



IMPACTOS ECONÔMICOS E AMBIENTAIS DE UMA POLÍTICA DE DESMATAMENTO ZERO E REFLORESTAMENTO NA REGIÃO DO ARCO DO DESMATAMENTO

Géssica C. P. Souza

Doutora em Economia Aplicada pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

Aline Souza Magalhães

Doutora em Economia pela UFMG e professora adjunta do Departamento de Ciências Econômicas da UFMG

Edson Paulo Domingues

Doutor em Economia pela Universidade de São Paulo (USP) e professor titular do Departamento de Ciências Econômicas da UFMG

Palavras-chave: Mudanças climáticas. Modelos de mitigação e adaptação. Transição justa.

Tema: (v) Mudanças climáticas.

RESUMO

O Brasil é um grande produtor e exportador agrícola, tendo o agronegócio como o responsável por 26,6% do produto interno bruto (PIB) do país. O crescimento da agropecuária é fruto do aumento da produtividade agrícola e da expansão sobre a vegetação nativa. Estima-se que em 33 anos o país perdeu 102 milhões de hectares de vegetação natural, principalmente nos biomas Amazônia e Cerrado. Esse valor equivale a 3,1 Mha ou 166 mil estádios do Maracanã por ano. O desmatamento provoca mudanças diretas e indiretas no uso do solo e o aumento das emissões brutas de gases do efeito estufa (GEE). O Brasil tem metas ambiciosas de mitigação dos GEE e de redução do desmatamento, enfrentando um possível *trade-off* entre conservação ambiental e crescimento econômico. Nesse sentido, propõe-se nesta pesquisa avaliar os impactos econômicos e ambientais de uma política que, além de zerar o desmatamento produtivo, promova o reflorestamento de 12 Mha, em conformidade com o Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa – Planaveg (BRASIL, 2017). O modelo construído e utilizado para esta análise, o Brazilian Biomes, Land Use and Emissions Economic Model (BLUME), traz avanços metodológicos importantes para a modelagem econômica integrada com aspectos ambientais no Brasil. Os resultados indicam que as políticas simuladas seriam capazes de evitar parte das emissões nacionais a um custo relativamente pequeno diante do PIB nacional.

INTRODUÇÃO

O Brasil é um grande produtor e exportador de produtos agrícolas. A agropecuária foi responsável por 26,6% do produto interno bruto (PIB) do país em 2020, com a soja (grãos, farelo e óleo) respondendo por 40% das exportações nacionais, e as carnes por 14% (MARTINS, 2021). Somente o cultivo de soja apresentou um crescimento da área plantada de 27 Mha entre os anos de 1988 e 2020, e as áreas pastagem um incremento de 850% de 1994 a 2016.

A expansão da agropecuária está ocorrendo a partir do aumento da produtividade e da redução da vegetação nativa. Segundo Gasques, Bacchi e Bastos (2018), a produtividade da terra no Brasil cresceu 3,4% de 1975 a 2018. De acordo com Souza, Domingues e Magalhães (2020), em 33 anos, o país perdeu 102,4 Mha de vegetação natural, principalmente para a pecuária e as atividades agrícolas, o que equivale a uma média de 3,1 Mha por ano. A maior pressão sobre a cobertura original do solo tem ocorrido nos biomas Amazônia e Cerrado, que juntos representam 75,6% das áreas desmatadas de 1985 a 2017.

A expansão da agricultura e da pecuária, que provocam mudanças diretas e indiretas no uso do solo, tem constituído o principal fator de desmatamento no Brasil, afetando diretamente o ambiente e a cobertura vegetal. Há também fatores indiretos, associados ao crescimento dos mercados, como o desenvolvimento da infraestrutura e das cidades (SOUZA; DOMINGUES; MAGALHÃES, 2020); o aumento da densidade demográfica (IGLIORI, 2006); a insegurança sobre os direitos de propriedade da terra (ARAUJO *et al.*, 2009); as políticas fiscais e credití-

Impactos econômicos e ambientais
de uma política de desmatamento zero e reflorestamento
na região do arco do desmatamento

cias de incentivo à expansão da fronteira agrícola (WALKER *et al.*, 2000), entre outros.

O efeito cumulativo desse aumento do desmatamento, por sua vez, tem contribuído para as mudanças climáticas globais (WORLD BANK, 2021). Somente no Brasil, as emissões brutas¹ de gases de efeito estufa (GEE) aumentaram 17% entre 1990 e 2019, e quase 10% entre 2018 e 2019, sendo o setor de mudanças do uso e cobertura da terra a atividade de maior emissão, com aumento de 23% entre 2018 e 2019 (ALBUQUERQUE *et al.*, 2020). Os cenários projetados para o Brasil pelo Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (AMBRIZZI; ARAUJO, 2014) sugerem que, sem políticas de mitigação, é esperado aumento dos eventos extremos de secas e estiagens prolongadas, principalmente nos biomas Amazônia, Cerrado e Caatinga, sendo que tais mudanças se acentuam a partir da metade e do final do século XXI.

Os problemas econômicos e sociais dessas alterações climáticas são significativos, com impactos sobre agricultura (DOMINGUES; MAGALHÃES; RUIZ, 2011; FARIA, 2012; MORAES, 2010), insegurança alimentar (BATEMAN *et al.*, 2013; GAZZONI, 2014; LAPOLA *et al.*, 2010; TURNER; LAMBIN; REENBERG, 2007), saúde (ROSENBERG *et al.*, 2020; SCHULTZ *et al.*, 2003), bem-estar social (TANURE, 2020), migração (BARBIERI *et al.*, 2010; FERREIRA FILHO; HORRIDGE, 2010), entre outros.

¹ Nas emissões brutas, não são descontadas as remoções de CO₂ da atmosfera por alterações do uso da terra (por exemplo, o crescimento de florestas secundárias no lugar de pastagens) e por manutenção de florestas em áreas indígenas e unidades de conservação. Portanto, as emissões brutas são sempre maiores que as líquidas.

Impactos econômicos e ambientais
de uma política de desmatamento zero e reflorestamento
na região do arco do desmatamento

Dados os impactos adversos das mudanças climáticas, o Brasil se comprometeu em 2015, na COP 21, a reduzir a emissão de GEE em 37% até 2025 e em 43% até 2030, em relação aos níveis de 2005. Para alcançar essa meta, a proposta é zerar o desmatamento ilegal até 2030 e promover a recuperação de 12 Mha de vegetação nativa nos biomas (INDC, 2015). Tendo em vista serem metas ambiciosas, foi elaborado o Plano Nacional de Recuperação de Vegetação Nativa – Planaveg (BRASIL, 2017). O plano visa ampliar e fortalecer políticas públicas, incentivos financeiros, mercados, tecnologias de recuperação, boas práticas agropecuárias e outras medidas necessárias para a recuperação da vegetação nativa, principalmente em áreas de preservação permanente (APP) e reserva legal (RL), mas também em áreas degradadas com baixa produtividade agrícola. O plano foi elaborado para atender essas demandas, visando a recuperação da vegetação nativa em um mínimo de 12 milhões de hectares até 2030.

Assim como os demais países em desenvolvimento, o Brasil enfrenta o triplo desafio de reduzir as emissões de GEE, diminuir o desmatamento e promover o crescimento econômico. Nesse sentido, propõe-se nesta pesquisa avaliar os impactos econômicos e ambientais de uma política que, além de zerar o desmatamento produtivo, promova o reflorestamento de 12 Mha, em conformidade com o Planaveg (BRASIL, 2017). O modelo construído e utilizado para esta análise, o Brazilian Biomes, Land Use and Emissions Economic Model (BLUME), proporciona avanços metodológicos importantes para a modelagem econômica integrada com aspectos ambientais no Brasil. Sua regionalização permite capturar as diferenças regionais no que tange às questões climáticas, geomorfológicas e regulatórias. Além

Impactos econômicos e ambientais
de uma política de desmatamento zero e reflorestamento
na região do arco do desmatamento

disso, o modelo considera as alterações diretas e indiretas do uso do solo – *land use change* (LUC) e *indirect land use change* (ILUC) – e as emissões associadas não somente ao setor de mudança no uso do solo, mas também aos demais setores, como energia e indústrias.

Na próxima seção, apresenta-se a metodologia de pesquisa, abordando os principais aspectos do modelo BLUME e seus avanços em termos de regionalização, módulo de uso da terra e módulo de emissões. Na terceira seção, encontram-se as simulações e os principais resultados e, para finalizar, na quarta seção são tecidas as considerações finais.

METODOLOGIA

A ligação entre economia, mudanças no uso da terra e emissões de GEE é complexa e envolve ramos de estudos interdisciplinares. São diversos os desafios à pesquisa, dado que as causas e consequências das mudanças climáticas são globais e que existe uma grande heterogeneidade econômica e ambiental entre as regiões. O desenvolvimento de modelagens capazes de integrar as questões ambientais e econômicas de forma regional é um desafio recente na literatura e se resume a três vertentes: modelos econométricos (GOUVELLO *et al.*, 2010; KERR *et al.*, 2003; PLANTINGA; MAULDIN, 2001; STAVINS, 1999), modelos de equilíbrio parcial (HAVLÍK *et al.*, 2011; SANDS; KIM, 2008) e modelos de equilíbrio geral (FERREIRA FILHO; HORRIDGE, 2014; HERTEL *et al.*, 2008; PALTSEV *et al.*, 2005, entre outros).

Os modelos de equilíbrio geral computável (EGC) são capazes de lidar com choques de políticas e responder questões complexas e reais da

Impactos econômicos e ambientais
de uma política de desmatamento zero e reflorestamento
na região do arco do desmatamento

economia, envolvendo diversos agentes e setores. Nesse tipo de modelagem, os setores são inter-relacionados e a estrutura produtiva das economias ou regiões é tratada explicitamente. Em análises que envolvem mudança do uso da terra, os modelos EGC captam de forma sistêmica os efeitos das transições do uso do solo, além de conseguir incorporar o comportamento dos produtores em relação à demanda por terra. Portanto, esse tipo de modelagem se mostra adequado para análises de políticas de mitigação e adaptação, políticas de expansão da agropecuária, entre outras questões que envolvam alterações do solo e mudanças climáticas.

O BLUME, modelo construído para as simulações desta pesquisa, é um instrumento de equilíbrio geral computável inter-regional com dinâmica recursiva, desenvolvido para análise da economia brasileira e suas regiões. Ele adota a estrutura teórica do modelo regional The Enormous Regional Model (TERM) desenvolvido pelo Centre of Policy Studies (CoPS) da Austrália (HORRIDGE; MADDEN; WITTWER, 2005). Os resultados aqui relatados foram obtidos usando o *software* de modelagem econômica GEMPACK (HORRIDGE *et al.*, 2018).

A base de dados do BLUME foi construída por meio de um procedimento de regionalização utilizando como estrutura o modelo nacional BRIDGE (DOMINGUES *et al.*, 2010) e outros modelos desenvolvidos no Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional da Universidade Federal de Minas Gerais (Cedeplar-UFMG) como o IMAGEM-B (DOMINGUES *et al.*, 2009), REGIA (CARVALHO, 2014) e BBGEM (SOUZA; DOMINGUES; MAGALHÃES, 2020). O ano base do BLUME é 2015 e tem como principais diferenciais módulos interligados de uso da terra e emissões, permitindo a análise do impacto

Impactos econômicos e ambientais
de uma política de desmatamento zero e reflorestamento
na região do arco do desmatamento

ambiental de políticas que envolvam mudanças diretas e indiretas do uso do solo, conhecidas na literatura como *land use change* (LUC) e *indirect land use change* (ILUC). O BLUME vai além das emissões antrópicas do uso e mudança da terra, ele representa de forma concomitante as emissões de todos os setores emissores: uso da terra, mudança do uso da terra e florestas (LULUCF, do inglês *land use, land-use change and forestry*), atividades da indústria, agropecuária e energia. A regionalização adotada também é inédita na literatura, tratando-se do modelo econômico e ambiental com a maior desagregação regional desenvolvida até então para o Brasil.

A regionalização do BLUME apresenta um recorte bem definido dos biomas brasileiros, juntamente com seus estados, possibilitando captar certa heterogeneidade espacial e características geomorfológicas, da mesma forma que os *agro-ecological zones maps* (AEZs) desenvolvidos pelo *Global Trade Analysis Project* (GTAP) (LEE, 2004). Embora dentro do mesmo bioma existam significativas diferenças quanto a condições do solo, do clima e da interferência humana, por exemplo, a regionalização adotada já demarca diferenças geomorfológicas e questões regulatórias importantes para a análise.²

Nesses termos, no BLUME há 48 regiões construídas de acordo com os seis biomas brasileiros – Mata Atlântica, Caatinga, Cerrado, Pampa, Pantanal e Amazônia – e os 27 estados da federação, conforme mapa da figura 1. Essa regionalização é uma das principais contribuições metodológicas do BLUME, tendo em vista a carência de modelos EGC ambientais com tal nível de desagregação regional.

² Uma desagregação considerando questões geomorfológicas mais específicas demandaria dados pedológicos e climáticos georreferenciados, dificultando a compatibilização com dados econômicos cujo menor nível de desagregação é municipal.

Impactos econômicos e ambientais de uma política de desmatamento zero e reflorestamento na região do arco do desmatamento

Figura 1. Regiões do modelo BLUME



Impactos econômicos e ambientais
de uma política de desmatamento zero e reflorestamento
na região do arco do desmatamento

A desagregação setorial da base de dados do modelo priorizou os setores agropecuários, que são diretamente relacionados e impactados por políticas de mudanças diretas e indiretas do uso do solo. Dessa forma, o BLUME tem em sua estrutura 52 setores, sendo 14 constituídos por atividades agrícolas, sete por atividades da pecuária e dois relacionados à silvicultura e à extração vegetal, como reportado no quadro 1.

Quadro 1. Setores da base de dados do modelo BLUME

Setores	
1 Arroz	27 Carne suína
2 Trigo e outros cereais	28 Carne de aves
3 Milho em grão	29 Pesca industrial
4 Algodão e outras fibras	30 Leite resfriado/pasteurizado
5 Cana-de-açúcar	31 Outros laticínios
6 Soja em grão	32 Rações de animais
7 Mandioca	33 Alimentos e bebidas
8 Fumo em folha	34 Vestuário e têxteis
9 Frutas cítricas	35 Calçado e couro
10 Feijão em grão	36 Produto de madeira
11 Outros temporários	37 Celulose
12 Laranja	38 Indústria diversa
13 Café em grão	39 Etanol e biocombustível
14 Outros permanentes	40 Produto químico
15 Bovinos	41 Adubo e fertilizante
16 Outros animais	42 Defensivo agrícola e desinfetante
17 Leite de vaca	43 Eletrônicos
18 Leite de outros animais	44 Máquinas e equipamentos automotivos
19 Suínos	45 Serviços
20 Aves	46 Eletricidade, gás e outros
21 Ovos	47 Construção
22 Silvicultura	48 Comércio, atacado e varejo
23 Extração vegetal	49 Transporte de carga
24 Pesca agrícola	50 Transporte de outros
25 Indústria extrativa	51 Instituição financeira e seguro
26 Carne bovina e outros animais	52 Setor público

Fonte: Elaboração própria com base nos setores do modelo BLUME.

O módulo de uso da terra

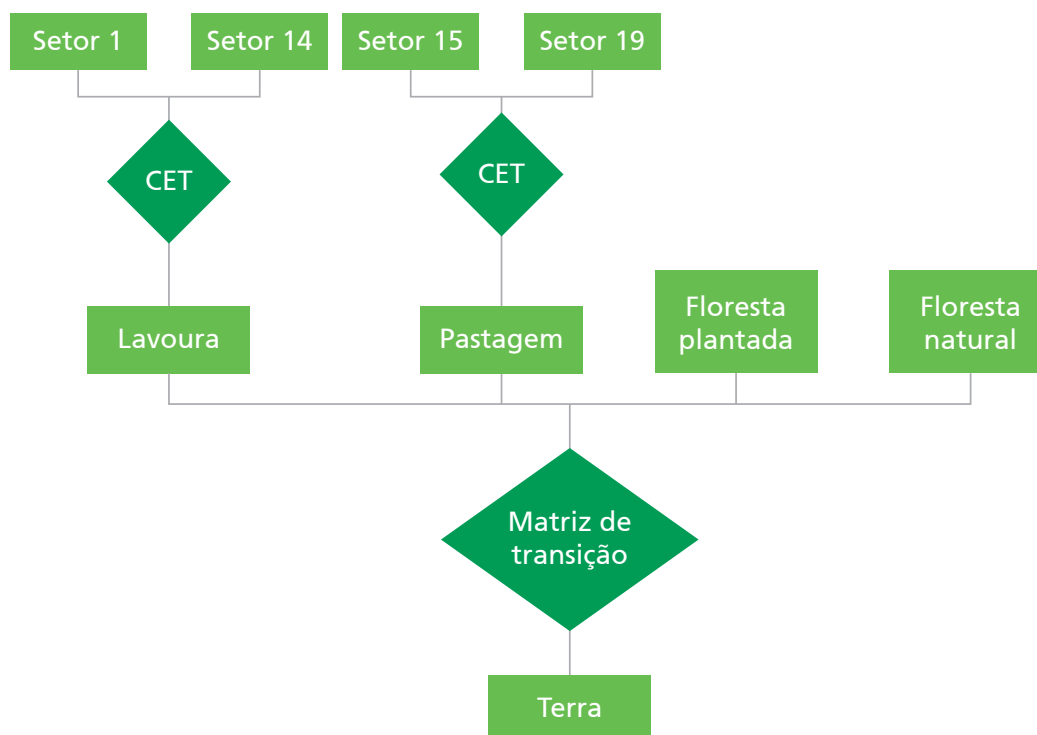
A construção do módulo de uso da terra seguiu a estrutura teórica do modelo REGIA (CARVALHO, 2014), em que a terra é considerada um dos fatores primários, assim como o capital e o trabalho. O fator primário terra é utilizado na produção dos setores agrícolas, silvicultura e pecuária e o seu uso é modelado separadamente para cada uma das regiões, mantendo fixa a área total.

Foram considerados quatro tipos de uso da terra, a saber: lavoura, pastagem, floresta plantada e floresta natural e demais usos. Em cada um atribuiu-se uma produção setorial distinta. As áreas de lavoura são utilizadas na produção dos 14 primeiros setores do modelo, que são estritamente agrícolas. Nas áreas de pastagem, atribui-se a produção dos cinco setores pecuários do modelo. As áreas de floresta plantada são utilizadas pelos setores de silvicultura e extração vegetal. Por fim, restaram as áreas de floresta natural e demais usos (lagos, cidades, estradas etc.), que não são associadas a nenhuma produção setorial.

É esperado que as áreas de demais usos mudem mais lentamente do que as florestas naturais. Portanto, uma variação na categoria de uso da terra floresta natural e demais usos pode ser considerada uma *proxy* do avanço do desmatamento causado pela expansão da agricultura ou pecuária. Assim como no modelo REGIA (CARVALHO, 2014), no BLUME o processo de terra é guiado por dois níveis de substituição, conforme figura 2.

Impactos econômicos e ambientais de uma política de desmatamento zero e reflorestamento na região do arco do desmatamento

Figura 2. Alocação do fator terra no modelo BLUME



Fonte: Elaboração própria com base em Carvalho (2014).

No primeiro nível, as terras agrícolas e as pastagens podem ser alocadas entre diferentes setores agrícolas de acordo com a diferença de remuneração.³ Assim, a demanda por terras responde às mudanças na remuneração da terra de cada setor. Nesse nível, cada uso da terra (lavoura, pastagem e floresta plantada) é distribuído no ano t de acordo com uma função CET (elasticidade constante de transformação) entre diferentes produtos para cada região. No segundo nível, temos a estrutura da oferta de terra segundo os diferentes usos representando o ajuste

³ A remuneração do fator terra (V1LND) no modelo BLUME foi extraída da conta “despesas realizadas pelos estabelecimentos: arrendamento de terras” do Censo Agropecuário de 2018, referente ao ano de 2017. Seu valor foi deflacionado para o ano de 2015 de modo a compatibilizar com os dados da Matriz Insumo-Produto (MIP) 2015.

Impactos econômicos e ambientais
de uma política de desmatamento zero e reflorestamento
na região do arco do desmatamento

dinâmico no mercado de terra. Essa estrutura permite que o fator terra se mova entre as diferentes categorias de terra entre o ano t e o ano $t + 1$. Para isso, o processo de conversão é controlado por meio de uma matriz de transição que representa as possibilidades de conversão da terra entre o ano t e o ano $t + 1$. A matriz representa a mobilidade da terra entre os usos, indicando as possibilidades de transformação dos diferentes usos da terra.

A matriz de transição captura o fato de que terras mais produtivas são inicialmente utilizadas no processo produtivo e, ao mesmo tempo, a utilização marginal da terra que poderia ser convertida em uso produtivo é limitada. O processo econômico de conversão da terra ocorre da seguinte forma: as florestas seriam inicialmente convertidas em áreas para pasto, que após algum tempo estariam aptas para serem convertidas em áreas para lavoura (CATTANEO, 2001; FERREIRA FILHO; HORRIDGE, 2012; MACEDO *et al.*, 2012).

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

Impactos econômicos e ambientais
de uma política de desmatamento zero e reflorestamento
na região do arco do desmatamento

A matriz de transição de uso da terra do modelo BLUME foi extraída da plataforma MapBiomas (SOUZA JR. *et al.*, 2020),⁴ que fornece os dados não somente de cobertura e uso do solo dos municípios brasileiros, mas também as informações de transição anual referentes ao período de 1985 a 2019. Dessa forma, foi possível agregar as informações municipais e construir as matrizes de transição das 48 regiões do modelo BLUME. Os dados do MapBiomas têm quatro níveis de classificação do solo. Para esta pesquisa, utilizou-se o nível 2 de classificação, que condiz com as classes do IV Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antrópicas dos Gases do Efeito Estufa (BRASIL, 2020). Optou-se por compatibilizar o modelo com esse nível de classificação uma vez que a matriz de emissões será construída com base nos dados do IV Inventário, o que justifica a necessidade de compatibilização das classes. Mais detalhes sobre a compatibilização das classes encontram-se em Souza (2022).

Na tabela 1 consta a matriz de transição do uso da terra que alimenta o ano base do BLUME para o Brasil. Os totais das linhas e colunas refletem o uso de terra nos anos de 2010 a 2016 e o interior da matriz mostra a transição entre os diferentes usos do solo no período analisado. De acordo com os dados, 14,1 Mha de pastagem foram convertidos em lavouras entre 2010 e 2016 e 20,1 Mha de floresta natural se transformaram em pastagem. Observa-se ainda uma área significativa de pastagem convertida em floresta natural, cerca de 12,6 Mha, o que é condizente com as políticas de reflorestamento implementadas nesse período.

⁴ Na Coleção 5 do MapBiomas as transições de classes representam tanto mudanças efetivas de uso do solo quanto inconsistências de classificação. Portanto, elas podem não ser uma representação completamente fiel das mudanças de uso da terra no período. As somas das áreas totais de cada classe da tabela de transição podem ter pequenas alterações em relação aos dados de cobertura para o mesmo ano devido ao filtro aplicado aos mapas de transição.

Impactos econômicos e ambientais de uma política de desmatamento zero e reflorestamento na região do arco do desmatamento

Tabela 1. Matriz de transição do uso da terra entre 2010 e 2016 no Brasil
(milhões de hectares)

Brasil	Lavoura	Pastagem	Floresta plantada	Floresta natural e demais usos	Total 2010
Lavoura	54,1	6,3	0,3	3,8	64,5
Pastagem	14,1	154,7	0,8	12,6	182,2
Floresta plantada	0,0	0,0	6,4	0,2	6,6
Floresta natural e demais usos	5,9	20,1	0,9	571,9	598,7
Total 2016	74,1	181,1	8,3	588,4	852,0

Fonte: Elaboração própria com base nos dados municipais da plataforma MapBiomas (SOUZA; DOMINGUES; MAGALHÃES, 2020).

O módulo de emissões

O modelo BLUME também captura as emissões de GEE provenientes das mudanças do uso da terra e de outras fontes poluentes, como o uso de combustíveis fósseis e processos industriais. Graças à regionalização adotada, é possível controlar a heterogeneidade das emissões dos processos de transição do uso do solo, que são bastante distintas entre os biomas brasileiros. Por exemplo, a conversão de áreas florestais em pastagens libera mais gás carbônico na Amazônia do que no bioma Cerrado. Essa heterogeneidade é capturada no modelo. A construção do módulo de emissões seguiu, em linhas gerais, o procedimento adotado por Silva (2015) e a especificação teórica do modelo BeGreen (MAGALHÃES, 2013).

Para capturar as emissões provenientes das mudanças do uso do solo, matrizes de emissões foram associadas à matriz de transição da terra. As matrizes de emissões foram construídas e regionalizadas com base nos dados do IV Inventário Nacional (BRASIL, 2020).⁵

⁵ Versão consulta pública a especialistas publicada em maio de 2020.

Impactos econômicos e ambientais
de uma política de desmatamento zero e reflorestamento
na região do arco do desmatamento

No relatório de LULUCF são apresentadas as estimativas das emissões antrópicas por fontes e remoções por sumidouros associadas ao setor para o período de 1990 a 2016 e para os cinco biomas brasileiros.

Para compatibilizar esses dados com as 48 regiões do modelo BLUME, foi adotada uma regionalização via *shares*, ou seja, foi calculada a participação da transição de uso da terra de cada região sobre a transição do seu respectivo bioma. Essa participação foi utilizada para calcular o total de emissões dessa região. Na tabela 2 encontram-se as emissões líquidas provenientes da mudança do uso da terra entre os anos de 2010 e 2016, no Brasil. No período, o país emitiu 1.974.816 Gg de CO₂eq, o que equivale a 282.117 Gg de CO₂eq anual.⁶ Observa-se que a transição de floresta natural em pastagem é a maior emissora, com 3.178.506 Gg de CO₂eq, ou 454.072 Gg de CO₂eq por ano.

Tabela 2. Matriz de emissões líquidas da transição do uso da terra entre 2010 e 2016 no Brasil (Gg de CO₂eq)

Brasil	Lavoura	Pastagem	Floresta plantada	Floresta natural e demais usos	Total 2010
Lavoura	0	13.600	-23.645	4.632	-5.414
Pastagem	277.741	16.518	-192.852	21.522	122.928
Floresta plantada	24.386	67.235	7.864	-20.677	78.808
Floresta natural e demais usos	518.014	3.178.506	66.835	-1.984.862	1.778.493
Total 2016	820.141	3.275.859	-141.798	-1.979.385	1.974.816

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do IV Inventário Nacional (BRASIL, 2020).

⁶ O IV Inventário reportou as emissões líquidas, que são a métrica adotada pelo Governo Federal. Nas emissões líquidas já são descontadas as remoções, então correspondem às emissões finais. Para esta análise, as emissões da mudança do uso da terra são líquidas, assim como no IV Inventário.

Impactos econômicos e ambientais
de uma política de desmatamento zero e reflorestamento
na região do arco do desmatamento

O modelo BLUME vai além das emissões antrópicas de uso e mudança da terra. Ele também captura as emissões provenientes das atividades setoriais e do uso de combustíveis. Esse é um grande diferencial em comparação com outros modelos brasileiros. Para a incorporação dessas emissões foi utilizado como referência o BeGreen (MAGALHÃES, 2013), modelo desenvolvido para análise de políticas de redução de GEE na economia brasileira.

As emissões derivadas de combustíveis (energia) e atividades econômicas (industrial e agropecuária) foram obtidas do Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG) (ALBUQUERQUE *et al.*, 2020). O SEEG é uma iniciativa do Observatório do Clima, que compreende a produção de estimativas anuais das emissões de gases de efeito estufa no Brasil.⁷ Para esta pesquisa, optou-se por agregar as emissões das atividades industriais e agropecuárias, chamando-as somente de emissões das atividades. As três fontes emissoras consideradas no modelo BLUME – energia, atividade e mudança do uso da terra – totalizam 1.148.534 GgCO₂eq, conforme tabela 3. Neste estudo, estão representadas as emissões líquidas do setor LULUCF. Somente energia e atividade representam 80% das emissões, ou seja, 1.136.417 GgCO₂eq. Dessas emissões, 95% são domésticas.

⁷ Disponível em: <https://seeg.eco.br/>. Acesso em: 1 out. 2021. As emissões do SEEG são compatíveis com a metodologia adotada tanto pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) quanto pelo Inventário Brasileiro de Emissões.

Impactos econômicos e ambientais
de uma política de desmatamento zero e reflorestamento
na região do arco do desmatamento

Tabela 3. Emissões de acordo com as fontes emissoras do modelo BLUME (2015) (Gg CO₂ eq)

Fontes emissoras	Doméstico	Importado	Total
Energia	377.956	53.541	431.497
Atividade	704.918	0	704.918
LULUCF	282.117	0	282.117
Total	1.364.992	53.541	1.418.534

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do SEEG.

A emissão no uso de combustíveis é modelada como diretamente proporcional ao seu uso, assim como as emissões de atividade em relação ao produto das indústrias relacionadas. Não há, no modelo, inovações tecnológicas endógenas para o caso do uso de combustíveis fósseis, que, por exemplo, permitam que a queima de carvão libere menos CO₂ por tonelada utilizada. Os setores, por outro lado, podem reduzir suas emissões pela substituição de insumos energéticos, via mudança de preços relativos.

As emissões associadas ao processo produtivo dos setores se caracterizam por não serem associadas ao uso de combustíveis fósseis, mas à atividade produtiva diretamente. Por exemplo, as emissões de metano dos rebanhos são classificadas como emissões pelo processo produtivo do setor pecuário, que no caso do modelo BLUME corresponde ao setor de bovinos.

SIMULAÇÕES E RESULTADOS

Cenário de referência

O cenário de referência do BLUME simula uma trajetória tendencial de crescimento da economia brasileira. Esse cenário possibilita visualizar as diferentes trajetórias dos indicadores econômicos ao longo do tempo e o impacto dos choques de políticas nesse percurso. A diferença entre o cenário de referência e o cenário de política representa o efeito da imposição da política de desmatamento zero e reflorestamento. Os resultados do modelo são normalmente apresentados como o desvio acumulado de determinada variável (indicador) em relação ao seu valor acumulado no cenário de referência.

O primeiro cenário de crescimento econômico atualiza os dados observados de 2015 a 2020, a saber: os dados macroeconômicos nacionais, as taxas de desmatamento e a taxa de exportações setoriais. As variações observadas no PIB real, no consumo das famílias, nos gastos do governo, no investimento e na exportação são extraídas das contas nacionais, publicadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Os dados observados do incremento do desmatamento foram retirados da plataforma TerraBrasilis (2022) do Instituto Espacial de Pesquisas Espaciais (Inpe)⁸ e dos relatórios oficiais do instituto SOS Mata Atlântica (DESMATAMENTO..., 2017).⁹ Já as exportações setoriais seguem os dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e

⁸ Disponível em: http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/legal_amazon/rates. Acesso em: 28 out. 2022.

⁹ Disponível em: <https://www.sosma.org.br/noticias/desmatamento-da-mata-atlantica-cresce-quase-60-em-um-ano/>. Acesso em: 28 out. 2022.

Impactos econômicos e ambientais
de uma política de desmatamento zero e reflorestamento
na região do arco do desmatamento

Abastecimento (BRASIL, 2019) e da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD, [2015]).¹⁰

Do período de 2021 a 2040, são consideradas as projeções de crescimento das variáveis macroeconômicas, das exportações setoriais e do crescimento populacional, esses dois últimos variando por região do modelo. Os agregados macroeconômicos crescem 2% ao ano, as exportações setoriais evoluem adicionalmente de acordo com as projeções do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2019) e da OECD ([2015]) e a população aumenta de acordo com as estimativas de projeções do IBGE ([200-]).¹¹ É importante incorporar as projeções de crescimento das exportações, visto que os produtos agropecuários são considerados um importante determinante do desmatamento nos biomas Amazônia e Cerrado, além de serem relevantes para a dinâmica da economia brasileira. Em todo período, considera-se um crescimento da produtividade da terra de 1% ao ano e do trabalho de 0,8% ao ano. Nas projeções, o desmatamento passa a ser endógeno, determinado pelo crescimento da economia de acordo com os mecanismos de uso da terra do BLUME.

No gráfico 1 consta a trajetória das principais variáveis macroeconômicas ao longo do período de 2016 a 2040. Nota-se que entre 2016 e 2020 os indicadores econômicos apresentam maior volatilidade, pois ilustram o comportamento real observado na economia. Nesse

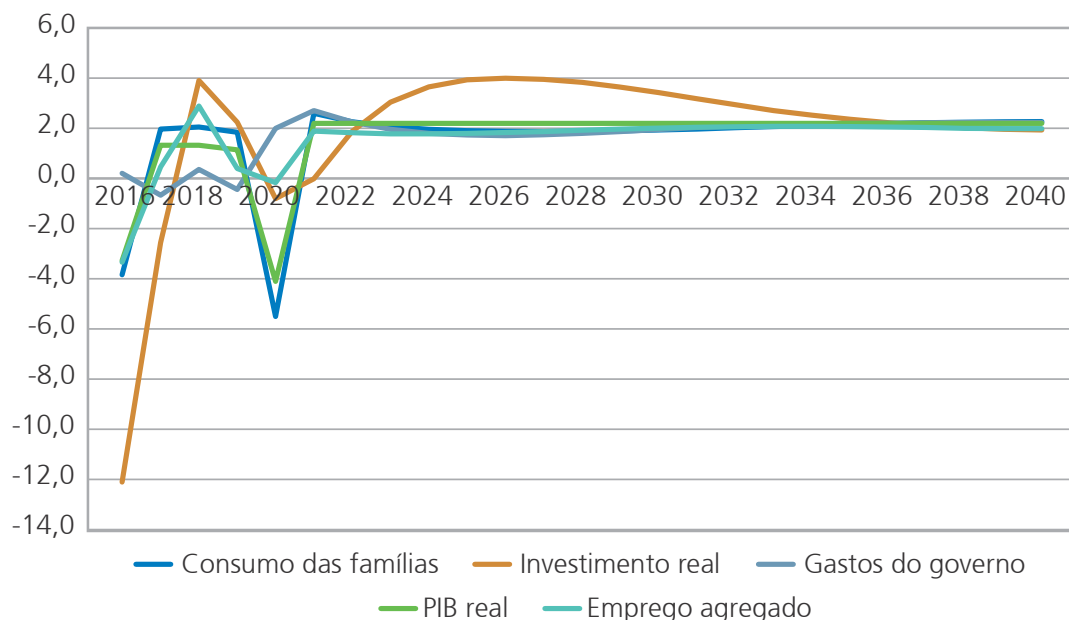
¹⁰ Banco de dados apresentado no Outlook Agrícola OECD-FAO, publicado em julho de 2015, com projeções agrícolas até 2024. Para a maioria dos setores de *commodities* analisados no Outlook, estão disponíveis valores detalhados de oferta e uso, bem como preços domésticos e internacionais de *commodities*. Disponível em: https://stats.oecd.org/viewhtml.aspx?datasetcode=HIGH_AGLINK_2015&lang=en. Acesso em: 28 out. 2022.

¹¹ Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>. Acesso em: 28 out. 2022.

Impactos econômicos e ambientais de uma política de desmatamento zero e reflorestamento na região do arco do desmatamento

período, observa-se uma queda do investimento de -9,3% e do PIB real de -3,6%, logo, os níveis de estoque de capital também reduziram, elevando as taxas de retorno na economia. Com taxas de retorno mais altas, o investimento aumenta nos períodos subsequentes e promove uma nova pressão sobre a taxa de retorno do capital, que tende a cair e permanecer estável no longo prazo, oscilando em torno da taxa de crescimento do PIB. Portanto, o investimento agregado passa por um período de crescimento entre 2021 e 2035, que se explica pelos mecanismos de acumulação de capital do modelo BLUME. Entre 2021 e 2040, o consumo das famílias, os gastos do governo, o emprego agregado e o PIB real apresentam trajetórias de crescimento de 2% ao ano. O emprego agregado segue a mesma trajetória de crescimento do PIB.

Gráfico 1. Trajetória das variáveis macroeconômicas nacionais entre 2016 e 2040 no cenário de referência

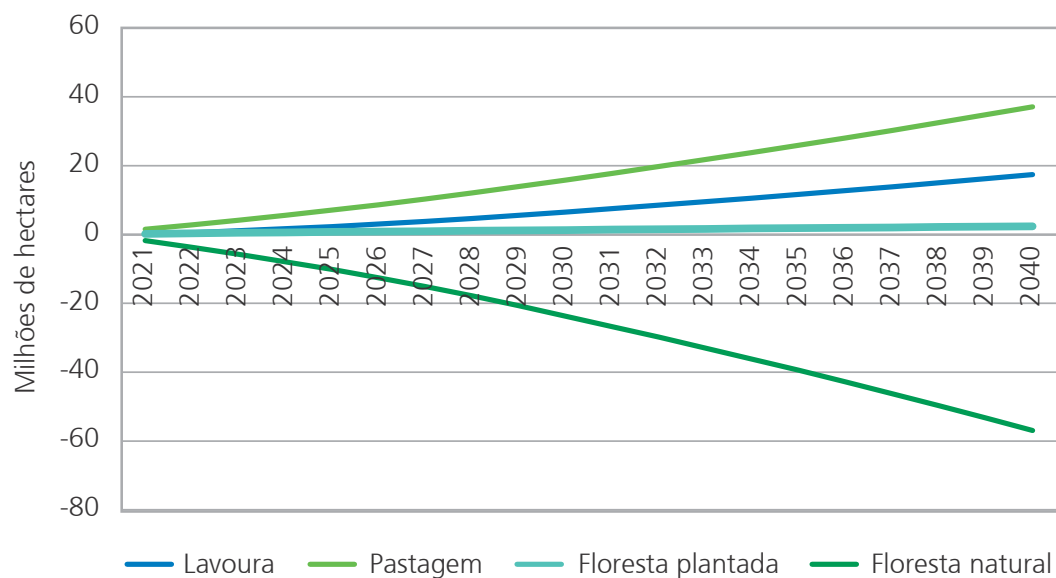


Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo BLUME.

Impactos econômicos e ambientais de uma política de desmatamento zero e reflorestamento na região do arco do desmatamento

O gráfico 2 apresenta a trajetória ao longo do tempo da quantidade de terra utilizada em cada categoria de uso do modelo (lavoura, pastagem, floresta plantada e floresta natural) para o Brasil. A área total de terra deve se manter fixa, ou seja, a soma dos usos de cada categoria deve totalizar a área total do Brasil ou região do modelo. Logo, o crescimento de um determinado uso da terra implicaria a redução de um ou mais usos. No caso do cenário de referência, o crescimento das áreas de lavoura, pastagem e floresta plantada aconteceria em detrimento da redução de floresta natural.

Gráfico 2. Projeção do uso da terra no cenário de referência para o Brasil (milhões de hectares)



Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.

O cenário de referência do BLUME projeta um aumento de 37,1 Mha de pastagem entre 2021 e 2040, representando a categoria de uso do solo com a trajetória mais ascendente de crescimento. A área de lavoura apresentaria um aumento de 17,4 Mha e a floresta plantada

Impactos econômicos e ambientais
de uma política de desmatamento zero e reflorestamento
na região do arco do desmatamento

exibiria um crescimento quase constante, totalizando 2,4 Mha até 2040. Já a área de floresta natural teria uma trajetória descendente em todo o período, porém de forma mais acentuada a partir de 2027, totalizando 57 Mha perdidos em 2040. Esse valor representaria o desmatamento em todo o Brasil no período em análise e equivaleria a uma média de 2,8 Mha desmatados anualmente.

Os resultados de desmatamento no cenário de referência são interessantes, visto que o modelo projetou um desmatamento médio anual de 2,8 Mha, valor acima da média observada nos últimos dez anos (1,5 Mha), porém de acordo com uma média mais longa de 33 anos (3,1 Mha) (SOUZA; DOMINGUES; MAGALHÃES, 2020). Esse resultado é explicado pelo fato de o modelo não limitar o uso de terra disponível para conversão, conforme determinado pela Lei 12.652/2012, art. 12. Segundo a lei, todo imóvel rural deve manter área com cobertura de vegetação nativa, a título de reserva legal, observando um percentual mínimo em relação à área do imóvel. Na região da Amazônia Legal, esse valor é de 80% do imóvel situado em áreas florestais, 35% em área do Cerrado e 20% em áreas de campos gerais (BRASIL, 2012). Optou-se por não incluir no modelo essas delimitações, tendo em vista a flexibilização recente da fiscalização brasileira referente ao desmatamento ilegal. Dessa forma, estamos retratando um desmatamento econômico semelhante ao dos tempos em que havia pouca ou nenhuma fiscalização.

O crescimento da economia projetado no cenário de referência provocaria um aumento na utilização dos fatores de produção e, consequentemente, uma variação na remuneração desses fatores. Isso explicaria a maior utilização de pastagem nos resultados de projeção do uso

Impactos econômicos e ambientais
de uma política de desmatamento zero e reflorestamento
na região do arco do desmatamento

da terra. Um aumento da remuneração do pasto em relação à remuneração dos demais usos de terra levaria a um processo de conversão, principalmente de áreas de floresta natural para áreas de pastagem.

Outro fator determinante nos resultados são as projeções de aumento nas exportações estabelecidas no fechamento do modelo. Nessas projeções, o aumento das exportações de bovinos, cana-de-açúcar, soja e demais produtos agrícolas contribuiria para tornar as áreas de pastagem e lavoura mais vantajosas, estimulando a conversão de floresta para usos agrícolas e pecuários.

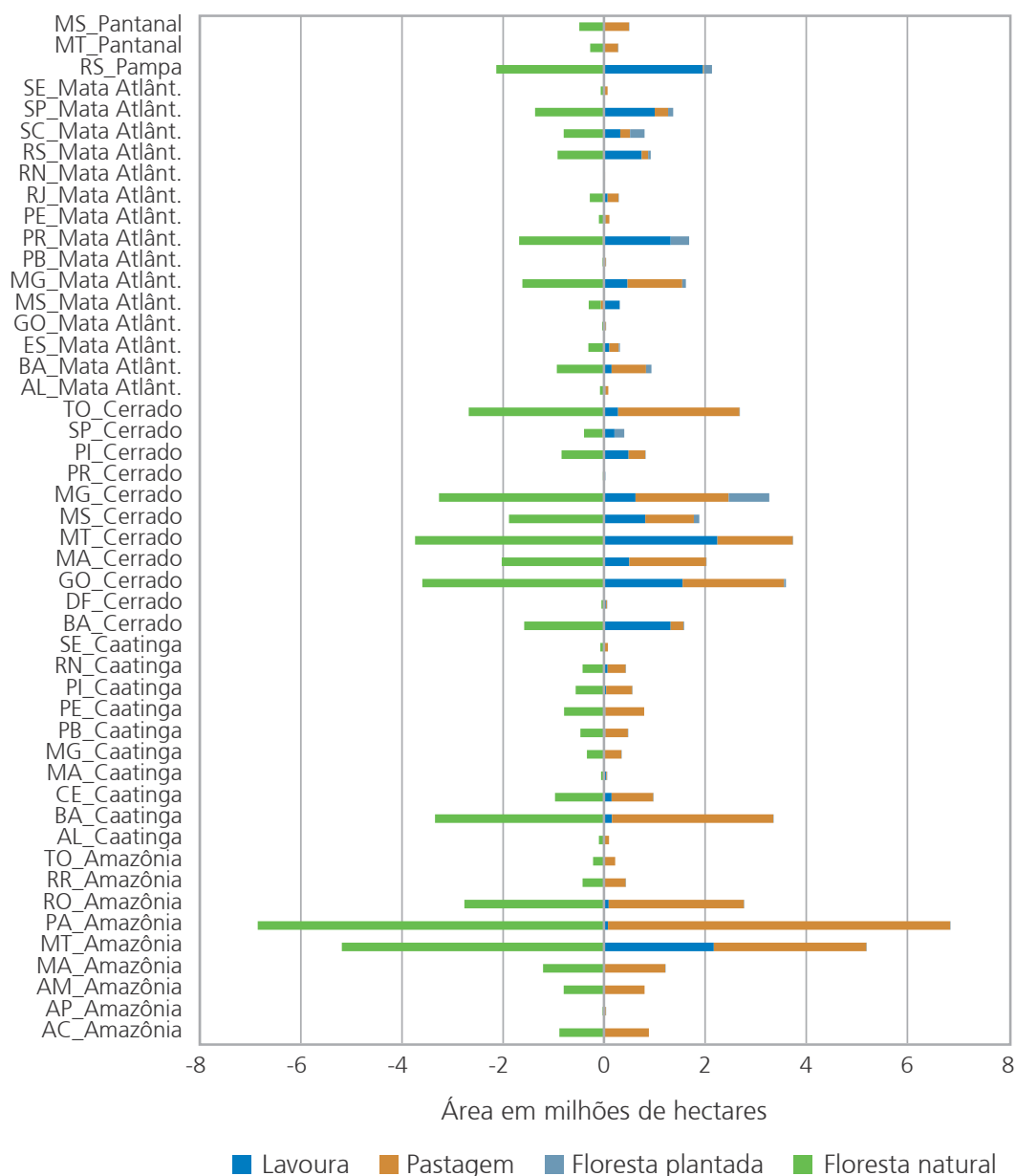
Como visto na seção do módulo de uso da terra e emissões, a matriz de transição representaria as possibilidades de conversão entre os usos, e a direção dessa conversão ocorreria basicamente de floresta natural para pastagem e da pastagem para lavoura. As possibilidades de conversão de floresta plantada são mais limitadas, logo, para que houvesse uma grande conversão em direção a esse tipo de uso seria necessário um significativo aumento da sua remuneração relativamente aos demais usos, o que claramente não acontece visto o crescimento quase linear dessa categoria.

A trajetória descendente da floresta natural ao longo do tempo pode ser interpretada como um aumento da remuneração dos demais usos relativamente à remuneração de floresta natural. As possibilidades dessa conversão são dadas pela matriz de transição e pelas elasticidades da oferta da terra regional preestabelecidas. Se uma região tem maior área disponível para conversão, há maior probabilidade de a conversão de terra ocorrer nesse local. Dessa forma, no gráfico 3 são

Impactos econômicos e ambientais de uma política de desmatamento zero e reflorestamento na região do arco do desmatamento

apresentados os resultados de variação do uso da terra nas regiões do modelo no período de 2021 a 2040.

Gráfico 3. Variação das áreas de lavoura, pastagem, floresta plantada e floresta natural no cenário de referência e regiões do modelo BLUME – acumulado 2021 a 2040 (milhões de hectares)



Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.

Impactos econômicos e ambientais
de uma política de desmatamento zero e reflorestamento
na região do arco do desmatamento

A região MT_Cerrado teria a maior ampliação das áreas de lavoura, aproximadamente 2,2 Mha a mais em 2040, claramente devido às áreas de floresta natural. O crescimento dos setores de algodão e fibras temporárias e de soja foi o que mais contribuiu para essa ampliação. De acordo com a análise descritiva dos dados, a região MT_Cerrado é responsável por 63,7% da produção nacional de algodão e fibras temporárias e apresentaria um crescimento acumulado de 90% até 2040. A região também é a maior produtora de soja, com 17% de toda a produção nacional e crescimento de 98% do setor no acumulado até 2040. Portanto, os baixos custos de produção e o aumento da remuneração da terra tornam mais atrativa a conversão de áreas florestais para o uso em lavoura nessa região.

A região com maior ampliação de pastagem seria PA_Amazônia, com 6,7 Mha a mais em 2040. Essa ampliação também se deu claramente às custas de áreas florestais e se justifica pelo crescimento dos setores de bovinos e leite, tanto de vaca quanto de outros tipos. A região é a sexta maior produtora de bovinos e apresentaria crescimento de 78% nesse setor, além de ser a maior produtora nacional de leite de vaca e leite de outros conjuntamente, cerca de 22% de toda a produção nacional. Em média, esses setores cresceriam 56% no acumulado até 2040.

A região GO_Cerrado é a maior produtora nacional de bovinos e apresentaria aumento na pastagem de 2 Mha. Isso se justifica pela maior produtividade do setor nessa região e pela disponibilidade de terra para conversão, dada pela matriz de transição. Poucas regiões apresentariam decréscimo das áreas de pastagem, uma delas é SP_Cerrado, região com a maior produção nacional de cana-de-açúcar,

Impactos econômicos e ambientais
de uma política de desmatamento zero e reflorestamento
na região do arco do desmatamento

o que justifica a baixa remuneração da terra de pastagem e, consequentemente, a conversão dessas áreas em lavoura.

Com relação às áreas de floresta plantada, temos a região MG_Cerrado com o maior crescimento, 0,8 Mha de áreas a mais em 2040. Essa região é a terceira maior produtora da silvicultura, setor que apresentaria crescimento regional de 58% no acumulado até 2040. Já PR_Mata Atlântica, região com a maior produção nacional de silvicultura, apresentaria o segundo maior crescimento de área de floresta plantada, 0,4 Mha. De forma geral, o crescimento das áreas de floresta plantada seria menor do que os demais usos, uma vez que a remuneração desse tipo de uso é relativamente menor do que a dos demais. Além disso, no processo de transição, floresta plantada é a última categoria a ser convertida.

As regiões com as maiores áreas desmatadas seriam, consequentemente, aquelas com maior crescimento das áreas de pastagem e lavoura, essa última destinada principalmente à expansão da soja. Somente a região do PA_Amazônia seria responsável por menos 6,7 Mha de floresta natural, e a região MT_Amazônia por menos 5,2 Mha. Ambas as regiões apresentariam os maiores aumentos de área de pastagem, visto que são importantes produtoras do setor de bovinos. Além das áreas de pastagem, a região MT_Amazônia também expandiria significativamente as áreas de lavoura em detrimento da plantação de soja, assim como a região MT_Cerrado, responsável por 3,7 Mha de área desmatada.

Essas duas regiões do estado de Mato Grosso são as principais produtoras de soja no Brasil. Nesses casos, o cenário aponta que a expansão da pecuária e da produção de soja avançaria sobre a floresta natural sob a forma de desmatamento. No entanto, vale destacar que

Impactos econômicos e ambientais
de uma política de desmatamento zero e reflorestamento
na região do arco do desmatamento

não é somente o crescimento desses dois setores que implica conversão de floresta no modelo BLUME. Outros mecanismos também são importantes, como as relações intersetoriais e de comércio exterior, que também exerceriam influência na conversão de terra nas regiões.

Cenário de desmatamento zero e reflorestamento

A meta brasileira, definida durante a COP 21 em 2015, é reduzir a emissão de gases de efeito estufa em 37% até 2025 e 43% até 2030, em relação aos níveis de 2005, zerando o desmatamento ilegal e promovendo a recuperação de 12 Mha de vegetação nativa até 2030 (INDC, 2015). Dada a ambição dessas metas, foi elaborado o Planaveg (BRASIL, 2017), que objetiva a implementação e o fortalecimento de diversas boas práticas na agropecuária e políticas para a recuperação da vegetação nativa em um mínimo de 12 milhões de hectares até 2030.

Portanto, propõe-se, nesta pesquisa, avaliar os impactos econômicos e ambientais de uma política que, além de zerar o desmatamento produtivo, promova o reflorestamento de 12 Mha, em conformidade com o Planaveg (BRASIL, 2017). Considerando os mecanismos de alocação de terra discutidos na seção metodológica, um choque de aumento de área de floresta natural tende primeiro a diminuir as áreas de pastagens para posteriormente converter as áreas agrícolas e de floresta plantada. No entanto, não é possível inferir que o modelo projete um cenário de recuperação de pastagem, sendo possível dizer somente que novas áreas de floresta natural estão crescendo em áreas de pastagens. Para ser capaz de analisar os impactos da recuperação de

Impactos econômicos e ambientais
de uma política de desmatamento zero e reflorestamento
na região do arco do desmatamento

pastagem, o modelo precisaria diferenciar as pastagens em diferentes graus de degradação, como o estudo de Lima (2017).

O choque de desmatamento zero ocorre em todas as regiões dos biomas Amazônia e Cerrado, e o choque de reflorestamento somente nas regiões que fazem parte do arco do desmatamento. Esse termo é utilizado para se referir às áreas onde historicamente ocorrem as maiores taxas de desmatamento e alterações do solo, havendo, portanto, áreas aptas a serem recuperadas. No modelo BLUME, as regiões pertencentes ao arco do desmatamento são as seguintes: AC_Amazônia (1), RO_Amazônia (38), MT_Amazônia (23), MT_Cerrado (24), TO_Amazônia (47), PA_Amazônia (26), MA_Amazônia (14), MA_Cerrado (16) e parte da AM_Amazônia (4).

Resultados macroeconômicos

É esperado que a política de restrição de terra e o aumento de áreas florestais gerem perdas econômicas regionais, principalmente nos biomas Amazônia e Cerrado. Observa-se uma queda do PIB anual no cenário de restrição de terra e reflorestamento, quando comparado ao cenário de referência, em ambos os biomas, o que implica diminuição das atividades e retração econômica.

Na tabela 4 estão os resultados regionais dos principais indicadores macroeconômicos no cenário de desmatamento zero e reflorestamento. Esses resultados são reportados como o desvio percentual acumulado (2021-2040) em relação ao cenário de referência. Em termos nacionais, a política provocaria uma queda no PIB de -1,9% no acumulado do período. Em termos regionais, observa-se uma possível queda do

Impactos econômicos e ambientais
de uma política de desmatamento zero e reflorestamento
na região do arco do desmatamento

PIB em praticamente todas as regiões do modelo, com impacto maior nos biomas Amazônia e Cerrado e nas regiões que fazem parte do arco do desmatamento, em especial MT_Cerrado (-5,7%) e MT_Amazônia (-5,5%). A região BA_Cerrado seria a mais impactada negativamente pelas políticas, com queda de -6,8%, o que significa que, em vez de obter um crescimento acumulado de 82% entre 2021 e 2040, a região teria um crescimento de 75,2%. Isso se justifica pelo fato de a região BA_Cerrado ser altamente dependente da agropecuária e as regiões MT_Cerrado e MT_Amazônia serem importantes produtoras de soja e bovinos e dependentes do fator de produção terra.

Tabela 4. Resultados dos agregados regionais da política de desmatamento zero e reflorestamento – (desvio acumulado % em relação ao cenário de referência)

Bioma	Estado	PIB regional	Consumo das famílias	Gastos do Governo	Investimento	Emprego	Exportação	Importação
Amazônia	AC	-4,40	-3,77	-3,77	-7,30	-4,01	1,46	-5,06
	AP	-2,43	-2,37	-2,37	-4,87	-2,62	0,99	-3,12
	AM	-2,26	-2,24	-2,24	-4,59	-2,49	0,39	-2,88
	MA	-2,60	-2,42	-2,42	-4,90	-2,67	0,18	-3,37
	MT	-5,50	-4,33	-4,33	-6,68	-4,58	0,34	-5,35
	PA	-3,31	-3,01	-3,01	-5,40	-3,26	-0,28	-3,63
	RO	-4,16	-3,51	-3,51	-6,63	-3,76	0,42	-4,56
	RR	-2,87	-2,60	-2,60	-5,54	-2,85	0,47	-3,77
	TO	-4,37	-2,34	-2,34	-5,13	-2,59	0,35	-3,68
Caatinga (Cont...)	AL	-1,40	-1,44	-1,44	-3,53	-1,69	0,39	-2,13
	BA	-0,49	-0,62	-0,62	-2,04	-0,87	0,94	-1,26
	CE	-1,95	-1,97	-1,97	-3,95	-2,22	-0,19	-2,72
	MA	-0,74	-1,02	-1,02	-2,81	-1,27	0,39	-1,47
	MG	-0,14	-0,68	-0,68	-1,27	-0,93	0,43	-0,96
	PB	-1,30	-1,35	-1,35	-3,32	-1,60	0,41	-1,98
	PE	-0,80	-0,87	-0,87	-2,56	-1,13	-0,26	-1,55

(Continua)

Impactos econômicos e ambientais
de uma política de desmatamento zero e reflorestamento
na região do arco do desmatamento

(Continuação)

Bioma	Estado	PIB regional	Consumo das famílias	Gastos do Governo	Investimento	Emprego	Exportação	Importação
(Cont...) Caatinga	PI	-0,75	-0,93	-0,93	-2,28	-1,18	0,40	-1,41
	RN	-1,39	-1,54	-1,54	-3,44	-1,79	0,98	-2,17
	SE	-0,94	-1,01	-1,01	-3,24	-1,26	0,98	-1,71
Cerrado	BA	-6,76	-4,61	-4,61	-10,00	-4,86	1,01	-7,16
	DF	-2,41	-2,44	-2,44	-4,87	-2,69	0,97	-3,57
	GO	-2,60	-2,48	-2,48	-4,61	-2,73	0,46	-3,22
	MA	-3,49	-2,96	-2,96	-5,83	-3,21	1,00	-3,80
	MT	-5,71	-4,43	-4,43	-10,07	-4,67	0,19	-6,62
	MS	-1,81	-1,62	-1,62	-2,86	-1,87	0,64	-2,18
	MG	-3,03	-2,67	-2,67	-5,37	-2,92	1,73	-3,52
	PR	-3,14	-2,15	-2,15	-5,18	-2,40	0,42	-3,07
	PI	-2,36	-2,38	-2,38	-4,39	-2,64	0,42	-3,18
	SP	-2,28	-2,25	-2,25	-4,66	-2,50	1,03	-3,01
	TO	-3,38	-2,89	-2,89	-5,70	-3,14	0,32	-4,18
Mata Atlântica	AL	-2,05	-2,08	-2,08	-4,20	-2,33	1,78	-2,83
	BA	-1,88	-1,97	-1,97	-3,91	-2,23	0,13	-2,57
	ES	-1,20	-1,28	-1,28	-2,64	-1,53	0,35	-1,82
	GO	-0,69	-1,25	-1,25	-1,40	-1,50	0,44	-1,44
	MS	0,07	-0,56	-0,56	0,48	-0,82	0,58	-0,35
	MG	-1,64	-1,77	-1,77	-3,59	-2,02	0,73	-2,43
	PB	-2,22	-2,16	-2,16	-4,44	-2,41	0,93	-3,03
	PR	-1,07	-1,20	-1,20	-2,43	-1,45	0,11	-1,79
	PE	-2,19	-2,15	-2,15	-4,38	-2,40	1,39	-2,94
	RJ	-1,82	-1,93	-1,93	-4,08	-2,19	1,14	-2,56
	RN	-2,01	-2,04	-2,04	-4,06	-2,29	-0,21	-2,76
	RS	-0,57	-0,71	-0,71	-1,56	-0,96	0,94	-1,30
	SC	-1,25	-1,33	-1,33	-2,96	-1,59	-0,22	-2,03
	SP	-1,66	-1,74	-1,74	-3,75	-2,00	0,52	-2,47
	SE	-1,96	-2,07	-2,07	-4,10	-2,32	-2,43	-2,65
Pampa	RS	-0,83	-1,00	-1,00	-2,03	-1,25	0,28	-1,44
Pantanal	MT	0,87	-0,68	-0,68	1,25	-0,93	1,92	0,20
	MS	0,84	-0,29	-0,29	0,33	-0,55	1,22	-0,34

Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.

Impactos econômicos e ambientais
de uma política de desmatamento zero e reflorestamento
na região do arco do desmatamento

Somente as regiões MS_Mata Atlântica, MT_Pantanal e MS_Pantanal seriam impactadas positivamente pela política. As variações positivas do PIB seriam conduzidas principalmente pelo aumento das exportações e dos investimentos. Destaca-se também que a redução no investimento seria o maior impulsionador da queda do PIB em todas as regiões do modelo, com destaque para as quedas de -10% nas regiões BA_Cerrado e MT_Cerrado.

Com relação ao PIB dos biomas, a Amazônia apresentaria a maior queda, -3,5% em relação ao cenário de referência, enquanto o Cerrado apresentaria queda de -2,8%. Vale destacar que sete das nove regiões consideradas como pertencentes ao arco do desmatamento fazem parte do bioma Amazônia, logo, o choque de reflorestamento impactaria mais esse bioma. Em termos estaduais, Mato Grosso, Acre e Rondônia são os estados que sofreriam maior perda econômica com a política, com quedas no PIB de -5,5%, -4,4% e -4,2%, respectivamente, em relação ao cenário de referência. O Mato Grosso é o principal estado produtor de soja e bovinos, com 28% da produção nacional de soja e 13,5% de bovinos. Dessa forma, uma política de alteração no uso da terra tende a impactar mais os estados com maior dependência da agropecuária e do fator de produção terra, como no caso do Mato Grosso.

A queda do PIB viria acompanhada de retração econômica, perda que pode ser mensurada em termos de despesa do PIB. A nível nacional, os dados indicam uma diminuição do PIB de -1,8% em 2040 em relação ao cenário de referência. Isso significa que em vez de o Brasil ter um crescimento de 2,2% em 2040, esse aumento seria

Impactos econômicos e ambientais de uma política de desmatamento zero e reflorestamento na região do arco do desmatamento

de 2% com a implementação da política. Os custos econômicos em termos do PIB chegariam a R\$ 147 bilhões no acumulado de 2021 a 2040 para o Brasil, o que equivaleria a 0,1% das despesas totais projetadas para o período.

Com relação aos biomas, os custos econômicos da implementação da política seriam maiores no bioma Cerrado, na ordem de R\$ 38 bilhões no acumulado entre 2021 e 2040. Esse valor equivaleria a 0,16% da despesa total do PIB projetada para o bioma. Já a Amazônia teria uma perda de R\$ 14,5 bilhões no acumulado do período, que equivaleria a 0,2% da despesa total do PIB projetada para o bioma.

Uma forma de compensar esses custos da política seria aumentar os investimentos nos setores agropecuários. O investimento anual de 2,3% do PIB das regiões nesses setores seria necessário para financiar esse cenário: o montante investido seria de R\$ 225 bilhões nos biomas Amazônia e Cerrado, de 2021 a 2040, equivalente a uma média de R\$ 11,6 bilhões anualmente.

Resultados setoriais

Na tabela 5 estão os resultados das variações do nível de atividade dos setores agropecuários, por região, no cenário de desmatamento zero e reflorestamento. Os resultados devem ser entendidos como a variação em relação ao cenário de referência. Observa-se que a política, ao restringir as possibilidades de conversão de florestas para uso produtivo na agropecuária, provoca um impacto negativo na atividade agrícola,

Impactos econômicos e ambientais
de uma política de desmatamento zero e reflorestamento
na região do arco do desmatamento

principalmente das regiões dos biomas Amazônia e Cerrado. Esse impacto é mais intenso nos setores da pecuária em ambos os biomas. Isso ocorre porque os setores de soja e bovinos são altamente intensivos em terra. Ao impedir a abertura de novas áreas florestais, os setores tendem a diminuir a produção. Além disso, o processo de reflorestamento ocorreria primeiro sobre as áreas de pastagens, impactando negativamente a produção dos setores. O setor de bovinos apresentaria uma queda de -22% na região BA_Cerrado e -20% em MT_Cerrado, se comparado com o cenário de referência. MT_Cerrado, por sua vez, apresentaria a maior queda na produção de soja, de -10%, ou seja, em vez de crescer 98% no acumulado do período, o setor de soja cresceria 88% com a implementação da política.

O impacto positivo observado nas regiões dos demais biomas se deve ao fato de que elas não enfrentariam o aumento dos custos de produção decorrente da restrição da terra. Dessa forma, ocorreria um deslocamento relativo das atividades produtivas em direção a essas regiões. É interessante observar que as regiões dos biomas Caatinga e Pantanal são as que apresentariam os maiores aumentos na produção dos setores, no entanto, muitos desses setores não são representativos na região. O setor mais importante no bioma Caatinga é o de frutas cítricas, responsável por 43% da produção nacional. Vale lembrar que o processo de transição do modelo não consegue capturar a qualidade de terras disponíveis para conversão, ele se baseia na quantidade de terra disponível, na estrutura produtiva e nas relações intersetoriais e inter-regionais.

Tabela 5. Variação da atividade setorial por região no cenário de desmatamento zero e reflorestamento – Brasil —
(desvio acumulado % em relação ao cenário de referência)

Bioma	Região	Arroz	Trigo e outros cereais	Milho em grão	Algodão e outras fibras	Cana-de-açúcar	Soja em grão	Mandioca	Fumo em Folha	Frutas Cítricas	Feijão em Grão	Outros Temporários	Laranja	Café em grão	Outros Permanentes	Bovinos	Outros Animais	Leite de Vaca	Leite de Outros Animais	Suínos	Silvicultura	Extração Vegetal
Amazônia	AC_AM	-9,5	-17,5	-12,9	7,6	-1,7	-17,8	-16,2	-0,8	-4,8	-24,3	-8,5	-8,2	-20,9	-2,9	-19,8	-14,4	-26,7	-7,2	-24,7	-17,3	-9,4
	AP_AM	-2,3	-5,1	0,1	1,7	-1,0	-2,2	-2,5	-2,0	-2,2	-5,1	-0,8	1,4	-3,2	-1,5	-3,3	-5,0	-6,0	-0,6	-6,8	-7,8	-4,1
	AM_AM	-3,5	-6,2	0,9	0,5	-3,6	-3,5	-3,8	-2,4	-2,3	-8,7	-1,9	-1,5	-5,4	0,1	-3,2	-6,0	-11,1	-1,8	-9,1	-7,1	-4,8
	MA_AM	-8,6	-13,9	-11,4	-8,8	-8,3	-13,2	-11,2	-5,9	-3,6	-17,6	-9,0	-12,2	-12,8	-10,0	-13,3	-11,2	-17,2	-6,0	-16,0	-8,3	-3,3
	MT_AM	-6,2	-6,4	-4,5	0,0	-4,9	-4,1	-4,2	-2,4	-2,0	-4,0	-7,2	-0,1	-7,2	0,3	-19,8	-15,9	-25,9	-9,8	-26,2	-5,8	0,1
	PA_AM	-7,2	-9,7	-7,7	-3,7	-1,0	-8,6	-7,4	-3,6	-3,1	-14,3	-2,0	-2,3	-9,6	-7,9	-16,6	-12,1	-22,0	-7,3	-20,5	-9,7	-3,4
	RO_AM	-7,5	-7,8	-6,6	-1,5	-4,3	-5,8	-5,4	-2,9	-2,9	-11,6	-2,1	-2,4	-9,2	-2,3	-14,7	-13,2	-22,3	-6,7	-18,2	-17,1	-6,1
	RR_AM	-12,0	-12,2	-9,7	-6,7	-2,9	-11,7	-9,1	-6,0	-3,0	-12,6	-8,4	-3,6	-11,4	-0,9	-10,7	-8,4	-15,3	-1,6	-13,7	-12,4	-7,0
	TO_AM	-3,8	-6,9	-4,7	-0,7	-2,1	-4,6	-3,3	-2,7	-2,2	-9,3	-0,6	-4,8	-5,2	-2,3	-7,5	-7,7	-11,2	-2,0	-8,4	-19,2	-5,7
	AL_CA	-3,9	-4,4	-1,5	7,1	-3,2	-2,2	-2,5	-2,6	-2,5	-4,3	-4,9	-3,0	-3,0	0,3	9,7	-0,5	3,1	2,4	3,3	-2,6	-0,8
Caatinga	BA_CA	-0,2	-1,0	3,3	8,7	0,4	2,5	1,0	-0,4	-1,0	0,3	0,2	1,5	0,9	-0,6	12,8	0,9	5,8	3,4	5,9	-0,6	0,8
	CE_CA	0,2	-0,5	3,7	8,7	1,2	3,0	1,3	-0,4	-1,2	0,9	-0,3	1,8	1,5	0,2	14,9	1,1	6,6	3,9	6,5	-0,3	1,1
	MA_CA	0,6	-0,1	5,2	7,2	1,5	4,8	2,4	-0,3	-0,9	2,5	0,0	2,5	2,6	0,7	21,8	1,8	11,7	4,7	10,7	-0,7	1,2
	MG_CA	0,3	-0,7	3,4	9,2	0,8	3,5	1,9	-0,5	-0,8	1,1	-0,4	1,9	1,7	0,6	10,1	0,4	4,5	3,1	5,2	-0,9	1,2
	PB_CA	-0,3	-1,1	3,0	7,6	0,1	1,9	0,7	-0,7	-1,3	-0,1	-0,2	1,6	0,6	0,4	14,7	1,1	6,7	3,7	7,2	-0,6	0,9
	PE_CA	-0,2	-1,1	3,3	7,3	0,2	2,0	0,7	-0,7	-1,0	0,0	-0,6	1,1	0,5	-0,4	14,0	1,0	6,5	3,6	6,6	-0,5	1,0
	PI_CA	0,5	-0,1	4,3	8,9	1,8	3,7	2,1	-0,3	-0,9	1,7	0,1	1,8	2,0	0,6	15,2	1,5	7,3	4,0	7,5	-0,4	1,2
	RN_CA	0,1	-0,9	3,5	8,7	0,2	2,6	1,2	-0,6	-1,3	0,3	-0,8	1,0	1,1	-0,1	16,8	1,4	8,4	4,0	8,5	-0,4	1,0
	SE_CA	-2,5	-3,0	0,9	2,4	-1,2	0,1	-0,8	-1,5	-1,7	-2,5	-3,1	-0,2	-1,2	-4,2	8,7	-0,9	2,1	2,1	3,0	-2,7	-0,3
	BA_CE	-6,3	-10,9	-10,3	-5,0	-0,8	-10,0	-8,5	-1,0	-2,9	-9,7	-19,1	-9,4	-8,2	-14,9	-22,0	-15,6	-27,0	-7,8	-25,9	-6,9	-2,4
Cerrado	DF_CE	-6,4	-7,6	-5,0	-0,9	-4,9	-4,4	-1,4	-2,7	-2,1	-4,3	-9,1	-2,7	-4,3	-6,7	-17,0	-13,6	-18,1	-7,1	-21,8	-4,7	-0,3
	GO_CE	-4,2	-5,0	-1,8	2,0	-3,5	-1,4	-1,0	-1,0	-1,5	-2,0	-1,4	-2,2	-1,9	-6,4	-9,2	-8,9	-11,4	-3,4	-13,4	-2,0	0,9
	MA_CE	-3,4	-7,1	-4,8	-0,4	-6,5	-5,0	-4,4	-2,5	-1,8	-8,7	-4,7	-3,9	-5,4	-2,1	-15,1	-11,2	-22,3	-4,7	-18,9	-13,4	-5,8
	MT_CE	-10,7	-10,7	-9,9	-5,2	-10,5	-9,4	-7,9	-4,1	-2,5	-8,9	-10,9	-6,0	-12,5	-1,6	-20,2	-15,2	-24,1	-10,1	-25,2	-10,3	-1,0
	MS_CE	-3,0	-3,7	-0,4	3,2	-2,3	-0,1	-0,2	-1,5	-1,4	-1,5	-5,0	-1,2	-1,3	-4,6	-5,7	-6,5	-8,3	-2,0	-9,5	-4,3	0,5
	MG_CE	-4,9	-7,1	-4,3	-0,2	-5,2	-3,8	-2,7	-1,1	-1,8	-4,7	-4,7	-4,5	-4,3	-3,3	-9,4	-9,2	-12,5	-3,7	-15,4	-2,3	0,4
	PR_CE	-6,1	-8,1	-6,1	-2,7	-7,2	-5,7	-5,0	-3,6	-2,0	-5,9	-11,7	-6,6	-6,3	-5,3	-14,8	-14,5	-17,0	-10,8	-19,4	-2,7	0,8
	PI_CE	-3,3	-4,4	-1,4	2,8	-3,3	-1,3	-0,8	-1,5	-1,3	-4,5	-8,1	-1,1	-2,4	-0,9	-10,0	-8,7	-17,6	-1,6	-14,4	-12,7	-3,3
	SP_CE	-5,1	-5,9	-3,1	0,0	-4,5	-2,8	0,2	-2,3	-1,6	-3,7	-0,2	-3,6	-3,4	-8,1	-7,1	-8,1	-9,4	-5,0	-11,0	-1,7	1,1
	TO_CE	-6,6	-7,1	-5,1	-0,4	-6,2	-4,8	-3,8	-2,5	-1,8	-7,0	-3,0	-3,8	-5,5	-4,6	-11,4	-9,5	-17,3	-2,5	-14,2	-15,7	-6,8
Mata Atlântica	AL_MA	-0,6	-1,9	2,1	3,7	-1,0	1,4	0,2	-0,9	-1,6	-0,9	0,0	1,6	0,0	-2,6	9,5	-0,1	5,1	3,1	3,0	-1,4	0,8
	BA_MA	-0,4	-0,9	3,2	5,5	0,6	3,0	1,0	-0,3	-1,2	0,7	0,2	2,3	1,3	0,1	8,1	-0,1	4,5	3,0	3,7	-0,5	1,1
	ES_MA	-0,3	-1,0	3,7	5,3	0,4	2,8	1,4	-0,7	-1,1	0,6	0,2	2,4	1,1	-1,2	7,8	0,0	3,5	2,8	2,1	-0,8	1,2
	GO_MA	-0,8	-1,2	2,5	5,3	0,0	2,6	1,1	-0,8	-0,9	1,4	-2,2	1,2	1,1	-1,9	6,9	-0,4	3,4	2,4	3,7	-0,9	1,1
	MS_MA	-0,4	-0,9	2,9	5,8	0,3	3,0	2,2	-0,7	-1,1	1,8	-0,8	1,5	1,2	-1,6	5,2	-0,7	1,9	2,2	1,9	-0,8	1,3
	MG_MA	-0,4	-1,1	2,7	5,2	0,5	2,6	1,4	0,1	-1,0	0,3	-0,6	1,4	1,0	-0,1	8,5	0,2	3,4	2,8	1,9	-0,6	1,3
	PB_MA	-1,0	-1,5	2,8	8,3	-0,6	1,9	0,4	-0,8	-1,4	-0,5	0,4	1,5	0,5	-2,1	10,4	-0,2	5,0	2,9	5,0	-0,8	1,0
	PR_MA	-0,4	-0,8	2,4	5,1	0,3	2,5	1,7	-0,6	-1,0	0,7	-0,2	1,2	1,2	-0,8	7,4	0,3	2,7	2,7	1,8	-0,4	1,2
	PE_MA	-1,0	-1,5	3,2	4,2	-0,4	2,0	0,4	-0,8	-1,4	-0,4	-0,2	1,8	0,5	-0,1	10,2	-0,4	4,7	3,0	4,3	-1,2	0,8
	RJ_MA	-0,8	-1,1	2,5	4,6	0,4	2,3	1,3	-0,6	-1,0	0,2	0,4	1,6	0,8	-1,4	8,6	-0,2	4,1	3,1	3,9	-0,4	1,5
	RN_MA	-0,1	-0,6	3,6	5,2	0,5	3,1	1,6	-0,5	-1,4	1,0	-0,4	1,4	1,5	-0,7	14,5	0,7	8,0	4,0	7,6	-0,5	1,2
	RS_MA	-0,1	-0,6	3,1	5,2	2,0	3,0	1,5	-0,6	-1,0	1,2	-0,2	2,4	1,5	0,0	11,0	1,1	4,6	3,6	4,5	-0,4	1,4
	SC_MA	0,1	-0,4	3,4	5,2	1,9	3,1	1,5	-0,4	-0,9	1,1	0,1	2,0	1,5	-0,5	11,2	1,2	4,6	3,6	3,9	-0,4	1,2
	SP_MA	-0,6	-1,0	2,7	5,3	0,2	2,7	2,1	-0,7	-0,6	1,1	0,4	1,1	1,3	-1,4	8,2	0,2	4,3	3,0	2,8	-0,5	1,4
	SE_MA	-0,7	-1,6	2,1	4,5	-0,5	2,0	0,5	-0,6	-1,4	-0,5	0,1	1,3	0,5	-2,5	8,2	-0,6	3,2	2,4	3,0	-1,0	0,5
Pampa	RS_PP	0,2	-0,2	3,7	5,9	2,1	3,3	2,1	-0,5	-1,0	1,9	0,1	2,0	1,9	0,3	9,5	1,2	5,9	3,7	5,4	-0,3	1,3
Pantanal	MT_PT	0,6	0,0	4,9	7,2	2,2	4,7	2,8	-0,5	-1,0	2,7	0,6	2,5	2,6	-0,1	13,6	1,6	8,2	4,3	7,8	-0,2	1,3
	MS_PT	0,4	-0,1	4,4	6,7	2,5	4,2	2,6	-0,4	-0,7	2,3	0,5	2,2	2,4	-0,2	11,7	1,6	7,7	4,2	8,3	-0,6	1,3

Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.

*Os valores negativos dessa tabela ocorrem em regiões cuja produção setorial do respectivo item é muito pequena.

Impactos econômicos e ambientais
de uma política de desmatamento zero e reflorestamento
na região do arco do desmatamento

Impactos econômicos e ambientais
de uma política de desmatamento zero e reflorestamento
na região do arco do desmatamento

Resultados da mudança do uso da terra e emissões

Devido ao mecanismo de transição da terra do modelo BLUME, é de se esperar que as áreas de pastagem sejam primeiramente convertidas e conseqüentemente mais impactadas. Logo, a política de desmatamento zero impediria o aumento das pastagens e a política de reflorestamento converteria terras de pastagem em floresta natural. Logo, ambas as políticas combinadas diminuiriam significativamente as áreas de pastagem,

Em termos regionais, o cenário de desmatamento zero e reflorestamento geraria um aumento do desmatamento em algumas regiões dos biomas Caatinga e Mata Atlântica, com destaque para a região BA_Caatinga, que apresentaria a maior quantidade de área perdida de floresta natural, claramente em detrimento da pastagem. Essa região é a maior produtora do setor de outros animais, com 12% da produção nacional, além de ter estrutura produtiva dependente da agricultura e pecuária. Além disso, BA_Caatinga apresenta uma das menores variações no preço da terra dos setores pecuários, incentivando o aumento do uso produtivo dessas áreas. A região é ainda a terceira com a maior quantidade de área disponível para conversão, o que também explica o impacto da política. No gráfico 4 encontram-se os resultados da variação dos diferentes tipos de usos da terra (em Mha) por regiões do modelo BLUME.

A região RS_Pampa exibiria o maior aumento de áreas de lavoura, 2 Mha no acumulado do período. Essa área é a maior produtora nacional de arroz e tem importante participação nacional na produção de fumo em folhas, trigo e outros animais. A região MG_Cerrado apresentaria a maior expansão de terras destinadas a floresta plantada. Ela

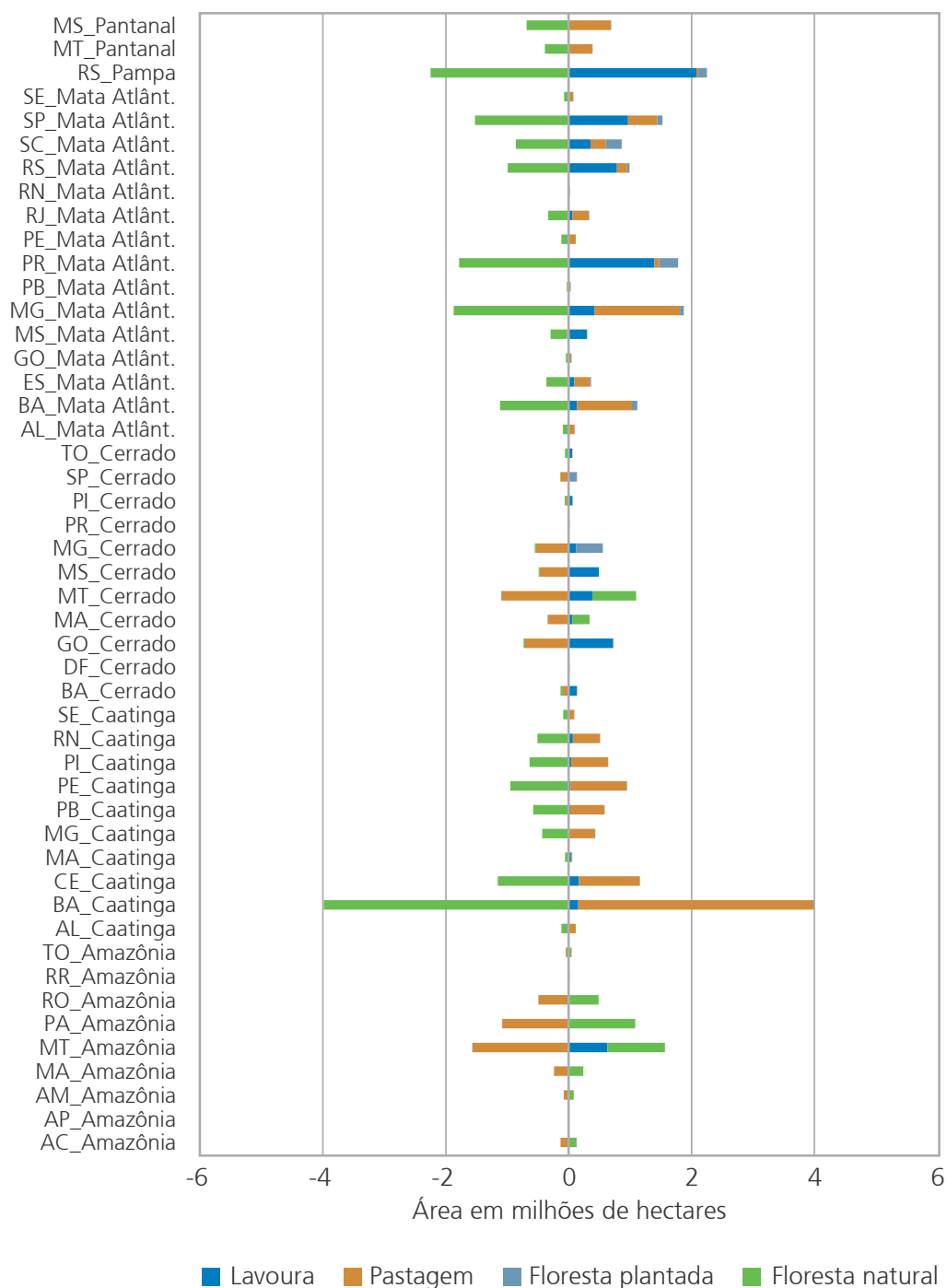
Impactos econômicos e ambientais
de uma política de desmatamento zero e reflorestamento
na região do arco do desmatamento

é uma importante produtora nacional do setor de silvicultura, com 9,6% da produção nacional. Todas as regiões do arco do desmatamento (AC_Amazônia, RO_Amazônia, MT_Amazônia, MT_Cerrado, TO_Amazônia, PA_Amazônia, MA_Amazônia, MA_Cerrado, AM_Amazônia) apresentariam queda da pastagem e aumento praticamente proporcional de floresta natural. Somente em MT_Amazônia e MT_Cerrado a queda da pastagem ocorreria em detrimento também do aumento da lavoura, justificado pela expressiva produção de soja nas regiões. A região MT_Cerrado exibiria a maior queda da pastagem, 1,6 Mha no acumulado de 2021 a 2040.

Com relação às emissões, o cenário de desmatamento zero e reflorestamento provocaria uma queda considerável das emissões do setor LULUCF, se comparado com o cenário de referência. Como observado no gráfico 5, no acumulado de 2021 a 2040, as emissões totais chegariam a 3.884.725 Gg de CO₂eq, uma redução de 22% das emissões em relação ao cenário de referência. As transições da floresta natural apresentariam as maiores quedas nas emissões, totalizando 1.078.707 Gg de CO₂eq a menos na atmosfera, no acumulado, em relação ao cenário de referência, no setor LULUCF. Isso quer dizer que a política evitaria que 1.078.707 Gg de CO₂eq fossem emitidos no acumulado do período, o que equivaleria a quase quatro vezes o total líquido emitido pelo setor no ano de 2015.

Impactos econômicos e ambientais de uma política de desmatamento zero e reflorestamento na região do arco do desmatamento

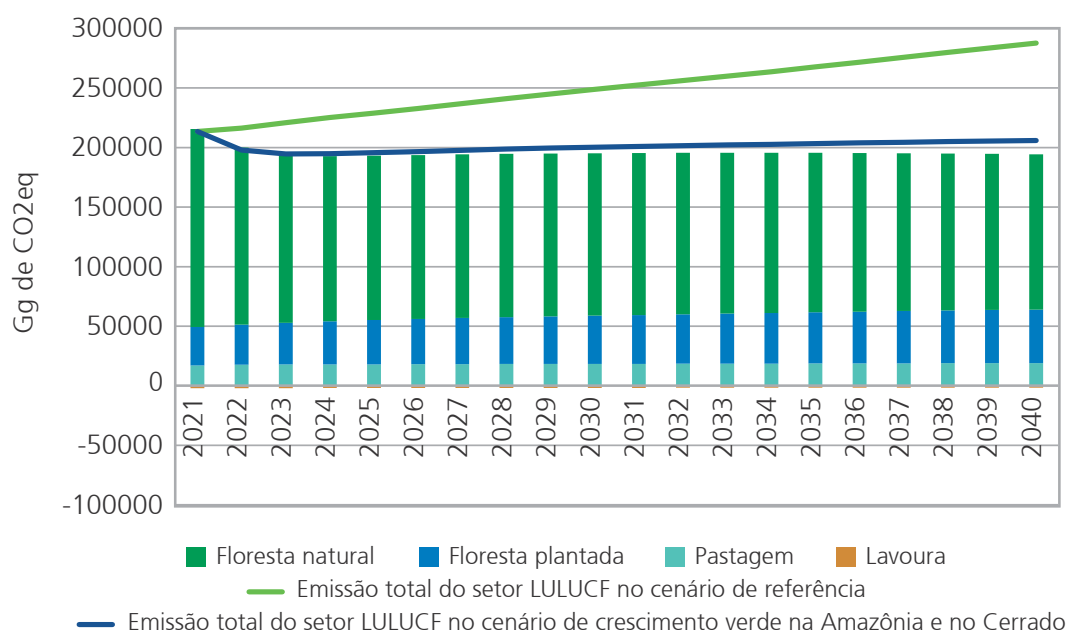
Gráfico 4. Variação do uso da terra de acordo com categoria de uso e região no cenário de desmatamento zero e reflorestamento – acumulado de 2021 a 2040 (milhões de hectares)



Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.

Impactos econômicos e ambientais de uma política de desmatamento zero e reflorestamento na região do arco do desmatamento

Gráfico 5. Variação das emissões das mudanças do uso da terra por categoria de uso no cenário de desmatamento zero e reflorestamento – Brasil – anual de 2021 a 2040 (Gg de CO₂eq)



Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.

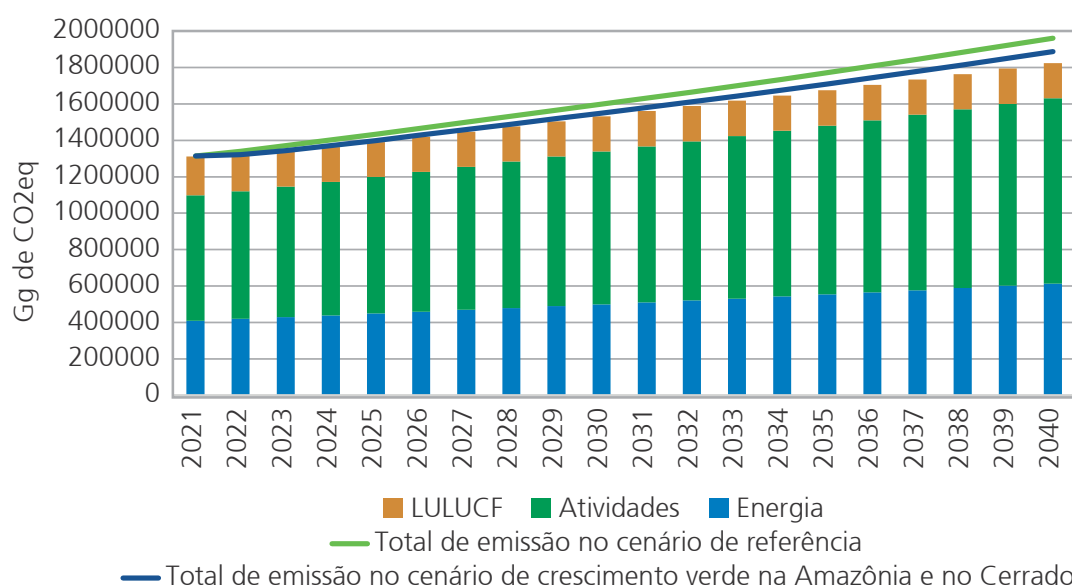
* Crescimento verde = desmatamento zero mais investimentos setoriais.

No que se refere às emissões totais, considerando os demais setores emissores, as projeções indicam uma emissão acumulada de 31.074.433 Gg de CO₂eq, o que equivaleria a uma média anual de 1.553.721 Gg de CO₂eq. O total das emissões anuais por setor consta no gráfico 6. Observa-se uma queda de 21% das emissões se comparado com o cenário de referência e de 1,3% em relação ao cenário de crescimento verde na Amazônia e no Cerrado. Essa queda seria impulsionada principalmente pela diminuição das emissões do setor LULUCF, visto que os demais setores apresentariam ligeiro aumento das emissões. O setor de combustíveis, por exemplo, passaria a emitir 0,46% a mais no acumulado do período, se comparado com o cenário de referência.

Impactos econômicos e ambientais de uma política de desmatamento zero e reflorestamento na região do arco do desmatamento

Além disso, as projeções indicam um total de 1.393.690 Gg de CO₂eq emitidos em 2025 e 1.535.372 Gg de CO₂eq em 2030. Dessa forma, a política de desmatamento zero com reflorestamento não faria com que o Brasil cumprisse a meta de emissões para o ano 2030, que é de 1.493.443 Gg de CO₂eq. Já a meta de 2025, que é reduzir as emissões para um total de 1.650.648 Gg de CO₂eq, seria alcançada. Porém, vale destacar que com essa política o Brasil chegaria muito mais perto de alcançar a meta, principalmente se aliado com as políticas de mitigação dos demais setores, como o Plano ABC+ do setor agropecuário.

Gráfico 6. Variação das emissões por setor emissor no cenário de desmatamento zero e reflorestamento – Brasil – anual de 2021 a 2040 (Gg de CO₂eq)



Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.

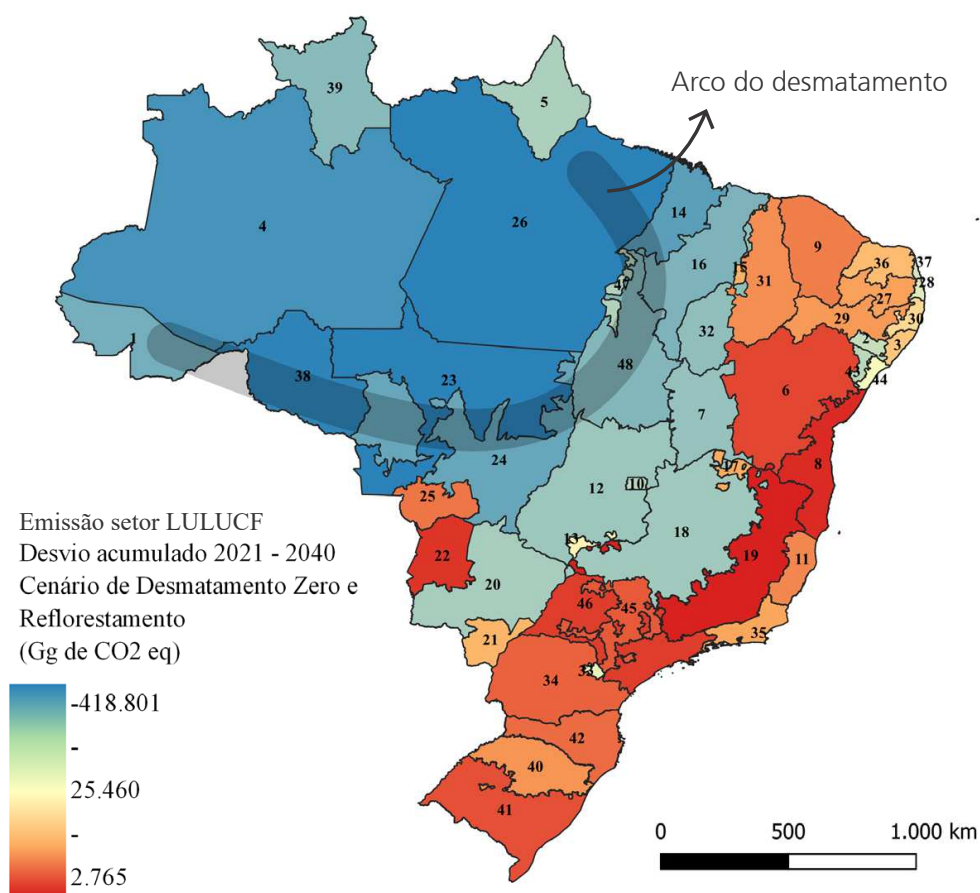
* Crescimento verde = desmatamento zero mais investimentos setoriais.

As emissões regionais estão apresentadas na figura 3, com as regiões MG_Mata Atlântica e BA_Mata Atlântica como as principais emisoras no acumulado de 2021 a 2040, se comparadas com o cenário

Impactos econômicos e ambientais de uma política de desmatamento zero e reflorestamento na região do arco do desmatamento

de referência, e a região PA_Amazônia como a que mais reduziria as emissões. A região PA_Amazônia deixaria de emitir 418.801 Gg de CO₂eq, ou seja, 15% a menos de CO₂ na atmosfera. As emissões das regiões BA_Mata Atlântica e MG_Mata Atlântica seriam responsáveis por 5.438 Gg de CO₂eq a mais na atmosfera, se comparadas com o cenário de referência. As regiões do arco do desmatamento evitariam, juntas, a emissão de 1.056.674 Gg de CO₂eq no acumulado.

Figura 3. Variação das emissões regionais do setor LULUCF no cenário de desmatamento zero e reflorestamento – (desvio acumulado % em relação ao cenário de referência) (Gg de CO₂eq)



Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.

CONCLUSÃO

O principal objetivo desta pesquisa foi analisar os impactos econômicos e ambientais de duas políticas brasileiras de mitigação, o desmatamento zero e o reflorestamento de 12 Mha. Procurou-se contribuir com a pauta dos impactos das políticas de mitigação adotadas pelo Brasil. Para tanto, foi construído um modelo de equilíbrio geral computável (EGC) dinâmico, inter-regional, denominado BLUME. Esse modelo incorpora um módulo de uso da terra e emissões integrados, capazes de capturar os processos de mudanças diretas e indiretas do uso do solo (LUC e ILUC) e de projetar não somente as emissões das mudanças do uso do solo, mas também dos demais setores emissores. Desse modo, este trabalho também contribui metodologicamente ao integrar as mudanças do uso do solo com as emissões totais da economia por bioma brasileiro, além de considerar a heterogeneidade regional a nível ambiental e de uso do solo.

O primeiro cenário simulado, chamado cenário de referência, projeta o crescimento da economia em uma situação *business-as-usual*, sem políticas de restrição ao uso da terra ou mitigação das emissões. Nesse cenário, os resultados apontaram que as regiões BA_Cerrado e MT_Amazônia teriam os maiores crescimentos do PIB no acumulado do período, impulsionados principalmente pelo aumento da produção de soja e bovinos. Nesse caso, projeta-se o desmatamento de 57 Mha de 2021 a 2040, com maior crescimento das áreas de pastagem. O desmatamento no bioma Amazônia seria de 18 Mha, com maior área perdida na região PA_Amazônia, e no bioma Cerrado seria de 20 Mha, com destaque para a região MT_Cerrado.

Impactos econômicos e ambientais
de uma política de desmatamento zero e reflorestamento
na região do arco do desmatamento

Os resultados parecem indicar um efeito indireto da soja e da pecuária sobre o desmatamento por meio de um processo de LUC e ILUC de transição do solo. A produção de soja pressionaria o deslocamento da produção de bovinos para novas áreas de floresta. As emissões do setor de mudança e alteração do uso do solo (LULUCF) chegariam a 5.008.217 Gg de CO₂eq no acumulado do período e as emissões totais, considerando os demais setores emissores, seriam de 32.441.933 Gg de CO₂eq.

Na simulação de política, além do desmatamento zero na Amazônia e no Cerrado, considerou-se o reflorestamento de 12 Mha nas regiões do arco do desmatamento até 2040. Ambas as políticas teriam um custo anual de R\$ 11,6 bilhões, que seria equivalente a 2,3% do PIB da região em investimentos nos setores agropecuários e suficiente para anular as perdas econômicas da política. Esse reflorestamento traria um ganho ambiental considerável visto que as emissões do setor LULUCF seriam 22% menores se comparadas com o cenário de referência (3.884.725 Gg de CO₂eq). É interessante observar que, ao promover o reflorestamento, o desmatamento nos demais biomas diminuiria, chegando a 17 Mha, 70% a menos que no cenário de referência. Isso ocorreria devido à diminuição do incentivo de abertura de novas áreas de pastagens.

De forma geral, os resultados indicam que as políticas simuladas seriam capazes de evitar parte das emissões nacionais. Com a implementação de investimentos, os setores agrícolas não somente compensariam a perda econômica da política de restrição de terra e reflorestamento, mas também apresentariam crescimento produtivo, com exceção dos setores da pecuária. Estes se mostraram altamente sensíveis às políticas

Impactos econômicos e ambientais
de uma política de desmatamento zero e reflorestamento
na região do arco do desmatamento

de controle ao desmatamento. Isso ocorre porque quanto maior a dependência do setor ou região ao fator de produção terra e quanto maior a participação da remuneração da terra sobre o PIB, maior o impacto de políticas que envolvam mudanças no uso do solo.

Portanto, essas regiões e esses setores precisariam de investimentos e estímulos econômicos diferenciados para conseguir conciliar crescimento econômico e conservação ambiental. Segundo Stabile e outros (2020), investimentos direcionados com o objetivo de aumentar a produtividade em propriedades de médio e grande porte, principalmente na pecuária, seriam suficientes para alcançar as metas de desenvolvimento agrícola do Brasil, sem novos desmatamentos. Os benefícios econômicos da intensificação da produção de carne em fazendas de médio e grande porte superam os investimentos necessários para tal. A assistência técnica também se faz importante para melhorar os resultados econômicos, sociais e ambientais da pequena agricultura familiar, visto que os pequenos agricultores ocupam uma grande área da Amazônia.

Além disso, os resultados apontam que, com as políticas simuladas, o Brasil alcançaria a meta de emissões definida durante a COP 21 para 2025 e chegaria muito perto de alcançar as metas para 2030. Estas últimas seriam facilmente alcançadas com as políticas de mitigação dos demais setores, como os programas do Plano ABC+ para o setor agropecuário. Para alcançar tais metas, é importante que as políticas contenham o desmatamento ilegal, eliminando a grilagem e a especulação de terras, além de reduzir o desmatamento legal em propriedades privadas. Estima-se que cerca de 28 Mha de florestas amazônicas em

Impactos econômicos e ambientais
de uma política de desmatamento zero e reflorestamento
na região do arco do desmatamento

propriedades privadas poderiam ser legalmente desmatadas de acordo com a legislação existente (STABILE *et al.*, 2020). Uma forma de evitar esse desmatamento seria por meio de compensações ambientais e pagamento por serviços ambientais como os REDDs.¹²

Vale destacar que os custos mensurados neste trabalho são baseados na perda que a política de desmatamento zero provocaria sobre o PIB das regiões, portanto, não são considerados os gastos institucionais para a implementação das políticas, entre outros valores administrativos. Assim, os custos apresentados aqui não devem ser interpretados como o montante final necessário para a implementação das políticas, mas sim uma estimativa do investimento direto necessário para promover o crescimento econômico com menores impactos ambientais. Tais investimentos poderiam ser financiados por programas como o Fundo Amazônia, Fundo Nacional sobre Mudança do Clima (FNMC), Plano ABC+ ou até mesmo uma parte dos investimentos públicos do Plano Safra poderia ser redirecionada para aumentar a produtividade agrícola e pecuária, como recomendado no estudo de Stabile e outros (2020).

¹² REDD+ é um incentivo desenvolvido no âmbito da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC) para recompensar financeiramente países em desenvolvimento por seus resultados na redução de emissões de gases de efeito estufa provenientes do desmatamento e da degradação florestal (REDD), considerando o papel da conservação de estoques de carbono florestal, manejo sustentável de florestas e aumento de estoques de carbono florestal.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, I. *et al.* *Análise das emissões brasileiras de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas de clima do Brasil 1970-2019*. [S. l.]: SEEG, 2020. Disponível em: https://seeg-br.s3.amazonaws.com/Documentos%20Analiticos/SEEG_8/SEEG8_DOC_ANALITICO_SINTESE_1990-2019.pdf. Acesso em: 31 out. 2022.
- AMBRIZZI, T.; ARAUJO, M. (ed.). *Base científica das mudanças climáticas: contribuição do grupo de trabalho 1 do painel brasileiro de mudanças climáticas ao primeiro relatório da avaliação nacional sobre mudanças climáticas*. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.
- ARAÚJO, C. *et al.* Property rights and deforestation in the Brazilian Amazon. *Ecological Economics*, Amsterdam, v. 68, n. 8-9, p. 2461-2468, 2009.
- BARBIERI, A. F. *et al.* Climate change and population migration in Brazil's Northeast: scenarios for 2025-2050. *Population and Environment*, Cham, v. 31, p. 344-370, 2010.
- BATEMAN, I. J., *et al.* Bringing ecosystem services into economic decision-making: land use in the United Kingdom. *Science*, Washington, DC, v. 341, n. 6141, p. 45-50, 2013.
- BRASIL. *Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012*. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 28 out. 2022.

Impactos econômicos e ambientais
de uma política de desmatamento zero e reflorestamento
na região do arco do desmatamento

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Projeções do agronegócio: Brasil 2018/19 a 2028/29: projeções de longo prazo*. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2019.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. *Quarto inventário brasileiro de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa*. Relatórios de referência: setor uso da terra, mudança do uso da terra e florestas (LULUCF). Brasília, DF: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente: *Planaveg: Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa*. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2017.

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

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

DESMATAMENTO da Mata Atlântica cresce quase 60% em um ano. *SOS Mata Atlântica*, Itu, 26 maio 2017. Disponível em: <https://www.sosma.org.br/noticias/desmatamento-da-mata-atlantica-cresce-quase-60-em-um-ano/>. Acesso em: 28 out. 2022.

DOMINGUES, E. P. *et al. Calibragem do modelo ORANIG para os dados da matriz de insumo-produto nacional (2005)*. Belo Horizonte: UFMG, 2009. Relatório Técnico de Pesquisa.

Impactos econômicos e ambientais
de uma política de desmatamento zero e reflorestamento
na região do arco do desmatamento

DOMINGUES, E. P. *et al.* *Repercussões setoriais e regionais da crise econômica de 2009 no Brasil: simulações em um modelo de equilíbrio geral computável de dinâmica recursiva*. Belo Horizonte: UFMG, 2010. (Texto para discussão, 390).

DOMINGUES, E. P.; MAGALHÃES, A. S.; RUIZ, R. M. Cenários de mudanças climáticas e agricultura no Brasil: impactos econômicos na região Nordeste. *Revista Econômica do Nordeste*, Fortaleza, v. 42, n. 2, p. 230-246, 2011.

FARIA, W. R. *Modelagem e avaliação de fenômenos relacionados ao uso da terra no Brasil*. 2012. Tese (Doutorado em Teoria Econômica) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

FERREIRA FILHO, J. B.; HORRIDGE, J. M. Climate change impacts on agricultural and internal migrations in Brazil. *In: ANNUAL CONFERENCE ON GLOBAL ECONOMIC ANALYSIS*, 13., 2010, Penang. *Proceedings* [...]. Penang: [s. n.], 2010. p. 1-21.

FERREIRA FILHO, J. B.; HORRIDGE, J. M. Endogenous land use and supply, and food security in Brazil. *In: ANNUAL CONFERENCE ON GLOBAL ECONOMIC ANALYSIS*, 15., 2012, Geneva. *Proceedings* [...]. Geneva: [s. n.], 2012. p. 1-18.

FERREIRA FILHO, J. B.; HORRIDGE, J. M. Ethanol expansion and indirect land use change in Brazil. *Land Use Policy*, Amsterdam, v. 36, p. 595-604, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S026483771300210X>. Acesso em: 31 out. 2022.

GASQUES, J. G.; BACCHI, M. R. P.; BASTOS, E. T. *Crescimento e produtividade da agricultura brasileira de 1975 a 2016*. Brasília, DF: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2018. (Carta de conjuntura, n. 38. Nota técnica IV). Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/publicacoes/carta-de-conjuntura>.

Impactos econômicos e ambientais
de uma política de desmatamento zero e reflorestamento
na região do arco do desmatamento

ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/conjuntura/180302_cc38_nt_crescimento_e_producao_da_agricultura_brasileira_1975_a_2016.pdf. Acesso em: 10 nov. 2022.

GOUVELLO, C. *et al.* *Estudo de baixo carbono para o Brasil*. Brasília, DF: Banco Mundial, 2010. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/proclima/wp-content/uploads/sites/36/2020/03/Estudo_Baixo_Carbono_Completo.pdf. Acesso em: 10 nov. 2022.

GAZZONI, D. L. *O impacto do uso da terra na sustentabilidade dos biocombustíveis*. Londrina: Embrapa Soja, 2014.

HAVLÍK, P. *et al.* Global land-use implications of first and second generation biofuel targets. *Energy Policy*, Oxford, v. 39, n. 10, p. 5690-5702, 2011.

HERTEL, T. W. *et al.* Modeling land-use related greenhouse gas sources and sinks and their mitigation potential. *Global Trade Analysis Project*, [s. l.], p. 1-41, 2008. (GTAP Working Paper, 44). Disponível em: <https://gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/9127.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2022.

HORRIDGE, J. M. *et al.* *GEMPACK Manual*. [S. l.]: GEMPACK Software, 2019. Disponível em: <https://www.copsmodels.com/gpmanual.htm>. Acesso em: 31 out. 2022.

HORRIDGE, J. M.; MADDEN, J.; WITTEWER, G. The impact of the 2002-2003 drought on Australia. *Journal of Policy Modeling*, Amsterdam, v. 27, n. 3, p. 285-308. 2005. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0161893805000128>. Acesso em: 31 out. 2022.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Projeção da população do Brasil e das Unidades da

Impactos econômicos e ambientais
de uma política de desmatamento zero e reflorestamento
na região do arco do desmatamento

Federação. IBGE, Rio de Janeiro, [200-]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>. Acesso em: 28 out. 2022.

IGLIORI, D. C. Deforestation, growth and agglomeration effects: evidence from agriculture in the Brazilian Amazon. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 34., 2006, Salvador. *Anais [...]*. Salvador: Anpec, 2006. p. 1-20.

INDC – INTENDED NATIONALLY DETERMINED CONTRIBUTION. Brazilian Government. *Intended Nationally Determined Contribution for Brazil*, 2015. Disponível em: <https://www4.unfccc.int/sites/submissions/indc/Submission%20Pages/submissions.aspx>. Acesso em: 1 nov. 2021.

KERR, S. *et al.* Carbon dynamics and land-use choices: building a regional-scale multidisciplinary model. *Journal of Environmental Management*, Amsterdam, v. 69, n. 1, p. 25-37, 2003.

LAPOLA, D. M. *et al.* Indirect land-use changes can overcome carbon savings from biofuels in Brazil. *PNAS*, [s. l.], v. 107, n. 8, p. 3388-3393, 2010.

LEE, H.-L. Incorporating agro-ecologically zoned land use data and land-based greenhouse gas emissions into the GTAP framework. In: ANNUAL CONFERENCE ON GLOBAL ECONOMIC ANALYSIS, 7., 2004, Washington, DC. *Anais [...]*. Washington, DC: [s. n.], 2004.

LIMA, C. Z. *Impacts of low carbon agriculture in Brazil: a CGE application*. 2017. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2017.

MACEDO, M. N. *et al.* Decoupling of deforestation and soy production in the southern Amazon during the late 2000s. *PNAS*, [s. l.], v. 109, n. 4, p. 1341-1346, 2012.

Impactos econômicos e ambientais
de uma política de desmatamento zero e reflorestamento
na região do arco do desmatamento

MAGALHÃES, A. S. *Economia de baixo carbono no Brasil: alternativas de políticas e custos de redução de emissões de gases de efeito estufa*. 2013. Tese (Doutorado em Economia) – Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

MAPBIOMAS. *Mapbiomas v. 7.0*. Versão 7.0. Brasília, DF: Mapbiomas, [2022?]. Disponível em: <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/>. Acesso em: 28 out. 2022.

MARTINS, G. *Diagnóstico sobre sistemas de dados agrícolas do Brasil para um sistema nacional de avaliação de danos e perdas por desastres na agricultura*. Brasília, DF: Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura, 2021.

MORAES, G. I. *Efeitos econômicos de cenários de mudança climática na agricultura brasileira: um exercício a partir de um modelo geral computável*. 2010. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2010.

OECD – ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. *OECD-FAO Agricultural Outlook 2015-2024*. OECD, Paris, [2015]. Disponível em: https://stats.oecd.org/viewhtml.aspx?datasetcode=HIGH_AGLINK_2015&lang=en. Acesso em: 28 out. 2022.

PALTSEV, S. *et al.* *The MIT Emissions Prediction and Policy Analysis (EPPA) Model: Version 4*. Cambridge: MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change, 2005. (Joint Program Report Series, 125).

PLANTINGA, A.; MAULDIN, T. A method for estimating the cost of CO₂ mitigation through afforestation. *Climatic Change*, Dordrecht, v. 49, p. 21-40, 2001.

Impactos econômicos e ambientais
de uma política de desmatamento zero e reflorestamento
na região do arco do desmatamento

ROSENBERG, E. *et al.* Health, climate and development in Brazil: a cross-section analysis. *SSRN*, Rochester, p. 1-63, 2020. (IDB Working Paper, 116).

SANDS, R. D.; KIM, M.-K. Modeling the Competition for Land: Methods and Application to Climate Policy. *Global Trade Analysis Project*, [s. l.], p. 1-34, 2008. (GTAP Working Paper, 45).

SCHULTZ, M. G. *et al.* Air pollution and climate-forcing impacts of a global hydrogen economy. *Science*, Washington, DC, v. 302, n. 5645, p. 624-627, 2003.

SILVA, J. G. *Essays on land-use change and greenhouse gas emissions in Brazil*. 2015. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

SOUZA, G. C. P. *Crescimento econômico, desmatamento e emissões de gases de efeito estufa: análises prospectivas para os biomas brasileiros numa perspectiva de sustentabilidade*. 2022. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022.

SOUZA, G. C. P.; DOMINGUES, E. P.; MAGALHAES, A. S. Regional economic impacts of greenhouse gas emission mitigation policies in Brazilian agriculture: the role of the degraded pasture recovery program. In: ANNUAL CONFERENCE ON GLOBAL ECONOMIC ANALYSIS, 23., 2020, [s. l.]. *Proceedings [...]*. [S. l.: s. n.], 2020. p. 1-25.

SOUZA JR., C. M. *et al.* Reconstructing three decades of land use and land cover changes in Brazilian biomes with Landsat archive and Earth Engine. *Remote Sensing*, [s. l.], v. 12, n. 17, p. 1-27, 2020.

Impactos econômicos e ambientais
de uma política de desmatamento zero e reflorestamento
na região do arco do desmatamento

STABILE, M. C. C. *et al.* Solving Brazil's land use puzzle: Increasing production and slowing Amazon deforestation. *Land Use Policy*, Amsterdam, v. 91, p. 1-6, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264837719309809>. Acesso em: 31 out. 2022.

STAVINS, R. The costs of carbon sequestration: a revealed-preference approach. *American Economic Review*, Nashville, v. 89, n. 4, p. 994-1009, 1999.

TURNER, B. L.; LAMBIN, E. F.; REENBERG, A. The emergence of land change science for global environmental change and sustainability. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, Washington, DC, v. 104, n. 52, p. 20666-20671, 2007.

TANURE, T. M. P. *Mudanças climáticas e agricultura no Brasil: impactos econômicos regionais e por cultivo familiar e patronal*. 2020. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020.

TERRABRASILIS. Desmatamento. *TerraBrasilis*, Brasília, DF, 3 jun. 2022. Disponível em: http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/legal_amazon/rates. Acesso em: 28 out. 2022.

WALKER, R.; MORAN, E.; ANSELIN, L. Deforestation and cattle ranching in the Brazilian amazon: external capital and household processes. *World Development*, Amsterdam, v. 28, n. 4, p. 683-699, 2000.

WORLD BANK. *Climate change action plan 2021-2025: supporting green, resilient, and inclusive development*. Washington, DC: World Bank, 2021. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/35799/CCAP-2021-25.pdf?sequence=2&isAllowed=y>. Acesso em: 31 out. 2022.