

Saccaro, Nilo Luiz; Mation, Lucas Ferreira; Sakowski, Patrícia Alessandra Morita

Working Paper

Impacto do desmatamento sobre a incidência de doenças na Amazônia

Texto para Discussão, No. 2142

Provided in Cooperation with:

Institute of Applied Economic Research (ipea), Brasília

Suggested Citation: Saccaro, Nilo Luiz; Mation, Lucas Ferreira; Sakowski, Patrícia Alessandra Morita (2015) : Impacto do desmatamento sobre a incidência de doenças na Amazônia, Texto para Discussão, No. 2142, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/129913>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

2142

TEXTO PARA DISCUSSÃO

IMPACTO DO DESMATAMENTO SOBRE A INCIDÊNCIA DE DOENÇAS NA AMAZÔNIA

Nilo Luiz Saccaro Junior
Lucas Ferreira Mation
Patrícia Alessandra Morita Sakowski



IMPACTO DO DESMATAMENTO SOBRE A INCIDÊNCIA DE DOENÇAS NA AMAZÔNIA

Nilo Luiz Saccaro Junior¹

Lucas Ferreira Mation²

Patrícia Alessandra Morita Sakowski³

1. Técnico em Planejamento e Pesquisa da Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais (Dirur) do Ipea.

2. Técnico em Planejamento e Pesquisa da Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação, Regulação e Infraestrutura (Diset) do Ipea.

3. Técnica em Planejamento e Pesquisa, Chefe da Assessoria de Planejamento e Articulação Institucional (Aspla) do Ipea.

Governo Federal

Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão
Ministro Nelson Barbosa

ipea Instituto de Pesquisa
Econômica Aplicada

Fundação pública vinculada ao Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, o Ipea fornece suporte técnico e institucional às ações governamentais – possibilitando a formulação de inúmeras políticas públicas e programas de desenvolvimento brasileiro – e disponibiliza, para a sociedade, pesquisas e estudos realizados por seus técnicos.

Presidente

Jessé José Freire de Souza

Diretor de Desenvolvimento Institucional

Alexandre dos Santos Cunha

Diretor de Estudos e Políticas do Estado, das Instituições e da Democracia

Roberto Dutra Torres Junior

Diretor de Estudos e Políticas Macroeconômicas

Cláudio Hamilton Matos dos Santos

Diretor de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais

Marco Aurélio Costa

Diretora de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação, Regulação e Infraestrutura

Fernanda De Negri

Diretor de Estudos e Políticas Sociais

André Bojikian Calixtre

Diretor de Estudos e Relações Econômicas e Políticas Internacionais

Brand Arenari

Chefe de Gabinete

José Eduardo Elias Romão

Assessor-chefe de Imprensa e Comunicação

João Cláudio Garcia Rodrigues Lima

Ouvidoria: <http://www.ipea.gov.br/ouvidoria>

URL: <http://www.ipea.gov.br>

Texto para Discussão

Publicação cujo objetivo é divulgar resultados de estudos direta ou indiretamente desenvolvidos pelo Ipea, os quais, por sua relevância, levam informações para profissionais especializados e estabelecem um espaço para sugestões.

© Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – **ipea** 2015

Texto para discussão / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.- Brasília : Rio de Janeiro : Ipea , 1990-

ISSN 1415-4765

1. Brasil. 2. Aspectos Econômicos. 3. Aspectos Sociais. I. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.

CDD 330.908

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade do(s) autor(es), não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada ou da Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas.

JEL: Q51

SUMÁRIO

SINOPSE

ABSTRACT

1 INTRODUÇÃO	7
2 REVISÃO DA LITERATURA	9
3 DADOS	14
4 ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS.....	17
5 METODOLOGIA.....	19
6 RESULTADOS	23
7 DISCUSSÃO	31
REFERÊNCIAS	36

SINOPSE

O reduzido conhecimento acerca dos efeitos do desmatamento sobre a saúde humana é uma importante lacuna para o gerenciamento do ambiente e da saúde no Brasil e no mundo. A fim de avaliar o impacto do desmatamento sobre a incidência de doenças, realizamos uma análise em painel, relacionando dados de desmatamento e de doenças de notificação compulsória, por município e por ano, cobrindo os 773 municípios da Amazônia Legal, entre 2004 e 2012. Foram realizadas estimações separadamente para cada doença, com a inclusão de controles para efeitos fixos de município, para aspectos socioeconômicos e para a provisão de serviços públicos de saúde. Entre as doenças que possuíam dados suficientes para a análise, verificamos que o desmatamento possui efeito significativo sobre leishmaniose e malária: incrementos anuais na área municipal desmatada levam a aumentos expressivos em sua incidência. Por outro lado, não foram captados efeitos estatisticamente significantes sobre doenças apontadas como fortes candidatas por alguns autores. Os resultados confirmam a existência de custos do desmatamento relacionados à saúde, embora estes não se apliquem a uma gama ampla de doenças. Evidencia-se a existência de custos do desmatamento relacionados à saúde na Amazônia, o que deve ser levado em consideração tanto no gerenciamento da saúde pública quanto na tomada de decisões relativas ao capital natural.

Palavras-chave: desmatamento; Amazônia; doenças; saúde pública.

ABSTRACT

The lack of knowledge about the effects of deforestation on human health is an important gap for management of the environment and health in Brazil and worldwide. In order to assess its occurrence and magnitude, we performed a panel analysis, linking data on deforestation and reportable diseases, by municipality and year, covering 773 municipalities in the Amazon between 2004 and 2012. Estimates were conducted separately for each disease, with the inclusion of controls for fixed effects of municipality, socioeconomic features and provision of public health services. Among the diseases that had sufficient data for analysis, we found that deforestation has a significant effect on leishmaniasis and malaria: annual increases in the municipal deforested area lead to significant increases on incidence. On the other hand, statistically significant effects were not detected for diseases indicated as strong candidates by some authors.

The results confirm the existence of health-related deforestation costs, although these do not apply to a wide range of diseases. We highlight the existence of deforestation costs related to health in the Amazon, which must be taken into account both in the management of public health and in making decisions regarding natural capital.

Keywords: deforestation; Amazon; diseases; public health.

1 INTRODUÇÃO

A maioria do debate público a respeito do desmatamento enfatiza seus impactos globais e continentais, via emissão de CO₂ e mudanças de padrões climáticos, deixando passar despercebidos importantes efeitos locais. Estes, embora mais restritos espacialmente, podem representar custos ambientais, sociais e econômicos igualmente elevados. Neste estudo investigamos um importante efeito local do desmatamento: o impacto na incidência de doenças.

Saber mais sobre a relação entre desmatamento e doenças pode evidenciar custos que até hoje têm sido negligenciados no esforço de valoração do capital natural. Embora o combate ao desmatamento seja atualmente uma das prioridades da política ambiental brasileira, muitos setores da sociedade ainda veem um *trade-off* entre a preservação das florestas nativas e o desenvolvimento econômico do país. Surgem daí iniciativas globais e nacionais que tentam estimar o valor da floresta em pé. Entretanto, muitas lacunas de conhecimento ainda existem sobre o assunto (Roma *et al.*, 2011). O impacto do desmatamento sobre a saúde humana pode ser considerado uma delas, pois é quase desconhecido. Avançar no tema significa, portanto, ter informações mais completas tanto para o gerenciamento da saúde quanto para a tomada de decisões acerca do uso do capital natural e das ações de mitigação de impactos socioambientais.

Há muito existem evidências de que alterações ambientais e distúrbios ecológicos, sejam eles de causa natural, sejam de causa antropogênica, exercem uma influência marcante na emergência e proliferação de certas doenças (Patz *et al.*, 2000). O desmatamento revela-se uma das mais impactantes alterações, sendo resultado de diversas atividades humanas, incluindo agricultura, extração de madeira, programas de migração, construção de estradas, mineração e obtenção de energia hidrelétrica.

Os trabalhos descritos na revisão bibliográfica, na seção 2, indicam que diversas doenças parecem ter sua incidência aumentada com o desmatamento, alguns sugerindo até mesmo uma relação de aumento de doenças em geral. O foco dos trabalhos naturalmente ocorre sobre doenças de maior interesse epidemiológico. Essa importância relativa provavelmente se faz presente nas doenças de notificação compulsória, que são assim consideradas pelo Sistema Único de Saúde do Brasil (SUS), devido a critérios de magnitude, potencial de disseminação, transcendência, vulnerabilidade,

disponibilidade de medidas de controle e por Regulamento Sanitário Internacional (Portaria nº 1.271, de 6 de junho de 2014). Além disso, os dados sobre notificação compulsória no Brasil permitem uma análise abrangente em termos de diversidade de doenças, janela temporal e área territorial.

O objetivo deste trabalho, portanto, foi analisar a relação entre doenças de notificação compulsória do SUS – logo, com especial interesse em termos de saúde pública – e o desmatamento na Amazônia. Clarificar essa relação para cada doença – se positiva, negativa ou neutra – pode se revelar extremamente útil para o gerenciamento da saúde na região Norte, cuja vulnerabilidade social é a maior do país – o que pode amplificar o impacto dos desequilíbrios ambientais sobre a saúde.

Para tanto, avaliamos o impacto do desmatamento em doenças de notificação compulsória nos 773 municípios da Amazônia Legal entre 2004 e 2012. Para cada uma das doenças foram estimadas regressões de contagem (Poisson) com efeitos fixos de município, com a inclusão de controles para características climáticas, socioeconômicas e de saúde pública.

Um grande diferencial de nossa abordagem está em analisar o efeito do desmatamento sobre um conjunto amplo de doenças, com uma estratégia baseada no uso de dados longitudinais, que permite controlar efeitos não observados ao nível municipal. Os dados usados neste trabalho apresentam um grau relativamente elevado de precisão geográfica, mas ainda contando com um grande número de áreas analisadas. Além disso, o período relativamente longo, de oito anos, permite o controle para tendências de mais longo prazo e aumenta a precisão das estimativas. A maioria dos estudos encontrados na literatura analisa apenas uma doença e usa metodologias distintas, dificultando a comparabilidade dos resultados. Por adotarmos a mesma estratégia empírica para todas as doenças, nossos resultados possibilitam comparar a magnitude dos impactos entre elas.

Os resultados confirmam a existência de custos do desmatamento relacionados à saúde, porém indicam que eles não se aplicam a uma gama muito ampla de doenças de notificação compulsória. Entre as doenças que possuíam dados suficientes para a análise, pudemos verificar que o desmatamento possui efeito significativo sobre leishmaniose e malária. As estimações permitem inferir que incrementos anuais na área

municipal desmatada levam a aumentos expressivos na incidência dessas doenças: um incremento de 1% na área desmatada de um município leva a um aumento de 23% nos casos de malária e de 8% a 9% nos casos de leishmaniose. Por outro lado, não foram captados efeitos estatisticamente significantes do desmatamento sobre doenças apontadas como fortes candidatas a tal pelos estudos aqui descritos.

Fica clara, do ponto de vista da saúde pública, a necessidade de que as políticas de gerenciamento da saúde na Amazônia levem em consideração o desmatamento. Ao mesmo tempo, do ponto de vista da tomada de decisões ambientais, evidencia-se a existência de custos relacionados à saúde.

O texto está organizado da seguinte forma: a seguir, fazemos uma descrição dos principais estudos focados na relação entre doenças e desmatamento; em seguida, descrevemos os dados selecionados para compor as regressões, suas fontes e critérios de seleção; logo após, apresentamos as principais estatísticas descritivas do desmatamento e das doenças na Amazônia; a seção de metodologia descreve a estratégia empírica adotada nas regressões; em seguida, são apresentados os resultados do trabalho; por último, discutimos os critérios e a metodologia adotados na análise, comparamos os resultados para cada doença com aqueles obtidos por outros autores e ressaltamos as implicações deste trabalho para o desenho de políticas públicas.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Na literatura científica nacional e na internacional, há uma série de trabalhos mostrando que desequilíbrios ambientais, principalmente relacionados ao desmatamento, aumentam a incidência de doenças. Vora (2008) apresenta diversos exemplos, de diferentes regiões do mundo, em que alterações ambientais antropogênicas parecem ser responsáveis pela disseminação de doenças transmitidas por vetores, notadamente devido à redução de biodiversidade. Gottwalt (2013) discute a relação entre desmatamento e casos de malária no Peru, leishmaniose cutânea na Costa Rica e hantavirose no Panamá, sugerindo que as populações perto de bordas de florestas desmatadas têm um risco maior de contágio devido ao maior contato com vetores e à reduzida biodiversidade nessas áreas. Alho (2012) cita vários exemplos brasileiros de interações entre patógenos e ambiente em que o desequilíbrio favorece o aparecimento de doenças animais e humanas, sendo a maioria deles ligados ao desmatamento para posterior ocupação do solo

e grandes obras de infraestrutura. De fato, há evidências de impacto do desmatamento até mesmo sobre a incidência de doenças de animais silvestres, o que já foi bem documentado para aves (Sehgal, 2010).

Especificamente em relação à Amazônia, Barcellos *et al.* (2009) destacam a relação entre mudanças ambientais e doenças transmitidas por vetores e de veiculação hídrica, ressaltando que flutuações climáticas locais (também influenciadas pelo desmatamento) e globais podem gerar respostas diferentes de acordo com a localidade. Por sua vez, Confalonieri, Margonari e Quintão (2014) listam diversas evidências de uma relação entre as mudanças ambientais e os perfis epidemiológicos de algumas doenças parasitárias que afetam populações amazônicas. Malária e leishmaniose cutânea, segundo os autores, apresentam as mudanças mais rápidas em resposta à expansão da agricultura e pecuária, à construção de rodovias e barragens e à mineração. A incidência de toxoplasmose, assim como a de helmintíases transmitidas pelo solo, teria ainda uma grande probabilidade de responder rapidamente a tais alterações ambientais. Ambos os trabalhos defendem a importância de uma abordagem interdisciplinar e integrada para o gerenciamento destas doenças na Amazônia, em um cenário de mudanças climáticas e socioambientais previstas em um futuro próximo. Frisa-se que essa abordagem do setor de saúde deveria levar em consideração não apenas as vulnerabilidades ecológicas de cada localidade, mas também as sociais.

A doença cuja relação com o desmatamento tem sido a mais estudada é, sem dúvida, a malária. Há grande número de estudos em diversos países tropicais, inclusive o Brasil, ligando o desmatamento a um aumento do número de mosquitos do gênero *Anopheles* (entre os quais estão os mais importantes vetores da doença), a um aumento da frequência de espécies com maior poder de transmissão e, por fim, a um aumento na incidência da doença. Diversas são as metodologias empregadas, e a relação positiva entre malária e desmatamento é um consenso, embora em alguns casos ela se mostre complexa e varie conforme padrões ecológicos e sociais locais (Afrane *et al.*, 2008; Hahn *et al.*, 2014; Olson *et al.*, 2010; Parente, Souza e Ribeiro, 2012; Pattanayak *et al.*, 2006; Stefani *et al.*, 2013; Vanwambeke *et al.*, 2007; Vittor *et al.*, 2006; 2009; Yasuoka e Levins, 2007).

Garg (2014) avalia a relação entre malária e desmatamento na Indonésia. Usando uma estratégia empírica semelhante à adotada neste trabalho, o autor usa regressões de painel para comparar a incidência de malária ao nível de vilas com os dados de cobertura vegetal obtidos via satélite, controlando para efeitos fixos de vila e aplicando outros

controles sociais e econômicos. O estudo mostra que o desmatamento entre 2001 e 2008 foi responsável por um aumento entre 2% e 4,6% na probabilidade de um surto de malária de cada vila. Isso significa que de 360 mil a 880 mil casos de malária na Indonésia teriam sido causados pela perda da cobertura vegetal. O estudo não encontra impactos do desmatamento em outras doenças, como sarampo, diarreia, dengue e doenças respiratórias, o que indica que o impacto sobre a malária não está sendo confundido com outras mudanças socioeconômicas associadas ao desmatamento, já que estas deveriam afetar também estas doenças.

Se a relação positiva entre desmatamento e malária é corroborada por muitos estudos, o mesmo não ocorre no caso de outras doenças. Há ainda relativamente poucos trabalhos publicados, e a maioria destes são estudos pontuais, ou seja, realizados em escalas pequenas de tempo e área. As metodologias empregadas também são totalmente diversas, dificultando quaisquer conclusões gerais sobre o tema.

A título de exemplo, Gottdenker *et al.* (2011) encontram uma relação entre a abundância de *Rhodnius pallescens* – um triatomíneo vetor da doença de Chagas – e as mudanças no uso da terra do Panamá. Também Vanwambeke *et al.* (2007) mostraram que o desmatamento na Tailândia influencia a abundância de mosquitos transmissores da dengue, podendo resultar em uma frequência maior das espécies mais efetivas na transmissão da doença. Porém, como ressaltado pelos autores em ambos os estudos, a maior abundância de um vetor não implica necessariamente maior incidência da doença, já que fatores socioeconômicos e comportamentais podem ter uma relevância muito maior para o risco de infecção.

Em outro estudo sobre abundância relativa de vetores, Nieves *et al.* (2014) fazem uma análise da população de flebotomíneos – mosquitos transmissores da leishmaniose – em diversos agroecossistemas da Venezuela, em regiões de grande incidência da doença. Avaliando as mudanças na estrutura das populações, a prevalência de diferentes espécies e a frequência de indivíduos portadores do parasita, concluem que a fauna de flebotomíneos é afetada pela degradação ambiental, podendo levar a um aumento dos surtos da doença nestas áreas.

Quanto a trabalhos focados especificamente sobre a incidência das doenças, podemos citar Chaves *et al.* (2008), que fazem uma análise dos padrões de incidência municipais de leishmaniose cutânea – doença cujos principais reservatórios são

mamíferos silvestres – da Costa Rica, encontram uma relação positiva com a degradação da floresta. O fator social, entretanto, mostra-se determinante para o risco de contágio. É interessante apontar, em sua análise, que populações próximas à borda da floresta mostraram uma redução no risco de contágio de leishmaniose cutânea.

Com foco específico na Amazônia brasileira, Silva *et al.* (2010) apontam uma alta frequência de hanseníase na área conhecida como arco do desmatamento, embora as causas não sejam tão claras: provavelmente a intensa migração que ocorre na área represente um fator muito mais importante, neste caso, que os desequilíbrios ambientais locais. Santos *et al.* (2012), por sua vez, sugerem uma relação entre a hantavirose – doença de veiculação hídrica cujos reservatórios naturais são roedores silvestres – e as atividades agrícolas decorrentes da expansão dos assentamentos ao longo de rodovias na Amazônia Legal.

Diversos são os mecanismos sugeridos para explicar como o desequilíbrio ambiental contribuiria para o aumento da incidência de doenças. Como resposta ao desequilíbrio ecológico causado pelo desmatamento, e em conjunto com o aparecimento de novas populações humanas e animais na área desmatada, muitos vetores de doenças podem se converter de uma orientação predominantemente zoofílica para uma antropofílica. Além disso, a atividade de desmatamento promove a chegada de migrantes com baixa imunidade a parasitas frequentes nas regiões desmatadas. Por vezes, ainda, estas novas populações trazem costumes e hábitos que, inadvertidamente, acabam por contribuir para a proliferação e a transmissão dos parasitas autóctones. Populações que utilizam cães para o pastoreio, por exemplo, poderiam contribuir para um aumento da prevalência de leishmaniose (Patz *et al.*, 2000).

Estudos sobre malária, esquistossomose e leishmaniose ilustram alguns dos possíveis mecanismos envolvidos. No caso da malária, o gênero *Anopheles* – ao qual pertencem os mosquitos vetores da doença – possui várias espécies ocupando o mesmo nicho ecológico, e parece haver, após o desmatamento, uma ocupação do nicho por espécies altamente efetivas na transmissão de malária – notadamente *Anopheles darlingi*. Sem o desequilíbrio, tais espécies seriam desfavorecidas na competição (Vittor *et al.*, 2009). Novos microambientes aquáticos, com maior insolação, resultantes do desmatamento, também favoreceriam as larvas de *Anopheles darlingi*, em detrimento dos anofelinos nativos, mais benignos. Em relação à esquistossomose já foi reportado algo parecido:

o desmatamento causa uma variação maior no nível dos corpos hídricos, tendendo a diminuir as superfícies aquáticas, o que leva a uma perda de biodiversidade de caramujos e ao favorecimento de espécies hospedeiras do parasita *Schistosoma mansoni*. Os vetores da leishmaniose, por sua vez, teriam uma aptidão maior que as espécies competidoras para se adaptar ao estabelecimento de espécies de plantas invasoras, algo que comumente segue-se ao desmatamento (Molyneux *et al.*, 2008).

Alguns autores defendem que, de maneira geral, uma alta biodiversidade pode diluir os parasitas em grande número de espécies vetoras e hospedeiras intermediárias, a maioria das quais pouco competentes para transmissão ao ser humano, reduzindo a incidência geral de doenças parasitárias (Chivian e Bernstein, 2008). Por outro lado, a maior biodiversidade de um ecossistema significa também uma diversidade maior de parasitas e de seus reservatórios naturais. Assim, é possível que, em certos casos, a redução de biodiversidade leve a uma redução ou extinção de parasitas. Uma vez que a maioria dos estudos já realizados foram pontuais e em escalas pequenas, é impossível saber se a relação entre mudanças no uso da terra e doenças tende a ser predominantemente positiva, negativa ou neutra.

Gottdenker *et al.* (2014) lançam luz sobre essa questão por meio de uma meta-análise dos artigos científicos que relacionam mudanças antropogênicas do uso da terra e dinâmica de doenças infecciosas em geral. Os autores contabilizam em quantos estudos o efeito das mudanças foi positivo, negativo ou neutro sobre a prevalência e a infecção das doenças estudadas. Sua busca foi realizada primariamente nas bases ISI Web of Science e PubMed e complementada por outros mecanismos de busca. Um total de 305 artigos científicos foi considerado relevante. As mudanças de uso da terra mais comuns relatadas foram desmatamento, fragmentação florestal e agricultura. Em resposta a alterações antropogênicas, 56,9% dos estudos documentaram aumento na abundância e/ou transmissão de patógenos, enquanto apenas 10,4% observaram diminuição. Respostas complexas e variáveis dos patógenos foram observadas em 30,4% dos artigos, ao passo que apenas 2,4% não detectaram nenhuma alteração. A proporção de estudos realizados em regiões tropicais (53,4%) foi ligeiramente maior do que a de estudos em regiões temperadas (46,6%). Os mecanismos mais comumente reportados para a alteração na transmissão de doenças foram, nesta ordem, alteração dos nichos ecológicos e mudanças na composição de comunidades de patógenos, vetores e hospedeiros; mudanças no comportamento, no movimento na distribuição espacial de hospedeiros e vetores; além de

fatores socioeconômicos e de contaminação ambiental. Segundo os autores, uma grande proporção dos patógenos estudados (cerca de 80%) está na lista de doenças tropicais negligenciadas da Organização Mundial de Saúde (OMS).

Apesar de a maior parte dos artigos analisados por Gottdenker *et al.* (2014) documentar aumento na transmissão de doenças como resposta a mudanças no uso da terra, os autores fazem uma ressalva: uma vez que os estudos realizados abarcam apenas parte dos patógenos existentes e que há patógenos sobreamostrados (como o *Plasmodium* por exemplo), não se pode afirmar com total segurança que a maioria das doenças infecciosas aumenta com as mudanças no uso da terra. É provável, entretanto, que a sobreamostragem de alguns patógenos derive justamente de sua maior importância médica e epidemiológica.

3 DADOS

O estudo contemplou os agravos e as doenças de notificação compulsória do SUS atualizados até agosto de 2014. Utilizamos dados em painel (um para cada doença/agravo), por município e por ano. Os dados são provenientes do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (Sinan), do Ministério da Saúde (MS).¹ Os dados relativos à malária foram obtidos junto à Coordenação Geral do Programa Nacional de Controle da Malária, que unificou informações do Sinan; do Sistema de Informação do Programa Nacional de Controle da Malária (Sismal) de 2001 a 2003; e do Sistema de Informação de Vigilância Epidemiológica (Sivep-Malária) de 2003 a 2012), ambos ligados ao MS, responsáveis pelo monitoramento da doença na região amazônica.

Entre as informações existentes, foram inicialmente selecionadas para compor as regressões todas as doenças que possuíam a variável *município de infecção*, a fim de indicar a localização espacial da ocorrência. Essa variável, além de representar mais fielmente a localização da infecção do que *município de notificação*, permite também incluir casos referentes a doenças contraídas na Amazônia Legal, mas notificados em municípios fora dessa região. Dessa forma, foram selecionadas as seguintes doenças: malária, leishmaniose tegumentar americana, leishmaniose visceral, dengue, doença de Chagas, febre amarela, febre tifoide, hantavirose, leptospirose, raiva, peste e sarampo/rubéola.

1. Os dados estão disponíveis em: <<http://dtr2004.saude.gov.br/sinanweb>>.

Embora a variável *município de infecção* não estivesse disponível para a esquistossomose, essa doença foi incluída devido à sua importância médica na Amazônia e à existência de indícios de influência de desequilíbrios ambientais sobre seu vetor (Molyneux *et al.*, 2008). Para a esquistossomose, utilizamos a variável *município de notificação* como aproximação de *município de infecção*.

Tentamos incluir ainda, neste primeiro momento, quatro agravos que possuíam a variável *município de ocorrência* ou a variável *município de exposição*, já que estas obedecem à mesma lógica da variável *município de infecção*. São eles: intoxicação exógena, intoxicação por agrotóxicos, violência doméstica e acidente por animais peçonhentos.

Como indicador temporal, foi utilizada a variável “ano do primeiro sintoma”, por representar o dado mais próximo do momento da infecção. Um caso notificado em 2010, por exemplo, cujo primeiro sintoma foi em 2009, foi contabilizado em 2009. No caso da leishmaniose tegumentar americana, utilizamos “ano de diagnóstico” e, no caso da leishmaniose visceral, usamos *ano de notificação* entre 2001 e 2006, devido à inexistência da variável *ano do primeiro sintoma*. Para acidentes por animais peçonhentos, a variável utilizada foi *ano do acidente*.

Não foi possível estimar as regressões para peste, febre amarela, raiva, hantavirose, cólera e intoxicação por agrotóxicos, seja devido ao número reduzido de observações em municípios amazônicos, seja devido ao fato de o período disponível ser muito curto. A violência doméstica e a intoxicação exógena também foram excluídas da análise, pois a janela de tempo disponível era reduzida e não permitia comparações com outras doenças. De qualquer modo, as regressões para estes agravos não mostraram uma relação significativa com o desmatamento.

Dessa forma, as doenças utilizadas na análise foram dengue, doença de Chagas, esquistossomose, febre tifoide, leishmaniose tegumentar, leishmaniose visceral, leptospirose, malária e sarampo/rubéola, além do agravo *acidentes por animais peçonhentos*. A tabela 1, descrita na próxima seção, enumera essas doenças e indica as respectivas variáveis de espaço e tempo utilizadas.

A cobertura temporal dos dados do Sinan pode variar para cada doença/agravo, sendo que para a maioria está contemplado o período entre 2001 e 2012. A maioria dos

dados até 2012 já havia sido revisada pelo Sinan. Como explicado a seguir, os dados de desmatamento permitiram que a janela de tempo para as regressões se iniciasse apenas em 2004. Dessa forma, para todas as doenças/agravo da tabela 1, o modelo aplicado abrange um intervalo de oito anos, compreendido entre 2004 e 2012.

Os dados de desmatamento foram obtidos do Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (Prodes), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), que monitora a floresta amazônica brasileira por satélite desde 1988.² Nas análises a seguir, utilizamos a taxa de desmatamento, por ano e por município, calculada como o *incremento* da área desmatada em quilômetros quadrados no ano dividido pela área do município, e não como o *estoque* de área desmatada.

A variável de incremento de desmatamento disponível nos dados municipais do Prodes corresponde à área desmatada desde o último monitoramento, mesmo que não seja no ano imediatamente anterior. Em particular, muitas áreas de 2001 haviam sido monitoradas apenas em 1997, fazendo que o incremento de 2001 correspondesse ao incremento neste intervalo de quatro anos. Por este motivo, os dados de incremento de 2001 foram descartados.

Os dados do desmatamento de 2002 e 2003 foram utilizados apenas nas regressões que procuravam captar o efeito defasado do desmatamento sobre a incidência de doenças. Assim, para ter uma janela homogênea que permitisse que as regressões com efeito contemporâneo (no mesmo ano) e com *lags* (dois anos) fossem comparáveis, o período utilizado nas regressões sem *lags* se inicia em 2004.

Como explicado na seção *Metodologia*, utilizamos ainda alguns dados como controles em nossas estimativas. Os dados relativos à pluviosidade e temperatura foram obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet).³ Os dados de índice de desenvolvimento humano (IDH) municipal são provenientes do sítio do Programa das Nações Unidas (Pnud).⁴ O número médio de médicos e outros profissionais de saúde para os municípios amazônicos foi obtido do Cadastro Nacional dos Estabelecimentos

2. Disponíveis em: <<http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodesmunicipal.php>>.

3. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>.

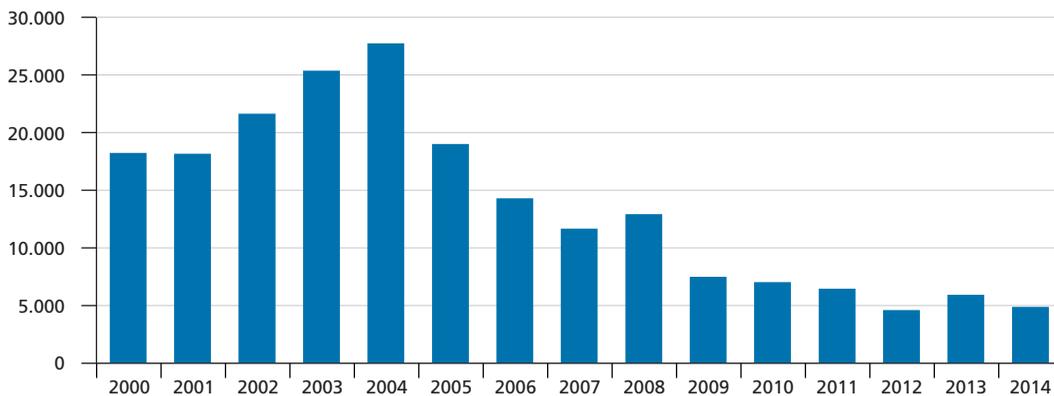
4. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/IDH/DH.aspx>>.

de Saúde do Brasil (CNES), do MS.⁵ Por sua vez, os dados referentes ao programa Bolsa Família vieram do Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome (MDS).⁶

4 ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS

O gráfico 1 descreve a evolução do desmatamento na Amazônia Legal no período entre 2000 e 2014 em quilômetros quadrados. As taxas de desmatamento foram bastante elevadas na primeira metade dos anos 2000, atingindo o pico de 27,7 mil km² em 2004. Desde então essas taxas vêm se reduzindo significativamente.

GRÁFICO 1
Evolução do desmatamento na Amazônia Legal (2000-2014)
(Em km²)



Fonte: <http://www.obt.inpe.br/prodes/sisprodes2000_2014.htm>.

A tabela 1 resume as doenças (e o agravo) utilizadas na análise, bem como, para cada uma delas, o número de casos confirmados entre 2004 e 2012, a incidência municipal média por mil habitantes, a média de casos confirmados por município, seu desvio-padrão, a frequência relativa de zeros e as variáveis de localização no espaço e no tempo. A malária apresenta a maior incidência, com média de 18,97 casos por mil habitantes. A dispersão da incidência de doenças também é bastante elevada, como indica o alto desvio-padrão.

5. Disponível em: <<http://cnes.datasus.gov.br>>.

6. Disponível em: <<http://aplicacoes.mds.gov.br/sagi/miv/miv.php>>.

TABELA 1
Doenças e agravo de notificação compulsória analisados (2004-2012)

	Número de casos confirmados	Incidência municipal média (por mil habitantes)	Média de casos confirmados por município	Desvio padrão	Frequência relativa de zeros	Variável de localização: município de	Variável de tempo: ano de
Acidente por animais peçonhentos	144.301	1,05	20,5	34,83	0,07	Ocorrência	Acidente
Dengue	551.746	2,31	78,4	723,66	0,30	Infecção	Primeiro sintoma
Doença de Chagas	1.061	0	0,15	1,84	0,97	Infecção	Primeiro sintoma
Esquistossomose	1.413	0,01	0,2	2,25	0,96	Notificação	Primeiro sintoma
Febre tifoide	1.786	0,01	0,25	3,41	0,95	Infecção	Primeiro sintoma
Leishmaniose tegumentar	129.774	1,07	18,44	37,05	0,14	Infecção	Diagnóstico
Leishmaniose visceral	9.796	0,05	1,39	6,91	0,76	Infecção	Notificação (2001 a 2006) e primeiro sintoma (2007 a 2012)
Leptospirose	3.332	0,01	0,47	5,89	0,91	Infecção	Primeiro sintoma
Malária	3.475.062	18,97	493,76	2287,31	0,35	Infecção	Primeiro sintoma
Sarampo e rubéola	732	0	0,1	1,98	0,98	Infecção	Primeiro sintoma

Fonte: Sinan, Sismal, Sivep-malária e Datasus.
 Elaboração dos autores.

A incidência municipal média por mil habitantes foi calculada com base no número de casos confirmados e nas estimativas de população municipal provenientes do Datasus. Entre as doenças consideradas, a malária apresenta a maior incidência, com média de 18,97 casos por mil habitantes e 494 casos por município. Isso totaliza quase 3,5 milhões de casos confirmados no período de 2004 a 2012, ou aproximadamente 386 mil por ano. A incidência da dengue também é significativa, mas consideravelmente mais baixa: 2,31 casos por mil habitantes.

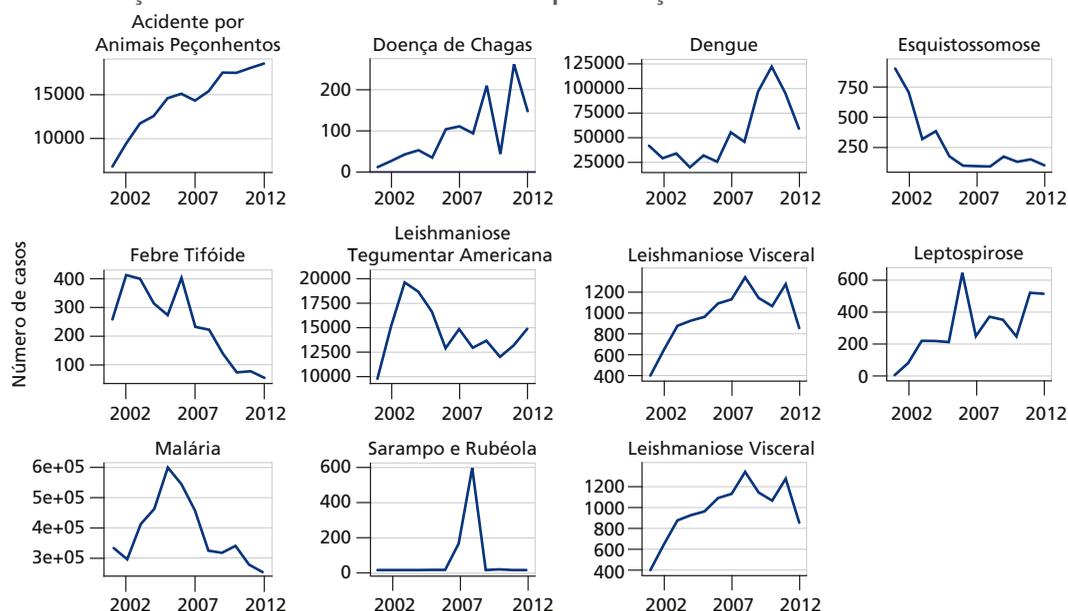
A incidência de todas as doenças e o agravo variam significativamente de município a município e entre os diferentes anos, conforme evidencia o alto desvio-padrão. Em vários municípios e anos, não houve nenhum caso confirmado. Para sarampo e rubéola, doença de Chagas, esquistossomose, febre tifoide e leptospirose, por exemplo, mais de 90% das observações coletadas eram iguais a zero, indicando a não ocorrência da respectiva doença ou o agravo nos dados município e ano.

Quando analisamos a evolução das doenças (e o agravo), notamos aumento da incidência de acidentes com animais peçonhentos e redução da incidência de

esquistossomose entre 2002 e 2012. As incidências de doença de Chagas aguda, dengue, leishmaniose visceral e leptospirose também aumentaram nesse período, mas de modo menos regular. Por sua vez, a incidência de febre tifoide apresentou tendência de queda, ainda que com períodos de alta. As incidências de malária e de leishmaniose tegumentar tiveram aumento acentuado nos primeiros anos do período e queda significativa nos anos posteriores. O número de casos confirmados de sarampo e rubéola no período considerado foi pequeno (gráfico 2).

GRÁFICO 2

Evolução do número de casos confirmados por doença na Amazônia



Fonte: Sinan, Sismal, Sivep-malária e Datasus.
Elaboração dos autores.

5 METODOLOGIA

Descrevemos agora a metodologia adotada para estimar o impacto do desmatamento nas doenças. A variável dependente nas regressões é a incidência das doenças em cada município-ano, dada pelo número de casos confirmados (por mil habitantes). Estes são dados de contagem, isto é, assumem valores inteiros, não negativos e com alta frequência de zeros. Em função disso, estimamos o impacto do desmatamento nas doenças por meio de modelos Poisson, caracterizados pelas equações (1) e (2).

$$E[y|X] = \mu = e^{X\theta}. \quad (1)$$

$$f(y|\mu) = \frac{e^{-\mu}\mu^y}{y!}. \quad (2)$$

O modelo estabelece uma relação multiplicativa entre o valor esperado da variável dependente μ em função das variáveis explicativas X , da equação 1. Este valor esperado serve como parâmetro para determinar a função de ligação – equação (2), que é a função de distribuição de probabilidade de Poisson. Os parâmetros do modelo θ são estimados por quase máxima verossimilhança (Cameron e Trivedi, 2013).

Regressões de Poisson usuais têm um aspecto restritivo, pois requerem que a média seja igual à variância. Conforme vimos na tabela 1, assim como é comum na maioria das aplicações empíricas, para todas as doenças estudadas neste estudo a variância excede a média. Para contornar este problema, há duas alternativas: o uso de modelos de Poisson robustos e o uso de uma função de ligação menos restritiva, em geral a binomial negativa, que permite que a variância seja maior do que a média. Cameron e Trivedi (2013) mostram que, apesar da restrição da variância, estimadores de Poisson com desvios-padrão robustos são não viesados. Já estimadores baseados na binomial negativa podem ser mais eficientes caso os dados sigam de fato esta distribuição, mas podem ser viesados caso sigam outras distribuições. Sendo assim, apresentamos as estimativas para modelos de Poisson com desvios-padrão robustos. Todas as regressões foram também estimadas usando a binomial negativa (do tipo 1).

Detalhamos agora as regressões estimadas. Após aplicar o logaritmo à equação (1), obtemos a equação (3), na qual detalhamos a estrutura temporal e os regressores incluídos nas análises.

$$\ln(E[y_{it}|x_{it}, \alpha_i]) = \delta_t + \ln(\alpha_i) + \ln(POP_{it}) + \beta * desmat_{i,t} + x'_{it}. \quad (3)$$

Em que i é o índice de município; t , o índice de período; y_{it} , o número de casos confirmados da doença em i e t ; $desmat_{i,t}$ é a taxa de desmatamento em i e t ; x_{it} são os controles; α_i é o efeito fixo de município; δ_t , o efeito fixo de período; e POP_{it} , a população em i, t .

Na equação (3) estão detalhadas características importantes do modelo. Para cada doença, são estimadas regressões em que a variável dependente é o número de casos confirmados da doença y_{it} . Por ter a forma *log*-linear, os coeficientes do modelo indicam a variação percentual na doença em função de variações no desmatamento e em outros regressores.

Os efeitos fixos de período δ_t capturam choques temporais comuns a todos os municípios que influenciem a incidência da doença.

O modelo contém também efeitos fixos de município (α_i). Estes capturam características não observáveis dos municípios invariantes no tempo que influenciam a incidência das doenças. Caso estas características também sejam correlacionadas com o desmatamento, a omissão de α_i pode causar viés nas estimativas do efeito do desmatamento nas doenças (β). Para eliminar tais efeitos, os estimadores usados são de efeitos fixos para dados de contagem, que eliminam α_i por meio de transformações *within*. Como é comum em modelos de painel, é necessário corrigir os desvios-padrão para *cluster* ao nível do efeito fixo, isto é, ao nível municipal. Para isso os desvios-padrão são estimados por estimadores de *bootstrap*, em que o nível de amostragem é o município (Cameron e Trivedi, 2013).

As informações usadas no estudo estão disponíveis ao nível de municípios, isto é, um nível agregado em relação ao fenômeno em si, que afeta os indivíduos. Os municípios da Amazônia variam significativamente em termos de área e população. Tratamos isto de duas formas. Primeiro, para levar em consideração as diferenças de área, usamos a taxa de desmatamento como variável independente de interesse, isto é, a área desmatada dividida pela área total do município. Segundo, controlamos pela população do município, que, naturalmente, determina o número de pessoas expostas às doenças potencialmente induzidas pelo desmatamento. Para tanto, como é comum em estudos epidemiológicos, incluímos o logaritmo da população, $\ln(POP_{it})$, como regressor com coeficiente predefinido igual a 1.⁷ Como o desmatamento pode ter impacto sobre a incidência de doenças não apenas imediato, mas também em anos posteriores, fizemos regressões com

7. Os pacotes estatísticos impõem essa restrição ao estimarem os parâmetros da equação (3). Em particular no Stata, isto corresponde a incluir a opção "exposure(pop)" como opção do comando de regressão.

duas defasagens do desmatamento. Além disso, inserimos uma série de controles nas estimativas para capturar efeitos que variaram ao longo do tempo (x_{it}). Estes foram relativos a características climáticas, socioeconômicas e da infraestrutura de saúde pública existente.

Incluimos controles para temperatura e pluviosidade. Além de aumentar a precisão das estimativas, estes controles podem ser importantes devido à influência do clima tanto na incidência das doenças como no ritmo do desmatamento. Os dados climáticos foram obtidos das séries históricas mensais por estação meteorológica do Inmet. Para o período existem 41 estações na Amazônia Legal. Os dados foram interpolados para o centro urbano de cada município usando o método de ponderação pelo inverso da distância (*inverse distance weighting* – IDW) – para cada estação meteorológica, com o uso do *software* R, pacote *gstat* (Pebesma, 2004), função IDW. Foram usadas a temperatura média e a pluviosidade total em cada mês. Como os efeitos do clima nas doenças podem ser heterogêneos ao longo do ano, as regressões incluem controles separados para temperatura e pluviosidade em cada um dos doze meses.

Como *proxy* da qualidade dos serviços de saúde e da capacidade dos sistemas de registro de doença, incluimos controles para o número de médicos e outros profissionais de saúde.⁸ Utilizamos como *proxies* o número médio de médicos e o número médio de profissionais de saúde para cada ano, por município. Estas *proxies* podem capturar dois efeitos que atuam em direções opostas. Em primeiro lugar, pode-se esperar que os serviços de saúde promovam ações de prevenção, reduzindo a incidência das doenças. Por outro lado, a existência de serviços de saúde aumenta a detecção e a notificação das doenças.⁹

8. Controles para disponibilidade de serviços de saúde são usuais na literatura, como em Achcar (2011), Garg (2014) e Hahn (2014).

9. Por sugestão do parecerista, testamos outras *proxies* para disponibilidade de serviços de saúde: número de agentes comunitários de saúde e número de equipes de saúde da família. Estes profissionais atuam de forma capilar e são mais focados na prevenção e notificação de doenças do que outros profissionais da saúde. As regressões usando estas variáveis não afetaram os coeficientes de impacto do desmatamento nas doenças. Estas regressões estão disponíveis mediante solicitação junto aos autores.

Também foram incluídos uma série de controles para características socioeconômicas municipais. Para tanto, utilizamos os três componentes do índice de desenvolvimento humano municipal (IDH-municipal) calculado pelo Pnud: o IDH-longevidade, IDH-educação e IDH-renda. Como o índice só estava disponível para os anos 2000 e 2010, os dados foram interpolados linearmente para os anos 2001 a 2012. Adicionalmente, foram inseridos controles para os efeitos do Programa Bolsa Família (famílias beneficiadas e valor total recebido), que teve grande aumento nos números de beneficiários nos municípios da Amazônia entre 2004 e 2012.

Muitas dessas variáveis poderiam não ser consideradas controles, mas canais por meio dos quais o desmatamento afeta as doenças. Por exemplo, o desmatamento pode afetar as doenças por meio indireto ao induzir o surgimento de assentamentos precários, com condições sanitárias inadequadas, que, por sua vez, causam o aumento das doenças. Por outro lado, pode haver variáveis omitidas que determinem tanto o aumento do desmatamento como dos assentamentos. *A priori* não é possível determinar qual dos casos ocorre, portanto, incluímos estes controles para garantir a robustez das análises. Como veremos, os resultados são bastante robustos à inclusão destes controles, indicando que os efeitos do desmatamento nas doenças, quando presentes, ocorrem por canais mais diretos.

6 RESULTADOS

Os resultados das regressões estão resumidos na tabela 2, que mostra o coeficiente associado ao impacto do desmatamento sobre a incidência de doenças ou o agravo e seu respectivo desvio-padrão para quatro especificações: apenas com efeito contemporâneo do desmatamento (1); com efeito contemporâneo e defasagens (2); com efeito contemporâneo e controles (3); com efeito contemporâneo; e defasagens e controles (4). Para cada doença ou agravo, as regressões de Poisson foram estimadas com efeitos fixos de município e ano, com os controles já indicados, e os desvios-padrão foram estimados por *bootstrap*, robustos e ajustados para *cluster* de município.

TABELA 2
Impacto do desmatamento sobre a incidência de doença ou agravo

Variável Dependente	Variável Explicativa	(1)	(2)	(3)	(4)
Acidente por animais peçonhentos	tx_desmatamento	3,57 (1,53)**	3,55 (1,73)**	3,37 (2,30)	3,25 (1,73)*
	L.tx_desmatamento		0,402 (0,962)		2,09 (1,79)
	L2.tx_desmatamento		-0,156 (0,987)		-0,499 (0,927)
Dengue	tx_desmatamento	2,32 (11,2)	9,62 (13,1)	1,25 (9,8)	5,71 (12,9)
	L.tx_desmatamento		-15,3 (17,6)		-26,7 (14,6)*
	L2.tx_desmatamento		-3,69 (9,43)		-1,65 (10,9)
Doença de Chagas	tx_desmatamento	45,26 (31,3)	32,39 (30,9)	42,71 (30,8)	36,31 (48,9)
	L.tx_desmatamento		20,7 (24,8)		36,6 (52,9)
	L2.tx_desmatamento		26,6 (20,9)		16,6 (33,9)
Esquistossomose	tx_desmatamento	-19,64 (20,7)	-26,86 (20,9)	-25,4 (38,4)	-23,13 (45,0)
	L.tx_desmatamento		-7,32 (12,00)		-1,56 (43,7)
	L2.tx_desmatamento		-28,3 (32,1)		8,34 (16,8)
Febre tifoide	tx_desmatamento	41,93 (32,2)	38,5 (41,4)	-19,55 (26,5)	-29,23 (44,1)
	L.tx_desmatamento		30,9 (40,3)		-33,0 (50,0)
	L2.tx_desmatamento		20,1 (15,0)		-6,17 (24,7)
Leishmaniose tegumentar americana	tx_desmatamento	9,26 (2,76)***	6,85 (2,26)***	5,12 (1,04)***	2,44 (2,55)
	L.tx_desmatamento		3,61 (1,98)*		7,48 (2,18)***
	L2.tx_desmatamento		4,36 (1,69)**		3,04 (1,89)

(Continua)

(Continuação)

Variável Dependente	Variável Explicativa	(1)	(2)	(3)	(4)
Leishmaniose visceral	tx_desmatamento	8,05 (4,3)*	4,65 (5,3)	5,82 (4,2)	6,75 (5,8)
	L.tx_desmatamento		8,99 (3,68)**		8,95 (4,77)*
	L2.tx_desmatamento		8,05 (2,62)***		9,45 (6,83)
Leptospirose	tx_desmatamento	-17,86 (12,9)	-25,23 (45,5)	-2,58 (20,8)	-2,6 (28,7)
	L.tx_desmatamento		25,6 (26,7)		-8,56 (17,1)
	L2.tx_desmatamento		0,126 (11,6)		-6,51 (10,6)
Malária	tx_desmatamento	23,16 (9,03)**	18,45 (6,07)***	18,82 (2,91)***	14,54 (5,59)***
	L.tx_desmatamento		14,6 (4,0)***		13,6 (4,92)***
	L2.tx_desmatamento		10,2 (3,52)***		7,47 (4,21)*
Sarampo e rubéola	tx_desmatamento	136,07 (64,1)**	182,29 (101,8)*	-9,33 (79,7)	-19,45 (176,9)
	L.tx_desmatamento		-15,3 (117,0)		-58,7 (160)
	L2.tx_desmatamento		89,7 (80,4)		-3,45 (122)

Fonte: Prodes e Datasus.

Elaboração dos autores.

Notas: * p<0,1.

** p<0,05.

*** p<0,01.

Obs.: 1. A tabela apresenta os coeficientes de interesse, desmatamento e suas defasagens, de quarenta regressões, quatro para cada uma das dez doenças analisadas.

2. Regressões de Poisson com efeitos fixos de município e ano e controles para temperatura média e precipitação total para cada mês.

3. Desvios-padrão estimados por *bootstrap*, robustos e ajustados para *cluster* de município.

4. As regressões incluem o efeito contemporâneo (1), o efeito contemporâneo com defasagens (2), o efeito contemporâneo com controles (3) e o efeito contemporâneo com defasagens e controles (4).

Três doenças apresentaram uma relação mais contundente com o desmatamento: malária, leishmaniose tegumentar e leishmaniose visceral. Além dessas, sarampo/rubéola e o agravo “acidentes por animais peçonhentos” também tiveram regressões indicando algum efeito do desmatamento. As tabelas 3, 4, 5, 6 e 7 mostram as regressões completas nestes cinco casos – com os coeficientes dos principais controles. Para todas as outras doenças, as regressões não indicaram efeito estatisticamente significativo.

Em relação à malária (tabela 3), em todas as regressões foi possível verificar um efeito estatisticamente significativo do desmatamento a no mínimo 5%. O coeficiente do desmatamento variou de 14,5% a 23,2%, o que indica um efeito bastante forte. Isso corrobora a conclusão da maioria dos estudos já realizados, nas mais diversas escalas, ligando a ocorrência do desmatamento a um aumento na incidência de malária.

TABELA 3
Impacto do desmatamento sobre a incidência de malária

	(1)	(2)	(3)	(4)
tx_desmatamento	23,2 (9,03)**	18,5 (6,07)***	18,8 (2,91)***	14,5 (5,59)***
L.tx_desmatamento		14,6 (4)***		13,6 (4,92)***
L2.tx_desmatamento		10,2 (3,52)***		7,47 (4,21)*
# médicos			0,00 (0,00)	0,00 (0,00)
# outros prof. saúde			0,00 (0,00)	0,00 (0,00)
IDHM_E			-10,8 (3,31)***	-9,69 (4,85)**
IDHM_L			-6,94 (6,94)	-5,83 (7,89)
IDHM_R			2,89 (3,75)	1,27 (5,45)
Bolsa Família: # famílias			0,00 (0,00)	0,00 (0,00)
Bolsa Família: R\$ transferidos			0,00 (0,00)	0,00 (0,00)
N	6345	6345	5440	5440
# Municípios		705	680	680

Fonte: Prodes e Datasus.

Elaboração dos autores.

Notas: * $p < 0,1$.

** $p < 0,05$.

*** $p < 0,01$.

Obs.: 1. Regressões de Poisson com efeitos fixos de município e ano e controles para temperatura média e precipitação total para cada mês.

2. Desvios-padrão estimados por *bootstrap*, robustos e ajustados para *cluster* de município.

No caso da leishmaniose tegumentar (tabela 4), o desmatamento mostrou um efeito contemporâneo significativo (9,26) a 1%, que diminui levemente com a inclusão de defasagens (6,85) e controles (5,12), ainda a 1%. Na regressão com defasagens e

controles, contudo, o efeito contemporâneo perde significância, mas a defasagem de um ano (7,48) torna-se significativa a 1%.

TABELA 4
Impacto do desmatamento sobre a incidência de leishmaniose tegumentar

	(1)	(2)	(3)	(4)
tx_desmatamento	9,26 (2,76)***	6,85 (2,26)***	5,12 (1,04)***	2,44 (2,55)
L.tx_desmatamento		3,61 (1,98)*		7,48 (2,18)***
L2.tx_desmatamento		4,36 (1,69)**		3,04 (1,89)
# médicos			0,00 (0,00)	0,00 (0,00)
# outros prof. saúde			0,00 (0,00)	0,00 (0,00)
IDHM_E			-2,81 (1,30)**	-2,03 (1,28)
IDHM_L			5,94 (1,68)***	5,08 (2,24)**
IDHM_R			3,08 (2,32)	1,81 (2,10)
Bolsa Família: # famílias			0,00 (0,00)	0,00 (0,00)
Bolsa Família: R\$ transferidos			0,00 (0,00)	0,00 (0,00)
N	7011	7011	6232	6232
# Municípios		779	779	779

Fonte: Prodes e Datasus.

Elaboração dos autores.

Notas: * p<0,1.

** p<0,05.

*** p<0,01.

Obs.: 1. Regressões de Poisson com efeitos fixos de município e ano e controles para temperatura média e precipitação total para cada mês.

2. Desvios-padrão estimados por *bootstrap*, robustos e ajustados para *cluster* de município.

Já para a leishmaniose visceral (tabela 5), o efeito contemporâneo do desmatamento (8,05) é significativo a 10%, mas deixa de ser significativo com a inclusão de *lags*, controles e ambos. O efeito defasado de um ano, porém, se mostrou significativo (8,99) a 5%, mantendo-se significativo a 10% (8,95) com a inclusão de controles. A defasagem de dois anos (8,05) foi significativa a 1% na regressão apenas com *lags*.

TABELA 5
Impacto do desmatamento sobre a incidência de leishmaniose visceral

	(1)	(2)	(3)	(4)
tx_desmatamento	8,05 (4,26)*	4,65 (5,34)	5,82 (4,19)	6,75 (5,76)
L.tx_desmatamento		8,99 (3,68)**		8,95 (4,77)*
L2.tx_desmatamento		8,05 (2,62)***		9,45 (6,83)
# médicos			0,00 (0,00)	0,00 (0,00)
# outros prof. saúde			0,00 (0,00)	0,00 (0,00)
IDHM_E			7,61 (5,60)	7,91 (5,10)
IDHM_L			1,63 (5,22)	0,996 (7,32)
IDHM_R			-2,27 (4,43)	-4,68 (6,96)
Bolsa Família: # famílias			0,00 (0,00)	0,00 (0,00)
Bolsa Família: R\$ transferidos			0,00 (0,00)	0,00 (0,00)
N	3924	3924	3392	3392
# Municípios		436	424	424

Fonte: Prodes e Datasus.
Elaboração dos autores.

Notas: * p<0,1.

** p<0,05.

*** p<0,01.

Obs.: 1. Regressões de Poisson com efeitos fixos de município e ano e controles para temperatura média e precipitação total para cada mês.

2. Desvios-padrão estimados por *bootstrap*, robustos e ajustados para *cluster* de município.

Além dessas doenças, o agravo “acidente por animais peçonhentos” (tabela 6) mostrou também relação significativa com o desmatamento, ainda que o efeito seja menor (3,57 e 3,55 com defasagens, a 5%). O efeito deixa de ser significativo, entretanto, quando incluídos os controles e torna-se significativo a 10% quando incluídos *lags* e controles.

TABELA 6
Impacto do desmatamento sobre a incidência de acidentes com animais peçonhentos

	(1)	(2)	(3)	(4)
tx_desmatamento	3,57 (1,53)**	3,55 (1,73)**	3,37 (2,30)	3,25 (1,73)*
L.tx_desmatamento		0,402 (0,96)		2,09 (1,79)
L2.tx_desmatamento		-0,16 (0,99)		-0,50 (0,93)
# médicos			0,00 (0,00)	0,00 (0,00)
# outros prof. saúde			0,00 (0,00)	0,00 (0,00)
IDHM_E			1,56 (0,99)	1,68 (1,26)
IDHM_L			-1,8 (1,83)	-1,85 (1,79)
IDHM_R			0,667 (1,34)	0,548 (1,50)
Bolsa Família: # famílias			0,00 (0,00)**	0,00 (0,00)**
Bolsa Família: R\$ transferidos			0,00 (0,00)	0,00 (0,00)
N	7029	7029	6240	6240
# Municípios		781	780	780

Fonte: Prodes e Datasus.
Elaboração dos autores.

Notas: * $p < 0,1$.

** $p < 0,05$.

*** $p < 0,01$.

Obs.: 1. Regressões de Poisson com efeitos fixos de município e ano e controles para temperatura média e precipitação total para cada mês.

2. Desvios-padrão estimados por *bootstrap*, robustos e ajustados para *cluster* de município.

As regressões para sarampo/rubéola apresentaram um efeito contemporâneo significativo a 5% e a 10% com a inclusão de defasagens. Quando são incluídos defasagens e controles, contudo, o efeito do desmatamento deixa de ser estatisticamente significativo.

TABELA 7
Impacto do desmatamento sobre a incidência de sarampo/rubéola

	(1)	(2)	(3)	(4)
tx_desmatamento	136 (64,1)**	182 (102)*	-9,33 (79,7)	-19,4 (177)
L.tx_desmatamento		-15,3 (117)		-58,7 (160)
L2.tx_desmatamento		89,7 (80,4)		-3,45 (122)
# médicos			0,02 (0,04)	0,02 (0,04)
# outros prof. saúde			0,00 (0,01)	0,00 (0,01)
IDHM_E			67,5 (114)	55,6 (117)
IDHM_L			-74,6 (134)	-84,4 (144)
IDHM_R			343 (176)*	391 (193)**
Bolsa Família: # famílias			0,00 (0,00)	0,00 (0,00)
Bolsa Família: R\$ transferidos			0,00 (0,00)	0,00 (0,00)
N	801	801	712	712
# Municípios		89	89	89

Fonte: Prodes e Datasus.

Elaboração dos autores.

Notas: * p<0,1.

** p<0,05.

*** p<0,01.

Obs.: 1. Regressões de Poisson com efeitos fixos de município e ano e controles para temperatura média e precipitação total para cada mês.

2. Desvios-padrão estimados por *bootstrap*, robustos e ajustados para *cluster* de município.

Interpretando esses resultados por variação de 1% no desmatamento anual, é possível inferir que, em média, cada 1% de área municipal desmatada na Amazônia produz um aumento entre 14,5% e 23,2% na incidência de malária e entre 5,12% e 9,26% na incidência de leishmaniose. Um desmatamento de 1% da área municipal em um ano é um indicador bem próximo da realidade, já que a taxa média municipal anual para a Amazônia, baseada nos dados utilizados, foi de 0,65%. Entretanto, há municípios que não possuem desmatamento e outros que possuem valores muito elevados. No quartil superior, esse valor é no mínimo 3,7%.

7 DISCUSSÃO

As análises tiveram como unidade espacial os municípios, englobando toda a área da Amazônia Legal. Essa escala espacial facilita a utilização das conclusões deste estudo pelos formuladores de políticas públicas ambientais e de saúde, que em sua maioria ocorrem no nível intraestadual.

Diferentes escalas de análise apresentam vantagens e desvantagens. O uso de escalas nacionais, por exemplo, não captura as complexas interações locais e regionais. Análises no interior de municípios – tendo como unidades espaciais os bairros ou transectos –, por sua vez, são excelentes fontes de detalhe para áreas particulares e favorecem a elucidação dos mecanismos ecológicos envolvidos. Entretanto, frequentemente é difícil generalizar seus resultados, já que fica difícil a separação do impacto do desmatamento de outros choques passageiros e das transformações socioeconômicas pelas quais tais áreas estejam passando.

Além disso, não existem estimativas da área de influência por unidade de área desmatada para as diversas doenças ou para a ecologia dos diversos vetores. Isso torna um desafio a escolha de qualquer escala espacial com base em características ecológicas e epidemiológicas. A área relevante para a reprodução do mosquito vetor da malária, por exemplo, pode ultrapassar 7 km de raio por indivíduo (Charlwood e Alecrim, 1989; Vittor *et al.*, 2009). Isso indica que talvez sejam necessárias escalas relativamente grandes para captar adequadamente a influência do desmatamento sobre essa doença. Dentre os estudos que analisam a relação entre malária e desmatamento, há uma variedade de escalas utilizadas. Como exemplos, Parente, Souza e Ribeiro, (2012), Hahn *et al.* (2014), Braz, Duarte e Tauil (2014) e Pattanayak *et al.* (2006) utilizam a escala nacional; Olson *et al.* (2010) e Vittor *et al.* (2006) utilizam transectos na escala intramunicipal; enquanto Vanwambeke *et al.* (2007) utilizam a escala das vilas em áreas extensas na Tailândia.

De qualquer maneira, estratégias de gerenciamento ambiental e sanitário devem otimizar as informações obtidas nos vários níveis, sendo o municipal especialmente útil – tanto por ser um nível intermediário, capaz de conectar escalas maiores e menores, quanto por oferecer relativa abundância de dados. Dessa forma, a unidade espacial adotada é especialmente interessante, embora a diferença de tamanho entre municípios possa gerar alguma distorção.

Em relação à escala temporal, novamente não é possível balizar-se em estudos ecológicos ou epidemiológicos para sugerir um período ótimo. A unidade de tempo anual, além de também ser a utilizada pelos formuladores de políticas públicas, também é aquela para a qual os dados de desmatamento mais acurados estão disponíveis. Acreditamos que um ano seja suficiente para que ocorram os possíveis efeitos do desmatamento sobre as doenças, mas a inclusão de regressões com defasagens de dois anos permitiu ampliar nossa capacidade de captar esses efeitos no tempo.

A janela de oito anos coberta pelo estudo (2004 a 2012), com defasagens de dois anos – considerando, portanto, o desmatamento a partir de 2002 – é aquela em que os dados disponíveis sobre desmatamento e doenças no Brasil são mais abundantes e acurados. Nenhum estudo de que temos conhecimento, no caso brasileiro, se utiliza de uma janela tão longa de tempo, em uma área tão grande – todos os municípios cobertos pelo Prodes –, para uma gama tão ampla de doenças.

Em relação aos controles, não é evidente se as variáveis utilizadas devem ser consideradas estritamente como controles para outras transformações simultâneas – porém independentes do desmatamento – ou como canais pelos quais os processos responsáveis pelo desmatamento atuam, transformando as condições socioeconômicas locais. O ponto fundamental, entretanto, é que, sejam controles, sejam canais, os resultados não sofrem alterações significativas com a sua inclusão nas regressões.

Outro aspecto que contribui para a credibilidade da estratégia empírica são as causas da forte redução no desmatamento que houve no período. O desmatamento na Amazônia cresceu até 2004, ano em que foram desmatados aproximadamente 27 mil km². Desde então, o desmatamento tem sido significativamente reduzido, chegando em 2012 com uma área desmatada menor do que 5 mil km². A literatura ressalta que, apesar de também influenciada por fatores econômicos, como preços agrícolas e da pecuária, esta redução se deveu em grande parte a políticas públicas do governo federal. Estas incluíram a criação de áreas de proteção ambiental, redução de crédito a desmatadores e, em especial, as ações de comando e controle no âmbito do Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm), por meio do monitoramento por satélite em tempo real, guiando ações de policiamento e aplicação de multas (Ipea e Cepal, 2011; Assunção, Gandour e Rocha, 2013; Hargrave e Kis-Katos, 2013). Estas variações no desmatamento foram resultado de políticas públicas, em nível federal,

focadas apenas na redução do desmatamento. Portanto, têm caráter exógeno em relação à evolução das doenças e a outros fatores locais.

Nossos resultados, em concordância com os estudos aqui citados sobre malária, mostraram que realmente o desmatamento tem um grande impacto na disseminação dessa doença. O fato de haver concordância sobre esse efeito em estudos realizados em várias partes do mundo, com as mais diversas metodologias e em diferentes escalas, corrobora nossa conclusão de que o impacto do desmatamento sobre a malária é realmente marcante – podendo gerar incrementos maiores que 23% nas taxas de incidência da doença para cada 1% de área desmatada.

Dessa forma, fica claro que qualquer esforço de gerenciamento da malária deve necessariamente levar em conta as taxas de desmatamento. Por outro lado, a magnitude do efeito encontrado, quando associada à disseminação de malária em regiões tropicais – o número de casos da última década, só na Amazônia, esteve na ordem dos milhões – evidencia a existência de um custo social elevado, que tem sido pouco considerado na tomada de decisões sobre o uso do capital natural. De fato, Garg (2014) defende que, na Indonésia, os benefícios sanitários locais do controle do desmatamento poderiam exceder os benefícios relacionados às mudanças climáticas.

A outra doença que apresentou uma relação clara com o desmatamento foi a leishmaniose, também em concordância com os estudos de Chaves *et al.* (2008), Gottwalt (2013), Confalonieri, Margonari e Quintão (2014) e Nieves *et al.* (2014). Suas diferentes manifestações – tegumentar e visceral – são tratadas como duas doenças diferentes pelo Datasus, e aqui também foram tratadas separadamente. Essas diferentes formas clínicas, entretanto, se referem à diversidade de protozoários de um mesmo gênero, *Leishmania*, associada às diferenças na capacidade imunitária de indivíduos infectados. As regressões captaram um forte impacto do desmatamento para leishmaniose tegumentar, que também existiu, embora de maneira menos clara, com relação à leishmaniose visceral – para esta, as regressões sugerem um efeito mais defasado. De maneira geral, pode-se afirmar que 1% de área desmatada leva a incrementos entre 5% e 9% na incidência de doenças causadas pelos protozoários do gênero *Leishmania*.

O efeito do desmatamento captado sobre o agravo *acidentes por animais peçonhentos*, embora menor e menos robusto, não é de todo inesperado. A probabilidade maior de encontros entre esses animais e os seres humanos pode aumentar o número de

acidentes. Essa probabilidade pode ser influenciada tanto pelo movimento dos animais, causado pela perda de *habitat*, quanto pela proximidade com a mata, que a própria atividade de desmatar promove. Uma vez que a ocorrência desse tipo de acidente na Amazônia não é desprezível (tabela 1), pode-se considerar o aumento na incidência como um custo do desmatamento que deve ser levado em consideração, embora em uma magnitude menor do que a da leishmaniose e malária.

As regressões para sarampo indicaram um pequeno efeito, mas com pouca confiabilidade. O reduzido número de municípios de ocorrência e o reduzido número de casos (tabela 7) torna pouco aceitáveis quaisquer conclusões acerca desses resultados.

Não encontramos efeitos do desmatamento em casos de dengue, doença de Chagas, esquistossomose, leptospirose e febre tifoide. Estes resultados não corroboram a opinião de alguns autores, como Patz (2000), Vora (2008), Alho (2012) e Confalonieri, Margonari e Quintão (2014), que sugerem que o desequilíbrio ambiental pode afetar uma gama mais ampla de doenças; Barcellos *et al.* (2009), que apontam que doenças de veiculação hídrica podem ser impactadas pelo desmatamento; e Molyneux *et al.* (2008), que indicam uma relação entre a esquistossomose e o desmatamento. Por outro lado, os resultados se alinham às conclusões de Garg (2014), que não encontrou efeito relevante do desmatamento sobre dengue, sarampo e diarreia. Assim, embora esta análise confirme a existência de custos na área de saúde gerados pelo desmatamento, isso parece não ocorrer para um grupo muito grande de doenças.

É verdade que, para doença de Chagas e esquistossomose, os números de casos disponíveis para as análises eram comparativamente menores, assim como o número de municípios com casos notificados (alta frequência de zeros). Isso torna mais difícil a captação de efeitos pelas regressões e, portanto, menos robustas as conclusões relativas a essas doenças. Esse problema não existe, entretanto, no caso da dengue (tabela 1). Além disso, como discutido por Gottdenker (2011), que mostra uma relação entre o desmatamento e os triatomíneos vetores da doença de Chagas, um aumento da abundância de vetores não necessariamente resulta em maior incidência da doença.

Os resultados negativos encontrados para a dengue – que é uma doença fortemente associada a ambientes urbanos – indicam que a urbanização não pode explicar o aumento da incidência de malária associada ao desmatamento, o que está de acordo

com as conclusões de Garg (2014). Por sua vez, a ausência de efeito observada para leptospirose – doença fortemente associada à falta de saneamento urbano – é um indicativo de que os efeitos encontrados são realmente devidos ao desequilíbrio ecológico, e não às más condições urbanas, que podem estar associadas com a migração gerada pela atividade de desmatamento.

É interessante observar que tanto malária quanto leishmaniose são doenças transmitidas por mosquitos – dos gêneros *Anopheles* e *Phlebotomus* respectivamente. A leishmaniose, diferentemente da malária, depende ainda de espécies de mamíferos – selvagens e domésticas –, que servem como reservatórios dos protozoários. Isso poderia sugerir a hipótese de que o desmatamento tende a impactar doenças que tenham mosquitos como vetores. A especulação poderia continuar no sentido de que a necessidade dos reservatórios fosse um dos fatores ecológicos responsáveis pelas diferenças no efeito observado entre as duas doenças. A situação da dengue, entretanto, de imediato, surge para mostrar o problema dessas inferências: seu vetor também é um mosquito (do gênero *Aedes*) e também existem indícios de que o desmatamento aumenta a abundância dessa espécie (Vanwambeke *et al.*, 2007). Garg (2014) sugere que, como os mosquitos do gênero *Anopheles* vivem mais tempo e viajam maiores distâncias do que os mosquitos do gênero *Aedes*, apenas aqueles seriam capazes de se deslocar para os povoamentos humanos após um desequilíbrio ambiental, o que explicaria os resultados negativos para dengue.

O parágrafo anterior ilustra a dificuldade em explicar os mecanismos do efeito do desmatamento sobre as doenças. Na verdade, isso nos parece impossível sem estudos ecológicos em larga escala, muitas vezes difíceis de ser realizados. Seria possível imaginar diversos mecanismos ecológicos para explicar a diferença de efeito observada para cada doença, que não passariam de especulações. Embora a elucidação desses mecanismos seja interessante do ponto de vista da ecologia, não é primordial para a integração de esforços entre políticas públicas sanitárias e ambientais, que já podem ser iniciadas com base nos dados e conhecimentos atuais.

Dessa forma, as principais conclusões deste estudo, no que tange às políticas públicas, são duas: *i*) o desmatamento impõe custos ao sistema de saúde que devem ser levados em consideração; e *ii*) existe uma sinergia entre as políticas de gerenciamento de malária e leishmaniose na Amazônia e as políticas de combate ao desmatamento.

Disso depreende-se que os modelos de valoração utilizados para a tomada de decisões governamentais, assim como a avaliação de impactos ambientais e sua mitigação, devem incluir o efeito do desmatamento na incidência de malária e leishmaniose como mais uma variável nos custos sociais dos empreendimentos. A integração entre as políticas ambientais e sanitárias, por sua vez, pode se basear em ações conjuntas de fiscalização ambiental e de prevenção e mitigação de malária e leishmaniose. Estas últimas devem ainda levar em consideração a distribuição espacial do desmatamento e sua evolução.

REFERÊNCIAS

ACHCAR, J. A. *et al.* Use of Poisson spatiotemporal regression models for the Brazilian Amazon forest: malaria count data. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 44, n. 6, p. 749-754, 2011.

AFRANE, Y. A. *et al.* Deforestation and vectorial capacity of *Anopheles gambiae* Giles mosquitoes in malaria transmission, Kenya. **Emerging infectious diseases**, v. 14, n. 10, p. 1533, 2008.

ALHO, C. J. R. Importância da biodiversidade para a saúde humana: uma perspectiva ecológica. **Estudos Avançados**, v. 26, n. 74, 2012.

ASSUNÇÃO, J.; GANDOUR, C.; ROCHA, R. **Deterring deforestation in the Brazilian Amazon: environmental monitoring and law enforcement**. Rio de Janeiro: PUC-Rio, 2013. Disponível em: <<http://goo.gl/MJKRkJ>>.

BARCELLOS, C. *et al.* Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 18, n. 3, p. 285-304, 2009.

BRAZ, R. M.; DUARTE, E. C.; TAUILL, P. L. Algoritmo para monitoramento da incidência da malária na Amazônia brasileira, 2003 a 2010. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 35, n. 3, p. 187, 2014. Disponível em: <<http://goo.gl/i1NO89>>.

CAMERON, A. C.; TRIVEDI, P. K. **Regression analysis of count data**. Cambridge: Cambridge University Press, 2013. v. 53

CHARLWOOD, J. D.; ALECRIM, W. A. Capture-recapture studies with the South American malaria vector *Anopheles darlingi*, root. **Annals of Tropical Medicine and Parasitology**, v. 83, n. 6, p. 569-576, 1989.

CHAVES, L. F. *et al.* Social exclusion modifies climate and deforestation impacts on a vector-borne disease. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, v. 2, n. 2, 2008.

CHIVIAN, E.; BERNSTEIN, A. **Sustaining life**: how human health depends on biodiversity. Oxford: Oxford University Press, 2008.

CONFALONIERI, U. E.; MARGONARI, C.; QUINTÃO, A. F. Environmental change and the dynamics of parasitic diseases in the Amazon. **Acta Tropica**, v. 129, p. 33-41, 2014.

GARG, T. Public health effects of natural resource degradation: evidence from deforestation in Indonesia. **Agricultural and Applied Economics Association**, 2014.

GOTTDENKER, N. L. *et al.* Association of anthropogenic land use change and increased abundance of the Chagas disease vector *Rhodnius pallescens* in a rural landscape of Panama. **The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 84, n. 1, p. 70-77, 2011.

GOTTDENKER, N. L. *et al.* Anthropogenic land use change and infectious diseases: a review of the evidence. **EcoHealth**, p. 1-14, 2014.

GOTTWALT, A. Impacts of deforestation on vector-borne disease incidence. **The Journal of Global Health**, 2013.

HAHN, M. B. *et al.* Influence of deforestation, logging, and fire on malaria in the Brazilian Amazon. **PloS one**, v. 9, n. 1, 2014.

HARGRAVE, J.; KIS-KATOS, K. Economic causes of deforestation in the Brazilian Amazon: a panel data analysis for the 2000s. **Environmental and Resource Economics**, v. 54, n. 4, p. 471-494, 2013.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA; CEPAL – COMISSÃO ECONÔMICA PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE. **Avaliação do plano de ação para prevenção e controle do desmatamento na Amazônia Legal: PPCDAm 2007-2010**. Brasília: Ipea; Cepal, 2011

MOLYNEUX, D. H. *et al.* Ecosystem disturbance, biodiversity loss, and human infectious disease. *In*: CHIVIAN, E.; BERNSTEIN, A. (Eds.). **Sustaining life**: how human health depends on biodiversity. Oxford: Oxford University Press, 2008.

NIEVES, E. *et al.* Effect of environmental disturbance on the population of sandflies and *leishmania* transmission in an endemic area of Venezuela. **Journal of Tropical Medicine**, v. 2014, 2014.

OLSON, S. H. *et al.* Deforestation and malaria in Mancio Lima County, Brazil. **Emerging Infectious Diseases**, v. 16, n. 7, p. 1108-1115, 2010.

PARENTE, A. T.; SOUZA, E. B.; RIBEIRO, J. B. M. A ocorrência de malária em quatro municípios do estado do Pará, de 1988 a 2005, e sua relação com o desmatamento. **Rev Acta Amaz**, v. 42, n. 1, p. 41-8, 2012.

PATTANAYAK, S. *et al.* Deforestation, malaria, and poverty: a call for transdisciplinary research to support the design of cross-sectoral policies. **Sustainability: Science Practice and Policy**, v. 2, n. 2, p. 45-56, 2006.

PATZ, J. A. *et al.* Effects of environmental change on emerging parasitic diseases. **International Journal for Parasitology**, v. 30, n. 12, p. 1395-1405, 2000.

PEBESMA, E. J. Multivariable geostatistics in S: the gstat package. **Computers & Geosciences**, v. 30, n. 7, p. 683-691, 2004.

ROMA, J. C. *et al.* **A economia de ecossistemas e da biodiversidade no Brasil (TEEB-Brasil): análise de lacunas**. Brasília: Ipea, 2011. (Texto para Discussão, n. 1912). Disponível em: <<http://goo.gl/ED2dGE>>.

SANTOS, J. P. *et al.* A dinâmica do uso da terra e a hantavirose. **Hygeia**, v. 8, n. 15, 2012.

SEHGAL, R. N. M. Deforestation and avian infectious diseases. **The Journal of Experimental Biology**, v. 213, n. 6, p. 955-960, 2010.

SILVA, D. R. X. *et al.* Hanseníase, condições sociais e desmatamento na Amazônia brasileira. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 27, n. 4, p. 268-75, 2010. Disponível em: <<http://goo.gl/7KDP3z>>.

STEFANI, A. *et al.* Land cover, land use and malaria in the Amazon: a systematic literature review of studies using remotely sensed data. **Malar J**, v. 12, n. 192, p. 10-1186, 2013.

VANWAMBEKE, S. O. *et al.* Impact of land-use change on dengue and malaria in northern Thailand. **EcoHealth**, v. 4, n. 1, p. 37-51, 2007.

VITTOR, A. Y. *et al.* The effect of deforestation on the human-biting rate of *Anopheles darlingi*, the primary vector of falciparum malaria in the Peruvian Amazon. **The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 74, n. 1, p. 3-11, 2006.

VITTOR, A. Y. *et al.* Linking deforestation to malaria in the Amazon: characterization of the breeding habitat of the principal malaria vector, *Anopheles darlingi*. **The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 81, n. 1, p. 5-12, 2009.

VORA, N. Impact of anthropogenic environmental alterations on vector-borne diseases. **The Medscape Journal of Medicine**, v. 10, n. 10, p. 238, 2008.

YASUOKA, J.; LEVINS, R. Impact of deforestation and agricultural development on anopheline ecology and malaria epidemiology. **The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 76, n. 3, p. 450-460, 2007.

EDITORIAL

Coordenação

Cláudio Passos de Oliveira

Supervisão

Everson da Silva Moura

Reginaldo da Silva Domingos

Revisão

Ângela Pereira da Silva de Oliveira

Clícia Silveira Rodrigues

Idalina Barbara de Castro

Leonardo Moreira Vallejo

Marcelo Araujo de Sales Aguiar

Marco Aurélio Dias Pires

Olavo Mesquita de Carvalho

Regina Marta de Aguiar

Erika Adami Santos Peixoto (estagiária)

Laryssa Vitória Santana (estagiária)

Pedro Henrique Ximendes Aragão (estagiário)

Thayles Moura dos Santos (estagiária)

Editoração

Bernar José Vieira

Cristiano Ferreira de Araújo

Daniella Silva Nogueira

Danilo Leite de Macedo Tavares

Jeovah Herculano Szervinsk Junior

Leonardo Hideki Higa

Capa

Luís Cláudio Cardoso da Silva

Projeto Gráfico

Renato Rodrigues Bueno

The manuscripts in languages other than Portuguese published herein have not been proofread.

Livraria Ipea

SBS – Quadra 1 - Bloco J - Ed. BNDES, Térreo.

70076-900 – Brasília – DF

Fone: (61) 2026-5336

Correio eletrônico: livraria@ipea.gov.br

Missão do Ipea

Aprimorar as políticas públicas essenciais ao desenvolvimento brasileiro por meio da produção e disseminação de conhecimentos e da assessoria ao Estado nas suas decisões estratégicas.



ipea Instituto de Pesquisa
Econômica Aplicada

Ministério do Planejamento,
Orçamento e Gestão

