

Análise temporo-espacial dos incêndios em vegetação em lotes vagos de Araxá, Minas Gerais

Spatial analysis of vegetation fires in vacant lots in Araxá, Minas Gerais

Anderson Passos de Souza*¹; Ricardo Vicente Ferreira*²; Marcos Roberto Martines³

*Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, Minas Gerais, Brasil.

¹Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6717-5900>; E-mail: passos193@gmail.com;

²Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9003-4834>; E-mail: ricardo.ferreira@uftm.edu.br;

³Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, São Paulo, Brasil.

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7464-2431>. E-mail: mmartines@ufscar.br

RESUMO: Incêndios em lotes vagos se caracterizam como um tipo de desastre relacionado ao comportamento humano. Nestes eventos há o incêndio de vegetações em áreas urbanas, resultando em perigo à população residente, emissões de gases poluentes, podendo incorrer em dano ao patrimônio. O objetivo deste estudo é analisar a distribuição espacial dos incêndios em vegetação de lotes vagos nos anos de 2019 e 2020 na cidade de Araxá, Minas Gerais. Os dados utilizados foram obtidos em boletins de ocorrência do Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais. O estudo, que faz uso de métodos quantitativos e Sistemas de Informação Geográfica (SIG), utiliza uma análise estatística temporo-espacial, que detecta clusters de ocorrências por meio de um método retrospectivo por permutação. Os resultados mostram que os casos de incêndios em lotes vagos são mais recorrentes nos meses de junho a outubro, que corresponde ao período de estiagem. Considerando todo o ano, foi nestes meses a maior detecção de clusters. No ano de 2019 as ocorrências se deram em prazos mais curtos, concentrando-se na porção norte da cidade, ao passo que, no ano de 2020 essa constatação foi na porção sul. Isso pode indicar que a cobertura vegetal consumida pelos incêndios florestais de um ano não se regenera a ponto de sofrer os mesmos efeitos da queima no ano seguinte, resultando em áreas distintas de incidência. A análise temporo-espacial pode indicar os lugares para a intervenção direta da gestão pública, auxiliando a alocação de recursos e prevenção de impactos.

Palavras-chave: Incêndios florestais, Satscan, Sistemas de Informação Geográfica.

ABSTRACT: *Fire in vacant lots is featured as hazardous type event related to human behavior. These events account for burning urban-zone vegetation, a fact that puts the local population in danger, leads to the emission of polluting gases, and even puts the patrimony at risk. The aim of the present study is to analyze the spatial distribution of wildfire in the vegetation of vacant lots in 2019 and 2020, in Araxá City, Minas Gerais State, Brazil. The used data were collected from incident reports by Minas Gerais Military Fire Department. The study followed quantitative methods and Geographic Information Systems (GIS), based on space-time statistics, to detect occurrence clusters through a retrospective permutation method. Based on the results, fire cases in vacant lots happen more often between June and October, during the drought period. If one takes the whole year into account, those were the months accounting for the highest detection of clusters of fire events. In 2019, these events were recorded within shorter time intervals, and they were mainly observed in the city's Northern portion. On the other hand, in 2020, these events were more often recorded in the Southern part of the city. This finding may point out that the vegetation cover consumed by wildfire within 1-year period-of-time does not recover to the extent of suffering with the same effects of burnings in the following year; this process results in different incidence sites. The space-time analysis can highlight places for straight intervention by the public power, and help allocating resources and preventing the impacts of these events.*

Keywords: *Wildfire, Stascan, Geographic Information Systems.*

INTRODUÇÃO

Os Incêndios em vegetação são tidos como distúrbios naturais que decorrem de descargas elétricas (raios) e este fenômeno é responsável por uma parcela importante das emissões globais de gases de efeito estufa, mudança no uso da terra e degradação do solo (YEBRA; CHUVIECO; RIAÑO, 2008). Contudo, no Brasil, mais de 90% das causas dos incêndios florestais (ou na vegetação) não estão relacionadas às descargas atmosféricas, mas ao comportamento humano (RAMOS, 1995).

De maneira geral, três fatores são necessários para a ocorrência dos incêndios: o combustível, oxigênio e a fonte de ignição, segundo Pereira, França e Santos (2003). Os tipos de vegetação mais inflamáveis são os que apresentam abundância de material combustível fino e seco concentrado próximo à superfície do solo e propício à ignição (NEPSTAD; MOREIRA; ALENCAR, 1999). A fonte de ignição é, em sua grande maioria, de origem antrópica, portanto, pode ser evitada. De acordo com Medeiros e Fiedler (2004), o fortalecimento de ações preventivas é capaz de reduzir impactos desta categoria e a educação ambiental é uma parte fundamental desse processo. A educação ambiental e o geoprocessamento podem ser instrumentos de sensibilização, conscientização e produção de conhecimento para as comunidades agirem na prevenção do risco de incêndios.

Saber o período de maior incidência de incêndios é importante para a redução das ocorrências, portanto, a estação seca representa o período de maior risco (TORRES et al., 2010). O desenvolvimento de ações preventivas e de combate aos incêndios requerem análises estatísticas para determinar quando, onde e por que ocorrem, pois assim é possível identificar áreas de maior risco (SOARES; SANTOS, 2002) e, por exemplo, estabelecer instrumentos legais para políticas públicas de enfrentamento ao problema em suas várias implicações.

Os incêndios na vegetação em lotes vagos em áreas urbanas refletem a influência antrópica sobre as ocorrências, pois o fogo, geralmente, é utilizado para a limpeza de áreas (TORRES et al., 2010). Diante dos riscos de agravo decorrentes dessa modalidade de incêndio, faz-se necessário seu estudo e a detecção das ocorrências no tempo e no espaço e assim melhorar a gestão urbana frente a esses agravos.

A análise do terreno com uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) resulta em um importante instrumento para a interpretação da dinâmica espacial dos mais diversos fenômenos que têm expressão espacial (CÂMARA; DAVIS; MONTEIRO, 2001), e os casos das localidades dos incêndios podem ser analisados nessa perspectiva. A Estratégia Internacional das Nações Unidas para a Redução de Desastres (UN-ISDR, 2015) reforça que a redução do risco de eventos adversos, bem como a redução de perdas e danos, passa pelo uso de informações e produção de conhecimento que incluam os sistemas de informação geográfica (SIG).

A utilização dos SIG e Sensoriamento remoto na detecção e análise de incêndios advém da sua capacidade para integrar diferentes variáveis ambientais em mapas, como: vegetação, topografia, clima e o histórico de ocorrências nas diferentes áreas, permitindo o mapeamento de áreas de risco (CHUVIECO et al., 1999). O mapeamento de eventos de incêndios por meio de dados orbitais é possível desde a década de 1970, desta forma, a análise temporal pode ser realizada por um período de 50 anos, dependendo da escala espacial analisada. Dentre as diversas estratégias de aplicação dos SIG para o estudo dos

incêndios, as mais comuns são as análises de risco e vulnerabilidades; estratégias de planejamento para redução de riscos e combate (KAZMIERCZAK, 2015).

O estudo das ocorrências de incêndios com uso da estatística de varredura temporoespacial foi realizado, pela primeira vez, por Tuia et al. (2008) para identificar lugares com maiores ocorrências de incêndios em menor período de tempo na região da Toscana (Itália), o estudo mostrou que a aplicação do método por permutação estatística permite estimar o número esperado de casos para uma dada área, considerando a frequência e localização dos casos ocorridos no passado. Tonini et al. (2009) em um estudo no Estado da Flórida (Estados Unidos), aplicou a mesma metodologia empregada por Tuia et al. (2008), resultando em detecções de áreas com maior densidade de eventos de incêndios no tempo e no espaço, permitindo a assim auxiliar na gestão de medidas de prevenção no estado.

A pesquisa realizada por Orozco et al. (2012), utiliza o modelo de permutação temporoespacial de casos de incêndios na floresta do Ticino Cantão na Suíça, com o recorte temporal mais longo, de 1969 até 2008. A aplicação do modelo permitiu concluir que, a detecção os incêndios florestais no Ticino, tinham relação com áreas de maior adensamento populacional, revelando que as ações antrópicas são as principais causadoras dos incêndios.

Pereira et al. (2015) aplicaram o modelo de permutação temporoespacial sobre pontos de ocorrência de incêndios florestais em Portugal, utilizando dados do Portuguese Rural Fire Database (PRFD) em uma série de 27 anos. O estudo utiliza janelas de varredura em diferentes dimensões espaço-temporais e chama atenção destes parâmetros na definição do modelo que, conseqüentemente, refletem na interpretação dos resultados.

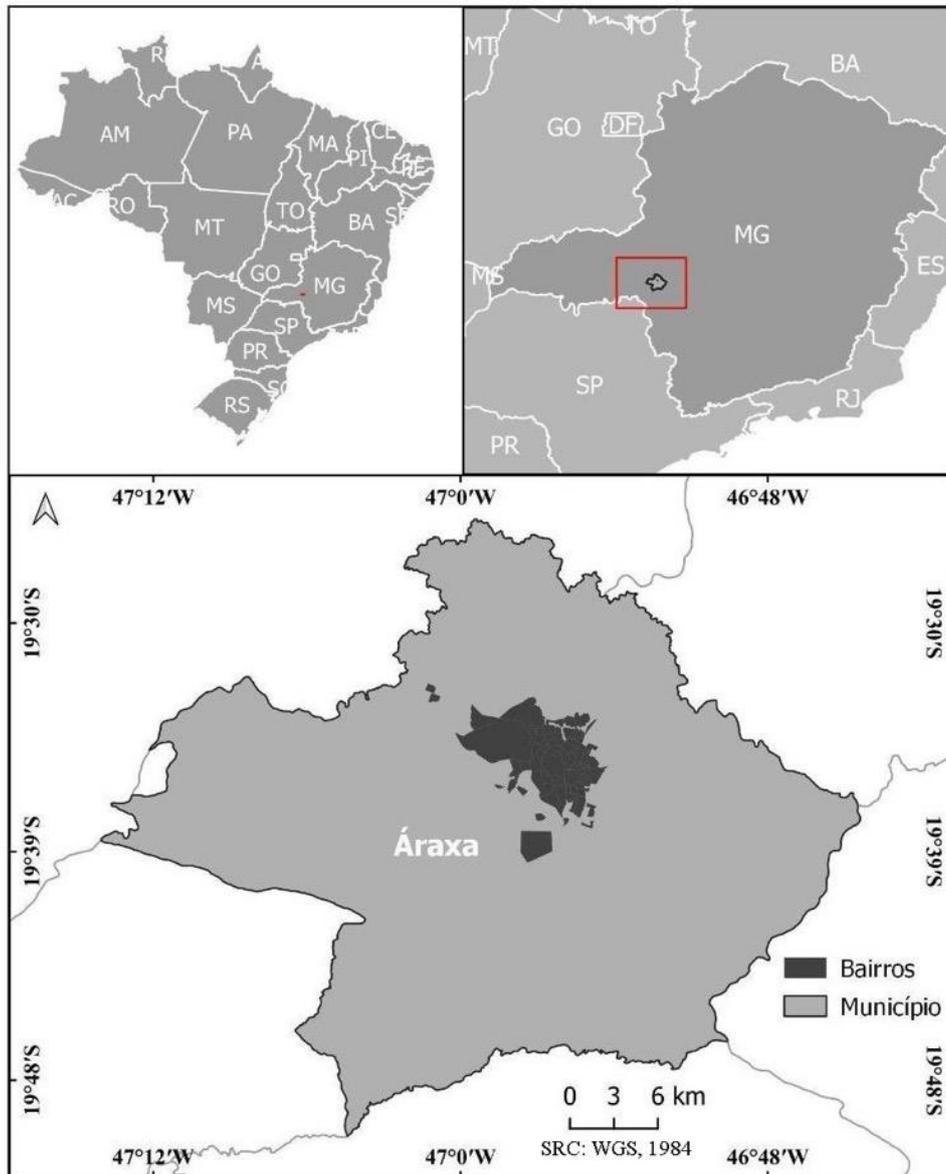
Mais recentemente, Parente, Pereira e Tonini (2016) analisaram os casos de conglomerados tempo espaciais de incêndios florestais no território de Portugal, com recorte temporal de 1990 até 2013, aprofundando a análise a partir de dados climáticos e de manejo do fogo. Neste estudo os autores consideraram a relação entre o clima e a incidência de incêndios em todo o território português, e os aglomerados detectados foram interpretados em termos das condições atmosféricas. Dois pontos merecem destaque em suas conclusões: (1) a existência de dois regimes de fogo no país, promovidos pelos diferentes tipos de clima ao norte e ao sul; (2) a capacidade da estatística de varredura temporoespacial identificar corretamente os clusters, em relação ao seu número, localização e tamanho do espaço-tempo. O objetivo deste estudo é analisar a distribuição espacial dos incêndios em vegetação atendidos pelo Corpo de Bombeiros Militar, no tempo e espaço, na área urbana de Araxá, Minas Gerais, nos anos de 2019 e 2020.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Trata-se de um estudo observacional descritivo, que faz uma análise temporoespacial de ocorrências de incêndios em lotes vagos em área urbana. Faz uso de dados obtidos em boletins de ocorrência do Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG), município de Araxá (MG), nos anos de 2019 e 2020.

O município de Araxá localiza-se no estado de Minas Gerais, na Mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, com população de 108.403 habitantes, estimada em 2021 (IBGE, 2021) (**Figura 1**).

Figura 1. Localização do município de Araxá, MG



O estudo faz uso de métodos quantitativos e de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), tendo em vista chegar a uma explicação do risco relativo e da distribuição espacial das ocorrências de incêndios urbanos notificados pelo CBMMG na área estudada. Utiliza o software de análise estatística SaTScan v.9.7 (KULLDORFF et al., 2005).

Considerando que os incêndios na vegetação possuem um padrão espaço-temporal que não é aleatório (PARENTE; PEREIRA; TONINI, 2016), as variações climáticas sazonais, a disponibilidade de combustível para queima e a própria presença humana são fatores que estão relacionados às ocorrências e podem ser analisados com base nos agrupamentos dos casos no tempo e no espaço.

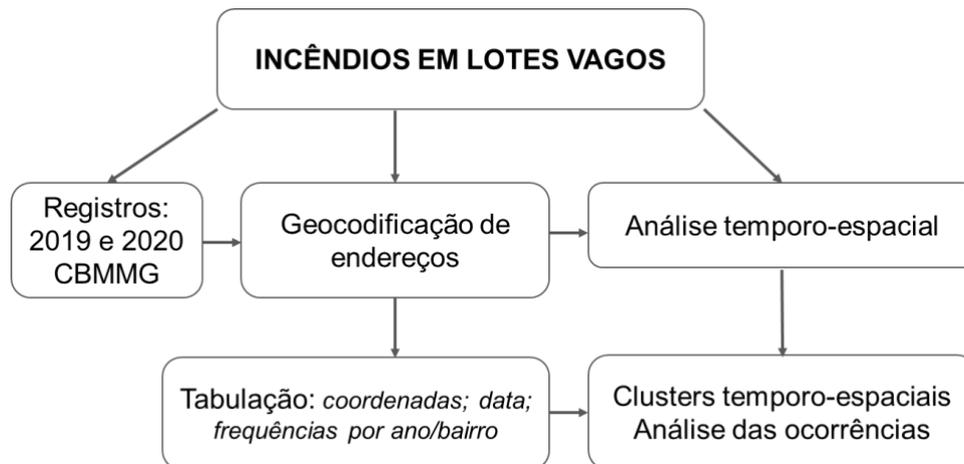
Neste sentido, a análise é feita com base no modelo de permutação no espaço-tempo, que analisa os dados de casos em determinados períodos e suas localizações, sem

a necessidade de usar uma informação de controle, ou seja, uma base de referência para estimar o risco relativo dos eventos em uma determinada área (KULLDORFF, 2015).

A estatística de varredura de permutação utiliza diversos cilindros sobrepostos para encontrar uma janela de varredura, estabelecendo-se um limiar de tempo para análise de modo que seja possível encontrar ocorrências do fenômeno no espaço (KULLDORFF 2005). A ideia do cilindro é meramente ilustrativa, na prática, a representação cartográfica mostra estruturas vetoriais em círculos (*clusters*) que contém os pontos detectados na análise e uma tabela de atributos com informações da estatística espacial: clusters detectados, período de análise de cada cluster, número de eventos observados, número de eventos esperados, raio do cilindro (modelo por permutação) e os valores da probabilidade (p-valor). Desta forma, as estatísticas de varredura detectam clusters (cilindros) incidentes no espaço e no tempo, onde a base e a altura de um dado cilindro representa o tempo inicial e final analisado e a largura do cilindro o espaço coberto pelo cluster (GAO, et al., 2013).

O estudo seguiu etapas de tabulação e geocodificação dos eventos de incêndios, descrição das ocorrências por bairros e análise temporo-espacial por meio de estatística espacial (**Figura 2**).

Figura 2. Fluxograma da análise dos registros e incêndios em lotes vagos em Araxá (2019-2020)



No presente estudo, os pontos correspondem às localizações dos incêndios que foram atendidos nos boletins do CBMMG. Assim, o número esperado de ocorrências é estimado com base nos casos observados sob a hipótese de nenhuma interação espaço-tempo, o que significa que as localizações espaciais e temporais de todos os eventos ocorrem de forma independente uma da outra (OROZCO et al., 2012, KULLDORFF, 2005).

Os dados de entrada consistiram em: coordenadas geográficas dos pontos, período de estudo, definição da quantidade de repetições de Monte Carlo (até 999 permutações). O estudo dos conglomerados foi feito sobre dois períodos: (1) incêndios registrados de 01/06/2019 a 31/10/2019, com 50 ocorrências; (2) incêndios registrados no período de 01/06/2020 a 31/10/2020), com 78 ocorrências.

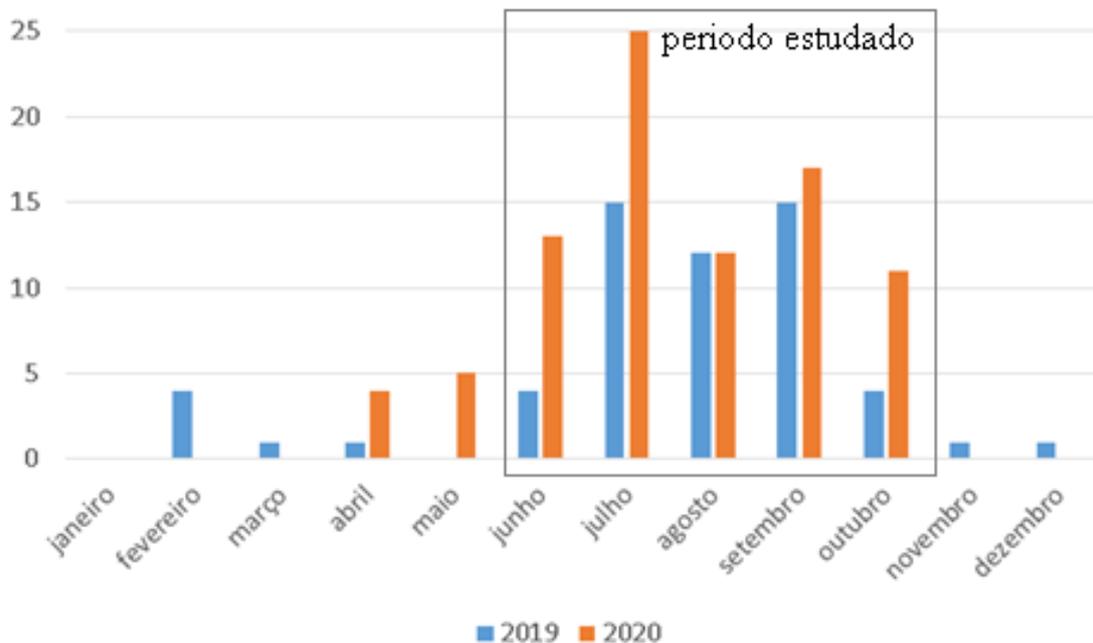
Os parâmetros utilizados na execução da análise foram: (a) análise retrospectiva temporo-espacial com tempo de agregação de 1 (um) dia e (b) detecção de áreas com altas

taxas entre os dias 01/06/2019 e 31/10/2019; e 01/06/2020 e 31/10/2020. A janela de varredura temporo-espacial foi de 50% do período de estudo e 50% da população em risco, que significa o risco de ocorrência tendo por referência os totais anuais registrados em cada ano.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

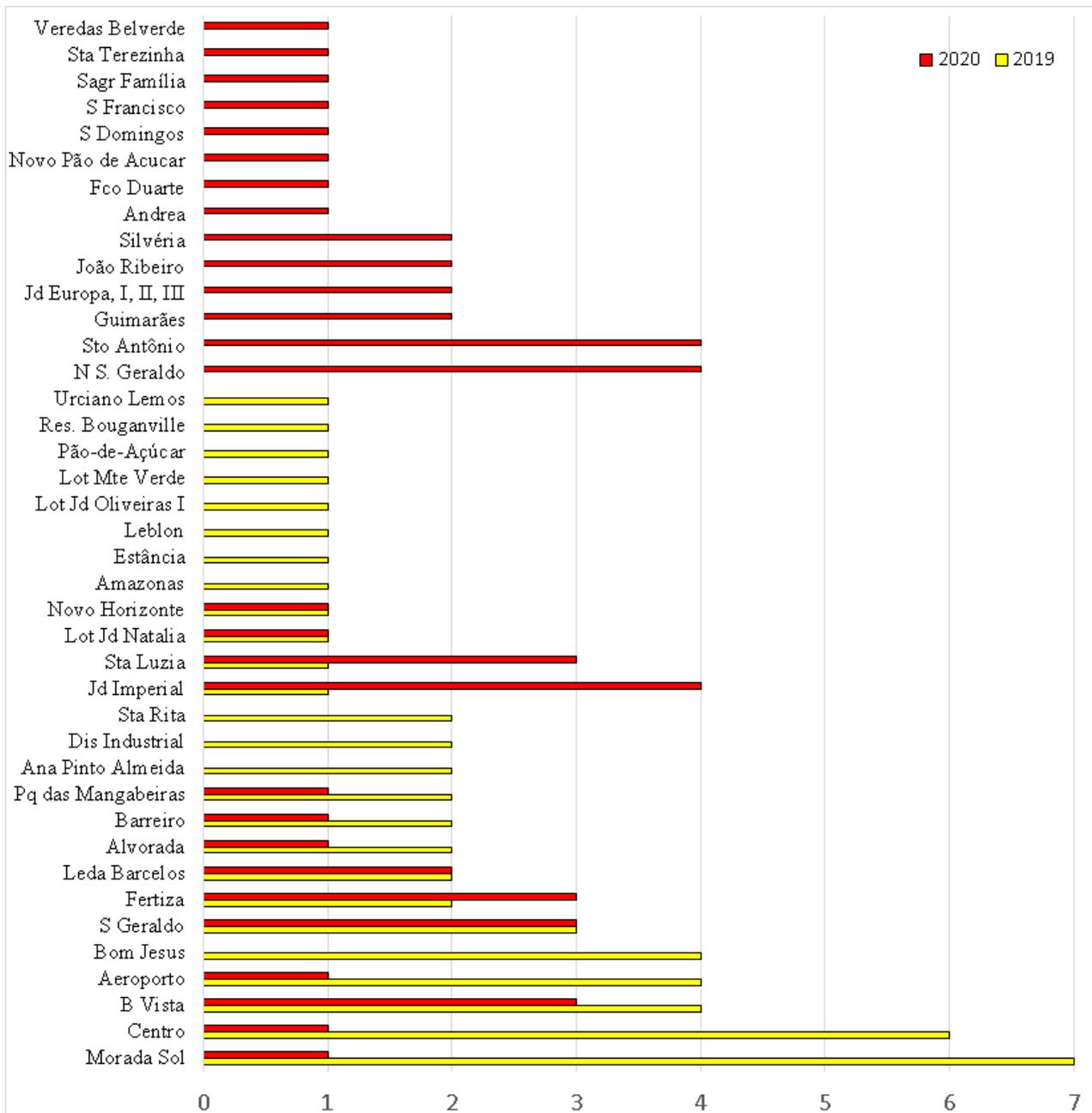
A distribuição dos registros nos dois anos estudados mostra que os casos são mais recorrentes nos meses de junho a outubro, que corresponde ao período de estiagem (**Figura 3**). Nestes meses, as ocorrências podem perfazer cerca de 90% dos casos de incêndios florestais ou em lotes vagos, devido ao ambiente favorável, com presença de vegetação seca e umidade relativa baixa nesse período (TORRES et al., 2012).

Figura 3. Registros de ocorrências atendidas de incêndios em lotes vagos em área urbana de Araxá (MG) nos anos de 2019 e 2020, com destaque para os meses estudados.



No ano de 2019 os bairros mais afetados foram: Morada do Sol, Centro, Boa Vista, Aeroporto e Bom Jesus. Em 2020, foram: Jardim Imperial, Novo São Geraldo e Santo Antônio. Os bairros mais afetados por incêndios em lotes vagos nos dois anos consecutivos foram: Fertiza, São Geraldo, Leda Barcelos, Boa Vista, Centro e Morada do Sol (**Figura 4**).

Figura 4. Quantidade de ocorrências de incêndios em lotes vagos nos anos de 2019 e 2020 em Araxá, MG



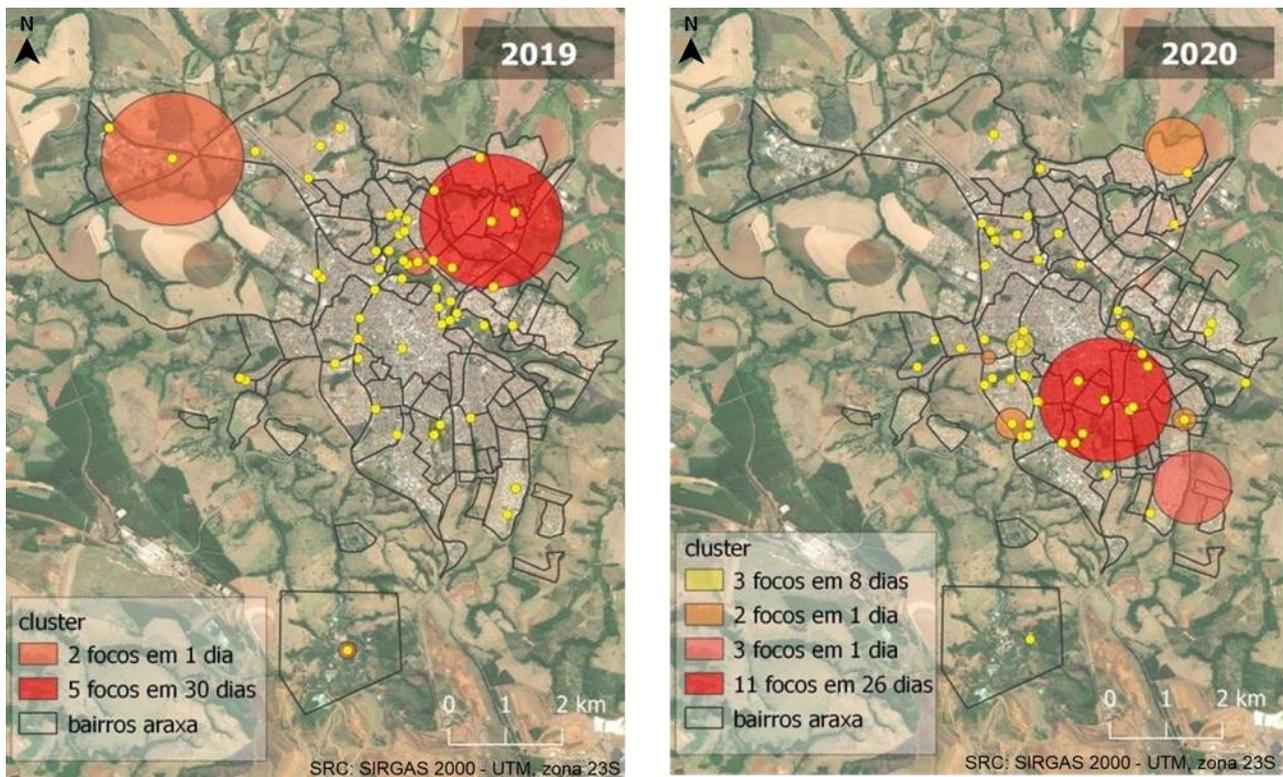
A análise por estatística de varredura espacial mostra que as ocorrências de incêndios em lotes vagos na área urbana de Araxá (MG) seguem um padrão aleatório. Nos períodos analisados nota-se que no ano de 2019 as ocorrências em prazos mais curtos no tempo se concentraram na porção norte da cidade, ao passo que, no ano de 2020 essa constatação foi na porção sul (**Figura 5**).

Os incêndios em lotes vagos tendem a ocorrer em áreas onde a vegetação herbácea se assemelha às condições de campos ou pastos, muitos susceptíveis aos incêndios por

ser constituído por material fino e com um arranjo favorável à ignição e propagação do fogo (TORRES et al., 2012). Em muitos casos, os motivos destes incêndios estão associados a objetivos diversos: à queima de detritos, limpeza de mata seca em terrenos, por vezes, tendo em vista a segurança com relação à presença de animais peçonhentos, aracnídeos ou insetos (DE ASSIS; DA MATA LUCAS, 2018).

Em pesquisa realizada em Santa Maria (RS), as ocorrências de incêndios em área urbana foram mais frequentes nos bairros com maior densidade populacional e naqueles identificados com padrões construtivos de menor qualidade e infraestrutura urbana, quando comparado aos bairros de maior renda e dotados de melhor infraestrutura urbana (WEBER; WOLLMAN, 2018). No caso da cidade de Araxá, as frequências de registros de incêndios em bairros periféricos à área central da cidade, que também podem ter relação com questões demográficas.

Figura 5. Conglomerados temporo-espaciais em lotes vagos em área urbana de Araxá (MG) nos anos de 2019 e 2020



A ideia da aleatoriedade dos casos no tempo e no espaço fica evidente pelo resultado do valor do p (p -valor), que em nenhum cluster foi significativo ($p < 0,05$), isso pode estar relacionado ao tamanho da amostra, havendo uma quantidade maior de casos em observação, é de se esperar que este valor seja reduzido. Contudo, nota-se que predominam clusters com dois ou mais registros oficiais de incêndios em um único dia, no período da estação seca, como pode ser visto pela detecção de oito clusters no período estudado (**Tabela 1**). Assim como nesta pesquisa, De Assis e Da Mata Lucas (2018)

reportam que os dados registrados pelo Corpo de Bombeiros tendem a subestimar as ocorrências reais, visto que os atendimentos são mais para os casos de incêndios mais abrangentes, resultando na abertura da chamada ao Corpo de Bombeiros, o qual registra a ocorrência no banco de dados após o atendimento.

Os dados mostrados na figura 5 apresentam uma ligeira alternância de intensidade de incidência nos bairros da cidade entre os anos de 2019 e 2020. Pode-se inferir que a cobertura vegetal consumida pelos incêndios florestais em um ano não se regenera a ponto de sofrer os mesmos efeitos da queima no ano seguinte. A alternância geográfica de incidência pode estar relacionada à mesma causa. Outra hipótese é o regime de pluviosidade, que pode ter ocorrido de maneira distinta em cada área ou período e assim pode ter resultado na produção de quantidades também distintas dos combustíveis disponíveis para queima. O regime de chuvas desigual poderá ter influenciado a umidade da vegetação e até mesmo extinto eventuais focos.

Tabela 1. Clusters espaciais retrospectivos de incêndios em lotes vagos em Araxá, MG em 2019 e 2020. Com destaque para os valores de “p” mais baixos

Ano	Cluster	Período	nº incêndios observados	nº incêndios esperados	Raio (km)	p-value
2019	1	30/09	2	0,078	0,1	0,301
	2	14/06	5	1,08	1,26	0,783
	3	09/07	2	1,7	1,26	0,958
	4	20/07	2	1,7	0,26	0,958
2020	1	04/08	2	0,052	0,1	0,388
	2	07/07	2	0,052	0,55	0,667
	3	27/08	2	0,052	0,13	0,667
	4	16/07 a 24/07	3	0,21	0,25	0,682
	5	03/09 a 08/09	3	0,26	0,70	0,891
	6	25/06	2	0,078	0,29	0,977
	7	11/08 a 15/08	2	0,078	0,21	0,977
	8	18/09 a 14/10	6	1,43	1,18	0,984

Este estudo reitera a importância da análise dos incêndios sob a perspectiva temporo-espacial. Sua aplicação para os casos dos lotes vagos em área urbana pode ser ampliada se aplicado o modelo discreto de Poisson, tendo como população de referência os lotes vagos em área urbana. Contudo, a aplicação deste método requer a construção de um banco de dados geográfico consistente, podendo ser elaborado como apoio de técnicas de sensoriamento remoto e SIG.

CONCLUSÕES

A estatística de varredura por permutação temporo-espacial é uma metodologia confiável para a detecção de *clusters* de focos de incêndio e tem a vantagem da análise da significância estatística das áreas com maior incidência. Assim, torna-se uma estratégia importante para a análise de eventos que não tem uma população (casos) de referência

por área, ou seja, se numa área urbana parte de seu espaço total apresenta o dobro de casos comparados com as ocorrências em toda área, haverá a formação de cluster nesta área menor.

A aplicação do método deve ser entendida como uma etapa exploratória para a identificação e interpretação da dimensão espacial e temporal dos eventos, servindo como instrumento para a caracterização dos períodos mais suscetíveis e áreas mais vulneráveis aos incêndios.

A janela de varredura temporo-espacial utilizou um parâmetro padrão, seguindo referenciais de aplicações já realizadas (PEREIRA et al., 2015; OROZCO et al., 2012), no entanto, outras janelas poderão ser definidas e utilizadas com base em observações de campo ou algum conhecimento sobre a dinâmica dos incêndios em um dado espaço.

Os eventos de incêndios em lotes vagos tendem a uma ocorrência aleatória dentro da mancha urbana. Uma área que teve a cobertura vegetal queimada em um ano, tende a não ser incendiada no ano seguinte, e a possível razão disso seria o tempo insuficiente para produção de carga de combustível, ou ainda, pode ter ocorrido incêndio e não foi notificado ao Corpo de Bombeiros.

A limitação principal do presente estudo diz respeito ao recorte temporal de dois anos, que pode restringir a caracterização da recorrência dos incêndios em um mesmo lote vago, e neste caso seria necessária uma série temporal mais longa, por exemplo, seis anos ou mais. No caso da série temporal curta, para ter maior efetividade, é necessária uma amostragem maior, que geralmente não é possível apenas pelos registros oficiais, mas pode ser ampliada por teledetecção, juntamente com inspeções de campo.

A análise temporo-espacial pode indicar os lugares para a intervenção direta da gestão pública, auxiliando a alocação de recursos e prevenção de impactos. A aplicação não se restringe aos incêndios urbanos, pode ser realizada para detectar clusters temporo-espaciais de incêndios de área rural.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem o 5º Pelotão de Bombeiros Militar – Araxá e ao Capitão Augusto pelo fornecimento dos dados para esta pesquisa.

REFERÊNCIAS

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução a Ciência da Geoinformação**. São Paulo: INPE, 2001. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap1-introducao.pdf>. Acesso em: 30 de set. de 2021.

CHUVIECO, E.; SALAS, F. J.; CARVACHO, L.; RODRIGUEZ-SILVA, F. Integrated fire risk mapping. Remote Sensing of Large Wildfires: In the **European Mediterranean Basin**, p. 61-100, 1999.

DE ASSIS, S. S.; DA MATA LUCAS, F. Queimadas urbanas em Ituiutaba (MG). **Revista Inova Ciência & Tecnologia/Innovative Science & Technology Journal**, p. 32-40, 2018. Disponível em: <https://periodicos.iftm.edu.br/index.php/inova/article/view/226/265>. Acesso em: 11 fev. 2023.

GAO, P.; GUO, D.; LIAO, K.; WEBB, J. J.; CUTER, S. L. Early Detection of Terrorism Outbreaks Using Prospective Space–Time Scan Statistics. **The Professional Geographer**, v. 65, n. 4, p. 676-691, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1080/00330124.2012.724348>

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Cidades: Brasil, Minas Gerais, Araxá, 2021**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/araxa/panorama>. Acesso em: 26 set. de 2021.

KAZMIERCZAK, M. L. Sensoriamento remoto para incêndios florestais. In: SAUSEN, T.M. & LACRUZ, M. S. P. **Sensoriamento Remoto para Desastres**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

KULLDORFF, M.; HEFFERNAN, R.; HARTMAN J.; ASSUNÇÃO, R.M.; MOSTASHARI, F. A space-time permutation scan statistic for the early detection of disease outbreaks. **PLoS Medicine**, v. 2, n. 3, p. e59, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.0020059>

KULLDORFF, M. **SatScan™ manual do usuário**. Tradução de Alessandra Cristina Guedes Pellini. 2015. p. 113. Disponível em: <https://www.satscan.org/techdoc.html>. Acesso em: 17 set. 2021.

MEDEIROS, M. B.; FIEDLER, N. C. Incêndios florestais no Parque Nacional Da Serra Da Canastra: desafios para a conservação da biodiversidade. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, p. 157-168, 2004. DOI: <https://doi.org/10.5902/198050981815>

NEPSTAD, D. C.; MOREIRA, A. G.; ALENCAR, A. A. **A floresta em chamas: origens, impactos e prevenção de fogo na Amazônia**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais no Brasil, 1999. 172p. Disponível em: <https://www.terrabrasilis.org.br/ecotecadigital/pdf/floresta-em-chamas-origens-impactos-e-prevencao-do-fogo-na-amazonia.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2022.

OROZCO, C. V.; TONINI, M.; CONEDERA, M.; KANVESKI, M. Cluster recognition in spatial-temporal sequences: the case of forest fires. **Geoinformatica**, v. 16, n. 4, p. 653-673, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10707-012-0161-z>

PARENTE, J.; PEREIRA, M. G.; TONINI, M. Space-time clustering analysis of wildfires: The influence of dataset characteristics, fire prevention policy decisions, weather and climate. **Science of the Total Environment**, v. 559, p. 151-165, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.03.129>

PEREIRA, A.; FRANÇA, H.; SANTOS, J.E. Método para avaliação da susceptibilidade da vegetação do Cerrado ao fogo em relação a indicadores antrópicos. *In: Anais XI SBSR*, INPE, p. 501-508, 2003. Disponível em: http://marte.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.18.22.03/doc/04_427.pdf. Acesso em: 28 ago. 2019.

PEREIRA, M. G.; CAMELO, L.; OROZCO, C. V.; COSTA, R.; TONINI, M. Space-time clustering analysis performance of an aggregated dataset: The case of wildfires in Portugal. **Environmental Modelling & Software**, v. 72, p. 239-249, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2015.05.016>

RAMOS, P. C. M.; MENDES, A. Sistema nacional de prevenção e combate aos incêndios florestais. **Fórum Nacional Sobre Incêndios Florestais**, v. 1, p. 29-38, 1995.

SOARES, R. V.; SANTOS, J. F. Perfil dos incêndios florestais no Brasil de 1994 a 1997. **Floresta**, v. 32, n. 2, 2002. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v32i2.2287>

TONINI, M.; TUIA, D.; RATLE, F. Detection of clusters using space–time scan statistics. **International Journal of Wildland Fire**, v. 18, n. 7, p. 830-836, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1071/WF07167>.

TORRES, T. P. T.; RIBEIRO, G. A.; MARTINS, S. V.; LIMA, G. S. Determinação do período mais propício às ocorrências de Incêndios em vegetação na área urbana de Juiz De Fora, MG. **Revista Árvore**, v. 34, n. 2, p. 297-303, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622010000200012>.

TORRES, T. P. T.; RIBEIRO, G. A.; MARTINS, S. V.; LIMA, G. S. Perfil dos Incêndios em Vegetação nos Municípios de Juiz de Fora e Ubá, MG, de 2001 a 2007. **Floresta e Ambiente**, v. 17, n. 2, p. 83-89, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2011.010>.

TUIA, D.; RATLE, F.; LASAPONARA, R.; TELESCA, L.; KENEVSKI, M. Scan statistics analysis of forest fire clusters. **Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation**, v. 13, n. 8, p. 1689-1694, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cnsns.2007.03.004>

UN-ISDR – International Strategy for Disaster Reduction. 2015. **Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015 – 2030**. Disponível em: <https://www.preventionweb.net/drr-framework/sendai-framework>. Acesso em: 27 set. 2021.

WEBER, A. A.; WOLLMANN, C. A. Mapeamento dos incêndios residências na área urbana de Santa Maria, RS, Brasil utilizando o estimador de densidade Kernel. **Investigaciones Geográficas**, n. 51, p. 49-60, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5354/0719-5370.2016.41748>

YEBRA, M.; CHUVIECO, E.; RIAÑO, D. Estimation of live fuel moisture content from MODIS images for fire risk assessment. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 148, n. 4, p. 523-536, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2007.12.005>

Recebido em: 05/09/2022
Aprovado em: 13/01/2023