

EIXO TEMÁTICO: **RECURSOS NATURAIS**

FORMA DE APRESENTAÇÃO: **RESULTADO DE PESQUISA**

MODELO DE PROPAGAÇÃO DE INCÊNDIO UTILIZANDO AUTÔMATOS CELULARES APLICADO À SERRA DE SÃO DOMINGOS E ÁREAS ADJACENTES

Everton dos Santos¹

Luiz Felipe Ramos Turci²

Paulo Henrique Bretanha Junker Menezes³

Resumo

O Parque Municipal da Serra de São Domingos (PMSSD) é uma unidade de conservação da Mata Atlântica, responsável por parte da ecologia, clima e turismo da região de Poços de Caldas – MG, e sofre ocasionalmente com incêndios. Dessa forma, foi desenvolvido um modelo computacional, baseado no método dos autômatos celulares, de forma a simular e compreender os eventos de incêndio que ocorrem na Serra de São Domingos.

Palavras Chave: Modelagem; Propagação de Incêndio; Autômatos Celulares; Serra de São Domingos.

INTRODUÇÃO

O Parque Municipal da Serra de São Domingos (PMSSD), localizado no município de Poços de Caldas-MG, é considerado de extrema importância para a região, uma vez que influencia no clima local, fornece serviços ambientais, como fornecimento de água e conservação da biodiversidade, e é atrativo do ponto de vista turístico (COSTA, 2010). Devido à baixa umidade durante a estação seca, entre junho e setembro, são comuns os eventos de incêndio na região, 30 casos registrados entre os anos de 2010 e 2015 (CBM, 2015).

A propagação do fogo nos ambientais naturais ocorrem a partir de situações simples, e se desenvolvem num processo complexo, proveniente das características da área, como topografia, vegetação, características climáticas, como umidade do ar, e direção do vento (MCKENZIE et al., 2011). Desta maneira, os modelos matemáticos de incêndios florestais e propagação de fogo são compostos por conjuntos de equações que representam essas características de maneira simplificada (PASTOR et al., 2003).

Os autômatos celulares são modelos de sistemas físicos, com variáveis, como tempo e espaço, tratadas discretamente, e cujos parâmetros físicos compõem um conjunto de valores finitos. Um sistema de autômatos celulares consiste da divisão regular do espaço em células, sendo estas caracterizadas por um estado representativo de seu estado real. As mudanças de estado das células dependem do estado atual da célula e das células vizinhas, marcadas por uma função de transição (LI et al., 2015). Dessa forma, são amplamente utilizados para modelagens e simulações de sistemas dinâmicos complexos, como incêndios florestais, pois a evolução do sistema depende exclusivamente das interações locais das partes que o compõem (D'AMBROSIO et al., 2006).

¹Mestrando em Ciência e Engenharia Ambiental pela UNIFAL-MG – Campus Poços de Caldas evertonds@live.com

²Professor na UNIFAL-MG – Campus Poços de Caldas, luiz.turci@unifal-mg.edu.br

³Professor na UNIFAL-MG – Campos Poços de Caldas, paulo.menezes@unifal-mg.edu.br

METODOLOGIA

A área considerada para este estudo é uma poligonal, de aproximadamente 1200 hectares, proposta pelo Instituto Estadual de Patrimônio Histórico e Artístico (IEPHA-MG) que engloba a área do PMSSD, que ocupa uma área de aproximadamente 370 hectares.

Utilizando um *shapefile* da área de estudo, disponibilizado pela Prefeitura Municipal de Poços de Caldas (PMPC), e uma imagem de alta resolução do satélite *QuickBird*, elaborou-se um mapa de cobertura vegetal e ocupação do solo na área de estudo, bem como vias e corpos hídricos, que são aceiros contra a propagação do incêndio.

Utilizando a metodologia proposta por Almeida (2012), desenvolveu-se um modelo de propagação de incêndio, onde cada célula possui uma variável de estado S, que possui quatro estados possíveis: E, representando uma célula sem vegetação; V, uma célula com vegetação; F, uma célula queimando; e O, uma célula onde a vegetação foi consumida pelo incêndio.

A variável de estado S é uma função de três probabilidades distintas: D, relacionado à densidade de vegetação, definido neste trabalho como 1, caso houvesse vegetação, ou 0, caso contrário; B, relacionado à eficiência do processo de combustão da célula, onde ao passar do tempo, uma célula passa do estado F para o estado O, fixado aqui em 0,1; e I, relacionado ao processo de ignição, onde uma célula no estado F transfere energia para uma célula adjacente (V) e propaga o incêndio, fixado aqui em 0,05.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O mapa de cobertura vegetal e ocupação do solo resultou em cinco classes de cobertura: Mata nativa; Plantações; Vegetação arbórea/rasteira; Área de reflorestamento; Áreas urbanas. Dessa forma, as vias, corpos hídricos e áreas urbanas foram consideradas aceiros para o modelo, de forma que o incêndio modelado não se propagaria através dessas áreas.

Utilizando um ponto de ignição aleatório, o incêndio simulado ocorre de acordo com o esperado, uma vez que este se propaga entre células vizinhas que contém vegetação, e a propagação é interrompida ao se deparar com uma célula aceiro. A probabilidade B fixada em 0,1 se mostra suficiente para que a vegetação não se consuma rápido demais, e a probabilidade I, fixada em 0,05, é o suficiente para que, houvesse ignição ou não, nas células que continham vegetação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este é um resultado parcial, neste trabalho ainda estudaremos os ajustes das probabilidades D, B e I, uma vez que mesmo havendo diferenciação na vegetação da área, não se levou em conta possíveis acúmulos vegetais dessas classes de vegetação, da mesma forma que não se levou em conta a umidade do ar, topografia, efeito de ventos, e outros, que interferem nas probabilidades B e I. Agradecimentos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. M. **Modelagem da propagação do fogo como ferramenta de auxílio à tomada de decisão no combate e prevenção de incêndios no Parque Nacional das Emas, GO**. Tese (Doutorado em Computação Aplicada) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2012.

CBM - CORPO DE BOMBEIROS MILITAR – 1ª COMPANHIA INDEPENDENTE DE POÇOS DE CALDAS. **Relatórios de eventos de defesa civil**. 2015.

COSTA, M. P. **Ecologia da vegetação arbórea na Serra de São Domingos, Poços de Caldas (MG)**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras (UFLA), 2010.

LI, C. et al. Visualization and simulation model of underground mine fire disaster based on Cellular Automata. **Applied Mathematical Modelling**, v. 39, n. 15, p.4351-4364, ago. 2015.

D'AMBROSIO, D. et al. **A model for the simulation of forest fire dynamics using cellular automata**. In: Proceedings of the iEMSs Third Biennial Meeting: "Summit on Environmental Modelling and Software". International Environmental Modelling and Software Society, Burlington, USA, July 2006.

MCKENZIE, D. et al. (Ed.). **The Landscape Ecology of Fire**. New York, NY: Springer, 2011, (Ecological Studies, v. 213). cap. 1, p. 3-6. 2011.

PASTOR, E. et al. Mathematical models and calculation systems for the study of wildland fire behaviour. **Progress in Energy and Combustion Science**, v. 29, n. 2, p. 139-153, 2003.