



A RELAÇÃO ENTRE FOGO FLORESTAL E DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA

ASSOCIAÇÃO ENTRE FENÔMENOS É MAIS FORTE EM ASSENTAMENTOS RURAIS E POSSES EM TERRAS PÚBLICAS



CLIMATE
POLICY
INITIATIVE



DESTAQUE
DEZEMBRO 2021

INTRODUÇÃO

Entre 2013 e 2020, em média, 42% dos focos de fogo¹ registrados anualmente na Amazônia brasileira ocorreram em áreas de floresta nunca antes desmatadas, segundo dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Estima-se que isso representa uma área potencialmente afetada por fogo superior a 18.000 quilômetros quadrados de floresta por ano, mais do que o dobro do desmatamento anual no período.²

A ocorrência do fogo em áreas de floresta causa expressivo dano ambiental, mesmo quando não culmina no desmatamento em corte raso. Além de tornar a floresta menos resiliente a danos futuros, o fogo interfere em sua provisão de serviços ecossistêmicos, afetando inclusive sua capacidade de absorver e estocar carbono.³ Ademais, se o fogo for sistematicamente usado para facilitar o desmatamento, sua ocorrência poderia servir como indicador antecedente de agravamento do dano ambiental. Nesse caso, o combate ao fogo potencializaria a proteção florestal, contendo danos ambientais em estágio mais inicial e evitando desmatamento futuro. O fogo é, portanto, um tema crítico para a política pública de conservação e precisa ser melhor entendido para a uma execução mais efetiva desta.

Visando contribuir para esse entendimento, o Climate Policy Initiative/Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (CPI/PUC-Rio) está conduzindo uma série de estudos sobre a degradação florestal na Amazônia.^{4,5} Este documento traz os principais resultados de uma análise que explora a ocorrência do fogo em áreas de floresta e sua relação com o desmatamento subsequente. Os achados revelam que, em média, apenas 11% da área de floresta atingida por fogo avança para o desmatamento em corte raso em até três anos. **Isso indica que o fogo na Amazônia não é sistematicamente utilizado em estágio inicial de remoção de vegetação,**

¹ É importante diferenciar dois conceitos que se referem a incêndios florestais: “Cicatriz de Incêndio” e “Foco de Fogo”. A “Cicatriz de Incêndio” é a marca visual deixada por um episódio de incêndio florestal e é detectada por sensores ópticos em satélites. Em contrapartida, o “Foco de Fogo” é registrado no momento em que o incêndio florestal está, de fato, ocorrendo e emitindo calor e é capturado por sensores térmicos em satélites. Tipicamente, “Cicatrizes de Incêndio” são causadas por “Focos de Fogo”, mas nem todo “Foco de Fogo” deixa traços visíveis que possam ser caracterizados como “Cicatrizes de Incêndio”.

² É importante ressaltar que, por motivos metodológicos, os dados originais não permitem calcular com precisão a área atingida por fogo. A partir da ocorrência dos focos de calor, pode-se estimar apenas a área *potencialmente* atingida. É possível, contudo, que a área de fato atingida seja inferior a essa área potencial. Veja a nota metodológica no final deste documento para mais detalhes.

³ Feng, Xiao, Cory Merow, Zhihua Liu et al. “How deregulation, drought and increasing fire impact Amazonian biodiversity”. *Nature* 597 (2021): 516–521. [bit.ly/2ZEsl2p](https://doi.org/10.1038/s41586-021-03222-2).

⁴ Gandour, Clarissa, Diego Menezes, João Pedro Vieira e Juliano Assunção. *Degradação Florestal na Amazônia: Fenômeno Relacionado ao Desmatamento Precisa Ser Alvo de Política Pública*. Rio de Janeiro: Climate Policy Initiative, 2021. [bit.ly/3x25pdf](https://doi.org/10.1017/9781108888888).

⁵ Pucci, Rafael, Diego Menezes, João Mourão e Clarissa Gandour. *Sob a Lupa do DETER: A Relação entre Degradação e Desmatamento na Amazônia*. Rio de Janeiro: Climate Policy Initiative, 2021. [bit.ly/SobaLupadoDETER](https://doi.org/10.1017/9781108888888).

o que salienta a importância de aprofundar a compreensão sobre os motivos por trás da ocorrência desse fenômeno. Afinal, trata-se de uma prática que destrói um ativo ambiental, mas que aparentemente não culmina na conversão total de áreas de floresta para usos alternativos do solo.

Há indícios, todavia, de que o fogo possa servir como um indicador de risco regional de grave dano ambiental, pois uma fração expressiva dos locais atingidos por fogo tem sua vizinhança desmatada posteriormente – ou seja, há uma alta chance de se observar desmatamento nas proximidades de áreas afetadas por fogo após a ocorrência deste. Essa relação varia, contudo, entre categorias fundiárias e estados.⁶ Áreas de posse em terras públicas (áreas de floresta pública não designadas que foram cadastradas como imóveis rurais privados) e assentamentos rurais exibem uma associação em torno de 35% mais forte entre fogo e subsequente desmatamento próximo do que a média para as categorias fundiárias. **Em especial, o padrão observado em áreas de posse em terra pública sugere que o fogo pode desempenhar um papel importante no processo de grilagem de terras públicas, possivelmente como uma forma de ocupação rápida e barata do território.**

Ademais, alguns estados apresentaram forte aumento na associação entre fogo e desmatamento em anos recentes, com particular destaque para o Acre. Isso reforça a necessidade de abordagens diferenciadas de políticas públicas para a proteção florestal que contemplem heterogeneidades regionais e locais, como estruturas de governança da terra e capacidades institucionais.

O FOGO NA AMAZÔNIA BRASILEIRA

O fogo natural é um fenômeno raro em florestas tropicais devido à alta umidade desses ecossistemas.⁷ A ocorrência de fogo na Amazônia costuma, portanto, resultar de intervenções antrópicas.⁸ Em áreas previamente desmatadas, o fogo é tipicamente utilizado para eliminar remanescentes de biomassa no terreno ou como técnica de manejo agropecuário.⁹ Como essas áreas já perderam toda ou quase toda a sua vegetação nativa, esse fogo não é considerado indicio de degradação florestal. O fenômeno, no entanto, também ocorre em áreas de floresta, tanto devido a práticas intencionais quanto a vazamentos acidentais de queimadas em áreas já desmatadas.¹⁰ Nesse caso, o fogo destrói a vegetação mais frágil e compromete a resiliência da floresta remanescente, tornando-a vulnerável. Assim, a perda de vegetação associada ao fogo não se dá apenas durante o incêndio, mas também em anos subsequentes.¹¹ Essa perda parcial da vegetação constitui um processo de degradação.

6 “Categorias fundiárias” se referem ao tipo de governança da terra. Cada categoria tem características próprias de domialidade (pública ou privada), gestão (coletiva ou individual), de vínculo ou não a algum órgão governamental específico (como Funai ou Incra) e é regida por legislação própria. Neste estudo, as categorias fundiárias são as seguintes: Propriedade Privada Pequena/Média/Grande, Território Protegido, Assentamento Rural, Área Não Designada, Posse em Terra Pública, Área Não Identificada e Outros.

7 Ray, David, Daniel Nepstad e Paulo Moutinho. “Micrometeorological and Canopy Controls of Fire Susceptibility in a Forested Amazon Landscape”. *Ecological Applications* 15, nº 5 (2005): 1664-1678. [bit.ly/3DlepO9](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2005)15[1664:MICROMET]2.0.CO;2).

8 Berenguer, Erika, Nathália Carvalho, Liana O. Anderson, Luiz E. O. C. Aragão, Filipe França e Jos Barlow. “Improving the spatial-temporal analysis of Amazonian fires”. *Global Change Biology* 27 (2021): 469-471. [bit.ly/3d4UCHV](https://doi.org/10.1111/gcb.15444).

9 Barlow, Jos, Erika Berenguer, Rachel Carmenta e Filipe França. “Clarifying Amazonia’s burning crisis”. *Global Change Biology* 26 (2020): 319-321. [bit.ly/3xFzdyp](https://doi.org/10.1111/gcb.15444).

10 Alencar, Ane, Lucas Rodrigues e Isabel Castro. *Amazônia em Chamas - o que queima, e onde: nota técnica nº 5*. Brasília: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, 2020. [bit.ly/3rhX8TF](https://doi.org/10.1111/gcb.15444).

11 Barlow, Jos, Carlos A. Peres, Bernard O. Lagan e Torbjorn Haugaasen. “Large tree mortality and the decline of forest biomass following Amazonian wildfires”. *Ecology Letters* 6 (2003): 6-8. [bit.ly/3FVOAWg](https://doi.org/10.1111/gcb.15444).

Para medir a ocorrência de fogo, este estudo utiliza informações disponibilizadas pelo Programa Queimadas do INPE, com dados diários de focos de calor detectados em toda a extensão da Amazônia brasileira pelo sensor VIIRS a bordo do satélite Suomi-NPP. De acordo com esses dados, em média 42% dos focos registrados entre 2013 e 2020 aconteceram em áreas de floresta e os 58% restantes em áreas já desmatadas. Este estudo considera como indício de degradação apenas os registros de foco de calor em áreas de floresta que nunca foram desmatadas dentro do bioma Amazônia.¹²

FOGO E DESMATAMENTO

Entre 2013 e 2020, a área de floresta afetada por fogo na Amazônia foi sistematicamente maior que a desmatada. Estima-se que o fogo pode ter atingido mais de 18.000 quilômetros quadrados de floresta por ano — mais que o dobro da área desmatada. No entanto, parece haver pouca conversão de fogo em desmatamento dentro do período de análise. Em média, apenas 11% da área de floresta afetada pelo fogo é convertida em desmatamento em até três anos.¹³ Por se tratar de uma média para toda a Amazônia, o baixo percentual de conversão pode ocultar diferenças importantes nas dinâmicas regionais entre fogo e desmatamento. Este estudo explora, portanto, como a relação entre esses dois fenômenos varia entre categorias fundiárias e entre estados na Amazônia.

FOGO E DESMATAMENTO POR CATEGORIAS FUNDIÁRIAS

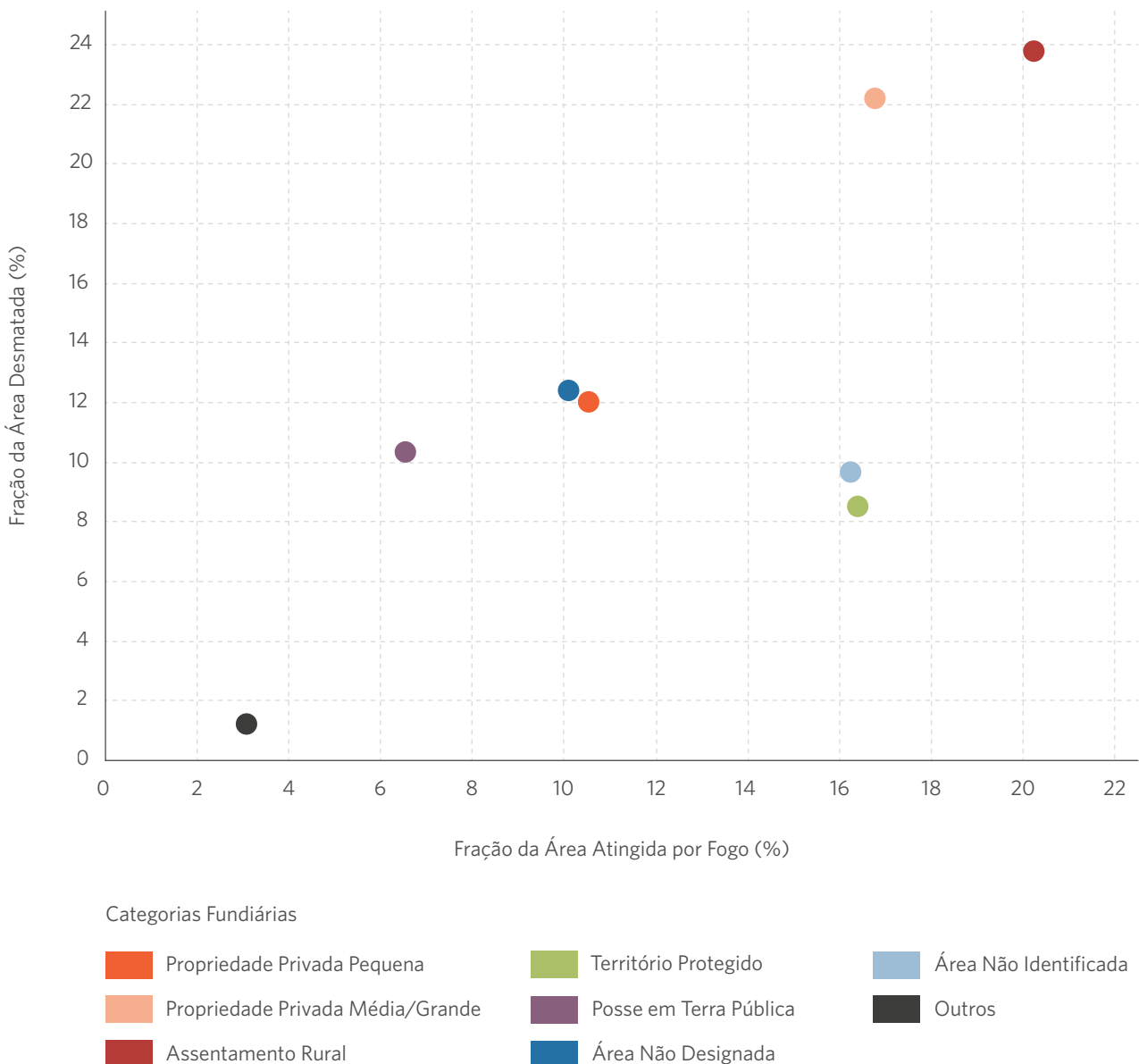
O recorte por categoria fundiária¹⁴ visa agrupar territórios que são semelhantes em relação às normas que os regem e, portanto, provavelmente também em relação à forma como os agentes que lá estão interagem com a floresta. A Figura 1 apresenta a distribuição do fogo e do desmatamento entre categorias fundiárias. Os percentuais representam as parcelas das áreas totais de floresta afetadas por fogo ou desmatamento, entre 2013 e 2020, que estão dentro de cada uma das categorias. Por exemplo, assentamentos rurais concentraram aproximadamente 24% da área desmatada e 20% da área de floresta afetada por fogo nesse período. Nota-se que os dois fenômenos têm distribuições semelhantes, com as categorias que concentram o fogo sendo também aquelas que concentram o desmatamento. Em particular, propriedades privadas médias ou grandes e assentamentos rurais são as categorias com maior concentração de ambos.

12 Outros tipos de degradação não associados ao fogo, como extração seletiva, não são contemplados nesta análise.

13 Quando há fogo seguido de desmatamento em uma mesma área, os dados utilizados neste estudo indicam que o tempo médio entre a ocorrência desses dois eventos é de três anos.

14 A análise considera oito categorias fundiárias: propriedades privadas pequenas, propriedades privadas médias ou grandes, território protegido (unidades de conservação e terras indígenas), assentamentos rurais, terras públicas não designadas, posse em terras públicas (registros do Cadastro Ambiental Rural - CAR em florestas públicas não designadas), terras não identificadas (para as quais não há informação disponível sobre categoria fundiária) e outros (que reúne categorias residuais).

Figura 1. Distribuição de Fogo e Desmatamento entre Categorias Fundiárias



Nota: Os percentuais representam as parcelas das áreas totais de floresta afetadas por fogo ou desmatamento, entre 2013 e 2020, que estão dentro de cada categoria fundiária.

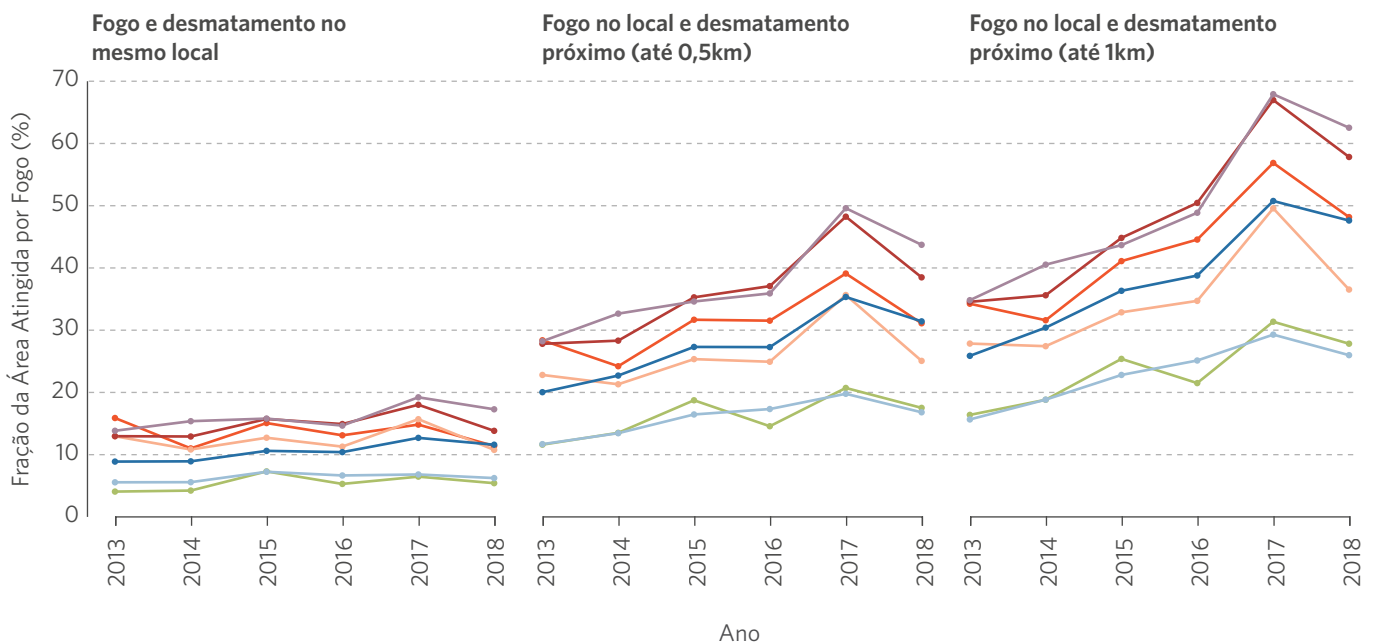
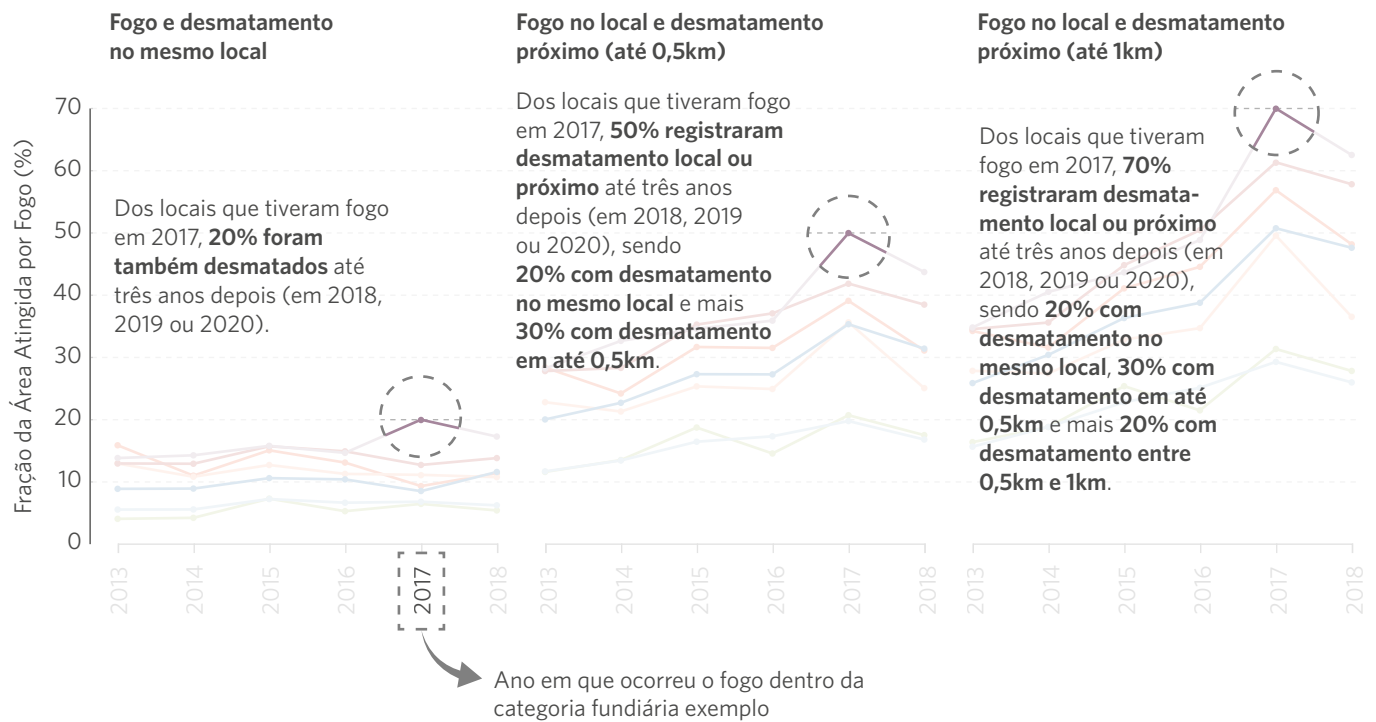
Fonte: CPI/PUC-Rio com base nos dados de Programa Queimadas/INPE, PRODES/INPE, Atlas Agropecuário/Imaflora e Cadastro Nacional de Florestas Públicas/Serviço Florestal Brasileiro, 2021

O padrão de distribuição entre categorias fundiárias sugere que eventos de fogo e desmatamento podem estar associados.¹⁵ A Figura 2 explora essa possível associação examinando o desmatamento que ocorre no mesmo local do fogo (conversão local) e a ocorrência de desmatamento no entorno de áreas atingidas por fogo. A conversão local do fogo em desmatamento se mantém relativamente baixa ao longo do tempo em todas as categorias fundiárias, com menos de 20% da área de floresta afetada por fogo sendo desmatada até três anos depois. Isso indica que o fogo na Amazônia não é sistematicamente usado como uma etapa inicial no processo de remoção da vegetação, reforçando a relevância do fenômeno para a compreensão da degradação florestal.

¹⁵ Destaca-se que este estudo só considera as ocorrências de fogo em áreas que nunca foram desmatadas, eliminando, assim, a associação direta resultante do uso do fogo como etapa final do processo do desmatamento ou como prática de manejo de área produtiva.

Figura 2. Relação entre Fogo e Desmatamento Subsequente por Categoria Fundiária, 2013 - 2018

COMO LER O GRÁFICO?



Categorias Fundiárias

- Propriedade Privada Pequena
- Assentamento Rural
- Posse em Terra Pública
- Área Não Identificada
- Propriedade Privada Média/Grande
- Território Protegido
- Área Não Designada

Nota: Os gráficos apresentam a fração da área atingida por fogo em cada ano e categoria fundiária que foi sucedida de desmatamento em até três anos. A análise termina em 2018, pois o último ano de informação espacial disponível para desmatamento é 2020. Foram consideradas áreas desmatadas no mesmo local em que houve fogo (conversão local de fogo em desmatamento) e no seu entorno (desmatamento próximo ao fogo).

Fonte: CPI/PUC-Rio com base nos dados de Programa Queimadas/INPE, PRODES/INPE, Atlas Agropecuário/Imaflorea e Cadastro Nacional de Florestas Públicas/Serviço Florestal Brasileiro, 2021

Por outro lado, os resultados apontam para expressiva ocorrência de desmatamento posterior ao fogo no entorno das áreas atingidas. Como exemplo, a porcentagem de áreas atingidas por fogo com subsequente desmatamento em até 0,5 quilômetro variou entre 20% e 50% em 2017. Assim, o fogo pode não ser um indicador antecedente para o desmatamento naquele exato local, mas pode servir como um alerta de que aquela região será alvo de práticas de desmatamento.

A Figura 2 indica, ainda, que a relação entre fogo e desmatamento varia expressivamente entre categorias fundiárias. Assentamentos rurais e posses em terras públicas despontam como as categorias que sistematicamente exibem uma associação mais forte entre a ocorrência do fogo e posterior desmatamento próximo. Do ponto de vista da política pública, há indícios de que regiões afetadas por fogo especificamente nessas categorias deveriam ser consideradas áreas críticas para priorização de esforços de combate ao desmatamento.

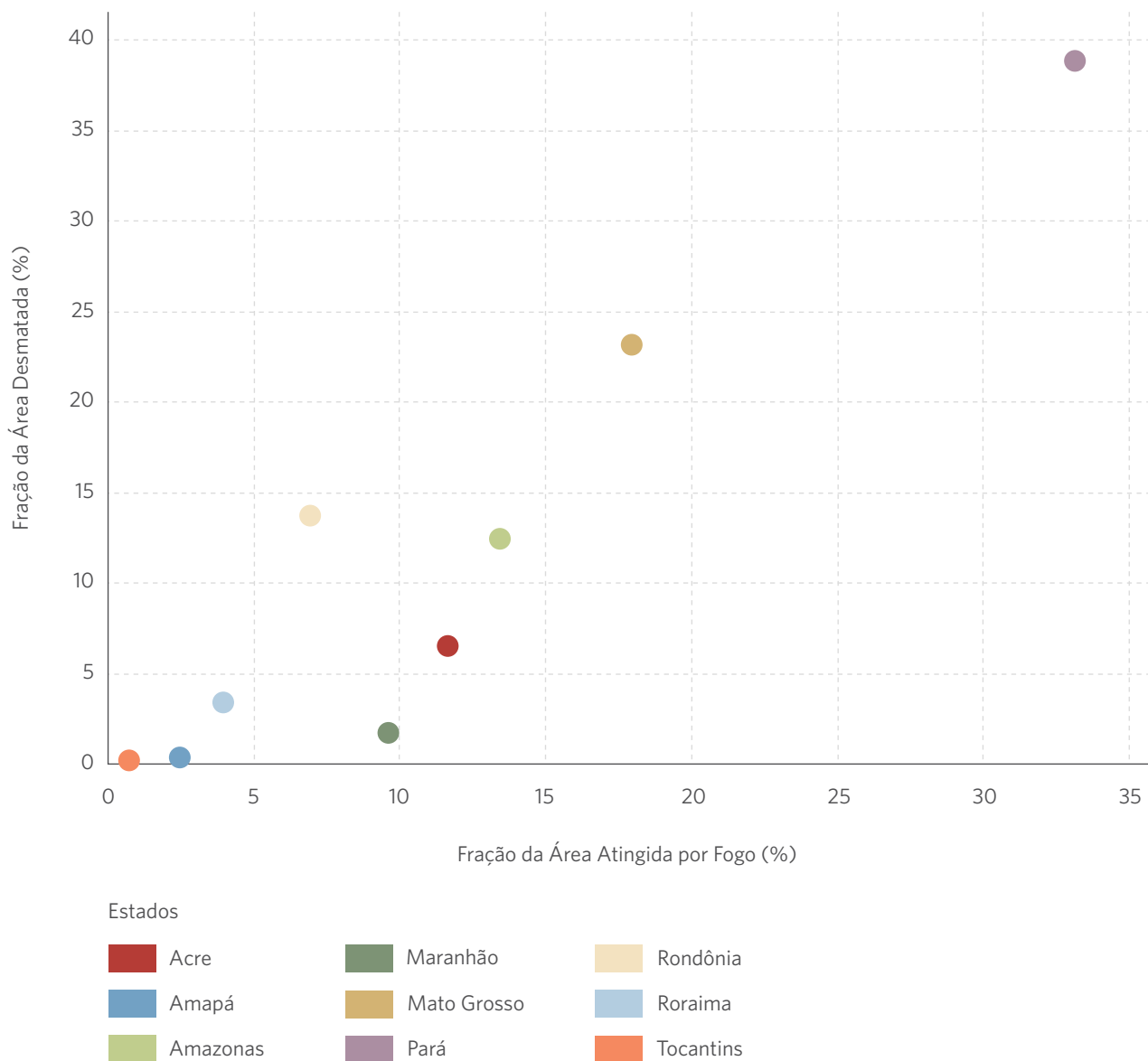
Finalmente, o resultado para posses em terras públicas pode ser interpretado como indicativo do que ocorre no processo de grilagem, já que essa categoria consiste em áreas de floresta pública não designadas que foram cadastradas como imóvel rural privado.¹⁶ Nesse caso, o fogo talvez permita a ocupação de áreas de floresta de maneira barata e rápida. Embora especulativa, esta possibilidade aponta um potencial benefício para a política de controle ambiental de se estudarem mais a fundo as motivações econômicas e os instrumentos utilizados na grilagem de terras.

FOGO E DESMATAMENTO POR ESTADOS

O recorte por estados visa investigar possíveis heterogeneidades regionais na associação entre fogo em áreas de floresta e desmatamento. Observa-se que estados que concentram a ocorrência de fogo concentram também o desmatamento (Figura 3). Entre 2013 e 2020, o Pará respondeu por 33% dos focos de fogo e 39% da área desmatada; para o Mato Grosso, a participação ficou em 18% e 23%, respectivamente.

¹⁶ A ocorrência de fogo e desmatamento em áreas não designadas é também indicativa da ação de grileiros. A discussão foca nas posses em terras públicas por serem áreas que, apesar de sabidamente públicas, foram registradas como imóveis rurais privados no Cadastro Ambiental Rural (CAR).

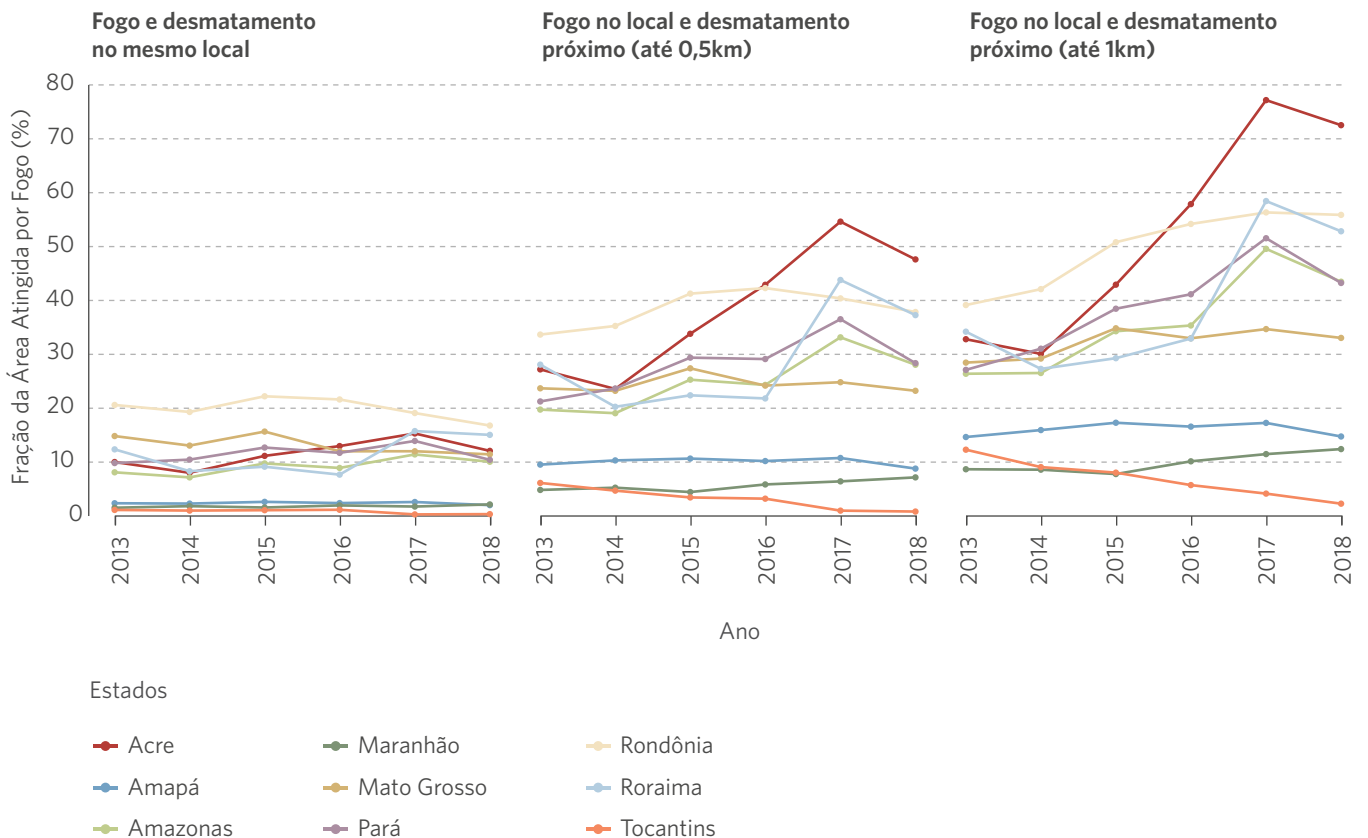
Figura 3. Distribuição de Fogo e Desmatamento entre Estados



Nota: Os percentuais representam as parcelas das áreas totais de floresta afetadas por fogo ou desmatamento, entre 2013 e 2020, que estão dentro de cada estado. São consideradas apenas as regiões do estado que estão dentro do bioma Amazônia.

Fonte: CPI/PUC-Rio com base nos dados de Programa Queimadas/INPE, PRODES/INPE, Atlas Agropecuário/Imaflora e Cadastro Nacional de Florestas Públicas/Serviço Florestal Brasileiro, 2021

Figura 4. Relação entre Fogo e Desmatamento Subsequente por Estado, 2013 - 2018



Nota: Os gráficos apresentam a fração da área atingida por fogo em cada ano e estado que foi sucedida de desmatamento em até três anos. A análise termina em 2018, pois o último ano de informação disponível de desmatamento é 2020. Foram consideradas áreas desmatadas no mesmo local em que houve fogo (conversão local de fogo em desmatamento) e no seu entorno (desmatamento próximo ao fogo). Para mais detalhes, veja Como Ler o Gráfico na página 5. A leitura desta figura é análoga.

Fonte: CPI/PUC-Rio com base nos dados de Programa Queimadas/INPE, PRODES/INPE, Atlas Agropecuário/Imaflora e Cadastro Nacional de Florestas Públicas/Serviço Florestal Brasileiro, 2021

A Figura 4 indica que há relativamente baixa conversão local de fogo em desmatamento em praticamente todos os estados da Amazônia. Contudo, da mesma forma que foi visto na análise por categorias fundiárias, parece haver altas chances de se observar desmatamento posterior ao fogo no entorno das áreas atingidas.

Além disso, a figura ressalta, também, que essa associação varia entre estados e no tempo. Em particular, há uma intensificação significativa na relação entre fogo e posterior desmatamento próximo nos estados do Acre, Amazonas, Pará, Rondônia e Roraima, com destaque para o ano de 2017. Essa dinâmica se contrasta com a dos estados restantes, em que essa associação se mantém relativamente constante durante todo o período de análise. No entanto, desses estados restantes, apenas o Mato Grosso concentra uma parcela expressiva tanto de fogo quanto de desmatamento (Figura 3).

Alguns fatores podem contribuir para as diferentes trajetórias entre estados. Primeiro, há importantes diferenças na malha fundiária de cada estado. Como exemplo, o Amazonas possui muito mais áreas de florestas públicas não designadas sujeitas à grilagem do que o Mato Grosso. Segundo, tem a capacidade de cada governo estadual em exercer controle ambiental em seu território. Terceiro, a atividade econômica predominante no estado pode influenciar a dinâmica local de conversão de vegetação. A estabilidade das trajetórias do Mato Grosso, por exemplo, pode estar associada a práticas agropecuárias relativamente mais consolidadas do que em outros estados. Ainda que seja preciso aprofundar a compreensão dos motivos por trás desses diferentes padrões estaduais, os resultados indicam regiões onde o combate ao fogo e ao desmatamento associado a ele tem se tornado cada vez mais urgente.

PRÓXIMOS PASSOS PARA PESQUISA E POLÍTICA PÚBLICA

O fogo que acontece em áreas de floresta na Amazônia parece não ter como seu principal objetivo remover toda a vegetação daquele espaço. No entanto, ainda que a conversão local de fogo em desmatamento seja baixa, há evidência de que as regiões próximas ao fogo estão sob risco de desmatamento. Este resultado varia entre categorias fundiárias e indica, em especial, que a associação entre esses fenômenos é mais intensa nos assentamentos rurais e nas posses em terras públicas. Isto sugere que seria possível usar informações sobre a distribuição do fogo entre categorias fundiárias para priorizar ações de controle ambiental que visem reduzir desmatamento. Cabe apontar que o Brasil já dispõe de um sistema oficial para detecção dos focos de calor que diariamente fornece dados sobre a ocorrência do fogo.

Combinados com a heterogeneidade da associação entre fogo e desmatamento entre estados, esses resultados sugerem que é necessário aprofundar o conhecimento sobre os fatores que motivam o uso do fogo, bem como sobre a capacidade de resposta a esse fenômeno em diferentes territórios da Amazônia. Em particular, é preciso compreender por que um fenômeno tão destrutivo quanto o fogo é utilizado em tão larga escala se o objetivo não parece ser, a princípio, remover a biomassa da floresta.

DADOS

A análise explora um rico conjunto de dados espacialmente explícitos (raster), criado a partir de diversas fontes publicamente disponíveis. As principais variáveis e suas fontes são: focos de fogo ativo, disponibilizados pelo Programa Queimadas/INPE; áreas de desmatamento anual, disponibilizadas pelo PRODES/INPE; e malha fundiária, composta pelo Atlas Agropecuário/Imaflora e Cadastro Nacional de Florestas Públicas/Serviço Florestal Brasileiro.

NOTA METODOLÓGICA

A análise busca caracterizar o fogo que atinge áreas de florestas não desmatadas no bioma Amazônia e investigar sua relação com o desmatamento em corte raso entre 2013 e 2020 (anos-PRODES). A base de dados construída possui formato raster com resolução de 30 metros e contempla dados georreferenciados de fogo ativo e desmatamento ao longo do tempo, assim como de malha fundiária para todo o bioma Amazônia.

Os dados de fogo ativo são filtrados para considerar apenas os focos de fogo em áreas de floresta. O dado original fornece apenas o centróide de uma célula de tamanho 375 metros por 375 metros dentro da qual foi detectada uma frente de fogo. Não é possível identificar a área atingida pelo fogo dentro dessa célula. O cálculo de área potencialmente afetada considera que a célula inteira foi atingida por fogo. Trata-se, portanto, de um limite superior para a área de fato atingida.

O estudo relaciona eventos de fogo e desmatamento que ocorrem no mesmo local ou próximos um ao outro e estratifica os resultados por categorias fundiárias de interesse e por estados. Devido ao grande número de observações na base de dados (mais de 1 bilhão), utiliza-se um método de amostragem aleatória (5% do universo de observações) para construção da base de análise.

AUTORES

DIEGO MENEZES

Analista, Conservação, CPI/PUC-Rio

diego.menezes@cpiglobal.org

RAFAEL PUCCI

Analista Sênior, Conservação, CPI/PUC-Rio

JOÃO MOURÃO

Analista, Conservação, CPI/PUC-Rio

CLARISSA GANDOUR

Coordenadora de Avaliação de Política Pública, Conservação, CPI/PUC-Rio

Os autores gostariam de agradecer Juliano Assunção, Natalie Hoover El Rashidy e Giovanna de Miranda pelo trabalho de revisão e edição de texto e Meyrele Nascimento e Nina Oswald Vieira pelo trabalho de design gráfico.

Citação sugerida

Menezes, Diego, Rafael Pucci, João Mourão e Clarissa Gandour. *A Relação entre Fogo Florestal e Desmatamento na Amazônia: Associação entre Fenômenos É Mais Forte em Assentamentos Rurais e Posses em Terras Públicas*. Rio de Janeiro: Climate Policy Initiative, 2021.

DEZEMBRO 2021

O Climate Policy Initiative (CPI) é uma organização com experiência na análise de políticas públicas e finanças. Nossa missão é contribuir para que governos, empresas e instituições financeiras possam impulsionar o crescimento econômico enquanto enfrentam mudanças do clima. Nossa visão é a de uma economia global sustentável, resiliente e inclusiva. No Brasil, o CPI é afiliado à Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio). Este trabalho é financiado por Norway's International Climate and Forest Initiative (NICFI). Nossos parceiros e financiadores não necessariamente compartilham das posições expressas nesta publicação.

Contato CPI/PUC-Rio: contato.brasil@cpiglobal.org

www.climatepolicyinitiative.org



Conteúdo sob licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional. Os textos desta publicação podem ser reproduzidos no todo ou em parte desde que a fonte e os respectivos autores sejam citados.