

AMAZÔNIA EM CHAMAS: O QUE QUEIMA - E ONDE

Ane Alencar^a, Lucas Rodrigues^a & Isabel Castro^a

^a. Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia.

E-mail: ane@ipam.org.br

Introdução

O fogo natural nas florestas da Amazônia, por ser um ambiente úmido, é um fenômeno raro (Thonicke *et al.*, 2001). Entretanto, todos os anos, no período de julho a outubro, a região queima. Esses meses concentram em média 90% do fogo registrado na região e o pico de registros acontece no mês de setembro (Aragão *et al.*, 2020). A principal fonte de ignição na Amazônia é o ser humano (Alencar *et al.*, 2015).

Então como o fogo ocorre, o que ele queima e como evitá-lo, uma vez que piora a saúde da população local, provoca danos ambientais e, num planeta mais quente, pode sair do controle com mais facilidade?

Para responder a essas perguntas, é preciso entender a distribuição histórica do fogo nos principais tipos de cobertura da terra na região e sob quais condições são consumidos pelas chamas.

Podemos classificar o fogo na Amazônia em três tipos principais:

(1) *Fogo de desmatamento recente*: queima das árvores derrubadas após o desmatamento, uma técnica barata e rápida para liberar o terreno da vegetação derrubada:

Resumo

- O fogo de manejo agropecuário é o tipo mais comum na Amazônia desde 2016, mas o protagonismo é dividido com o fogo iniciado em áreas recém-desmatadas e os incêndios florestais;
- Em 2019, houve pouca diferença proporcional na ocorrência desses três tipos de fogo; o fogo de desmatamento recente cresceu tanto em proporção quanto em área em comparação com anos anteriores;
- 50% dos focos de calor do 1º semestre de 2020 foram registrados em imóveis rurais médios e grandes; o fogo de manejo agropecuário foi o tipo mais comum nesta categoria fundiária.

(2) *Fogo de manejo agropecuário*: queimada decorrente da limpeza de pastagem e áreas agrícolas para o seu reaproveitamento; e

(3) *Incêndio florestal*: fogo que adentra na floresta ou em áreas de vegetação nativa não florestal (como lavrados, campinaranas etc), normalmente depois que escapa de

áreas adjacentes onde ocorre fogo de desmatamento e/ou de manejo agropecuário (figura 1).

Os dois primeiros tipos são intencionais e o último, intencional ou acidental (Nepstad et al., 1999; Barlow et al., 2020).

1 - Fogo de desmatamento



2 - Fogo de limpeza de pastagem e áreas agrícolas



3 - Incêndios Florestais



Figura 1. Os três principais tipos de fogo registrados na Amazônia: (1) desmatamento recente; (2) manejo agropecuário; e (3) incêndio florestal.

O fogo de desmatamento representa o último estágio do processo de desmatamento propriamente dito. Ele começa com a derrubada da floresta e passa pelo tempo de espera para que essa biomassa seque o suficiente para queimar. Uma vez queimada, folhas, galhões e troncos das árvores derrubados viram cinzas, permitindo a implantação de uma área de pasto ou de cultivos agrícolas.

Já o fogo de manejo de pastagem ou áreas agrícolas é uma prática utilizada pelos produtores da Amazônia e de outros biomas para o tratamento de suas áreas agropecuárias já estabelecidas. Nas pastagens, a queima atua como uma ferramenta de “manutenção” e renovação do pasto e eliminação do excesso de pragas em gramíneas exóticas, devido a maior resistência dessas gramíneas ao fogo (Esquivel et al., 2008).

Esses são os dois tipos de fogo mais comuns na Amazônia, comprovando a intencionalidade da ação, e são diretamente associados à abertura de novas áreas e à derrubada da floresta, o que reforça a necessidade de combater o desmatamento e investir em novas técnicas para melhor aproveitamento das áreas já abertas para controlar o fogo.

Os incêndios florestais, que representam o fogo que escapa das queimadas em áreas recém-desmatadas e das áreas agropecuárias já estabelecidas, ou que criminosamente é colocado para degradar as florestas, normalmente é menos frequente na região por conta da resistência da floresta em pé ao fogo (Nepstad *et al.*, 2001). Entretanto, essa resistência tem sido quebrada pelo efeito de borda, decorrentes da fragmentação gerada pelo desmatamento, pela exploração madeireira e pelos eventos de seca severa (Cochrane *et al.*, 2002).

Nesta nota técnica, quantificamos os principais tipos de fogo na Amazônia entre janeiro de 2016 a junho de 2020. Eles são também distribuídos por categoria fundiária e por estado da Amazônia Legal, com intuito de apoiar o debate e as ações sobre como controlar o fogo e avançar em sistemas produtivos em que deixe de ser usado, ações estas dependentes de condicionantes tanto políticas quanto ambientais.

Método

Para quantificar os tipos de fogo, utilizamos dados diários de focos de calor e de área queimada do sensor Modis, agregados anualmente para os anos de 2016 a 2019 e para o primeiro semestre de 2020. Os dados de

focos de calor representam a ocorrência de fogos ativos detectados por faixas espectrais que medem anomalias na temperatura de superfície. O sensor está a bordo do satélite Aqua M-T, o satélite de referência utilizado pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) para contabilizar fogo.

Esses focos capturam frentes de fogo de no mínimo 30 metros de extensão ocorrendo em uma área de 1 quilômetro quadrado. Sendo assim, tanto vários focos como um só foco de fogo ocorrendo dentro desse 1 km² vão gerar somente o registro de um foco de calor. Apesar desses dados apresentarem limitações de escala e a dificuldade de dizer se são pequenos ou grandes incêndios, eles são excelentes indicadores para apontar a atividade de fogo na Amazônia, a tendência de aumento ou diminuição e as regiões onde essa tendência está presente. Esse tipo de dado não é aconselhado para indicar fogo em pequenas áreas, principalmente em pequenas propriedades rurais, visto que o tamanho do pixel de 1 x 1 km pode indicar uma imprecisão na sua localização.

Para determinar que tipo de cobertura da terra queimou, utilizamos os dados de floresta e não floresta (áreas agrícolas e de pastagem) reclassificados a partir do Prodes 2016 a 2019. A esses mapas, foram acrescentado os polígonos de avisos de desmatamento provenientes do Deter-B e disponibilizados pelo INPE a partir de 2016 aos primeiros seis meses de 2020. Os dados do Deter-B foram reamostrados para 500 x 500m para combinar com a resolução dos dados de área queimada do Modis. O resultado foi a geração de mapas anuais com as

classes de floresta, área recém-desmatada, e área de uso agropecuário para o período analisado. O uso do Deter-B em conjunto com o Prodes permitiu criar um indicativo de área desmatada a partir de agosto de 2019, uma vez que os dados do Prodes disponíveis até o momento terminam em julho de 2019. É importante destacar que o Deter subestima a área desmatada em relação ao Prodes, portanto a área indicada tende a ser menor do que a realidade (Alencar *et al.*, 2020). Os focos que ocorreram em áreas de várzea, áreas urbanas não foram utilizados nessa análise.

Por fim, a base de dados de área queimada e cobertura do solo foram combinadas de forma a identificar quanto fogo de 2016 a 2020 aconteceu em áreas recém-desmatadas, áreas agropecuárias e áreas florestais

no bioma Amazônia (IBGE, 2018). Esses tipos de fogo foram cruzados com as categorias fundiárias e quantificados por estado, de forma a indicar um panorama do que tem sido queimado na Amazônia e onde.

Resultados

1. O que queimou

Entre 2016 e 2019, cerca de 64% em média dos focos de calor foram detectados em áreas recém-desmatadas ou já convertidas para uso agropecuário, sendo que 22% dos focos estavam diretamente relacionados a desmatamento recente (fogo tipo 1, figura 1) e 42% associados a manejo agropecuário (fogo tipo 2). Na média do período analisado, 36% dos focos de calor indicam incêndios florestais (fogo tipo 3).

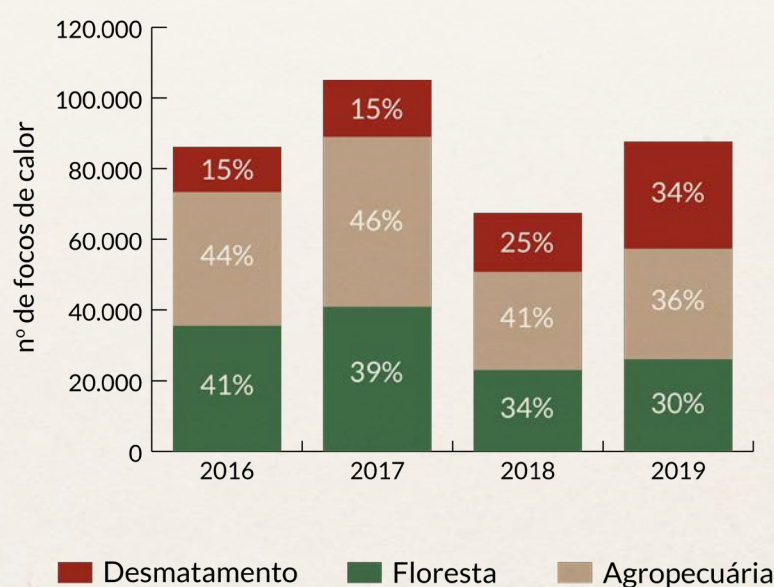


Figura 2. Número de focos de calor por tipo de fogo (desmatamento recente, manejo agropecuário e incêndio florestal) no bioma Amazônia entre 2016 e 2019. Fonte: IPAM, a partir de dados do INPE (Deter e Prodes) e Nasa (Modis).

O ano de 2017 apresentou o maior número de focos de calor e, assim como 2016, foi um ano mais seco do que a média, com forte influência do fenômeno climático El Niño iniciado no final de 2014 (Aragão *et al.*, 2018). As condições de seca extrema provocadas pelo El Niño geram mais incêndios florestais, uma vez que a vegetação fica mais suscetível ao escape de um fogo vizinho (figura 2). A seca excessiva também pode levar ao escape de fogo para outras áreas agrícolas, refletindo no aumento das queimadas também em áreas já previamente desmatadas (Nepstad *et al.*, 1999). Todos os tipos de fogo apresentaram mais focos nesses dois anos, com menor crescimento proporcional no fogo de desmatamento recente.

O segundo ano com maior número de focos de calor do período analisado foi 2019. Diferentemente de 2016 e 2017, aquele não foi mais seco do que a média histórica na Amazônia (Silvério *et al.*, 2019). O único fator que explica o pico de focos de calor no ano passado é o desmatamento recente, cujas taxas também apresentam uma tendência de alta semelhante (Alencar *et al.*, 2020). Em 2019, a proporção dos focos de calor que caíram em áreas recém-desmatadas foi maior do que nos três anos anteriores tanto em termos absolutos (números de focos) quanto relativo (30% do total de focos no ano), chegando a ser o dobro da maioria dos anos secos (figura 2).

As queimadas associadas ao manejo agropecuário foram o principal tipo de fogo registrado no período. Contudo, pode-se observar pouca variação proporcional entre 2016 e 2018 (média de 42%), mas a taxa cai

em 2019, para 36%, devido ao aumento do fogo em área de desmatamento recente.

2. Tipo de fogo por categoria fundiária em 2019

Em 2019, o fogo na Amazônia se distribuiu de forma relativamente equilibrada entre aos três tipos mais comuns. As queimadas associadas ao manejo agropecuário e o fogo ligado ao desmatamento recente responderam por 36% e 34%, respectivamente, enquanto os incêndios florestais responderam por 30% dos registros.

As categorias fundiárias representadas pelos imóveis rurais (IR), os assentamentos rurais (AR), as florestas públicas não destinadas (ND) e as áreas sem informação cadastral (SI) foram responsáveis por grande parte (85%) dos focos de calor associados ao desmatamento, sendo que desse montante 33% ocorreu nas florestas não destinadas e áreas sem informação, indicando grande atividade de ocupação ilegal e grilagem de terras públicas (figura 3).

Já o fogo relacionado ao manejo agropecuário foi detectado principalmente nos imóveis e assentamentos rurais. Juntas, essas duas categorias apresentaram 64% dos focos de calor ligados ao manejo de pastagens e áreas agrícolas em 2019. As áreas sem informação cadastral foram a terceira categoria a apresentar o maior número de focos de calor associados ao manejo agropecuário, indicando ocupação agropecuária estabelecida em áreas aparentemente ainda não registradas como privadas (tabela 1).

Tabela 1. Número de focos de calor por tipo de fogo e por categoria fundiária em 2019. *Fonte: IPAM, a partir de dados do INPE (Deter e Prodes) e Nasa (Modis).*

Categoria fundiária	Manejo agropecuário		Desmatamento recente		Incêndio florestal		Total
TI	965	(3%)	1.087	(4%)	4.051	(15%)	6.103
UC	1.209	(4%)	2.109	(7%)	2.368	(9%)	5.686
APA	1.515	(5%)	1.390	(5%)	1.116	(4%)	4.021
AR	6.606	(21%)	7.862	(26%)	4.152	(16%)	18.620
IR	13.298	(42,5%)	7.697	(25%)	6.183	(24%)	27.178
ND	2.685	(9%)	7.103	(23%)	5.467	(21%)	15.255
SI	4.825	(15%)	2.950	(10%)	2.566	(10%)	10.341
OU	186	(0,5%)	55	(0%)	240	(1%)	481
Total¹	31.289	(100%)	30.253	(100%)	26.143	(100%)	87.685

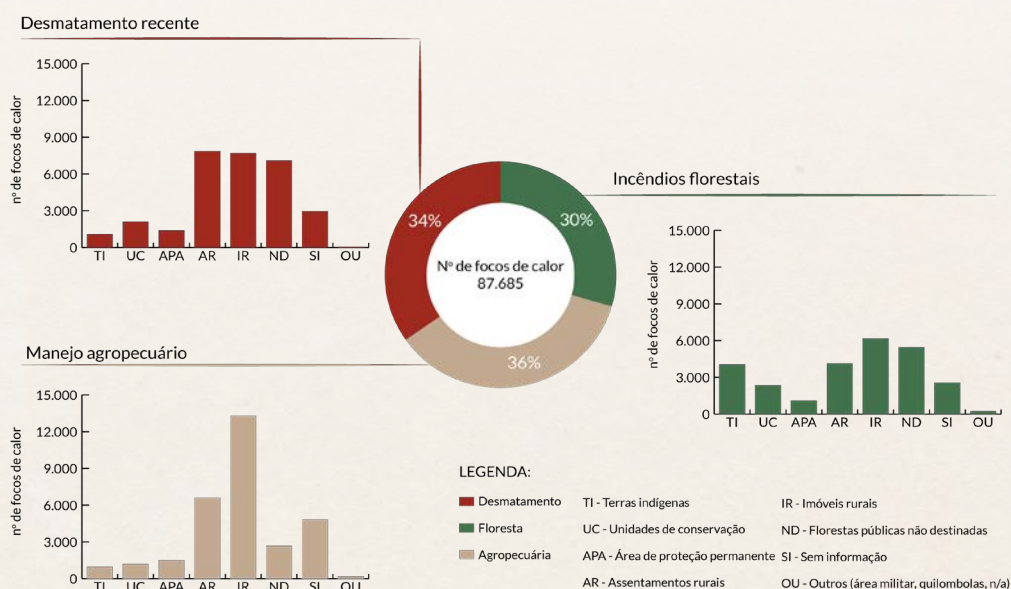


Figura 3. Número de focos de calor por tipo de fogo (desmatamento recente, manejo agropecuário e incêndio florestal) no bioma Amazônia em 2019 e sua distribuição por categoria fundiária. *Fonte: IPAM, a partir de dados do INPE (Deter e Prodes) e Nasa (Modis).*

1. Esse total não inclui os 1.430 focos relacionados a outros tipos de cobertura, como áreas urbanas, mineração, entre outros.



Em relação aos incêndios florestais, eles também ocorreram nos imóveis e assentamentos rurais, e nas florestas não destinadas e áreas sem informação. Entretanto, as terras indígenas e as unidades de conservação também mostraram alta incidência de incêndios florestais, demonstrando sua vulnerabilidade ao fogo que escapa das áreas recém ou previamente desmatadas na vizinhança (figura 3; tabela 1).

3. O que queimou no primeiro semestre de 2020

O primeiro semestre de 2020 mostrou 25% menos de fogo que o de 2019. Enquanto em 2019 foram registrados 10.384 focos de calor, em 2020 foram registrados 7.700 focos – alguns focos, 221 em 2019 e 203 em 2020, foram descartados da análise por serem associados a outros tipos de cobertura do solo, como áreas urbanas e mineração.

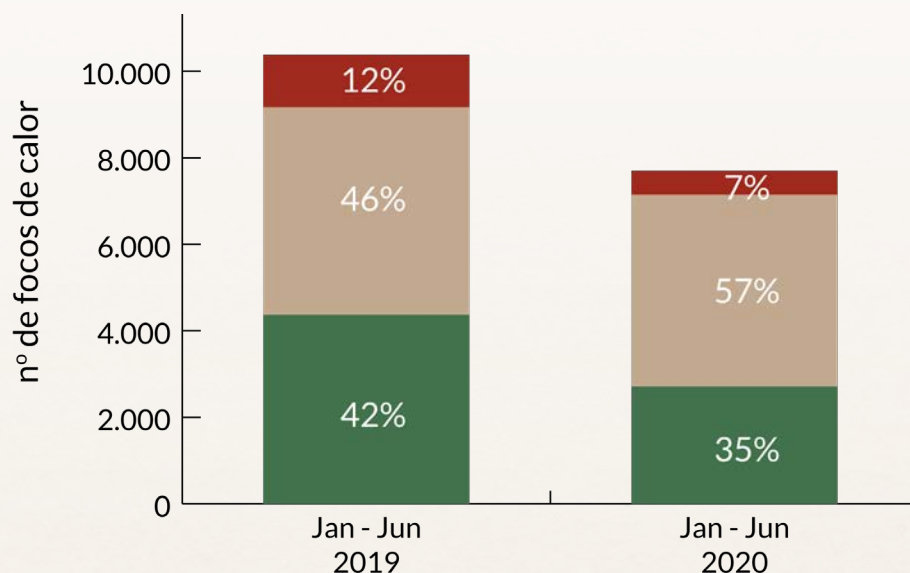


Figura 4. Comparação do número de focos de calor por tipo de fogo (desmatamento recente, manejo agropecuário e incêndio florestal) no bioma Amazônia no primeiro semestre de 2019 e de 2020. Fonte: IPAM, a partir de dados do INPE (Deter e Prodes) e Nasa (Modis).

Em ambos os anos, o fogo utilizado para o manejo agropecuário representou a maioria dos focos de calor. Nos primeiros seis meses de 2020, um menor número de focos de calor foi identificado em áreas recém-desmatadas em relação a 2019, assim como um menor número de focos também foi registrado em áreas de floresta em 2020 quando comparado a 2019 (figura 4).

Se, à primeira vista, parece que a situação de

2020 é melhor do que a de 2019, um olhar mais cuidadoso dos dados mostra que a realidade é outra. Quando analisada a distribuição dos focos de calor e dos tipos de fogo por estado, fica nítido o papel de Roraima em desviar para cima os números do primeiro semestre de 2019.

Roraima é muito afetado por incêndios florestais e, diferentemente dos outros estados da Amazônia, quando o pico das

queimadas ocorre entre agosto e setembro, seu pico acontece entre janeiro e março. Em 2019, aquele estado apresentou uma incidência extraordinariamente alta de focos de calor, o que puxou os números de fogo do primeiro semestre para cima, representando o semestre com maior detecção de fogo dos últimos vinte anos (cerca de 4602 focos). Em 2020, o número de focos de calor

para o estado voltou à normalidade.

É importante notar que, mesmo com o desvio registrado em Roraima no ano passado, 2019 apresentou mais fogo do que os anos anteriores, pois picos foram registrados nos outros estados nos meses secos (Alencar et al., 2019).

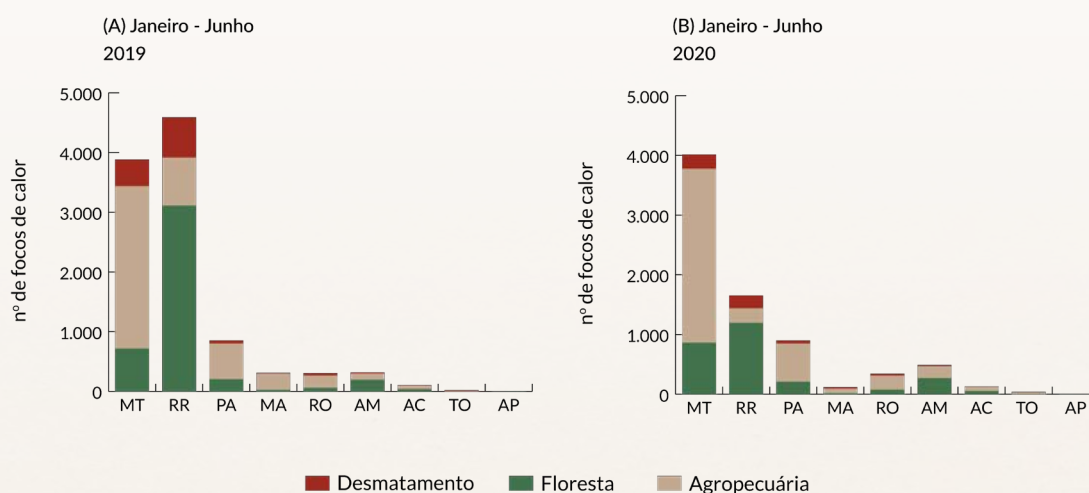


Figura 5. Número de focos de calor por tipo de fogo (desmatamento recente, manejo agropecuário e incêndio florestal) no bioma Amazônia no primeiro semestre de 2019 e de 2020 por estado. Fonte: IPAM,, a partir de dados do INPE (Deter e Prodes) e Nasa (Modis).

A maioria dos focos de calor que ocorreram entre janeiro e junho de 2019 e 2020 caiu nos imóveis rurais (figura 6). O percentual de focos nessa categoria chegou a representar 60% do total de focos de calor registrado no bioma nos primeiros seis meses de 2020 (figura 7). A grande maioria do fogo registrado nessa categoria é aquele utilizado em manejo agropecuário (71%), seguido pelos incêndios florestais (24%) e pelo fogo de desmatamento recente (5%) (figura 6).

A grande diferença entre os números de

janeiro a junho de 2019 e 2020 em relação a distribuição de fogo por categoria fundiária está nas categorias de assentamento rurais e florestas públicas não destinadas, que apresentaram um maior número de focos de calor em 2019 em relação ao mesmo período de 2020. Essa diferença é um reflexo do aumento do número de focos relacionados principalmente aos incêndios florestais no estado de Roraima em 2019 (figura 5).

No primeiro semestre de 2020, os imóveis rurais com mais de quatro módulos rurais,

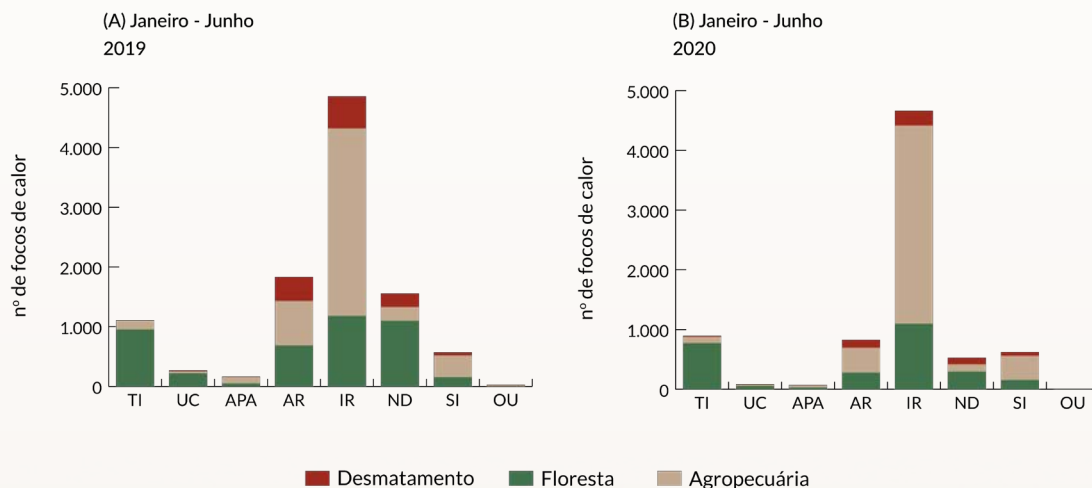


Figura 6. Número de focos de calor por tipo de fogo (desmatamento recente, manejo agropecuário e incêndio florestal) no bioma Amazônia no primeiro semestre de 2019 e de 2020 por categoria fundiária. Fonte: IPAM,, a partir de dados do INPE (Deter e Prodes) e Nasa (Modis).

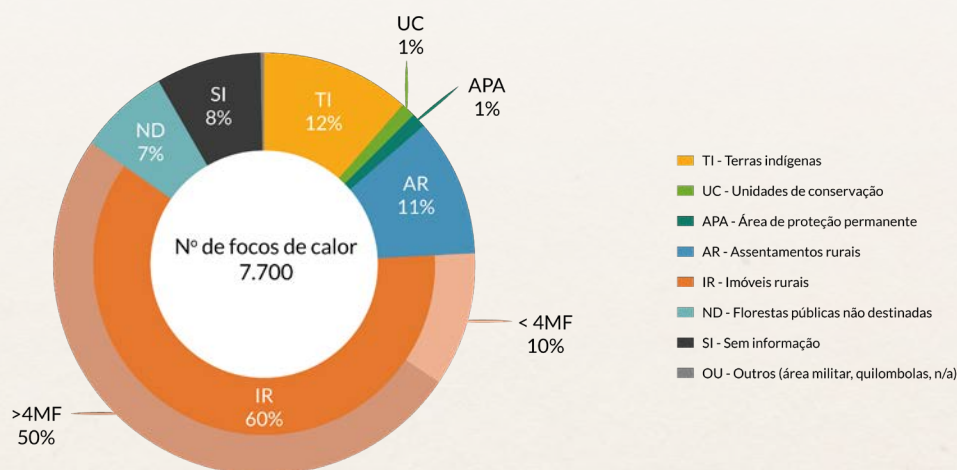


Figura 7. Número de focos de calor por categoria fundiária no bioma Amazônia no primeiro semestre de 2020, com separação entre de pequenos (< que 4 módulos fiscais) e grandes (> que 4 módulos fiscais) imóveis rurais. Fonte: IPAM,, a partir de dados do INPE (Deter e Prodes) e Nasa (Modis).

considerados de médio e grande portes, registraram sozinhos metade do número de focos de calor entre todas as categorias fundiárias na Amazônia (figura 7). Outros 10% aconteceram em imóveis rurais com até quatro módulos fiscais, que se somam aos 11% dos focos registrados em assentamentos rurais, contemplando agricultura de pequeno porte e familiar. Esses números demonstram como o fogo é ainda amplamente utilizado no manejo de pastos e áreas agrícolas, independentemente do tamanho do imóvel, do lote e do negócio, e a despeito da existência de técnicas mais modernas que o substituem.

Discussão

Os resultados desta nota técnica mostram claramente que o debate sobre a incidência do fogo na Amazônia precisa ser calcado em análises mais detalhadas sobre como, por que e onde os focos de calor estão concentrados. O fogo é um instrumento bastante disseminado nessa paisagem, aplicado frequentemente por pequenos, médios e grandes produtores rurais no manejo agropecuário e em áreas recém-desmatadas. Apontar um ou outro grupo como único responsável pelas queimadas é desconhecer a dinâmica da região, ignorar os riscos impostos pelo seu uso para a saúde humana e para as florestas, e desviar a atenção das discussões necessárias para solucionar o problema.

O manejo agropecuário é o principal tipo de fogo registrado na região no período estudado, mas divide o espaço com as queimadas de desmatamento recente e com os incêndios florestais. Esse último tem sua ocor-

rência determinada tanto pelo número de fontes de ignição quanto pela situação do clima: se a estação seca regular é sobreposta a mais um estresse hídrico, normalmente gerado por um fenômeno climático, então a chance do fogo colocado intencionalmente no campo em áreas recém-desmatadas e áreas agropecuárias estabelecidas se espalhar é grande.

Outro fato que chama atenção é o protagonismo dos imóveis rurais representados por propriedade pequenas (< que 4 módulos rurais) e propriedades médias e grandes (> de 4 módulos fiscais) de acordo com o Cadastro Ambiental Rural e o SIGEF, na concentração de grande parte dos focos de calor. Esse protagonismo é maior entre os médios e grande imóveis rurais, que sozinhos registraram metade de todos os focos de calor detectados no primeiro semestre de 2020.

Além disso, a análise do período 2016 a 2019 reforça estudos anteriores do IPAM e de outros especialistas (Alencar *et al.*, 2019; Aragão *et al.*, 2020) sobre a influência do desmatamento no pico de fogo registrado no ano passado. É incontestável a relação entre as duas questões: a queimada é o passo seguinte da derrubada. Ainda há uma grande área desmatada na Amazônia no ano passado que não foi queimada, cerca de 4,5 mil km² (Moutinho *et al.*, 2020). Acrescida ao desmatamento que aconteceu neste ano, o potencial de fogo de desmatamento é alto, tanto ou mais do que o registrado no ano passado (Alencar *et al.*, 2020), e que ainda não aparece porque ele ganha força nos meses mais secos, entre julho e outubro.

Olhar para os números absolutos do primeiro semestre de 2020 e dizer que o fogo está em uma dinâmica decrescente é fazer uma leitura precipitada da situação atual na Amazônia. Todos os estados campeões do desmatamento (Pará, Mato Grosso, Amazonas e Rondônia) tiveram aumento de queimada nos primeiros seis meses de 2020 se comparados ao mesmo período do ano anterior. A única exceção é o estado de Roraima, que demonstrou ter tido uma anomalia de fogo em 2019 com o maior registro de focos da série histórica. Tirando Roraima da contabilidade, o número de focos de calor é crescente e preocupante.

Por fim, é preciso olhar com muita atenção a incidência de incêndios florestais. Quanto mais fogo existe num ambiente, maior a probabilidade de as florestas queimarem, mesmo em anos de precipitação normal, como foi o caso de 2019.

Os efeitos danosos do fogo em vegetações nativas são de longa duração, degradando o ambiente de forma a deixá-lo mais suscetível à seca e, por consequência, a mais incêndio (Brando *et al.*, 2019). Esse processo de retroalimentação é intensificado pelas mudanças climáticas: se já foi alto no ano passado, pode chegar a níveis extraordinariamente elevados quando há uma sobreposição com anos mais secos (Brando *et al.*, 2020). Isto porque, nessas condições, o chão da floresta perde excessivamente umidade e as chamas, oriundas de áreas adjacentes, onde há queimada, adentram nas florestas (Nepstad *et al.*, 2001).

É preciso lembrar que as florestas, além de fonte de biodiversidade, fornecem serviços

ambientais fundamentais para a economia brasileira: geram chuva, que alimenta plantações, animais e hidrelétricas, e regulam o clima local (Silvério *et al.*, 2015).

Recomendações

Controlar a ignição, ou seja, evitar que o homem acenda o fogo, é chave para evitar uma temporada cheia de fumaça na Amazônia. Nesse sentido, o governo federal publicou, em 15 de julho de 2020, o Decreto 10.424, que proíbe o uso de fogo na região por 120 dias. No ano passado, uma medida similar apresentou resultados positivos, revertendo uma tendência de crescimento dos focos de calor. O potencial positivo é inequívoco, mas a moratória deve vir acompanhada de outras ações de fiscalização e controle da atividade em campo.

Essas medidas devem ir além ao fogo de fato para que sejam duradouras. Como mostraram os índices de 2019, acabar com o desmatamento é fundamental para evitar uma situação tão ruim. Uma moratória para derrubadas florestais e ações rápidas e coordenadas de equipes de fiscalização são necessárias durante todo o período de seca amazônica. A atuação das Forças Armadas, determinada pelo Decreto 10.341, deve olhar para as áreas protegidas e ir além, atacando também a grilagem em florestas públicas não-destinadas e áreas sem informação, além de apoiar os estados da região no combate às chamas. Entretanto, essas ações devem seguir um rigoroso planejamento estratégico, o que era comumente feito pelo IBAMA em parceria com a Polícia Federal, e que no passado já demonstraram efetividade contra o roubo de terra e madeira na Amazônia. A articulação

entre essas instituições, associada a ações de inteligência, tende a render frutos, mais do que atuações pontuais em locais esparsos. É preciso que multas ambientais voltem a ser aplicadas, as áreas invadidas e desmatadas ilegalmente sejam embargadas, os equipamentos usados em atividades ilegais, destruídos e as grandes quadrilhas ligadas à exploração ilegal da terra, desmanteladas. O ataque forte à grilagem reduziria pela metade o desmatamento e o fogo na região.

O governo federal deve expor de forma transparente seus planos de longo para a população. Deixar de fazê-lo cria espaço para mais desmatamento feito ilegalmente, para mais fogo e para mais pressão da sociedade, que não deseja ver seu patrimônio ambiental se perder em chamas.

Os governos estaduais, por sua vez, também têm responsabilidades na fiscalização do uso do fogo em seus territórios e no monitoramento das licenças previamente concedidas, para evitar que as autorizações sejam usadas erroneamente para queimar ou desmatar áreas de forma irregular. O descumprimento deve ser tratado com rigor, caso contrário o sentimento de impunidade gerará mais fogo.

Por fim, é preciso olhar para a região como um todo, retomar atividades estruturantes, como investimento em tecnologias que substituam o fogo e que aumentem a área já aberta na Amazônia para ampliação das atividades agropecuárias. A especulação imobiliária feita sobre as terras da região, muitas vezes de forma criminosa em florestas públicas, não pode ser confundida com investimento em aumento de produção. Mais alimentos podem ser produzidos de forma melhor e

com desmatamento zero, de forma a cumprir todas as metas agropecuárias do Brasil nas próximas décadas (Stabile *et al.*, 2019).

Referências bibliográficas

ALENCAR, A.A., Brando, P. M., Asner, G. P., e Putz, F. E. **Landscape fragmentation , severe drought , and the new Amazon forest fire regime.** Ecological Applications, 25(6), 1493–1505, 2015.

ALENCAR, A., Moutinho, P., Arruda, V., Balzani, C., e Ribeiro, J. **Amazônia em Chamas - onde está o fogo: nota técnica nº 2.** Brasília: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, 2019. Disponível em: <https://ipam.org.br/bibliotecas/amazonia-em-chamas-onde-esta-o-fogo/>.

ALENCAR, A., Moutinho, P., Arruda, V., e Silvério, D. **Amazônia em chamas - O fogo e o desmatamento em 2019 e o que vem em 2020: nota técnica nº 3.** Brasília: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, 2020. Disponível em: <https://ipam.org.br/bibliotecas/amazonia-em-chamas-3-o-fogo-e-o-desmatamento-em-2019-e-o-que-vem-em-2020>.

ARAGÃO, L.E.O.C.; Anderson, L.O.; Fonseca, M.G.; Rosan, T.M.; Vedovato, L.B.; Wagner, F.H.; Silva, C.V.J.; Silva Junior, C.H.L.; Arai, E.; Aguiar, A.P.; Barlow, J.; Berenguer, E.; Deeter, M.N.; Dominges, L.G.; Gatti, L.; Gloor, M.; Malhi, Y.; Marango, J.A.; Miller, J.B.; Phillips, O.L.; e Saatchi, S. **21st Century drought-related fires counteract the decline of Amazon deforestation carbon emissions.** Nature Communications volume 9, article number: 536, 2018.

ARAGÃO, L. E. O. C.; Silva Junior, C. H. L.; e Anderson, L. O. **O desafio do Brasil para conter o desmatamento e as queimadas na Amazônia durante a pandemia por COVID-19 em 2020:**

implicações ambientais, sociais e sua governança. São José dos Campos, 34p. SEI/INPE: 01340.004481/2020-96/5543324, 2020. doi: 10.13140/RG.2.2.11908.76167/1.

BARLOW, J., E. Berenguer, R. Carmenta, e F. França. **Clarifying Amazonia's burning crisis.** Global Change Biology 26:319–321, 2020.

BRANDO, P.M.; Paolucci, L.; Ummenhofer, C.C.; Ordway, E.M.; Hartmann, H.; Cattau, M.E., Rattis, L.; Medjibe, V.; Coe, M.C.; Balch, J. **Droughts, Wildfires, and Forest Carbon Cycling: A Pan-tropical Synthesis** Annual Review of Earth and Planetary Sciences 47:1, 555-581, 2019.

BRANDO, P. M., L. Rodrigues, A. Assunção, D. Morton, e D. Tuchsneider. **The gathering firestorm in southern Amazonia.** Science Advances 6:1–10, 2020.

COCHRANE, M. a., e W. F. Laurance. **Fire as a large-scale edge effect in Amazonian forests.** Journal of Tropical Ecology 18:311–325, 2002.

ESQUIVEL, M.J., Harvey, C.A., Finegan, B., Casanoves, F. e Skarpe, C. **Effects of pasture management on the natural regeneration of neotropical trees.** Journal of Applied Ecology, 45: 371-380, 2008. doi:10.1111/j.1365-2664.2007.01411.x

NEPSTAD, D.C.; Moreira, A.G.; e Alencar, A.A. **Floresta em Chamas: Origens, Impactos e Prevenção de Fogo na Amazônia.** Programa Piloto para a Prevenção das Florestas Tropicais do Brasil.

Brasília, 1999. Disponível em <https://ipam.org.br/bibliotecas/floresta-em-chamas-origens-impactos-e-prevencao-do-fogo-na-amazonia/>

NEPSTAD, D., G. Carvalho, A. C. Barros, A. Alencar, J. P. Capobianco, J. Bishop, P. Moutinho, P. Lefebvre, U. L. Silva, e E. Prins. **Road paving, fire regime feedbacks, and the future of Amazon forests.** Forest Ecology and Management 154:395–407, 2001.

SILVÉRIO, D; Silva, S.; Alencar, A.; e Moutinho, P. (2019). **Amazônia em Chamas – nota técnica.** Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia. Disponível em: <https://ipam.org.br/bibliotecas/nota-tecnica-amazonia-em-chamas/>.

SILVÉRIO, D.; Brando, P.; Macedo, M.N.; Beck, P.S.A., Bustamante, M.; e Coe, M. T. **Agricultural expansion dominates climate changes in southeastern Amazonia: the overlooked non-GHG forcing.** Environmental Research Letters 10 104015, 2015.

STABILE, M. C. C., A. L. Guimarães, D. S. Silva, V. Ribeiro, M. N. Macedo, M. T. Coe, E. Pinto, P. Moutinho, e A. Alencar. **Solving Brazil's land use puzzle: Increasing production and slowing Amazon deforestation.** Land Use Policy, 2019.

THONICKE, K., S. Venevsky, S. Sitch, and W. Cramer. **The role of fire disturbance for 587 global vegetation dynamics: coupling fire into a Dynamic Global Vegetation Model.** 588 Global Ecology & Biogeography 10:661-677, 2001.

Sugestão de referência

ALENCAR, A., Rodrigues, L., e Castro, I. **Amazônia em Chamas - o que queima, e onde: nota técnica nº 5.** Brasília: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, 2020. Disponível em: <https://ipam.org.br/bibliotecas/amazonia-em-chamas-5-o-que-queima-e-onde/>.