

# ANÁLISE DE DENSIDADE DOS FOCOS DE INCÊNDIOS E QUEIMADAS NO MUNICÍPIO DE SOROCABA

Amanda Pereira Patricio Silva <sup>1</sup>, Elfany Reis do Nascimento Lopes <sup>2</sup>, Jocy Ana Paixão de Sousa <sup>3</sup>  
Amanda Trindade Amorim <sup>4</sup>, Rita de Cassia Ferreira da Silva <sup>5</sup>, Roberto Wagner Lourenço <sup>6</sup>

<sup>1,3,4,5,6</sup> Universidade Estadual Paulista, Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba. Laboratório de Geoprocessamento e Modelagem Matemática Ambiental. [amanda\\_apps@hotmail.com](mailto:amanda_apps@hotmail.com); [jocy\\_belem@hotmail.com](mailto:jocy_belem@hotmail.com); [amanda\\_amorim02@hotmail.com](mailto:amanda_amorim02@hotmail.com); [rita.cfs2@gmail.com](mailto:rita.cfs2@gmail.com); [robertow@sorocaba.unesp.br](mailto:robertow@sorocaba.unesp.br). <sup>2</sup> Universidade Federal do Sul da Bahia. [elfanyl@hotmail.com](mailto:elfanyl@hotmail.com).

## RESUMO

Analisar o padrão de ocorrência de incêndios e queimadas tem sido essencial para o monitoramento ambiental de atividades e áreas suscetíveis no âmbito municipal. O estudo teve como objetivo identificar a densidade de focos de incêndio e queimadas, buscando definir um padrão de ocorrência no município de Sorocaba, entre 2007 e 2017. O levantamento dos focos foi realizado em formato *shapefile* vetorial no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) para todos o ano de 2007 a 2017, processados e especializados no *software* ArcGis, utilizando o estimador de kernel. Identificou-se 420 focos no período de dez anos, sendo 2008 como o ano de menor ocorrência enquanto o ano de 2014 como o de maior quantitativos de focos. Sorocaba apresenta um padrão de ocorrência de focos de incêndios e queimadas em três áreas específicas, localizadas na região norte e leste, revelando a necessidade de atuação em atividades e monitoramento nestes locais.

**Palavras-chave** — análise espacial, fogo, SIG, estimador de Kernel, INPE.

## ABSTRACT

*Analyzing the pattern of occurrence of fires has been essential for the environmental monitoring of activities and areas susceptible at the municipal level. The study aimed identify the density of fires outbreaks and burned, in order to define a pattern of occurrence in Sorocaba, between 2007 and 2017. The survey of the outbreaks was carried out in vector shapefile format at the National Institute Space Research (INPE) for all year 2007 to 2017, processed and specialized in ArcGis software, using the kernel estimator. 420 outbreaks were identified in the ten years period, being 2008 as the year of lowest occurrence while the year of 2014 as the greatest number of outbreaks. Sorocaba presents a pattern of occurrence of fires outbreaks and burned in three specific areas, located in the north and east, revealing the need to perform activities and monitoring in these places.*

**Key words** — Spatial analysis, fire, GIS, kernel estimator, INPE.

## 1. INTRODUÇÃO

Os principais contribuintes para emissão de gás carbônico no Brasil são as queimadas e os incêndios. No entanto, uma das práticas que mais contribuem para essa emissão é a destruição de florestas, que funcionam como reguladoras de clima e água, empobrecem o solo, secam as nascentes, matam animais e causam doenças nos humanos por conta da poluição do ar [1].

A prática de incêndios e queimadas é comum em diversos países. Em uma parte da África e no norte da Austrália, são constantes no mês de maio. No restante da África, as queimadas acontecem entre os meses de junho e julho, nos países sul-asiáticos e na América Central no mês de fevereiro [2].

No cenário brasileiro, as queimadas são práticas frequentes no mês de agosto, visando a limpeza de áreas, principalmente após os desmatamentos e com maior ênfase no bioma Amazônico [2]. Isso ocorre desde muito tempo na Floresta Amazônica e em todo território nacional. Segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) aproximadamente 99% dos incêndios no Brasil, ocorrem inicialmente por ação do homem. Práticas como queima de lixo, bituca de cigarro, queda de balões e vegetação seca, facilitam ainda mais para que as queimadas aconteçam [3].

Entre os métodos e técnicas utilizadas no processo de monitoramento de queimadas e incêndios, o uso do Geoprocessamento e do Sensoriamento Remoto ambientando em Sistema de Informações Geográficas (SIG) tem relevante destaque. A capacidade destas áreas em realizar análises através de imagens satélites, estabelece relações entre variáveis físicas, climáticas, bióticas e antrópicas. Essa associação permite além de acompanhar os locais de queimadas e incêndios, observar locais com possibilidades de problemas ambientais parecidos [4]. Além disso, possuem baixo custo, eficiência de relacionar informações de focos de forma espacial e auxilia o planejamento da conservação dos recursos naturais [5].

Em Viçosa-MG, foi mapeado o risco de incêndios florestais a partir das análises dos parâmetros ambientais e imagens de satélites, combinada com técnicas de geoprocessamento. Embora os produtos temáticos tenham sido capazes de demonstrar os incêndios ocorrentes, os

resultados não foram capazes de definir os fatores de influência da sua ocorrência na área estudada [6].

No município de Marabá-PA, foi realizada uma análise de correlação de focos de queimada com as variáveis climáticas, evidenciando que os fatores sociais e econômicos, juntamente com precipitação, temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento, possuem influência direta na ocorrência de queimadas [7].

Considerando os múltiplos fatores de ocorrência do fogo nos municípios, o estudo teve como objetivo identificar a densidade de focos de incêndio e queimadas, buscando definir um padrão de ocorrência no município de Sorocaba, entre 2007 e 2017.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

O município de Sorocaba localiza-se no Estado de São Paulo, apresentando uma área territorial de 450,38 km<sup>2</sup> [5]. A população estimada em 2017 foi de 659.871 habitantes [8].

A economia do município é baseada na indústria, agricultura e serviços, sendo que o salário mensal dos trabalhadores formais, corresponde à 3,3 salários mínimos. Nesse cenário, o Produto Interno Bruto (PIB) *per capita* de Sorocaba foi de 47.396,33 reais em 2015, classificando-a como a 282ª cidade com o maior PIB *per capita* do Brasil.

Referente ao saneamento ambiental, a coleta de lixo possui um índice de 99,92% de atendimento, o abastecimento de água oferece atendimento à 99,51% da população e o esgoto sanitário 97,75% [8].

### 2.2 Levantamento dos dados de focos de incêndio e queimadas

Os focos de incêndios e queimadas entre os anos de 2007 e 2017 foram adquiridos gratuitamente no Programa de Queimadas do INPE, por meio de filtros de pesquisa para o Estado de São Paulo e para o município de Sorocaba, buscando identificar as informações registradas pelos satélites [10].

Os arquivos foram exportados no formato *shapefile* e CSV e sua análise realizada no *software* ArcGIS v. 10.3 [11] e Microsoft Office Excel [12].

### 2.3. Cálculo da densidade temporal de focos de incêndios e queimadas

Utilizou-se o estimador de Kernel para a análise dos padrões de focos de incêndios e queimadas. Este estimador realiza

uma análise de comportamento de padrões geográficos de dados, por onde se estabelece, por função matemática, o valor de 1 para o local do ponto da amostra (foco de incêndio ou queimada) e 0 para as fronteiras [13].

A equação 1 descreve o estimador de Kernel [14]:

$$f(x_t) = \frac{1}{Nh} \sum K(x_t, x_i)$$

Onde:

N - é o número de amostras;

H - é o raio de busca;

$K(x_t, x_i)$  - é a função de Kernel.

Conforme maior for a quantidade de focos em uma região, os valores de Kernel ficarão sobrepostos. Na execução do procedimento, utilizou-se 100m para o tamanho das células e determinou-se a classificação entre alta e baixa, conforme a densidade dos focos no perímetro do município.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao longo de dez anos, o número de focos de incêndios e queimadas foram contabilizados em 420 no município de Sorocaba. O ano de 2014 apresentou o maior quantitativo (84 focos) e 2008 o menor quantitativo (4 focos).

A análise de densidade de focos de queimadas e incêndios é apresentado na Figura 1. A análise indicou a existência de três áreas de alta densidade de focos de incêndios e queimadas. A primeira, situada na zona norte do município e duas na região leste.

As áreas ao norte são ocupadas por atividades agrícolas, sendo reconhecidas como áreas rurais. Essa região passa ainda por uma súbita expansão urbana, que contribui para atividades de limpeza de terrenos ou descarte de resíduos utilizando o fogo.

A densidade identificada ao leste concentra-se em áreas de vegetação natural, além de extensas áreas de Silvicultura em áreas rurais, com pequenas aglomerações de casas. As possíveis causas nessas regiões podem ser justificadas pelas práticas agrícolas que utilizam a queimadas no manejo e preparação do solo (predominante para regiões rurais) e também pelo déficit nos índices educacionais.

Por serem regiões periféricas do município, a população norte e leste, tendem a apresentar menor acesso à educação do que as regiões centrais. Dessa forma, as práticas de disposição de bitucas de cigarros em lugares inapropriados, queima de lixo e limpeza de terrenos com o uso do fogo são práticas ainda frequentes.

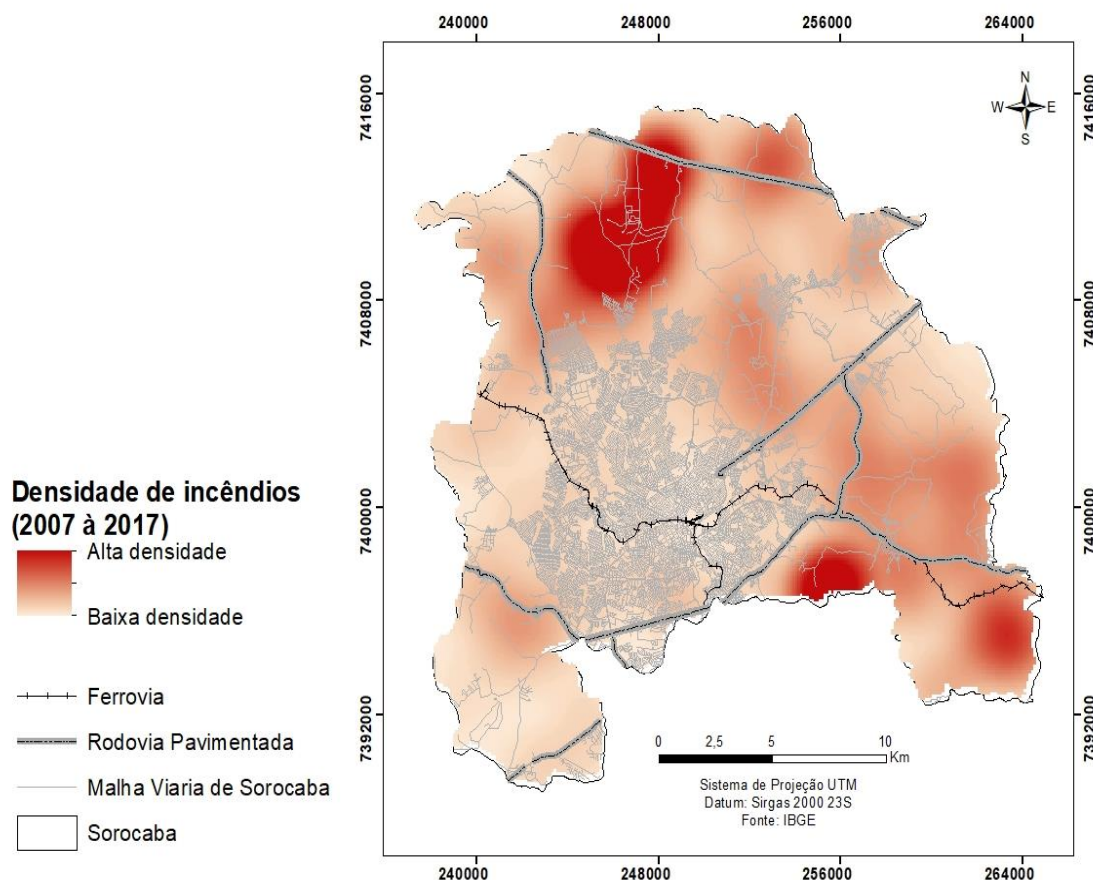


Figura 1 - Densidade de Kernel dos focos de incêndio do município de Sorocaba-SP entre os anos de 2007 a 2017.

Além do uso do fogo em práticas agrícolas, ressalta-se o analfabetismo ambiental como outro fator relevante. Para o autor, fatos ligados diretamente com as questões sociais e econômicas e a falta de conhecimento sobre as consequências que a prática de incêndios podem acarretar, são determinantes para a frequência de focos de incêndio e queimadas [1].

Relacionado à educação ambiental para prevenção desses focos, defende-se que as campanhas de educação ambiental realizadas pelas prefeituras, com o uso de folders, cartazes e cartilhas divulgando as questões ambientais ligadas às queimadas e os incêndios, são pouco eficazes para a população das regiões rurais, por conta do nível de escolaridade das pessoas [15].

Uma alternativa seria a inserção de campanhas televisivas, porém devido ao alto custo e falta de alcance suficiente, as melhores opções seriam as palestras e visitas domiciliares. Tal ação apesar de trabalhosa seria um investimento de baixo custo para o controle dos focos.

#### 4. CONCLUSÕES

Com 420 focos identificados em 10 anos, o município de Sorocaba possui ocorrência de focos de incêndios em áreas persistentes, sendo as regiões norte e leste aquelas com maior tendência a ocorrência dos focos.

O estimador de Kernel foi considerado uma ferramenta eficiente para identificar a densidade e o padrão de focos de incêndios e queimadas no município de Sorocaba. Atividades de educação ambiental são caminhos para nortear a redução dessas ocorrências nas regiões identificadas.

#### 5. REFERÊNCIAS

- [1] Dias, G.F. “*Queimadas e Incêndios florestais: Cenário e desafios. Subsídios para a Educação Ambiental.*” 1.ed. Brasília: MMA, IBAMA, 32 p. 2009.
- [2] Ferreira, W.P.M. “*As queimadas e as mudanças climáticas.*” ECO 21. Disponível em: <http://www.eco21.com.br/textos/textos.asp?ID=1455>. Acesso em: 14 set. 2009.

- [3] Folha de São Paulo. “De acordo com dados do INPE, Tocantins é o estado campeão de raios; em SP, São Caetano lidera ranking.” Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/ciencia/2017/09/1921434-tocantins-e-estado-campeao-em-raios-em-sp-sao-caetano-lidera-ranking.shtml>>. Acesso em: 18 abr. 2018.
- [4] Vasconcelos, S.S; Fearnside, P.M; Graça, P.P.L.A; Silva, P.R.T e Dias, D.V. “Susceptibilidade da vegetação ao fogo no sul do Amazonas sob condições meteorológicas atípicas durante a de 2005.” *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 30, n. 2, p.134-144, 2015.
- [5] Santos, P.R.; Pereira, G.; Rocha, L.C. “Análise da distribuição espacial dos focos de queimadas para o bioma Cerrada (2002- 2012).” *Caderno de Geografia*. v. 24, n. 1, 2014.
- [6] Torres, F.T.P. “Mapeamento do risco de incêndios florestais utilizando técnicas de geoprocessamento.” *Floresta e Ambiente*, v. 24. 2017.
- [7] Aranha, P.S. “Análise de correlação de focos de queimadas com variáveis climáticas no município de Marabá.” Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade federal do Pará. 78f. 2016.
- [8] Seade. Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. “Perfil dos Municípios Paulistas. Sorocaba.” Disponível: <http://www.perfil.seade.gov.br/#>. Acesso em: 24 set. 2018.
- [9] Ibge. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. “Sorocaba.” Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sorocaba/panorama>. Acesso em: 24 set. 2018.
- [10] INPE. Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais. Perguntas frequentes. “Programa Queimadas”. Disponível em: <<http://www.inpe.br/queimadas/portal/>>. Acesso em: 30 abr. 2018.
- [11] Esri. Economic and Social Research Institute. ArcGis 10.3. 2014.
- [12] Microsoft. “Microsoft Office Excel.” 2010.
- [13] Oliveira, U.C.; Oliveira, P.S.; Pinheiro, C.J.V. “Análise da concentração de focos de calor na área de proteção ambiental (APA) da Chapada do Araripe nos anos de 2010 a 2015.” *Anais...In: VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental*. Campina Grande / PB, 2016.
- [14] Silverman, B.W. “Density estimation for statistics and Data Analysis.” 1st edition. New York. Imprint: Routledge, 176 pp., 1998.
- [15] Medeiros, M.B; Fiedler, N.C. “Incêndios florestais no parque nacional da serra da Canastra: Desafios para a conservação da biodiversidade.” *Ciência Florestal*, v. 14, n. 2, p. 157-168, 2003.