

## Mapeamento e distribuição espacial de focos de calor em anos de secas severas no sul da Amazônia, Brasil.

Pamela Thuyany Maria Araújo  
Symone Maria de Melo Figueiredo

Universidade Federal do Acre – UFAC  
Caixa Postal 500 – 69915-900–Rio Branco -AC, Brasil.  
pamelathuyany07@gmail.com  
symone\_ac@yahoo.com.br

**Abstract.** The fires that occur each year pose a serious risk to Amazonian ecosystems and human health and cause economic damage to society. The goal of this study was to spatially analyze the regions in Acre state with the highest concentration of hot pixels, considering the political boundaries, access roads and land structure. We selected hot pixels for the years 2005, 2010 and 2016, in which occurred a prolonged dry season and an associated increase in fires. The data were generated from images of Aqua-M-T satellite sensors provided by the National Institute for Space Research (INPE). Spatial analysis of the regions with the highest incidence of fires was done using the kernel density estimator. The INCRA settlement and colonization projects are the areas that concentrate the highest density of hotspots. The spatial distribution of hot spots followed the main highways in Acrean territory and near urban areas the density was higher. The Chico Mendes Extractive Reserve deserves greater attention from environmental authorities due to its high density of hot pixels. This approach has the potential to guide public policy in areas of increased fire risk s and in enforcement actions.

**Palavras-chave:** Kernel Estimator, burned, estimador de Densidade de Kernel, queimadas, Acre.

### 1. Introdução

A utilização do fogo pelo homem de maneira produtiva tornou-se um grande passo para a construção da civilização. No entanto seu uso nem sempre se torna uma ferramenta de uso sustentável. De acordo com Soares Ronaldo e Santos (2002), dentre os vários agentes que afetam os recursos naturais, o fogo parece ser o de maior calamidade. O mau uso desse recurso como no caso dos incêndios que ocorrem com frequência e com várias intensidades, causando inúmeros danos aos ecossistemas florestais. Têm importância ecológica fundamental devido sua influência sobre a poluição atmosférica, que têm impactos diretos e indiretos sobre os habitats e os ecossistemas. No cenário de mudanças climáticas, aumenta os efeitos negativos do fogo sobre a vegetação, solos e os valores humanos (Chuvieco et al. 2010).

Além disso, as plumas de fumaça avançam e se concentram sobre as cidades, em especial no estado do Acre, incluindo a capital Rio Branco, devido a circulação dos ventos atmosféricos. Nos meses mais secos do ano nessa região da Amazônia, quando aumenta os números de focos de calor, as crianças e idosos lotam os serviços de atendimento à saúde com problemas respiratórios.

Segundo Santos et al. (2006) para preservar o meio ambiente dos efeitos nocivos dos fogos incontrolados são essenciais políticas protecionistas adequadas às características de cada região. Para estabelecer essas políticas de controle e prevenção, faz-se necessário conhecer quando e porque ocorrem os incêndios. Desenhar e entender as dinâmicas desses focos de calor no decorrer do estado é de suma importância para criações de planos de trabalhos preventivos, corretivos e de fiscalização de práticas de queimadas ilegais.

Diante desse contexto, o objetivo desse trabalho foi de analisar espacialmente as regiões no estado do Acre com maior concentração de focos de calor, considerando os limites políticos, as vias de acesso e a estrutura fundiária.

## 2. Materiais e métodos

### 2.1 Área de estudo

Na realização deste trabalho a área escolhida foi toda a extensão territorial do estado do Acre (Figura 1), que corresponde a uma área de 164.123,712 km<sup>2</sup> (IBGE, 2015)



Figura 1. Localização da área de estudo

O Estado do Acre se localiza na porção ocidental do Brasil, na Amazônia ocidental, entre as longitudes de 66°38'WGr e 70°00'WGr, latitudes 7°07'S e 11°08'S. O clima da região é AWI (quente e úmido), segundo Köppen, com temperaturas máxima de 30,92 °C e mínima de 20,84°C, precipitação anual de 1.648,94 mm, e umidade relativa de 83% (de Oliveira et al. 2008).

Os limites são formados por fronteiras internacionais com Peru e Bolívia e pelos estados do Amazonas e Rondônia. Possui uma população de 733.559 habitantes (IBGE, 2015).

### 2.2 Focos de calor

Os arquivos de focos de calor utilizados foram obtidos por meio de downloads feitos através do site do INPE (<http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/>). O período dos focos é de 01 de janeiro a 30 de setembro dos anos de 2005, 2010 e 2016.

A geração dos dados se deram a partir de imagens de sensores do satélite Aqua-M-T considerado um satélite de referência, cujos dados diários de focos detectados são usados para compor a série temporal ao longo dos anos e assim permitir a análise de tendências nos números de focos para mesmas regiões em períodos de interesse. De 1999 a 09/agosto/2007 foi utilizado o NOAA-12, e a partir de então o AQUA\_M-T (INPE, 2016). Os resultados do "satélite de referência" permitem analisar as tendências espaciais e temporais dos focos.

### 2.3 Estimador de Intensidade de Kernel

Foi utilizado para a realização da análise espacial dos focos de calor o estimador de Densidade de Kernel ou "*KernelEstimator*", uma alternativa simples e eficaz de ser fazer análises espaciais de superfícies através de pontos coletados.

Esta função realiza uma contagem de todos os pontos dentro de uma região de influência, ponderando-os pela distância de cada um à localização de interesse. Seus parâmetros básicos são: (a) um raio de influência ( $\tau \geq 0$ ) que define a vizinhança do ponto a ser interpolado e controla o "alisamento" da superfície gerada; (b) uma função de estimação com propriedades de suavização do fenômeno. O *raio de influência* define a área centrada no ponto de estimação  $u$  que indica quantos eventos  $u_i$  contribuem para a estimativa da função

intensidade. Um raio muito pequeno irá gerar uma superfície muito descontínua; se for grande demais, a superfície poderá ficar muito amaciada (Câmara et al. 2004).

Segundo Camargo et al. (2004), estes estimadores generalizam a ideia de média móvel local, ao supor que a densidade do fenômeno varia localmente de forma suave, sem “picos” nem “descontinuidades”. Seu objetivo é produzir superfícies mais suaves, que se espera mais representativas de fenômenos naturais e socioeconômicos (Câmara et al. 2004).

## 2.4 Processamento dos dados de focos de calor

Os dados dos focos de calor acumulados são do período de 1º de janeiro a 3 de setembro dos anos de 2005, 2010 e 2016, quando aconteceram secas históricas no estado do Acre. Para cada ano foram geradas superfícies de densidade de kernel em sistema de informações geográficas. Os mapas de densidades gerados são de fácil interpretação, além de proporcionar uma visualização das diversas concentrações dos focos de calor dentro do estado. O valor da densidade está representado por cores, que refletem a concentração de eventos na área ao seu redor.

Os focos de calor foram agrupados em 5 classes diferentes de acordo com as concentrações ocorridas de pontos ao longo da área estudada gerando assim mapas para melhor identificação das zonas de maior concentração de focos.

Após a geração do mapa se realizou uma análise das regiões com densidade alta a muito alta de focos de calor, verificando-se a distribuição espacial dessas regiões nos municípios acreanos, nas proximidades das rodovias e ramais de acesso, em unidades de conservação, áreas privadas e projetos de assentamento e colonização do INCRA e do governo estadual.

Os mapas foram vetorizados para o cálculo da área atingida com as densidades de focos de calor alta e muita alta.

## 3. Resultados e discussão

Entre os três anos que ocorreram secas severas no sul da Amazônia, no Acre, verificou-se que em 2005 a quantidade de focos de calor foi superior aos demais (Tabela 1), atingindo mais que o dobro dos focos de calor de 2010. Segundo Marengo et al. (2008), o ano de 2005 foi uma das secas mais intensas em grande parte da Amazônia ocidental.

As regiões com maior concentração de focos de calor em 2005, de acordo com os mapas de densidade de kernel (Figura 3) foi o leste do estado, na bacia do Rio Acre onde se concentram as áreas desmatadas no território acreano. Naquele ano, ocorreram incêndios florestais devido ao prolongamento do período seco, atingindo unidades de conservação, inclusive a Reserva Extrativista Chico Mendes. Em consequência, a extensão da área com densidade alta a muito alta de focos de calor foi de 15.105 km<sup>2</sup> (Figura 2), com prejuízos econômicos, sociais e ambientais. Estima-se que mais de 300 mil hectares de floresta foram atingidos pelas queimadas com prejuízos econômicos de mais de US\$ 50 milhões (Brown et al. 2006).

Ao analisarmos as regiões do Acre com maior incidência de focos de calor, verificamos que se concentram em projetos de assentamento e colonização do INCRA e nas proximidades das rodovias federais BR-364 e BR-317 (Figura 3). Em 2005 64,03% desses projetos apresentaram em suas áreas uma incidência alta a muito alta de focos de calor. Enquanto em 2010 a percentagem teve uma diminuição em mais da metade, registrando o número de 28,07% e elevando a 36% em 2016.

Destacamos também, uma concentração nas proximidades dos núcleos urbanos que possuem estradas trafegáveis durante todo o ano, como por exemplo, a rodovia estadual AC-90, que liga a região conhecida como Transacreama com a capital Rio Branco.

Tabela 1. Quantidade de focos de calor, municípios, projetos de assentamento e colonização (PAs) e unidades de conservação mais atingidos com as queimadas no Acre nos anos de 2005, 2010 e 2016.

Ano	Nº de Focos	Municípios	Nº de PAs	Unidades de Conservação
2005	8.864	Acrelândia, Assis Brasil, Brasileia, Bujari, Capixaba, Cruzeiro do Sul, Epitaciolândia, Feijó, Manoel Urbano, Plácido de Castro, Porto Acre, Rio Branco, Rodrigues Alves, Sena Madureira, Senador Guiomard, Tarauacá, Xapuri.	73	APA Amapá, APA São Francisco, Resex Chico Mendes
2010	4.353	Acrelândia, Brasileia, Bujari, Capixaba, Cruzeiro do Sul, Epitaciolândia, Feijó, Jordão, Marechal Thaumaturgo, Plácido de Castro, Porto Acre, Porto Walter, Rio Branco, Rodrigues Alves, Sena Madureira, Senador Guiomard, Tarauacá.	32	Sem ocorrência
2016	6.432	Todos os municípios do estado	41	Resex Chico Mendes

APA: Área de Proteção Ambiental; Resex: Reserva Extrativista

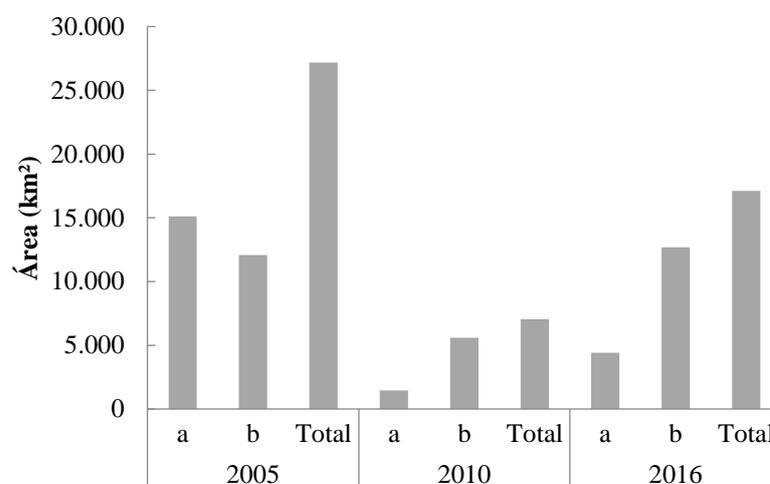


Figura 2. Extensão da área com densidades de foco de calor alta (a) e muito alta (b) nos anos de 2005, 2010 e 2016 no Acre, Brasil.

Esses resultados mostram a necessidade de políticas públicas direcionadas aos pequenos e médios produtores rurais em projetos de assentamento e colonização, incentivando alternativas para a agricultura de queima e roça, comum ao produtor rural na Amazônia, que devido ao baixo nível tecnológico e poucos recursos financeiros, se utilizam até os dias atuais da queima para a limpeza da área.

É preocupante também a expansão de áreas com maior densidade de focos de calor na direção leste-oeste em 2016 (Figura 3), atingindo todos os municípios do Acre (Tabela 1). É necessário intensificar ações de fiscalização por parte dos órgãos ambientais nessa região para evitar o avanço do desmatamento e queimada nessa região que é a mais preservada no estado.

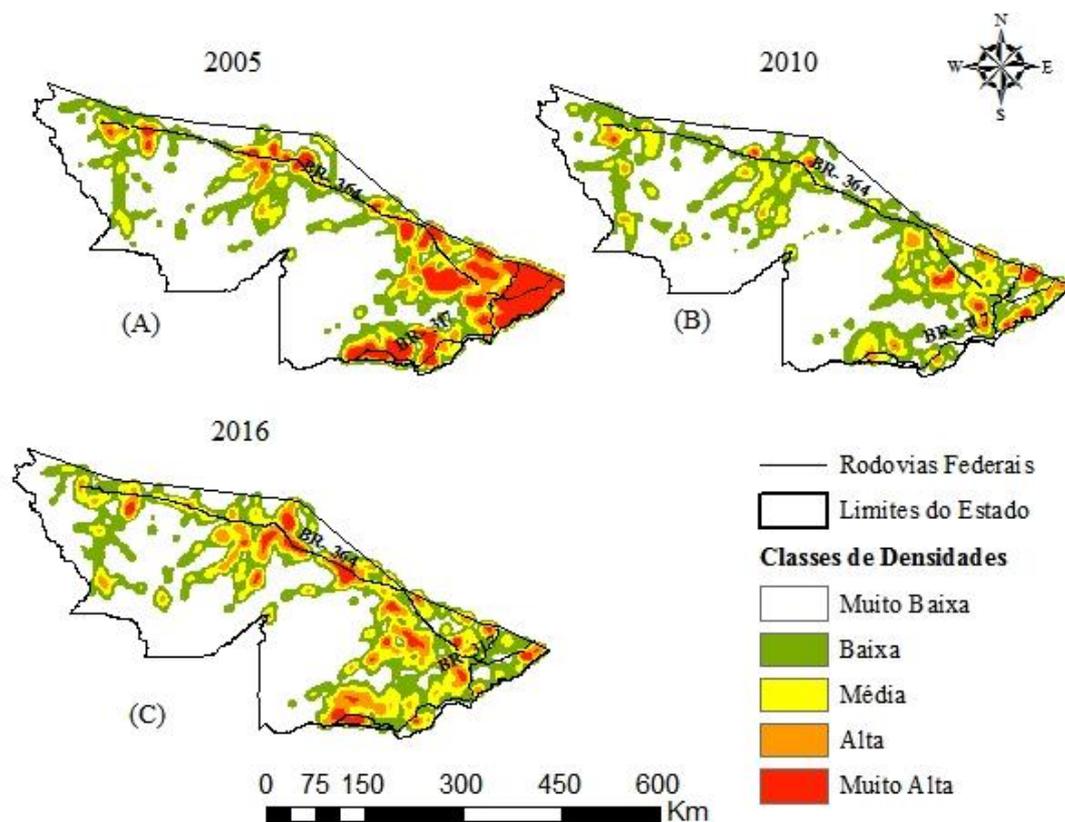


Figura 3. Mapa de densidade de focos de calor no estado do Acre nos anos de 2005 (A), 2010 (B) e 2016 (C).

Verificou-se em 2016 que a Reserva Extrativista Chico Mendes foi novamente atingida com grande quantidade de focos de calor, principalmente na sua porção sudoeste (Figura 4), limítrofe a projetos de assentamento do INCRA, resultando em densidades alta a muito alta. Nessa parte da Resex Chico Mendes ocorreram desmatamentos e a floresta foi substituída por pastagem para a criação de gado.

Comparando os anos de 2005 e 2016 é visível que as queimadas estão avançando em direção ao interior da reserva extrativista. Por outro lado, nas regiões da Resex em que a floresta está preservada não foram registrados focos de calor.

É necessário e urgente que os gestores dessa unidade de conservação planejem ações nas regiões mostradas nos mapas da Figura 4, com densidade de focos de calor alta a muito alta, com o objetivo de conter o avanço dos desmatamentos e queimadas. Caso contrário, corre-se o risco de parte da unidade de conservação não cumprir com os propósitos para a qual foi criada.

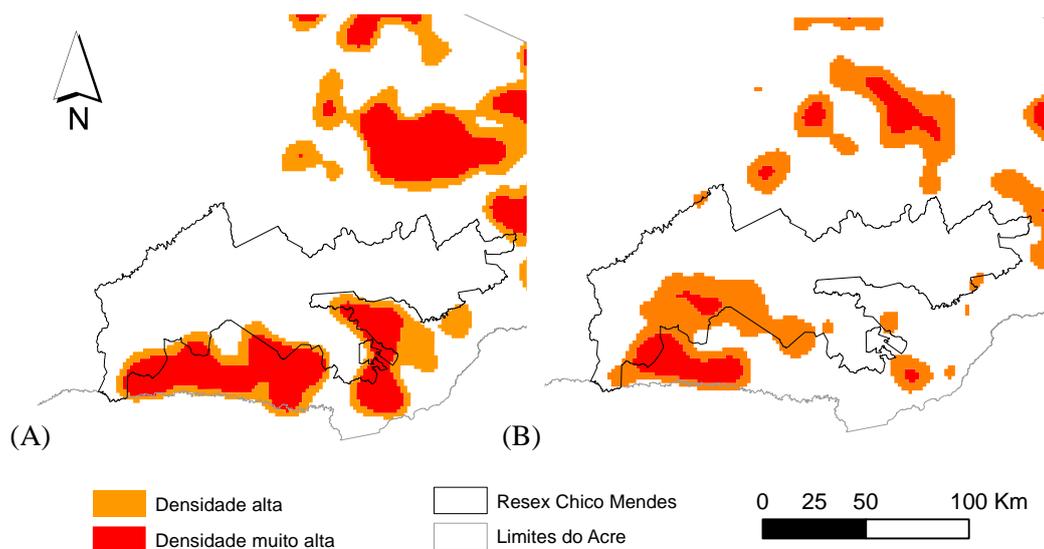


Figura 4. Mapa de densidade de focos de calor na Reserva Extrativista Chico Mendes nos anos de 2005 (A) e 2016 (B).

#### 4. Conclusões

- As áreas com maior incidência de focos de calor estão localizadas no sudeste do Acre, na bacia do Rio Acre.
- As regiões com os maiores valores de densidade de foco de calor nos anos analisados ocorrem em projetos de assentamento e colonização.
- As distribuições espaciais das regiões com maior risco de queimadas estão concentradas na área de influência das principais rodovias federais e estaduais.
- A Reserva Extrativista Chico Mendes apresentou densidades elevadas de focos de calor em 2005 e 2016, mostrando uma tendência ao desmatamento e queimada na sua porção sudoeste.

#### 5. Agradecimentos

Deixo aqui meus sinceros agradecimentos a todos que de alguma forma me ajudaram na para que esse trabalho pudesse ser concluído. Desde o setor de geoprocessamento da Fundação de Tecnologia do Acre (FUNTAC) que me disponibilizaram além de conhecimento e apoio no estágio como alguns arquivos. E ao Foster por ter me ajudado com a tradução do abstract, e Vera Reis por ter me incentivado a escrever. E o meu agradecimento todo especial a minha Professora Symone, que também é autora desse trabalho e sem a sua ajuda, paciência e conhecimento acho que não teria conseguido. A todos o meu muito obrigada.

#### Referências bibliográficas

Batista, A. C. Detecção de incêndios florestais por satélites. *Floresta*, v. 34, n.2, p. 237-241, 2004.

Brown, I. F.; Schroeder, W.; Setzer, A.; Maldonado, R.; Pantoja, N.; Duarte, A.; Marengo, J. Monitoring fires in southwestern Amazonian rainforests. *Eos*, v. 87, n. 26, p. 253-264, 2006.

Câmara, G.; Carvalho, M. S. Análise espacial de eventos. *Análise espacial de dados geográficos*. Planaltina: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Cerrados (Embrapa Cerrados), 2004. cap.2, p. 53-122.

Câmara, G.; Monteiro, A. M.; Fucks, S. D.; Carvalho, M. S. Análise espacial e geoprocessamento. *Análise espacial de dados geográficos*, 2. (2002).

Camargo, E. C. G.; Fucks, S. D.; Câmara, G. Análise espacial de superfícies. **Análise espacial de dados geográficos**, p. 3.1-3.37, 2004.

Chuvieco, E.; Aguado, I.; Yebra, M.; Nieto, H.; Salas, J.; Martín, M. P.; ... & De La Riva, J. Development of a framework for fire risk assessment using remote sensing and geographic information system technologies. **Ecological Modelling**, v. 221, n. 1, p. 46-58, 2010.

de Oliveira, T. K.; Lessa, L. S.; de Oliveira, S.; de Oliveira, J. P. Características agrônomicas de genótipos de bananeira em três ciclos de produção em Rio Branco, AC. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.8, p. 1003-1010, 2008.

Gontijo, Gustavo Antomar Batista et al. Detecção de queimadas e validação de focos de calor utilizando produtos de Sensoriamento Remoto. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, p. 7966-7973, 2011.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Disponível em: <  
<http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?lang=&sigla=ac>>. Acesso em: 15.out.2016.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Disponível em: <  
<http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/>>. Acesso em: 10.out.2016.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Disponível em: <  
<http://sigma.cptec.inpe.br/qmanova/faq.inicio.logic>>. Acesso em: 10.out.2016

Marengo, J.A.; Nobre, C.A.; Tomasella, J.; Oyama, M.D.; Sampaio de Oliveira, G.; De Oliveira, R.; Carmargo, H.; Alves, L.M.; Brown, I.F. A seca da Amazônia em 2005. **Journal of Climate**, v. 21, n. 3, p. 495-516, 2008.

Santos, J. F.; Soares, R. V.; Batista, A. C.. **Perfil dos incêndios florestais no Brasil em áreas protegidas no período de 1998 a 2002. Floresta**, v. 36, n. 1, p. 93-100, 2006.

Soares, Ronaldo Viana; Santos, Juliana Ferreira. Perfil dos incêndios florestais no Brasil de 1994 a 1997. **Floresta, Curitiba**, v. 32, n. 2, p. 219-225, 2002.