

**The text that follows is a REPRINT.
O texto que segue é um REPRINT.**

Please cite as:

Favor citar como:

da Silva, S.S, I.S. de Oliveira, L.O.
Anderson, P.M. Fearnside, A.W.F. de
Melo, J.G. da Costa, M.R.N. de Almeida
& I.F. Brown. 2019. **Incêndios
florestais e queimadas na
Amazônia sul ocidental. *Mapiense* 3:
27-35.** <http://www.herencia.org.bo/webdocs/publicaciones/Mapiense-3.pdf>

Copyright: Herencia, Cobija, Pando, Bolívia

**The original publication is available at
O trabalho original está disponível em:**

<http://www.herencia.org.bo/webdocs/publicaciones/Mapiense-3.pdf>

INCÊNDIOS FLORESTAIS E QUEIMADAS NA AMAZÔNIA SUL OCIDENTAL

Sonaira Souza da Silva¹, Igor Soares de Oliveira¹, Liana Oighenstein Anderson², Philip Martin Fearnside³, Antonio Willian Flores de Melo¹, Jéssica Gomes da Costa¹, Marllus Rafael Negreiros de Almeida¹, Irving Foster Brown^{1,4}

¹ Universidade Federal do Acre – Campus Floresta (Ufac)

² Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden)

³ Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA)

⁴ Woods Hole Research Center (WHRC)

INTRODUÇÃO

O uso do fogo ainda é, em muitas regiões da Amazônia, a principal tecnologia que permite a disponibilização dos nutrientes provenientes da biomassa florestal para adubação do solo, viabilizando o plantio e o manejo dos cultivos agrícolas. Através do sistema de corte e queima é produzida grande parte dos produtos consumidos pela população da Amazônia, como farinha de mandioca, feijão, arroz, milho, entre outros, fazendo com que o uso do fogo exerça um papel primordial na segurança alimentar¹. Entretanto, na Amazônia brasileira, mesmo com as taxas de desmatamento caindo, o número de queimadas ativas tem aumentado na última década², tornando a gestão e o manejo do uso do fogo na Amazônia um desafio. O desmatamento, as queimadas e os incêndios florestais têm se intensificado devido à interação sinérgica entre os sistemas sociais e climáticos, afetando de forma drástica os estoques de carbono e biodiversidade na Amazônia, ameaçando o bem-estar dos seus ~ 25 milhões de habitantes.

Os padrões de distribuição espacial e temporal das queimadas e incêndios florestais são impulsionados pelo uso da terra e pelas mudanças neste uso, e finalmente pelas cadeias econômicas ligadas à agropecuária. Além disso, eventos de secas extremas têm se tornado mais frequentes e intensos, contribuindo para o aumento das áreas impactadas pelo fogo. Nas regiões sul e sudeste da Amazônia, a seca extrema é ocasionada principalmente devido ao aquecimento anômalo da temperatura da superfície do mar (TSM) do oceano Atlântico Norte Tropical^{3,4}.

As queimadas e os incêndios florestais têm causado muitos prejuízos à sociedade a cada ano. Estimativas feitas com base nas queimadas de 1998, ano de forte El Niño, apontam que as emissões de CO₂ na Amazônia brasileira representaram uma perda com valor entre US\$ 126 milhões e US\$ 9,5 bilhões⁵. Os gases tóxicos presentes na fumaça emitida pelas queimadas em anos de secas extremas aumentaram o número de internações hospitalares de crianças na ordem de 1,2-267%⁶. No Estado do Acre, entre 2008 e 2012, estima-se que os impactos econômicos dos incêndios florestais foram na ordem de US\$ 307.46 ± 85.41 milhões, sendo considerado ainda uma estimativa conservadora posto que nem todos aspectos associados aos impactos diretos e indiretos foram quantificados⁷. Além disso, as perdas de biodiversidade ocasionadas pela degradação da floresta podem ser iguais ou maiores que as perdas por desmatamento, comprometendo assim o valor da conservação das florestas e a eficiência de seus processos ecossistêmicos⁸.

Em meio aos danos sociais, econômicos e ambientais é necessário identificar os fatores que contribuem e impulsionam os incêndios florestais para promover medidas eficazes de monitoramento, prevenção e controle. Todavia, os poucos estudos que discutem a temática do fogo na Amazônia se concentram na região leste do bioma^{9,10}.

Com o aumento da acessibilidade e da disponibilidade de dados que permitem o mapeamento por satélites das áreas impactadas por queimadas e incêndios florestais, é possível analisar quais os

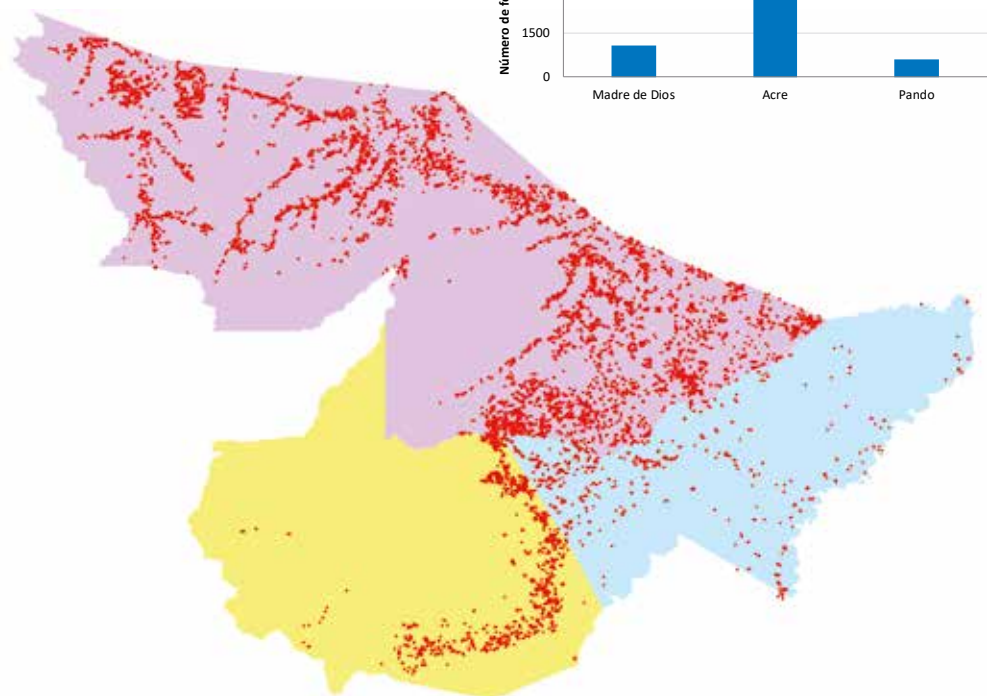
fatores impulsionam estes eventos em diferentes escalas e regiões da Amazônia^{11,12}. De maneira geral, os principais fatores que favorecem a ocorrência dos incêndios florestais identificados até o momento são: as estradas, a exploração madeireira, presença de pastagens, desmatamento de florestas primárias e secundárias, a fragmentação e as secas extremas¹³⁻¹⁵. Entretanto, estes fatores se relacionam de maneira complexa e são dependentes do clima, das dinâmicas locais (como as práticas de uso da terra), e da vulnerabilidade ambiental e social de fatores como a estrutura e dinâmica da floresta, os solos, e a capacidade da sociedade para oferecer respostas).

Mesmo com os avanços científicos e técnicos sobre o monitoramento, a dinâmica, o controle e o desenvolvimento de alternativas ao uso do fogo, são notórios os desafios que cercam esta atividade tão danosa socioambiental e economicamente na Amazônia Sul Ocidental. Na região MAP (Madre de Dios-Peru, Acre-Brasil e Pando-Bolívia) a espacialização e número de focos de calor mostram o tamanho dos desafios científico e social (Figura 1), que mesmo

em um ano sem secas extremas, foram registrados mais de 8 mil focos de calor. Abaixo listamos alguns desses desafios e das problemáticas que devem ser pautas relevantes de discussão científica e social na Amazônia Sul Ocidental, especialmente na região da fronteira trinacional MAP – Madre de Dios-Peru, Acre-Brasil e Pando-Bolívia:

1. Monitorar as ocorrências de queimadas e de risco de incêndios florestais: considerando os problemas de saúde atingindo grandes extensões territoriais ocasionados por incêndios florestais, identifica-se que é necessário que órgãos interessados e responsáveis tenham uma plataforma de monitoramento integrada para o MAP, adaptada para as características locais. Esta plataforma deve ter as características de níveis de risco compatíveis, e, para cada nível, as ações de resposta devem ser identificadas, com atribuições de responsabilidades claras.
2. Mensurar o custo-benefício e avaliar a viabilidade de substituir parcial ou totalmente a prática do fogo agrícola no MAP. Um levantamento desta natureza somente foi feito na região do Baixo Acre¹⁸. Esta informação é uma grande lacuna científica e social, pois há

Figura 1. Espacialização e quantificação dos focos de calor em 2018 na Região MAP.



pressões por mudanças no modelo de desenvolvimento agrícola da Amazônia.

3. Mensurar o nível de degradação florestal causado pelo fogo considerando o tipo de floresta, o tempo após a degradação e a reincidência do fogo. Estes dados tem grande relevância para conhecer o impacto nos recursos florestais, visando compreender o impacto para comunidades que dependem dos recursos florestais, como extrativistas, indígenas e outros povos.
4. Comunicar os riscos e impactos das queimadas e incêndios florestais: disponibilizar e divulgar, de forma clara, para os diferentes setores da sociedade os dados e informações de riscos e impactos destes eventos. Este é um desafio para pesquisadores, sociedade e gestores públicos, pois demanda a superação de barreiras tecnológicas e de comunicação para a realidade amazônica, com potencial de trazer benefícios públicos como o empoderamento da sociedade em posse de informações científicas e do uso dessas informações para tomadas de decisão para a implantação de políticas públicas.

1. Monitoramento do fogo

O mapeamento das cicatrizes de queimadas e incêndios florestais na Amazônia ainda é um desafio, principalmente devido a limitações na detecção destes eventos em imagens de satélite, a grande presença de nuvens e, portanto, a necessidade de integrar sensores com diferentes resoluções espaciais e temporais, com o contexto geográfico de sua ocorrência. Além da escolha do satélite e data adequada, técnicas avançadas de processamento das imagens têm sido testadas para agilizar o mapeamento. A classificação digital automatizada a partir de modelos lineares de mistura espectral é uma das técnicas mais empregadas atualmente^{19,20}. Entretanto, classificações manuais por meio da interpretação visual ainda têm sido aplicadas para garantir a confiabilidade e acurácia do resultado final²¹.

Atualmente, os dados disponíveis de amplo acesso de queimadas são os focos de calor disponibilizados para toda a América do Sul pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. São dados pontuais e diários de pontos na paisagem com temperatura acima de 47°C, indicando fogo ativo, mas que não permitem estimar o tamanho da área afetada

pelo fogo nem seu impacto. Mesmo com a limitação para estimar áreas, os focos de calor ainda são as melhores informações para subsidiar tomadas de decisões pelo poder público e pelo setor privado para o monitoramento e combate às queimadas.

No Estado do Acre temos o exemplo do monitoramento dos incêndios florestais para 35 anos (1984-2018) utilizando imagens de média resolução espacial – Landsat 5 e 8. Através dessa experiência foi possível perceber a importância do monitoramento em longo prazo. Neste período foram mapeados 526.290 ha de incêndios florestais, com cinco grandes picos de área impactada pelo fogo (anos 1987, 1998, 2005, 2010 e 2016), que coincidem com a ocorrência de secas extremas associadas a eventos de El Niño (1987, 1998 e 2016) e com o aquecimento anômalo do oceano Atlântico Tropical Norte (2005 e 2010) (Figura 1). Esta visão espaço-temporal permitiu identificar, de forma confiável, variáveis que influenciam a incidência, frequência e intensidade dos incêndios florestais. Com a avaliação dessa série histórica e a identificação dos fatores associados, também é plausível projetar mudanças ainda mais dramáticas em um futuro próximo, com clima mais quente e eventos de secas extremas mais frequentes.

Para os demais estados da Região MAP (Madre de Dios-PE, Acre-BR e Pando-BO) também foram registrados incêndios florestais em Pando (> 120.000 ha) e Madre de Dios (> 20.000 ha)²² no ano de 2005. Contudo, com um mapeamento pontual como o de 2005 fica difícil compreender a complexidade e o regime do fogo na região, além da heterogeneidade de paisagens, povos, práticas e ecossistemas do MAP, traz relevância para conhecer e quantificar as áreas afetadas pelo fogo e seus impactos em diferentes escalas espaciais e temporais e no âmbito regional. Assim, perguntas como: qual o ano e quais regiões são mais críticas para a deflagração de incêndios florestais? Quais são as variáveis que impulsionam a ocorrência dos incêndios florestais e como elas se alteram ao longo do tempo no MAP?

2. Custo econômico do uso do fogo

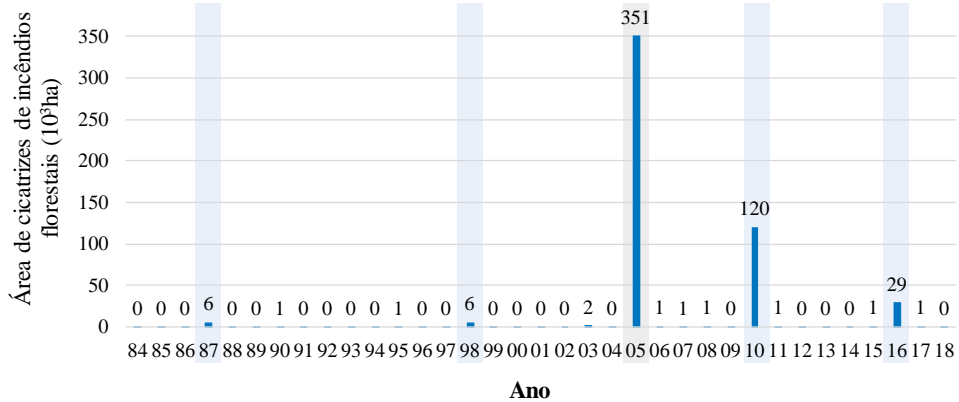
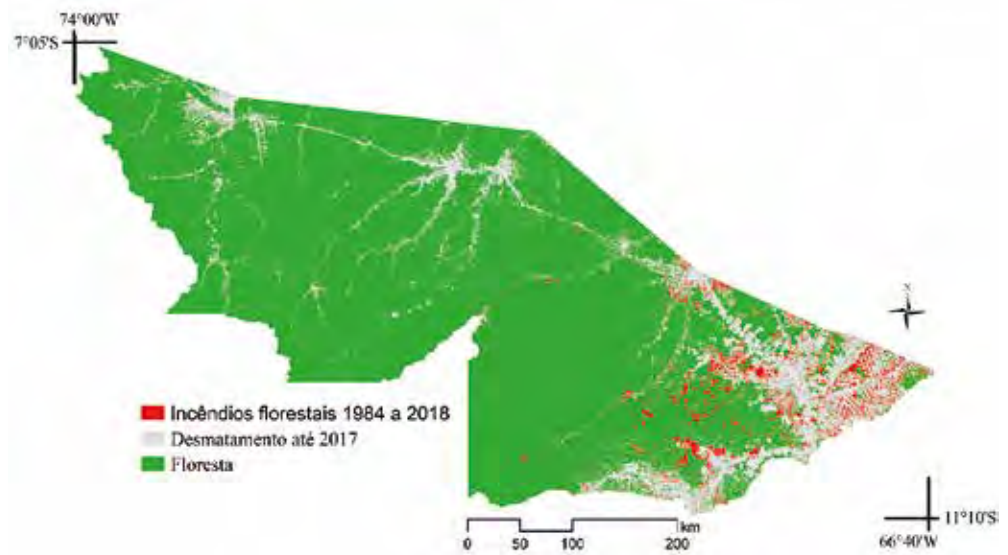


Figura 2. Série histórica dos incêndios florestais para o Estado do Acre para período de 1984 a 2018. (a) Espacialização dos incêndios e (b) distribuição da área anual da ocorrência dos incêndios florestais, onde as barras hachuradas indicam os anos de secas.

A queima da biomassa é uma prática importante para provimento de nutrientes a solos com baixa fertilidade, sendo um fator importante para produtividade agropecuária e gera benefícios que devem ser valorados a partir da ótica da produção. A compensação dos custos monetários envolvidos na redução ou eliminação da área queimada é fundamental para que possamos entender os desafios da aplicação das legislações locais.

O nível do impacto econômico das queimadas e dos incêndios florestais pode ser visto sob várias óticas: emissões de CO₂, impacto na infraestrutura pública e nas propriedades privadas, saúde pública, investimentos públicos com alternativas produtivas para a redução ou extinção do fogo como ferramenta agrícola. Poucos são os estudos focados nesta temática principalmente na Região MAP, sendo em contexto locais ou regionais.

Uma das primeiras tentativas de

contabilizar o impacto econômico das queimadas foi feita por Mendonça et al.⁵, que contabilizaram danos a casas, cercas, equipamentos agrícolas, campos agrícolas e pastagens. Os danos econômicos alcançaram entre US\$ 90 milhões e US\$5.050 bilhões. Um estudo recente realizado por Campanharo et al.⁷ estimou que, no Estado do Acre, as perdas econômicas foram de US\$ 307,46 mi (± 85,41) com queimadas e incêndios florestais entre 2008 e 2012. As perdas foram calculadas por custos diretos (danos de infraestrutura de cercas e perdas de produção) e custos indiretos (quantificação das emissões de CO₂ e danos à saúde por doenças respiratórias). Enfatizamos que todas estas estimativas são subestimadas: sabemos que há subestimativa na área queimada, principalmente em áreas de florestas, e somente foram quantificadas as perdas de cercas, mas outras benfeitorias podem também terem sido impactadas, e a fumaça viaja e pode ter atingindo pessoas em outros locais.

Entretanto, um dos grandes desafios ainda é

a contabilização dos custos econômicos para a substituição do uso do fogo nas práticas agropecuárias. Quais são as necessidades ou alternativas para que os agricultores possam reduzir ou abandonar o uso das queimadas como ferramenta agrícola? Esta é uma questão complexa, pois no meio rural existem mini e pequenos agricultores familiares, e médios e grandes fazendeiros – que ora estão alocados às margens de estradas e ramais, ora estão às margens de rios. Existe ainda uma diferença entre os perfis de produção – culturas anuais, perenes ou pastagens. Este mosaico de atividades agrícolas necessita ser analisado de forma independente, e espera-se que sejam encontradas uma gama de alternativas. Somente após esse diagnóstico poderão ser feitas análises detalhadas e especialmente explícitas para se quantificar os custos econômicos.

3. Nível de degradação da floresta pelo fogo

A degradação das florestas tropicais tem sido mais um ponto de preocupação na Amazônia, devido à perda de biomassa^{23,24}, à redução drástica da biodiversidade de flora e fauna⁸ e à interferência negativa na formação de chuva²⁵. Se pensarmos na floresta como sendo uma forma de recurso alimentar e econômico para milhares de famílias na Amazônia, a degradação pelo fogo poderá afetar a segurança alimentar de milhares. Na região MAP, uma das cadeias produtivas oriundas do extrativismo florestal é a cadeia da castanha, e grande parte da concentração das florestas impactadas pelo fogo está nas regiões de castanhais.

Os estudos de Sato et al.²⁶ e Longo et al.²⁷ mostraram o efeito do fogo na degradação de floresta no Leste do Acre em função da redução de biomassa da floresta. Sato et al.²⁶ mostraram que, 10 anos depois do impacto do fogo, a redução da biomassa era de 7%, e Longo et al.²⁷ concluíram que os níveis de degradação quando a floresta queima mais de

uma vez, podem ser alarmantes, chegando a 36% de redução da biomassa. O estudo conduzido por Silva et al.²⁸ mostrou que, em outras partes da Amazônia, mesmo 31 anos depois do impacto do fogo a perda da biomassa ainda chegava até 25%. A mudança na estrutura da floresta após o fogo é outro fator de preocupação. Silva²⁹ demonstrou que em florestas com bambu, o impacto do fogo pode resultar em uma mudança brusca da floresta, uma vez que a redução do número de árvores com diâmetro acima de 10 cm pode chegar a 50% 11 anos após o incêndio, e a 74% em áreas de floresta afetadas duas vezes pelo fogo.

Outro fator de mudança é a “secundarização” da floresta, definida por Barlow e Peres³⁰ como uma grande quantidade de espécies pioneiras após o incêndio florestal. A proporção de espécies pioneiras com relação a todas as espécies identificadas aumenta com o impacto do fogo na floresta. Passados 11 anos após o impacto do fogo as espécies pioneiras representam até 59% das árvores na floresta. As principais espécies registradas nas florestas impactadas pelo fogo e que apresentaram o fenômeno de secundarização foram *Cecropia* sp (embaúba), *Urera baccifera* (urtiga), *Sapium marmieri* (burra-leiteira) e *Apeiba tibourbou* (pente-de-macaco), todas espécies vegetais pioneiras. O estudo de Barlow e Peres³⁰, assim como os outros estudos mencionados, evidenciou alterações drásticas não somente na fitofisionomia florestal, mas também na dinâmica dos processos ecossistêmicos em longo prazo.

Na região MAP há tipos de vegetação particular em relação a outras partes da Amazônia, como por exemplo, a maior floresta nativa com presença de bambu, que ocupa uma área de 15,5 milhões de ha a 16,1 milhões de ha



Figura 2. Registros fotográficos da degradação florestal pelo fogo no Estado do Acre por Sonaira Silva, 2016.

31,32. Em meio a estas particularidades é fundamental compreender como a floresta se comporta frente aos impactos do fogo. Estamos observando alguns impactos do fogo que são capazes de mudar a classificação de florestas, como a transformação de floresta com bambu, para florestas dominadas por bambu. O fogo favorece a expansão do bambu em mais de sete vezes no número de colmos em comparação a florestas não queimadas. Com a expansão do bambu também foi observado aumento no número de árvores quebradas ou danificadas pelo bambu, o que constitui uma barreira adicional para a recuperação da floresta à condição anterior ao fogo. Estima-se que, somente no Acre, mais de 100 mil ha tenham se transformaram em floresta com bambu nos anos recentes.

4. Empoderamento social e o livre acesso a dados e informação

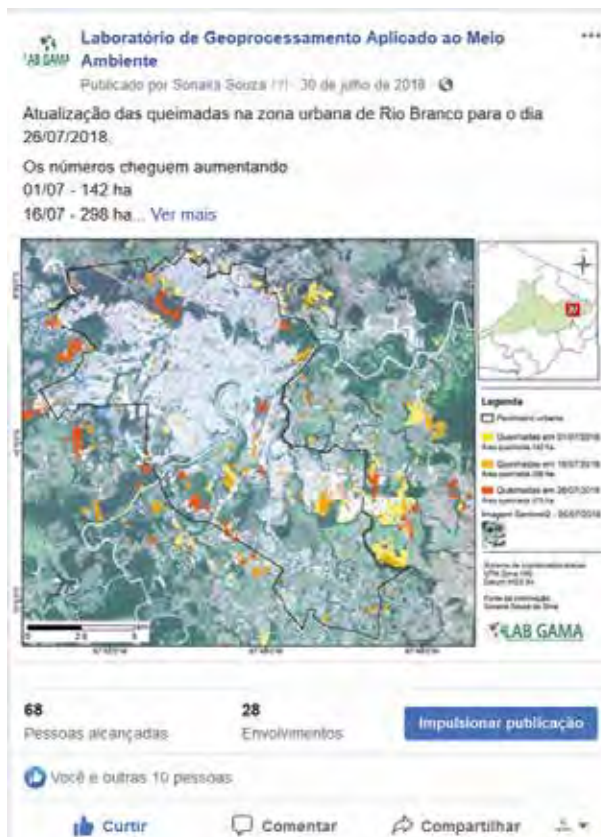
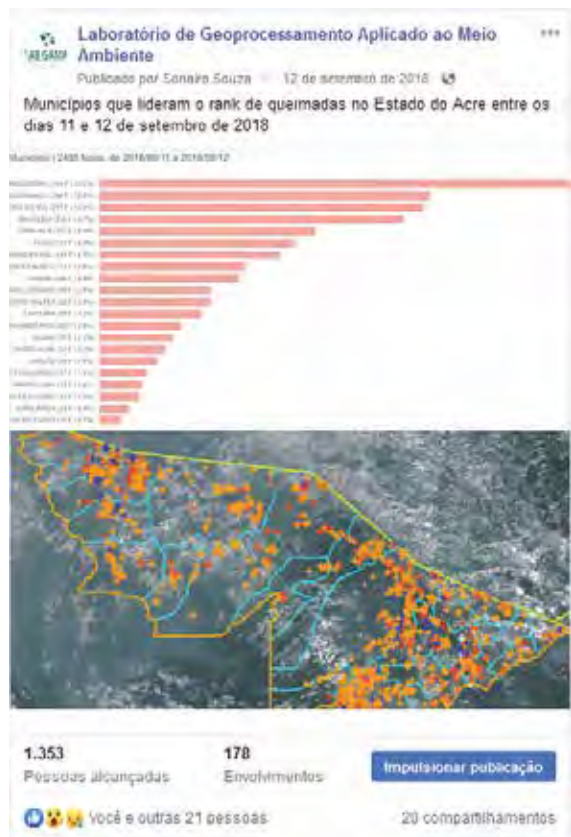
Em anos recentes, o uso da internet por grande parte da sociedade e o uso das redes sociais e de smartphones possibilitaram o acesso à informação de maneira mais rápida e em maior quantidade, acelerando a difusão de informações técnicas e científicas. Com

a ampliação do acesso à internet no Brasil, mais de 50% do total de casas possuem internet e 47% das pessoas com mais de 10 anos têm acesso à internet pelo smartphone, segundo o CETIC (Centro de Estudos sobre as Tecnologias da Informação e da Comunicação).

A página na mídia social Facebook dos pesquisadores do Setem/Ufac (Setor de Estudos do Uso da Terra e de Mudanças Globais da Universidade Federal do Acre) serviu como uma fonte alternativa de informações. Durante o período da seca, esse meio de comunicação possibilitou divulgar informações sobre a problemática da seca, a evolução dos focos de calor, o nível do rio Acre, previsões de anomalias de precipitação e uma previsão de chuva acumulada para cada 7 ou 15 dias. Estas informações permitiram que a sociedade pudesse criar seus próprios alertas ou criar campanhas de conscientização, tais como campanhas referentes ao uso da água potável e à redução de queimadas urbanas.

Durante a seca de 2016, pesquisadores do Setem/Ufac, testaram o uso da mídia social para alertar e atualizar a sociedade sobre os problemas da seca do ano de 2016 na região MAP. Com a divulgação científica pelas





mídias sociais sobre o monitoramento das queimadas urbanas da cidade Rio Branco-Acre, o Setem teve um alcance de 63 a 1.328 pessoas por postagem na mídia social Facebook. As mídias sociais se mostram como uma ferramenta poderosa, onde nos meses de julho a setembro, foram 56 mil pessoas com informações sobre a seca em 2016.

Outra iniciativa de divulgação científica está sendo realizada pelo Laboratório de Geoprocessamento Aplicado ao Meio Ambiente (LabGAMA) na cidade de Cruzeiro do Sul-Acre, que também usa as mídias sociais como forma de divulgação científica. Em 2018, foram alcançadas mais de 3 mil pessoas com cinco postagens no Facebook sobre queimadas urbanas e rurais e qualidade do ar. Estas experiências mostram o poder de alcance de pessoas e empoderamento social da informação científica de qualidade.

Link para acesso as redes sociais do:

Setem - <https://www.facebook.com/Setor-de-Estudos-de-Uso-da-Terra-e-de-Mudan%C3%A7as-Globais-SETEM-550822728310885/>

LabGAMA - <https://www.facebook.com/labgamaufac/>

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A prática do uso do fogo ainda é uma tecnologia amplamente utilizada e essencial em muitas regiões da Amazônia. No entanto o seu uso tem uma serie efeito negativos que devem ser considerados na busca de um manejo adequado. Prejuízos podem ser de natureza econômica, social e biológica. Em termos econômicos temos danos a estrutura física de bem feitorias e áreas produtivas das propriedades. No campo social a principal impacto é no aumento da incidência das enfermidades das vias respiratórias. E, termos biológicos a perda da biodiversidade de flora e fauna é o principal problema. Na atualidade, em um cenário de aumento da incidência de eventos extremos, principalmente seca, esses impactos tendem a ser potencializados.

Neste contexto é necessário a implementação de ações que permitam a mitigação, a adaptação e o manejo dos impactos do fogo. Para tanto é necessário, inicialmente, a produção de dados que subsidiem um diagnóstico preciso dos impactos do fogo. Além disso é necessário dimensionar o real impacto econômico, para a sociedade, advindo do uso indiscriminado do fogo. Conhecendo os impactos nas duas dimensões econômica

e ambiental será possível propor medidas adequadas de manejo e/ou desenvolvimento tecnológico. E por fim, mas não menos importante, é necessário elaborar uma estratégia de comunicação e difusão das informações, permitindo o empoderamento social e o livre acesso a dados e informações sobre o uso do fogo e seus impactos.

Além dos pontos discutidos neste artigo, ressaltamos dois pontos a mais que devem ser considerados em novos estudos para aumentar ainda mais o conhecimento sobre fogo de forma regional:

1. **Conhecer o risco:** Analisar e diagnosticar as queimadas e incêndios florestais, de maneira integrada com as dinâmicas sociais, de uso da terra e de transformação da paisagem e mudanças climáticas. O entendimento dos fatores que trazem maiores ameaças à ocorrência destes eventos permitirá uma melhor gestão do risco, apoiando os gestores na tomada de decisão. Também podem ser identificadas as áreas prioritárias para ações de mitigação e de combate dos incêndios.
2. **Educar e transformar:** o conhecimento do risco e impactos, seu monitoramento e sua comunicação devem ser baseados na integração dos conhecimentos técnicos com os saberes locais. Para isso, uma estratégia que envolva as comunidades escolares e populações em áreas-chave devem fazer parte do processo de entendimento da problemática, assim como parte da solução para evitar que novos eventos ocorram. Para garantir isso, identifica-se que é necessário um grande investimento de recurso financeiros, assim como que exista facilidades de ações interinstituições e entre países.

REFERÊNCIAS

1. Carvalho, E. S., Silva, L. A., Souza, M. L. de L. & Mello, R. de A. Técnicas de prevenção de fogo accidental método bom manejo de fogo para áreas de agricultura familiar. (IPAM, 2007).
2. Aragão, L. E. O. C. & Shimabukuro, Y. E. The incidence of fire in Amazonian forests with implications for REDD. *Science* 328, 1275–1278 (2010).
3. Lewis, S. L., Brando, P. M., Phillips, O. L., Heijden,

G. M. F. van der & Nepstad, D. C. The 2010 Amazon drought. *Science* 331, 554–554 (2011).

4. Chen, Y., Velicogna, I., Famiglietti, J. S. & Randerson, J. T. Satellite observations of terrestrial water storage provide early warning information about drought and fire season severity in the Amazon. *J. Geophys. Res. Biogeosciences* 118, 495–504 (2013).
5. Mendonça, M. J. C. et al. The economic cost of the use of fire in the Amazon. *Ecol. Econ.* 49, 89–105 (2004).
6. Smith, L. T., Aragão, L. E. O. C., Sabel, C. E. & Nakaya, T. Drought impacts on children's respiratory health in the Brazilian Amazon. *Sci. Rep.* 4, (2014).
7. Campanharo, W. A., Lopes, A. P., Anderson, L. O., da Silva, T. F. M. R. & Aragão, L. E. O. C. Translating Fire Impacts in Southwestern Amazonia into Economic Costs. *Remote Sens.* 11, 764 (2019).
8. Barlow, J. et al. Anthropogenic disturbance in tropical forests can double biodiversity loss from deforestation. *Nature advance online publication*, 1–17 (2016).
9. Nepstad, D. C. et al. Large-scale impoverishment of Amazonian forests by logging and fire. *Nature* 398, 505–508 (1999).
10. Alencar, A., Solorzano, L. A. & Nepstad, D. C. Modeling forest understory fires in an eastern amazonian landscape. *Ecol. Appl.* 14, 139–149 (2004).
11. Silvestrini, R. A. et al. Simulating fire regimes in the Amazon in response to climate change and deforestation. *Ecol. Appl.* 21, 1573–1590 (2010).
12. Uriarte, M. et al. Depopulation of rural landscapes exacerbates fire activity in the western Amazon. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 201215567 (2012). doi:10.1073/pnas.1215567110
13. Fonseca, M. G. et al. Climatic and anthropogenic drivers of northern Amazon fires during the 2015/2016 El Niño event. *Ecol. Appl. Publ. Ecol. Soc. Am.* (2017). doi:10.1002/eap.1628
14. Fonseca, M. G. et al. Modelling fire probability in the Brazilian Amazon using the maximum entropy method. *Int. J. Wildland Fire* 25, 955–969 (2016).
15. Armenteras, D., González, T. M. & Retana, J. Forest fragmentation and edge influence on fire occurrence and intensity under different management types in Amazon forests. *Biol. Conserv.* 159, 73–79 (2013).
16. Numata, I. & Cochrane, M. A. Forest Fragmentation and Its Potential Implications in the Brazilian Amazon between 2001 and 2010. *Open J. For.* 2, 265–271 (2012).
17. Armenteras, D., Barreto, J. S., Tabor, K., Molowny, R. & Retana, J. Changing patterns of fire occurrence in proximity to forest edges, roads and rivers between NW Amazonian countries. *Biogeosciences Discuss* 2017, 1–29 (2017).
18. Morello, T. et al. Fire, tractors and health in the Amazon: a cost-benefit analysis of fire policy. in (2018).
19. Morton, D. C. et al. Mapping canopy damage from understory fires in Amazon forests using annual time series of Landsat and MODIS data. *Remote*

- Sens. Environ. 115, 1706–1720 (2011).
20. Numata, I., Cochrane, M.A. & Galvão, L. S. Analyzing the impacts of frequency and severity of forest fire on the recovery of disturbed forest using Landsat time series and EO-1 Hyperion in the southern Brazilian Amazon. *Earth Interact.* 15, 1–17 (2011).
 21. Vasconcelos, S. S. de et al. Forest fires in southwestern Brazilian Amazonia: Estimates of area and potential carbon emissions. *For. Ecol. Manag.* 291, 199–208 (2013).
 22. Cots, R. Old-growth rainforest affected by fire in Pando-Bolívia. (2007).
 23. Alencar, A., Nepstad, D. C. & Diaz, M. del C.V. Forest understory fire in the Brazilian Amazon in ENSO and Non-ENSO years: area burned and committed carbon emissions. *Earth Interact.* 10, 1–17 (2006).
 24. Anderson, L. O. et al. Disentangling the contribution of multiple land covers to fire-mediated carbon emissions in Amazonia during the 2010 drought. *Glob. Biogeochem. Cycles* 29, 1739–1753 (2015).
 25. Andreae, M. O. et al. Smoking rain clouds over the Amazon. *Science* 303, 1337–1342 (2004).
 26. Sato, L.Y. et al. Post-Fire Changes in Forest Biomass Retrieved by Airborne LiDAR in Amazonia. *Remote Sens.* 8, 839 (2016).
 27. Longo, M. et al. Aboveground biomass variability across intact and degraded forests in the Brazilian Amazon. *Glob. Biogeochem. Cycles* 30, 2016GB005465 (2016).
 28. Silva, C.V.J. et al. Drought-induced Amazonian wildfires instigate a decadal-scale disruption of forest carbon dynamics. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 373, 20180043 (2018).
 29. Silva, S. S. Dinâmica dos incêndios florestais no Estado do Acre. (National Institute of Amazonian Research & Universidade Federal do Acre, 2017).
 30. Barlow, J. B. & Peres, C.A. Fire-mediated dieback and compositional cascade in an Amazonian forest. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 363, 1787–1794 (2008).
 31. Dalagnol, R., Wagner, F. H., Galvão, L. S., Nelson, B.W. & Aragão, L. E. O. e C. de. Life cycle of bamboo in southwestern Amazon and its relation to fire events. *Biogeosciences Discuss.* 1–28 (2018). doi:<https://doi.org/10.5194/bg-2018-207>
 32. Carvalho, A. L. et al. Bamboo-dominated forests of the southwest Amazon: detection, spatial extent, life cycle length and flowering waves. *PLOS ONE* 8, 1–13 (2013).