

# ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA INCIDÊNCIA DE FOCOS DE CALOR NOS BIOMAS CERRADO E CAATINGA EM MINAS GERAIS

Michel Eustáquio Dantas Chaves<sup>1</sup>, Frederico Cássio Moreira Martins<sup>2</sup>, Katyanne Viana da Conceição<sup>3</sup> e Guilherme Augusto Verola Mataveli<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Lavras – UFLA, medchaves@posgrad.ufla.br; <sup>2</sup> Professor efetivo do Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais – IFSUDESTE-MG – Campus Barbacena, frederico.martins@ifsudestemg.edu.br; <sup>3</sup> Discente do Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Gestão de Áreas Naturais Protegidas do Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais – IFSUDESTE-MG, Campus Barbacena, katyannevc@hotmail.com e <sup>4</sup> Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de São Paulo - USP, guilhermemataveli@gmail.com

## RESUMO

A ação do fogo no Cerrado e na Caatinga de Minas Gerais desencadeia impactos socioambientais, inclusive, em áreas naturais protegidas por leis. Avaliou-se neste estudo a distribuição espacial dos focos de calor detectados pelos produtos de fogo derivados do sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) no Cerrado e na Caatinga de Minas Gerais entre 2005 e 2015. A distribuição espacial e temporal dos focos de calor foi obtida a partir dos totais mensais dos dados brutos provenientes do sensor. A maior concentração de focos está na transição dos biomas, região com várias Unidades de Conservação (UC). Além disso, sempre no período seco (maio até outubro), houve maior incidência de focos de calor. A análise temporal indicou variação interanual gradativa do registro dos focos, tanto nas UC quanto nos biomas. A espacialização dos focos ao longo do tempo é a contribuição deste trabalho para o monitoramento do problema em âmbito regional.

**Palavras-chave** — Focos de calor, Sensor MODIS, Cerrado, Caatinga, Unidades de Conservação.

## ABSTRACT

*The fire activity in the Cerrado and Caatinga of Minas Gerais triggers socio-environmental impacts, including in natural areas. The spatial distribution of the hotspots detected by the fire products derived from the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) sensor in the Cerrado and the Caatinga of Minas Gerais between 2005 and 2015 was evaluated in this study. The spatio-temporal distribution of the heat sources was obtained from the monthly totals of raw data coming from the sensor. The largest concentration of hotspots is in the transition of biomes, a region with several Conservation Units. In addition, in the dry period (May to October), there was a higher incidence of hotspots. The temporal analysis indicated a gradual interannual variation of the record of the hotspots, both in the UC and in the biomes. The spatialization of*

*hotspots over time is the contribution of this work to the monitoring at the regional level.*

**Key words** — Hotspots, MODIS sensor, Cerrado, Caatinga, Conservation Units.

## 1. INTRODUÇÃO

O uso do fogo é recorrente em grande parte da superfície vegetada do mundo e possui função relevante no sistema terrestre, devido à emissão de gases traços e aerossóis para a atmosfera [1], além de ser importante agente modelador dos ecossistemas e fonte de mudanças no uso e cobertura da terra [2]. A intensidade do fogo na região tropical do planeta é alta, especialmente no Brasil, onde, segundo [3], está diretamente ligado à expansão agrícola e ao manejo de pastagens.

Os danos causados pela ação do fogo afetam, inclusive, áreas naturais protegidas por leis, segundo dados do Banco de Dados de Queimadas [4]. Em muitos casos, o controle eficaz é limitado pela dificuldade de acesso aos locais atingidos e pela falta de recursos e infraestrutura básica para combate ao fogo [5].

Neste sentido, o uso de satélites se constitui como importante ferramenta aos trabalhos de investigação de focos de calor, uma vez que possibilitam o armazenamento dos dados coletados por imageamento da superfície, com informações cronológicas das áreas investigadas [6].

Em Minas Gerais, o Cerrado é o bioma no qual foram detectados mais focos de calor pelo sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) e a Caatinga o que apresentou distribuição irregular do fogo em áreas de preservação, como as Unidades de Conservação - UC [7]. A ação do fogo nestas áreas representa barreiras ao cumprimento efetivo de seu objetivo de criação, que é proteger os recursos naturais.

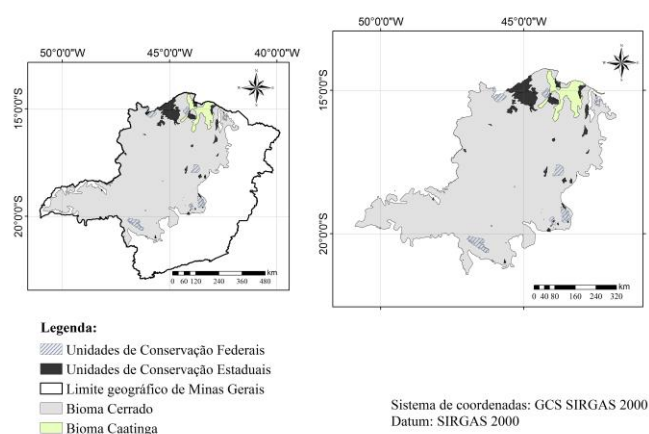
Dada a propensão de ambos os biomas à ação das queimadas, bem como a sua relevância ecológica, evidencia-se a importância de monitorar as áreas afetadas a fim de auxiliar nos processos de tomada de decisão para a melhor gestão possível, inclusive das Unidades de Conservação locais, no que tange aos problemas relacionados ao fogo.

Diante disso, objetivou-se por meio deste trabalho avaliar a distribuição espacial e temporal dos focos de calor detectados pelos produtos de anomalias termais e fogo derivados do sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) nas áreas de Cerrado e Caatinga de Minas Gerais entre os anos de 2005 e 2015.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

A área de estudo compreende às áreas dos biomas Cerrado e Caatinga no Estado de Minas Gerais. Com o avanço das atividades antrópicas, a grande incidência de focos de calor [4, 7] e a relevância ecológica, contemplando diversas áreas protegidas pela Legislação, como Unidades de Conservação (UC) Federais e Estaduais, esta área é propícia para o tipo de análise proposta. No mapa apresentado na Figura 1, é possível notar a delimitação geográfica e a distribuição espacial dos biomas Cerrado e Caatinga em Minas Gerais, com destaque para as Unidades de Conservação Federais e Estaduais.



**Figura 1. Localização geográfica dos biomas Cerrado e Caatinga presentes no Estado de Minas Gerais e suas Unidades de Conservação Estaduais e Federais.**

O clima tropical sazonal, predominante na região, apresenta como característica duas estações bem definidas: uma seca, entre maio e setembro e uma chuvosa, entre outubro e abril. A média anual de precipitação é de 1.500 mm no Cerrado e varia entre 600 e 800 mm na Caatinga. As médias de temperatura variam em torno de 22/23°C. Tais condições favorecem a manutenção e a propagação do fogo, principalmente no período seco [8]. Este cenário pode estar diretamente relacionado à expansão da agricultura.

Na área de estudo, as queimadas antrópicas costumam ser antecipadas para julho ou agosto, onde a maioria dos agricultores queima os restos da colheita e prepara suas terras para novos plantios, e os pecuaristas, deliberadamente, queimam o pasto nativo para promover a rebrota das gramíneas dessecadas para fornecer folhas frescas ao gado

nessa época de escassez [9]. Estas queimadas muitas vezes fogem do controle dos agricultores, atingindo áreas destinadas à conservação [8]. Quando há perda de controle do fogo, iniciam-se incêndios florestais.

Em contrapartida, as queimadas naturais ocorrem, em maior escala, no início da estação chuvosa, majoritariamente em setembro, devido à maior quantidade de raios que ativam a biomassa herbácea que se encontra no auge do seu dessecamento, já com suas folhas e ramos transformados em material facilmente inflamável [8].

### 2.2 Procedimento metodológico

Os dados orbitais de anomalias termais do sensor MODIS foram extraídos do banco de dados *Level 1 and Atmosphere Archive and Distribution System - LAADS Web* [10], convertidos do formato *Hierarchical Data Format* versão 4 (HDF-4) para o formato padrão *American Standard Code for Information Interchange* (ASCII) e organizados em ordem cronológica, visando avaliar variabilidade da ocorrência dos focos de calor durante o período de análise. Como o MOD14 e o MYD14 são produtos globais, foi necessário fazer um recorte para captar apenas os focos de calor da porção mineira dos biomas Cerrado e Caatinga.

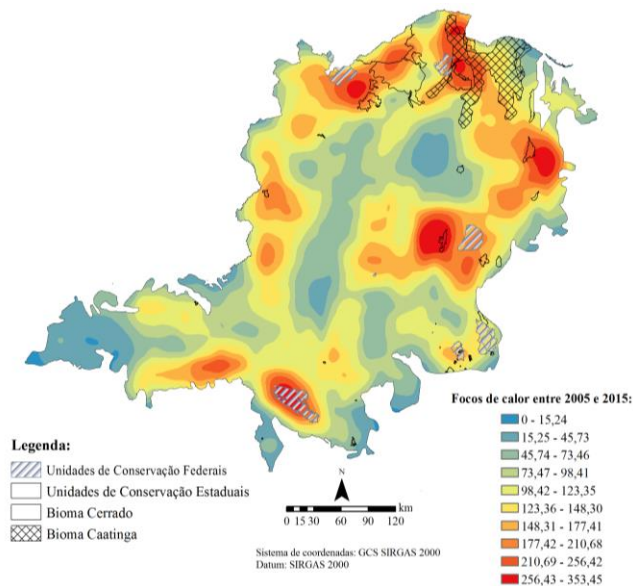
A distribuição espacial e temporal dos focos de calor foi obtida a partir dos totais mensais obtidos dos dados brutos provenientes do sensor. Por fim, os focos de calor detectados foram agrupados em uma grade regular de 0,25°, e em classes para cada ano, de acordo com a análise dos histogramas, visando representar melhor a sua distribuição por toda a área de estudo. Assim, em cada ponto da grade, foram totalizados os focos registrados, anualmente, entre 2005 e 2015.

Para cada ano, os focos de calor foram agrupados e divididos em nove classes, de acordo com a análise dos histogramas, com a última classe variando de oitenta focos até o número máximo de focos encontrados em um ponto da grade regular para cada ano. Após este processamento, os totais de focos de calor por pontos da grade foram interpolados de forma linear por meio do interpolador Convolução cúbica, visando gerar mapas de superfície contínua para espacializar as informações pontuais.

## 3. RESULTADOS

### 3.1 Análise espacial

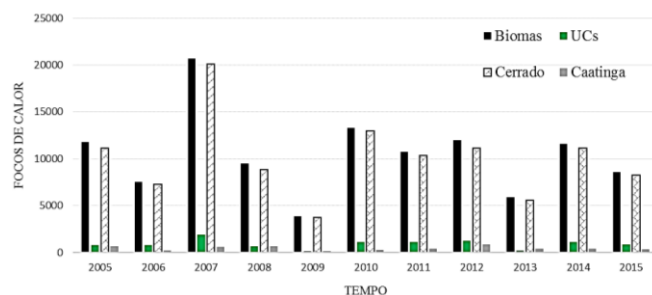
A análise espacial dos totais anuais de focos de calor nos biomas Cerrado e Caatinga entre 2005 e 2015 apresenta padrão de distribuição com maior concentração nas regiões Norte e Noroeste de Minas Gerais. As UC mais afetadas com focos de calor durante o período foram aquelas concentradas na faixa de transição entre os biomas, seguidas das UC na região central e do Parque Nacional da Serra da Canastra, na porção sul do Cerrado mineiro (Figura 2).



**Figura 2. Classificação da distribuição espacial da variação dos focos de calor detectados entre 2005 e 2015 na área de estudo.**

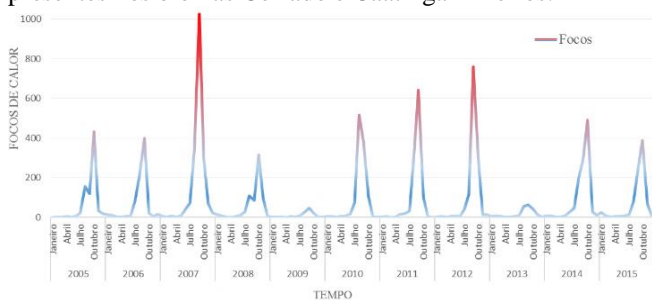
### 3.2 Análise temporal

A análise temporal indicou a variação interanual dos focos de calor detectados anualmente nos biomas e em suas UC, tornando possível detectar um padrão quanto à época do ano com maior incidência de focos de calor detectados.



**Figura 3. Série temporal correspondente ao total de focos de calor detectados na parte mineira dos biomas Cerrado e Caatinga e em suas Unidades de Conservação.**

A análise temporal mostrou o padrão de distribuição dos focos de calor detectados nas Unidades de Conservação presentes nos biomas Cerrado e Caatinga mineiros.



**Figura 4. Série temporal dos focos de calor detectados pelo sensor MODIS em Unidades de Conservação mineiras nos biomas Cerrado e Caatinga entre 2005 e 2015.**

## 4. DISCUSSÃO

### 4.1 Análise espacial

A faixa de transição entre os biomas Cerrado e Caatinga apresenta várias Unidades de Conservação, sendo rica em biodiversidade [11]. Contudo, estas áreas estão ameaçadas, visto que um grande volume de focos de calor foi detectado nesta área durante o período analisado. Outras regiões do Estado, tais como o restante da região Norte, a região Oeste em direção ao Triângulo Mineiro e a região Central, todas com predomínio de vegetação do Cerrado, também apresentaram maior concentração de focos de calor. Estas regiões são importantes áreas de expansão da fronteira agropecuária e da urbanização sobre o Cerrado e, justamente por isso, em face ao seu potencial para manejo e vocação agropecuária, estas áreas apresentam vulnerabilidade natural, estando mais susceptíveis do que outras à ação do fogo.

Em geral, o número total de focos de calor detectado na faixa de transição e no restante das UC de ambos os biomas indica deficiências na gestão quanto ao controle do fogo, fator que pode estar ligado à falta de implementação da lei e à falta de recursos nos órgãos de fiscalização, dada a realidade das UC brasileiras, que enfrentam muitos problemas no que tange à falta de recursos para a implementação de programas de prevenção de incêndios florestais, a designação de brigadistas e a compra de aeronaves, entre outros.

### 4.2 Análise temporal

A análise temporal representou a variação interanual dos focos de calor detectados anualmente nos biomas e em suas UC, tornando possível compreender que existe um padrão quanto à época do ano com maior incidência de focos de calor, que foi, invariavelmente, nos meses de maio a outubro, que correspondem ao período seco e à fase de transição para o período chuvoso em grande parte da região avaliada. O total de focos detectados em UC representou 8,63% do cômputo final entre 2005-2015.

A maior quantidade de focos de calor foi detectada na época de transição entre os períodos seco e chuvoso, na qual as queimadas no Cerrado se iniciam, segundo [12]. Nesta fase, a vegetação está mais vulnerável à ação do fogo por conta da baixa umidade e da ausência de chuvas por meses. Este padrão também é apontado por [13], que cita o manejo da terra como fator decisivo para a ocorrência de queimadas e incêndios.

## 5. CONCLUSÕES

Os dados derivados do sensor MODIS apresentaram potencial para a identificação dos focos de calor na área de estudo, tornando possível avaliar a distribuição espacial e temporal entre 2005 e 2015 e notar a influência da sazonalidade climática na ocorrência dos mesmos.



Em comparação com o total obtido em ambos os biomas, a quantidade de focos de calor em Unidades de Conservação é menor, sendo de 8,63%. Ainda que possa ser considerado baixo, este valor é acima do esperado, em face à finalidade das Unidades, o que torna importante melhorar a política de controle da ação do fogo, especialmente na zona de transição entre os biomas avaliados.

A utilização desta metodologia em consonância com dados orbitais em série temporal pode ser útil para o manejo conservacionista da vegetação nos biomas avaliados e nas suas áreas naturais protegidas, identificando regiões mais propensas à ação do fogo.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo suporte financeiro para a realização deste trabalho.

### 6. REFERÊNCIAS

- [1] Kaiser, J.W.; Heil, A.; Andreae, M.O.; Benedetti, A.; Chubarova, N.; Jones, L.; Morcrette, J.J.; Razinger, M.; Schultz, M. G.; Suttie, M. e Van Der Werf, G.R. “Biomass burning emissions estimated with a global fire assimilation system based on observed fire radiative power”, *Biogeosciences*, v. 9, n. 1, pp. 527-554, 2012.
- [2] Eckman, T.C.; Roberts, D.A. e Still, C.J. “Using multiple endmember spectral mixture analysis to retrieve subpixel fire properties from MODIS”, *Remote Sensing of Environment*, v. 112, n. 10, pp. 3773-3783, 2008.
- [3] Piromal, R.A.S.; Riveira-Lombardi, R.J.; Shimabururo, Y.E.; Formaggio, A.R. e Krug, T. “Utilização de dados MODIS para a detecção de queimadas na Amazônia”, *Acta Amazonica*, v. 38, n. 1, pp. 77-84, 2008.
- [4] Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. “BD Queimadas - Banco de Dados de Queimadas”. Disponível em: <<http://www.inpe.br/queimadas>>. Acesso em: 22 ago. 2016.
- [5] Costa, E.P.; Fiedler, N.C.; Medeiros, M.B. e Wanderley, F.B. “Incêndios florestais no entorno de unidades de conservação - estudo de caso na estação ecológica de águas emendadas, Distrito Federal”, *Ciência Florestal*, v. 19, n. 2, pp.195-206, 2009.
- [6] Batista, A.C. “Detecção de Incêndios Florestais por Satélites”, *Revista Floresta*, v. 34, n. 2, pp. 237-241, 2004.
- [7] Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. “Portal do Monitoramento de queimadas e incêndios”. Disponível em: <<http://sigma.cptec.inpe.br/queimadas/>>. Acesso em: 20 jul. 2016.
- [8] Ministério do Meio Ambiente. “Plano de ação para prevenção e controle do desmatamento e das queimadas: Cerrado”. Brasília: MMA, 200 p, 2011.
- [9] Pivello, V. “The use of fire in the Cerrado and Amazonian Rainforests of Brazil: past and present”. *Fire Ecology*, v. 7, n. 1, pp. 25-39, 2011.
- [10] National Aeronautics and Space Administration. LAADS Web. Level 1 and Atmosphere Archive and Distribution Center. Disponível em: (<<https://ladsweb.nascom.nasa.gov/>>). Acesso em: 18 ago 2017.
- [11] Pereira, A.A.; Barros, D.A.; Junior, F.W.A.; Pereira, J.A.A. e Reis, A.A. “Análise da distribuição espacial de áreas queimadas através da função K de Ripley”, *Scientia Forestalis*, v. 41, n. 100, pp. 445-455, 2013.
- [12] Coutinho, L.M. “Fire in the ecology of the Brazilian Cerrado”. In: Goldammer, J.G. (Ed.) Fire in the tropical biota. New York: Springer-Verlag, cap. 6, p. 82-105, 1990.
- [13] Van Der Werf, G.; Randerson, J.T.; Giglio, L.; Gobron, N. e Dolman, A.J. “Climate controls on the variability of fires in the tropics and subtropics”, *Global Biogeochemical Cycles*, v. 22, n. 3, pp. 1-13, 2008.