

# ECONOMIA DO DESMATAMENTO EM FLORESTAS TROPICAIS

Uma Introdução ao Debate no Brasil



OBSERVATÓRIO  
DO CÓDIGO  
FLORESTAL

Raoni Rajão (UFMG)  
Victor Motta (EASP-FGV)  
Richard van der Hoff (UFMG)

# ECONOMIA DO DESMATAMENTO EM FLORESTAS TROPICAIS

Uma Introdução ao Debate no Brasil



Apoio:



© 2020

Criado em 2013, o Observatório do Código Florestal é uma rede formada por 34 instituições, que monitora a implantação da nova Lei Florestal (Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012), com a intenção de gerar dados e massa crítica que colaborem com a potencialização dos aspectos positivos e a mitigação de seus aspectos negativos da nova Lei Florestal e evitar novos retrocessos.

**Secretária Executiva:**

Roberta del Giudice

**Autores:**

Raoni Rajão (UFMG)

Victor Motta (EASP-FGV)

Richard van der Hoff (UFMG)

**Apoio Editorial:**

Laura Braga (IPAM)

Simone Milach (OCF)

**Projeto Gráfico:**

Terrestre

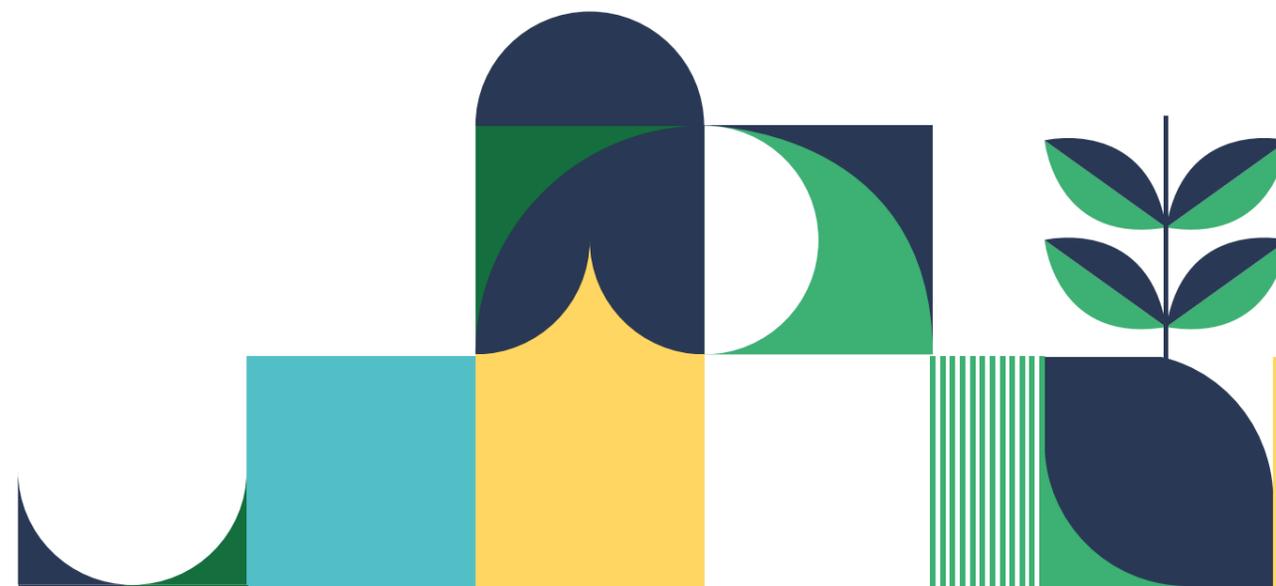
**Contato:**

[contato@observatorioflorestal.org.br](mailto:contato@observatorioflorestal.org.br)

[www.observatorioflorestal.org.br](http://www.observatorioflorestal.org.br)

## ▶ SUMÁRIO

Introdução .....	01
Vetores econômicos do desmatamento .....	03
Simulação dos agentes do desmatamento .....	09
Valoração econômica dos impactos do desmatamento .....	11
Desenho e avaliação de mercados ambientais .....	14
Fronteiras da economia do desmatamento .....	17
Referências .....	19



## INTRODUÇÃO

As florestas tropicais estão entre os recursos naturais mais importantes, fornecendo uma série de serviços ecossistêmicos, incluindo suprimentos de madeira, combustíveis, produtos florestais não madeireiros, bem como a purificação de água, estabilização do clima local e manutenção da biodiversidade (FEARNSIDE, 1997). No entanto, esses importantes recursos foram sobre-explorados ao longo dos anos, levando ao desmatamento de grandes áreas e contribuindo para as mudanças climáticas (LOVEJOY e NOBRE, 2018; ROCHEDO, SOARES-FILHO et al., 2018). O impacto das atividades humanas que transformam as terras florestais é uma das grandes forças na mudança ambiental global e na perda de biodiversidade, pois o desmatamento extensivo desperdiça a resiliência dos ecossistemas, resultando em externalidades negativas para o bem-estar humano (FEARNSIDE, 2012). Vários fatores contribuem com o desmatamento, incluindo:

**Crescimento rápido da população**

**Níveis de taxas de desigualdade maiores**

**Aumento da demanda industrial**

**Apropriação (i.e., grilagem) de terras públicas**

De todo modo, o desmatamento decorre de uma escolha de um agente público ou privado que indica uma preferência pelo desmatamento a conservação da floresta por razões predominantemente econômicas. Estudar o papel da racionalidade econômica no processo de tomada de decisão é fundamental para uma compreensão mais profunda das causas do desmatamento e uma formulação adequada de políticas de conservação florestal.

A literatura na área econômica que busca compreender o desmatamento pode ser dividida em duas grandes categorias: modelos macroeconômicos e microeconômicos. Ambas as abordagens tentam investigar as principais fontes de desmatamento, especialmente quais fatores fazem os proprietários desmatarem (KAIMOWITZ e ANGELSEN, 1998). De um lado, a macroeconomia enfatiza o estudo das relações entre os parâmetros agregados em nível nacional ou regional e uma dada resposta ligada ao desmatamento. Sendo assim, os estudos macroeconômicos enfatizam as relações entre o desmatamento e a economia como um todo, investigando preços e valores nos mercados domésticos, demanda nos mercados internacionais, Produto Interno Bruto (PIB), entre outros. Por outro lado, as pesquisas microeconômicas buscam compreender o comportamento econômico individual. Os estudos microeconômicos buscam explicar a alocação de recursos dos indivíduos usando variáveis econômicas padrão, como



preferências, funções de utilidade esperadas e elasticidades de preços. Esses estudos pressupõem que, por um lado, proprietários rurais buscam a maximização de lucro baseada na sua integração em mercados perfeitos,<sup>1</sup> seja reagindo a fenômenos existentes (ex.: preços no mercado de soja), seja tomando decisões subjetivas perante fenômenos hipotéticos (ex.: mercado de carbono).

O presente relatório tem como objetivo oferecer uma introdução à economia do desmatamento tropical, uma área de estudo diversificada e que ofereceu contribuições importantes para a construção de políticas públicas nas últimas décadas. A maior parte

dos estudos tem foco no Brasil, mas são citadas também pesquisas realizadas em outros locais. Esperamos que este trabalho seja útil para que estudiosos e criadores de políticas públicas possam se aproximar de um campo do conhecimento crucial para apontar caminhos futuros e construir soluções efetivas para a conservação florestal. A próxima seção irá apresentar os estudos, majoritariamente macroeconômicos, que indicam a relação entre população e mercados agrícola e de terras para entender os vetores econômicos do desmatamento. A terceira seção já apresenta estudos provindos da geografia quantitativa que se inspiram em conceitos da microeconomia para simular, através de modelos espacialmente explícitos, o comportamento dos agentes do desmatamento. Já a quarta seção inclui estudos de macroeconomia e da área de economia ecológica que estimam o impacto econômico do desmatamento em variáveis socioeconômicas (i.e., emprego e renda) e na provisão de produtos e serviços ecossistêmicos (i.e., produtos florestais, regulação das chuvas, polinização, mitigação das mudanças climáticas). Finalmente a quinta seção apresentará os estudos ligados à microeconomia que buscam simular o comportamento e os processos de tomada de decisão dos agentes econômicos individuais, de modo a auxiliar a construção de mercados ambientais. Cada seção busca tanto reconstruir a história dos avanços científicos da economia brasileira com relação ao desmatamento quanto discutir os novos conceitos e mecanismos voltados para a economia ambiental. Concluiremos o relatório com a apresentação das fronteiras atuais de pesquisa e os desafios para os próximos anos na área da economia do desmatamento.

## VETORES ECONÔMICOS DO DESMATAMENTO

O estudo das causas e consequências do desmatamento é uma área do conhecimento relativamente recente. Antes dos anos 1980, o desmatamento era visto com um problema ligado à necessidade de avaliar o melhor uso econômico de recursos naturais e a competição entre florestas, enquanto fornecedoras de madeira, e o papel das áreas subjacentes para produção agropecuária (AMES e KECK, 1998). No caso do Brasil, em particular, o surgimento do desmatamento enquanto um problema de política pública ocorreu no fim dos anos 1980, sob pressões socioambientais nacionais e internacionais. Nesse âmbito, o evento mais importante para o desenvolvimento dos estudos econômicos do desmatamento foi a criação do PRODES (Programa de Cálculo de Desmatamento na Amazônia) pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), que passou a produzir e divulgar taxas anuais de desmatamento e possibilitou o estabelecimento do desmatamento enquanto campo de intervenção de políticas públicas de forma similar a outras taxas agregadas como mortalidade infantil, inflação e desemprego.

A disponibilidade dos dados com taxas de desmatamento a partir dos anos 1980 pelo PRODES e por outros sistemas de monitoramento possibilitou o surgimento da primeira onda de estudos econômicos do desmatamento sobre o Brasil (REIS e GUZMÁN, 1994), mas também, por exemplo, sobre a América Latina (SOUTHGATE, 1994), a Tailândia (PANAYOTOU e SUNGSUWAN, 1994) e as Filipinas (KUMMER e SHAM, 1994). Um ponto comum entre esses estudos é o uso de uma abordagem macroeconômica que busca explicar o processo socioeconômico a partir de evidências empíricas observadas em dados agregados em uma unidade territorial. Em particular, os

estudos acima utilizam informações sobre população, estradas, área agrícola, rebanho de gado e produtividade como variáveis explicativas das taxas anuais de desmatamento agregados por município, província ou país. Essa linha da literatura aplica modelos econométricos (uma vertente que combina métodos estatísticos com pressupostos econômicos) para compreender como cada um desses fatores influencia no aumento ou na diminuição do desmatamento no passado, assim como realizar projeções mais precisas do



<sup>1</sup> Conceito econômico cujo mercado apresenta três características essenciais: (1) preços dados, sem interferência das empresas no preço do mercado; (2) preços homogêneos; (3) liberdade de entrada e saída das empresas na indústria sem que hajam custos especiais (PINDYCK e RUBINFELD, 2004).

impacto de políticas agrícolas e da construção de infraestrutura no desmatamento. Desse modo, essa primeira geração de estudos sobre a economia do desmatamento representa um avanço considerável em relação aos estudos anteriores que projetavam a taxa de desmatamento somente partir de uma série temporal desconectada do contexto socioeconômico (FEARNSIDE, 1982; MAHAR, 1989).

### O principal resultado obtido pelos estudos macroeconômicos na América Latina se refere ao papel da expansão da agropecuária e dos preços dos produtos e insumos agrícolas na dinâmica do desmatamento.

■ ■ Em primeiro lugar, esses estudos demonstraram que a expansão das áreas cultivadas e de pastagens é um dos principais vetores do desmatamento (GRAESSER et al., 2015).

■ ■ Outro resultado importante desses primeiros estudos, foi indicar como as taxas de desmatamento estavam intimamente ligadas aos fluxos migratórios e que, por isso, era possível prever a taxa de desmatamento a partir de projeções demográficas (REIS e MARGULIS, 1991; PANAYOTOU e SUNGSUWAN, 1994; REIS e GUZMÁN, 1994).

■ ■ Além disso, há evidências substanciais que indicam que os preços mais altos para os produtos agrícolas estimulam esse desmatamento, uma vez que os recursos são transferidos para o desmatamento da floresta à medida que a agricultura e a pecuária se tornam mais lucrativas (ANGELSEN, 1995).

■ ■ Além da evidência consistente para a relação entre os preços agrícolas e o desmatamento, também existem estudos empíricos que investigam o impacto dos preços dos insumos agrícolas sobre o desmatamento.

De acordo com esses estudos, os preços dos fertilizantes têm uma correlação positiva com o desmatamento, indicando que preços mais altos de fertilizantes podem induzir a conversão das florestas. Essa relação sugere que o aumento do custo de manutenção ou recuperação das áreas já abertas pode levar a uma busca por terras férteis ainda com cobertura florestal (MONELA, 1995).

Outro fator apontado pela literatura como um impulsionador importante das taxas de desmatamento, é a extração de recursos minerais. Embora as taxas de desmatamento tenham diminuído nos últimos anos, devido à melhora dos processos regulatórios, há evidências sólidas para apoiar um vínculo entre o aumento da demanda global de minerais e a mudança de uso do solo no Brasil (SONTER et al., 2014). Por exemplo, Fearnside, Figueiredo e Bonjour (2013) descobriram que as exportações do Brasil para a China estão significativamente e positivamente associadas às taxas de desmatamento (FEARNSIDE e FIGUEIREDO, 2017). Os impactos diretos das atividades de mineração na redução da vegetação nativa foram encontrados no estado de Minas Gerais, Brasil, onde a mineração e siderurgia aumentaram a demanda por carvão vegetal provindo de vegetação nativa (SONTER et al., 2014). Além disso, a mineração gera grandes impactos indiretos ao atrair para regiões remotas massas de trabalhadores que formam novos núcleos urbanos e expandem a fronteira agrícola (SONTER et al., 2017).

Mais recentemente, vários estudos passaram a apontar a dinâmica do mercado de terras no Brasil como um vetor importante do desmatamento na

Amazônia. Em um dos primeiros estudos nessa linha, Margulis (2004) mostra que, ao contrário do que sugeriam os primeiros estudos sobre economia do desmatamento na Amazônia, o subsídio governamental para a agropecuária não é o principal vetor da expansão da fronteira. Apesar de o desmatamento nas áreas de fronteira estar ligado ao estabelecimento da atividade agropecuária, o principal incentivo ao desmatamento está na tomada e expectativa de revenda de terras públicas em sua maioria. Na mesma direção, Bowman et al. (2012) calcularam que entre 9 e 13% das áreas desmatadas para pecuária na Amazônia só teriam um valor presente líquido positivo em 30 anos, caso a terra fosse adquirida sem nenhum custo. Sendo assim, ao conceder terras públicas gratuitamente ou a um baixo custo, o governo incentiva de forma indireta o desmatamento. Nesse sentido, Brito et al. (2019) estimam que o governo federal deixará de arrecadar entre R\$ 16 e R\$ 23 bilhões relativos à cessão de 19 milhões de hectares em função da nova lei de regularização fundiária aprovada em 2017, e que deverá ser expandida mais uma vez com a Medida Provisória nº 910/2019 enviada ao

Congresso pelo governo Bolsonaro. Por esse motivo, o simples anúncio da construção de novas estradas e das mudanças na legislação fundiária gera expectativa de valorização das terras que, por sua vez, acarreta invariavelmente em uma corrida pela tomada da terra através do desmatamento, mesmo em áreas remotas e sem viabilidade econômica para a produção agropecuária (ARANA et al., 2019).

Apesar de não serem fatores propriamente econômicos, devemos mencionar também os determinantes espaciais que influenciam no desmatamento. Com o avanço e a ampla disponibilidade de dados de sensoriamento remoto orbital e sistemas de informação geográfica (SIG) no fim dos anos 2000, houve um uso crescente desses métodos para a elaboração de estudos que aplicam a modelagem do desmatamento de modo espacialmente explícito (SKOLE et al., 1994; STONE, 1998; ALVES, 1999; AGUIAR, CÂMARA, ESCADA, 2007). Ao invés de tratar o desmatamento como um processo que interfere em uma unidade territorial (ex.: município) de forma homogênea, esses estudos representam as áreas desmatadas em mapas com

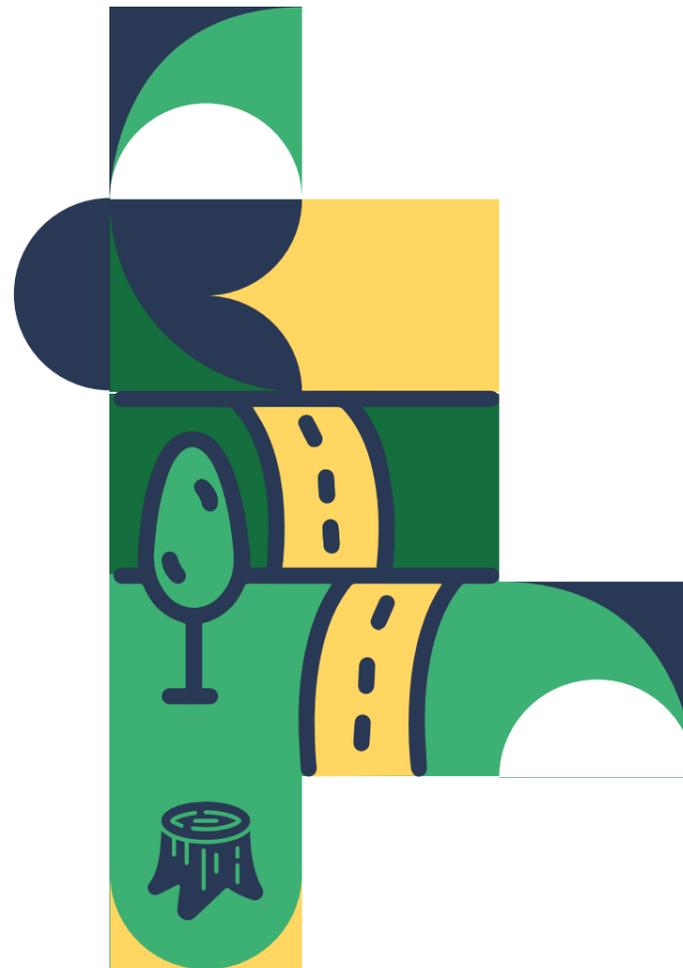


resolução que vai de dezenas de quilômetros a poucos metros nos modelos mais recentes. Ao mesmo tempo, as análises não só enfatizaram a presença de um certo fator em um dado município (ex.: população), mas também a distância entre esse dado geográfico e o processo de desmatamento.

Um dos principais resultados desses estudos foi a ligação entre desmatamento e construção de estradas. Para avaliar o impacto do Avanço Brasil, um programa de investimentos em infraestrutura proposto pelo governo de Fernando Henrique Cardoso, Laurance e seus colegas (2001 e 2004) propuseram um modelo que adota como um dos principais determinantes do desmatamento a construção de rodovias. O pressuposto básico desse modelo é que o padrão de ocupação (e desmatamento) ao redor das rodovias da região vai se repetir igualmente com as novas construções. Sendo assim, os autores mediram o nível de degradação ao redor das rodovias utilizando as imagens de Landsat de 1992 e assumiram em seus modelos que tal padrão de desmatamento se repetirá ao redor das novas rodovias. O resultado final do estudo afirma que até 2020 de 28 a 42% da Amazônia será desmatada. Esse resultado foi, porém, criticado por Câmara, Paula Dutra Aguiar et al. (2005) os quais argumentam que uma vez que a região não recebeu investimentos volumosos para a construção de rodovias durante os anos 1990, tal fator isoladamente não explica o aumento ocorrido durante essa década e, posteriormente, em 2003-2004. Sendo assim, Câmara, Paula Dutra Aguiar et al. (2005) sugerem que a relação entre a construção de rodovias e o desmatamento depende de fatores como “a proximidade dos mercados nacionais, restrições climáticas, áreas de reforma agrária, diferenças na estrutura latifundiária e acesso à tecnologia” (ibid., p. 1.043). Ao final, eles concluem que “modelos simplistas como o de Laurance et al. podem desviar a atenção das verdadeiras causas do

desmatamento sendo potencialmente enganadoras em termos de controle do desmatamento” (ibid., p. 1.044). Esse debate é importante, pois de fato a comunidade científica seguiu esses preceitos e passou a incluir em seus estudos um número cada vez maior de fatores que utilizam técnicas de modelagem complexas, incluindo, além dos citados acima, a riqueza dos solos, a topografia, a distância de frigoríficos, entre outros.

Além de considerar os determinantes espaciais que induzem o desmatamento, vários estudos que surgiram a partir da metade dos anos 2000 analisaram o papel das unidades de conservação (UCs) e terras indígenas (TIs) na conservação



florestal. O entendimento do tema até então era que as TIs e UCs eram “parques de papel”, pois raramente contavam com equipe suficiente de agentes governamentais para combater ilegalidades nessas áreas.

**Porém, os estudos a partir de dados espacialmente explícitos demonstraram que as UCs e TIs agem como barreiras contra a expansão do desmatamento, com um papel particularmente importante das populações indígenas como guardiãs da floresta.**

Esses estudos foram especialmente importantes para a definição e o sucesso do Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia (PPCDAm) que ampliou substancialmente as UCs no país, contribuindo para a queda do desmatamento entre 2004 e 2012. Esse resultado positivo das UCs e TIs está intimamente ligado à tomada e especulação de terras públicas na Amazônia, visto os impedimentos criados pelas UCs e TIs para regularizar e vender a área desmatada (SOARES-FILHO et al., 2004; SOARES-FILHO et al., 2006; NEPSTAD et al., 2009).

**Um segundo fator que ajuda a explicar a redução do desmatamento está na intensificação das ações de comando e controle e nas restrições de mercado.**

Um número crescente de estudos mostrou a existência de uma relação direta entre o aumento do número de autos de infração e a queda do desmatamento (HARGRAVE e KIS-KATOS, 2013; ASSUNÇÃO, GANDOUR, ROCHA, 2015; BÖRNER,<sup>2</sup> MARINHO, WUNDER, 2015), o papel da lista negra e as restrições a empréstimos bancários nos municípios com altas taxas de desmatamento (SILLS et al., 2015) e o potencial do Cadastro Ambiental Rural (CAR) na redução do desmatamento (ALIX-GARCIA et al., 2018). Foi também relevante na redução do desmatamento, apesar de apresentar efeitos variáveis, as moratórias da soja e o termo de ajuste de conduta da pecuária (GIBBS et al., 2015a; GIBBS et al., 2015b). Porém, como demonstrado por Azevedo et al. (2017), o sucesso dessas medidas na redução do desmatamento está intimamente ligado à percepção de custos e benefícios de se seguir a legislação do ponto de vista dos produtores. Sendo assim, até mesmo políticas como o CAR, que apresentaram inicialmente um efeito na redução do desmatamento em pequenas propriedades, passou a tornar-se ineficiente após os produtores perceberem que o sistema não estava sendo efetivo na detecção e responsabilização pelo desmatamento ilegal. Isso indica que não basta a existência ou não de um instrumento de monitoramento para que haja um impacto na redução do desmatamento, mas também os procedimentos governamentais estabelecidos a partir dos mesmos.

<sup>2</sup> Lista de municípios prioritários da Amazônia criada pelo governo federal, que estabelece ações de prevenção, monitoramento e controle do desmatamento nos municípios situados no bioma da Amazônia com base na dinâmica do desmatamento.

## SIMULAÇÃO DOS AGENTES DO DESMATAMENTO

Mais recentemente, uma linha crescente de estudos combinou análises espacialmente explícitas com simulações no nível do agente local inspiradas na microeconomia e na teoria institucional, de modo a compreender a tomada de decisão ligada ao desmatamento. Um passo importante realizado pelos estudos espacialmente explícitos do desmatamento foi o uso cada vez maior de modelos baseados em agentes. Nesse desenvolvimento, destaque-se o uso de autômatos celulares, uma metodologia desenvolvida nos anos 1940 com o objetivo de replicar o comportamento de organismos simples e analisar suas interações e seu comportamento emergente. Soares-Filho, Cerqueira e Pennachin (2002) foram um dos pioneiros na aplicação dessa metodologia no estudo das dinâmicas do desmatamento. Uma vantagem desse tipo de modelo é a capacidade de simular o desmatamento enquanto o resultado de um sistema dinâmico que atua no nível da célula (i.e., pixel), onde os dados obtidos em uma rodada anterior são

retroalimentados no modelo de modo a obter um resultado coerente no tempo e espaço (AGUIAR, CÂMARA, ESCADA, 2007; BÖRNER et al., 2010; SOARES-FILHO et al., 2010). Essa metodologia é adotada, por exemplo, pelo OTIMIZAGRO que estima a expansão de 13 culturas agrícolas diferentes a partir do cálculo da rentabilidade líquida, levando em consideração preços de mercado, custos logísticos e favorabilidade climática, simulando, dessa forma, a tomada de decisão local do produtor rural (ROCHEDO et al., 2018). Outros estudos adotam de modo mais explícito a noção do produtor rural enquanto agente econômico, cujo comportamento deve ser simulado. Por exemplo, Rajão, Soares Filho e Pacheco (2018) construíram uma árvore de decisão com base em um questionário onde os produtores indicam sua disposição para recuperar ou compensar a sua Reserva Legal em diferentes cenários (i.e., com ou sem pressão do governo e dos mercados). Essa árvore de decisão foi então utilizada para simular no nível do imóvel rural a

resposta dos produtores rurais em Mato Grosso e no Pará a diferentes cenários regulatórios (veja também DEADMAN et al., 2004). Na mesma linha, Nascimento et al. (2019) utilizam uma abordagem de redes bayesianas para simular a tomada de decisão dos agentes locais. Para isso, o estudo integrou narrativas qualitativas obtidas em campo a uma base de dados quantitativa e espacialmente explícita de modo a simular diferentes cenários de desmatamento na Amazônia de modo “bottom up”. Um resultado relevante desse estudo é que em todos os cenários uma taxa de desmatamento zero não foi alcançada, indicando que preços agrícolas baixos e fiscalização ambiental intensa não são suficientes para conter o avanço da fronteira agropecuária.

Uma linha importante de estudos que busca simular o comportamento dos agentes econômicos surge a partir da teoria institucional na economia.



**Um dos problemas centrais para a gestão de recursos naturais é que muitas vezes eles são parcialmente ou totalmente compartilhados por uma coletividade.**

Sendo assim, quando há a exploração do recurso, gera-se um ganho individual e ao mesmo tempo uma perda coletiva. Por exemplo, a conversão da terra da floresta para a agricultura proporciona certos benefícios aos atores locais, embora também possa ameaçar o bem-estar da comunidade, como reduzir a qualidade da água disponível com um aumento na quantidade de pesticidas e fertilizantes. Como resultado, os proprietários devem antecipar as ações de seus vizinhos, a fim de tomar decisões apropriadas sobre seu próprio uso individual de recursos. A teoria institucional, derivada da microeconomia, entende essas situações como jogos

em que os agentes individuais avaliam os custos e benefícios da adoção de diferentes conjuntos de regras formais e informais (OSTROM, 1990). A partir de preceitos da teoria institucional, estudos sobre desmatamento buscaram incluir simulações que levam em consideração de modo direto ou indireto aspectos da teoria dos jogos (BÖRNER et al., 2010; AZEVEDO, STABILE, REIS, 2015). Por exemplo, Satake e Iwasa (2006) desenvolveram um modelo em que os proprietários de terras tomam decisões para escolher uma opção de uso da terra que produz maior utilidade esperada (i.e., lucro). Para isso, parte-se do pressuposto que os produtores possuem conhecimento completo de valores de utilidade e de que previsões sobre mudanças de paisagem futuras estão disponíveis. No entanto, os valores dos ecossistemas e os benefícios econômicos do desmatamento são difíceis de prever. Para lidar com a incerteza sobre os valores de uso da floresta, os proprietários de terras podem não só aprender esses valores de utilidade da experiência, mas também pela aprendizagem social ou pela troca e pelo compartilhamento de informações com proprietários vizinhos. Já Satake et al. (2007) desenvolveram um modelo baseado em agente para exploração florestal, a fim de investigar como as interações entre as parcelas de terras vizinhas e o fluxo de informações dos proprietários influenciam os padrões de extração. Os autores observam que a taxa de desmatamento é menor nos grupos sociais mais coesos e onde se observa um ganho social maior com a conservação do que com a exploração. Esses resultados sugerem que os arranjos institucionais que incentivam a perspectiva de longo prazo e o aumento do fluxo de informações fazem com que os proprietários sejam mais propensos a um manejo florestal bem-sucedido. Outros estudos também mostram como o intercâmbio de informações pode desempenhar um papel fundamental no estabelecimento da confiança entre os diferentes atores e em uma gestão dos recursos e da conservação florestal (LYON, 2000; PRETTY, 2003; SHAHI e KANT, 2007; RODRIGUES et al., 2009; WALDHOFF e VIDAL, 2015).



## VALORAÇÃO ECONÔMICA DOS IMPACTOS DO DESMATAMENTO

Outra linha de estudos buscou compreender não só as dinâmicas micro e macroeconômicas que influenciam o desmatamento, mas como o desmatamento pode impactar na economia. Dentro disso, existem duas grandes vertentes: a primeira busca analisar o impacto das políticas ambientais em indicadores clássicos da economia (i.e., PIB, emprego, etc.), enquanto a segunda busca estimar o valor dos serviços ecossistêmicos (e suas eventuais perdas) que normalmente são consideradas externalidades positivas e negativas da atividade econômica.



■ ■ Na última década, foram realizados no Brasil e em outros países diferentes estudos, os quais analisaram o impacto no PIB e no desemprego, caso fossem implementadas ações com forte redução no desmatamento. Para isso, foram utilizados modelos de equilíbrio geral computacional (CGE na sigla em Inglês) para simular o comportamento de diferentes mercados que resultam em um equilíbrio geral de demanda e oferta (BANERJEE e ALAVALAPATI, 2009; SOUZA FERREIRA FILHO e HORRIDGE, 2014; KOBER et al., 2016; CARVALHO, DOMINGUES, HORRIDGE, 2017). Carvalho, Domingues e Horrigan (2017), por exemplo, utilizaram um modelo de CGE inter-regional para estimar que nos municípios da Amazônia o desmatamento está relacionado a um modesto aumento do Produto Interno Bruto (PIB) de 0,25% (Norte do Araguaia, MT) a 0,87% (Altamira,

PA), mas adverte que essa relação não é linear. Além disso, indicam que políticas voltadas para a redução do desmatamento podem causar um decréscimo do PIB na maioria dos casos e atingir até 1,78% (Portel, PA), mas com impactos adversos para o emprego, atingindo 6,74% (Portel, PA).

Outros estudos também avaliaram o impacto da redução do desmatamento dentro de um contexto de outras medidas de redução de emissão de gases de efeito estufa (GEE). Por exemplo, um estudo realizado para o Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas (FBMC) estimou que, em um cenário em que o Brasil alcance os objetivos da Política Nacional de Mudança do Clima (PNMC) que tem na redução do desmatamento sua principal medida, será possível também obter um crescimento de 3,88% do PIB em 2030 (LA ROVERE et al., 2016). O mesmo estudo também apontou que a introdução de uma taxa de carbono acima de US\$ 20 por tonelada de CO<sub>2</sub>e pode reduzir o impacto positivo das medidas de mitigação, o crescimento indicado no primeiro cenário, resultado também indicado por Kober et al. (2016). Porém, um dos maiores esforços para quantificar os impactos econômicos da implementação de medidas climáticas e da redução do desmatamento provém do projeto Opções de Mitigação de Emissões de Gases de Efeito Estufa em Setores-Chave do Brasil liderado pelo MCTIC e realizado por pesquisadores da UFMG e UFRJ. Uma contribuição importante desse estudo foi a integração de estudos setoriais detalhados em um CGE que, assim como os estudos anteriores, avaliou o efeito de diferentes cenários de precificação de carbono na economia. O setor de Agricultura Florestal e Uso do solo (AFOLU), em particular, partiu de uma modelagem espacialmente explícita para

simular o efeito de diferentes políticas de redução do desmatamento na expansão da agropecuária. O estudo aponta que em um cenário BCO e BC25 (cenário de baixo carbono sem custo do carbono e com uma precificação a US\$ 25 t/CO<sub>2</sub>e) o impacto no PIB seriam inferiores a 0,1% ao ano. Somente em um cenário radical com um preço do carbono de US\$ 100 que seria observado um impacto no PIB mais significativo, alcançando 0,83% ao ano (MCTIC 2017).



■ ■ A segunda vertente de estudos sobre o impacto econômico do desmatamento parte do entendimento que as florestas fornecem serviços ecossistêmicos diretos e indiretos e, apesar de não pagarmos diretamente por isso, a destruição das florestas geraria perdas econômicas. Com base nesse pressuposto, um número crescente de estudos buscaram valorar as florestas (FEARNSIDE, 1997; FOLEY et al., 2007). Um dos primeiros e mais influentes esforços nessa direção foram feitos por Costanza et al. (1997). Esse estudo estimou que, para florestas tropicais, o valor de 17 diferentes serviços ecossistêmicos em 1995 seria US\$ 3,8 trilhões por ano. Já em 2011, esse valor foi novamente estimado pelos mesmos autores (COSTANZA et al., 2014), chegando ao valor de US\$ 6,8 trilhões por ano.

Outra abordagem recentemente proliferando na literatura científica é o cálculo dos valores marginais dos serviços ecossistêmicos, que se refere ao valor perdido por cada hectare de floresta desmatada

(STRAND, 2017). Esses valores podem variar substancialmente dependendo da metodologia aplicada, dos serviços ecossistêmicos incluídos e do momento do estudo. Os valores marginais da floresta amazônica, por exemplo, foram estimados em US\$ 1,175 ha<sup>-1</sup> em 1993, de acordo com Andersen et al. (2002) e entre US\$ 431 e US\$ 3,135 ha<sup>-1</sup> em 1995, de acordo com Torras (2000).

**Uma das principais limitações dos primeiros estudos que buscaram valorar os serviços ecossistêmicos das florestas foi o uso de bases empíricas pouco substanciais e a adoção de pressupostos que tendem a superestimar os valores do uso direto e indireto ao desconsiderar a dimensão espacial.**

Esses estudos que buscaram estimar o custo de oportunidade da conservação com base na receita líquida estimada de modo espacialmente explícito foram importantes, pois indicaram a grande variabilidade de valores (NEPSTAD et al., 2009). Essa abordagem foi refinada por Strand et al. (2018) que estimam os valores de uso direto a partir de modelos que calculam a receita líquida de diferentes produtos florestais madeireiros e não madeireiros. O artigo mostra que o desmatamento de um hectare em algumas regiões da floresta gera perdas anuais de até US\$ 40 para a produção de castanha do Pará e US\$ 200 para produção de madeira sustentável. O valor somado de diversos serviços pode chegar, em determinadas áreas, a US\$ 737 por hectare/ano, muito superior, por exemplo, ao que é gerado pela pecuária de baixa produtividade.

	Milhões de US\$/ano		
	Área - Milhões de hectares	Soja	Pecuária
<b>Uso Sustentável</b>	49	100	234
<b>Proteção Integral</b>	35	62,0	147
<b>Terras Indígenas</b>	102	223,5	368
<b>Áreas Militares</b>	2,7	2,4	6,5
<b>Sem Destinação</b>	62	168	253
<b>Áreas Privadas</b>	84	207	420
<b>Total</b>	<b>336,5</b>	<b>763,8</b>	<b>1400</b>

Tabela 1: Perdas para a produção de soja e pecuária decorrentes do desmatamento das áreas de floresta em diferentes categorias fundiárias na Amazônia brasileira. Fonte: Strand et al. (2018).

A partir do cálculo do valor de serviços ambientais, Strand et al. (2018) estimaram que a floresta amazônica contribui direta e indiretamente com a economia do país em pelo menos US\$ 8,2 bilhões ao ano. As florestas nas áreas privadas geram US\$ 3,3 bilhões, já as áreas de proteção integral, uso sustentável e terras indígenas, somadas alcançam valor de US\$ 3 bilhões anuais. Os 62 milhões de hectares de florestas ainda sem destinação e, por isso, com maior risco de serem desmatadas, geram um valor de US\$ 1,9 bilhão ao ano. Além de impossibilitar a geração de produtos florestais, os autores mostram que o desmatamento também irá gerar um impacto indireto na produtividade da agropecuária e na geração de energia hidrelétrica

ao interferir no regime das chuvas de outras regiões fora da floresta (Tabela 1). Através da regulação das chuvas, as florestas somente dessas áreas contribuem anualmente com US\$ 422 milhões para a produção agropecuária, o equivalente a 35% do total da rentabilidade líquida da soja em todo o Mato Grosso, principal produtor brasileiro. Apesar de ainda estar na sua infância e de representar somente uma pequena porção da realidade, a importância desse tipo de estudo vai além de internalizar os valores dos serviços ecossistêmicos nos processos de tomada de decisão e, de fato, identificam os locais onde esses valores se acumulam, permitindo assim uma priorização das áreas que necessitam de proteção.

## DESENHO E AVALIAÇÃO DE MERCADOS AMBIENTAIS

A partir do momento que a perda da floresta e o custo dos serviços ecossistêmicos prestados por ela são valorados, é possível reinterpretar a questão do desmatamento enquanto uma falha de mercado (WUNDER, 2005). Seguindo o conceito provindo da filosofia econômica clássica de que a escassez de serviços ecossistêmicos é devida à falta de um preço determinado no mercado, devem ser estabelecidos mercados ambientais em que o poluidor deve compensar pelos seus danos ao invés de deixar a externalidade para ser paga pela sociedade (GÓMEZ-BAGGETHUN et al., 2010; VAN DER HOFF, RAJÃO, LEROY, 2019). Os Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA), conceito principal para dar substância à ideia inicial, não se desenvolveram nessa direção e, ao invés disso, materializaram-se cada vez mais em um mecanismo de pagamento voluntário por resultados negociados em um contrato (WUNDER, 2015). Embora esses programas tendam a se concentrar em proprietários de pequena escala (PATTANAYAK, WUNDER, FERRARO, 2010), essa noção foi utilizada em estudos pioneiros sobre REDD+ (Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal) em dois sentidos. Inicialmente, os estudos sobre o financiamento do REDD+ enfatizaram os custos de oportunidade, além de custos da sua implementação e de transição, para indicar o preço de reduzir desmatamento. Nepstad et al. (2009), por exemplo, estimaram que “o fim do desmatamento” no Brasil necessitaria um valor de US\$ 14 bilhões para cobrir os custos de oportunidade, além de um investimento adicional de US\$ 6,5 a US\$ 8,1 bilhões para a implementação. Mais recentemente, ficou evidente que o financiamento do REDD+ no Brasil está baseado em pagamentos por resultados alcançados no passado. No caso do Fundo Amazônia, até hoje o principal recipiente de recursos

financeiros para REDD+, esses pagamentos podem atingir um valor total de US\$ 21 bilhões (VAN DER HOFF, RAJÃO, LEROY, 2018; CORREA, VAN DER HOFF, RAJÃO, 2019).



No Brasil, o prospecto do mercado de Cota de Reserva Ambiental (CRA), introduzido no novo Código Florestal (Lei nº 12.651) em 2012, gerou um número substancial de estudos microeconômicos (MAY et al., 2015; BERNASCONI et al., 2016; RAJÃO, SOARES-FILHO, SANTIAGO, 2015; SOARES-FILHO et al., 2016). A CRA é um título legal negociável para áreas com vegetação nativa intacta ou regeneradora que exceda os requisitos do Código da Florestal. Considerado como um mecanismo de compensação, o mercado de CRA permite que os proprietários de terras abaiquem seus custos de conformidade comprando CRAs de outras propriedades para substituir a restauração de suas áreas ilegalmente desflorestadas de vegetação nativa na sua propriedade.

## A implementação da CRA poderia criar um mercado comercial para terrenos florestais, agregando valor monetário à vegetação nativa.

Além disso, a negociação da CRA pode se tornar uma ferramenta econômica para facilitar a conformidade, tendo em vista os custos da restauração florestal e os custos de oportunidade para substituir uma área de produção por vegetação que deverá ser permanentemente conservada. O mercado poderia trazer benefícios ambientais ao aumentar o valor da vegetação nativa em propriedades privadas.

Um ponto de partida comum dos estudos sobre o mercado de CRA é a tentativa de estimar o custo da regularização ambiental e a oferta de cotas em diferentes cenários regulatórios atualmente em debate (MAY et al., 2015; BERNASCONI et al., 2016). Rajão, Soares-Filho e sua equipe trouxeram inovações relevantes para esse debate (RAJÃO, SOARES-FILHO, SANTIAGO, 2015; SOARES-FILHO et al., 2016).

■ ■ Em primeiro lugar, além de calcular a oferta de CRAs por meio de um modelo que aplica as regras do Código Florestal, identificam também a demanda de CRA por meio da identificação das áreas de déficits de Reserva Legal nas áreas agrícolas com alto rendimento e que provavelmente serão os primeiros a buscar a compensação ambiental.

■ ■ Em segundo lugar, nesse estudo os autores buscaram embasamento na literatura sobre valoração contingencial de ativos ambientais e a partir de questionários e dados secundários estimam a disposição a pagar e a receber pelas CRAs (PACHECO et al., 2017). Essa abordagem

apresenta um avanço substancial com relação ao cálculo do custo de oportunidade, que até então era a abordagem mais utilizada, mas que, porém, captura somente uma fração do custo econômico total.

■ ■ Em terceiro lugar, esses estudos foram pioneiros na estimativa dos custos de transação dos mercados ambientais no Brasil, demonstrando os efeitos da economia de escala e a vantagem competitiva das grandes propriedades enquanto fornecedoras de CRAs. Finalmente, esse estudo implementa um modelo de equilíbrio parcial para estimar o preço e o volume de equilíbrio da CRA. Esses modelos são derivados do conceito microeconômico de equilíbrio parcial, ou seja, um tipo de equilíbrio econômico (i.e., estabilização de preços) determinado a partir da análise de um mercado específico, sendo esse considerado independentemente dos preços e das quantidades procuradas e fornecidas noutros mercados. Sendo assim, nos modelos de equilíbrio parcial todos os bens substitutos e complementares, bem como os níveis de rendimento dos consumidores, são considerados constantes.

Rajão, Soares-Filho e sua equipe também avaliam o efeito no preço, no volume e na adicionalidade ambiental (i.e., desmatamento evitado) da CRA em diferentes cenários regulatórios. Em particular, esse estudo demonstra que em um cenário de regulamentação mais restritiva (i.e., CRAs transacionados apenas dentro do mesmo estado/bioma) o mercado seria economicamente viável para os contratos de longo prazo (30 anos) e poderia alcançar uma área de 4,6 milhões de hectares.

**Ficou também claro que menos opções regulamentares rigorosas teriam consequências ambientais fortemente negativas.**



Em especial a expansão das CRAs provocou uma redução substancial de seu preço, que caiu de R\$ 4.750 (mercado somente dentro de bioma amazônico e estado) para R\$ 1.984 (mercado no bioma, mas entre estados incluindo os contratos a partir de áreas protegidas e de assentamentos). Com o aumento da oferta, a procura de compensação foi satisfeita através da aquisição dos contratos de CRA em áreas remotas nas quais não estavam sob ameaça de desmatamento, ou áreas dentro de regiões protegidas que por lei não tinham alternativa de utilização dos solos (RAJÃO, SOARES-FILHO, SANTIAGO, 2015; SOARES-FILHO et al., 2016).



O estudo também propôs que um mercado multiuso de CRA (XCRA) poderia se tornar uma plataforma altamente eficiente (infraestrutura) para PSA devido a seus baixos custos de transação e a utilização de sistemas de monitoração e verificação como, por exemplo, o Cadastro Ambiental Rural. Para ilustrar esse potencial, essa atividade foi simulada em mapas biofísicos e de biodiversidade, de modo a estimar o impacto da XCRA nos regimes de PSA sob diferentes níveis de investimento. Desse modo, foi calculado um custo marginal, indicando a localização e os benefícios ambientais de investimento em mercados XCRA enfocando o carbono e a biodiversidade, separadamente e em conjunto. O objetivo desse exercício é simular o efeito de canalização de parte dos recursos que são atualmente despendidos pelo setor privado em compensação ambiental e social dos grandes

projetos (ex.: estradas, represas hidrelétricas, minas). Por exemplo, a barragem de Belo Monte destinou R\$ 33 bilhões para compensação ambiental e social na bacia do Xingu (SCARANO, GUIMARÃES, SILVA, 2012). Assim, o estudo estimou o custo para se evitar o desmatamento caso uma parte desse valor de compensação fosse investido na aquisição de quotas XCRA na região (RAJÃO, SOARES-FILHO, PACHECO, 2018).

Apesar de os estudos acima demonstrarem através de abordagens microeconômicas o grande potencial dos mercados ambientais, diferentes autores apontam para os limites e as contradições desses mecanismos. Um dos problemas centrais é o risco moral e de seleção adversa durante a implementação de programas de pagamento por serviços ambientais. A maioria dos estudos que indicam o potencial dos mercados parte de um pressuposto que os produtores que pretendem desmatar e conservar têm a mesma chance de buscarem o pagamento. Porém, já foi observado na avaliação de outras políticas que muitas vezes aqueles que buscam a compensação são os produtores que mesmo sem o pagamento iriam conservar as suas áreas e, por isso, tem um custo de oportunidade menor. Isso ocorre pela assimetria de informações entre os implementadores da política, que não sabem as reais intenções dos produtores, o que resulta no risco de seleção adversa aos objetivos do mecanismo. De modo similar, existe o risco moral que mesmo após receber os pagamentos os produtores não respeitem as condicionantes e desmatem (KERR, 2013; BÖRNER et al., 2017; ANGELSEN et al., 2018). Um processo similar foi observado por Correa, van der Hoff e Rajão (2019) na análise dos padrões de desembolso do Fundo Amazônia no Brasil. Apesar de o objetivo central do fundo ser a redução do desmatamento, a maioria dos municípios que receberam mais recursos do fundo estão em áreas que já apresentavam taxas mais reduzidas de desmatamento.

## FRONTEIRAS DA ECONOMIA DO DESMATAMENTO

Como visto acima, foi desenvolvida nas últimas décadas uma ampla gama de aplicações das ciências econômicas para melhor compreender o processo de desmatamento. Existem, porém, perspectivas importantes de aprimoramento de diferentes linhas de pesquisa na economia do desmatamento a partir da disponibilização de novos dados e do desenvolvimento de novas técnicas computacionais. Aqui vale destacar o grande potencial da disponibilização do Cadastro Ambiental Rural (CAR) no Brasil. Ao combinar o CAR com outras bases, é possível estimar o nível de mais de 5 milhões de imóveis rurais, o tipo de atividade agropecuária, a rentabilidade e a situação perante a legislação ambiental. Esses dados, combinados com o levantamento de informações primárias sobre a disposição dos proprietários à regularização ambiental, poderão permitir o desenvolvimento de modelos complexos. Se até por volta de dez anos atrás, um dos principais limitadores do desenvolvimento de estudos sobre a economia do desmatamento era a ausência de dados, hoje o problema passa a ser o contrário. Por isso, as técnicas e os instrumentos tradicionais de geoprocessamento passam a ser inapropriados para lidar com quantidades cada vez mais maciças de dados espaciais e econômicos. Para isso, será também necessário aplicar técnicas de "Big Data", como mineração de dados, redes e aprendizado de máquina.

Aqui poderá ser relevante no futuro também a aplicação de conceitos derivados da teoria dos jogos, em que o comportamento do governo (ex.: aplicação de uma multa) ou de um vizinho pode alterar o comportamento dos agentes econômicos de modo dinâmico e iterativo.

**Finalmente, existe um grande potencial da aplicação de conceitos e métodos econômicos na avaliação de políticas de redução do desmatamento.**

Entre essas estão os métodos experimentais quando são feitas intervenções (ex.: pagamento por serviço ambiental, envio de cartas aos produtores indicando o risco do recebimento de multas) em um grupo selecionado de modo aleatório, com a definição também de um grupo de controle (ex.: sem a intervenção).



As diferentes abordagens de valoração dos serviços ecossistêmicos também atraíram críticas principalmente por causa de sua vinculação aos mecanismos de mercado (veja abaixo). Em particular, o conceito de serviços ecossistêmicos é criticado por ser excessivamente antropocêntrico, considerando somente o papel da natureza em servir os seres humanos, ignorando a importância de outros seres vivos. As críticas também apontam para a tendência desses estudos de comodificar a natureza, reduzindo as complexas relações sociais e culturais que se formaram historicamente a uma mera troca econômica. Finalmente, esses estudos apontam para a falta de efetividade das políticas construídas com base em conceitos econômicos (BÜSCHER et al., 2012; SCHRÖTER et al., 2014). Essas críticas trazem elementos importantes para a reflexão sobre os limites dos métodos e instrumentos econômicos para entender e influenciar a dinâmica do desmatamento. Porém, elas não invalidam as contribuições desses estudos para a tomada de decisão e integração da dimensão ambiental em um debate público que ainda é dominado pela pauta econômica. Para isso, também será necessário aprimorar a interface entre ciência e política pública. É preciso estabelecer procedimentos dentro do governo de modo a tornar obrigatória a realização de análises de impacto regulatório para o desenho de políticas mais eficazes, bem como a instituição de uma cultura de avaliação quantitativa de políticas públicas. Além disso, seria importante compreender de modo mais aprofundado como as políticas públicas são formadas e, a partir disso, como melhorar a integração de diferentes formas de conhecimento científico nesse processo. Desse modo, será possível aprimorar as políticas de controle do desmatamento em um contexto de restrições orçamentárias e sinalizações políticas que favorecem o desrespeito às leis ambientais.

## REFERÊNCIAS

AGUIAR, A. P. D.; CÂMARA, G.; ESCADA, M. I. S. **Spatial statistical analysis of land-use determinants in the Brazilian Amazonia:** Exploring intra-regional heterogeneity. *Ecological Modelling*, 209 (2-4), p. 169-188, 2007.

ALIX-GARCIA, J. et al. **Avoided deforestation linked to environmental registration of properties in the Brazilian Amazon.** *Conservation Letters* 11(3), e12414, 2018.

ALVES, D. S. **An analysis of the geographical patterns of deforestation in Brazilian Amazonia in the 1991-1996 period.** *Land Use and Deforestation in the Amazon*. C. H. Wood and R. Porro. Gainesville: University Press of Florida, 1999.

AMES, B.; KECK M. E. **The Politics of Sustainable Development Environmental Policy Making in Four Brazilian States.** *Journal of Interamerican Studies and World Affairs*, 39 (4), p. 1-40, 1998.

ANDERSEN, L. E. et al. **The dynamics of deforestation and economic growth in the Brazilian Amazon.** Cambridge: Cambridge University Press, 2002.

ANGELSEN, A. **Shifting cultivation and "deforestation": A study from Indonesia.** *World Development*, 23 (10), p. 1713-1729, 1995.

ANGELSEN, A. et al. **Results-based payment: Who should be paid, and for what?** *Transforming REDD+: Lessons and new directions*. A. Angelsen, C. Martius, V. de Sy et al. Bogor. Indonesia: Center for International Forestry Research (CIFOR), 2018.

ARANA, A. J. M. et al. **Land speculation and conservation policy leakage in Brazil.** *Environmental Research Letters*, 2019.

ASSUNÇÃO, J.; GANDOUR, C.; ROCHA, R. **Deforestation slowdown in the Brazilian Amazon: prices or policies?** *Environment and Development Economics*, 20 (6), p. 697-722, 2015.

AZEVEDO, A. et al. **Limits of Brazil's Forest Code as a means to end illegal deforestation.** *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States*, 114 (29), p. 7653-7658, 2017.

AZEVEDO, A. A.; STABILE, M. C. C.; REIS, T. N. P. **Commodity production in Brazil:** Combining zero deforestation and zero illegality. *Elem Sci Anth*, 3 (1), p. 1-12, 2015.

BANERJEE, O.; ALAVALAPATI, J. **A computable general equilibrium analysis of forest concessions in Brazil.** *Forest Policy and Economics*, 11 (4), p. 244-252, 2009.

BERNASCONI, P. et al. **Constraining Forest Certificate's Market to Improve Cost-Effectiveness of Biodiversity Conservation in São Paulo State, Brazil.** *PLOS ONE*, 11 (10), e0164850, 2016.

BÖRNER, J. et al. **The effectiveness of payments for environmental services.** *World Development*, 96, p. 359-374, 2017.

BÖRNER, J.; MARINHO, E.; WUNDER, S. **Mixing carrots and sticks to conserve forests in the Brazilian Amazon:** a spatial probabilistic modeling approach. *PloS one*, 10 (2), e0116846, 2015.

BÖRNER, J. et al. **Direct conservation payments in the Brazilian Amazon:** Scope and equity implications. *Ecological Economics*, 69 (6), p. 1.272-1.282, 2010.

BOWMAN, M. S. et al. **Persistence of cattle ranching in the Brazilian Amazon:** A spatial analysis of the rationale for beef production. *Land Use Policy*, 29 (3), p. 558-568, 2012.

BOWMAN, M. S. et al. **Persistence of cattle ranching in the Brazilian Amazon:** A spatial analysis of the rationale for beef production. *Land Use Policy*, 29(3), p. 558-568, 2012.

BRITO, B. et al. **Stimulus for land grabbing and deforestation in the Brazilian Amazon.** *Environmental Research Letters*, 2019.

BÜSCHER, B. et al. **Towards a Synthesized Critique of Neoliberal Biodiversity Conservation.** *Capitalism Nature Socialism*, 23 (2), p. 4-30, 2012.

CÂMARA, G. et al. **Amazonian Deforestation Models.** *Science*, 307 (5712), p. 1043-1044, 2005.

CARVALHO, T. S.; DOMINGUES, E. P.; HORRIDGE, J. M. **Controlling deforestation in the Brazilian Amazon:** Regional economic impacts and land-use change. *Land Use Policy*, 64, p. 327-341, 2017.

CORREA, J.; VAN DER HOFF, R.; RAJÃO, R. **Amazon Fund 10 Years Later:** Lessons from the World's Largest REDD+ Program. *Forests*, 10 (3), p. 272, 2019.

COSTANZA, R. et al. **The value of the world's ecosystem services and natural capital.** *Nature*, 387 (6630), p. 253-260, 1997.

COSTANZA, R. et al. **Changes in the global value of ecosystem services.** *Global Environmental Change*, 26 (Supplement C), p. 152-158, 2014.

DEADMAN, P. et al. **Colonist household decisionmaking and land-use change in the Amazon Rainforest:** an agent-based simulation. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 31 (5), p. 693-709, 2004.

FEARNSIDE, P. M. **Deforestation in the Brazilian Amazon:** How Fast is it Occurring? *Interciencia*, 71, 1982.

FEARNSIDE, P. M. **Environmental services as a strategy for sustainable development in rural Amazonia.** Ecological Economics, 20 (1), p. 53-70, 1997.

FEARNSIDE, P. M. **Brazil's Amazon forest in mitigating global warming: unresolved controversies.** Climate Policy, 12 (1), p. 70-81, 2012.

FEARNSIDE, P. M.; FIGUEIREDO, A. M. R. **Chinas influence on Deforestation in Brazilian Amazonia: A growing Force in the State of Mato Grosso.** China and Sustainable Development in Latin America: The Social and Environmental Dimension. RAY, R.; GALLAGHER, K.; LÓPEZ, A.; SANBORN, C. New York: Anthem Press, 2017.

FEARNSIDE, P. M.; FIGUEIREDO, A. M. R.; BONJOUR, S. C. M. **Amazonian forest loss and the long reach of China's influence.** Environment, Development and Sustainability, 15 (2), p. 325-338, 2013.

FILHO, de S. F.; J. B.; Horridge, M. **Ethanol expansion and indirect land use change in Brazil.** Land Use Policy, 36, p. 595-604, 2014.

FOLEY, J. A. et al. **Amazonia revealed: forest degradation and loss of ecosystem goods and services in the Amazon Basin.** Frontiers in Ecology and the Environment, 5 (1), p. 25-32, 2007.

GIBBS, H. K. et al. **Did Ranchers and Slaughterhouses Respond to Zero-Deforestation Agreements in the Brazilian Amazon?** Conservation Letters, 2015a.

GIBBS, H. K. et al. **Brazil's Soy Moratorium.** Science, 347 (6220), p. 377-378, 2015b.

GÓMEZ-BAGGETHUN, E. et al. **The history of ecosystem services in economic theory and practice: From early notions to markets and payment schemes.** Ecological Economics, 69(6), p. 1209-1218, 2010.

GRAESSER, J. et al. **Cropland/pastureland dynamics and the slowdown of deforestation in Latin America.** Environmental Research Letters, 10 (3), 034017, 2015.

HARGRAVE, J.; KIS-KATOS, K. **Economic Causes of Deforestation in the Brazilian Amazon: A Panel Data Analysis for the 2000s.** Environmental and Resource Economics, 54 (4), p. 471-494, 2013.

KAIMOWITZ, D.; ANGELSEN, A. **Economic Models of Tropical Deforestation: A Review.** Bogor, Indonesia, CIFOR, 1998.

KERR, S. C. **The Economics of International Policy Agreements to Reduce Emissions from Deforestation and Degradation.** Review of Environmental Economics and Policy, 7 (1), p. 47-66, 2013.

KOBER, T. et al. **Macroeconomic impacts of climate change mitigation in Latin America: A cross-model comparison.** Energy Economics, 56, p. 625-636, 2016.

KUMMER, D.; SHAM, C. H. **The causes of tropical deforestation: a quantitative analysis and case study from the Philippines.** The causes of tropical deforestation, the economic and statistical analysis of factors giving rise to the loss of tropical forests. K. Brown and D. W. Pearce. London: University College London Press, 1994.

LA ROVERE, E. L. et al. **Implicações Econômicas e Sociais de Cenários de Mitigação de Gases de Efeito Estufa no Brasil até 2030: Sumário Técnico.** FBMC, COPPE/UFRJ, 2016.

LAURANCE, W. F. et al. **Deforestation in Amazonia.** Science, 304 (5674), p. 1.109-1.111, 2004.

LAURANCE, W. F. et al. **The Future of the Brazilian Amazon.** Science, 291 (5503), p. 438-439, 2001.

LOVEJOY, T. E.; Nobre, C. **Amazon Tipping Point.** Science Advances, 4 (2), 2018.

LYON, F. **Trust, Networks and Norms: The Creation of Social Capital in Agricultural Economies in Ghana.** World Development, 28 (4), p. 663-681, 2000.

MAHAR, D. J. **Government policies and deforestation in Brazil's Amazon region.** Washington: World Bank, 1989.

MARGULIS, S. **Causes of deforestation of the Brazilian Amazon.** Washington: DC, The World Bank, 2004.

MAY, P. et al. **Environmental reserve quotas in Brazil's new forest legislation: an ex ante appraisal.** Bogor, Indonesia, CIFOR, 2015.

MCTIC – Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Modelagem integrada e impactos econômicos de opções setoriais de baixo carbono.** R. Rathmann. Brasília: MCTIC, 2017.

MONELA, G. C. **Tropical rainforest deforestation, biodiversity benefits and sustainable landuse: analysis of economic and ecological aspects related to the Nguru Mountains, Tanzania.** 1995, 519 p.

NASCIMENTO, N. et al. **What Drives Intensification of Land Use at Agricultural Frontiers in the Brazilian Amazon? Evidence from a Decision Game.** Forests, 10 (6), 464, 2019.

NEPSTAD, D. et al. **The end of deforestation in the Brazilian Amazon.** Science, 326 (5958), p. 1.350-1.351, 2009.

NEPSTAD, D. et al. **The end of deforestation in the Brazilian Amazon.** Science Magazine, 326, p. 1.350-1.351, 2009.

OSTROM, E. **Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action.** Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

PACHECO, R. et al. **Regularization of legal reserve debts: perceptions of rural producers in the state of Pará and Mato Grosso in Brazil.** Ambiente & Sociedade, 20 (2), p. 181-200, 2017.

PANAYOTOU, T.; SUNGSUWAN S. **An econometric analysis of the causes of tropical deforestation: the case of Northeast Thailand.** The causes of tropical deforestation, the economic and statistical analysis of factors giving rise to the loss of tropical forests. K. Brown and D. W. Pearce. London: University College London Press, 1994.

PATTANAYAK, S. K.; WUNDER, S.; FERRARO, P. J. **Show Me the Money: Do Payments Supply Environmental Services in Developing Countries? Review of Environmental Economics and Policy,** 4 (2), p. 254-274, 2010.

PRETTY, J. **Social Capital and the Collective Management of Resources.** Science, 302 (5652), p. 1.912-1.914, 2003.

RAJÃO, R.; SOARES-FILHO, B.; SANTIAGO, L. **Estudo de viabilidade econômica do potencial mercado de Cotas de Reserva Ambiental (CRA) no Brasil.** Belo Horizonte: UFMG, 2015.

RAJÃO, R.; SOARES-FILHO, B. S.; PACHECO, R. **Mercado de Cotas de Reserva Ambiental no Mato Grosso e Pará.** Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2018.

REIS, E.; GUZMÁN, R. **An econometric model of Amazon Deforestation.** The causes of tropical deforestation, the economic and statistical analysis of factors giving rise to the loss of tropical forests. K. Brown and D. W. Pearce. London: University College London Press, 1994.

REIS, E.; Margulis, S. **Perspectivas econômicas do desflorestamento da Amazônia.** Rio de Janeiro: IPEA, 1991.

ROCHEDO, P. R. et al. **The threat of political bargaining to climate mitigation in Brazil.** Nature Climate Change, 8 (8), 695, 2018.

ROCHEDO, P. R. R. et al. **The threat of political bargaining to climate mitigation in Brazil.** Nature Climate Change, 2018.

RODRIGUES, A. et al. **A game theoretical model of deforestation in human – environment relationships.**

Journal of Theoretical Biology, 258 (1), p. 127-134, 2009.

SATAKE, A.; IWASA, Y. **Coupled ecological and social dynamics in a forested landscape: the deviation of individual decisions from the social optimum.** Ecological Research, 21 (3), p. 370-379, 2006.

SATAKE, A. et al. **Coupled ecological–social dynamics in a forested landscape: Spatial interactions and information flow.** Journal of Theoretical Biology, 246 (4), p. 695-707, 2007.

SCARANO, F.; GUIMARÃES, A.; SILVA, J. M. **Rio+ 20: Lead by example.** Nature, 486 (7401), 25, 2012.

SCHRÖTER, M. et al. **Ecosystem Services as a Contested Concept: a Synthesis of Critique and Counter-Arguments.** Conservation Letters, 7 (6), p. 514-523, 2014.

SHAHI, C.; KANT, S. **An evolutionary game-theoretic approach to the strategies of community members under Joint Forest Management regime.** Forest Policy and Economics, 9 (7), p. 763-775, 2007.

SILLS, E. O. et al. **Estimating the impacts of local policy innovation: the synthetic control method applied to tropical deforestation.** PLoS one, 10 (7), e0132590, 2015.

SKOLE, D. L. et al. **Physical and Human Dimensions of Deforestation in Amazonia.** Bioscience, 44 (5), p. 314-322, 1994.

SOARES-FILHO, B.; CERQUEIRA, G. C.; PENNACHIN, C. L. **Dinamica: a stochastic cellular automata model designed to simulate the landscape dynamics in an Amazonian colonization frontier.** Ecological Modelling, 154 (3), p. 217-235, 2002.

SOARES-FILHO, B. et al. **Role of Brazilian Amazon protected areas in climate change mitigation.** Proceedings of the National Academy of Sciences, 107 (24), p. 10.821-10.826, 2010.

SOARES-FILHO, B. et al. **Brazil's Market for Trading Forest Certificates.** PLOS ONE, 11 (4), e0152311, 2016.

SOARES-FILHO, B. S. et al. **Simulating the response of land cover changes to road paving and governance along a major Amazon highway: the Santarém-Cuiabá corridor.** Global Change Biology, 10 (5), p. 745-764, 2004.

SOARES-FILHO, B. S. et al. **Modeling conservation in the Amazon basin.** Nature, 440, p. 520-523, 2006.

SONTER, L. J. et al. **Global demand for steel drives extensive land-use change in Brazil's Iron Quadrangle.**

Global Environmental Change, 26, p. 63-72, 2014.

SONTER, L. J. et al. **Mining drives extensive deforestation in the Brazilian Amazon.** Nature Communications, 8 (1), 1013, 2017.

SOUTHGATE, D. **Tropical Deforestation and Agricultural Development in Latin America.** The causes of tropical deforestation, the economic and statistical analysis of factors giving rise to the loss of tropical forests. K. Brown and D. W. Pearce. London: University College London Press, 1994.

STONE, S. W. **Using a geographic information system for applied policy analysis:** the case of logging in the Eastern Amazon. Ecological Economics, 27 (1), p. 43-61, 1998.

STRAND, J. **Modeling the marginal value of rainforest losses:** A dynamic value function approach. Ecological Economics, 131(Supplement C), p. 322-329, 2017.

STRAND, J. et al. **Spatially explicit valuation of the Brazilian Amazon Forest's Ecosystem Services.** Nature Sustainability, 1 (11), p. 657-664, 2018.

TORRAS, M. **The total economic value of Amazonian deforestation, 1978-1993.** Ecological Economics, 33 (2), p. 283-297, 2000.

VAN DER HOFF, R.; RAJÃO, R.; LEROY, P. **Clashing interpretations of REDD+ "results" in the Amazon Fund.** Climatic Change, 150 (3), p. 433-445, 2018.

VAN DER HOFF, R.; RAJÃO, R.; LEROY, P. **Can REDD+ still become a market? Ruptured dependencies and market logics for emission reductions in Brazil.** Ecological Economics, 161, p. 121-129, 2019.

WALDHOFF, P.; VIDAL, E. **Community loggers attempting to legalize traditional timber harvesting in the Brazilian Amazon: An endless path.** Forest Policy and Economics, 50, p. 311-318, 2015.

WUNDER, S. **Payments for environmental services: some nuts and bolts.** CIFOR Occasional Paper, n. 42, 2005.

WUNDER, S. **Revisiting the concept of payments for environmental services.** Ecological Economics, 117, p. 234-243, 2015.

Raoni Rajão (UFMG)  
Victor Motta (EASP-FGV)  
Richard van der Hoff (UFMG)

## ECONOMIA DO DESMATAMENTO EM FLORESTAS TROPICAIS

Uma Introdução ao Debate no Brasil



Apoio:





OBSERVATÓRIO  
DO CÓDIGO  
FLORESTAL