

Qual o impacto do desmatamento zero no Brasil?



SUMÁRIO

APRESENTAÇAO	4
INTRODUÇÃO	6
A AGENDA AGROAMBIENTAL: DESAFIOS, MOTIVAÇÃO E SUA SUSTENTAÇÃO	6
Motivação da agenda agroambiental brasileira	6
Compromissos de empresas perante aos mercados	9
Equacionamento de externalidades	10
Fundamentos éticos, morais e o compromisso com o ideal republicano	11
A PERGUNTA E A ABORDAGEM ANALÍTICA	13
CAPÍTULO 1 - AVALIAÇÃO DE CONDICIONANTES BIOFÍSICAS E DE USO DA TERRA EM CENÁRIO DE DESMATAMENTO ZERO PARA O BRASIL	
INTRODUÇÃO	15
METODOLOGIA E DADOS	16
Malha fundiária	16
Modelagem do Código Florestal	18
DESMATAMENTO	19
Banco de Dados de Desmatamento da Amazônia	20
Banco de Dados do Desmatamento do Cerrado	21
Banco de Dados do Desmatamento da Mata Atlântica	21
Cálculo das taxas de desmatamento	22
Aptidão agrícola	22
CENÁRIOS DE DESMATAMENTO ZERO	23
RESULTADOS	25
Cumprimento do Código Florestal	25
Análise da aptidão agrícola nos estoques de vegetação nativa	27
Desmatamento observado	29
Cenários de desmatamento	31
CAPÍTULO 2 - MODELAGEM ECONÔMICA PARA CENÁRIOS DE DESMATAMENTO ZERO NO BRASIL	37
INTRODUÇÃO	37
OS MODELOS COMPUTÁVEIS DE EQUILÍBRIO GERAL	37
O MODELO TERM-BR: UM MODELO DE EQUILÍBRIO GERAL COMPUTÁVEL PARA ANÁLISES AMBIENTAIS NO BRASIL	40
O módulo de uso da terra no modelo TERM-BR.	42



A agregação regional e setorial do modelo	43
A ESTRATÉGIA DE SIMULAÇÃO UTILIZADA	45
RESULTADOS	47
OS ESTADOS DO PARÁ E MATO GROSSO	55
CONSIDERAÇÕES SOBRE A MODELAGEM ECONÔMICA	58
ONCLUSÕES	60
EFERÊNCIAS	64
NEXO I – RESULTADOS DA MODELAGEM DO CÓDIGO FLORESTAL POR ESTADO E BIOMA	66
NEXO II – DESMATAMENTO OBSERVADO POR ESTADO E BIOMA EM TERRAS PÚBLICAS E	
RIVADAS	69



APRESENTAÇÃO

Falar de desmatamento zero no Brasil implica no desafio de lidar com um tema que suscita debates apaixonados sobre as visões de como o país pode manter seu papel de grande produtor de comida sem deixar de ser um dos maiores detentores de florestas do mundo.

O aumento da produtividade em nossa agricultura, ao mesmo tempo em que se destaca o papel das florestas para controlar o aquecimento global, permite que se fale em zerar o desmatamento no país. Mas isso implicaria necessariamente no uso de parte das terras onde se cria gado para assegurar o aumento da produção, justo porque o setor da pecuária ainda mantém um baixo grau de aproveitamento.

Em um país que tem nos produtos agropecuários um dos principais itens da sua pauta de exportações, representantes do setor continuam a indagar se é mesmo possível deixar de desmatar e ainda garantir a expansão da produção, até porque nossa história econômica mostra que essa expansão sempre se fez convertendo florestas em áreas agricultáveis. Em tempos de mudanças climáticas, porém, o desmatamento é visto como um sinal de atraso e uma das grandes causas do aquecimento global, que afeta a humanidade como um todo. Pergunta-se, então, quais seriam os impactos sociais e econômicos caso adotássemos uma política de desmatamento zero?

São estas as principais questões do estudo Qual o Impacto do Desmatamento Zero no Brasil?. A proposta aqui é principalmente medir os impactos do fim do desmatamento, entendendo suas consequências sobre o Produto Interno Bruto (PIB) e o setor agropecuário.

O estudo ainda joga luzes na relação entre o desmatamento e a questão territorial, apoiado em uma malha fundiária que representa o total das terras públicas e privadas do país, além de classificar aquelas com mais alta aptidão agrícola no Cerrado e na Amazônia. Mostra também o que aconteceria com o estoque de terras com vegetação nativa — onde é permitido desmatar de acordo com o Código Florestal - em cada estado e bioma, caso as taxas atuais de desmatamento se mantivessem constantes. Há o caso de um estado onde, infelizmente, esse estoque já acabou.

É certo que há outros fatores a serem contemplados na investigação do tema e que já estão sendo objeto de atenção por parte do Instituto Escolhas para estudos futuros, como a necessidade de quantificar os benefícios que o país aufere ao zerar o desmatamento das suas florestas.



Em um país que tem nos produtos agropecuários um dos principais itens da sua pauta de exportações, representantes do setor continuam a indagar se é mesmo possível deixar de desmatar e ainda garantir a expansão da produção

Iniciar a pesquisa pelos potenciais impactos sobre o setor que sentirá desde logo os efeitos do fim do desmatamento, exatamente por ser o que mais pode se opor à sua imediata adoção, permite que a sociedade como um todo possa construir caminhos para superar os impasses políticos em torno do tema.

No país que pouco avalia suas políticas públicas, onde há notória insuficiência de dados quantitativos que sirvam para orientar um debate mais sereno sobre as escolhas que precisam ser feitas para solucionar os conflitos mais agudos, o Instituto Escolhas espera que este estudo seja um passo na construção do elenco de medidas efetivas que devem ser adotadas para viabilizar o desmatamento zero no país.

Sergio Leitão

Diretor de Relacionamento com a Sociedade do Instituto Escolhas



INTRODUÇÃO

A AGENDA AGROAMBIENTAL: DESAFIOS, MOTIVAÇÃO E SUA SUSTENTAÇÃO

Motivação da agenda agroambiental brasileira

A agenda agroambiental do Brasil é motivada por: i) obrigações legais nacionais e internacionais; ii) compromissos de empresas perante mercados e consumidores; iii) equacionamento ou mitigação de externalidades; e iv) questões éticas e morais no sentido do ideal republicano.

Cada um desses fundamentos motiva, de maneiras distintas, estratégias e posições do setor produtivo e justificam intervenções ou regulamentações públicas. Como objetivo, todos os fundamentos buscam equilibrar visões e conflitos que restringem alcançar o bem-estar coletivo – predominante na dimensão ambiental – e aquele do capital privado e dos incentivos públicos, responsáveis por alavancar a produção agropecuária.

O desmatamento, um dos principais componentes da agenda agroambiental, segue a mesma tendência de outros temas sobre os quais visões distintas levam a conflitos. O desmatamento resulta, simultaneamente, na expansão da fronteira agropecuária e no decréscimo dos ativos e serviços ambientais. A expansão da área em produção leva a benefícios privados, daquele que explora com agropecuária a nova área e os produtos florestais resultantes de sua conversão ou daquele que se apropria do lucro da valorização imobiliária. O benefício coletivo vem do efeito da incorporação de novas áreas ao agronegócio, expandindo sua produção, gerando assim receitas, trabalho, renda e aumentando a oferta de produtos.

Do lado ambiental não há benefícios. A conversão de áreas por desmatamento emite gases de efeito estufa, compromete a biodiversidade, impacta os recursos hídricos e degrada a paisagem natural, afetando, assim, a capacidade dos remanescentes de vegetação natural de prover serviços ambientais e ecossistêmicos.

Por esses motivos, o desmatamento precisa ser analisado de maneira abrangente. Qualquer análise que não considere amplo espectro de motivações, escalas temporais e espaciais, além de pontos de vista distintos, poderá levar a conclusões incorretas e, portanto, de aplicação restrita. Por exemplo, o desmatamento ainda que seja legal não é justo; por ser desnecessário numa escala ampla (nacional) pela necessidade de ampliação da área em produção, não quer dizer que não se justifica por interesses locais ou alheios à necessidade da produção; ou, por ser incompatível com os compromissos internacionais, não quer dizer que os instrumentos para sua



redução tenham sido criados. Apenas a combinação de olhares sobre o mesmo tema, permeando escalas e visões, permite uma análise profunda o suficiente para sua compreensão.

Obrigações legais

A produção agropecuária é guiada por um marco legal regulatório que compreende diversas dimensões, áreas do conhecimento e interesses. É influenciada por leis, decretos, políticas e planos federais, estaduais e municipais, além de acordos e tratados internacionais. Estes influenciam muitas das etapas da atividade produtiva, do planejamento do plantio à colheita, e diversas etapas posteriores às cadeias produtivas. A regulação abrange normas sobre o uso da terra, as características tecnológicas dos sistemas produtivos, a conservação dos recursos naturais, a garantia de direitos coletivos, entre outros; cruzando escalas que transitam da unidade produtiva (ou imóvel rural) à paisagem do país como um todo.

Obrigações legais nacionais

A estrutura essencial começa na Constituição Federal de 1988, que deixa claro o direto de propriedade privada e ao mesmo tempo determina que esta deve estar associada a uma função social. O Estatuto da Terra (Lei 4.504/1964) estabelece que "é assegurada a todos a oportunidade de acesso à propriedade da terra, condicionada pela sua função social" e que a propriedade da terra desempenha integralmente a sua função social quando, simultaneamente:

- a) favorece o bem-estar dos proprietários e dos trabalhadores que nela labutam, assim como de suas famílias;
- b) mantém níveis satisfatórios de produtividade;
- c) assegura a conservação dos recursos naturais;
- d) observa as disposições legais que regulam as justas relações de trabalho entre os que a possuem e os que a cultivam.

Além dos marcos regulatórios ligados à função social da terra e de seu direito de propriedade, há diversos regulamentos que promovem a ordenação territorial e espacial do uso e da cobertura da terra e dos recursos e serviços ambientais por ela providos. Como exemplos desses regulamentos, que agem em escala abrangente, temos os Zoneamentos Ecológico-Econômicos e o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC). Numa escala menor, temos as Leis que influenciam a ocupação e as atividades do imóvel rural, como o Código Florestal (Lei 12.651/2012), a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei 9.433/1997), a outorga de direito



pelo uso da água, a Lei Nacional de Agrotóxicos (Lei 7.8012/1989) e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/10), entre outras.

Obrigações legais internacionais

O Brasil tem responsabilidades em relação aos tratados, convenções e acordos internacionais dos quais é signatário, como as Convenções da Biodiversidade e do Clima, as convenções da OIT (Organização Internacional do Trabalho) e o Acordo do Clima de Paris. Muitos implicam em metas e compromissos que o Brasil precisa cumprir e relatar internacionalmente. O não cumprimento pode significar não apenas a exclusão dos tratados, como também sanções econômicas e diplomáticas. Finalmente, mais recentemente, a ONU estabeleceu os Dezessete Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que devem ser seguidos pelos países membros e que convivem intensamente com o uso da terra e a atividade agropecuária.

Interação das obrigações legais com a agenda agroambiental

Esses marcos regulatórios podem ser entendidos como um reflexo da dinâmica social vigente e de seus valores predominantes e, em parte, das aspirações coletivas. Todavia, no contexto da geopolítica interna e externa do Brasil, a regulamentação tem sido tratada tanto como uma oportunidade como uma barreira para o crescimento e o desenvolvimento econômico do agronegócio.

Em relação à conservação da vegetação nativa do Brasil e, consequentemente, dos fundamentos da discussão do desmatamento, a proteção legal incide sobre 67% do total da vegetação nativa existente no Brasil (30% em regime de proteção em terras privadas e 37% em regime de proteção em terras públicas), sendo ainda o principal mecanismo de proteção ambiental do Brasil. Diversos estudos indicam que, mesmo com os "aparentes elevados" números de áreas protegidas legalmente, não há escassez de terras para atender à demanda atual de produção agropecuária e às expectativas de sua expansão nas próximas décadas.

Apesar de a proteção legal ser o principal mecanismo de proteção e não restringir a agenda nacional ligada à produção agropecuária, ela tem imperfeições e falhas: i) colisão com interesses locais de conversão de áreas cobertas com vegetação natural visando atender agendas de valorização imobiliária, concentração fundiária, exploração direta dos recursos florestais ou ampliação da produção; ii) resistências por interesses associados a obras de infraestrutura viária e logísticos visando dar-lhes espaço ou permitir a exploração da terra ao longo de suas áreas de influência; iii) tentação gerada pelo enorme estoque de 103Mha de áreas cobertas por vegetação nativa em domínio privado sem proteção legal (ou 18% do total de vegetação nativa



do país), mesmo que a maior parte dessas terras tenha pouca aptidão agrícola e que, portanto, o interesse (coletivo) da conservação ambiental seja muito maior do que sua relevância para fins produtivos.

Em função desses conflitos e imperfeições, as ações no sentido da reversão dos efeitos legais de proteção são frequentes (por exemplo, as MPs 756 e 758 que objetivavam, entre outras coisas, a desafetação parcial de áreas protegidas na Amazônia), e continua havendo o descumprimento da legislação (ex. desmatamento em terras públicas protegidas, como por exemplo, em Unidades de Conservação e Terras Indígenas). Assim, há uma clara necessidade da atuação de outros fundamentos para complementar a proteção legal da vegetação nativa, visando alcançar o equilíbrio na agenda agroambiental brasileira e, com isso, o bem coletivo. De todo modo, apesar das suas limitações, os marcos regulatórios têm sido importantes para a imagem, a reputação e os negócios das empresas e do país como um todo.

Compromissos de empresas perante os mercados

Além da regulação pública, as atividades econômicas têm sido cada vez mais influenciadas pela sociedade, consumidores e mercados. As aspirações ou exigências de diversas partes interessadas têm sido materializadas em mecanismos de governança e compromissos empresariais voluntários visando à sustentabilidade ou à promoção de justiça social. Muitos desses mecanismos têm influência sobre a produção agropecuária e suas cadeias produtivas e sobre o uso da terra. A Declaração de Nova Iorque pelas Florestas, o Tropical Forest Alliance, as moratórias de compras de *commodities*, as mesas redondas e as certificações voluntárias se destacam nesse contexto.

Da mesma forma que os marcos legais, esses mecanismos são interpretados como oportunidades ou barreiras para o fortalecimento e o desenvolvimento da agropecuária brasileira. De um lado, são vistos como importantes na promoção de um novo patamar de desempenho socioambiental, agronômico e econômico do setor; e de outro, como uma barreira e a promotor de concorrência desleal com produtores de regiões em que esses mecanismos não atuam.

Alguns desses mecanismos têm sido marcados por elevada eficiência e focalização estratégica de alguns setores como a cadeia da soja e da carne. No entanto, carecem de abrangência. Os incentivos vindos dos mercados e a atenção dos consumidores funcionam de forma a complementar a regulamentação pública e, por vezes, aumentam a eficácia de sua atuação, mas são insuficientes para equacionar a maior parte de seus conflitos e imperfeições.



A combinação entre os marcos regulatórios e os compromissos empresariais asseguram avanços importantes na agenda agroambiental, desde a redução do risco associado à tecnologia produtiva até a proteção supralegal de parte dos remanescentes de vegetação nativa. No entanto, a combinação desses mecanismos não é suficiente para equacionar a falta de abrangência da agenda ambiental, resultando em enormes desperdícios, em parte irreversíveis, concedidos a um modelo de crescimento do setor agropecuário que é insensível às necessidades de conservação. O desmatamento em áreas de baixa aptidão agrícola, levando a perdas ambientais não compensadas pela produção agropecuária resultante, é um dos efeitos mais importantes desse processo e necessita de outros fundamentos para seu equacionamento.

Equacionamento de externalidades

A produção agropecuária brasileira vem crescendo em importância na agenda econômica nacional e resistindo às constantes crises internas e externas. Se considerarmos o agronegócio como um todo, esse setor representa hoje quase 25% do PIB e garante o abastecimento nacional e a segurança alimentar e nutricional das regiões para as quais exporta sua produção. Decorrente do elevado nível tecnológico e da dependência de insumos, máquinas e serviços dos sistemas de produção predominantes na agricultura nacional; o setor movimenta diversos outros setores da nossa economia. Trabalho e renda são outros aspectos importantes. Nestes dois quesitos, a Agricultura Familiar desempenha papel relevante, não apenas pela sua abrangência em nível nacional, mas principalmente por sua focalização em regiões com predomínio de pobreza. A manutenção e a ampliação da capacidade produtiva do setor agropecuário são, portanto, de vital importância em qualquer agenda de desenvolvimento nacional.

Para isso são necessárias diversas ações públicas e privadas. As ações do setor privado se concentram em cadeias de grande agregação de valor (ex. soja, milho, avicultura, algodão, entre outros) atuando de forma abrangente desde a provisão de novas tecnologias e equipamentos, financiamentos e investimentos, até articulações junto ao governo na defesa de seus interesses para a oferta de crédito e a construção de grandes infraestruturas. A produção da Agricultura Familiar, essencial em diversas cadeias importantes para a segurança alimentar interna (ex. leite, mandioca, feijão, entre outros), está mais fortemente ligada ao setor público na provisão de assistência técnica, créditos de custeio e investimento e aos mercados institucionais ligados a alimentação escolar e programas de aquisição de alimentos. Esse segmento, principalmente devido à falta de investimentos específicos em novas tecnologias, em modelos específicos de produção e à dificuldade de acesso, vem perdendo espaço no volume relativo de sua produção,



apesar da manutenção da sua relevância na agenda social ligada ao trabalho, renda e combate à pobreza.

Os efeitos indiretos da manutenção de um setor agropecuário enorme, bem como a demanda crescente decorrente de sua cada vez maior relevância estratégica no contexto da segurança alimentar de diversas regiões do mundo, vêm da prevalência da visão do capital privado do modelo expansionista. A ineficiência com que são internalizados efeitos ambientais e sociais negativos nos preços das commodities, a tendência de concentração da renda e dos meios de produção, a aversão dos setores tradicionais da produção à regulamentação e a enorme força de articulação de agendas que favorecem o setor agropecuário junto ao governo fazem com que os interesses coletivos, sejam eles sociais ou ambientais, sejam muitas vezes subjugados.

Os avanços regulatórios que eventualmente podem ocorrer em circunstâncias favoráveis ou por demandas externas de mercados mais sensíveis acabam ocupando nichos menores ou podem não resistir por muito tempo às articulações que as afrontam constantemente. Exemplos desses processos são: a aprovação de tecnologias de risco ambiental elevado sem o embasamento suficiente de estudos, como a transgenia; a desafetação de unidades de conservação e de terras indígenas; as anistias na revisão de leis e normas, como aquelas do Código Florestal; a precarização dos regimes de trabalho e da previdência rural; e, com destaque, a manutenção de um modelo de crescimento do setor com base expansionista.

De uma maneira geral, podemos afirmar que a agenda agroambiental atualmente vigente no Brasil é muito eficiente para assegurar a expansão do setor produtivo e manter a sua competitividade, mas atua de maneira pouco eficiente em mitigar suas externalidades tanto ambientais como sociais. A visão reducionista de contribuir para o PIB nacional e assegurar uma balança comercial favorável ofusca os impactos do modelo expansionista, predominante de adoção de tecnologias de produção de elevado risco e impacto ambiental e de enorme concentração de renda e dos meios de produção.

Fundamentos éticos e morais e o compromisso com o ideal republicano

Os fundamentos das obrigações legais, dos compromissos empresariais e da mitigação de externalidades descritos até aqui devem ser comparados a um ideal uma situação em que os aspectos morais e éticos prevalecem. Na situação ideal, usar com equilíbrio os recursos que estão à disposição e destiná-los prioritariamente ao bem-estar da maioria, principalmente dos mais necessitados, passam a ser os valores a serem alcançados. Produzir grandes quantidades de alimentos, fibras e energia para atender à demanda nacional e mundial é certamente uma



necessidade e obrigação ética, um dever. Realizar essa produção com o menor impacto ambiental possível e de uma forma inclusiva, na qual a maioria da população se beneficie também faz parte da obrigação moral e ética do processo.

Nesse sentido, ao analisarmos o histórico de expansão da agropecuária há dois aspectos importantes a serem ponderados. Percebemos que a expansão da fronteira agrícola sempre se deu além das terras de maior aptidão agrícola. Além das terras mais aptas, quase todas já incorporadas ao processo produtivo, foram incorporadas muitas terras de baixa aptidão para produção agropecuária. Nestas se pereniza a pecuária de corte, geralmente de cria, após um curto período em que os produtos florestais madeireiros foram explorados, muitas vezes como carvão, e após a terra eventualmente ter mudado de mão. A baixa produtividade média da pecuária nacional se deve, em grande parte, às severas limitações edafoclimáticas das áreas de produção pecuária. São terras que nunca deveriam ter sido desmatadas por pouco agregarem à produção nacional e que seriam muito mais úteis se conservadas com sua vegetação natural.

Com a consolidação da agropecuária após a fase de fronteira, observamos a intensificação da produção, indicada pela elevação da produtividade, tanto na pecuária como nas lavouras e cultivos perenes. Nesse processo, as pastagens sob terras mais aptas são gradualmente convertidas em lavouras, e parte dessas pastagens, sobre terras mais aptas também são intensificadas. Se não houverem estímulos adequados para restauração, as áreas de menor aptidão para agricultura ou intensificação pecuária acabam perenizando um uso extensivo de produção bovina de corte, e pouco irão contribuir para o dever de produzir e muito menos para o dever de conservar.

Os processos de dinâmica da fronteira agrícola do Brasil, como aqueles descritos em Barretto et al. (2013 e Sparovek et al. (2015), apresentam modelagem que comprova a não necessidade de expansão das áreas em produção agropecuária para atender às demandas esperadas para as próximas décadas, visto o enorme potencial de intensificação das áreas já abertas — podemos dobrar a área com lavouras perenes e anuais utilizando pastagens de elevada aptidão agrícola para agricultura —, o pequeno estoque de terras de elevada aptidão agrícola que ainda estão cobertas com vegetação natural — em torno de 10 Mha, aproximadamente 5% do total atualmente em produção agropecuária — e a enorme quantidade de terras de baixa aptidão agrícola incorporadas sem necessidade ao processo produtivo — 42Mha, aproximadamente 17% do total atualmente em produção agropecuária.



A PERGUNTA E A ABORDAGEM ANALÍTICA

O que queremos dizer e entender com a pergunta: Qual o impacto do desmatamento zero no Brasil?

As premissas do estudo são:

- A via da intensificação é suficiente para o aumento da produção e da geração de riqueza da agropecuária brasileira e aquela com maior potencial de combinar riqueza com uma agenda de conservação e desenvolvimento rural e econômico.
- 2) A continuidade do desmatamento não somente é desnecessária para o aumento da produção e riqueza do setor, como implica em impactos socioambientais locais, regionais e globais. O desmatamento está associado à perda da biodiversidade, às mudanças climáticas, à perda de serviços ambientais e à violência, ilegalidade, sonegação e concentração de terras e de riquezas.
- 3) Os impactos ambientais do desmatamento implicam em grandes prejuízos ou em custos econômicos para a própria produção agropecuária. A manutenção do desmatamento ameaça a perenidade da produção em algumas regiões do Brasil.
- 4) A economia florestal é importante e o seu desenvolvimento é sem dúvida um dos principais caminhos para conter o avanço do desmatamento em regiões de fronteira; apesar de a floresta em pé ainda ser vista como prejuízo para a grande maioria dos produtores rurais do país.

A despeito dos argumentos anteriores, a via expansionista e do simples crescimento (em detrimento de desenvolvimento) econômico permanece com força e relevância no setor. O aumento do desmatamento em diversos biomas e as disputas no Congresso pela liberação de áreas protegidas para uso agropecuário evidenciam a tendência de abordagem da expansão e do aumento do estoque de terras para produção.

Assim, decidimos avaliar os efeitos econômicos do fim do desmatamento sobre a economia brasileira. Isolamos o efeito da restrição do aumento da produção brasileira pela via da expansão da área cultivada e medimos o seu impacto sobre o PIB nas escalas nacional e estadual. Para tanto, adotamos a seguinte abordagem analítica:

- 1) Simulamos cenários para o fim do desmatamento e da expansão da área.
- Empregamos um modelo de simulação de equilíbrio geral da economia que tem como entrada o estoque de terras para a agricultura, para a pecuária e para o uso não agropecuário.



- 3) A área florestal é tratada apenas como uma "área não produtiva" e que não gera riqueza.
- 4) Ao final estimamos a intensificação mínima necessária da pecuária para neutralizar a redução ou "perda" do PIB pelo fim do desmatamento e do aumento de área cultivada sobre pastagens já abertas.



CAPÍTULO 1 – AVALIAÇÃO DE CONDICIONANTES BIOFÍSICAS E DE USO DA TERRA EM CENÁRIOS DE DESMATAMENTO ZERO PARA O BRASIL

Autores: Gerd Sparovek¹, Vinícius Guidotti², Luis Fernando Guedes Pinto²

- 1 Professor Titular da Esalg/USP
- 2 Pesquisadores do Imaflora

INTRODUÇÃO

A atual conjuntura política do país e as recentes pautas discutidas no Congresso Nacional têm transmitido sinais de permissividade aos crimes ambientais, o que contribuiu para o aumento recente do desmatamento em praticamente todos os biomas. A dinâmica de expansão e consolidação da fronteira agropecuária é apontada em diversos estudos como a principal responsável pela maior parte dos desmatamentos observados, gerando riquezas para aqueles que exploram as áreas recém-abertas e, ao mesmo tempo, impactando negativamente o meio ambiente.

Durante a abertura de novas áreas, muitas terras com pouca vocação para produção agropecuária acabam sendo incorporadas, o que não se justifica do ponto de vista agronômico nem tampouco ambiental, demonstrando a falta de ética e de conhecimento técnico daqueles que respondem pelo desmatamento. Áreas abertas sem aptidão agrícola resultam em baixas produtividades e em receitas insignificantes, que nem de longe superam os prejuízos ambientais causados.

Com maior ou menor aptidão, o país possui mais de 240 Mha de áreas já abertas para agricultura e pastagens. Nesse estoque de terras, seria possível ampliar a capacidade de produção agropecuária para atender à demanda por alimentos de uma população crescente e ainda acomodar a restauração de milhões de hectares de áreas sem vocação para produção, isso sem desmatar nem mais um hectare sequer. Utilizando essa lógica, diversas instituições da sociedade civil defendem o fim do desmatamento no Brasil, isto é, o chamado Desmatamento Zero.

Para contribuir com esse debate, esse capítulo traz uma análise das condicionantes biofísicas e de uso da terra em diferentes cenários de desmatamento zero para o Brasil, as quais serão utilizadas no capítulo seguinte para estimar os impactos sociais e econômicos de cada cenário.



METODOLOGIA E DADOS

Os cenários de desmatamento zero foram construídos a partir da estrutura de modelagem proposta pelo Prof. Gerd Sparovek (GeoLab da Esalq/USP) e utilizada em estudos anteriores (Freitas et al., 2016 e Sparovek et al. 2010, 2012, 2015). Essa modelagem possui dois componentes principais, sendo um a geração de uma malha fundiária integrada e completa para o Brasil e o outro a modelagem de políticas públicas responsáveis por regulamentar o uso da terra e a conservação da vegetação nativa em terras privadas, principalmente o Código Florestal Brasileiro (Lei 12.651/2012). Ambos os componentes foram desenvolvidos em linguagem de programação Python e SQL, utilizando os softwares ArcGIS e PostgreSQL¹.

A seguir são apresentadas as bases de dados utilizadas e os procedimentos realizados para construção dos diferentes cenários de desmatamento zero.

Malha fundiária

Como o Código Florestal possui exigências variáveis em função do tamanho do imóvel rural, o conhecimento da estrutura fundiária da área analisada é fundamental para que a legislação possa ser aplicada. Devido à falta de uma base governamental única e integrada que pudesse ser utilizada com essa finalidade, as equipes do Imaflora, do GeoLab (Esalq/USP) e do Royal Institute of Technology (KTH-Suécia) desenvolveram uma malha fundiária para o Brasil (Figura 1), a qual foi utilizada neste estudo².

-

¹ O processamento dos dados geoespaciais, em especial o cálculo de áreas, foi realizado utilizando-se a Projeção Cônica Equivalente de Albers, com os parâmetros de latitude e longitude recomendados pelo IBGE, e o sistema de referência Sirgas 2000.

²A versão da malha fundiária utilizada nesse estudo foi a v.170321. A metodologia completa sobre a construção da malha fundiária pode ser obtida através do seguinte link: http://migre.me/wDnLi.



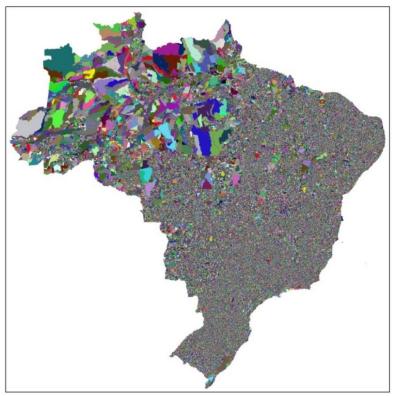


Figura 1 – Malha fundiária do Brasil.

A seguir é apresentada uma tabela que resume a distribuição das terras do Brasil de acordo com os dados disponíveis na malha fundiária.

Tabela 1 – Estrutura fundiária do Brasil

Categoria fundiária	Área (Mha)	Área (%)	Número de imóveis rurais
Áreas protegidas	232	27%	45.362
Terras públicas não destinadas	86	10%	215.725
Terras privadas	453	53%	6.033.744
Pequenas propriedades	114	13%	5.567.982
Médias propriedades	104	12%	342.541
Grandes propriedades	234	28%	123.221
Assentamentos	40	5%	10.690
Outras categorias	38	5%	356.018
Brasil	850	100%	6.661.539



Modelagem do Código Florestal

Para cada imóvel rural privado foram calculadas as áreas destinadas à conservação sob a forma de Áreas de Preservação Permanente (APPs) e Reservas Legais (RLs)³. Também foram calculados os impactos de alguns mecanismos específicos do Código Florestal sobre a proteção da vegetação nativa em terras privadas, como os artigos 13, 15, 61-A e 67⁴. É importante ressaltar que tais mecanismos não reduzem as exigências para a conservação dos remanescentes de vegetação nativa, resultando apenas na redução das exigências de recomposição de APPs e RLs degradadas.

A figura a seguir ilustra os procedimentos utilizados para realizar a modelagem do Código Florestal em nível de imóvel rural (Figura 2). Recomenda-se a leitura de Freitas et al. (2016) para mais detalhes da estrutura de modelagem utilizada.

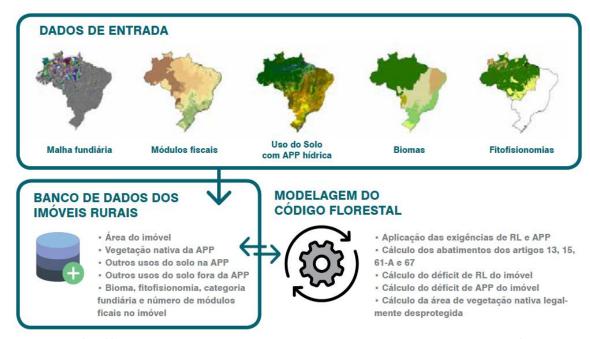


Figura 2 – Infográfico ilustrando os procedimentos utilizados para realizar a modelagem do Código Florestal (Fonte: Guidotti et al. 2017).

_

³ As APPs são áreas geograficamente delimitadas, com a função de proteger locais ambientalmente sensíveis, como as zonas ripárias. Por sua vez, as RLs são definidas como uma porcentagem variável dos imóveis, que varia de 80% no bioma Amazônico, passando por 35% no bioma Cerrado dentro da Amazônia Legal, até 20% em outros biomas brasileiros, incluindo o Cerrado e a Mata Atlântica.

⁴ Art.13 — Dispositivo que permite ao poder público reduzir a exigência de RL de 80% para até 50% da propriedade rural localizada em florestas da Amazônia Legal, exclusivamente para fins de regularização de área rural consolidada; Art.15 — Dispositivo que permite computar as APPs no cálculo da RL, desde que isso não implique a conversão de novas áreas de vegetação natural; Art. 61A - Dispositivo que reduz a exigência mínima de APPs para áreas rurais consolidadas antes de 22 de julho de 2008, mais conhecida como regra da escadinha; Art.67 - Dispositivo que isenta da necessidade de restauração de RL as propriedades de tamanho inferior a quatro módulos fiscais Freitas et al. (2016).



É importante destacar que não foram utilizadas as APPs e as RLs declaradas no Cadastro Ambiental Rural (CAR), já que foram verificadas diversas lacunas dessas informações nos dados disponibilizados pelo Serviço Florestal Brasileiro. Assim, optou-se por gerar os limites das APPs com base na rede de drenagem do IBGE (1 : 250.000) e modelar a alocação da RL em cada propriedade rural, com base na aptidão agrícola dos remanescentes de vegetação nativa.

A conformidade dos imóveis rurais foi avaliada a partir de um mapa de uso do solo compilado, que utiliza diversas fontes de dados (Terra Class Amazônia, Probio, PMDBBS, SOS Mata Atlântica, Canasat, Inventários Florestais Estaduais etc.) e que tem como referência o ano de 2008. Esse mapa de uso do solo é o mesmo utilizado em Sparovek et al. (2015).

Como descrito na Figura 2, a modelagem do Código Florestal possui três resultados principais, a saber: (i) o déficit de RL, (ii) o déficit de APP e (iii) a quantidade de vegetação nativa que é possível desmatar legalmente. Essas três variáveis foram produzidas para todos os imóveis rurais individualmente, permitindo que fossem realizadas agregações dos resultados em diferentes recortes geográficos, como os recortes de estado e bioma utilizados na criação dos cenários de desmatamento.

DESMATAMENTO

Apenas os biomas Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica tiveram suas taxas de desmatamento calculadas, em função da disponibilidade de dados periódicos e atualizados de desmatamento. A seguir será apresentada uma descrição das bases de dados e da metodologia utilizada para calcular as taxas anuais de desmatamento separadamente entre terras públicas e privadas.

A separação entre terras públicas e privadas foi realizada a partir da malha fundiária descrita anteriormente. Para tanto, assumimos que todos os territórios onde o Código Florestal pode ser aplicado seriam tratados como terras privadas, incluindo nessa categoria os imóveis declarados no CAR e aqueles registrados no SIGEF (Sistema de Gestão Fundiária do Incra), os Assentamentos Rurais, os territórios Quilombolas e os imóveis titulados do Programa Terra Legal. Por sua vez, as terras públicas descritas nesse estudo representam as Unidades de Conservação, as Terras Indígenas, as Terras Públicas não Destinadas e as Áreas Militares.



Banco de dados de desmatamento da Amazônia

Para o bioma Amazônia, os dados utilizados são do Programa de Cálculo de Desflorestamentos na Amazônia (Prodes), que é operado desde 1988 pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). O Prodes é um sistema de monitoramento de desmatamento por meio de satélites que utiliza como base as imagens do satélite Landsat (30 m de resolução) e que gera anualmente os dados oficiais brasileiros sobre o desmatamento no bioma.

Em 2013, o INPE começou a usar as imagens georreferenciadas do satélite Landsat 8 fornecidas pela plataforma USGS Earth Explorer, deixando de georreferenciar por conta própria as imagens utilizadas na detecção do desmatamento. Essa mudança de protocolo resultou em um deslocamento entre os antigos polígonos de desmatamento do acervo do Prodes e as imagens do satélite Landsat 8. Como resultado, os novos polígonos de desmatamento começaram a se sobrepor aos antigos, tornando impossível consolidar a série histórica de polígonos de desmatamento do Prodes em apenas um conjunto de dados espaciais. Assim, decidimos consolidar a base de dados espacial do Prodes em dois períodos separados, nomeadamente 1988-2012 e 2013-2015.

Os polígonos de desmatamento de ambos os períodos foram agrupados em duas camadas vetoriais distintas, conservando o ano em que cada polígono foi identificado. As camadas foram convertidas em rasters de 50 m de resolução, dando prioridade para o polígono de desmatamento mais antigo e usando como referência espacial para criação dos pixels o raster da malha fundiária. Posteriormente, foram quantificados os desmatamentos em cada imóvel da malha fundiária inseridos no bioma Amazônia.

É importante destacar que esse relatório não utilizou os dados tabulares declarados pelo INPE em nível municipal, já que a localização espacial do desmatamento dentro do município era necessária para permitir a separação entre desmatamento público e privado, conforme detalhado a seguir no item "Cálculo das taxas de desmatamento". Como não utilizamos a mesma metodologia de cálculo das taxas de desmatamento do INPE⁵, os dados apresentados aqui diferem daqueles divulgados pelo governo federal.

_

⁵ Disponível em: http://www.obt.inpe.br/prodes/metodologia.pdf



Banco de dados do desmatamento do Cerrado

Diferentemente da Amazônia, o Cerrado não possui iniciativas governamentais para o monitoramento anual do desmatamento no bioma⁶. Assim, os dados gerados pelo Lapig/UFG (Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento), através do Sistema Integrado de Alerta de Desmatamentos do Bioma Cerrado (SIAD-Cerrado), foram utilizados para calcular as taxas de desmatamento do bioma.

Do mesmo modo que o sistema Prodes, o SIAD-Cerrado também é um sistema de monitoramento de desmatamento por satélite, que monitora o Cerrado desde 2003 por meio da identificação de polígonos de desmatamento em imagens MODIS (250 m de resolução). A validação desses polígonos é realizada posteriormente com imagens Landsat e CBERS.

Os polígonos de desmatamento do SIAD-Cerrado para o período 2003-2015 foram agrupados em uma única camada, conservando o ano em que cada polígono foi identificado. O vetor de desmatamento resultante foi convertido em uma grade raster de 50 m de resolução, dando prioridade para o polígono mais antigo e alinhando o raster resultante com a malha fundiária. Posteriormente, foram quantificados os desmatamentos em cada imóvel da malha fundiária inseridos no bioma Cerrado.

Banco de dados do desmatamento da Mata Atlântica

Para o bioma Mata Atlântica, foram utilizados os dados gerados pelo projeto Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica, realizado pela SOS Mata Atlântica em parceria com o INPE. Apesar de o projeto gerar os polígonos de desmatamento no formato vetorial, não foi possível obter a série histórica do bioma nesse formato, já que apenas o último ano é disponibilizado na página do projeto na internet.

Em contato realizado com a equipe da SOS Mata Atlântica, foi obtido um banco tabular contendo a série histórica do monitoramento no bioma, o qual estava agregado em nível municipal. Verificou-se que o monitoramento do bioma passou a ser realizado anualmente apenas a partir do ano de 2010 e que os monitoramentos anteriores foram realizados em períodos maiores de tempo, a saber: 2000 a 2005, 2005 a 2008 e 2008 a 2010. Para esses períodos, os dados foram anualizados dividindo-se o valor de desmatamento observado no

⁶ Em 2017, o governo federal lançou o projeto Prodes Cerrado, que objetiva gerar dados anuais sobre o desmatamento no bioma. No entanto, o projeto encontra-se em fase de implementação e os dados divulgados até então não puderam ser incorporados nesse relatório.



período pelo número de anos, o que gerou um banco tabular com o desmatamento anual na Mata Atlântica para os anos de 2000 a 2015.

Cálculo das taxas de desmatamento

Para os biomas Amazônia e Cerrado, que possuem dados espaciais de desmatamento, foi possível quantificar separadamente os desmatamentos que ocorreram em terras públicas e em terras privadas, o que permitiu, posteriormente, calcular individualmente as tendências em cada situação, sendo, portanto, 18 tendências para a Amazônia (9 estados x 2 – terras públicas e privadas) e 22 para o Cerrado (11 estados x 2 – terras públicas e privadas).

No caso da Mata Atlântica, que os dados já são entregues em nível municipal, esse tipo de divisão entre público e privado não foi possível. Como premissa, assumimos que todos os desmatamentos observados no bioma ocorreram em terras privadas, não sendo calculada uma tendência específica para terras públicas, o que resultou em 17 tendências individuais para cada estado (17 estados x 1 – terras privadas).

Ainda para o bioma Mata Atlântica, destaca-se que em função da Lei de Proteção da Mata Atlântica (Lei 11.428/2006) não existe vegetação nativa que pode ser desmatada legalmente, uma vez que a legislação é extremamente restritiva quanto a novas supressões de vegetação, o que torna ilegal a grande maioria dos desmatamentos observados para o bioma. No entanto, neste relatório, considerou-se que os excedentes de vegetação nativa do bioma, em relação ao Código Florestal, poderiam ser desmatados, mesmo que ilegalmente, obedecendo às taxas anuais observadas.

Aptidão agrícola

O estudo utilizou um mapa de aptidão agrícola para subsidiar a criação dos cenários de desmatamento, o qual se encontra publicado em Sparovek et al. (2015). Esse mapa considera as dimensões solos, relevo e clima⁷ para a geração de um índice combinado de aptidão que considera a aptidão para culturas anuais e que varia entre 0 (pior aptidão) e 1 (melhor aptidão).

-

⁷ Os dados de entrada para a dimensão solos foram obtidos através dos perfis de solos mapeados por Cooper et al. 2005) e que inclui variáveis físico-químicas de cada tipo de solo, a saber, profundidade, % argila, matéria orgânica, capacidade de troca de cátions (CTC), soma de bases e saturação por bases. No caso da dimensão relevo é utilizado o dado da missão SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*) da Nasa e as suas variáveis derivadas de altitude e declividade. Para a dimensão clima, o modelo utiliza as estações meteorológicas disponíveis nas plataformas <u>FAOClim-NET</u> e <u>Hidroweb-ANA</u>, e suas informações mensais de temperatura (mínima, máxima e média), precipitação total e radiação.



É importante destacar que esse mapa de aptidão não considera mudanças climáticas e reflete apenas a aptidão atual das terras do país.

O mapa de aptidão foi utilizado para avaliar os estoques de vegetação nativa que podem ser desmatadas legalmente em terras privadas quanto a sua aptidão, o que posteriormente foi utilizado na composição dos cenários de desmatamento. Considerou-se que as terras com aptidão entre 0,8 e 1,0 possuem maior aptidão para a produção de culturas anuais, o que poderia servir como uma justificativa, sob o ponto de vista agronômico apenas, para a abertura de novas áreas de vegetação nativa.

CENÁRIOS DE DESMATAMENTO ZERO

Todos os cenários apresentam tendências de desmatamento calculadas individualmente por bioma e por estado, separando-se ainda as tendências observadas em terras públicas e em terras privadas, quando possível. Para a Amazônia e a Mata Atlântica, as tendências representam as médias das taxas de desmatamento observadas entre 2011 e 2015 (período de 5 anos), as quais foram replicadas ano a ano entre 2016 e 2030 (período de 15 anos). No caso do Cerrado, as taxas de desmatamento projetadas são baseadas na média do período entre 2013 e 2015.

A definição dos períodos para obtenção das médias foi realizada em conjunto com os membros da equipe técnica do projeto, após alguns testes adotando-se primeiro 3 e depois 8 anos. A escolha do período 2013-2015 para o Cerrado se deve ao elevado nível de desmatamento observado nos anos de 2011 e 2012, o que resultava em uma média muito elevada e não condizente com observações recentes que indicam uma redução no desmatamento do bioma como um todo (Agrosatélite, 2015). No caso dos estados que formam a região conhecida como Matopiba, onde esse mesmo estudo observou um aumento recente nas taxas de desmatamento, os dados observados para o período 2013-2015 apresentaram-se satisfatórios.

Todos os cenários partem da premissa de que o desmatamento ocorrerá apenas sobre os estoques de vegetação nativa que podem ser desmatados legalmente (ativo ambiental), isto é, apenas a vegetação nativa fora de APPs e RLs está sujeita a ser convertida para outros usos. É importante destacar que nenhum dos cenários propõe a recomposição ou a compensação das áreas com déficits de APPs e de RLs (passivo ambiental), de modo que os estoques que podem ser legalmente desmatados, analisados imóvel por imóvel, podem ser integralmente convertidos no caso das taxas de desmatamento projetadas demandarem esses estoques.



Esse desmatamento que está sendo computado em cada cenário, dentro de terras privadas, pode ser considerado um "desmatamento legalizável" (isto é, dentro dos limites exigidos pelo Código Florestal, mas que não necessariamente foram realizados com a obtenção de licença de supressão), onde propriedades com ativo ambiental podem continuar desmatamento e propriedades com passivo ambiental, não. Em terras públicas, o estoque passível de desmatamento representa a quantidade total de vegetação nativa em Unidades de Conservação, Terras Indígenas e Terras Públicas não Destinadas. A seguir são apresentadas as descrições de cada cenário modelado.

Cenário de Linha de base

Descrição: O desmatamento em terras privadas é computado até 2030 seguindo as tendências observadas, ocorrendo apenas sobre os estoques de vegetação nativa que podem ser desmatados legalmente. Em terras públicas, o desmatamento é calculado até 2030 seguindo as tendências observadas na série histórica.

Cenário 1 – Desmatamento zero absoluto (DZAbs)

Descrição: Esse cenário considera a paralização imediata das supressões vegetais em terras públicas e privadas em todo o Brasil, isto é, entre 2016 e 2030 todos os estados e biomas analisados apresentam taxas zero de desmatamento observado.

Cenário 2 — Desmatamento público zero em 2030 e desmatamento privado apenas sobre os estoques de elevada aptidão agrícola (DZ2)

Descrição: A taxa de desmatamento em terras públicas e nas áreas privadas do bioma Mata Atlântica seguirá a tendência atual até 2020 e será normalizada para alcançar zero em 2030, aplicando-se taxas constantes de decremento anual. O desmatamento em terras privadas da Amazônia e do Cerrado seguirá a tendência atual, mas ocorrerá apenas sobre os estoques de vegetação nativa que podem ser desmatados legalmente e que possuem maior aptidão agrícola, i.e., os estoques com aptidão acima da faixa do percentil 0,80.

Premissas: i) Criação e implementação de políticas que resultem em maior governança sobre terras públicas, as quais teriam início entre 2017 e 2018 e levariam outros dois anos para começarem a ter algum efeito prático; ii) A aplicação da Lei da Mata Atlântica torna-se mais eficiente e aumenta a governança sobre o bioma; iii) Em todo o país, a abertura de novas áreas se dará de forma criteriosa, respeitando a vocação natural da terra, a partir de um zoneamento agroambiental em nível nacional.



Cenário 3 — Desmatamento público zero em 2030 e desmatamento privado sobre todos os estoques, independentemente da aptidão agrícola (DZ3)

Descrição: A taxa de desmatamento em terras públicas e nas áreas privadas do bioma Mata Atlântica seguirá a tendência atual até 2020 e será normalizada para alcançar zero em 2030, aplicando-se taxas constantes de decremento anual. O desmatamento em terras privadas da Amazônia e do Cerrado seguirá a tendência atual e ocorrerá sobre os estoques de vegetação nativa independentemente de sua vocação natural.

Premissas: i) Criação e implementação de políticas que resultem em maior governança sobre terras públicas, as quais teriam início entre 2017 e 2018 e levariam outros dois anos para começarem a ter algum efeito prático; ii) A aplicação da Lei da Mata Atlântica torna-se mais eficiente e aumenta a governança sobre o bioma; iii) A abertura de novas áreas não respeitará a vocação natural da terra e ocorrerá sobre todos os estoques de vegetação nativa que podem ser desmatados legalmente, independentemente da sua aptidão agrícola.

RESULTADOS

Cumprimento do Código Florestal

A partir do exercício de modelar a adequação dos imóveis rurais ao Código Florestal, verificouse que 19,4 milhões de hectares (Mha) de terras privadas estão em desacordo com a legislação, sendo 8,1 Mha em APPs e 11,3 Mha em RLs. Destaca-se que esses resultados foram obtidos após a contabilização dos abatimentos dos mecanismos previstos na legislação (artigos 13, 15, 61-A e 67), que juntos anistiaram 41,2 Mha. Adicionalmente, também foi quantificado o estoque de vegetação nativa que pode ser desmatado legalmente, isto é, que excede as exigências de APP e de RL, o qual totalizou 111 Mha. É importante destacar que desses 111 Mha de vegetação nativa, 8,3 Mha estão localizados no bioma Mata Atlântica e, portanto, encontram-se legalmente protegidos pela Lei da Mata Atlântica.

Tanto os déficits de APPs e RLs, como os estoques de vegetação nativa, ou os impactos de cada mecanismo de abatimento, foram calculados individualmente para cada imóvel rural, permitindo que os resultados fossem posteriormente agregados ao nível de estado e bioma, conforme apresentado no ANEXO I – RESULTADOS DA MODELAGEM DO CÓDIGO FLORESTAL POR ESTADO E BIOMA deste relatório. A figura a seguir ilustra os resultados obtidos nessa etapa do trabalho.



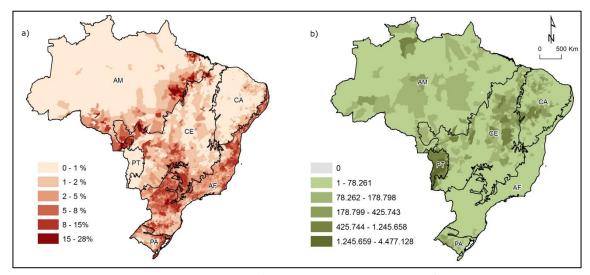


Figura 3 – Resultados da modelagem do Código Florestal para os municípios do Brasil. Os mapas representam (a) a área com déficit de APP e RL em relação à área de uso agropecuário do município (em %) e (b) o estoque de vegetação nativa que pode ser desmatado legalmente (em ha).

Observamos que no quesito descumprimento do Código Florestal a liderança fica por conta do estado do Mato Grosso, acumulando um déficit total de 3 Mha: 2,5 Mha de déficit de RLs e 0,5 Mha de déficit de APPs. O estado do Pará figura em terceiro lugar da lista, com 1,5 Mha em desacordo com a lei florestal (perdendo em déficit total para o estado do Paraná, com 1,7 Mha), distribuídos entre 1 Mha de déficit de RLs e outros 0,5 Mha de déficit de APPs. Em contrapartida, esses dois estados também possuem grandes estoques de vegetação nativa que podem ser desmatados legalmente, totalizando 10,6 Mha no estado do Mato Grosso e 3,2 Mha no estado do Pará. A figura a seguir destaca os imóveis rurais com déficit de APP ou de RL e aqueles com estoques de vegetação nativa que podem ser legalmente desmatados nesses dois estados.



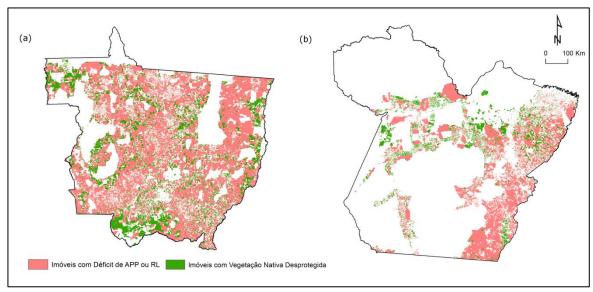


Figura 4 – Resultados da modelagem do Código Florestal para os estados do Mato Grosso (a) e do Pará (b). A figura ilustra os imóveis com déficit de APP ou de RL e aqueles com vegetação nativa que pode ser legalmente desmatada.

Análise da aptidão agrícola nos estoques de vegetação nativa

Para os três biomas analisados neste relatório, o resultado do cruzamento do mapa de aptidão agrícola com os estoques de vegetação nativa que podem ser legalmente desmatados mostrou que a maioria desses estoques (82% ou 52 Mha) é composta por terras de menor aptidão agrícola, enquanto que apenas 18% (ou 11,5 Mha) encontra-se sob terras com maior aptidão. No entanto, tais resultados evidenciam certa variação entre os biomas e os estados analisados conforme apresentado a seguir.

No caso da Amazônia, verificou-se que 27% da vegetação que pode ser legalmente desmatada no bioma encontram-se na faixa de aptidão acima do percentil 0,8, sendo que os estados do Mato Grosso, do Amazonas e de Rondônia apresentam os maiores estoques relativos nessa faixa de aptidão. Em termos de área total, os maiores estoques com elevada aptidão estão nos estados do Mato Grosso, do Amazonas e do Pará. (Tabela 2).



Tabela 2 – Aptidão agrícola nos estoques de vegetação nativa que podem ser legalmente desmatados na Amazônia

	Vegetação nativa que pode ser legalmente desmatada em terras privadas					
Estado	Aptidão entre	0,0 e 0,8	Aptidão acin	Total		
	ha	% do total	ha	% do total	Total	
AC	491 879	87%	74 290	13%	566 169	
AM	1 272 587	59%	889 203	41%	2 161 790	
AP	431 673	89%	53 449	11%	485 122	
MA	162 290	99%	2 401	1%	164 691	
MT	1 274 893	53%	1 150 747	47%	2 425 640	
PA	2 687 582	82%	595 478	18%	3 283 060	
RO	293 827	68%	140 449	32%	434 276	
RR	1 917 010	90%	209 300	10%	2 126 310	
TO	45 185	92%	4 159	8%	49 344	
Amazônia	8 576 927	73%	3 119 476	27%	11 696 403	

No caso do Cerrado, verificou-se que apenas 13% dos estoques de vegetação nativa que podem ser legalmente desmatados encontram-se acima da faixa do percentil 0,8, sendo que apenas os estados do Mato Grosso do Sul e da Bahia possuem mais de 20% de seus estoques de vegetação nativa nessa faixa de aptidão. Em termos de área total, os estados da Bahia, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul possuem os maiores estoques de vegetação com elevada aptidão (Tabela 3).

Tabela 3 – Aptidão agrícola nos estoques de vegetação nativa que podem ser legalmente desmatados no Cerrado

	Vegetação nativa que pode ser legalmente desmatada em terras privadas					
Estado	Aptidão entre 0,0 e 0,8		Aptidão acim	Tatal		
	ha	% do total	ha	% do total	Total	
BA	4 824 753	74%	1 734 147	26%	6 558 900	
DF	26 391	91%	2 483	9%	28 874	
GO	4 096 448	82%	924 232	18%	5 020 680	
MA	6 498 134	94%	444 906	6%	6 943 040	
MG	5 653 794	89%	723 796	11%	6 377 590	
MS	2 114 020	78%	580 650	22%	2 694 670	
MT	4 864 713	88%	641 717	12%	5 506 430	
PI	4 205 716	93%	315 714	7%	4 521 430	
PR	31	93%	2	7%	33	
SP	95 256	87%	14 635	13%	109 891	
ТО	5 366 572	91%	506 308	9%	5 872 880	
Cerrado	37 745 828	87%	5 888 591	13%	43 634 419	



Para a Mata Atlântica, os estoques com maior aptidão agrícola representam cerca de 30% do total, sendo que os maiores estoques relativos estão nos estados do Mato Grosso do Sul, Goiás, Rio Grande do Sul e Espirito Santo. Já em área total, os maiores estoques de elevada aptidão agrícola encontram-se nos estados de Minas Gerais, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Bahia (Tabela 4).

Tabela 4 – Aptidão agrícola nos estoques de vegetação nativa da Mata Atlântica

ela 4 – Aptidao a	Vegetação nativa que pode ser legalmente desmatada em terras privadas					
Estado	Aptidão entre	0,0 e 0,8	Aptidão acim	Total		
	ha	% do total	ha	% do total	Total	
AL	43 936	72%	16 696	28%	60 632	
BA	478 563	72%	185 859	28%	664 422	
ES	280 176	68%	131 697	32%	411 873	
GO	17 973	53%	16 200	47%	34 173	
MG	1 422 418	70%	622 528	30%	2 044 946	
MS	105 787	47%	121 505	53%	227 293	
РВ	9 184	84%	1 756	16%	10 940	
PE	63 934	77%	18 924	23%	82 858	
PR	347 075	68%	165 284	32%	512 359	
RJ	390 280	70%	165 112	30%	555 392	
RN	11 794	73%	4 416	27%	16 210	
RS	715 310	67%	358 713	33%	1 074 023	
SC	1 201 049	75%	394 166	25%	1 595 215	
SE	51 083	77%	15 249	23%	66 332	
SP	694 505	70%	295 938	30%	990 443	
Mata Atlântica	5 833 067	70%	2 514 042	30%	8 347 110	

Desmatamento observado

Para um período de 10 anos (entre 2006 e 2015) observou-se um desmatamento total de 14 Mha, distribuídos entre Amazônia (54%), Cerrado (44%) e Mata Atlântica (2%) – Figura 5.



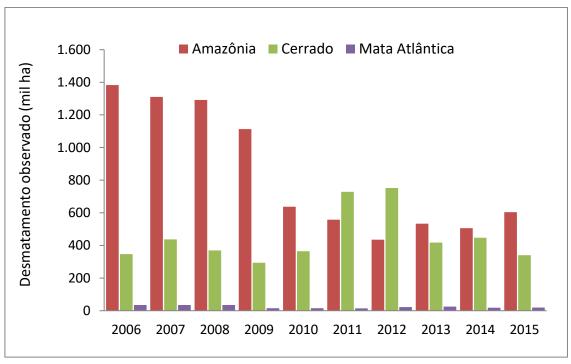


Figura 5 – Desmatamento observado entre 2006 e 2015 para os biomas Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica.

Nesse mesmo período, ao analisar separadamente o desmatamento e em terras públicas e terras privadas, verificou-se que 73% do desmatamento na Amazônia ocorreram em terras privadas, enquanto no Cerrado esse número é de 98%, o que demonstra que os agentes privados são os principais vetores de pressão sobre a vegetação nativa nesses biomas. É importante destacar que a diferença na participação de agentes privados no desmatamento dos dois biomas se dá exatamente pelas diferenças nas suas estruturas fundiárias, em que a Amazônia possui 46% do seu território protegido sobre a forma de Terras Indígenas ou Unidades de Conservação e o Cerrado apenas 7%. Para a Mata Atlântica, em função da limitação dos dados utilizados, considerou-se que todo o desmatamento observado ocorreu em propriedades particulares.

Especificamente no caso da Amazônia, destaca-se a participação das terras não destinadas – consideradas neste relatório como terras públicas – no desmatamento total, sendo que essa categoria fundiária foi responsável por 17% do desmatamento total do bioma, frente a outros 10% das terras públicas destinadas. O desmatamento em terras públicas e privadas de cada bioma pode ser observado no ANEXO II – DESMATAMENTO OBSERVADO POR ESTADO E BIOMA deste relatório.

Considerando os períodos utilizados para a composição dos cenários de desmatamento, observou-se uma taxa anual de 527 mil ha.ano⁻¹ para a Amazônia, 402 mi ha.ano⁻¹ para o Cerrado e 19 mil ha.ano⁻¹ para a Mata Atlântica. A figura a seguir ilustra as taxas anuais de desmatamento observadas para os municípios dos biomas analisados.



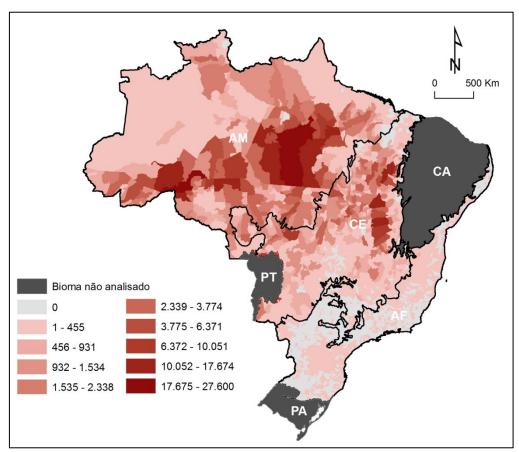


Figura 6 – Desmatamento anual (em ha.ano⁻¹) observado para os municípios dos biomas Mata Atlântica, Amazônia (período 2011-2015) e Cerrado (período 2013-2015).

Destaca-se que os estados do Mato Grosso e do Pará foram os líderes do desmatamento na Amazônia, sendo responsáveis por 60% do desmatamento total observado e contabilizando, respectivamente, 0,5 Mha e 1 Mha desmatados entre 2011 e 2015.

Cenários de desmatamento

Os cenários simulados apresentam taxas de desmatamento individuais para terras públicas e terras privadas de cada estado e bioma. No caso do cenário de desmatamento zero absoluto (DZ absoluto), o desmatamento foi zerado entre 2016 e 2030. Os cenários 2 e 3 apresentam efeitos variáveis em cada estado e bioma em função de dois pontos principais, a saber: (i) a quantidade de terras públicas em cada recorte geográfico e (ii) os estoques de vegetação nativa que podem ser legalmente desmatados e que possuem elevada aptidão agrícola (percentil acima de 0,8).

No bioma Amazônia, a linha de base utilizada projeta um desmatamento total de 7,5 Mha entre os anos de 2016 e 2030, sendo que os estados do Mato Grosso e do Pará respondem por 64%



desse total. O cenário 3, que zera o desmatamento em terras públicas e na Mata Atlântica de forma gradual até 2030 e mantém as taxas observadas em terras privadas, apresenta uma redução de 11% do desmatamento em relação a linha de base. Por sua vez, o cenário 2, que difere do cenário 3 por impedir que o desmatamento ocorra sobre os estoques de vegetação nativa com aptidão agrícola abaixo do percentil 0,8, apresenta uma redução de 46% do desmatamento acumulado no período (Tabela 5).

Tabela 5 – Desmatamento observado e projetado em cada cenário para o Bioma Amazônia.

Estados	Dominialidade	Desmatamento médio	Desmatamento acumulado entre 2016 e 2030			5 e 2030
		anual (2011-2015)	Linha de Base	Cenário 3	Cenário 2	DZ Absoluto
AC	Privado	19 269	289 039	289 039	74 290	0
	Público	8 601	129 014	81 709	81 709	0
AM	Privado	32 380	485 705	485 705	485 705	0
	Público	17 640	264 606	167 584	167 584	0
AP	Privado	721	10 818	10 818	10 818	0
	Público	869	13 031	8 253	8 253	0
MA	Privado	22 424	164 691	164 691	2 401	0
	Público	5 881	88 220	55 872	55 872	0
MT	Privado	91 965	1 379 474	1 379 474	1 150 747	0
	Público	17 350	260 245	164 822	164 822	0
PA	Privado	151 602	2 274 034	2 274 034	595 478	0
	Público	56 725	850 870	538 884	538 884	0
RO	Privado	52 442	434 276	434 276	140 449	0
	Público	31 412	471 176	298 411	298 411	0
RR	Privado	9 045	135 677	135 677	135 677	0
	Público	3 943	59 144	37 458	37 458	0
ТО	Privado	4 237	49 344	49 344	4 159	0
	Público	938	14 076	8 915	8 915	0
	atamento total ado pela média	527 444	7 373 437	6 584 964	3 961 631	0

No bioma Cerrado, o desmatamento acumulado projetado pela linha de base foi de 6 Mha, com grande destaque para os estados que formam a região de fronteira agrícola do Matopiba, responsável por 66% desse total, distribuídos entre Maranhão (0,5 Mha), Tocantins (1,5 Mha), Piauí (1,0 Mha) e Bahia (0,9 Mha). Nesse bioma o estado do Mato Grosso é o segundo colocado em termos de desmatamento acumulado (1 Mha), perdendo apenas para o estado do Tocantins. Como o Cerrado apresenta grande predominância de terras privadas, o cenário 3 traz pouco



efeito sobre o bioma, reduzindo em apenas 1% o desmatamento acumulado. Por sua vez, o cenário 2 apresenta uma redução de 34% do desmatamento acumulado entre 2016 e 2030 (Tabela 6).

Tabela 6 – Desmatamento observado e projetado em cada cenário para o Bioma Cerrado.

Estados	Dominialidade	Desmatamento médio	Desmatam	ento acumula	ido entre 2016	6 e 2030
		anual (2013-2015)	Linha de Base	Cenário 3	Cenário 2	DZ Absoluto
ВА	Privado	61 255	918 825	918 825	918 825	0
	Público	22	330	209	209	0
DF	Privado	87	1 300	1 300	1 300	0
	Público	0	0	0	0	0
GO	Privado	26 147	392 199	392 199	392 199	0
	Público	53	794	503	503	0
MA	Privado	32 173	482 599	482 599	444 906	0
	Público	1 891	28 365	17 965	17 965	0
MG	Privado	30 869	463 029	463 029	463 029	0
	Público	120	1 805	1 143	1 143	0
MS	Privado	14 290	214 351	214 351	214 351	0
	Público	21	308	195	195	0
MT	Privado	63 791	956 859	956 859	641 717	0
	Público	1 930	28 949	18 334	18 334	0
PI	Privado	63 332	949 975	949 975	315 714	0
	Público	1 880	28 195	17 857	17 857	0
PR	Privado	273	33	33	2	0
	Público	0	0	0	0	0
SP	Privado	1 085	16 273	16 273	14 635	0
	Público	0	0	0	0	0
ТО	Privado	99 100	1 486 495	1 486 495	506 308	0
	Público	3 547	53 204	33 696	33 696	0
	ntamento total ado pela média	401 863	6 023 885	5 971 837	4 002 886	0

No caso do bioma Mata Atlântica, em função da taxa anual de desmatamento ser relativamente pequena, os estoques com elevada aptidão são suficientes para acomodar o desmatamento acumulado até 2030, o que faz os cenários 2 e 3 não apresentarem diferenças entre si. Para ambos os casos a redução do desmatamento em relação à linha de base foi de 37%. O desmatamento total projetado pela linha de base entre 2016 e 2030, foi de 0,3 Mha, com grande destaque para os estados de Minas Gerais, Bahia e Piauí que responderam, respectivamente, por 39%, 23% e 18% desse total.



Tabela 7 – Desmatamento observado e projetado em cada cenário para o Bioma Mata Atlântica.

Estado	Dominialidade	Desmatamento médio	Desmatamento acumulado entre 2016 e 2030		6 e 2030	
		anual (2013-2015)	Linha de Base	Cenário 3	Cenário 2	DZ Absoluto
AL	Privado	27	398	252	252	0
ВА	Privado	4 529	67 942	43 030	43 030	0
CE	Privado	269	4 042	2 560	2 560	0
ES	Privado	115	1 725	1 093	1 093	0
GO	Privado	35	532	337	337	0
MG	Privado	7 728	115 925	73 419	73 419	0
MS	Privado	369	5 538	3 508	3 508	0
РВ	Privado	19	283	179	179	0
PE	Privado	71	1 064	674	674	0
PR	Privado	1 685	25 279	16 010	16 010	0
RJ	Privado	245	3 676	2 328	2 328	0
RN	Privado	33	489	309	309	0
RS	Privado	108	1 623	1 028	1 028	0
SC	Privado	669	10 037	6 357	6 357	0
SE	Privado	181	2 720	1 723	1 723	0
SP	Privado	138	2 073	1 313	1 313	0
PI	Privado	3 606	54 090	34 257	34 257	0
	atamento total ado pela média	19 829	297 436	188 376	188 376	0

Os números obtidos nessa etapa do trabalho permitiram que fosse realizada uma análise que identificasse o fim dos estoques de vegetação nativa que podem ser legalmente desmatados, em cada estado e bioma, caso as taxas atuais de desmatamento se mantivessem constantes. Dentro do nosso conhecimento, é a primeira vez que uma análise desse tipo é realizada e os resultados são no mínimo alarmantes.

Na Amazônia, os estoques acabariam em média no ano de 2135, com vários estados esgotando seus estoques antes de 2030 (Tabela 8). É importante destacar que a data distante observada para os estados do Amapá e de Roraima refletem a inexistência do monitoramento do desmatamento em áreas de Cerrado desses estados, uma vez que o Prodes apenas contabiliza os desmatamentos ocorridos em áreas de cobertura florestal no bioma Amazônia. Dessa forma, as taxas de desmatamento observadas para esses estados são pequenas, mas apenas por uma limitação do dado disponível. Se considerarmos que o desmatamento ocorra apenas sobre os estoques com elevada aptidão (percentil acima de 0,8) a data média é reduzida para 2032, sendo que no estado do Maranhão o estoque já terminou em 2016 (Tabela 9).



Tabela 8 – Datas projetadas em que os estoques de vegetação nativa que podem ser legalmente desmatados terminariam nos estados que compõem o bioma Amazônia

Estado	Cenário 3	Cenário 2
AC	2044	2019
AM	2082	2042
AP	2688	2089
MA	2022	2016
MT	2041	2028
PA	2037	2019
RO	2023	2018
RR	2250	2038
TO	2027	2016

No caso do Cerrado, a data média para o fim dos estoques totais ocorreria em 2157 e dos estoques com elevada aptidão em 2034, sendo que em ambos os casos o destaque negativo fica, principalmente, por conta do estado do Paraná, onde não existe mais vegetação nativa que pode ser legalmente desmatada de acordo com o Código Florestal. No Mato Grosso, por exemplo, os estoques totais terminariam em 2101 e os estoques com elevada aptidão em 2025. Se considerarmos apenas os estados que compõe a região do Matopiba, a data prevista para o fim dos estoques totais é reduzida para 2128 e dos estoques com elevada aptidão para 2028. Nos estados do Tocantins e Piauí, por exemplo, os estoques com aptidão terminariam em 2020.

Tabela 9 – Datas projetadas em que os estoques de vegetação nativa que podem ser legalmente desmatados terminariam nos estados que compõem o bioma Cerrado.

Estado	Cenário 3	Cenário 2
BA	2122	2043
DF	2348	2044
GO	2207	2050
MA	2231	2029
MG	2222	2038
MS	2204	2056
MT	2101	2025
PI	2086	2020
PR	2016	2016
SP	2116	2028
ТО	2074	2020



Para a Mata Atlântica, em função das premissas adotadas para a composição dos cenários e das taxas de desmatamento relativamente pequenas, os estoques de vegetação nativa que podem ser legalmente desmatados não seriam esgotados.

Os resultados obtidos para cada cenário de desmatamento zero, em especial os estoques de terras de uso agrícola, pecuário e com vegetação nativa, bem como as áreas desmatadas anualmente em terras públicas e privadas, foram utilizados como dados de entrada para a modelagem econômica de equilíbrio geral que será apresentada no capítulo a seguir.



CAPÍTULO 2 – MODELAGEM ECONÔMICA PARA CENÁRIOS DE DESMATAMENTO ZERO NO BRASIL

Autor: Joaquim Bento de Souza Ferreira Filho¹

1 – Professor Titular da Esalq/USP

INTRODUÇÃO

A análise de impactos econômicos de políticas ambientais é uma das áreas de fronteira na pesquisa econômica atual. Esse interesse tem sido grandemente reforçado pelas preocupações atuais com as mudanças climáticas globais, que estão exigindo grandes avanços metodológicos em termos de capacidade de análise de políticas aplicadas.

Pela própria característica das variáveis ambientais de interesse atual, com potencial de impactos em grande escala, ou até mesmo globais, abordagens metodológicas específicas têm sido requeridas na análise, que possam capturar os efeitos mais gerais sobre as economias sob análise. Esse é o caso dos Modelos de Equilíbrio Geral Computável (EGC) que, por suas características estruturais, permitem captar os efeitos de fenômenos com impacto geral nas economias, ou seja, efeitos grandes o suficiente para afetar setores econômicos interligados com aqueles onde eles incidem diretamente.

Neste estudo, um modelo EGC projetado para análises econômicas ambientais no Brasil é utilizado para se analisar os impactos de cenários de redução do desflorestamento no Brasil. Os cenários de uso do solo descritos no item 4.5 são analisados em termos de seus impactos na economia brasileira, e seus resultados analisados. No que se segue, apresenta-se uma breve descrição a respeito da estrutura teórica dos modelos EGC. A seguir, descreve-se o modelo específico a ser utilizado neste estudo. Finalmente, os resultados são apresentados e discutidos.

OS MODELOS COMPUTÁVEIS DE EQUILÍBRIO GERAL

Os modelos de equilíbrio geral computável são o avanço mais recente na área "modelos aplicados de planejamento multissetoriais". Seu funcionamento se dá por meio da simulação das interações dos vários agentes econômicos com comportamento otimizante nos mercados. O modelo apresenta características estruturais e exige uma especificação completa tanto do lado da oferta quanto da demanda em todos os mercados em dada economia.



De acordo com Ginsburg e Robinson (1984), um modelo de EGC pode ser descrito sinteticamente em termos dos seguintes componentes:

- A especificação dos agentes econômicos cujo comportamento será analisado, como as famílias, o governo, os trabalhadores, as empresas;
- As regras de comportamento desses agentes, que refletem sua motivação aqui se têm, por exemplo, as hipóteses de maximização de lucro e de utilidade;
- Os sinais observados pelos agentes para a sua tomada de decisão, como os preços e as rendas; e
- A especificação das "regras do jogo" com as quais os agentes interagem, que são as especificações de formas funcionais e restrições do problema. Sendo o modelo um conjunto de equações que descrevem comportamento dos agentes econômicos, as formas funcionais escolhidas terão sempre propriedades matemáticas particulares, que restringem o comportamento deles. Dessa forma, funções demanda do tipo Cobb-Douglas determinarão que as parcelas de dispêndio dos consumidores em cada produto e serviço seja sempre constante.

Adicionalmente, devem-se definir ainda as condições de equilíbrio, que são restrições que devem ser satisfeitas, mas que não são levadas explicitamente em conta pelos agentes quando de sua tomada de decisão. Em termos formais, um equilíbrio pode ser definido como um conjunto de sinais tais que os resultados das decisões isoladas dos agentes satisfaçam em conjunto às restrições do sistema. Assim, por exemplo, o equilíbrio de mercado no modelo competitivo é definido como um conjunto de preços e quantidades associadas tais que o excesso de demanda em todos os mercados seja igual a zero.

Um modelo EGC, dessa forma, deve representar o fluxo circular da renda em dada economia, discriminando completamente aquele fluxo. A Figura 7 ilustra, de maneira esquemática, os fluxos de circulação da renda na economia, e coloca em perspectiva o papel a ser desempenhado pelos agentes econômicos em um modelo EGC.



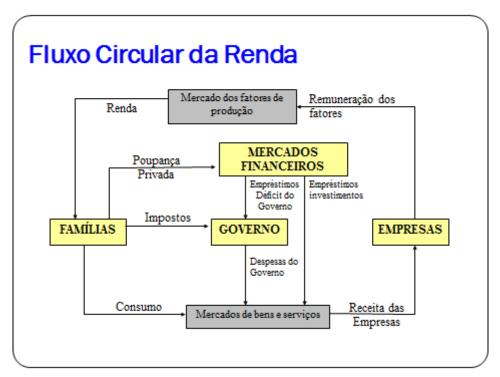


Figura 7 – Representação esquemática do fluxo circular da renda em uma economia.

Pegue-se, por exemplo, o papel desempenhado pelas famílias no sistema. Como se pode notar, elas desempenham dois tipos de papel fundamentais: são demandantes de bens, e fornecedores de trabalho para a economia. Como proprietárias dos fatores de produção domésticos da economia, as famílias ofertam, por exemplo, trabalho e recebem dos demandantes desse fator (as atividades produtivas) o valor da renda do trabalho (salários), que será despendido com o consumo de bens e serviços, ou poupado. Dessa forma, os modelos EGC devem discriminar esses dois lados das famílias (oferta de fatores e demanda de bens), mas a maneira como a questão é tratada pode diferir substancialmente nos diversos modelos, dependendo de diversos fatores.

O mesmo se aplica aos demais agentes do sistema, "mutatis mutandis". As firmas, por exemplo, são demandantes dos fatores primários de produção (terra, trabalho e capital) e de produtos de outras firmas (insumos), que são utilizados para a produção de bens que serão ofertados nos mercados, e consumidos por outras firmas, famílias, governo ou pelo resto do mundo (exportações). Dessa forma, a contabilidade exaustiva de todos os fluxos econômicos no sistema garante que o dispêndio de todos os agentes será igual à renda, em seu fluxo circular. Esta é uma característica central dos modelos EGC, ou seja, a de descrever o fluxo circular em dada economia. As variações nesse fluxo permitem, em última análise, que se observem os efeitos de equilíbrio geral de dada política.



Deve-se observar que, no fluxo circular, são computados apenas os bens e serviços que possuem preços de mercado, e cujos valores podem ser observados. Desse modo, o valor da maioria dos serviços ambientais não é captado por aquele fluxo, o que é decorrente das suas próprias características de não serem transacionados nos mercados. De fato, um dos desafios atuais da pesquisa econômica é a valoração dos bens e serviços ambientais, sua precificação e inclusão na contabilidade nacional.

Uma característica importante dos modelos EGC é que são modelos calibrados, e não estimados. O método de calibração (ou de validação do modelo) implica que os parâmetros comportamentais do mesmo são deduzidos a partir da observação de um único ano de dada economia, ou seja, o modelo deve reproduzir, no seu ano-base, a economia em questão. Como em geral existem mais parâmetros a serem calibrados do que informação disponível, alguns valores ainda devem ser buscados na literatura ou em outras fontes de dados. Isso é típico, por exemplo, para valores de elasticidades, que requerem trabalhos específicos de estimação.

Dado o grande volume de informações necessárias para a calibração desses modelos, eles geralmente são calibrados para um ano em existam matrizes de insumo-produto (IO) disponíveis. De fato, as matrizes IO são a base da calibração de qualquer modelo, embora informações adicionais de fontes diversas sejam também necessárias.

O modelo TERM-BR é calibrado para o ano de 2005, ou seja, tem como base a matriz de insumoproduto do Brasil para o ano de 2005. Além disso, faz também uso extensivo, especialmente
para a regionalização dos dados, de informações do Cadastro Geral da Indústria, do Censo
Agropecuário de 2006, das informações da Pesquisa Agrícola Municipal, da Pesquisa Nacional
por Amostragem de Domicílios (PNAD 2005, para informações sobre trabalho por qualificação,
região e setor de atividade), e da Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF 2008-2009, para
informações sobre os padrões de dispêndio das famílias, por faixas de renda familiar). Quando
da sua utilização em análises de política, contudo, a base de dados do modelo é atualizada
através de uma simulação histórica, como será descrito em maiores detalhes adiante.

O MODELO TERM-BR: UM MODELO DE EQUILÍBRIO GERAL COMPUTÁVEL PARA ANÁLISES AMBIENTAIS NO BRASIL

Neste estudo, os efeitos potenciais de diversos cenários de redução do desflorestamento no Brasil serão analisados através de um modelo EGC do Brasil, o modelo TERM-BR, especialmente projetado para análises relativas a mudanças do uso do solo (LUC), baseado em trabalhos



anteriores de Ferreira Filho e Horridge (2014). Nesta seção, descrevem-se as características centrais desse modelo.

O modelo TERM-BR é um modelo de equilíbrio geral computável dinâmico recursivo, "bottom-up", que inclui uma representação regional detalhada do Brasil, com 27 regiões (26 estados mais o Distrito Federal), 110 produtos e 110 atividades produtivas, dez tipos de famílias (classificadas por faixa de renda familiar) e 10 tipos de trabalho (classificados por faixa de salário). O termo "bottom-up" é utilizado nesse contexto para caracterizar um modelo inter-regional onde as regiões são ligadas entre si através de matrizes de comércio. Dessa forma, os resultados nacionais são gerados como uma agregação dos regionais, o que torna esse tipo de modelo mais adequado para a análise de políticas com características regionais distintas.

Do ponto de vista do seu comportamento dinâmico, o modelo apresenta soluções para períodos anuais, evoluindo no tempo guiado através de um processo dinâmico, que consiste basicamente de guatro mecanismos:

- Uma relação estoque-fluxo entre o investimento em dado período e o estoque de capital no período seguinte;
- Uma relação positiva entre o investimento setorial e a respectiva taxa de lucro;
- Uma relação positiva entre a variação do salário real e a oferta regional de trabalho; e
- Uma relação positiva entre o desflorestamento em dado período e o estoque disponível de terras para a agropecuária no período seguinte.

Através desses mecanismos é possível, em conjunto com outras hipóteses, projetar uma linha de base para dada economia, ou seja, uma trajetória inercial de crescimento, em relação à qual uma segunda trajetória (trajetória de política), que difere da primeira apenas em termos da política econômica a ser implementada, pode ser comparada. A diferença entre as duas trajetórias pode ser interpretada como o efeito da política em estudo. No caso deste estudo, os diversos cenários alternativos de desmatamento irão compor os cenários de política a serem analisados.

O modelo TERM-BR tem como característica particular um módulo de uso da terra, desenvolvido para análises específicas. Este módulo faz uso do conceito de Matriz de Transição, e permite a contabilização das transições entre diversos usos do solo, garantindo a consistência entre essas transições. Este módulo é descrito em maiores detalhes no que se segue.



O módulo de uso da terra no modelo TERM-BR.

O módulo de uso da terra do modelo é baseado no conceito de matriz de transição. Esaas matrizes, elaboradas por estado e por bioma, fazem uso de informação obtida através de imagens de satélite para as mudanças do uso do solo observadas entre 1994 e 2002 (Brasil, 2010). Essas informações foram processadas para distinguir três grandes tipos de uso do solo, Culturas (CROP), Pastagens (PASTURE) e Silvicultura (florestas plantadas, FORESTRY), e um tipo residual identificado no modelo como UNUSED, que ser refere a florestas nativas. Essas matrizes de transição são detalhadas por estado e, dentro de cada estado, por seis biomas distintos: Amazônia, Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal.

A matriz de transição mostra, por exemplo, quantos hectares do bioma Cerrado no estado do Mato Grosso, que era vegetação natural em 1994, foi transformada em Cultura em 2002, ou permaneceu como vegetação natural. O modelo tem, portanto, para cada um dos biomas em cada um dos estados, uma matriz de transição completa. Os dados observados no período mencionado acima são então processados, mostrando a probabilidade de cada hectare com dado uso em cada ano se transformarem em outro uso no ano seguinte.

Essas transições são ainda influenciadas pelos preços relativos. Dessa forma, a transição de pastagens ou florestas para culturas, por exemplo, são aceleradas com o crescimento do preço relativo dos produtos da agropecuária. Além disso, como é o caso deste estudo, o patamar de desflorestamento pode ser projetado de forma exógena, de acordo com padrões desejados. Nesse caso, a Matriz de Transição garante a consistência das informações, ou seja, o aumento da área de pastagens, culturas e reflorestamento em dado ano tem que respeitar o aumento da área disponível dado pelo desflorestamento no ano anterior.

A mostra um diagrama ilustrativo da estrutura do módulo de uso da terra no modelo. Na parte mais alta da figura, verifica-se que a Matriz de Transição guia a conversão de florestas, dos diversos biomas, em grupos agregados de Culturas ou Pastagens, ou ainda Silvicultura. Esse processo pode ser revertido, com, por exemplo, parte das pastagens sendo abandonadas para se transformar novamente em florestas.



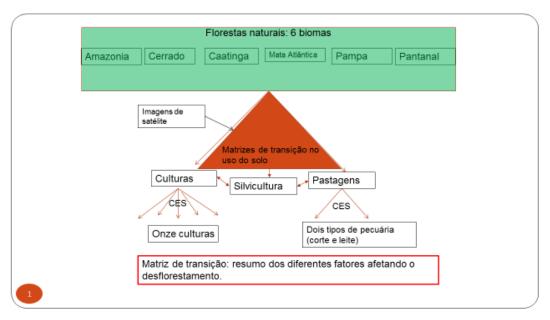


Figura 8 – Ilustração do funcionamento do módulo de uso da terra no modelo TERM-BR.

Uma vez determinado o montante de cada categoria agregada, o modelo irá realizar a alocação da terra entre as atividades dentro de cada categoria. Dessa forma, a área de culturas, por exemplo, será alocada entre as onze atividades agrícolas do modelo, através de uma função CES (Elasticidade de substituição constante), com base nos preços relativos dos produtos dessas atividades. Assim, a cultura cujo preço se elevar em termos relativos terá a sua área aumentada, em detrimento das culturas cujos preços relativos se reduzirem.

A agregação regional e setorial do modelo

Os modelos CGE, e em particular os modelos inter-regionais como é o caso do utilizado neste estudo, apresentam, em geral, um número muito grande de equações, que devem ser resolvidas através de métodos matemáticos adequados. Por uma questão de dimensionalidade, ou seja, de capacidade de resolução dos programas utilizados, ou ainda de capacidade dos computadores, bem como da praticidade da sua apresentação, o modelo precisa ser agregado em suas dimensões. Esse procedimento, além de facilitar a apresentação dos resultados, reduz significativamente o tempo de solução necessário nas simulações. Para este estudo, optou-se por uma agregação que distingue 16 regiões e 38 produtos e atividades, bem como 10 tipos de trabalho e 10 tipos de famílias. As definições das regiões agregadas, bem como os produtos e atividades produtivas, utilizadas no modelo podem ser vistas nas tabelas abaixo.



Tabela 10 - Definição das regiões agregadas no modelo.

ID	Região	Descrição
1	Rondonia	Rondônia
2	Acre	Acre
3	Amazonas	Amazonas
4	Roraima	Roraima
5	Pará	Pará
6	Amapá	Amapá
7	Matopiba	Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia
8	PernAlag	Pernambuco e Alagoas
9	RestNE	Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Sergipe
10	MinasG	Minas Gerais
11	SaoPaulo	São Paulo
12	RestSE	Espírito Santo e Rio de Janeiro
13	Sul	Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul
14	MtGrSul	Mato Grosso do Sul
15	MtGrosso	Mato Grosso
16	GoiasDF	Goiás e Distrito Federal

Tabela 11 - Agregação setorial do modelo.

		Descrição	ID	Cádigo	Dosorioão	
ID	Código	Descrição		Código	Descrição	
1	ArrozCasca	Arroz em casca	20	ArrozBenef	Arroz beneficiado	
2	MilhoGrao	Milho em grão	21	UsiRefAcucar	Açúcar refinado	
3	TrigoOutCere	Trigo e outros	22	CafeProc	Café processado	
4	CanaDeAcuc ar	Cana de açúcar	23	OutProdAlim	Outros prod. Alimentícios	
5	SojaGrao	Soja em grão	24	TextVestCalc	Texteis, Vestuário e Calçados	
6	OutPrServLav	Outros produtos e serviços da lavoura	25	CelPapGraf	Celulose, Papel e Gráfica	
7	Mandioca	Mandioca	26	Gasolina	Gasolina pura	
8	FumoFolha	Fumo em folha	27	Gasoalcool	Gasolina C	
9	AlgodHerb	Algodão	28	Alcool	Etanol	
10	FrutasCitric	Frutas cítricas	29	OleoCombGas	Óleo Combustível e Gás	
11	CafeGrao	Café em grão	30	OleoDiesel	Óleo Diesel	
12	ExplFlorSilv	Silvicultura e exploração florestal	31	Petroquimic	Petroquímica	
13	BovOutrAnim	Bovinos e outros	32	OutManuf	Outras manufaturas	
14	LeitVacOuAni	Leite	33	AutomCamOni b	Automóveis, caminhões e ônibus	
15	SuinAvOvPes c	Suínos e outros	34	Metalurgicos	Produtos metalúrgicos	
16	Mineracao	Mineração	35	ElGasAgEsg	Eletricidade, gás, água, esgoto	
17	Carnes	Carnes	36	Comercio	Comércio	
18	Oleos	Óleos	37	Transporte	Transporte	
19	Laticinios	Laticínios	38	Servicos	Serviços	



A ESTRATÉGIA DE SIMULAÇÃO UTILIZADA

Conforme mencionado anteriormente, um modelo EGC dinâmico exige, para a sua aplicação, a comparação de cenários de política com dada linha de base da economia, ou seja, uma trajetória "inercial" da economia, que seria observada se os estados da natureza permanecessem como hoje (cenário "business as usual", ou BAU). A construção desse cenário envolve dois períodos principais, o período histórico e o período das projeções, que são descritos no que se segue.

A base de dados do modelo é o ano de 2005. Isso significa que o mesmo é calibrado para reproduzir as características da economia brasileira daquele ano. Assim, é necessário se proceder a uma atualização histórica da base de dados, até o período atual, o que é feito impondo-se ao modelo a trajetória observada da economia brasileira no período, em termos de seus componentes macroeconômicos. Dessa forma, todos os dados de produção, exportações, etc., são atualizados de maneira a satisfazer os agregados macroeconômicos observados, como a variação do PIB.

Adicionalmente, para este estudo foi ainda necessária especial atenção à evolução do desflorestamento e do uso do solo. Assim, os valores de desflorestamento nos três biomas mencionados anteriormente (Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica) até o ano de 2015 foram impostos ao modelo, bem como a evolução da área total de culturas e de reflorestamento (Silvicultura). Com isso, a base de dados do modelo foi atualizada até o ano de 2015, quando se encerrou o período histórico.

O período das projeções, portanto, se inicia no ano de 2016 e vai até o ano de 2030, e gera a linha de base para a economia do Brasil através de um crescimento tendencial. As principais características dessa linha de base são descritas abaixo:

- Projeções de crescimento populacional por estado (IBGE). Isso implica um crescimento agregado de 20,1% da população até 2030 (2016/2030), mas com crescimento mais rápido nos estados/regiões do RestNe e GoiasDF. São Paulo, Minas Gerais seriam os estados com o menor crescimento populacional no período.
- Crescimento projetado do PIB real do Brasil de 2,5% ao ano.
- Projeções do desmatamento, por bioma, conforme discutido no capítulo 5. Isso acarreta um desmatamento total na linha de base de 13.7 milhões de hectares (Mha) até 2030, sendo 7,4 Mha no bioma Amazonia, 6 Mha no bioma Cerrado, e 0,3 Mha no bioma Mata Atlântica (Tabelas 1 a 3, item 5.3).



- Projeções de crescimento da área de culturas, de acordo com a média observada nos cinco anos do período 2015-2011, perfazendo um incremento anual de aproximadamente 2.5 Mha ao ano, uma expansão total de 37.7 Mha na área de culturas no período 2016-2030. Esses valores são aplicados ao modelo por estado e por bioma, o que significa que apenas os biomas Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica foram contemplados.
- Projeção de crescimento da área de reflorestamentos (plantios de Eucaliptus e Pinus, ou florestas comerciais) de 0,49 Mha ao ano, até 2030, perfazendo uma expansão total de 7,1 Mha na área de florestas plantadas no períodos.

Conforme explicado anteriormente, o uso da Matriz de Transição garante a consistência entre o uso total de áreas na agropecuária, ou seja, a soma das variações das áreas de culturas, pastagens e silvicultura deve ser igual, e com sinal trocado, à área desflorestada. Como, na linha de base, estão sendo projetadas as áreas de culturas, silvicultura e desflorestamento, a área de pastagens é endógena, e é a variável de ajuste.

Dessa forma, as projeções acima descritas são consistentes com uma redução de 31,1Mha na área de pastagens na linha de base, de 2016 até o ano de 2030. A escolha da área de pastagens como variável de ajuste está baseada na ideia de que as atividades agrícolas apresentam, em geral, taxas de retorno superiores às da pecuária, em sua configuração atual. Com o crescimento mais rápido das culturas e da silvicultura em relação às pastagens no ano-base, o desflorestamento projetado é consistente com aquela queda. Além disso, o vasto estoque de áreas de pastagens ainda existente torna esse ajustamento possível.

Com os procedimentos descritos acima, cria-se uma linha de base para a economia brasileira, em relação à qual serão expressos os resultados das simulações, através dos cenários que foram descritos no item 4.5. Os resultados desses cenários são descritos a seguir.

-

⁸ Estes valores foram calculados com base nas observações da Transparent World (2015) e das declarações do presidente da Indústria Brasileira de Árvores – IBÁ (http://celuloseonline.com.br/2014-criacao-da-iba-industria-brasileira-de-arvores/).



RESULTADOS

Os cenários a serem simulados foram descritos em detalhes no item 4.5. Uma descrição resumida dos mesmos é apresentada a seguir, para facilidade de exposição e organização do texto:

- Cenário 1 (DZabs): Desmatamento zero absoluto.
- Cenário 2 (DZ2): Desmatamento em terras públicas zero em 2030, desmatamento na Mata Atlântica zero em 2030, e desmatamento privado prosseguindo sobre os estoques de elevada aptidão agrícola.
- Cenário 3 (DZ3): Desmatamento público zero em 2030, desmatamento na Mata Atlântica zero em 2030, e desmatamento privado prosseguindo sobre os estoques existentes, independentemente da aptidão agrícola.

O resultado líquido dos cenários acima, em termos de desvio do desmatamento em relação à linha de base, pode ser visto na Tabela 12.

Tabela 12 – Variação no desmatamento em relação à linha de base (desmatamento evitado), por região. Milhões de hectares acumulados em 2030.

Regiões	DZabs	DZ2	DZ3
1 Rondonia	0.97	0.48	0.16
2 Acre	0.41	0.25	0.05
3 Amazonas	0.76	0.14	0.09
4 Roraima	0.20	0.03	0.02
5 Pará	3.15	1.90	0.31
6 Amapa	0.02	0.01	0.00
7 Matopiba	4.40	2.01	0.18
8 PernAlag	0.00	0.00	0.00
9 RestNE	0.00	0.00	-0.01
10 MinasG	0.56	0.09	0.05
11 SaoPaulo	0.00	-0.01	-0.02
12 RestSE	0.00	0.00	0.00
13 Sul	0.00	-0.02	-0.02
14 MtGrSul	0.21	0.02	0.01
15 MtGrosso	2.64	0.68	0.13
16 GoiasDF	0.38	0.04	0.01
TOTAL	13.72	5.60	0.95



Os dados da Tabela 12 representam o desmatamento evitado (ou a área de pastagens perdidas) em cada cenário, em relação à linha de base. Como se pode verificar, o cenário DZabs, que simula a interrupção total do desmatamento a partir de 2016, implicaria uma elevação total da área de florestas nativas de 13,7 Mha em relação à linha de base, acumulados em 2030, que é o desmatamento que seria evitado. No cenário DZ2 o ganho total em termos de elevação das áreas com florestas (ou, o que é simétrico, a perda de áreas com pastagens) seria menor, de 5,6 Mha, enquanto no cenário DZ3 haveria um ganho 0,95 Mha de florestas.

Em termos de impactos econômicos a extensão total das perdas de florestas evitadas (ou, novamente, das perdas de pastagens realizadas) não é a única variável a ser observada. Como a atividade econômica se distribui de forma não uniforme no território, e considerando ainda que a produtividade das pastagens perdidas também não é igual, esses impactos não são diretamente proporcionais. Para melhor analisar esse ponto, vamos inicialmente verificar o impacto dos cenários em algumas variáveis macroeconômicas, ou seja, variáveis agregadas (Tabela 13).

Tabela 13 — Resultados do modelo, variáveis macroeconômicas. Variações percentuais, agregadas em 2030.

Variável	DZabs	DZ2	DZ3
Consumo real das famílias	-0.58	-0.21	-0.03
Investimento real	-3.32	-1.35	-0.22
Consumo real do governo	-0.58	-0.20	-0.03
Índice de volume exportações	1.94	0.76	0.13
Índice de volume importações	-0.85	-0.36	-0.06
PIB real	-0.62	-0.22	-0.03
Salário real	-1.23	-0.48	-0.08

Inicialmente, pode-se verificar que a perda de PIB, em termos das variações percentuais acumuladas em 2030, é pequena em termos relativos. A maior perda observada seria no cenário DZabs, uma queda de 0,62% do PIB acumulada até 2030. Esse valor pode ser considerado o custo social do desmatamento evitado (ou das pastagens perdidas), uma vez computadas todas as perdas econômicas associadas. Em termos monetários, as perdas do PIB, acumuladas até 2030 e expressas em valores de 2016, são estimadas em R\$ 46,5 bilhões (R\$ 3,1 bilhões ao ano) para o cenário DZabs, R\$ 16,9 bilhões (R\$ 1,1 bilhão ao ano) para o cenário DZ2 e R\$ 2,3 bilhões (R\$



153,4 milhões ao ano) para o cenário DZ3⁹. Apenas como referência para as ordens de grandeza envolvidas, o volume total de crédito rural disponibilizado em 2016 foi de R\$ 162 bilhões (Banco Central do Brasil, 2017).

Como se pode verificar, esse valor é pequeno e está associado à pequena participação da pecuária (corte e leite) no Valor Adicionado Bruto total da economia brasileira, que era de aproximadamente 1,5% no ano-base (2005). Como a área de pastagens no ano-base era de aproximadamente 160 Mha, a perda simulada de área de pastagens representa menos de 10% da área total no ano-base. A composição desses valores ilustra o porquê da pequena perda de PIB observada, mesmo após o computo das perdas a montante e a jusante na cadeia produtiva da pecuária.

As perdas das áreas de pastagens levam à uma realocação geral da produção da pecuária no território, como pode ser visto na Tabela 14, onde se pode notar a maior queda relativa na produção das atividades da pecuária, que utilizam diretamente as pastagens.

Tabela 14 – Variações percentuais de produção em relação à base, acumuladas em 2030.

Variável	Dzabs	DZ2	DZ3
1 ArrozCasca	-1.51	-0.55	-0.08
2 MilhoGrao	-1.47	-0.55	-0.08
3 TrigoOutCere	1.74	0.82	0.11
4 CanaDeAcucar	-0.45	-0.16	-0.02
5 SojaGrao	2.06	0.74	0.12
6 OutPrServLav	0.61	0.25	0.04
7 Mandioca	-1.32	-0.48	-0.07
8 FumoFolha	0.42	0.16	0.03
9 AlgodHerb	-0.65	-0.22	-0.03
10 FrutasCitric	-1.08	-0.38	-0.06
11 CafeGrao	1.67	0.62	0.10
12 ExplFlorSilv	1.32	0.54	0.08
13 BovOutrAnim	-8.54	-3.41	-0.56
14 LeitVacOuAni	-4.83	-1.82	-0.30
15 SuinAvOvPesc	-1.61	-0.60	-0.09

Outro aspecto interessante a ser notado é que nem todos os produtos tem a produção afetada negativamente pela política. Produtos com parcela exportada expressiva, tanto

através do deflator do PIB, mas este deflator está disponível apenas até o ano de 2013.

⁹ Estes valores são estimativas obtidas pelo deflacionamento através da variação do IPCA, para ilustração da magnitude dos valores monetários. O procedimento correto seria o deflacionamento



diretamente como produto primário, quanto indiretamente através dos seus produtos processados, ou ainda importados, tem a sua produção doméstica aumentada. Isso acontece porque o choque de política gera uma desvalorização cambial real, com uma equivalente perda dos termos de troca externos, beneficiando os produtos exportados (soja, café e silvicultura, principalmente), e também os que tem parcela importada elevada (trigo, que no caso tem os preços elevados). Esses produtos tendem a se beneficiar da política, expandindo a sua produção, em detrimento dos demais.

Os resultados relativos às perdas sociais (PIB) podem também ser analisados em termos regionais (Tabela 15). Como se pode verificar, os resultados da queda do PIB, bastante pequenos quando considerados no agregado do Brasil, apresentam valores significativamente mais elevados em alguns estados. Note-se que em todos os cenários os estados da fronteira agrícola tipicamente perderiam mais do que os da região sudeste, uma vez que na linha de base o desmatamento progride principalmente na fronteira. Rondônia, Acre, Pará e Mato Grosso seriam os estados mais afetados, de forma geral.

Tabela 15 – Variações percentuais do PIB regional acumuladas em 2030.

PIB real	DZabs	DZ2	DZ3
1 Rondonia	-3.07	-1.53	-0.59
2 Acre	-4.53	-2.88	-0.54
3 Amazonas	-0.55	-0.12	-0.06
4 Roraima	-1.47	-0.32	-0.14
5 Para	-2.05	-1.35	-0.23
6 Amapa	-0.64	-0.19	-0.05
7 Matopiba	-1.04	-0.45	-0.04
8 PernAlag	-0.40	-0.15	-0.02
9 RestNE	-0.44	-0.15	-0.02
10 MinasG	-0.48	-0.13	-0.03
11 SaoPaulo	-0.38	-0.13	-0.01
12 RestSE	-0.17	-0.06	0.00
13 Sul	-0.65	-0.21	-0.02
14 MtGrSul	-1.11	-0.30	-0.04
15 MtGrosso	-3.17	-0.91	-0.14
16 GoiasDF	-0.99	-0.29	-0.04

Esses resultados são importantes para considerações a respeito da distribuição dos custos sociais entre as regiões no Brasil, um elemento crucial para a economia política do processo. Políticas de redução do desflorestamento deverão levar em consideração essas perdas assimétricas, como forma de obter adesão dos diferentes atores ao processo. Nesse contexto,



discussões sobre mecanismos de compensação para os estados perdedores podem ser importantes para o sucesso de políticas de contenção do desflorestamento.

Como pode ser visto na Tabela 13, os choques geram, no modelo, uma queda no salário real da economia, nos três cenários. Isso é decorrente da redução da atividade econômica, expressa pela queda do PIB. A queda no salário real, contudo, não é uniforme na economia, quando se consideram trabalhadores de diferentes tipos de qualificação, como pode ser visto na Tabela 16. Nesta tabela, o trabalho é classificado em dez tipos diferentes, através das faixas de salário recebidas por cada um, como uma "proxy" para produtividade do trabalho. Dessa forma, a categoria OCC1 é a de menor qualificação, enquanto a OCC10 a de maior qualificação.

Tabela 16 - Variações percentuais no salário real, por tipo de ocupação do trabalho acumuladas em 2030.

Tipo de ocupação	Dzabs	DZ2	DZ3
1 OCC1	-2.61	-1.08	-0.15
2 OCC2	-2.60	-1.12	-0.16
3 OCC3	-1.70	-0.67	-0.11
4 OCC4	-1.63	-0.64	-0.09
5 OCC5	-1.73	-0.70	-0.11
6 OCC6	-1.59	-0.62	-0.10
7 OCC7	-1.48	-0.58	-0.09
8 OCC8	-1.36	-0.53	-0.09
9 OCC9	-1.09	-0.41	-0.07
10 OCC10	-1.06	-0.40	-0.06

Verifica-se que os salários dos trabalhadores de menor qualificação apresentam uma queda real maior do que os de maior qualificação. Isso se explica pelo fato da agropecuária ser relativamente mais intensiva em trabalho pouco qualificado do que a média da economia. Como o choque de política (redução do desflorestamento) afeta primariamente a agropecuária, os trabalhadores menos qualificados (OCC1) tendem a apresentar uma maior queda no salário real do que os mais qualificados (OCC10).

Essa mudança no valor dos salários tende, naturalmente, a afetar de forma distinta a composição da renda e, por conseguinte, do consumo das famílias. Os trabalhadores de menor salário concentram-se nas famílias de menor renda, e vice-versa. Dessa forma, a maior queda no salário dos trabalhadores menos qualificados tende a afetar negativamente mais a renda das famílias mais pobres, afetando assim o seu consumo.

Ao efeito mencionado acima deve-se adicionar também o efeito da composição das cestas de consumo das famílias de renda distinta. As famílias mais pobres têm um peso maior dos



alimentos na sua cesta de consumo do que as mais ricas. Estas últimas, por outro lado, têm um peso relativamente maior de serviços nas suas cestas de consumo do que as mais pobres. O resultado combinado desses efeitos pode ser visto nos dados da Tabela 17.

Na tabela, as famílias classificadas como POF1 são as de menor renda, ao passo que as POF10 são as mais ricas. Verifica-se que o consumo real das famílias cai mais nas famílias mais pobres, sendo maior quanto mais pobre a família. Verifica-se ainda que as famílias mais ricas (POF10) até aumentariam o consumo (em termos reais) nos cenários DZ2 e DZ3. Isso está associado à composição da cesta de consumo dessas famílias, conforme mencionado anteriormente. Nas famílias mais ricas (POF10), o consumo de serviços representa cerca de 32% do dispêndio total da cesta de consumo no ano-base, ao passo que para as mais pobres (POF1) esse item representa apenas 2,2%.

O setor produtor de serviços, contudo, também é importante empregador de trabalho pouco qualificado, cujo salário caiu, como visto antes. Dessa forma, ao passo que os produtos alimentares tendem a aumentar o seu preço nas simulações, os preços de serviços se reduzem, beneficiando relativamente mais as famílias que tem uma parcela maior de serviços na sua cesta de consumo, que são as mais ricas.

Tabela 17 – Variações percentuais no consumo real das famílias acumuladas em 2030

Variável	Dzabs	DZ2	DZ3
1 POF1	-1.80	-0.72	-0.10
2 POF2	-1.59	-0.63	-0.09
3 POF3	-1.24	-0.48	-0.07
4 POF4	-1.11	-0.42	-0.06
5 POF5	-0.82	-0.30	-0.05
6 POF6	-0.64	-0.23	-0.03
7 POF7	-0.44	-0.15	-0.02
8 POF8	-0.28	-0.08	-0.01
9 POF9	-0.10	-0.01	0.00
10 POF10	-0.03	0.02	0.01

Verifica-se, portanto, que a diminuição do desflorestamento, ao reduzir a atividade da pecuária, tenderia a afetar de forma mais negativa os mais pobres da economia. Da mesma forma que discutido anteriormente para as perdas regionais, esse é um resultado importante a ser considerado. Toda política econômica apresenta ganhadores e perdedores, uma decorrência da



restrição de recursos da economia. A identificação desses agentes é importante na discussão das políticas, pois permite o desenho, se for o caso, de políticas compensatórias adequadas.

Deve-se notar que, para os resultados até aqui apresentados, não se admitiu progresso técnico (ou mudança tecnológica) no sentido clássico do termo. O modelo gera endogenamente substituição entre os fatores produtivos, o que altera a produtividade parcial dos fatores de produção; mas esse é um efeito puramente alocativo, e não um deslocamento da função de produção. A magnitude da perda social observada (pequena, em geral), sugere que taxas relativamente baixas de progresso técnico poderiam compensar aquelas perdas. De fato, essa é uma questão que tem permeado as discussões a respeito da expansão da agropecuária brasileira, na presença de redução na oferta de terras como consequência da redução do desmatamento.

O modelo permite uma estimativa desses efeitos, ou seja, permite que se calcule qual seria a variação na produtividade da terra (produção por hectare) necessária para manter a produção ao nível que seria observado no ano-base. Em particular, é interessante conhecer a variação necessária na produtividade da pecuária (corte e leite) para manter a produção da pecuária aos níveis observados no ano-base nos estados onde haveria queda da produção¹⁰, uma vez que em todas as simulações a recuperação florestal é feita, por hipótese, sobre pastagens. Esses valores podem ser vistos na Tabela 18.

Tabela 18 — Variações percentuais anuais na produtividade da terra entre 2016 e 2030, necessárias para manter a produção da pecuária (corte e leite) aos níveis da linha de base no Cenário 2

Região	Bovinocultura de corte	Bovinocultura de leite
1 Rondônia	0.49	0.49
2 Acre	1.03	1.04
3 Amazonas	0.45	0.45
4 Roraima	0.21	0.21
5 Pará	0.79	0.80
6 Amapá	0.12	0.11
7 Matopiba	0.45	0.45
8 PernAlag	0.00	0.00
9 RestNE	0.00	0.00

-

¹⁰ Isso porque a produção da pecuária efetivamente apresenta pequeno aumento em alguns estados quando do choque de política. Isso acontece naqueles estados não afetados pela política de queda no desmatamento, ou seja, aqueles que não têm desmatamento ou têm desmatamento muito pequeno na base (PernAlag, RestNe, MinasG, SaoPaulo, RestSE, Sul, MtGrSul, GoiasDF).



10 MinasG	0.00	0.00
11 SaoPaulo	0.00	0.00
12 RestSE	0.00	0.00
13 Sul	0.00	0.00
14 MtGrSul	0.00	0.00
15 MtGrosso	0.52	0.52
16 GoiasDF	0.00	0.00
Brasil	0.29	0.13

Como se pode verificar, as maiores variações na produtividade da terra seriam requeridas em alguns estados da região Norte (Rondônia, Acre, Amazonas e Pará), na região do Matopiba (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, uma região extensa em termos geográficos) e no estado do Mato Grosso. O estado do Pará, por exemplo, precisaria de um crescimento anual médio da produtividade na pecuária de corte de 0.79%¹¹ para manter a produção aos níveis daquela observada a cada ano na linha de base, no período da simulação (2016-2030). Para a maioria das regiões, contudo, o ganho anual requerido de produtividade é relativamente baixo, e provavelmente poderia ser atingido com políticas de incentivo adequadas.

Apenas como referência, Dias et al. (2016) estimaram que a taxa média de lotação das pastagens no Brasil cresceu à taxa anual de 2,56% no período 1990-2010, enquanto Valentin e Andrade (2009) calcularam, para a mesma variável, crescimento anual de 1,98% no período 1975-2006. Note-se que a taxa de lotação (número de animais/ha) é um limite inferior para o ganho de produtividade, uma vez que o desempenho animal (ganho de peso/cabeça) também afeta o desempenho total. Guidotti et al (2017) estimam, para o Brasil como um todo, ganhos em termos de unidades animal por hectare (o que reflete o ganho médio de peso dos animais) de 1,31% ao ano no período 1975/2014.

¹¹ Note-se que embora a redução da área de pastagens (em termos absolutos) seja maior no Pará do que no Acre, o aumento requerido da produtividade é maior no Acre. Isso acontece porque a perda de pastagens no Acre é maior em termos relativos, uma vez que a área de pastagens nesse estado (1 Mha) é muito menor do que no Pará (10.5 Mha), no ano-base.



OS ESTADOS DO PARÁ E MATO GROSSO

Os estados do Pará e Mato Grosso estão entre aqueles com maior taxa de desmatamento atual. Neste item, analisaremos com mais detalhes os resultados das simulações para esses dois estados.

Inicialmente, verifica-se que o desmatamento projetado para esses estados se concentra no bioma Amazônia (Tabela 19). Dos 5,75 Mha que seriam desmatados nos dois estados na linha de base, apenas 0,99 Mha o seriam no bioma cerrado, no estado do Mato Grosso. Apenas a região do Matopiba teria desmatamento mais elevado do que os dois estados na linha de base, de acordo com hipóteses deste estudo.

Tabela 19 – Desmatamento na base, estados do Pará e Mato Grosso. Milhões de hectares, 2016-2030

Região	Amazônia	Cerrado	Mata Atlântica	Total
1 Rondonia	0.91	0.00	0.00	0.91
2 Acre	0.42	0.00	0.00	0.42
3 Amazonas	0.75	0.00	0.00	0.75
4 Roraima	0.19	0.00	0.00	0.19
5 Pará	3.12	0.00	0.00	3.12
6 Amapá	0.02	0.00	0.00	0.02
7 Matopiba	0.32	3.95	0.12	4.39
8 PernAlag	0.00	0.00	0.00	0.00
9 RestNE	0.00	0.00	0.01	0.01
10 MinasG	0.00	0.46	0.12	0.58
11 SaoPaulo	0.00	0.02	0.00	0.02
12 RestSE	0.00	0.00	0.01	0.01
13 Sul	0.00	0.00	0.04	0.04
14 MtGrSul	0.00	0.21	0.01	0.22
15 MtGrosso	1.64	0.99	0.00	2.63
16 GoiasDF	0.00	0.39	0.00	0.39
Total	7.37	6.02	0.30	13.69

Os dados da Tabela 19, portanto, representam o choque de política no cenário DZabs, ou seja, a interrupção total do desmatamento no Brasil. Apesar do desmatamento projetado ser maior no estado do Pará, o estado do Mato Grosso teria uma perda de PIB relativamente maior (Tabela 20) no cenário DZabs, o que se reflete nos demais agregados macroeconômicos analisados. Isso acontece porque a pecuária (corte e leite) representa uma parcela maior do valor total da



produção no ano-base (5,4%) no estado do Mato Grosso do que no estado do Pará (4,2%). Além disso, o setor de Mineração (que, conforme visto anteriormente, se beneficia nas simulações através das exportações) também é relativamente maior no estado do Pará (10,6 % do valor total da produção do estado no ano base), em comparação com o Mato Grosso (0,4%), o que é determinante para o resultado mencionado.

Tabela 20 – Variáveis macroeconômicas regionais. Variações percentuais, acumuladas em 2030

Variável	_	Pará	Mato		ato Grosso	Grosso	
variavei	Dzabs	DZ2	DZ3	Dzabs	DZ2	DZ3	
Consumo real das famílias	-1.90	-1.13	-0.17	-2.23	-0.55	-0.10	
PIB real	-2.05	-1.35	-0.23	-3.17	-0.91	-0.14	
Emprego agregado	-0.11	-0.10	-0.01	-0.19	-0.02	0.00	
Salário real	-2.29	-1.21	-0.19	-2.29	-0.70	-0.13	

No cenário DZ2, contudo, onde o desmatamento evoluiria apenas em áreas de alta e muito alta aptidão agrícola, o resultado se inverte, ou seja, a perda de PIB é maior no estado que tem maior desmatamento (Pará). Nesse caso, o que acontece é que o desmatamento é maior, em termos relativos, no Pará em comparação ao Mato Grosso: enquanto no DZabs a relação desmatamento no Pará/Mato Grosso é de 1,2 no DZ2 esta mesma relação é de 2,8 (ver dados da Tabela 12). Isso significa que, de acordo com os dados do levantamento físico, existem mais estoques de vegetação que podem ser legalmente desmatados, com alta e muito alta aptidão agrícola, no estado do Mato Grosso do que no Pará. O cenário DZ3 é intermediário aos outros dois, com perdas de PIB bastante baixas.

Além disso, verifica-se que o mesmo tipo de resultado aparece nas variações dos salários reais e do emprego em ambos os estados, que caem mais em DZabs no Mato Grosso e mais em DZ2 no Pará, em geral¹². Esses resultados podem ainda ser analisados em termos mais desagregados, por tipo de trabalho (Tabela 21). Novamente, o mesmo padrão visto anteriormente ao nível nacional emerge, ou seja, as perdas são maiores para os trabalhadores menos qualificados (OCC1), em ambos os estados, e menores para os mais qualificados (OCC10).

Notem-se as perdas mais acentuadas nos salários reais associadas ao cenário DZabs e para os trabalhadores menos qualificados (OCC1 a OCC4), que chegariam queda de 6,30% no Pará e 6,50% no Mato Grosso, acumuladas em 2030. Estas observações só reforçam o ponto levantado

¹² Ou então, mesmo quando a variação negativa é maior em Mato Grosso, a diferença entre as duas variações se reduz substancialmente em DZ2, quando comparadas com DZabs.



anteriormente relacionado à assimetria dos impactos regionais, e que devem ser levados em consideração na análise de políticas de controle de desmatamento.

Tabela 21 – Variações percentuais nos salários reais regionais. Acumuladas em 2030.

Variável	DZ	abs	С)Z2	[DZ3
variavei	Pará	Mato Grosso	Pará	ará Mato Grosso		Mato Grosso
1 OCC1	-3.14	-5.18	-1.54	-1.85	-0.23	-0.31
2 OCC2	-6.30	-5.80	-3.79	-1.84	-0.58	-0.33
3 OCC3	-3.13	-5.68	-1.74	-1.67	-0.28	-0.32
4 OCC4	-2.54	-6.50	-1.42	-1.72	-0.22	-0.32
5 OCC5	-3.72	-4.73	-2.17	-1.36	-0.34	-0.26
6 OCC6	-3.31	-4.88	-1.89	-1.47	-0.30	-0.28
7 OCC7	-2.58	-2.95	-1.45	-0.94	-0.23	-0.16
8 OCC8	-1.82	-1.72	-1.01	-0.49	-0.16	-0.09
9 OCC9	-0.27	-1.50	-0.07 -0.45		-0.01	-0.08
10 OCC10	-1.95	-1.50	-1.10	-0.45	-0.17	-0.09

E, finalmente, as variações dos salários têm implicações importantes para o consumo das famílias, de forma heterogênea em relação ao tipo de família. Embora o padrão observado siga aquele notado anteriormente ao nível nacional, verifica-se, no cenário DZabs, a acentuada queda no consumo real dos trabalhadores de menor qualificação nos dois estados, mas em particular no estado do Mato Grosso, onde a perda real acumulada em 2030 chegaria a 6,03% para as famílias mais pobres (Tabela 22).

Tabela 22 – Variações percentuais no consumo real regional das famílias acumuladas em 2030

Variável		DZabs		DZ2		DZ3
variavei	Pará	Mato Grosso	Pará	Mato Grosso		
1 POF1	-3.60	-6.03	-2.08	-1.71	-0.32	-0.32
2 POF2	-3.61	-4.91	-2.13	-1.36	-0.33	-0.25
3 POF3	-2.67	-3.91	-1.53	-1.07	-0.24	-0.19
4 POF4	-2.28	-3.92	-1.33	-1.00	-0.21	-0.18
5 POF5	-2.04	-2.75	-1.14	-0.76	-0.18	-0.13
6 POF6	-1.47	-1.02	-0.92	-0.17	-0.14	-0.03
7 POF7	-0.98	-1.30	-0.63	-0.25	-0.10	-0.05
8 POF8	-1.15	-0.63	-0.78	-0.07	-0.12	-0.01
9 POF9	-0.43	-0.73	-0.31	-0.13	-0.05	-0.02
10 POF10	-0.22	-0.03	-0.20	0.12	-0.03	0.02



CONSIDERAÇÕES SOBRE A MODELAGEM ECONÔMICA

Os resultados do modelo mostram que sob as hipóteses assumidas neste estudo a redução, ou mesmo a interrupção total, do desflorestamento no Brasil no período de tempo considerado, não traria perdas sociais elevadas. Estas perdas, contudo, não se distribuem de maneira uniforme no território, estando concentradas nos estados da fronteira agrícola brasileira.

Da mesma forma, essa política afeta também de forma assimétrica o bem-estar dos agentes econômicos, medido pelo seu consumo real. Conforme mostrado aqui, esta política tem potencial regressivo, penalizando o consumo das famílias mais pobres da economia, que são afetadas tanto pelo lado dos seus rendimentos (salários), quando pelo lado do dispêndio, via elevação dos preços dos alimentos. Esse fenômeno é tanto mais intenso quando se considera os estados da fronteira, onde o desmatamento ainda é elevado, e onde ainda existe potencial para um considerável desmatamento adicional em terras privadas, e em áreas não protegidas.

Reconhecer estas assimetrias é importante para a discussão de políticas de redução do desmatamento no Brasil, especialmente levando-se em conta o ainda elevado nível de pobreza no país. Conforme visto neste trabalho, a relativamente mais elevada participação da agropecuária no PIB regional de estados da fronteira faz com que os mesmos sejam mais dependentes da expansão desta atividade, o que torna o tema do desmatamento uma questão econômica relevante para os mesmos. Antecipar estes resultados pode ser importante no desenho de políticas compensatórias visando a adesão dos mesmos aos esforços de redução do desmatamento.

Deve-se observar ainda que o progresso tecnológico poderia compensar, em termos de oferta da pecuária, as perdas de áreas de pastagens simuladas. Os resultados do modelo mostram que ganhos adicionais moderados a pequenos da produtividade, na maioria dos casos, compensariam o efeito da redução das pastagens causado pela redução do desflorestamento. As taxas históricas observadas mostram que esses ganhos seriam possíveis, e provavelmente estão em curso. Embora a redução da disponibilidade de terras para pastagens possa, em si mesma, induzir progresso tecnológico, certamente haveria aqui espaço para a atuação das políticas públicas que possam vir a facilitar a adoção da tecnologia já existente. Esta é, no Brasil em particular, muito mais uma questão de preços relativos do que de disponibilidade de tecnologia propriamente dita.

E, finalmente, deve-se ainda chamar a atenção para o fato de que os ganhos ambientais decorrentes do menor desflorestamento não foram analisados aqui. Conforme salientado



anteriormente, esses ganhos não são captados pelo fluxo circular da renda na economia, e são provavelmente muito elevados, quando computados em todas as suas dimensões. De fato, esta é uma área de fronteira na pesquisa econômica aplicada, e de alta prioridade nos futuros esforços de desenvolvimento metodológicos.



CONCLUSÕES

A meta de zerar o desmatamento no Brasil pode ser alcançada sem impactos importantes para a economia do país, quando medida pela variação relativa do PIB nacional. A pequena redução do crescimento do PIB varia em função da abrangência e eficácia das medidas a serem adotadas pelo Estado e pelo setor privado e da data e velocidade almejadas para o fim do desmatamento. Neste estudo, projetamos cenários até a data de 2030.

A NDC brasileira traça como meta apenas o fim do desmatamento ilegal até 2030 no bioma amazônico. O cenário mais tolerante ao desmatamento deste estudo tem objetivos maiores do que a NDC brasileira, pois implica no fim do desmatamento ilegal ou em terras públicas não só na Amazônia, mas também no Cerrado. Nesse cenário simulamos o desmatamento ilegal em todos os biomas seguindo a trajetória atual até 2020 e somente em seguida diminuindo até o seu fim, a ser alcançado em 2030. Simultaneamente a essa redução, o desmatamento nas áreas onde é possível desmatar legalmente de acordo com o Código Florestal, ou qualquer outro regulamento da vegetação nativa em terras privadas, permanece até 2030 de acordo com o padrão atual de supressão da vegetação nativa.

Esse cenário implica em redução no desmatamento em somente 0,95 milhões de hectares em relação à tendência atual até 2030 e na redução do crescimento do PIB brasileiro de 0,03% acumulado entre 2016 e 2030. Isso se traduz em uma diminuição acumulada do PIB de R\$ 2,3 bilhões em 15 anos ou R\$ 153,4 milhões por ano. Portanto, o alcance da NDC brasileira, ainda incluindo sua extensão para o Cerrado, implica em um impacto econômico e um esforço praticamente desprezível para o Estado e para a sociedade brasileira. A promessa vinculada à NDC não agrega às tendências recentes de redução das taxas de desmatamento observadas apenas na Amazônia, única região coberta pelo compromisso. Além disso, é permissiva com o desmatamento em outros biomas, como o Cerrado, onde as taxas vêm aumentando. Assim, reforça que o esforço do Estado em coibir o desmatamento ilegal será lento e que haverá tolerância por mais uma década e meia; mesmo sem que, em efeito agregado medido pelo PIB, o processo expansionista de abertura de novas áreas para a produção agropecuária não se justifique economicamente.

O segundo cenário simulado prevê o ordenamento do desmatamento legal permitindo que ele ocorra no Cerrado e na Amazônia nos 10 milhões de hectares de vegetação nativa que podem ser legalmente desmatados em terras privadas e que ao mesmo tempo apresentam aptidão agrícola suficiente para a produção agrícola de grãos com elevada tecnologia. Assim, evitaria o



desmatamento dos demais 46 milhões de hectares de vegetação nativa que podem ser legalmente desmatados, mas com menor potencial produtivo, ou seja, áreas que se convertidas para produção teriam baixa produtividade e pouco contribuiriam para a safra agrícola nacional. Esse cenário resultaria em redução no desmatamento em 5,6 milhões de hectares e em uma diminuição acumulada do PIB de 0,22% entre 2016 e 2030, correspondendo a R\$ 16,9 bilhões em 15 anos ou R\$ 1,1 bilhão por ano.

O cenário mais eficiente na eliminação do desmatamento, com o seu fim imediato em todo o país, seja legal ou ilegal, incluindo terras públicas e privadas implicaria numa redução no desmatamento de 13,7 milhões de hectares e em uma redução de apenas 0,62% do PIB acumulado entre 2016 e 2030. Isso corresponderia a uma diminuição acumulada do PIB de R\$ 46,5 bilhões em 15 anos ou R\$ 3,1 bilhões por ano. Tal esforço é menor do que diversas outras iniciativas do Estado brasileiro para investimentos em áreas consideradas prioritárias, subsídios ou programas de caráter social. Por exemplo, os subsídios reservados para o custeio da produção do Plano Safra foram de aproximadamente R\$ 10 bilhões em 2107.

A trajetória para o cenário mais próximo da NDC brasileira exige apenas a aplicação dos mecanismos já existentes de comando e controle para o fim do desmatamento ilegal em terras públicas, uma vez que o fim desse processo ilegal será tolerado até 2030. A intensificação da destinação de terras públicas não destinadas para áreas protegidas pode também contribuir para o alcance desse cenário.

O cenário intermediário, que impõe limitações para o desmatamento legal em terras privadas de baixa aptidão agrícola, também pode ser alcançado com os marcos legais e regulatórios existentes. O aperfeiçoamento e a aplicação do Zoneamento Ecológico Econômico, dos Programas de Regularização Ambiental Estaduais (PRAs), dos incentivos econômicos e da cota de reserva ambiental previstas no Código Florestal possibilitariam oferecer benefícios e impor instrumentos para condicionar o desmatamento legal somente nos 10 milhões de hectares de terras privadas com cobertura florestal desprotegida e com maior aptidão agrícola presentes no Cerrado e na Amazônia. A forma como esses marcos regulatórios são empregados atualmente e a velocidade de implementação daqueles ainda em construção (como os PRAs e os incentivos econômicos ligados ao Código Florestal), precisariam ser priorizados e acelerados, mas o arcabouço completo de intervenção existe.

Contudo, o cenário de fim imediato de todo tipo de desmatamento exige um novo marco legal e uma nova governança que dependeria da combinação de políticas públicas e privadas. O



desenvolvimento de novos instrumentos financeiros e a aplicação em grande escala de mecanismos de pagamentos por serviços ambientais seria uma das condições. Também seria importante a conexão da dimensão nacional com a internacional, tanto no marco regulatório multilateral como no fluxo de capitais e arranjos de mercado em favor de um resultado que colaboraria para objetivos, compromissos e aspirações do Estado e da sociedade brasileira e da comunidade internacional.

A magnitude do impacto econômico não varia somente em função da ambição da velocidade em que o fim do desmatamento será alcançado, mas também tem impactos diferenciados regionalmente e para diferentes grupos sociais e setores da economia do Brasil. Estados com maior participação da agropecuária em sua economia ou com grandes estoques de terra com vegetação nativa que podem ser legalmente desmatados devem sofrer uma redução do PIB mais intensa. Nas situações mais extremas, a redução acumulada do PIB entre 2016 e 2030 varia entre 0,65% e 5,13% para alguns estados entre os cenários menos e mais ambiciosos para o fim do desmatamento. Essas assimetrias também poderiam ser endereçadas por instrumentos de políticas públicas já existentes, como o Fundo de Participação dos Estados.

O mesmo ocorre a respeito do impacto social e para setores da economia, uma vez que as consequências do fim do desmatamento na economia brasileira não afetam igualmente todos os grupos sociais do país. Talvez de maneira contra intuitiva e surpreendente, alguns setores da economia (inclusive da própria agricultura) seriam beneficiados economicamente pelo fim do desmatamento. E mesmo as consequências negativas para determinados grupos são de baixa intensidade e podem ser compensadas por políticas comparáveis a outras ações similares do Estado brasileiro.

Além das possíveis atenuações ou compensações dos impactos econômicos por políticas públicas, os impactos econômicos podem ser compensados endogenamente pelo próprio setor agropecuário, independentemente de quaisquer intervenções ou políticas que visem compensar a redução do PIB para as geografias, setores econômicos ou grupos sociais impactados pelo fim do desmatamento. Somente a intensificação da atividade da pecuária de corte seria suficiente para compensar a diminuição do PIB, sem exigir mudanças estruturais ou tecnológicas substanciais desse setor. Aliás, observamos que somente seguindo-se a trajetória atual de intensificação do setor, a sua contribuição para a economia compensaria a diminuição da área de pastagens resultante do fim do desmatamento.



Finalmente ainda cabe ressaltar que o estudo adotou uma abordagem de modelagem e parametrização conservadora, isto é, que visava acentuar os impactos negativos do fim do desmatamento sobre a economia. Portanto, os nossos resultados representam uma análise bastante próxima do impacto potencial máximo, e por isso improvável, do fim do desmatamento sobre a economia nacional. Por exemplo, nas simulações não consideramos mudanças na trajetória da intensificação da agricultura e o valor da economia do manejo florestal. Em um estudo similar, Cabral e Gurgel (2014) concluíram que um cenário de desmatamento zero teria um impacto de redução de 0,03% do PIB em 2020 e 0,15% do PIB em 2050.

Também desconsideramos os custos da permanência do desmatamento e as consequentes mudanças climáticas sobre a própria agropecuária e sobre a economia brasileira como um todo. Há estudos que preveem a redução do PIB em função das mudanças do clima e a continuidade do desmatamento resultar em uma perda econômica. Margulis (2010) estimou o impacto das mudanças climáticas sobre o PIB também por meio de um modelo geral de equilíbrio e concluiu que até 2050 a perda seria de 0,5% a 2,3%.

Assim concluímos que o fim do desmatamento pode ser alcançado tanto no médio quanto no curto prazo sem impactos de maior dimensão para o Estado e para a sociedade brasileira. Portanto, a via expansionista (ou do aumento da área cultivada) para o crescimento da agropecuária nacional não se justifica economicamente e pode ser compensada por outras trajetórias ou alternativas viáveis para o desenvolvimento nacional, independentemente dos diversos outros benefícios econômicos, sociais e ambientais e das implicações éticas e republicanas que a manutenção das florestas brasileiras pode causar local, nacional e globalmente.



REFERÊNCIAS

AGROSATÉLITE GEOTECNOLOGIA APLICADA LTDA. (CORDS.) RUDORFF, B.; RISSO, J. Análise Geoespacial da Dinâmica das Culturas Anuais no Bioma Cerrado: 2000 a 2014. Florianópolis, Santa Catarina, 2015.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. Matriz de dados do crédito rural. Evolução dos recursos financeiros. Disponível em https://www.bcb.gov.br/pt-br/#!/c/MICRRURAL/. Acesso em 12 de setembro de 2017.

BARRETTO, A. G. O. P.; BERNDES, G.; SPAROVEK, G.; WIRSENIUS, S. Agricultural intensification in Brazil and its effects on land-use patterns: An analysis of the 1975-2006 period. Global Change Biology, v. 19, p. 1804–1815, 2013.

BRASIL. Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança Global do Clima. Brasília: MCT, 2010. Disponível em: http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/326751.html. Acesso em 13 de fevereiro de 2012.

CABRAL, C. D. S. R., & GURGEL, Â. C. (2014). Análise Econômica Da Limitação Do Desmatamento No Brasil Utilizando Um Modelo De Equilíbrio Geral Computável. In: *Anais do XLI Encontro Nacional de Economia [Proceedings of the 41th Brazilian Economics Meeting]* (No. 208). ANPEC-Associação Nacional dos Centros de Pósgraduação em Economia [Brazilian Association of Graduate Programs in Economics].

COOPER, M.; MENDES, L. M. S.; SILVA, W. L. C.; SPAROVEK, G. A National Soil Profile Database for Brazil Available to International Scientists. Soil Science Society of America Journal, v. 69, p. 649, 2005.

DIAS, L.C.P; PIMENTA, F.M; SANTOS, A.B; COSTA, M.H; LADLE, R.J. Patterns of land use, extensification, and intensification of Brazilian agriculture. Global Change Biology. 2016.

FERREIRA FILHO, J.B.S; HORRIDGE, M. Ethanol expansion and indirect land use change in Brazil. Land Use Policy, 36 (2014) 595–604.

FREITAS, F. L. M.; SPAROVEK, G.; MATSUMOTO, M. H. A adicionalidade do mecanismo de compensação de reserva legal da Lei 12.651/2012: Uma análise da oferta e demanda de Cotas de Reserva Ambiental. In: A. P. M. da Silva; H. R. Marques; R. H. R. Sambuichi (Orgs.); Mudanças no Código Florestal Brasileiro: desafios para a implementação da nova lei. 1ª ed., p.125–158, 2016. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA.

GINSBURG, V.; ROBINSON, S. Equilibrium and prices in multisector models. In: SYRQUIN, M.; TAYLOR, L.; WESTPHAL, L. E. (Eds.). Economic structure and performance. New York: Academic, 1984.

GUIDOTTI, V., CERIGNONI, F., SPAROVEK, G., PINTO, L.F.G., BARRETO, A. A. Funcionalidade da agropecuária brasileira (1975 A 2020). Sustentabilidade em Debate. Imaflora, Piracicaba-SP. 2015.

GUIDOTTI, V.; FREITAS, F. L. M.; SPAROVEK, G.; PINTO, L.F.G., HAMAMURA, C., CARVALHO, T., CERIGNONI, F.. Números detalhados do novo Código Florestal e suas implicações para os PRAs. Piracicaba: Imaflora, 2017.



MARGULIS, S. *Economia da mudança do clima no Brasil: custos e oportunidades*. IBEP Gráfica. 2010.

SPAROVEK, G.; BARRETTO, A. G. O. P.; MATSUMOTO, M.; BERNDES, G. Effects of governance on availability of land for agriculture and conservation in Brazil. Environmental Science & Technology, ISBN: 150804113924002, 2015.

SPAROVEK, G.; BERNDES, G.; BARRETTO, A. G. D. O. P.; KLUG, I. L. F. The revision of the brazilian forest act: Increased deforestation or a historic step towards balancing agricultural development and nature conservation? Environmental Science and Policy, v. 16, p. 65–72, 2012.

SPAROVEK, G.; BERNDES, G.; KLUG, I. L. F.; BARRETTO, A. G. O. P. Brazilian Agriculture and Environmental Legislation: Status and Future Challenges. Environmental Science & Technology, v. 44, n. 16, p. 6046–6053, 2010. American Chemical Society.

VALENTIM, J.F; ANDRADE, C.M.S. Tendências e perspectivas da pecuária de corte na Amazônia brasileira. Amazônia: Ci. & Desenv., Belém, v. 4, n. 8, jan./jun. 2009.



ANEXO I – RESULTADOS DA MODELAGEM DO CÓDIGO FLORESTAL POR ESTADO E BIOMA

Tabela 23 – Exigência de Área de Preservação Permanente por bioma e redução promovida pelo Art. 61-A

Bioma	APP integral Mha	Redução pelo Art. 61-A Mha	APP reduzida Mha
Amazônia	18.84	0.4	18.45
Caatinga	3.90	0.6	3.33
Cerrado	8.46	0.8	7.62
Mata Atlântica	9.85	2.7	7.17
Pampa	0.74	0.1	0.65
Pantanal	0.49	0.0	0.49
Brasil	42.28	4.6	37.71

Tabela 24 – Exigência de Reserva Legal por bioma e reduções promovidas pelos Arts. 13, 15 e 67

Diama	RL integral	Redução Artigo 13	Redução Artigo 15	Redução Artigo 67	Redução Total	RL reduzida
Bioma	Mha	Mha	Mha	Mha	Mha	Mha
Amazônia	110.0	10.1	0.9	10.6	21.6	88.5
Caatinga	15.4	0.0	0.1	0.8	1.0	14.5
Cerrado	51.9	1.7	1.4	3.1	6.2	45.7
Mata Atlântica	19.6	0.0	2.5	4.9	7.4	12.2
Pampa	3.0	0.0	0.2	0.3	0.5	2.5
Pantanal	3.5	0.0	0.0	0.0	0.1	3.4
Brasil	203.4	11.8	5.1	19.8	36.7	166.8

Tabela 25 – Déficits de APPs e RLs obtidos para os estados do bioma Caatinga

Estado	Déficit de APP	Déficit de RL	Déficit total	Vegetação que pode ser legalmente
AL	18 248	6 512	24 760	269 196
BA	321 052	120 575	441 627	11 701 900
CE	135 077	12 661	147 738	7 144 380
MG	9 383	16 005	25 388	72 687
РВ	50 094	16 842	66 936	2 247 300
PE	41 616	12 750	54 366	3 766 410
PI	61 149	21 089	82 238	7 910 690
RN	88 207	20 253	108 460	1 613 070
SE	21 102	9 230	30 331	228 265
Déficit total	745 928	235 916	981 845	34 953 898



Tabela 26 – Déficits de APPs e RLs obtidos para os estados do bioma Pampa

Estado	Déficit de APP	Déficit de RL	Déficit total	Vegetação que pode ser legalmente desmatada	
RS	301 784	449 543	751 327	4 226 210	
Déficit total	301 784	449 543	751 327	4 226 210	

Tabela 27 – Déficits de APPs e RLs obtidos para os estados do bioma Pantanal

Estado	Déficit de APP	Déficit de RL	Déficit total	Vegetação que pode ser legalmente
MS	9 816	6 100	15 916	5 305 300
MT	19 039	26 770	45 809	2 627 190
Déficit total	28 855	32 870	61 725	7 932 490

Tabela 28 – Déficits de APPs e RLs obtidos para os estados do bioma Amazônia

Estado	Déficit de APP Déficit de RL Déficit total		Vegetação que pode ser legalmente desmatada	
AC	30 765	49 959	80 724	566 169
AM	35 242	19 243	54 485	2 161 790
AP	1 282	51	1 333	485 122
MA	63 939	408 499	472 438	164 691
MT	327 034	1 408 831	1 735 865	2 425 640
PA	501 663	1 045 749	1 547 412	3 283 060
RO	91 815	433 400	525 216	434 276
RR	12 742	2 371	15 112	2 126 310
ТО	68 619	205 058	273 677	49 344
Déficit total	1 133 102	3 573 162	4 706 264	11 696 403

Tabela 29 – Déficits de APPs e RLs obtidos para os estados do bioma Cerrado

Estado	Déficit de APP	Déficit de RL	Déficit total	Vegetação que pode ser legalmente
ВА	66 640	165 200	231 840	6 558 900
DF	4 676	5 820	10 496	28 875
GO	416 484	1 029 040	1 445 524	5 020 680
MA	83 187	257 965	341 152	6 943 040
MG	581 323	493 864	1 075 187	6 377 590
MS	138 493	555 403	693 896	2 694 670
MT	163 164	1 034 561	1 197 725	5 506 430
PI	24 270	35 834	60 104	4 521 430
PR	14 303	3 625	17 928	33
SP	233 712	406 166	639 878	109 891
ТО	137 659	248 364	386 023	5 872 880
Déficit total	1 863 911	4 235 841	6 099 752	43 634 419



Tabela 30 – Déficits de APPs e RLs obtidos para os estados do bioma Mata Atlântica

U – Deficits de APF	's e RLS obtidos	para os estados	uo bioina iviata	Aliantica
Estado	Déficit de APP	Déficit de RL	Déficit total	Vegetação que pode ser legalmente desmatada
AL	37 993	67 917	105 910	60 632
ВА	388 086	602 051	990 138	664 422
ES	218 094	77 154	295 248	411 873
GO	19 094	82 083	101 177	34 173
MG	932 817	324 375	1 257 191	2 044 946
MS	37 268	183 037	220 305	227 293
РВ	16 217	25 807	42 023	10 940
PE	61 008	55 827	116 834	82 858
PR	1 234 887	421 749	1 656 636	512 359
RJ	111 903	75 505	187 407	555 392
RN	5 548	12 204	17 752	16 210
RS	208 363	205 631	413 994	1 074 023
SC	169 570	87 985	257 555	1 595 215
SE	42 307	28 502	70 808	66 332
SP	564 268	486 980	1 051 248	990 443
Déficit total	4 047 421	2 736 806	6 784 227	8 347 110



ANEXO II – DESMATAMENTO OBSERVADO POR ESTADO E BIOMA EM TERRAS PÚBLICAS E PRIVADAS

Tabela 31 – Desmatamento observado no bioma Amazônia

		amento					ento obs	servado	(mil ha)		
Estado	Dominialidade	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Acumulado 2006-2015
۸.	Privado	30	17	21	13	18	21	19	15	25	17	195
AC	Público	12	6	9	4	12	10	9	6	11	6	86
A N 4	Privado	59	36	32	22	27	27	29	30	33	43	338
AM	Público	42	29	23	12	28	19	14	15	19	22	222
AP	Privado	2	4	2	2	1	0	0	1	1	1	15
AP	Público	4	4	3	10	3	0	1	1	1	1	28
MA	Privado	86	87	101	517	49	24	26	21	23	17	952
IVIA	Público	18	22	23	23	18	9	5	7	4	4	134
MT	Privado	274	239	285	69	67	91	65	91	92	121	1 394
IVII	Público	39	39	53	17	12	15	13	18	17	24	247
PA	Privado	466	482	450	277	258	196	122	148	126	167	2 691
FA	Público	129	124	116	86	79	57	49	62	52	63	817
RO	Privado	117	125	78	32	28	49	47	61	47	58	642
, KO	Público	64	62	35	16	17	28	25	36	29	40	351
DD	Privado	19	17	32	6	9	6	5	10	14	11	128
RR	Público	11	10	19	3	5	2	3	5	5	5	68
то	Privado	9	7	9	5	5	3	3	6	4	5	56
10	Público	1	1	2	1	1	1	2	1	0	0	10
Desma	atamento total	1 383	1 310	1 292	1 113	637	558	435	534	506	604	8 372

Tabela 32 – Desmatamento observado no bioma Cerrado

			Desmatamento observado (mil ha)									
Estado	Dominialidade	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Acumulado 2006-2015
BA	Privado	58	86	94	63	52	99	183	58	63	63	819
ВА	Público	0	2	0	0	0	1	1	0	0	0	5
DF	Privado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
DF	Público	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	Privado	37	34	24	21	46	48	52	30	32	16	340
GO	Público	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
N 4 A	Privado	16	34	52	29	21	76	96	28	37	32	420
MA	Público	0	0	1	0	0	3	4	1	2	3	15
NAC	Privado	31	71	30	21	24	117	88	35	43	15	474
MG	Público	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
MS	Privado	55	48	18	39	11	41	12	23	13	6	266
IVIS	Público	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	4
MT	Privado	72	64	47	59	27	103	60	79	70	43	623



	Público	6	2	2	4	0	10	2	2	3	0	33
PI	Privado	25	28	48	32	62	113	141	63	75	51	639
	Público	0	0	2	3	1	7	4	2	2	1	22
PR	Privado	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	3
	Público	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SP	Privado	8	4	5	4	1	25	1	3	0	0	50
	Público	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ТО	Privado	35	61	44	17	103	77	97	89	102	106	732
	Público	1	2	1	0	16	7	9	3	3	4	48
Desmatamento total		347	437	370	294	364	729	752	418	447	341	4 498

Tabela 33 – Desmatamento observado no bioma Mata Atlântica

rabell	Dominialidade	Desmatamento observado (mil ha)										
Estado		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Acumulado 2006-2015
AL	Privado	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0
ВА	Privado	7.6	7.6	7.6	3.4	3.4	4.6	4.5	4.8	4.7	4.0	52
CE	Privado	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.5	0.2	0.3	1
ES	Privado	0.5	0.5	0.5	0.1	0.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.2	2
GO	Privado	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	1
MG	Privado	10.8	10.8	10.8	6.1	6.1	6.1	10.8	8.4	5.6	7.7	83
MS	Privado	0.7	0.7	0.7	0.0	0.0	0.5	0.0	0.6	0.5	0.2	4
РВ	Privado	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0
PE	Privado	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.1	0
PR	Privado	3.5	3.5	3.5	1.7	1.7	1.3	2.0	2.2	0.9	2.0	22
RJ	Privado	0.6	0.6	0.6	0.1	0.1	0.1	1.0	0.1	0.0	0.0	3
RN	Privado	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0
RS	Privado	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.1	0.1	0.1	0.0	0.2	5
SC	Privado	9.4	9.4	9.4	1.9	1.9	0.6	0.8	0.7	0.7	0.7	35
SE	Privado	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.0	0.4	1
SP	Privado	0.9	0.9	0.9	0.3	0.3	0.3	0.2	0.1	0.1	0.0	4
PI	Privado	0.3	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	2.7	6.7	5.6	3.1	19
Desmatamento total		35.5	35.5	35.5	14.9	14.9	14.3	22.6	24.7	18.4	19.1	235.3