

Análise do padrão espacial de focos de incêndio na mesorregião do Jequitinhonha no biênio 2012-2013

Eduardo Bearzoti ¹

1 Introdução

A ocorrência de incêndios florestais, provocados ou não pelo homem, pode resultar em grave degradação ambiental, pela destruição de habitats naturais e sua conseqüente redução da biodiversidade, poluição da atmosfera, e aceleração de processos erosivos, em virtude do aumento da exposição do solo com a remoção da vegetação [4]. O risco de que incêndios florestais, naturais ou não, assumam grandes proporções se eleva sob condições de baixa umidade, como em períodos de seca prolongada. A mesorregião do Jequitinhonha, no Estado de Minas Gerais, apresenta regiões de clima subúmido e semiárido, com um período de cinco meses ou mais que apresentam deficiência hídrica [3]. Tais regiões, como as de domínio fitoecológico de caatinga ou de cerrado, são portanto particularmente suscetíveis à ocorrência de focos de incêndio, especialmente naqueles meses de deficiência hídrica (maio a setembro).

A análise do padrão espacial de pontos (*e.g.* [6], [1]) compreende um conjunto de técnicas geoestatísticas que permitem estudar a distribuição de eventos pontuais de interesse no espaço. Dentre estas técnicas, a análise da densidade de pontos pode ser útil no estudo da ocorrência de incêndios florestais, pois permite identificar, na região espacial de interesse, aquelas áreas com maior densidade de probabilidade de ocorrência de focos. Tais *áreas quentes* merecem atenção especial, e sua identificação pode ser útil para diagnosticar causas de recorrência de incêndios, bem como subsidiar a elaboração de políticas de prevenção e combate de incêndios florestais.

A construção de superfícies de densidade de incêndios depende da disponibilidade de séries históricas da ocorrência dos focos e suas coordenadas espaciais. Tais séries são disponibilizadas na *homepage* do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), usando dados de satélites. Dados dessa natureza são particularmente úteis, pois são exaustivos e de ampla abrangência, compreendendo mesmo regiões remotas.

Este trabalho teve por objetivo realizar a análise do padrão espacial dos focos de incêndio na mesorregião do Jequitinhonha, considerando a série histórica dos dados de satélite dos dois últimos anos, e avaliar o potencial desta técnica geoestatística para detecção de áreas de maior suscetibilidade à ocorrência de incêndios florestais.

¹DEEST - UFOP. e-mail: edbearzoti@yahoo.com.br

2 Material e métodos

A estimação da densidade de focos de incêndio na mesorregião do Jequitinhonha foi feita utilizando dados de satélite disponibilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Na *homepage* do INPE¹, é possível especificar intervalos de tempo e de espaço para listagem dos focos detectados e suas coordenadas geográficas. No presente estudo, considerou-se o período seco (maio a setembro) dos anos de 2012 e 2013. Para tanto, foram utilizados dados do *satélite de referência*, que desde agosto de 2011 é o satélite AQUA (sensor MODIS). Segundo informa o INPE no *site*, o satélite de referência é aquele cujos dados de focos de queima de vegetação são utilizados para comparações temporais no monitoramento do Instituto.

Uma das dificuldades na manipulação de dados dessa natureza é a eliminação da redundância. Por exemplo, pode suceder de um incêndio durar mais de um dia, havendo assim mais de um registro para um mesmo foco. Com o intuito de minimizar as eventuais redundâncias, optou-se por considerar focos distintos aqueles distantes entre si por ao menos 25 km ou 4 dias. Ou seja, se uma dessas condições era satisfeita, os dois registros eram considerados como sendo de focos de queima distintos.

Para a elaboração do mapa da mesorregião do Jequitinhonha, com a delimitação de seus municípios, foi utilizada a malha digital utilizada no Censo de 2010 e disponibilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)².

As análises estatísticas, bem como a confecção dos mapas, foram feitas utilizando a linguagem *R* [5], que dispõe atualmente de vários pacotes para manuseio de objetos espaciais e análises geoestatísticas [1]. Tanto a malha digital do IBGE como os registros de focos de queima do INPE foram salvos em arquivos no formato *shape*, os quais foram convertidos para objetos espaciais (poligonal e de pontos, respectivamente) próprios do *R*. Tal conversão é possível mediante funções diretas do pacote *maptools* [2].

Na análise de padrão espacial, inicialmente testou-se a hipóteses de distribuição aleatória dos focos de queima. Para isso, foi computada a função *G* [1], que mede a frequência acumulada das distâncias entre cada evento pontual e o evento mais próximo. Em posse desta função empírica, *envelopes* foram construídos pela simulação de pontos aleatórios, com a mesma intensidade da região sob estudo.

Em seguida, a densidade dos pontos foi obtida, para cada ano, utilizando a *estimação kernel* ([6], [1]). Nesta metodologia de estimação, é preciso definir o *raio de influência* de cada ponto (o que basicamente controla o alisamento da superfície da densidade), e a escolha da uma *função kernel*. Segundo [6], a escolha do raio é mais crítica, enquanto que diferentes funções kernel em geral conduzem a resultados semelhantes. No caso do raio de influência, utilizou-se aqui a sugestão apresentada em [1], de se usar o raio que minimiza o erro quadrático médio, admitindo

¹<http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/>

²<http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopseporsetores/>

que o processo subjacente dos pontos é um processo de Cox estacionário, o que, segundo os autores, tem se mostrado uma técnica exploratória satisfatória. A função kernel utilizada foi a quártica.

3 Resultados e discussões

A distribuição dos focos de queima ocorridos no período da seca dos anos 2012 e 2013 na mesorregião do Jequitinhonha estão apresentados na Figura 1. Pode-se observar que o número de focos de queima foi maior em 2012 (totalizando 260) do que em 2013 (167).

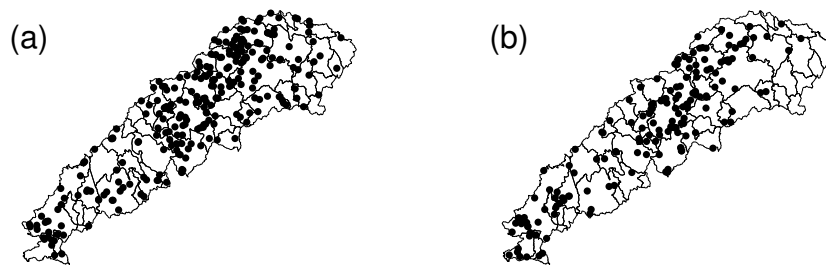


Figura 1: Focos de queima na mesorregião do Jequitinhonha. (a): 2012; (b): 2013.

As Figuras 2 e 3 mostram a função empírica G , bem como o envelope resultante da simulação aleatória dos pontos na mesorregião do Jequitinhonha, para os anos 2012 e 2013, respectivamente. Pode-se observar que em ambos os anos a função empírica G esteve acima do envelope, o que corresponde a um padrão agrupado [1]. Isto demonstra que a ocorrência de focos de queima na mesorregião do Jequitinhonha não se dá ao acaso, mas antes ocorre uma tendência de concentração.

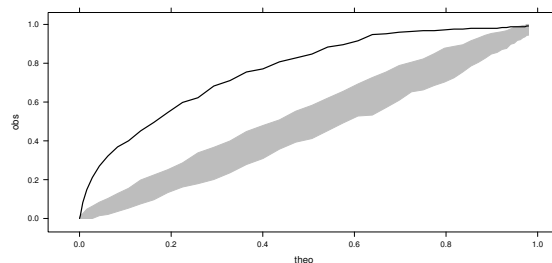


Figura 2: Envelopes e função G observada com os dados de 2012.

Os valores dos raios de influência para a estimação kernel, pelo critério de minimização do erro quadrático médio admitindo um processo de Cox estacionário, em 2012 e 2013, foram

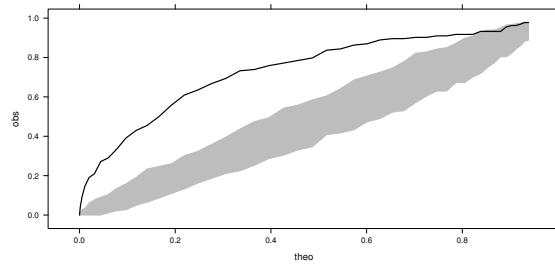


Figura 3: Envelopes e função G observada com os dados de 2013.

respectivamente iguais a 0,24 e 0,09. Em 2013, a curva do erro quadrático médio em função do raio foi muito suave, não fornecendo uma indicação clara sobre um valor mais adequado para o raio. Comparando-se diferentes superfícies, acabou-se escolhendo o valor 0,18.

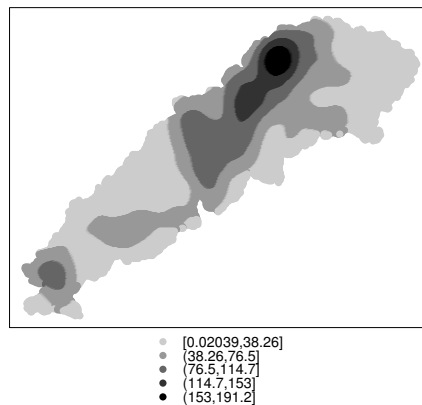


Figura 4: Densidade estimada dos focos de queima na mesorregião do Jequitinhonha em 2012.

As superfícies das densidades estimadas para cada ano estão apresentadas nas Figuras 4 e 5, respectivamente. Pode-se verificar que em 2012 a superfície foi mais suave, discriminando classes com maior clareza. Em 2013 a superfície foi mais irregular, o que pode ter sido consequência do número consideravelmente menor de focos de queima observados. No entanto, pode-se observar em ambos os anos uma concentração de focos de queima nas microrregiões de Diamantina, Araçuaí e Pedra Azul. Em 2012, Pedra Azul apresentou uma densidade maior que a de Araçuaí, tendência que se inverteu em 2013. Uma série histórica mais extensa seria necessária para comparar a densidade entre estas duas microrregiões, mas de qualquer modo as densidades estimadas nos dois anos sugerem que ambas merecem atenção, ao lado da microrregião de Diamantina.

4 Conclusões

A análise do padrão espacial dos focos de queima na mesorregião do Jequitinhonha revela que o mesmo não é aleatório, mas que há uma tendência de aglomeração em algumas regiões

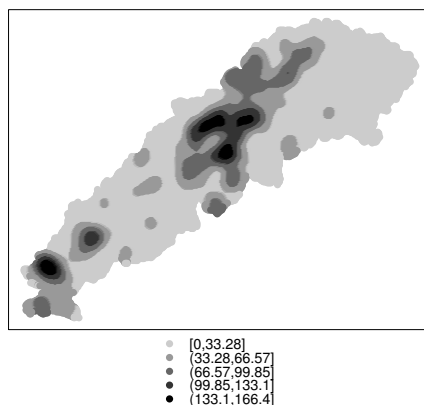


Figura 5: Densidade estimada dos focos de queima na mesorregião do Jequitinhonha em 2013.

mais suscetíveis. Coerentemente, a estimação kernel da densidade de focos de queima revelou regiões de maior probabilidade de ocorrência de incêndios. Consistentemente em ambos os anos, a análise espacial demonstrou que de uma maneira geral as microrregiões de Diamantina, Araçuaí e Pedra Azul são as mais suscetíveis à ocorrência de incêndios.

Referências

- [1] BIVAND, R. S.; PEBESMA, E. J.; GÓMEZ-RUBIO, V. **Applied Spatial Data Analysis with R**. New York: Springer. 2008. 374p.
- [2] BIVAND, R.; LEWIN-KOH, N. **maptools: Tools for reading and handling spatial objects**. R package version 0.8-24. <http://CRAN.R-project.org/package=maptools>, 2013
- [3] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Diagnóstico ambiental da Bacia do Rio Jequitinhonha**: diretrizes gerais para a ordenação territorial. Salvador: IBGE. 1997.
- [4] PEREIRA, A. A.; ACERBI JÚNIOR, F. W.; TEIXEIRA, M. D.; OLIVEIRA, T. A.; SCOLFORO, J. R. S. Análise espacial de focos ativos nas áreas prioritárias para conservação e áreas antropizadas no estado de Minas Gerais durante o período de 2000 a 2011. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: INPE, 2013. p. 6409-6416.
- [5] R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, URL <http://www.R-project.org/>, 2012.
- [6] SANTOS, S. M.; SOUZA, W. V. (Orgs.) **Introdução à Estatística Espacial para a Saúde Pública**. Brasília: Ministério da Saúde. 2007. 120p.