

A INFLUÊNCIA DA CONVERSÃO DE FLORESTAS NATIVAS NO PIB BRASILEIRO EM 2030: Uma Abordagem de Equilíbrio Geral Computável

Attawan Guerino Locatel Suela¹
Cicero Zanetti de Lima²
Rayan Wolf³
Ian Michael Trotter⁴

RESUMO

O objetivo principal desta pesquisa foi avaliar o impacto previsto no PIB brasileiro e no bem-estar das famílias até 2030, devido à possível escassez de novas terras cultiváveis no Brasil. Essa escassez está associada a restrições nas conversões de florestas nativas, com foco especial no bioma cerrado. Utilizando o modelo de Equilíbrio Geral Computável (EGC) Estático BREA, que fornece dados detalhados sobre as diferentes regiões do Brasil, incluindo a região do MATOPIBA, foram delineados quatro cenários distintos. Cada cenário representa diferentes graus de conversão de florestas nativas, variando desde a permissão total até a proibição completa da supressão florestal. Os resultados do estudo indicam que a perda de bem-estar pode chegar a até R\$ 4,4 bilhões, com um impacto negativo mais acentuado de 1,35% no PIB brasileiro. As regiões Norte, Centro-Oeste e MATOPIBA emergem como as mais afetadas pelas conversões florestais, destacando a importância de se compreender o trade-off entre a degradação ambiental e a produção agropecuária. Neste contexto, torna-se essencial o estabelecimento de um planejamento colaborativo entre os setores público e privado, visando garantir o crescimento econômico sustentável e a preservação dos recursos naturais do país.

Palavras-chave: Bem-estar das famílias. Expansão agrícola. Excedente de Reserva Legal.

Área: Meio ambiente, recursos naturais e sustentabilidade

1. INTRODUÇÃO

O fornecimento de alimentos, fibras, bioenergia e água para atender à crescente demanda global é crucial para a subsistência humana (SPAROVEK et al., 2018; FREITAS, 2019; LOYOLA et al., 2021; XU et al., 2021). No entanto, essa provisão está diretamente e indiretamente associada ao desmatamento, à perda de habitat natural, aos impactos na biodiversidade, às emissões de gases de efeito estufa (GEE) e à exaustão dos recursos hídricos (SPAROVEK et al., 2019; REIS et al., 2020; STOCCO et al., 2020; SUELA et al., 2020; DA SILVA et al., 2021).

Nesse sentido, é crucial que o aumento da produção leve em consideração a conservação ambiental, exigindo que os governos cumpram seus compromissos pró-ambientais, estabelecidos nas Conferências das Partes (COPs, edições 15, 21 e 23), ao mesmo tempo em que reconhecem a necessidade de crescimento da agropecuária globalmente e busquem minimizar os impactos ambientais decorrentes dessas atividades (ROCKSTRÖM, 2017; BRASIL, 2023).

O Brasil, com suas vastas dimensões latitudinais, abrange cerca de 850 milhões de

¹Doutor em Economia Aplicada. Universidade Federal de Viçosa – UFV. attawan_zull@hotmail.com

²Doutor em Economia Aplicada. FGV - Centro de Estudos do Agronegócio. cicero.lima@fgv.br

³Doutor em Economia Aplicada. Universidade Federal de Viçosa – UFV. rayanwolf@gmail.com

⁴Doutor em Economia Aplicada. Universidade Federal de Viçosa – UFV. ian.trotter@ufv.br

hectares (Mha), divididos em seis biomas com características distintas de fauna e flora (FREITAS, 2019; MAPBIOMAS, 2023). Deste total, aproximadamente 500 Mha são Áreas Nativas Protegidas por lei, que nesta pesquisa será denominado áreas UNUs, que englobam Reserva Legal (RL)⁵, Áreas de Preservação Permanente (APPs)⁶, Unidades de Conservação, Terras Indígenas, Áreas Militares, Áreas Quilombolas, Áreas Públicas Não Destinadas e Rios (MAPBIOMAS, 2023). Outros 210 Mha são destinados à produção agropecuária e florestas plantadas (MAPBIOMAS, 2023). Conforme Solidaridad (2021) e Mapbiomas (2023), o país possui ainda, aproximadamente 101 milhões de hectares (Mha) de Excedente de Reserva Legal (ERL).

Essa informação sobre o ERL é relevante, pois indica que parte da vegetação nativa no Brasil excede os limites estabelecidos pela legislação do Código Florestal Brasileiro (NFC)⁷ referentes às áreas de RL e APPs (BRASIL, 2012). Assim, devido à maior flexibilização⁸ em relação à obrigatoriedade na proteção do ERL, essa vegetação está mais suscetível à supressão e outras formas de degradação ambiental podendo ser utilizado para diversos fins como a própria produção agropecuária (PAGIOLA et al., 2016; CHERVIER et al., 2019). Além disso, estudos recentes mostraram que as áreas florestais brasileiras, independentemente de sua classificação ou nível de proteção, vêm perdendo sua fauna e flora em elevados níveis e de maneira constante (LOYOLA et al., 2021; RUSSO LOPES et al., 2021; MARIOSIA et al., 2022; CABRAL et al., 2023).

O estabelecimento da Moratória da Soja na Amazônia (MS) em 2006 representou um avanço significativo na redução do desmatamento no Brasil, ao restringir a comercialização de soja proveniente de áreas desmatadas após essa data (GREENPEACE, 2017; BRASIL, 2019). Essa medida foi uma resposta à pressão internacional e contribuiu para uma queda de 80% no desmatamento entre 2006 e 2020 na Amazônia (HEILMAYR et al., 2019). Contudo, a migração da produção de soja para o Cerrado, devido à restrição imposta na Amazônia, tem sido uma ameaça crescente para esse bioma, onde metade da vegetação nativa já foi perdida devido à expansão agrícola (SOTERRONI et al., 2019; MAGALHÃES et al., 2020). Em resposta ao aumento do desmatamento no Cerrado, foi proposto o Projeto de Lei nº 4203 em 2019, que prevê uma moratória de dez anos para o desmatamento nesse bioma (BRASIL, 2019). No entanto, grandes empresas do setor de soja têm resistido a essa ideia, argumentando que uma moratória reduziria significativamente a área disponível para a produção agrícola, impactando a oferta de alimentos (FAVARETO et al., 2019). Assim, a questão torna-se complexa, exigindo um equilíbrio entre conservação ambiental, segurança alimentar e bem-estar econômico. De acordo com as estimativas das Nações Unidas (2016 e 2022), a população mundial em 2030 estará entre 8,5 e 9 bilhões de pessoas, o que poderá gerar uma grande demanda energética.

Diante desse contexto, o principal objetivo desta pesquisa foi avaliar o impacto projetado para 2030 na economia brasileira e no bem-estar dos consumidores devido à possível redução na disponibilidade de novas terras cultiváveis no país. Esse cenário decorre da não utilização do ERL e UNUs, com ênfase especial no bioma Cerrado. Para alcançar esse objetivo, utilizou-se o modelo de Equilíbrio Geral Computável Estático denominado *Brazilian Economic Analysis* (BREA) (LIMA, 2017). Ao explorar tópicos relacionados a estudos ambientais,

⁵A Reserva Legal, no Brasil, é um exemplo de instrumento de proteção de espaços naturais (composições florestais) previsto na Lei de Proteção da Vegetação Nativa (BRASIL, 2012).

⁶Como é possível observar no atual Código Florestal brasileiro, no art. 4º, as Áreas de Preservação Permanente (APPs) têm o objetivo de proteger solos, matas ciliares e fontes hídricas. As APPs são áreas que possuem restrições severas de exploração e sua utilização econômica é praticamente inexistente (BRASIL, 2012).

⁷Esta lei estabelece as normas gerais para a proteção da vegetação nativa, o controle da origem dos produtos florestais, a prevenção de incêndios florestais e a regulamentação da exploração e do suprimento de matéria-prima florestal.

⁸Desde que permitido pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis por meio da Autorização para Supressão de Vegetação (ASV) (BRASIL, 2012).

investigam-se as possíveis consequências negativas para o meio ambiente, conhecidas como externalidades ambientais negativas, utilizando diferentes métodos analíticos. Nessas pesquisas, identificou-se uma relação entre o aumento da supressão florestal e os impactos negativos no bem-estar social (GURGEL E PALTSEV, 2013; CARVALHO et al., 2016).

Também foi encontrado a relação entre o aumento dos níveis de desmatamento e o possível crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) (FERREIRA FILHO et al., 2015; FRANCISCO e GURGEL, 2020; SUELA et al., 2023). Por outro lado, estudos mostraram os benefícios do crescimento da produtividade e do melhor uso da terra na redução do desmatamento (LIMA, 2017; LIMA E GURGEL, 2018; ZIOLO et al., 2019; STOCCO et al., 2020). Além desta introdução, a pesquisa será dividida em mais três seções. A próxima etapa detalhará a metodologia adotada neste estudo, abordando o modelo analítico, os procedimentos de coleta de dados e as etapas de análise. Em seguida, será apresentado os resultados e as discussões, finalizando com a seção de conclusões.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O Equilíbrio Geral Computável (EGC) é uma classe de modelo econômico que combina teoria econômica com dados observados para representar uma economia específica. Ele é projetado para considerar as interações complexas e interdependências entre os vários setores de uma economia. Modelos de EGC têm sido amplamente utilizados em pesquisas sobre políticas climáticas relacionadas à produção agropecuária, redução do desmatamento e análises de sistemas integrados de produção (LIMA e GURGEL, 2018; STOCCO et al., 2020). Uma das vantagens dos modelos de equilíbrio geral é sua capacidade de representar toda a economia, considerando os feedbacks micro e macroeconômicos por meio de ajustes nos preços e quantidades de bens e serviços, além dos custos de produção, diante de mudanças no equilíbrio do modelo, como alterações tecnológicas ou preferências de consumo.

Figura 1 - Agregação regional do Brasil no modelo BREA



Fonte: Adaptado, Lima (2017).

O modelo BREA (*Brazilian Economic Analysis*) é um modelo EGC Estático, multirregional e multisetorial capaz de representar a economia brasileira por meio de seis regiões: Sul, Sudeste, Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Nordeste do Cerrado (MATOPIBA - acrônimo para áreas do bioma Cerrado presentes nos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia). A Figura 1 ilustra como o Brasil é representado na base de dados do modelo. É importante ressaltar que a soma das regiões do Centro-Oeste e MATOPIBA equivale ao bioma Cerrado.

A estrutura de demanda final em cada região é composta por gastos públicos e privados - consumo e investimento - em bens e serviços. O modelo é baseado na premissa de otimização do consumo e produção, onde os consumidores, sujeitos a restrições orçamentárias e com

preferências hipoteticamente contínuas e convexas, buscam maximizar suas funções de utilidade. As funções de demanda resultantes são contínuas e homogêneas de grau zero em relação ao preço, o que implica que apenas preços relativos podem ser determinados. O modelo BREA foi desenvolvido na linguagem de programação *Mathematical Programming System for General Equilibrium* (MPSGE) sob a nomenclatura *GTAPinGAMS* (RUTHERFORD; PALTSEV, 2000; RUTHERFORD, 2005; LIMA, 2017).

A produção doméstica é destinada à demanda intermediária $vdfm_{ijr}$ e aos vetores na demanda final, como consumo doméstico $vdpm_{ir}$, investimento $vdim_{ir}$, demanda do governo $vdgm_{ir}$, exportações para outras regiões no Brasil $vxmlr_{irs}$ e exportações para o resto do mundo, $vxml_{irrow}$. Dessa forma, a identidade contábil na base de dados do modelo BREA é estabelecida:

$$vom_{ir} = \sum_j vdfm_{ijr} + vdpm_{ir} + vdim_{ir} + vdgm_{ir} + \sum_s vxmlr_{irs} + vxml_{irrow} \quad (1)$$

Os insumos de produção englobam insumos intermediários (domésticos e importados), fatores de produção móveis ($f \in m$) e o fator específico de produção ($f \in s$). A remuneração dos fatores de produção é destinada às famílias, e o equilíbrio do mercado de fatores é dado pela identidade que relaciona o valor dos pagamentos dos fatores à renda dos fatores:

$$\sum_i vfm_{fir} = evom_{fir} \quad (2)$$

O mercado internacional é constituído pelo comércio de bens e serviços, tanto importados como exportados. Os bens e serviços importados possuem um valor agregado vim_{ir} , o qual é composto por consumo intermediário $vifm_{ijr}$, consumo privado $vipm_{ir}$ e investimento $viim_{ir}$. A identidade contábil é:

$$vim_{ir} = \sum_j vifm_{ijr} + vipm_{ir} + viim_{ir}, \quad (3)$$

as condições de equilíbrio de mercado, conhecidas como *Market Clearance* (quando a oferta é igual à demanda de todos os bens e fatores), implicam que as exportações da região r do bem i devem ser equivalentes às importações do mesmo bem proveniente de todos os parceiros comerciais. Essa identidade é representada no modelo por: $vxm_{ir} = \sum_j vxml_{irrow}$.

A representação do comércio entre as regiões brasileiras é semelhante à equação (3). Os "bens e serviços importados" de uma região originados em outras regiões, por exemplo, as importações da região Nordeste com origem no Sudeste, têm um valor agregado ($vimr_{ir}$) composto por consumo intermediário ($vifmr_{ijr}$), consumo privado ($vipmr_{ir}$) e investimento ($viimr_{ir}$). A identidade contábil é:

$$vimr_{ir} = \sum_j vifmr_{ijr} + vipmr_{ir} + viimr_{ir}, \quad (4)$$

Os fluxos de impostos no Brasil compreendem um conjunto diversificado de tributos. Os impostos indiretos incluem o Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), o Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) e outros impostos e subsídios líquidos (OILS). Esses impostos indiretos incidem sobre bens e serviços nacionais e importados, como consumo intermediário ($rtfd_{ijr}$, $rtfi_{ijr}$), consumo das famílias ($rtpd_{ir}$, $rtpi_{ir}$) e investimento ($rtid_{ir}$, $rtii_{ir}$). Esses tributos indiretos são agregados entre o consumo intermediário e a demanda final quando se considera o comércio interno do país ($rtms_{irs}$). Ou seja, para o comércio inter-regional, há apenas um imposto, independentemente do consumo de mercadorias (equação 4). Por sua vez, os impostos diretos e subsídios são aplicados na produção e representados pelo parâmetro rto_{ir} . A tarifa de importação é $rtms_{irrow}$, e o imposto sobre os fatores de produção é rtf_{fir} .

Foram necessárias duas condições de consistência para integrar os dados à modelagem: *market clearance* e *income balance* (equilíbrio de renda - renda líquida é igual à despesa líquida). O terceiro conjunto de identidades envolve os lucros operacionais líquidos de todos os setores da economia. Considerando os fluxos tributários como R_{ir}^Y (impostos indiretos sobre a produção), R_{ir}^C (impostos sobre o consumo), R_{ir}^I (impostos sobre o investimento) e R_{ir}^M

(impostos sobre as importações), a condição de lucro zero para cada um dos setores produtivos é apresentada a seguir.

$$\mathbf{Y}_{ir}: \sum_f vfm_{fir} + \sum_j (yfm_{jir} + vdfm_{jir} + vifmr_{jir}) + R_{ir}^Y = vom_{ir}$$

$$\mathbf{M}_{ir}: vxmd_{irrow} + R_{ir}^M = vim_{ir}$$

$$\mathbf{MR}_{ir}: \sum_j vifmr_{jir} + vipmr_{ir} + viimr_{ir} = vimr_{ir}$$

$$\mathbf{C}_r: \sum_i (vdpm_{ir} + vipm_{ir} + vipmr_{ir} + R_{ir}^C) = vpm_r$$

$$\mathbf{G}_r: \sum_i vdgm_{ir} = vgm_r$$

$$\mathbf{I}_r: \sum_i (vdim_{ir} + viim_{ir} + viimr_{ir} + R_{ir}^I) = vimi_r$$

$$\mathbf{FT}_{fr}: vom_{ir} = \sum_j vfm_{fir}$$

em que,

$$R_{ir}^Y = rto_{ir} + \sum_f rtf_{fir} + \sum_j (rtf_{jir} + rtd_{jir})$$

$$R_{ir}^M = rtms_{irrow}$$

$$R_{ir}^C = rtpd_{ir} + rtpi_{ir}$$

$$R_{ir}^I = rtid_{ir} + rtii_{ir}$$

Para completar a estrutura econômica, $difm_r$ é a soma da balança comercial regional e internacional, e $vtax_r$ é a transferência do governo para as famílias. O modelo BREA, assim como outros modelos EGC Estáticos, compartilha semelhanças no uso de informações econômicas e ambientais para análise preditiva. Para alcançar o objetivo desta tese, foi necessário incorporar novos dados econômicos e ambientais ao modelo BREA. O processo teve início com a atualização dos valores da base de dados referentes ao PIB nacional e sua desagregação por estado brasileiro, utilizando informações disponíveis para os anos de 2009 a 2019 (IBGE, 2020b). Além disso, foram incluídas informações sobre a área plantada (em hectares), a área colhida (em hectares) e o valor da produção (em mil reais) das principais culturas agrícolas brasileiras, como arroz, milho, soja, cana-de-açúcar, fruticultura e outras culturas. Esses dados foram obtidos em nível municipal para o período entre 2018 e 2020, que se mostrou suficiente para a análise deste estudo (IBGE, 2020d).

O banco de dados sobre as mudanças no uso da terra foi construído com dados de qualidade das pastagens, classificadas em três características diferentes: severamente degradada, degradação intermediária e sem degradação. Essas informações foram coletadas em nível municipal para os anos de 2009, 2010, 2019 e 2020 (LABORATÓRIO DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS E GEOPROCESSAMENTO - LAPIG, 2022). Dada a diversidade de usos do solo, uma composição detalhada da ocupação da terra é fundamental para uma análise precisa dos resultados. Por isso, foram incluídas no modelo informações sobre pastagens, áreas de culturas temporárias e permanentes, reserva legal, unidades de conservação, florestas plantadas, terras indígenas, áreas militares, áreas quilombolas, áreas públicas não destinadas, infraestrutura, rios e ERL. Esses dados são essenciais para delimitar a extensão total do território brasileiro, proporcionando transparência e precisão às análises relacionadas ao uso ou não das áreas florestais no modelo.

O modelo é composto por diferentes bancos de dados, divididos em dois módulos distintos: uso da terra e econômico. No módulo econômico, são utilizadas as Contas Nacionais de 2009 a 2018 fornecidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020b). A tabela de insumo-produto para o Brasil é estimada conforme Guilhoto et al. (2010) e desagregada entre todos os municípios brasileiros pelo NEREUS-USP. Os dados resultantes são agregados em 36 setores e três fatores de produção: capital, trabalho e terra, conforme detalhado na Tabela 1. Com essa estrutura, o modelo possibilita uma análise integrada dos aspectos econômicos e de uso da terra, permitindo uma compreensão abrangente dos impactos e das interações entre essas variáveis.

Tabela 1. Regiões, setores, categorias primárias e de uso do solo

REGIÕES		SETORES		FATORES PRIMÁRIOS	
Sul	STH	Ferro Mineral	MIN	Capital	CAP
Sudeste	SST	Carvão	COAL	Trabalho	LAB
Centro-Oeste	CST	Extração Mineral	NMM	Terra	LND
Norte	NTH	Carnes	MEAT	<i>Terra para Cultivo</i>	<i>CROP</i>
Nordeste	NST	Óleo de Soja	OSD	<i>Pasto</i>	<i>PAST</i>
Nordeste do Cerrado (MATOPIBA)	NSTC	Alimentos	FOOD	<i>Pasto Degradado</i>	<i>DPAS</i>
		Têxtil e Madeira	TEX	<i>Floresta Plantada</i>	<i>PFOR</i>
		Óleo refinado	ROIL	<i>Excedente de Reserva Legal</i>	<i>ERL</i>
		Etanol	ETH	<i>Terra Não Utilizada</i>	<i>UNU*</i>
SETORES					
Arroz	RICE	Química	CHM		
Milho	CORN	Fertilizante	FERT		
Cana-de-açúcar	CANE	Defensivos	DFN		
Soja	SOY	Meturgia	MMI		
Fruticultura	FRIT	Maquinário	MAC		
Outras Culturas	OCUL	Outras Indústrias	OIND		
Silvicultura	FRST	Eleticidade	ELEC		
Bovinos	CTTL	Gás canalizado	PGAS		
Outros Animais Vivos	OLA	Água	WTR		
Suínos	SWIN	Serviços públicos	PSRV		
Aves	PTRY	Construção	CONS		
Leite	MILK	Serviços	SERV		
Óleo	OIL	Transporte	TRNS		
Gás	GAS				

Nota: (*) UNU: Reserva Legal; Unidades de Conservação; Florestas Plantadas; Terras Indígenas; Áreas Militares; Áreas Quilombolas; Áreas Públicas Não Destinadas; Infraestrutura e Rios.

Fonte: Elaboração própria.

Para garantir a precisão dos resultados, foram combinados e revisados diversos conjuntos de dados de fontes confiáveis, como o IBGE, INPE, MMA, MAPA, CONAB e SOS Mata Atlântica. A integração desses dados, que incluem informações sobre diversos usos da terra e o valor monetário das terras com vegetação nativa, possibilitou abordar questões importantes, como a degradação de pastagens e o ERL. O modelo BREA adota uma abordagem de mercado com preços flexíveis, e não há desemprego no modelo. Os investimentos e os fluxos de capitais são mantidos fixos, assim como o saldo do balanço de pagamentos. Isso implica que alterações nos preços dos bens, nível de atividade e consumo podem influenciar o consumo do governo e a receita proveniente dos impostos. Com sua estrutura abrangente e a capacidade de capturar relações entre fatores econômicos e mudanças no uso da terra, o modelo BREA é uma ferramenta valiosa para prever os impactos de políticas e cenários diferentes na economia brasileira e no ambiente, permitindo, assim, a tomada de decisões mais informadas e embasadas.

2.1 CENÁRIO SIMULADOS

O modelo BREA foi calibrado com dados econômicos de referência do Brasil em 2019 e utilizado para avaliar os impactos econômicos de diferentes cenários relacionados ao ERL e às áreas UNU até 2030. Com a variedade de cenários criados, o estudo buscou representar diferentes abordagens para políticas e governanças, utilizando as funções de *Constant Elasticity of Transformation* (CETs) como uma maneira de modelar o processo de tomada de decisão dos agentes representativos do modelo em relação a conversão florestal e uso da terra.

Foram considerados quatro cenários distintos: o cenário Base (referencial), o cenário com proteção total do Excedente de Reserva Legal (ERL), o cenário com proteção total das áreas de Áreas Nativas Protegidas (UNUs) e o cenário com a proteção total de todas as áreas ou desmatamento zero. Entretanto, é importante mencionar que as pastagens degradadas não foram consideradas como oferta de terra no banco de dados do modelo. Caso fossem incluídas, poderia ocorrer uma competição entre o uso de áreas com média ou baixa capacidade produtiva, mas já aptas ao uso, e a conversão de novas áreas florestais (ERL e áreas UNUs) para a produção

agrícola. A não inclusão das pastagens degradadas poderia ter subestimado a supressão das florestas, o que é um aspecto relevante para a pesquisa. A avaliação do uso das áreas degradadas pode ser uma proposta interessante para estudos futuros.

2.1.1 Cenários:

- Cenário Base (referência ou baseline): reflete uma trajetória do tipo *business-as-usual* dado o comportamento esperado de diversas variáveis econômicas (PIB, investimento, consumo, exportações). Neste cenário não há restrição sobre as áreas de vegetação nativa (ERL e UNU), assim, no cenário base é permitido a conversão dessas áreas para outros usos.
- Cenário de Proteção Total do ERL (ERL_Prot): Nesta simulação, o uso total do ERL no modelo foi proibido, enquanto o uso das UNUs foi totalmente permitido. Isso impossibilitou a conversão completa do ERL para atender à demanda setorial em 2030.
- Cenário de Proteção Total das Áreas Nativas Protegidas (UNU_Prot): Neste cenário, o uso total das UNUs foi restrito, mas, ao mesmo tempo, a conversão total do ERL foi permitida para atender ao aumento na produção setorial. No modelo, apenas as áreas UNUs estavam disponíveis para conversão, e o modelo fez livremente as escolhas de novas conversões nas diferentes regiões brasileiras.
- Cenário de Desmatamento Zero (DZ): Em contraste total com o cenário Base, este cenário proibiu completamente o desmatamento no modelo, combinando a proteção total das áreas de ERL e UNUs. Como resultado, o modelo não teve novas áreas disponíveis para alocar a produção setorial exigida até 2030.

2.2 PROCEDIMENTOS DOS CHOQUES

O "Cenário Base" serviu como ponto de referência, considerando o comportamento esperado das variáveis econômicas e permitindo o uso total das áreas de ERL e Áreas Nativas Protegidas (UNU) para alcançar os resultados previstos em 2030. Os demais cenários (ERL_Prot, UNU_Prot e DZ) exploraram diferentes estratégias de proteção e uso da terra, incluindo a restrição do uso do ERL, a proteção das UNUs, a proibição total do desmatamento.

Foram adicionadas três restrições na solução do modelo: a primeira para a proteção do Excedente de Reserva Legal (ERL), a segunda para as áreas de Áreas Nativas Protegidas (UNUs) e a terceira para o cenário de Desmatamento Zero (DZ). A terra é contabilizada de forma exógena e, após sua inserção no modelo, ocorre o ajuste endógeno para os níveis de proteção, alcançando, assim, as áreas protegidas desejáveis. Além disso, o modelo projeta o custo econômico de cada proposta de proteção através do consumo total dos insumos intermediários subjacentes a cada tecnologia.

Essas restrições permitem uma análise detalhada dos diferentes cenários, possibilitando avaliar as consequências econômicas e ambientais de cada opção de proteção das áreas florestais. Dessa forma, o modelo BREA demonstra ser uma ferramenta apropriada para simular os impactos das políticas de conservação e uso da terra no Brasil, fornecendo informações importantes para a tomada de decisões e o desenvolvimento de estratégias sustentáveis para o setor agropecuário e ambiental.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 MUDANÇAS NO USO DA TERRA EM NÍVEL NACIONAL

A representação mais precisa da terra nas estruturas de EGC possibilita a investigação do seu uso como insumo para atividades econômicas e das consequências ambientais resultantes dessa utilização. Isso ocorre porque as áreas naturais, incluindo florestas e terras não florestais, estão incluídas na base de dados. As mudanças no uso da terra são impulsionadas não apenas pelo aumento da demanda por alimentos, combustíveis e fibras, ou pela necessidade de conservar o ambiente natural, mas também pela aptidão agrícola dessas áreas, bem como pela

necessidade de convertê-las.

Tabela 2 – Mudança no uso da terra em Mha em todo o Brasil em 2030, conforma cada cenário proposto

BRASIL - MUDANÇA NO USO DA TERRA EM MIL HECTARES	PRODUÇÃO AGRÍCOLA	PASTAGEM	FLORESTA PLANTADA	ERL	ÁREA DE VEGETAÇÃO PROTEGIDA
CENÁRIO REAL	65,17	120,57	16,09	101,03	500,50
(C1) - CENÁRIO BASE (BASELINE)	68,44	128,93	16,95	94,57	494,47
<i>DIF: BASELINE - CENÁRIO REAL</i>	<i>3,27</i>	<i>8,36</i>	<i>0,86</i>	<i>-6,46</i>	<i>-6,03</i>
(C2) - PROTEÇÃO DO ERL	67,58	127,39	16,76	101,03	490,61
<i>DIF: PROT. DO ERL - BASELINE</i>	<i>-0,85</i>	<i>-1,55</i>	<i>-0,20</i>	<i>6,46</i>	<i>-3,86</i>
(C3) - PROTEÇÃO DAS ÁREAS NATIVAS	66,37	124,76	16,41	95,32	500,50
<i>DIF: PROT. DAS ÁREAS NATIVAS - BASELINE</i>	<i>-2,07</i>	<i>-4,17</i>	<i>-0,55</i>	<i>0,75</i>	<i>6,03</i>
(C4) - DESMATAMENTO ZERO	65,02	120,84	15,97	101,03	500,50
<i>DIF: DESMATAMENTO ZERO - BASELINE</i>	<i>-3,41</i>	<i>-8,09</i>	<i>-0,99</i>	<i>6,46</i>	<i>6,03</i>

Nota 1: DIF = diferença entre.

Nota 2: (C1) - Cenário 1 = Cenário Base (BASELINE): ano 2030

Nota 3: (C2) - Cenário 2 = Proteção do ERL: ano 2030

Nota 4: (C3) - Cenário 3 = Proteção das Áreas Nativas: ano 2030

Nota 5: (C4) - Cenário 4 = Desmatamento Zero: ano 2030

Fonte: Elaboração própria.

Para uma abordagem mais aprofundada e um entendimento completo das mudanças no uso da terra em âmbito nacional, foram coletados e consolidados os principais dados de uso da terra no modelo. Posteriormente, foram aplicados os choques propostos nos cenários alternativos, como pode ser observado na Tabela 2. Os resultados obtidos revelaram as mudanças no uso da terra necessárias para ajustar a produção agropecuária até o ano de 2030.

Conforme a Tabela 2, o cenário Base projeta crescimento na produção de pastagens e agropecuária até 2030, totalizando 8,3 e 3,2 milhões de hectares, respectivamente. Sem restrições, haveria expansão significativa de novas áreas produtivas sobre o ERL e das áreas UNUs, levando a conversão florestal de cerca de 12,5 Mha. Delimitar a supressão florestal, protegendo o ERL, resultou em mudanças nos níveis de conversão florestal e redução nas áreas produtivas. A preservação do ERL aumentou a conversão florestal nas UNUs em cerca de 64%, convertendo aproximadamente 4 Mha de áreas florestais. Esses achados reforçam a importância de políticas de preservação ambiental para equilibrar o desenvolvimento econômico e a conservação dos recursos naturais do país.

Mesmo com a inserção desses 4 Mha nos setores agropecuários, o Brasil ainda precisaria de 6,5 milhões de hectares adicionais para alcançar o crescimento econômico esperado para 2030, quando comparado ao cenário Base. Este déficit de área teria impactos significativos sobre os consumidores e a economia em geral, refletindo-se no aumento dos preços, redução da produção, migrações e conflitos sociais, além de um aumento do desemprego e uma maior dependência de importações (MARIOSIA et al., 2022). A incapacidade de obter essa extensão adicional de terras agropecuárias resultaria em uma série de implicações suplementares, incluindo a diminuição da oferta de alimentos e o impacto no Produto Interno Bruto (PIB), o que por sua vez, poderia acarretar uma redução do poder econômico dos produtores e da nação como um todo (GURGEL e PALTSEV 2013; CARVALHO, et al., 2016).

O déficit de área para expansão agropecuária, se não compensado, impactaria a

produção e oferta de alimentos, podendo elevar os preços e ameaçar a segurança alimentar em um contexto de aumento populacional. Essa limitação teria repercussões macroeconômicas, prejudicando o PIB e comprometendo projeções de crescimento, afetando investimentos, emprego e estabilidade econômica. Essa situação se alinha a estudos de autores como Gurgel e Paltsev (2013) e Carvalho et al. (2016), que destacaram as implicações negativas das atividades agropecuárias no meio ambiente e bem-estar social.

A discussão aprofundada dos fatores que compõem o bem-estar ocorrerá nos próximos subitens. A política agropecuária pode ser crucial na busca por soluções para essa externalidade ambiental negativa. Medidas que promovam a conservação de áreas florestais e o uso sustentável do ERL podem mitigar impactos negativos sobre o meio ambiente e a economia.

A proposta de proteção total das Áreas de Vegetação Nativa (UNU_Prot) revela uma dinâmica distinta do cenário ERL_Prot, Tabela 2. Neste cenário, ocorre a preservação de 6 milhões de hectares de florestas, contribuindo para a conservação dos biomas e da biodiversidade do país. Além disso, observa-se a preservação de aproximadamente 0,752 milhão de hectares de ERL, o que representa uma redução de 13% no uso dessas regiões. No entanto, essa proteção gera um desafio econômico, resultando em um déficit de quase 6,8 milhões de hectares de terra produtiva, o que pode afetar a oferta de alimentos e o desenvolvimento econômico.

Se o governo brasileiro alcançasse a meta do Acordo de Paris para 2030, estabelecendo o desmatamento zero na Amazônia Legal⁹ e expandindo essa iniciativa para os demais biomas brasileiros, os resultados seriam positivos para o meio ambiente, mas apresentariam um desafio significativo para a produção agropecuária. Os resultados seriam altamente pró-ambientais, porém representariam um grande limitador para a produção agropecuária. A Tabela 2 apresenta os desdobramentos do quarto cenário, ZD, mostrando que o país seria capaz de preservar cerca de 12,5 Mha de áreas florestais, resultando na redução da oferta de novas terras produtivas para a produção agropecuária na mesma proporção. É importante ressaltar que a realidade das leis brasileiras não contempla o desmatamento zero; portanto, os impactos, tanto positivos quanto negativos, ficariam restritos aos valores encontrados nos cenários analisados.

3.2 MUDANÇAS MACROECONÔMICAS

3.2.1 Bem-estar e PIB

Foram comparados os níveis de proteção nos cenários Prot_ERL, Prot_UNU e DZ com o cenário sem imposição de níveis de proteção (Base). A comparação consiste na soma das mudanças no bem-estar do consumidor por região, medida como a variação equivalente hicksiana (VE)¹⁰ da teoria econômica. A Figura 2 evidencia que a perda de bem-estar social foi um fenômeno comum em todos os cenários. Ao realizar a soma de todas as regiões para cada uma das três situações (DIF Prot_ERL, DIF Prot_UNU e DIF ZD), constatou-se que o cenário DIF ZD apresentou a perda mais acentuada de bem-estar, no valor de R\$ 4,4 bilhões, sendo a região Sudeste a maior contribuinte, representando 71% desse total.

A análise dos cenários alternativos demonstra como as políticas relacionadas ao uso da terra podem impactar tanto o bem-estar social quanto a economia do Brasil. A implementação de medidas de proteção ambiental, como a preservação das Áreas de Vegetação Nativa (UNU_Prot), pode resultar em ganhos significativos para a conservação dos biomas e da

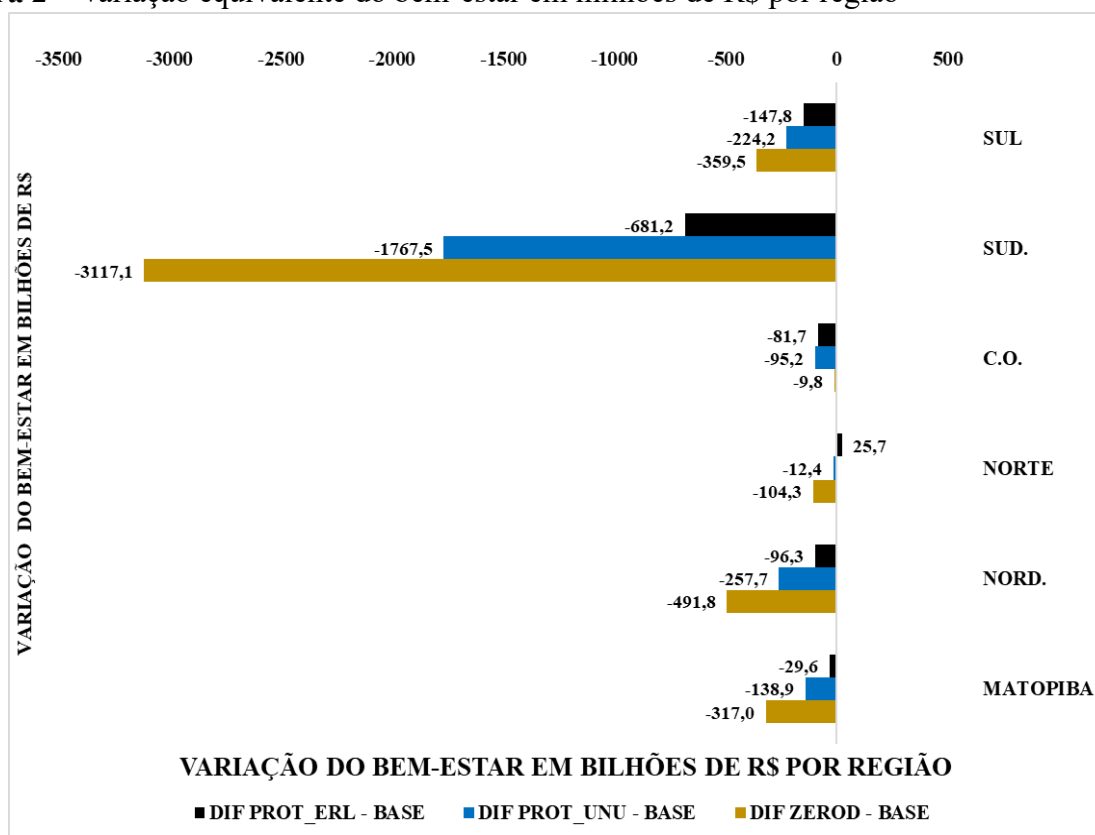
⁹Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC, 2023) para o setor florestal e mudança do uso da terra tem como objetivo fortalecer políticas e medidas. O foco está na consecução, na Amazônia brasileira, da meta de atingir zero desmatamento ilegal até 2030, além da compensação das emissões de gases de efeito estufa resultantes da supressão legal da vegetação até o mesmo ano (BRASIL, 2023).

¹⁰A variação equivalente hicksiana (VE) é o valor máximo que os consumidores estão dispostos a pagar para evitar uma mudança de preço. No contexto atual, essa variação reflete o quanto as famílias estão dispostas a aumentar ou diminuir o consumo, considerando o uso ou não das áreas de ERL e UNU.

biodiversidade. No entanto, essas ações também representam desafios econômicos, pois podem reduzir a oferta de terras produtivas, afetando a produção agropecuária e o crescimento econômico do país.

Por outro lado, a adoção de uma política de desmatamento zero (DZ) poderia trazer benefícios ainda maiores para o meio ambiente, evitando a perda de extensas áreas florestais. No entanto, esse cenário também resultaria em uma significativa perda de bem-estar social, principalmente na região Sudeste. Essa perda poderia impactar negativamente diversos setores da sociedade, como os produtores agrícolas, e resultar em uma diminuição geral na qualidade de vida da população.

Figura 2 – Variação equivalente do bem-estar em milhões de R\$ por região



Fonte: elaboração dos autores.

Nota 1: Sud. = região Sudeste; C. O. = região Centro-Oeste; Nord. = região Nordeste.

É importante buscar soluções integradas que promovam a integração entre agricultura e conservação. Uma abordagem eficaz pode ser o estímulo à implementação de sistemas agroflorestais, permitindo uso racional da terra, aumento da biodiversidade e recuperação de áreas degradadas. As políticas rurais e econômicas do Brasil devem equilibrar cuidadosamente a preservação ambiental e a viabilidade econômica, conciliando a proteção das florestas com as demandas socioeconômicas do país. Diversos atores devem se engajar em busca de soluções estratégicas para assegurar o desenvolvimento sustentável do país, considerando a relevância econômica e social do uso da terra no Brasil. Somente com ações integradas será possível alcançar um modelo que preserve as florestas e promova o bem-estar da sociedade de forma conjunta. (ASSAD et al., 2022; MAIA et al., 2022).

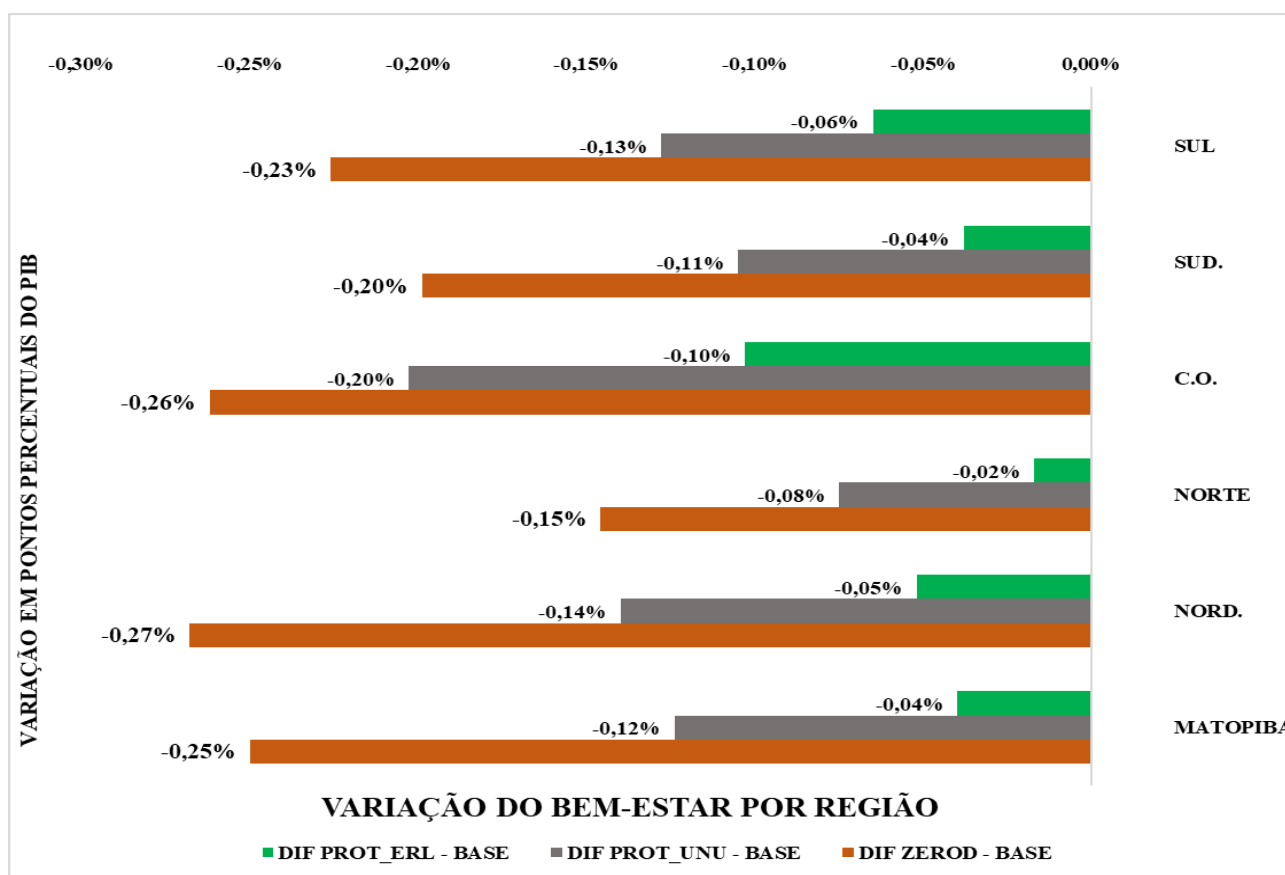
Os cenários ERL_Prot e UNU_Prot apresentaram perdas de bem-estar nos valores de R\$ 1 bilhão e R\$ 2,5 bilhões, respectivamente. Vale ressaltar que o modelo foi calibrado para o ano de 2009, projetando informações para 2019, incluindo dados sobre área produtiva, produção e PIB, e incorporando um choque entre 2019 e 2030. Com a proteção das áreas UNUs, o modelo calculou uma redução mais significativa na quantidade de novas terras destinadas à

expansão da produção, resultando em maiores perdas de bem-estar em comparação à proteção das áreas de ERL. A Figura 2 fornece informações adicionais. Ao proteger o ERL, o Centro-Oeste e o MATOPIBA apresentaram os menores níveis de perda de bem-estar, sendo R\$ 81,7 milhões e R\$ 29,6 milhões, respectivamente.

Contrariando a expectativa de redução do bem-estar nas outras regiões, o Norte experimentaria um aumento de R\$ 26 milhões em seu bem-estar. Ao analisar que essas três regiões estão localizadas em biomas com uma acentuada fragilidade ambiental, Cerrado e Amazônia, percebe-se que as ações de proteção do ERL para essas regiões específicas não teriam impactos significativos no bem-estar dos indivíduos. Isso sugere um apoio potencial a medidas de proteção mais intensas em prol do meio ambiente, como a Moratória do Cerrado (GREENPEACE, 2017; BRASIL, 2019).

Ao proteger as áreas de UNUs, observa-se que a região do MATOPIBA apresentaria uma perda de bem-estar de R\$ 139 Milhões, o Centro-Oeste de R\$ 95 Milhões e o Norte de R\$ 12 Milhões. Importante ressaltar que, ao proteger as UNUs, essas três regiões não sofreriam impactos tão significativos no bem-estar quanto a região Sudeste, por exemplo, que teria uma perda de R\$ 1,8 bilhões. Diante disso, a proteção das áreas de ERL e UNUs nas regiões do MATOPIBA, Centro-Oeste e Norte emerge como uma alternativa mais eficiente. Os agentes representativos dessas regiões demonstraram menor impacto na perda de bem-estar após a redução de novos territórios produtivos, tornando essa abordagem estratégica mais viável na busca da proteção das áreas florestais em nível nacional.

Figura 3 – Variação equivalente do bem-estar em porcentagem por região



Fonte: elaboração dos autores.

Nota 1: Sud. = região Sudeste; C. O. = região Centro-Oeste; Nord. = região Nordeste.

Autores como Assad et al. (2022) e Maia et al. (2022) corroboram essa abordagem, ressaltando a importância de estratégias integradas que considerem os aspectos econômicos e

ambientais do uso da terra no Brasil. Suas pesquisas destacam a necessidade de políticas rurais e econômicas equilibradas, visando proteger as florestas e promover o bem-estar da sociedade como um todo. A análise de diferentes cenários, como a preservação das áreas de ERL e UNUs nas regiões mencionadas, permite uma visão abrangente dos impactos e desafios envolvidos, reforçando a relevância de abordagens estratégicas para o desenvolvimento sustentável no país.

Os resultados regionais do PIB acompanham as variações no bem-estar das regiões, indicando que as políticas de proteção, que impactam o bem-estar dos indivíduos, têm consequências nas perdas regionais do Produto Interno Bruto (PIB). Na Figura 3, são ilustradas as variações do PIB nos cenários 2, 3 e 4, evidenciando que a queda no consumo dos indivíduos é um fator determinante para as perdas regionais do PIB.

No cenário DZ, que corresponde à proteção total do ERL e das áreas UNUs, o Brasil experimentaria uma perda aproximada de 1,35% do PIB, Figura 3. Contrastando, nos cenários de proteção isolada do ERL e das UNUs, as perdas seriam menos expressivas, representando 0,32% e 0,78% do PIB, respectivamente. A diferença nas perdas de PIB entre os cenários pode ser explicada pelo impacto direto da proteção das áreas UNUs na expansão da produção agropecuária, resultando em uma redução na quantidade de novas terras disponíveis para cultivo, o que impacta de maneira mais acentuada o PIB. Em contraste, a proteção apenas do ERL permite uma maior expansão da produção, traduzindo-se em perdas de PIB menos significativas.

Esses resultados do PIB regional visto na Figura 3, refletem as complexas interações entre as estratégias de proteção ambiental, o desenvolvimento econômico e as demandas por recursos, destacando a complexidade na busca por soluções que conciliem o progresso econômico com a preservação ambiental. Os resultados das mudanças no PIB reforçam as conclusões obtidas em relação ao bem-estar. A implementação de ações de proteção das florestas nativas exige esforços econômicos e políticos significativos, especialmente em regiões mais vulneráveis que podem sofrer impactos mais expressivos com a redução da oferta de novas terras produtivas até 2030 (MAGALHÃES et al., 2020).

Com a redução das áreas destinadas à produção nos três cenários em comparação ao cenário Base, evidencia-se não apenas a perda de bem-estar em todas as regiões do modelo, mas também a diminuição do PIB em todas elas. Ao comparar as perdas de bem-estar e PIB, percebe-se que a região Centro-Oeste apresenta os menores níveis de redução em ambos os aspectos entre os cenários. Por exemplo, no cenário de proteção do ERL, a região Centro-Oeste teve uma diminuição de 0,1% no bem-estar e de 0,26% no PIB, ver Figura 3, enquanto as demais regiões sofreram perdas mais acentuadas. Essa constatação sugere que a região Centro-Oeste, apesar de ser impactada pelas ações de proteção, é menos afetada tanto em termos de bem-estar quanto de PIB em comparação com as demais regiões do modelo. Essa tendência pode ser atribuída às características econômicas, produtivas e ambientais específicas da região Centro-Oeste, que podem proporcionar maior capacidade de adaptação e mitigação dos efeitos das políticas de proteção florestal.

Ao somar as perdas do PIB nas regiões do MATOPIBA e do Centro-Oeste, observa-se que a maior parte das perdas concentra-se no bioma Cerrado. Em um cenário de Desmatamento Zero (DZ) nas áreas de ERL e áreas UNUs do bioma Cerrado, os agentes representativos do modelo perderiam 0,51% do PIB em 2030, ver Figura 3. Ao permitir a conversão florestal apenas nas áreas de ERL, a perda do PIB para os agentes representativos do Cerrado seria de 0,14%, enquanto a proteção total apenas das áreas UNUs resultaria em uma perda de 0,33% do PIB. Esses valores indicam um impacto econômico reduzido nessas regiões (ROMEIRO, 2012; IBGE, 2020b; LIMA, 2022).

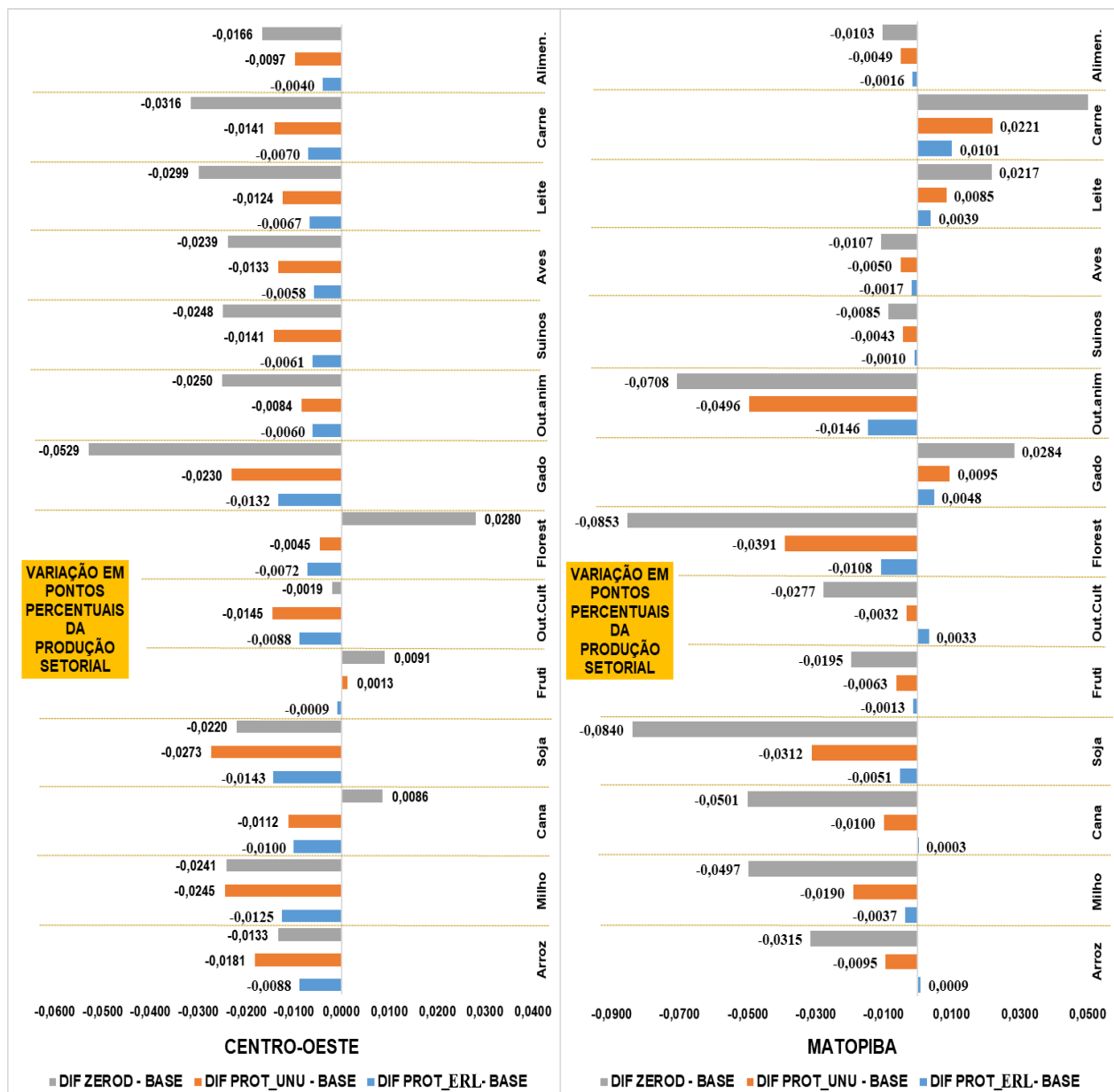
3.2.2 Impacto na produção das atividades econômicas agropecuárias do bioma Cerrado

A análise do PIB e do bem-estar no modelo é essencial para entender a dinâmica econômica associada às restrições impostas na inserção de novas terras produtivas. A relação

entre esses indicadores é intrínseca, uma vez que a renda do consumidor provém da venda dos fatores de produção e é utilizada para o consumo de bens finais na economia. Quando se propõe a proteção das áreas florestais, o cenário se torna mais complexo, uma vez que a redução na disponibilidade de terras para expansão das atividades econômicas pode impactar diretamente a produção dos setores agropecuários.

Ao impor restrições à conversão de áreas florestais em novas áreas produtivas, é esperado que ocorra uma diminuição na produção das atividades agropecuárias em diferentes regiões. Essa redução pode ser quantificada de forma percentual, permitindo uma análise mais precisa dos impactos econômicos da proteção das áreas naturais. Esses efeitos podem ser sentidos em todo o país, com algumas regiões sendo mais afetadas do que outras, dependendo de suas características específicas, como recursos naturais disponíveis, histórico agrícola e infraestrutura.

Figura 4 – Análise por nível de proteção florestal dos impactos na produção agropecuária das regiões Centro-Oeste e MATOPIBA em 2030.



Fonte: elaboração dos autores.

As regiões do Centro-Oeste e do MATOPIBA apresentariam diferenças significativas nos níveis de produção agropecuária para cada nível de proteção florestal. Conforme ilustrado na Figura 4, a região Centro-Oeste teria variações negativas em todos os setores produtivos, tanto para o cenário de proteção das áreas de ERL quanto para o cenário de proteção das áreas UNUs.

Na proposta de proteção das áreas de ERL no Centro-Oeste, ocorreriam perdas nas produções de soja, gado, milho e cana-de-açúcar, com diminuições variando de -0,0100 a -0,0143 pontos percentuais (p.p.), ver Figura 4. Já na região do MATOPIBA, haveria aumento na produção de cana-de-açúcar, gado e carne bovina, enquanto a produção de florestas e outros animais diminuiria em 1,0p.p. e 1,5p.p., respectivamente, demonstrando que essa região se especializaria na criação de carne bovina (DE MOURA et al., 2017; XAVIER, 2019).

No cenário UNU_Prot, o Centro-Oeste enfrentaria reduções significativas na produção de soja e milho, de até 2,8 p.p., enquanto o MATOPIBA veria crescimentos na produção de gado e carne, mas teria diminuições em relação ao cenário Base em outras culturas, ver Figura 4. No cenário DZ, a região do bioma Cerrado apresentaria crescimento na produção de cana-de-açúcar e fruticultura, enquanto a produção de florestas comerciais sofreria uma queda de 2,8 p.p, ver Figura 4. Os setores pecuários teriam grandes perdas, variando entre 2,5 p.p. e 5,3 p.p. A preferência do Centro-Oeste por atividades agrícolas pode ser explicada pela demanda estável, infraestrutura e políticas de apoio (HARBS e BACHA, 2023). No MATOPIBA, o aumento na produção de gado e carne é destacado, enquanto outros setores sofrem perdas (MIRANDA, 2017; HARBS e BACHA, 2023). O cenário DZ na região do MATOPIBA resultaria em impactos negativos em vários setores produtivos, com perdas que variam entre 3 p.p. e 8,5 p.p., exceto na produção de gado e carne, que aumentaria em 2,8 p.p. e 5,4 p.p., respectivamente.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho explorou as complexidades da relação entre políticas ambientais e os desafios enfrentados pelos formuladores de políticas no Brasil. Para equilibrar o crescimento econômico e a preservação das florestas nativas, são necessárias políticas econômicas e setoriais. Utilizando o modelo EGC da economia brasileira (BREA), que representa detalhadamente os setores agropecuários e as categorias de uso da terra, foi possível calcular o impacto no PIB brasileiro e no bem-estar das famílias devido à possível redução na oferta de novas terras cultiváveis no país.

Os resultados da modelagem forneceram informações quantitativas cruciais e ajudaram a identificar os possíveis impactos positivos ou negativos das políticas ambientais. Ao comparar os cenários de proteção das florestas nativas com o cenário sem proteção, observou-se que a adoção de políticas de preservação resultaria na preservação de extensas áreas verdes. No entanto, também seriam observados impactos negativos no bem-estar dos agentes econômicos representativos do modelo e no PIB do Brasil.

É relevante destacar que a conversão de florestas nativas para a produção agropecuária pode ser reduzida por meio de alternativas como a recuperação de pastagens degradadas, práticas agrícolas mais produtivas e tecnologias sustentáveis. Por meio das simulações do modelo BREA, foi possível identificar os impactos no PIB e no bem-estar em diferentes cenários de proteção ambiental. Surpreendentemente, ao evitar a conversão das áreas UNUs, também foi possível reduzir a conversão de florestas nativas relacionadas ao ERL em quase 1 Mha, destacando a importância da proteção ambiental e os efeitos positivos que as políticas pró-ambientais podem gerar.

Em resumo, o Brasil tem a oportunidade de se destacar no atendimento à demanda futura por alimentos sem recorrer à conversão de áreas florestais. Opções como a recuperação de pastagens degradadas, a adoção do sistema integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF), melhorias genéticas e o desenvolvimento de novas técnicas produtivas podem ser escolhas mais

sustentáveis para garantir o desenvolvimento econômico sem comprometer o meio ambiente. Nesse contexto, o modelo BREA é uma ferramenta valiosa para ajudar na tomada de decisões informadas e conscientes que promovam o desenvolvimento sustentável no Brasil.

5. REFERÊNCIAS

- ASSAD, E. D. et al. Adaptação e resiliência de sistemas agrícolas às mudanças climáticas locais e eventos extremos: uma revisão integrativa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 52, 2022.
- BRASIL. Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Disponível em: L12651 (planalto.gov.br). Acesso em 01 de maio de 2021.
- BRASIL. Projeto de Lei nº 4203, de 2019. Acesso em 05 de setembro de 2022. Disponível em <<https://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento?dm=7982420&ts=1630421338863&disposition=inline>> 2019.
- BRASIL. Apresentação da Contribuição Nacionalmente Determinada do Brasil perante o Acordo de Paris. 2023. Disponível em: <<https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2023-11/Brazil%20First%20NDC%202023%20adjustment.pdf>>. Acessado em Nov. 2023.
- CABRAL, L.; SAUER, S.; SHANKLAND, A. Introduction: Reclaiming the Cerrado—A Territorial Account of a Disputed Frontier. v. 54. nº 1. p. 18. 2023.
- CARVALHO, T. S.; MAGALHÃES, S. A.; DOMINGUES, E. Desmatamento e a contribuição econômica da floresta na Amazônia. **Estudos Econômicos**, v. 42, n. 42, p. 499-531, 2016.
- CHERVIER, C.; LE VELLY, G.; EZZINE-DE-BLAS, D. When the implementation of payments for biodiversity conservation leads to motivation crowding-out: a case study from the Cardamoms forests, Cambodia. **Ecological economics**, v. 156, p. 499-510, 2019.
- DE MOURA, A. M. M. et al. Gastos ambientais no Brasil: proposta metodológica para aplicação no orçamento federal. **Texto para Discussão**, 2017.
- FAVARETO, Arilson et al. Entre chapadas e baixões do Matopiba: dinâmicas territoriais e impactos socioeconômicos na fronteira da expansão agropecuária no Cerrado. São Paulo: Prefixo Editorial, v. 92545, 2019.
- FERREIRA FILHO, J. B. S.; DE MORAES, G. I. Climate change, agriculture and economic effects on different regions of Brazil. **Environment and Development Economics**, v. 20, n. 1, p. 37-56, 2015.
- FRANCISCO, A. X.; GURGEL, A. Costs of Reducing Deforestation In Brazil: a General Equilibrium Approach. 2020.
- FREITAS, F. L. M. Brazilian public protection regulations and the preservation of ecosystem services and biodiversity. **Tese de Doutorado**. KTH Royal Institute of Technology. 2019.
- GUILHOTO, J. et al. Estimativa da Matriz Insumo-Produto Utilizando Dados Preliminares das Contas Nacionais: Aplicação e Análise de Indicadores Econômicos para o Brasil em 2005. Available at SSRN 1836495, 2010.
- GREENPEACE. Moratória da Soja. Acesso em 05 de setembro de 2022. Disponível em <<https://www.greenpeace.org/static/planet4-brasil-stateless/2018/07/Relat%C3%B3rio-de-Monitoramento-2017.pdf>>. 2017.
- GURGEL A. C., PALTSEV S. Costs of reducing GHG emissions in Brazil. **Climate Policy**. v. 14:2, p. 209-223, 2013.
- HARBS, R.; BACHA, C. J. C. Modelo Teórico de Convergência do Preço da Terra Agrícola e sua Estimativa para o Brasil. **RPER**, n. 63, p. 45-63, 2023.
- HEILMAYR, Robert et al. Brazil's Amazon soy moratorium reduced deforestation. **Nature Food**, v. 1, n. 12, p. 801-810, 2020.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Sistema de Contas Regionais. Rio de Janeiro, 2020b. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9054-contas-regionais-do-brasil.html?edicao=32020&t=resultados>>. Acesso em 12 de maio de 2022.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Produção Agrícola

Municipal. Rio de Janeiro, 2020d. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?edicao=25369&t=destaques>>. Acesso em 12 de maio de 2022.

LABORATÓRIO DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS E GEOPROCESSAMENTO - LAPIG. Atlas Digital das Pastagens Brasileiras. 2020. Disponível em: <<http://atlasdaspastagens.ufg.br/>>. Acesso em 19 Maio 2022.

LIMA, L. H. Controle Externo do Patrimônio Ambiental Brasileiro. 2022.

LOYOLA, R.; REZENDE, C.; e RIBEIRO, B. Áreas Prioritárias para Conservação e Restauração no MATOPIBA. Caderno de Notas Técnicas do Programa Parceria para o Bom Desenvolvimento (GGP/PNUD). Rio de Janeiro: Conservação Internacional Brasil, 2021.

LIMA C. Z. Impacts of Low Carbon Agriculture in Brazil: a CGE application. 2017. 113f. **Tese (Doutorado em Economia Aplicada)** – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. 2017.

LIMA C. Z., GURGEL A. C. The role of double cropping modeling for policy assessment in Brazil. **In 21th GTAP Conference**. p. 19, 2018.

MAIA, S. M. F. et al. Potencial do plantio direto como solução baseada na natureza para mitigação das mudanças climáticas no Brasil. **Soil and Tillage Research**, v. 220, p. 105368, 2022.

MAGALHÃES, I. B. et al. Brazilian Cerrado and Soy moratorium: Effects on biome preservation and consequences on grain production. **Land use policy**, v. 99, p. 105030, 2020.

MAPBIOMAS. Desmatamento. Acesso em <<https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/>>. Acesso em 30 de abril de 2023.

MARIOSIA, P. H. et al. Family Farming and Social and Solidarity Economy Enterprises in the Amazon: Opportunities for Sustainable Development. **Sustainability**, v. 14, n. 17, p. 10855, 2022.

MIRANDA, Evaristo Eduardo de. Meio ambiente: a salvação pela lavoura. **Ciência e cultura**, v. 69, n. 4, p. 38-44, 2017.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development. 2016.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. Relatório anual. 2022. Disponível em: <https://brasil.un.org/sites/default/files/2023-03/ONU_Brasil_Relatorio_Anual_2022.pdf>. Acesso em: Fev. 2024.

PAGIOLA, S.; HONEY-ROSÉS, J.; FREIRE-GONZÁLEZ, J. Evaluation of the permanence of land use change induced by payments for environmental services in Quindío, Colombia. **PloS one**, v. 11, n. 3, p. e0147829, 2016.

REIS, L. et al. Influence of Climate Variability on Soybean Yield in MATOPIBA, Brazil. **Atmosphere**, v. 11, n. 10, p. 1130, 2020.

ROCKSTRÖM, J.; WILLIAMS, J.; DAILY, G. Sustainable intensification of agriculture for human prosperity and global sustainability. **Ambio**, v. 46, n. 1, p. 4-17, 2017.

ROMEIRO, A. R. Desenvolvimento sustentável: uma perspectiva econômico-ecológica. **Estudos avançados**, v. 26, p. 65-92, 2012.

RUSSO LOPES, G. et al. Maldevelopment revisited: Inclusiveness and social impacts of soy expansion over Brazil's Cerrado in MATOPIBA. **World Development**, v. 139, n. C, 2021.

RUTHERFORD T. F.; PATSEV S. V. GTAPinGAMS and GTAP-EG: global datasets for economic reserach and illustrative models. 2000.

RUTHERFORD T. F. GTAP6inGAMS: The dataset and static model. <http://www.mpsge.org/gtap6/gtap6gams.pdf>. 2005.

SOLIDARIDAD. Potencial regional de expansão da soja no MATOPIBA; São Paulo. 2021.

SOTERRONI, A. C. et al. Expanding the soy moratorium to Brazil's Cerrado. **Science advances**, v. 5, n. 7, p. eaav7336, 2019.

SPAROVEK, G. et al. Asymmetries of cattle and crop productivity and efficiency during Brazil's agricultural expansion from 1975 to 2006. **Elementa: Science of the Anthropocene**, v. 6, 2018.

SPAROVEK, G. et al. Who owns Brazilian lands? **Land Use Policy**, v. 87, p. 104062, 2019.

STOCCO, L.; DE SOUZA FERREIRA FILHO, J. B.; HORRIDGE, M. Closing the Yield Gap in Livestock Production in Brazil: New Results and Emissions Insights. In: Environmental Economics and Computable General Equilibrium Analysis. **Springer**, Singapore. p. 153-170. 2020.

SUELA, A.; NAZARETH, M. S.; CUNHA, D. A. da. Efeitos Ambientais da Implementação do Plano ABC no MATOPIBA: Uma Abordagem por Insumo-Produto. **Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos**, [S. l.], v. 14, n. 4, p. 629–656, 2020.

SUELA, A. G. L. et al. Impact of gross domestic product growth on brazilian native forests: a Computable General Balance Analysis. **Informe GEPEC**, v. 27, n. 1, p. 228-245. 2023.

XAVIER, G. L. MATOPIBA: a ocupação da nova fronteira agrícola nos quadros do padrão exportador de especialização produtiva. Confins. **Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasilera de geografia**, n. 39, 2019.

XU, J. et al. Double cropping and cropland expansion boost grain production in Brazil. **Nature Food**, v. 2, n. 4, p. 264-273, 2021.

ZIOLO, M. et al. How to design more sustainable financial systems: The roles of environmental, social, and governance factors in the decision-making process. **Sustainability**, v. 11, n. 20, p. 5604, 2019.