, portanto, corresponde à diferença entre a área que seria desmatada na trajetória de referência e a área efetivamente preservada sob a simulação com restrição. A relação com a bioeconomia decorre do choque de 100% na produção dos setores bioeconômicos, cuja expansão está restrita ao uso de terras já antropizadas (lavouras e extrativismo em áreas consolidadas), sem pressionar a fronteira florestal. Com isso, o modelo permite quantificar não apenas os efeitos econômicos da bioeconomia, mas também seu papel potencial como estratégia de contenção do avanço do desmatamento.

A política de desmatamento zero atua como uma restrição à conversão de floresta natural, fixando a área disponível desse uso. Em paralelo, o choque positivo na bioeconomia aumenta a demanda por terra nos setores ligados a produtos florestais não madeireiros, elevando sua rentabilidade relativa. Como o modelo mantém a área total de terra constante, esse aumento de demanda é acomodado sobretudo pela redução das áreas de pastagem, cuja rentabilidade relativa é menor. Assim, a política ambiental limita a expansão territorial da agropecuária convencional, enquanto o estímulo à bioeconomia reorganiza o uso da terra em direção a atividades de maior valor agregado e menor impacto ambiental.

O gráfico 4 apresenta as projeções para a mudança no uso do solo sob dois cenários distintos. O primeiro cenário (gráfico 4A) representa a trajetória na ausência de políticas voltadas para o controle do desmatamento na Amazônia. Nesse caso, a projeção indica um desmatamento acumulado de 12,2 milhões de hectares entre 2025 e 2040, correspondendo a uma média anual de 0,82 milhão de hectares. Esses valores são compatíveis com os dados históricos de desmatamento observados pelo INPE, que registraram aproximadamente 0,9 milhão de hectares desmatados na Amazônia entre 2022 e 2023.

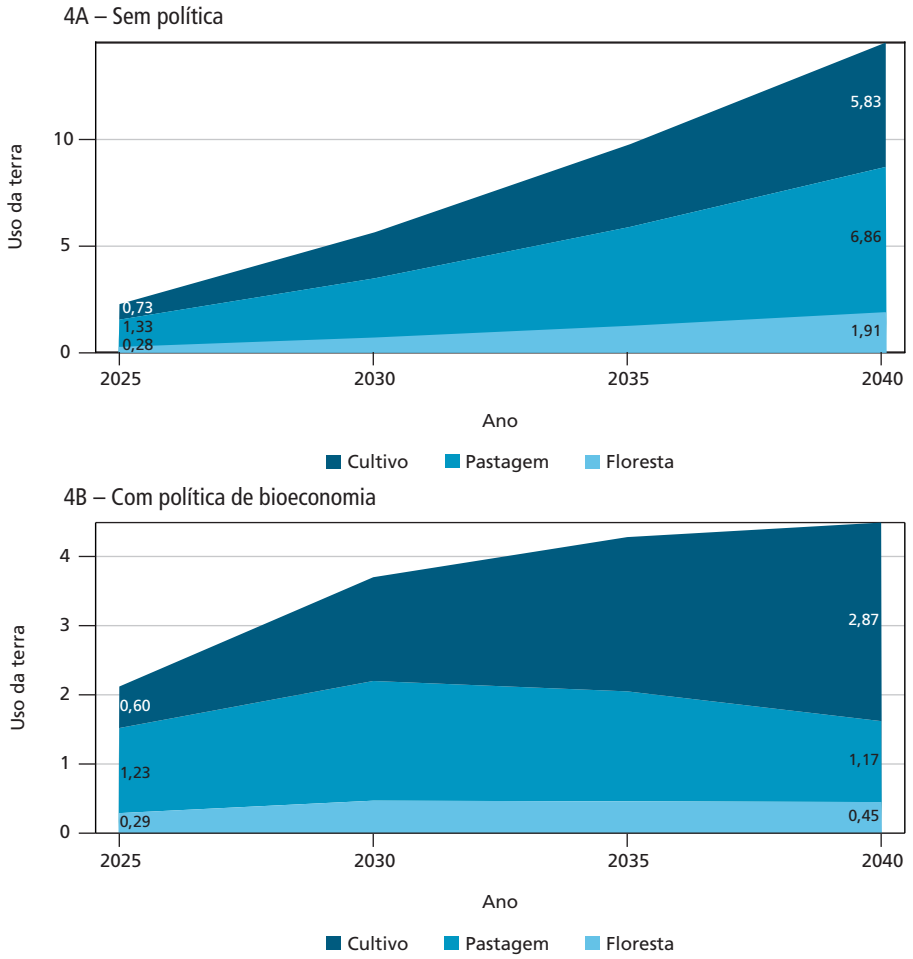
O segundo cenário (gráfico 4B) incorpora a implementação de medidas restritivas ao desmatamento, aliadas a políticas de incentivo ao crescimento da bioeconomia. Sob essas condições, projeta-se uma redução significativa na perda de cobertura florestal, com o desmatamento acumulado limitado a 2,37 milhões de hectares no período, resultando em uma média anual de apenas 0,16 milhão de hectares. Nesse cenário, as áreas remanescentes de desmatamento concentram-se predominantemente em outras regiões do país, especialmente no Centro-Oeste.

A comparação entre os cenários indica que a adoção de políticas de controle do desmatamento, aliada ao incentivo à bioeconomia, pode resultar na preservação de aproximadamente 9,83 milhões de hectares de floresta na AMZ-L até 2040. Esse valor corresponde à diferença acumulada entre as áreas de floresta natural remanescente nos dois cenários simulados: i) o cenário tendencial de continuidade do desmatamento (referência); e ii) o cenário com desmatamento zero e duplicação da produção da bioeconomia. O cálculo baseia-se nas trajetórias endógenas de uso da terra simuladas pelo modelo Regia, que incorpora uma matriz de transição calibrada com dados do TerraClass e Censo Agropecuário, permitindo estimar ano a ano a conversão líquida entre floresta natural, pastagens e lavouras. A área estimada preservada equivale aproximadamente ao território de Santa Catarina, que possui cerca de 9,54 milhões de hectares. Além da redução no desmatamento, observa-se uma reconfiguração no uso da terra, na qual as áreas de pastagem, por exemplo, caem de 6,86 milhões de hectares no cenário sem políticas para apenas 1,17 milhão de hectares no cenário com incentivo à bioeconomia, refletindo o papel dessa estratégia na substituição de atividades extensivas por cadeias de maior valor agregado.

Além disso, nota-se uma transição gradual de áreas anteriormente classificadas como floresta para cultivos agrícolas permanentes, o que pode estar associado à expansão de atividades da bioeconomia. Esse processo sugere que a bioeconomia pode atuar como uma alternativa sustentável à conversão de terras, ao agregar valor à produção sem a necessidade de expansão da fronteira agrícola. No entanto, é importante destacar que os efeitos ambientais dependem fortemente do tipo de cultivo adotado. Sistemas agroflorestais e policultivos baseados na sociobiodiversidade tendem a conservar mais os serviços ecossistêmicos do que monoculturas intensivas, que podem replicar padrões de degradação típicos da agricultura convencional. Assim, o potencial sustentável da bioeconomia está condicionado ao modelo produtivo promovido.

Os resultados apresentados reforçam a importância de políticas ambientais articuladas com estratégias econômicas para modificar substancialmente a trajetória do desmatamento na Amazônia. A incorporação de incentivos à bioeconomia, quando combinada com a implementação rigorosa de políticas de desmatamento zero, está associada a uma significativa redução na conversão de áreas florestais para outros usos da terra. Esses achados corroboram a literatura sobre políticas ambientais e bioeconomia, que destaca a necessidade de integrar estratégias econômicas e ambientais para assegurar o uso sustentável dos recursos naturais da região.

GRÁFICO 4
Mudança do uso do solo no Brasil
(Em 1 milhão ha)



Elaboração dos autores.

Em termos ambientais, os resultados evidenciam que políticas integradas de desmatamento zero e incentivo à bioeconomia podem ter efeitos relevantes não apenas na preservação da cobertura vegetal, mas também na integridade dos serviços ecossistêmicos associados às florestas. A contenção da conversão de floresta natural implica menor emissão de gases de efeito estufa, manutenção da biodiversidade e maior regulação do ciclo hidrológico, aspectos essenciais para a resiliência climática regional e global (Miles, Grainger e Phillips, 2004). A substituição de atividades agropecuárias extensivas por cadeias produtivas de base florestal reduz a pressão sobre os ecossistemas, ao mesmo tempo em que promove usos mais

intensivos e sustentáveis do solo. No entanto, é importante ressaltar que os impactos ambientais positivos dependem da forma de implementação dessas políticas. Por exemplo, sistemas agroflorestais diversificados são mais eficazes na manutenção da biodiversidade e no sequestro de carbono que monoculturas de espécies nativas, que podem reproduzir padrões de degradação ambiental. Assim, os impactos ambientais projetados devem ser entendidos como potenciais, condicionados ao tipo de bioeconomia que se consolide na região, mais ecológica e regenerativa ou voltada apenas à exploração intensiva de recursos florestais.

Além da redução do desmatamento, os cenários analisados apontam para a relevância de políticas ambientais e mecanismos de governança para mitigar os impactos da conversão de áreas naturais. A literatura sobre governança ambiental e mudanças no uso do solo destaca que o êxito de políticas de conservação depende não apenas da definição de restrições ao desmatamento, mas também da criação de alternativas econômicas viáveis para populações locais (Dietz *et al.*, 2018; Ostrom, 2015; Agrawal, Chhatre e Hardin, 2008).

Os resultados deste estudo indicam que a expansão planejada da bioeconomia, com foco nos produtos da sociobiodiversidade e conservação ambiental, pode funcionar como instrumento de mitigação desses efeitos. No entanto, tal estratégia requer ações integradas de planejamento territorial, inclusão produtiva e investimentos em cadeias de valor sustentáveis. Ademais, é necessário cautela quanto à adoção de modelos produtivos baseados em monoculturas, mesmo sob o rótulo de bioeconomia, pois estes podem reproduzir padrões de degradação ambiental e concentração fundiária associados à lógica extrativista da fronteira agrícola convencional.

5 CONCLUSÃO

Este estudo analisou os impactos econômicos e sobre mudanças no uso da terra na AMZ-L no período de 2020 a 2040, considerando um cenário de restrição ao desmatamento e estímulo a setores produtivos sustentáveis. A bioeconomia tem sido debatida como uma estratégia capaz de conciliar crescimento econômico e conservação ambiental em um contexto de intensificação das mudanças climáticas e da necessidade de alternativas produtivas para a região.

Os principais resultados indicam que a implementação de políticas voltadas para a bioeconomia pode gerar trajetórias diferenciadas de crescimento econômico nos estados da AMZ-L. O PIB do Pará, por exemplo, apresentaria um crescimento adicional de 4,7% em comparação ao cenário de referência, enquanto Amapá e Amazonas registrariam incrementos de 2,7% e 2,8%, respectivamente. Além disso, a projeção de preservação de 9,83 milhões de hectares de floresta até 2040 sugere que a política de desmatamento zero pode ter um impacto significativo na contenção das pressões sobre o uso da terra.

A literatura destaca que os ciclos econômicos da Amazônia, historicamente baseados na exploração intensiva de recursos naturais, frequentemente resultaram em modelos de desenvolvimento instáveis e não sustentáveis a longo prazo. A experiência da borracha, por exemplo, evidenciou a vulnerabilidade de cadeias produtivas dependentes de mercados externos e sem infraestrutura adequada para garantir sua continuidade econômica. Os achados deste estudo reforçam a necessidade de evitar que a bioeconomia siga essa mesma trajetória, tornando-se apenas mais um ciclo transitório, sem mecanismos que assegurem sua permanência e capacidade de geração de renda para as populações locais.

Além dos desafios econômicos, as políticas de desmatamento zero e de incentivo à bioeconomia enfrentam obstáculos institucionais e estruturais. A implementação de estratégias ambientais eficazes requer maior articulação entre políticas públicas, governança ambiental e financiamento sustentável. Experiências como o PPCDAm e o PlanBio representam avanços na tentativa de integrar conservação ambiental e desenvolvimento econômico. No entanto, a ausência de infraestrutura logística, dificuldades no acesso ao crédito e a necessidade de incentivos diretos para produtores locais ainda representam entraves para a consolidação da bioeconomia como uma alternativa de desenvolvimento para a região.

A bioeconomia, tanto como conceito quanto como estratégia de desenvolvimento, não deve ser vista como uma solução única para toda a Amazônia. As diferentes respostas econômicas observadas entre os estados sugerem que a transição para um modelo produtivo sustentável depende da capacidade de adaptação dos setores produtivos locais, da estrutura fundiária e das dinâmicas de mercado. Como discutido ao longo deste estudo, a expansão da bioeconomia tende a ocorrer de maneira desigual, com maior crescimento em estados que possuem infraestrutura de processamento e logística mais desenvolvida, além de vantagens comparativas relacionadas às suas características ambientais e produtivas.

As projeções sobre o uso da terra reforçam a importância da gestão ambiental no sucesso das políticas de conservação. A adoção de restrições ao desmatamento, quando combinada com incentivos ao uso sustentável dos recursos naturais, pode influenciar as trajetórias do desenvolvimento regional. No entanto, a literatura enfatiza que a eficácia dessas políticas depende de sua implementação efetiva e da existência de mecanismos robustos de monitoramento. Assim, as iniciativas voltadas para a bioeconomia devem ser acompanhadas por estratégias de fiscalização ambiental e por medidas de apoio a produtores locais que buscam adotar práticas produtivas sustentáveis.

Este estudo apresenta limitações, como o número reduzido de produtos analisados e a ausência de um módulo específico para emissões de GEE. Pesquisas futuras podem ampliar essa abordagem, incluindo uma gama maior de

produtos da sociobiodiversidade, alternativas de financiamento e mecanismos de precificação de carbono. Recomenda-se também o uso de metodologias complementares ao modelo de equilíbrio geral, como modelos baseados em agentes, que capturam decisões heterogêneas de produtores e consumidores ou modelos de dinâmica de sistemas, que exploram interações de longo prazo entre subsistemas socioambientais. Além das limitações técnicas e de escopo, é fundamental reconhecer as restrições epistemológicas envolvidas. Embora os modelos de EGC sejam amplamente utilizados na economia e úteis para simulações de cenários, suas premissas neoclássicas, como racionalidade individual e eficiência alocativa, não refletem adequadamente a complexidade dos sistemas socioecológicos.

Diante dos desafios impostos pela crise ambiental, a bioeconomia emerge como uma abordagem promissora para reduzir a pressão sobre os ecossistemas amazônicos, ao mesmo tempo em que pode gerar oportunidades econômicas para a região. No entanto, sua consolidação dependerá da construção de estruturas de governança eficazes, de incentivos econômicos adequados e da integração entre diferentes atores, incluindo comunidades locais, setor privado e instituições governamentais. A implementação de políticas intrarregionais, aliadas a mecanismos de redistribuição de renda e financiamento sustentável, será decisiva para garantir que os benefícios da bioeconomia sejam amplos, sustentáveis e socialmente inclusivos.

REFERÊNCIAS

AGRAWAL, Arun; CHHATRE, Ashwini; HARDIN, Rebecca. Changing governance of the world's forests. **Science**, v. 320, n. 5882, p. 1460-1462, jun. 2008.

AGUIAR, Ana Paula Dutra de. **Modelagem de mudança do uso da terra na Amazônia**: explorando a heterogeneidade intrarregional. Tese (Doutorado) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2006.

ARAUJO, Rafael; ASSUNÇÃO, Juliano; BRAGANÇA, Arthur Amorim. **The effects of transportation infrastructure on deforestation in the Amazon**: a general equilibrium approach. Washington: World Bank, 2023. (Policy Research Working Paper, n. 10415).

ARIMA, Eugenio *et al*. Dynamic Amazonia: the EU–Mercosur Trade Agreement and deforestation. **Land**, v. 10, n. 11, p. 1243, 13 nov. 2021.

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

ASSUNÇÃO, Juliano *et al*. The effect of rural credit on deforestation: evidence from the Brazilian Amazon. **The Economic Journal**, v. 130, n. 626, p. 290-330, fev. 2020.

AZEVEDO, Tasso Rezende de *et al*. SEEG initiative estimates of Brazilian greenhouse gas emissions from 1970 to 2015. **Scientific Data**, v. 5, n. 180045, p. 1-43, maio 2018.

BANERJEE, Onil; ALAVALAPATI, Janaki. A computable general equilibrium analysis of forest concessions in Brazil. **Forest Policy and Economics**, v. 11, n. 4, p. 244-252, jul. 2009.

BCB – BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Focus – Relatório de mercado**: expectativas de mercado. Brasília: BCB, 27 dez. 2024. Disponível em: https://www.bcb.gov.br/publicacoes/focus. Acesso em: 24 jun. 2025.

BECKER, Bertha. Revisão das políticas de ocupação da Amazônia: é possível identificar modelos para projetar cenários. **Parcerias Estratégicas**, n. 12, p. 135-159, set. 2001.

BERGAMO, Daniel *et al*. **The Amazon bioeconomy**: beyond the use of forest products. [*S. l.*]: Elsevier, 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do Agronegócio**: Brasil 2020/21 a 2030/31 – projeções de longo prazo. Brasília: Mapa, 2021. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio.

CARVALHO, T. S. **Uso do solo e desmatamento nas regiões da Amazônia Legal brasileira**: condicionantes econômicos e impactos de políticas públicas. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

CARVALHO, Terciane Sabadini; DOMINGUES, Edson Paulo; HORRIDGE, Mark. Controlling deforestation in the Brazilian Amazon: regional economic impacts and land-use change. **Land Use Policy**, v. 64, p. 327-341, maio 2017.

CATTANEO, Andrea. Deforestation in the Brazilian Amazon: comparing the impacts of macroeconomic shocks, land tenure, and technological change. **Land Economics**, v. 77, n. 2, p. 219-240, maio 2001.

CONGILIO, Celia Regina. Mineração, trabalho e conflitos amazônicos no sudeste do Pará. **Revista de Políticas Públicas**, São Luís, número especial, p. 195-199, jul. 2014.

COSTA, Francisco de Assis. **Formação agropecuária da Amazônia**: os desafios do desenvolvimento sustentável. Belém: NAEA, 2000. (Série IV: Dinâmica contemporânea).

COSTA, Francisco de Assis. Contas sociais alfa (csa) – uma metodologia de cálculo ascendente para a configuração macroestrutural de economias locais. **Interações**, Campo Grande, v. 7, n. 12, 2016.

COSTA, Francisco de Assis *et al*. **Uma bioeconomia inovadora para a Amazônia**: conceitos, limites e tendências para uma definição apropriada ao bioma floresta tropical. São Paulo: WRI Brasil, jun. 2022. (Texto para discussão).

D'AMATO, Dalia *et al.* Green, circular, bio economy: a comparative analysis of sustainability avenues. **Journal of Cleaner Production**, v. 168, p. 716-734, dez. 2017.

DE BENEDICTO, Samuel Carvalho *et al.* Integrating strategies aimed at biodiversity and water resource sustainability in the amazonian region. **Sustainability**, v. 17, n. 9, abr. 2025.

DIETZ, Thomas *et al*. Governance of the bioeconomy: a global comparative study of national bioeconomy strategies. **Sustainability**, v. 10, n. 9, set. 2018.

DIXON, Peter; JORGENSON, Dale. (ed.). **Handbook of computable general equilibrium modeling**. Nova York: North-Holland, 2012.

DIXON, Peter; PICTON, Mark; RIMMER, Maureen. Efficiency effects of intergovernment financial transfers in Australia. **Australian Economic Review**, v. 35, n. 3, p. 304-315, 2002.

DOMINGUES, Edson P. *et al*. The impacts of climate change in the Brazilian economy (Impactos econômicos das mudanças climáticas no Brasil). **SSRN Eletronic Journal**, jan. 2010. Disponível em: http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1830552.

DOMINGUES, Edson Paulo. **Dimensão regional e setorial da integração brasileira na Área de Livre Comércio das Américas**. Tese (Doutorado) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, out. 2002.

ERIKSSON, Mathilda. Afforestation and avoided deforestation in a multi-regional integrated assessment model. **Ecological Economics**, v. 169, n. 106452, mar. 2020.

FERREIRA FILHO, Joaquim Bento de Souza; HORRIDGE, Mark. Climate change impacts on agriculture and internal migration in Brazil. *In*: MADDEN, John; SHIBUSAWA, Hiroyuki; HIGANO, Yoshiro (ed.). **Environmental economics and computable general equilibrium analysis**: essays in memory of Yuzuru Miyata. Singapura: Springer, 2020. p. 129-151.

GOUVÊA, Denise de Campos; ÁVILA, Paulo Coelho; RIBEIRO, Sandra Bernardes. A regularização fundiária urbana na Amazônia Legal. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 11, n. 2, p. 73-93, nov. 2009.

HARGRAVE, Jorge; KIS-KATOS, Krisztina. Economic causes of deforestation in the Brazilian Amazon: a panel data analysis for the 2000s. **Environmental and Resource Economics**, v. 54, p. 471-494, 2013.

HILGEMBERG, Emerson Martins; GUILHOTO, Joaquim. Uso de combustíveis e emissões de CO_2 no Brasil: um modelo inter-regional de insumo-produto. **Nova Economia**, v. 16, n. 1, p. 49-99, abr. 2006.

HORRIDGE, Mark; MADDEN, John; WITTWER, Glyn. The impact of the 2002-2003 drought on Australia. **Journal of Policy Modeling**, v. 27, n. 3, p. 285-308, abr. 2005.

HUANG, Jianping *et al*. Global desertification vulnerability to climate change and human activities. **Land Degradation & Development**, v. 31, n. 11, p. 1380-1391, jul. 2020.

IHSAN, Fathima Rizka; BLOOMFIELD, Jacqueline; MONROUXE, Lynn. Triple planetary crisis: why healthcare professionals should care. **Frontiers in Medicine**, v. 11, n. 1465662, set. 2024.

KLEIN, Richard; SCHIPPER, Lisa; DESSAI, Suraje. Integrating mitigation and adaptation into climate and development policy: three research questions. **Environmental Science & Policy**, v. 8, n. 6, p. 579-588, dez. 2005.

LEITÃO, Sérgio; VASCONCELLOS, Lígia. **Qual o impacto do desmatamento zero no Brasil?** São Paulo: Instituto Escolhas, out. 2017.

LESENFANTS, Yves *et al*. **Re-imagining bioeconomy for Amazonia**. [*S.l.*]: IDB, jun. 2024. (Technical Note, n. IDB-TN-2952).

LOUREIRO, Violeta Refkalefsky; PINTO, Jax Nildo Aragão. A questão fundiária na Amazônia. **Estudos Avançados**, v. 19, n. 54, p. 77-98, 2005.

LUCENA, André *et al*. Climate policy scenarios in Brazil: a multi-model comparison for energy. **Energy Economics**, v. 56, p. 564-574, maio 2016.

MILES, Lera; GRAINGER, Alan; PHILLIPS, Oliver. The impact of global climate change on tropical forest biodiversity in Amazonia. **Global Ecology and Biogeography**, v. 13, n. 6, p. 553-565, nov. 2004.

MONZONI, Mario; GOMEZ, Hector (coord.). **Grandes obras na Amazônia**: aprendizados e diretrizes. São Paulo: FGV-EASP; IFC, 2018.

NOBRE, C. A. *et al*. **Nova Economia da Amazônia**. São Paulo: WRI Brasil, 2023. Disponível em: https://www.wribrasil.org.br/nova-economia-da-amazonia.

OLLINAHO, Ossi; KRÖGER, Markus. Separating the two faces of "bioeconomy": plantation economy and sociobiodiverse economy in Brazil. **Forest Policy and Economics**, v. 149, n. 102932, abr. 2023.

OSTROM, Elinor. **Governing the commons**: the evolution of institutions for collective action. Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press, 2015.

PATTANAYAK, Subhrendu K. *et al.* Climate change and conservation in Brazil: CGE evaluation of health and wealth impacts. **The B.E. Journal of Economic Analysis & Policy**, v. 9, n. 2, set. 2009.

RIVERO, Sérgio *et al.* Pecuária e desmatamento: uma análise das principais causas diretas do desmatamento na Amazônia. **Nova Economia**, v. 19, n. 1, p. 41-66, jan.-abr. 2009.

SANTOS, Roberto Araujo de Oliveira. **História econômica da Amazônia**: 1800-1920. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1977.

SILVA, J. G. da; RUVIARO, C. F.; FERREIRA FILHO, J. B. de S. Livestock intensification as a climate policy: lessons from the Brazilian case. **Land Use Policy**, v. 62, p. 232-245, 2017.

SIMAS, Moana Silva. **Energia eólica e desenvolvimento sustentável no Brasil**: estimativa da geração de empregos por meio de uma matriz insumo-produto ampliada. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, maio 2012.

SOUZA, Géssica; MAGALHÃES, Aline Souza; DOMINGUES, Edson Paulo. Impactos econômicos e ambientais de uma política de desmatamento zero e reflorestamento na região do arco do desmatamento. *In*: BNDES – BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Prêmio BNDES pelo Clima**. Rio de Janeiro: BNDES, 2022. p. 65-117.

STOCCO, Leandro; FERREIRA FILHO, Joaquim Bento de Souza; HORRIDGE, Mark. Closing the yield gap in livestock production in Brazil: new results and emissions insights. *In*: MADDEN, John; SHIBUSAWA, Hiroyuki; HIGANO, Yoshiro (ed.). **Environmental economics and computable general equilibrium analysis**: essays in memory of Yuzuru Miyata. Singapura: Springer, 2020. p. 153-170.

TANURE, Tarik Marques do Prado *et al.* The impacts of climate change on agricultural production, land use and economy of the Legal Amazon Region Between 2030 and 2049. **EconomiA**, v. 21, p. 73-90, jan. 2020.

THAME, Danielle Mendes; MARTINS, Michelle Márcia Viana; BURNQUIST, Heloisa. From extractivism and illegalities to a circular bioeconomy in the Amazon region. **Revista Tempo do Mundo**, Rio de Janeiro, v. 27, n. 27, p. 127-163, mar. 2022.

WALKER, Robert. The scale of forest transition: Amazonia and the Atlantic forests of Brazil. **Applied Geography**, v. 32, p. 12-20, jan. 2012.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. **Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm)**: 5ª fase (2023 a 2027). 2. ed. Brasília: MMA, 2023. Disponível em: https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/controle-ao-desmatamento-queimadas-e-ordenamento-ambiental-territorial/controle-do-desmatamento-1/amazonia-ppcdam-1/5a-fase-ppcdam.pdf.

CARVALHO, Terciane Sabadini; MAGALHÃES, Aline Souza; DOMINGUES, Edson Paulo. Desmatamento e a contribuição econômica da floresta na Amazônia. **Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 46, n. 2, p. 499-531, 2016.

COSTA, Francisco de Assis. Contas sociais alfa (csα): uma metodologia de cálculo ascendente para a configuração macroestrutural de economias locais. **Revista Internacional de Desenvolvimento Local**, v. 7, n. 12, p. 37-68, jun. 2006.

PARÁ. Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade. **Plano Estadual de Bioeconomia do Pará (PlanBio)**. Belém: SEMAS-PA, 2022. Disponível em: https://www.semas.pa.gov.br/planbio.

Data da submissão em: 13 mar. 2025.

Primeira decisão editorial em: 12 maio 2025.

Última versão recebida em: 1º jul. 2025.

Aprovação final em: 16 jul. 2025.