

Análise temporal de focos de calor no Acre: padrões e distribuição

Márcio Chaves da Silva ¹
Lucas Vieira Lemos Romeu ¹
Symone Maria de Melo Figueiredo ²

¹ Universidade Federal do Acre - Centro de Ciências Biológicas e da Natureza
Campus Universitário Reitor Áulio Gélío Alves de Souza - Rodovia BR 364, nº 6637 (Km 04)
Distrito Industrial, Rio Branco-Acre
Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal
m.chaves_@hotmail.com ¹

¹ Universidade Federal do Acre - Centro de Ciências Biológicas e da Natureza
Campus Universitário Reitor Áulio Gélío Alves de Souza - Rodovia BR 364, nº 6637 (Km 04)
Distrito Industrial, Rio Branco-Acre
Bacharelado em Engenharia Florestal
lucas.romeu14@gmail.com ¹

² Universidade Federal do Acre - Centro de Ciências Biológicas e da Natureza
Campus Universitário Reitor Áulio Gélío Alves de Souza - Rodovia BR 364, nº 6637 (Km 04)
Distrito Industrial, Rio Branco-Acre
symone.figueiredo@ufac.br ²

Resumo. Objetivou-se neste estudo investigar a ocorrência de focos de calor numa análise temporal de dez anos, analisando os padrões de distribuição espacial e tendências ao longo do tempo, para o fim de gerar informações e subsidiar o planejamento e gestão ambiental no estado do Acre. A aquisição dos dados de foco de calor do satélite AQUA-MT foi realizada no banco de dados online do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) no período compreendido entre os anos de 2008 a 2017 e posteriormente empregado técnicas de SIG para a criação de uma superfície de densidades, utilizando o estimador de Kernel. Os resultados demonstraram que os focos de calor aumentaram gradualmente no período de dez anos avaliados e seguiram o padrão espacial compatível com as principais vias de acesso (terrestre e fluvial) em áreas onde predominam as atividades agropecuárias e concentrados no período de menor precipitação pluviométrica. Conclui-se que as ocorrências de focos de calor no estado se intensificam nos períodos secos, aumentaram na última década e seguiram o padrão de expansão da fronteira agrícola e das vias de acesso.

Palavras-chave: geotecnologias, focos de calor, políticas públicas, fronteira agrícola, vias de transporte.

Abstract. The objective of this study was to investigate heat patterns in the 10-year temporal analysis, analyzing spatial distribution patterns and trends over time, in order to generate information and subsidize environmental planning and management in the state of Acre. AQUA-MT was carried out in the online database of the National Institute of Space Research (INPE) in the period from 2008 to 2017 and after the launch of GIS techniques for the creation of a density surface using the kernel estimator. The results of the analysis of the warming factors gradually increased over a ten year period and the pattern was selected as the main access roads (terrestrial and fluvial) in areas where agriculture and livestock activities predominate and concentrated in the period of lower pluviometric rainfall. It concludes that the occurrences of heat sources have not been intensified, increased the last and the continuation of the expansion of the border and the access routes.

Keywords: geotechnology, hot spots, public rules, agricultural frontier, transport routes.

1. Introdução

A expansão da fronteira agrícola, extração madeireira, desmatamento e os percussores do aumento do aquecimento global, que vem sobrevivendo nas últimas décadas de maneira acelerada, tem afetado a floresta e sua resistência natural ao fogo, principalmente com a decorrência de períodos maiores de estiagem e maior número de focos de calor. Os processos antrópicos, no uso do fogo e práticas que o favoreçam, juntamente com os efeitos gerados pelas mudanças climáticas têm afetado as condições ambientais e proporcionalmente o uso da terra, influenciado pelas fontes e o aumento da ocorrência de fogo (Nepstad et al., 1999, 2008). Com isso a ocorrência de focos de calor tem aumentado e impactado a região amazônica, criando um cenário de áreas degradadas e cada vez mais susceptíveis a novos possíveis incêndios.

O uso e cobertura do solo é composta de dois termos dos quais não partilham do mesmo sentido, mas que frequentemente são utilizados como tendo a mesma definição (Dimiyati et al., 1996). A identificação das alterações no uso e cobertura do solo, ocorridas ao longo do tempo, devido a atividades antrópicas são de grande importância para um melhor planejamento e gestão dos recursos naturais.

Na Amazônia, o Acre se tornou pioneiro na adoção de políticas públicas voltadas para o desenvolvimento sustentável e redução do desmatamento. Desde o movimento dos seringueiros, castanheiros e povos indígenas nas décadas de 1970 e 1980 estas políticas são abordadas no Estado, o que explica a queda do desmatamento antes do restante da Amazônia Legal, os povos da floresta organizaram-se para reivindicar direitos e combater o desmatamento causado pela expansão da pecuária ao longo da rodovia BR-364 (WWF, 2013). A Lei Nº 1.426, de dezembro de 2001, aborda a preservação e conservação das florestas do Estado do Acre, cria o Conselho Florestal Estadual e o Fundo Estadual de Florestas, além de outras providências. O que preconiza a preocupação do Governo Estadual Acreano com o meio ambiente.

A Secretaria de Estado de Meio Ambiente - SEMA, juntamente com o Instituto de Meio Ambiente do Acre - IMAC, têm a responsabilidade da gestão ambiental, e realiza ações periodicamente quanto as alterações da cobertura vegetal no Estado. Para tal é utilizado ações por vias terrestres e uso de séries temporais de imagens de satélites com uso de técnicas de geotecnologias, com objetivo de localizar e também quantificar focos de calor, assim potencializando ações no controle ambiental.

O desenvolvimento das atividades antrópicas no Estado do Acre, principalmente ao leste do Estado, tem como principal objetivo o desenvolvimento da agropecuária e agricultura itinerante, afetando os elementos constituintes das paisagens. Os focos de calor surgem principalmente no sentido de expansão agrícola e conversão de floresta para pastagem e prática da pecuária (Plese et al., 2013). Nas últimas décadas estes focos de calor têm aumentado, embora o estado venda a ideia do desenvolvimento florestal sustentável, a SEMA e o IMAC não tem conseguido reduzir este fenômeno. A expansão agropecuária juntamente com a falta de

incentivo governamental aos produtores e pouco apoio aos órgãos fiscalizadores, vem favorecendo a perda de floresta e o aumento dos focos de calor, principalmente nas frentes de expansão e desenvolvimento.

A utilização de séries temporais de dados de satélites e técnicas de geoprocessamento constitui uma valiosa fonte de informação, sendo imprescindível sua utilização para a gestão ambiental e execução de atividades que minimizem os impactos destes fatores no Acre. Desta forma, além do uso no território acreano, espera-se avaliar a possibilidade de aplicação da metodologia em outros estados ou biomas, como é o caso do Pantanal e o Estado de Mato Grosso que, de acordo com o INPE (2018) com dados do satélite AQUA_M-T do mês de julho, no ano de 2018 já ultrapassa os 6 mil focos de calor.

2. Objetivo

O objetivo deste trabalho é investigar a ocorrência de focos de calor numa análise temporal de dez anos no Estado do Acre, analisando os padrões de distribuição espacial e suas tendências para o fim de gerar informações e subsidiar o planejamento e a gestão ambiental do Estado e outras regiões.

3. Material e Métodos

3.1 Áreas de estudo

O Estado do Acre, **Figura 1**, está na região norte do Brasil, no sudoeste da Amazônia e fazendo fronteira internacional com dois países, a Bolívia e o Peru. O Estado está inserido na bacia amazônica, possui uma extensão de 152.581 km² e uma população de 829.610 habitantes (ZEE, 2010).

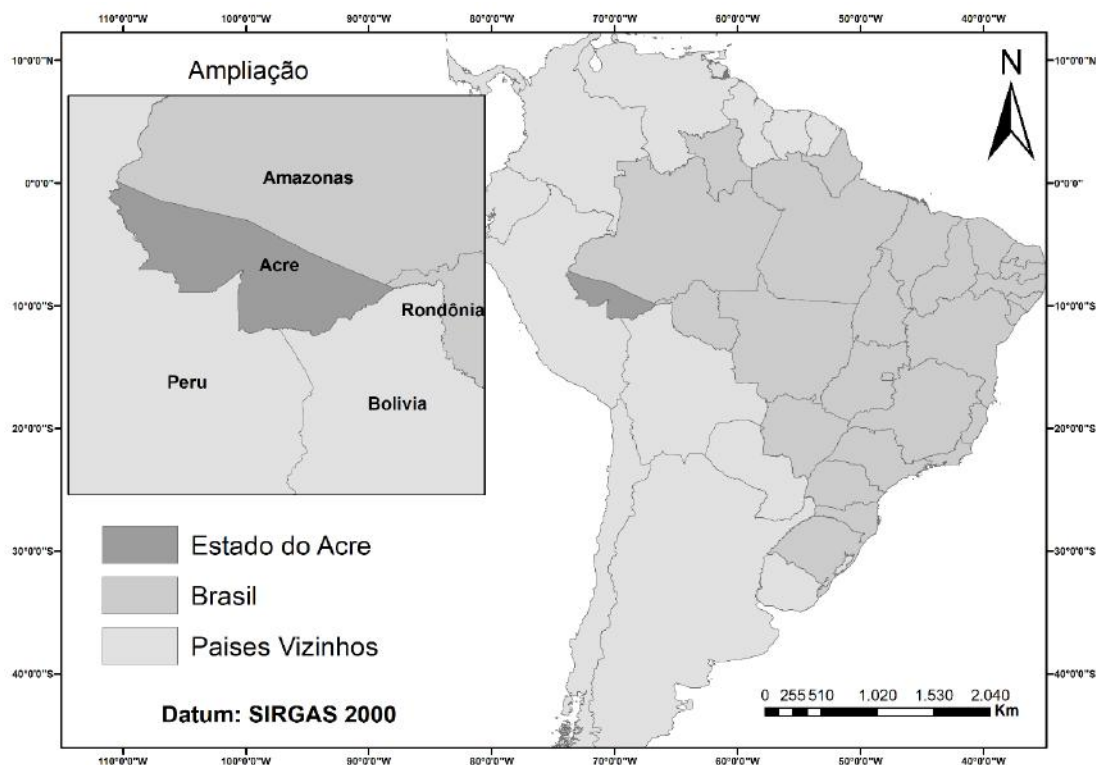


Figura 1. Estado do Acre no Brasil. Fonte: IBGE, 2018.

O Estado está situado em planalto com altitude média de 200 metros, está situado entre as latitudes de 07°07S e 11°08S, e as longitudes de 66°30 W e 74°WGr no sudoeste da Amazônia brasileira (ZEE, 2010).

O clima do Acre é quente e úmido com duas estações: seca e chuvosa. A estação seca estende-se de maio a outubro e é comum ocorrer “friagens”, fenômeno efêmero, porém muito comum na região. A estação chuvosa é caracterizada por chuvas constantes, que se prolongam de novembro a abril. A umidade relativa apresenta-se com médias mensais em torno de 80-90% com níveis elevados durante todo o ano (Duarte, 2006).

Os totais pluviométricos anuais variam entre 1600 mm e 2750 mm, e tendem a aumentar no sentido Sudeste-Noroeste. As precipitações, na maior parte do estado, são abundantes e sem uma estação seca nítida. Os meses de junho, julho e agosto são os menos chuvosos. A temperatura média anual fica em torno de 24,5 °C, mas a máxima pode ficar em torno de 32 °C. A temperatura mínima varia de local para local em função da maior ou menor exposição aos sistemas extratropicais (Duarte, 2006).

3.2 Procedimentos Metodológicos

3.2.1 Bases de Dados

Os dados para localização do país, estado, vias terrestres e principais rios foram adquiridos na base do Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE), enquanto que para o levantamento e quantificação das queimadas no Estado do Acre, foram adquiridos os dados no banco digital do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), como pontos de incidência de cada foco, produto do satélite AQUA_M-T, dos anos de 2008 a 2017. Todos no formato *shapefile*, e importados para ambiente SIG utilizando-se o programa ArcMap 10.5 (versão gratuita para estudantes), com Sistema de Referência de Coordenadas definido em SIRGAS2000.

Para análise de intensidade da distribuição dos focos de calor nos anos de estudo, utilizou-se o estimador de densidade de Kernel, para visualizar as regiões de incidências de focos de calor de forma escalar, e assim, definir padrões. Os mapas dos principais rios e rodovias foram processados e intersectados com os resultados alcançados.

Adaptou-se metodologia aplicada nos trabalhos de Oliveira et al., (2017), e Ferreira e Antonucci, (2015). Onde, para análise dos focos de calor (queimadas), foram obtidos dados anuais restritos ao período em questão, exclusivos ao Estado do Acre, gerando uma nuvem de pontos com informações regulares, servindo de base para confecção dos mapas de densidade com o estimador de densidade kernel, disponível na ferramenta *Spatial Analyst*.

O estimador de densidade kernel aplica uma função matemática de 1 a 0 na posição do ponto, criando uma delimitação circular ao redor de cada ponto da amostra, a partir do seu raio de influência (Souza et al., 2013; Ferreira e Antonucci, 2015). Para identificação das regiões de concentração dos focos de queimadas, classificou-se em 5 níveis distintos de densidade kernel, variando a sua tonalidade, sendo: Muito baixa (branco), Baixa (verde), Moderada (amarelo), Alta (laranja) e Muito alta (vermelho). Elaborou-se mapas temáticos, registrando estes traços de focos de calor em mapas políticos do Estado, possibilitando melhor interpretação dos resultados para subsidiar as análises e comparar com os dados.

3.2.2 Integrações dos dados para análise

Os mapas de queimadas foram agrupados anualmente e analisados, comparando os mapas de focos de calor com os mapas de rodovias e principais rios e os dados de precipitação, por meio do procedimento de interseção e identificação dos focos do período de 2008 a 2017.

Assim, pode-se realizar as quantificações e predeterminar padrões de classes de focos de calor e os locais destes focos durante o período em questão, juntamente com as principais vias de acesso do Estado e frente da expansão da fronteira agrícola, com o intuito de evidenciar que o fator fogo está intimamente associado as vias de locomoção e com a expansão agrícola. A partir dos resultados gerados e seu confronto com informações disponibilizadas em referências bibliográficas foram realizadas as análises e discussão.

4. Resultados e Discussão

4.1 Distribuições das vias de transporte

No Acre existem duas principais maneiras de locomoção, sendo elas, por vias terrestres (rodovias, estradas, ramais) e vias aquáticas (inúmeros rios, igarapés e afluentes), onde consequentemente estas se tornam frentes de expansão agropecuária e de pontos de queimadas. Na **Figura 2**, observa-se que a BR-364 interliga os municípios acreanos no sentido leste-oeste, apresentando ramificações no setor leste do Estado, sendo a área com mais acessos via terrestre, enquanto na **Figura 3**, existe grande número de rios e ramificações no sentido norte-sul, sendo perpendicular as vias terrestres.

Desta forma ressalta-se que para a locomoção e expansão da fronteira agrícola no território acreano é necessário utilizar-se dos dois principais meios de locomoção, uma vez que, algumas áreas no sul do território só são acessíveis por meio dos rios, principalmente na parte sul-central e sudoeste. Assim, não seria surpresa se a porção territorial mais ao norte, onde encontram-se os acessos por terra, apresentem os maiores focos de calor.

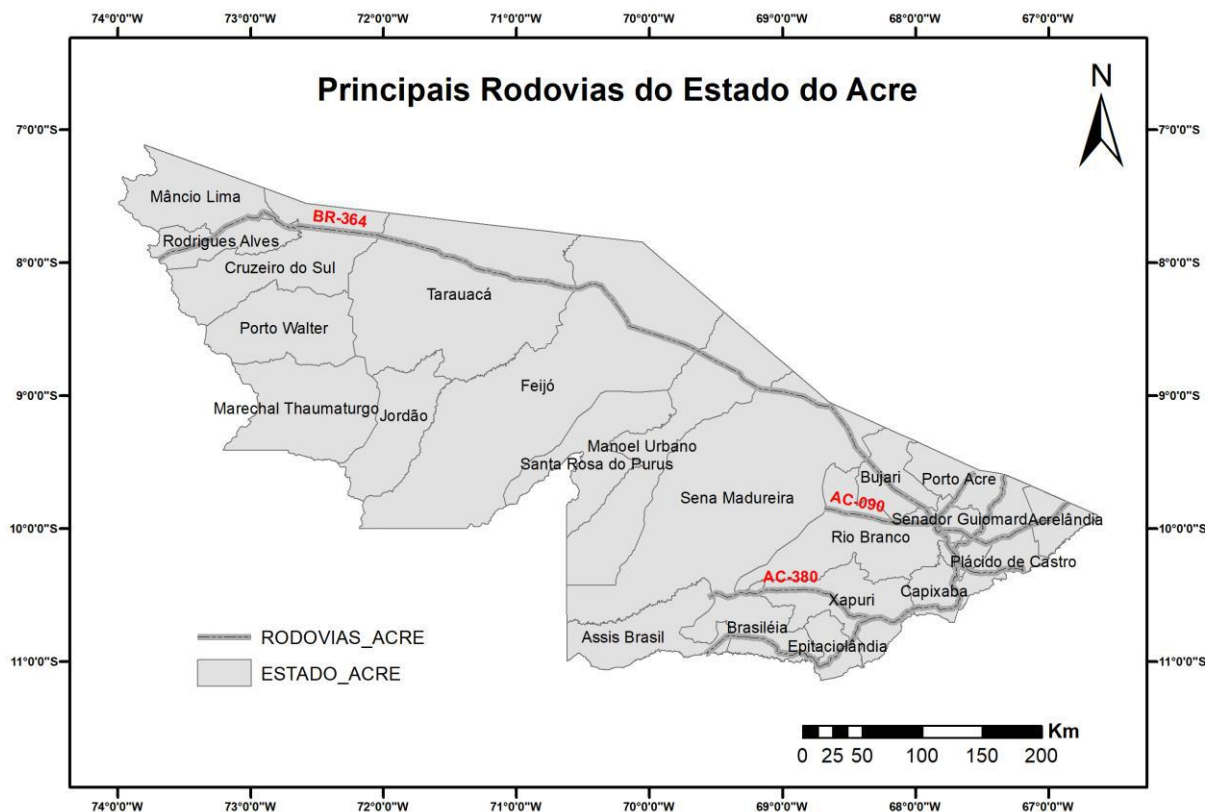


Figura 2. Principais rodovias do Estado do Acre.

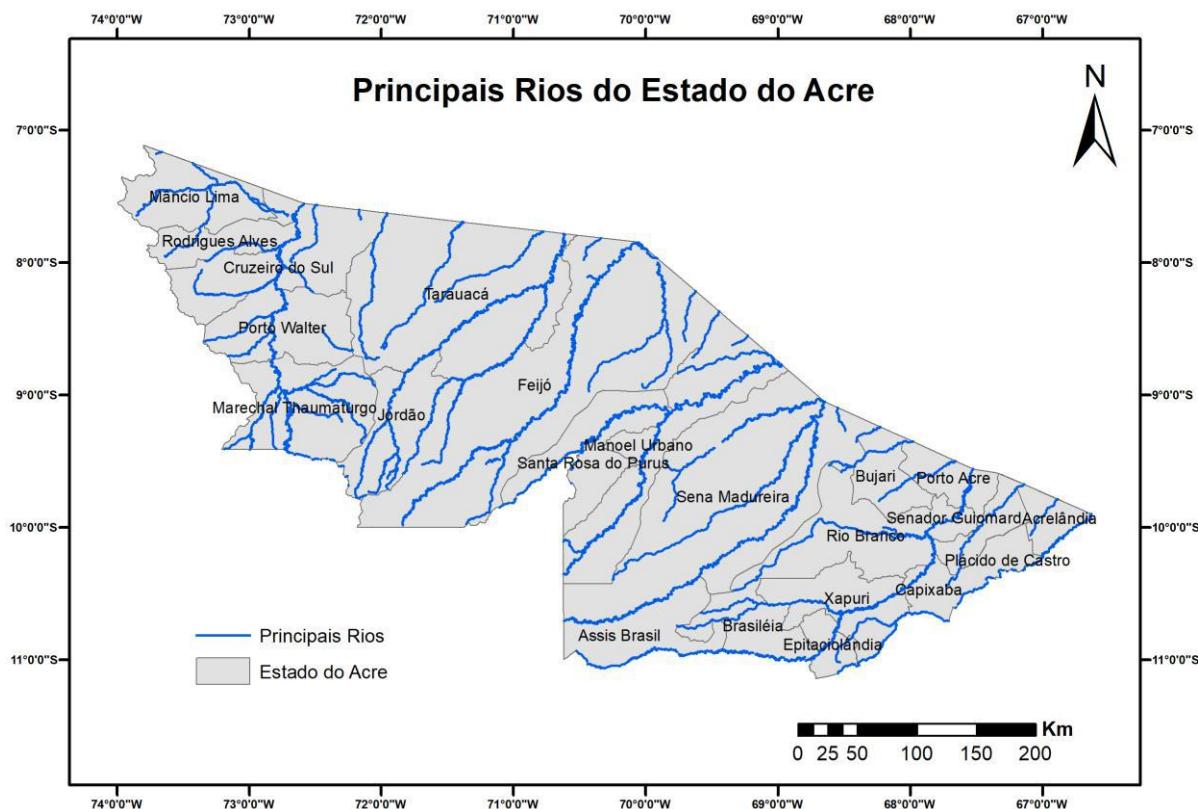


Figura 3. Principais rios do estado do Acre.

4.2 Usos do satélite AQUA_M-T para o estudo

Desde agosto de 2007 o Satélite AQUA_M-T é tido como satélite referência, cujos dados são usados para compor séries temporais anuais, permitindo a análise de tendências nos números de focos em determinada região e período de tempo, mesmo sendo satélite referência, a relação foco x queimada não é direta nas imagens. Um foco indica fogo em um pixel, que pode variar de 1x1km até 5x4km, o que conta apenas como um único foco, mesmo que existam outros dentro desta área, e quando a queimada é de grande porte vários pixels são detectados, formando vários focos dentro de uma mesma queimada. O erro na localização dos focos de queimada, apresentados em trabalhos de validação, indicam que o erro na média é ~0,4 km, com desvio padrão de ~3 km. Cerca de 80% dos focos estão em um raio de 1 km das coordenadas indicadas (IBAMA, 2016).

Desta forma, visto que o satélite apresenta grande imprecisão na determinação da área do foco, não seria recomendado para análise de áreas pequenas. Porém, como o presente estudo leva em conta todo o território acreano e extensas áreas lineares de vias terrestres e aquáticas, a imprecisão não se torna empecilho, também tendo uso para estudos de bioma, como por exemplo o Pantanal.

4.3 Ocorrências de queimadas

No período de 2008 a 2017, o maior número de focos de calor ocorreu no ano de 2017 (**Figura 4**), de modo que os valores referentes aos números de queimadas após 2011 aumentaram de forma gradual, apenas em 2009 houve redução quando comparado a 2008, e no ano de 2011 que reduziu-se comparado a 2010. Mas explica-se o atípico ano de 2010 com a ocorrência de um evento climático extremo, o El Niño, que aumentou o número de focos de calor, devido à baixa taxa de precipitação e baixa umidade.



Figura 4. Quantidade total de focos de calor no estado do Acre para período de dez anos.

No Estado do Acre, ao longo dos dez anos analisados (2008-2017), foram registrados pelo satélite AQUA_M-T um número de 41.264 focos de calor, tendo assim, média neste período de 4.126,4 focos de calor/ano. Ao observar a **Figura 5**, conclui-se que esses focos de calor desenvolvem um padrão, e que embora ao longo dos anos o número de focos tenha variado e o local de maior incidência também, eles ainda assim seguem um mesmo padrão.

Os focos de calor nos últimos dez anos cresceram significativamente. Se comparados os anos de 2008 e 2017, têm-se um aumento de aproximadamente 250%, visto que em 2008 ocorreram um total de 2.808 focos de calor e em 2017 foram registrados 7.029 focos, o que evidencia o crescimento alarmante dos focos de queimadas para um Estado com política florestal definida.

Na **Figura 5**, ficam evidentes os padrões de distribuição dos focos de calor, principalmente em relação a **Figura 2**, onde comparamos com as principais rodovias que interligam o Estado. Observa-se também que os focos seguem pelos principais rios, destacando-se aqueles que servem como meio de navegação para cidades do interior, na parte central e oeste do Acre. Destaque para a parte leste do território acreano e dos municípios vizinhos a capital, que concentram a maior parte dos focos de calor.

Ainda observando a **Figura 5**, considerando o período avaliado têm-se que para a parte leste os incêndios mantiveram-se numerosos e constantes e na parte central e Oeste houve um aumento progressivo no número de incêndios.

No entanto, estes focos de calor estão concentrados em alguns meses do ano, principalmente pela baixa precipitação nas épocas secas, e também pela parte cultural das comunidades locais residentes, que fazem a prática da queimada para limpeza do solo no período seco para posterior cultivo no período chuvoso.

Ao observarmos a **Figura 6**, fica evidente o aumento do número de focos de incêndios com a diminuição da precipitação, justamente nos meses de maior quantidade de focos de calor (julho, agosto, setembro e outubro), na média mensal do período avaliado, ocorre também o menor volume de chuva, ou seja, nesta época do ano a concentração dos registros de focos de calor estão claramente ligados ao período de menor precipitação.

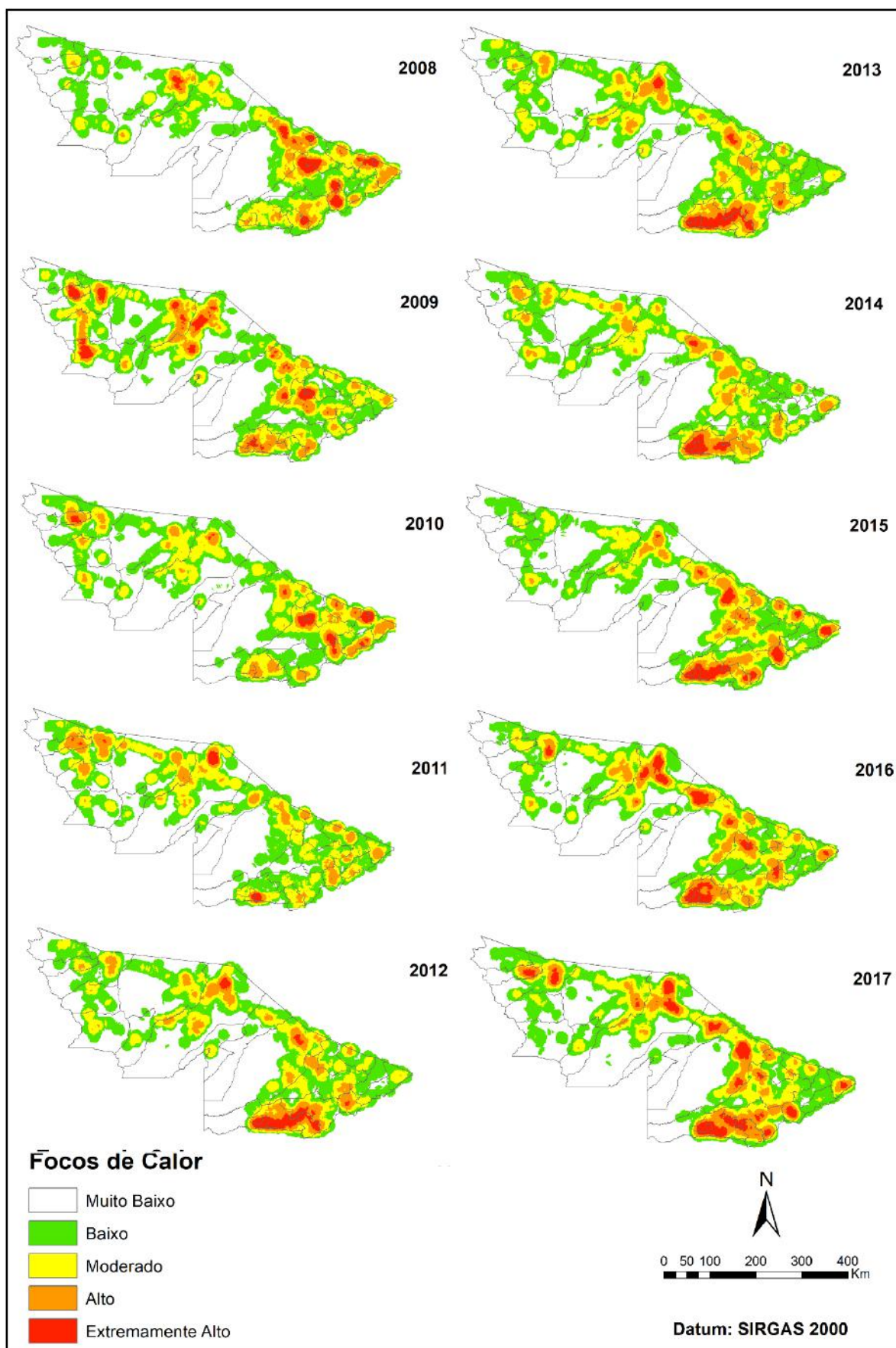


Figura 5. Análise temporal dos incêndios no Acre no período de dez anos.

Representações gráficas para o Estado do Acre: Focos de queimadas e Precipitação

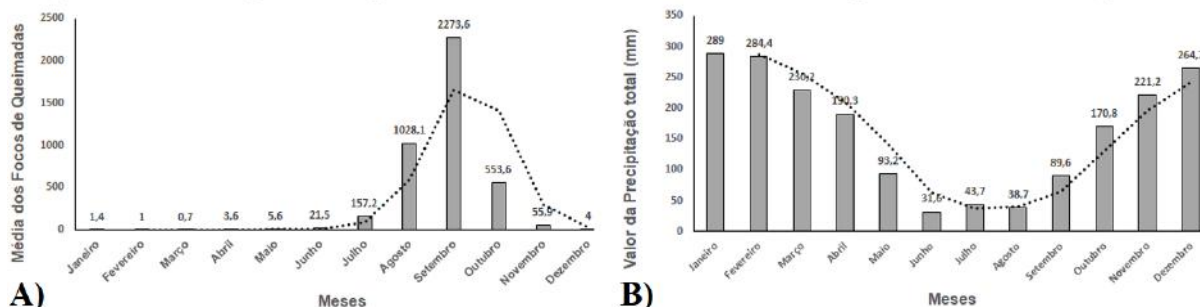


Figura 6. Representação gráfica para o Estado do Acre. Comportamento dos focos de queimadas (A) e de precipitação acumulada (B) na média mensal durante os dez anos de estudo.

A quantidade de queimadas está relacionada a vários fatores, sendo eles temperatura, precipitação e umidade. Neves et al. (2011), ao analisarem as características do clima do Estado do Acre identificaram que o menor índice de precipitação ocorreu no mês de agosto, considerando o período analisado que foi de 2008 a 2017. Verificaram que período de seca no território acreano são de 4 meses (junho a setembro) sendo mais intenso nos meses de junho, julho e agosto. A seca torna a vegetação mais vulnerável ao fogo, devido a fatores como baixa umidade e ausência de chuvas (Bond et al., 2005).

Rossato et al. (2004), corroboram que o percentual de armazenamento de água no solo é baixo entre os meses de julho, agosto e setembro, associando ao período em que ocorre a diminuição da precipitação e o aumento da evapotranspiração e focos de calor.

Miranda et al. (2018), em um estudo sobre distribuição de queimadas e mudanças na cobertura vegetal e uso da terra, no bioma Pantanal, constata que o pico de queimadas ocorre nos meses mais secos do ano quando a precipitação tem menor influência, decorrentes do uso da terra para a pecuária. Ainda sugere que sejam adotadas estratégias para o monitoramento do bioma Pantanal, exemplificando o que ocorre no bioma Amazônia.

5. Conclusões

A tecnologia de obtenção de dados e programas para conversão dos dados em informações práticas ajudam cada dia mais a tomada de decisões nos diferentes problemas que enfrentam um Estado, neste caso não foi diferente. A análise dos focos de calor por meio de imagens de satélite para Estado do Acre se mostra eficiente, onde a política de sustentabilidade é exacerbadamente citada como prioridade. No entanto, os dados anuais do período em questão não traduzem a expectativa, quando ocorreram aumentos significativos de queimadas nas linhas de expansão agrícola e das atividades antrópicas de forma desregulada nas margens das vias terrestres e aquáticas, expondo um problema que tende a aumentar cada vez mais. Técnicas para controle de queimadas devem ser estudadas, principalmente para os períodos de seca, e as análises de comportamento do fogo mostram-se essenciais, não podendo ser ignorado tamanho crescimento dos valores ao decorrer dos anos, uma vez que, este não é apenas um assunto florestal, mas influencia também na saúde e bem-estar dos habitantes locais.

6. Referências

- Alencar, A., G. P. Asner, D. E. Knapp, and D. J. Zarin. 2011. Temporal variability of forest fires in eastern Amazon. *Ecological Application* 21:2397-2412.
- Bond, W. J., Woodward, F. I., Midgley, G. F. The global distribution of ecosystems in a world without fire. *New Phytologist*, v. 165, n. 2, p. 525-538, 2005.

- Dimiyati, M., Mizuno, K., Kitamura, T., 1996. **An analysis of land use/cover change using the combination of MSS Landsat and land use map: a case study in Yogyakarta, Indonesia**. Inter. J. Rem. Sen. 17, 931–944.
- Duarte, A. F. Aspectos da climatologia do Acre, Brasil, com base no intervalo 1971-2000. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, n. 3b, p. 308-317, 2006.
- El-Asmar, H. M.; Luciano, A. C. S.; Silva, J. S. V.; Neves, S. M. A. S. **Revista GeoPantanal**, Corumbá/MS, n. 16, p. 57-75, jan/jun. 2014.
- Ferreira, L.; Antonucci, B. Tema: **Monitoramento Ambiental Título: Focos De Calor Em Terras Indígenas Do Estado De Rondônia**. p. 1–8, 2015.
- Guia para o uso da terra acreana com sabedoria: Resumo educativo do Zoneamento Ecológico-Econômico do Acre: fase II (escala 1: 250.000) Rio Branco: **Secretaria de Estado de Meio Ambiente do Acre**, 2010. 152p.: il.
- IBAMA. **Monitoramento de queimadas em imagens de satélites**. Publicado: Terça, 13 de dezembro de 2016, 17h36. Disponível na biblioteca digital: <http://ibama.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=785&Itemid=697>. Acesso em: 17 Jul. 2018.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Microrregiões**. Disponível em: <<http://www.ngb.ibge.gov.br/Default.aspx?pagina=micro>>. Acesso em: 13 jun. 2016.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Programa Queimadas/Monitoramento por Satélite. **Relatório Diário Automático – 30/jul/2018**. Disponível em: <http://prodwww-queimadas.dgi.inpe.br/cadastro.novo/relatorios/relatorio-diario-automatgico#grafico_focos_estado_ano>. Acesso em: 30 jul. 2018.
- Miranda, M.R.S.; Neves, L.F.S.; Kreitlow, J.P.; Neves, S. M. A. S.; Neves, R. J. **Distribuição de queimadas e mudanças na cobertura vegetal e uso da terra no bioma Pantanal, Cáceres-Brasil**. Caminhos de Geografia. Uberlândia – MG. v. 19, n. 65, p. 91–108. 2018.
- Nepstad, D. C.; Stickler, C. M.; Filho, B. S.; Merry, F. Interações entre o uso da terra, florestas e clima na Amazônia: perspectivas para um ponto de inflexão da floresta no curto prazo. **Transações Filosóficas da Royal Society B: Ciências Biológicas**. 2008; 363 (1498): 1737-1746. doi: 10.1098 / rstb.2007.0036.
- Nepstad, D. C., A. Moreira & A. A. Alencar. 1999. **A Floresta em Chamas: Origens, Impactos e Prevenção de Fogo na Amazônia. Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil, Brasília, Brasil**. 202p.; il.
- Neves, S. M. A. S.; Nunes, M. C. M.; Neves, R. J. Caracterização das condições climáticas de Cáceres/MT Brasil, no período de 1971 a 2009: subsídio às atividades agropecuárias e turísticas municipais. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 31, n. 2. p. 55-68, 2011.
- Oliveira, U. C.; Oliveira, P. S. de. Mapas de Kernel como à Gestão Ambiental: Análise dos Focos de Calor na Bacia Hidrográfica do R Subsídio Acaraú, Ceará, nos Anos 2010 a 2015. **Espaço Aberto**, v. 7, n. 1, p. 87–99, 2017.
- Plese, L. P. de M. Áreas degradadas da Amazônia: ações antrópicas e a degradação ambiental / Luís Pedro de Melo Plese... (et al.). – Rio Branco: **Proin – IFAC**, 2013. 118 p.
- PNUD. **Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. (2015). Desenvolvimento Humano e IDH**. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/atlas/ranking/Ranking-IDHM-Municipios-2010.aspx>>. Acesso em: 12 fev. 2018.
- Rossato, L.; Alvalá, R. C. S.; Tomasella, J. Variação espaço-temporal da umidade do solo no Brasil: análise das condições médias para o período de 1971-1990. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 19, n. 2, p. 113-122, 2004.
- Souza, N. P. de; Silva, E. M. G. C; Teixeira, M. D; Leite, L. R; Reis, A. A. dos; Souza, L. N. de; Junior, F. W. A; Resende, T. A. Aplicação do estimador de densidade Kernel em Unidades de Conservação na bacia do Rio São Francisco para análise de focos de desmatamento e focos de calor. In: **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, PR. 2013.
- World Wildlife Foundation. **O sistema de incentivos por serviços ambientais do estado do Acre, Brasil**. 2013.