



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

ZONEAMENTO DE ÁREAS DE MAIOR RISCO A AÇÃO DO FOGO NO PARQUE ESTADUAL DE CAMPOS DO JORDÃO - SP

Igor José Malfetoni Ferreira¹

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE

Caixa Postal 515 - 12245-970 - São José dos Campos - SP, Brasil

igor_malfetoni@hotmail.com

RESUMO: O fogo acarreta desequilíbrio de ecossistemas e do microclima regional devido ao seu impacto negativo sobre a biodiversidade. Os principais aspectos do fogo que devem ser observados são a origem, o material combustível e o sua capacidade de propagação. Portanto, fatores como uso e cobertura, proximidade com núcleos urbanos, vias, declividade, exposição das encostas, precipitação e distância a corpos hídricos podem exercer influência na dinâmica do fogo. Neste contexto, ferramentas de geoprocessamento e métodos de inferência geográfica tornam-se indispensáveis para a elaboração de ações preventivas voltadas a conservação da biodiversidade. Assim, este trabalho objetiva propor um mapa de áreas de risco ao fogo no Parque Estadual de Campos do Jordão por meio do operador *fuzzy* AHP média ponderada. A obtenção das variáveis se deu por meio da normalização dos dados usando a lógica *fuzzy* e a ponderação das variáveis pelo Processo Analítico Hierárquico (AHP) com o intuito de fornecer suporte à tomada de decisões e integração das informações espaciais. Os resultados evidenciaram que as áreas de maior risco ao fogo coincidem com os registros de focos de calor de 2017. Estas áreas estão sob domínio das classes de pastagem e campos de altitude, bem como maior proximidade com a infraestrutura do parque (edificações e vias de acesso). Vale ressaltar que futuros estudos em campo devem ser desenvolvidos para validação do modelo proposto. Portanto, conclui-se que estudos como este são primordiais no subsídio de políticas públicas em unidades de conservação para elaboração de ações preventivas contra incêndios.

PALAVRAS-CHAVE: Risco ao fogo, sensoriamento remoto, unidade de conservação.



1. INTRODUÇÃO

A influência antrópica associada a eventos climáticos são os principais agentes responsáveis pela dinâmica da ação do fogo, seja este na forma de queimadas ou incêndios sobre remanescentes de floresta tropical (ANDERSON et al., 2015; CORLETT, 2016). O fogo acarreta desequilíbrio de ecossistemas e do microclima regional devido ao impacto sobre a biodiversidade e emissão de carbono para a atmosfera. Deste modo, é importante avaliar a ocorrência do risco ao fogo como forma de entendimento da dinâmica de eventos relacionados ao fenômeno, principalmente quando associado às unidades de conservação.

O risco ao fogo pode ser entendido como a probabilidade de sua ocorrência dado a ameaça e a susceptibilidade das áreas, levando em consideração, portanto, fatores que influenciam a ignição, propagação e extinção (CHUVIECO et al, 2014). A ameaça está relacionado a origem do fogo, podendo ocorrer a partir de fenômenos climáticos ou antrópicos como o manuseio do fogo em diversos usos do solo para práticas agrosilvopastoril (TORRES et al, 2010; CHANG et al., 2015), por exemplo. A presença de vias de acesso ou proximidade com áreas urbanizadas são outros fatores que também oferecem grande potencialidade para a ocorrência de incêndios florestais (KOPROSKI et al, 2011; TORRES; RIBEIRO, 2008).

Já a susceptibilidade relaciona-se as características de cada região que favorecem a propagação do fogo. Diferentes tipos de cobertura vegetal proporcionam diferentes densidades de biomassa que, por sua vez, são fontes de material combustível, essencial para a ignição e propagação do fogo, bem como diferentes cenários do teor de umidade que podem favorecer ou não a sua ocorrência (TORRES et al, 2014). A declividade e a orientação das encostas são fatores que também podem contribuir para a propagação do fogo, pois durante a propagação de incêndios e queimadas, áreas com declividades acentuadas tendem a perder teor de umidade mais rápido do que áreas planas (RIBEIRO et al, 2008) e a orientação das vertentes esta relacionada com a maior exposição ao sol e, conseqüentemente, maior temperatura na superfície (TORRES et al, 2014).

A utilização de dados provenientes do sensoriamento remoto, como por exemplo, os dados de focos de calor, e a aplicação de técnicas de geoprocessamento têm



sido amplamente abordados em diversos estudos para o mapeamento de eventos relacionados à ação do fogo sobre a cobertura vegetal (CHUVIECO et al., 2010; CHUVIECO et al, 2014; TORRES et al, 2014; ARETANO et al., 2015). Dessa forma, ambientes como os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) permitem a avaliação dos dados provenientes de grandes áreas de forma rápida e consistente, auxiliando na tomada de decisões de projetos que visam a conservação da biodiversidade.

As ferramentas de geoprocessamento associadas a técnicas de inferência de geográfica permitem o desenvolvimento de modelos para análise das potencialidades e definição de zoneamentos, visando a prevenção de fenômenos que possam comprometer a proteção da biodiversidade (KOPROSKI et al., 2011; FARIA et al., 2003). A avaliação multicriterial para inferência de fenômenos espaciais tem sido amplamente utilizada por demonstrarem melhores resultados na modelagem de estudos ambientais (SILVA JUNIOR et al, 2013; SILVEIRA; VETORAZZI; VALENTE, 2008; VALENTE; VETORAZZI, 2005), principalmente, para as avaliações de fenômenos contínuos no espaço (MEIRELES et al, 2007).

A lógica *fuzzy* foi proposta por Zadeh (1965) como uma derivação da lógica booleana para o estudo e representação de fenômenos contínuos no espaço. Dessa forma, Zadeh (1965) por meio de modelos matemáticos de pertinência, buscou quantificar os fenômenos que possuem um certo grau de incerteza, representando-os em uma escala entre 0 e 1 de acordo com seu grau de pertinência ao fenômeno estudado.

Associado à lógica *fuzzy*, a técnica de Processo Analítico Hierárquico (AHP) pode ser aplicada com o intuito de fornecer suporte à tomada de decisões (SILVA JUNIOR et al, 2013). A técnica AHP analisa de forma hierárquica os diversos fatores que contribuem com diferentes graus de importância para a ocorrência do fenômeno estudado (SAATY, 1977).

Assim, no contexto de aplicação técnicas de geoprocessamento e inferência geográfica, este trabalho tem como objetivo propor um zoneamento de áreas de maior risco a ocorrência fogo no Parque Estadual de Campos do Jordão – SP, por meio do operador *fuzzy* Média Ponderada AHP.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de Estudo

A área de estudo do presente trabalho compreende Parque Estadual de Campos do Jordão que localiza-se no município de Campos do Jordão (SP) com 8.341 ha, na área de Proteção Ambiental da Serra da Mantiqueira (Figura 1) e sua zona de amortecimento. O Parque foi criado pelo Decreto-Lei Estadual nº 11.908, de 27 de março de 1941, com a finalidade de proteção da espécie vegetal *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (Araucariaceae). O Parque apresenta um clima com temperaturas médias anuais de, aproximadamente, 14,3 °C e precipitação variando entre 1.205 a 2.800 mm (FUNDAÇÃO FLORESTAL, 2015).

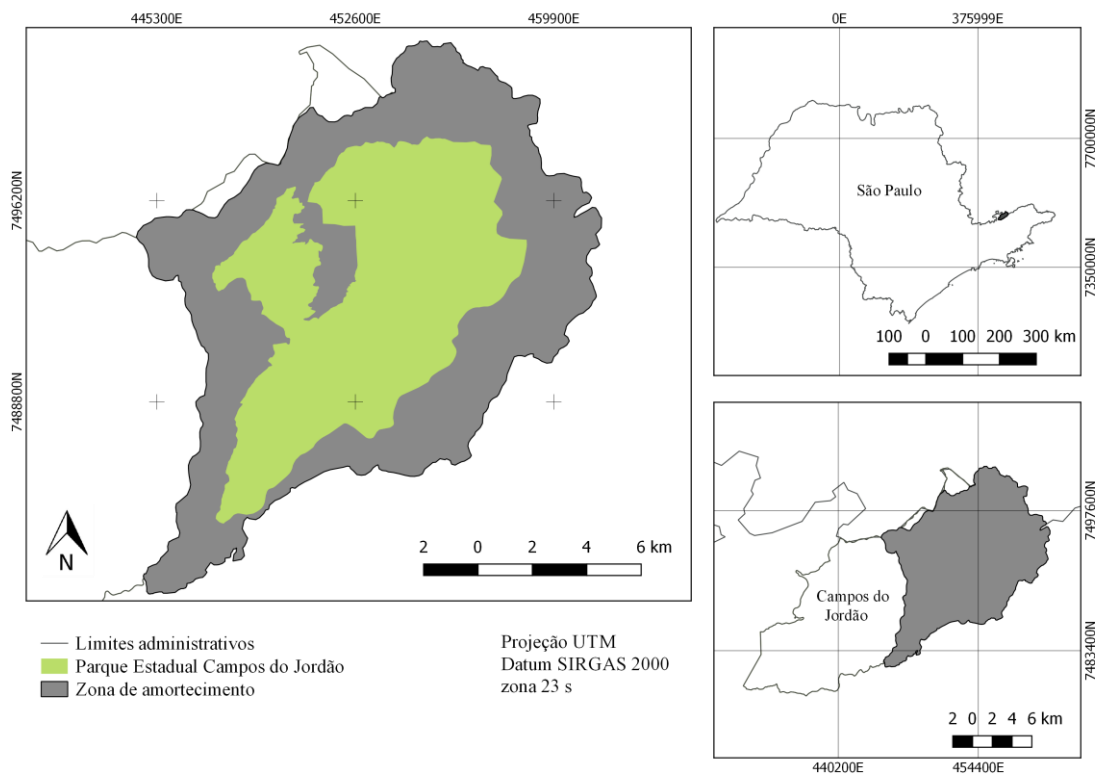


Figura 1 – Localização do Parque Estadual de Campos do Jordão (PECJ).

A área de estudo está sob o domínio da Mata Atlântica, possuindo fisionomias vegetais como a floresta ombrófila mista alto-montanha com presença de *Araucaria angustifolia*, a floresta ombrófila densa alto-montanha, campos de altitude nas partes mais elevadas e nas partes mais baixas do parque há áreas de reflorestamento de *Pinus elliotti* e *P. taeda*. (FUNDAÇÃO FLORESTAL, 2015).

2.2.Procedimentos metodológicos

O resumo do planejamento e execução dos procedimentos adotados neste estudo estão descritos na Figura 1.

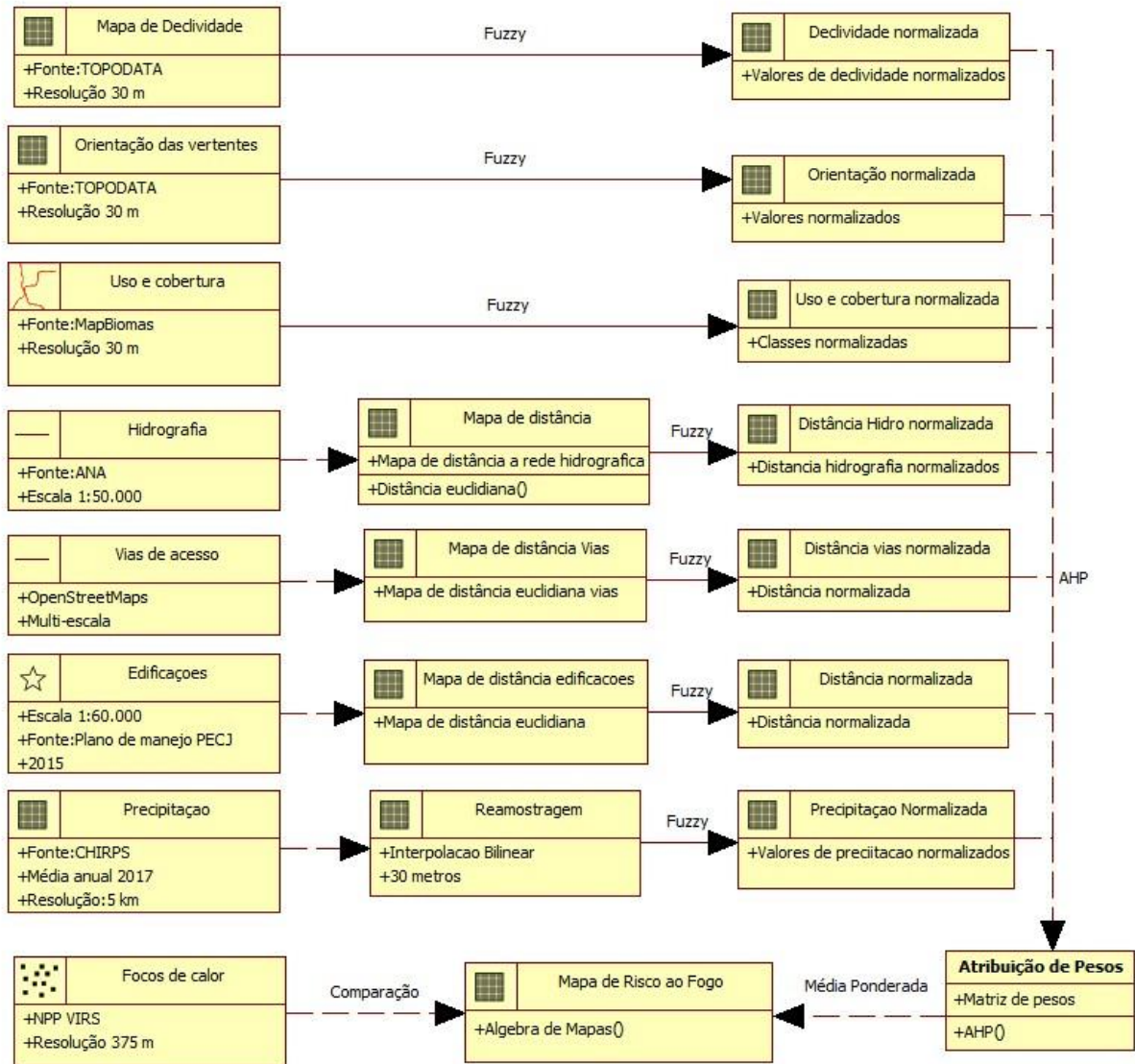


Figura 2 - Modelo OMT-G simplificado das atividades propostas.

Neste estudo, a seleção dos fatores de contribuição à ignição e propagação do fogo foi realizada com base na literatura, levando em consideração os fatores biológicos como uso e cobertura do solo e rede hidrográfica, fatores ambientais climáticos como precipitação, fatores físicos como declividade e exposição das vertentes e, fatores



antrópicos como a distância às vias e edificações ou aglomerados urbanos. A descrição dos dados utilizados neste trabalho está disposta na tabela 1.

Tabela 1 – Fontes dos dados utilizados

Dados	Fonte	Descrição
Uso e cobertura	MapBiomias	Resolução espacial de 30 metros
Vias	OpenStreetMaps	Multi-escalas
Hidrografia	ANA	1:50.000
Declividade	TOPODATA	Resolução espacial de 30 m
Exposição da vertente	TOPODATA	Resolução espacial de 30 m
Precipitação	CHIRPS	0,05° (5km)
Áreas Urbanizadas	Plano de manejo (2013)	Escala 1:60.000
Focos de calor	INPE – Plataforma BD (sensor VIRS)	Resolução espacial 375 metros

O mapeamento do uso e cobertura foi obtido pelo projeto *de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil* (MapBiomias), coleção 2.3. Ao comparar o dado com o mapeamento presente no plano de manejo do parque, realizado em 2013, as principais classes existentes adotadas pelo MapBiomias estão delimitadas de forma adequada, com exceção da legenda para a classe “Agricultura ou Pastagem” que corresponde aos campos de altitude. Por tal motivo, neste trabalho optou-se por usar o mapeamento realizado pelo MapBiomias, alterando apenas a classe supracitada para campos de altitude.

Os fatores antrópicos analisados foram proximidade com vias e edificações ou aglomerados urbanos. O mapeamento das edificações e aglomerados urbanos foi realizado a partir do georreferenciamento do plano de manejo, usando como representação operadores do tipo ponto.

Em função da resolução espacial dos dados de precipitação (aproximadamente 5km), foi necessário a reamostragem do mesmo a fim de aumentar a resolução para 30 metros. Para este objetivo, usou-se o interpolador bilinear que, por sua vez, estima o valor do ponto reamostrado usando uma relação de vizinhança (HAQUE et al., 2013; UDDIN et al., 2008). Para este trabalho, usou-se a média anual de precipitação de 2017.

Todas as variáveis adotadas neste trabalho foram reescaladas para que pudessem ser comparadas, uma vez que as classes de cada variável possuem ponderações distintas em relação à ameaça ou vulnerabilidade ao fogo. Dessa forma,



adotou-se a normalização *fuzzy*, aplicando-se uma função de pertinência para cada variável de modo que cada elemento do conjunto recebeu um grau de certeza, variando entre 0 e 1. O valor máximo representa maior ameaça ou vulnerabilidade ao fogo e o valor nulo corresponde ao menor. A escolha da função de pertinência foi escolhida com base na literatura.

As diferentes classes de uso e cobertura do solo exercem influências distintas quanto ao comportamento do fogo devido ao tipo de material comburente e às mudanças do microclima como temperatura e teor de umidade (SOARES; BATISTA; NUNES, 2008). Florestas densas proporcionam menores temperaturas do material combustível e conseqüentemente, maior teor de umidade em função da interceptação da radiação solar pelo dossel (SOARES; BATISTA, 2007). Áreas de silvicultura podem estar mais sujeitas a incêndios florestais por sua composição homogênea de espécies vegetais e presença do manejo antrópico (SOARES;BATISTA, 2007).

Diferentemente das florestas densas, campos naturais são abertos com vegetação esparsa, contribuindo para o aumento da temperatura do solo e do material, além de possuir menor umidade. Estes fatores contribuem para a maior vulnerabilidade ao fogo dos campos naturais quando comparados as fitofisionomias de floresta densa e silvicultura. De forma análoga aos campos, pastagens e áreas agrícolas possuem grande propensão à ação do fogo, pois além de vegetação menos densa, provocando um menor teor de umidade do material lenhoso, muitas vezes o fogo é usado como forma de manejo nestas classes (TORRES et al., 2010; BATISTA, 2000).

Para as classes de uso e cobertura foi utilizada uma função pertinência de distribuição normal em torno de um ponto central (JUVANHOL, 2014). Assim, o valor definido como central recebe grau de pertinência máximo, decrescendo até mínimo grau de pertinência. Para valores que se encontram nos limites de transição, estes recebem o mesmo grau de pertinência. Dessa forma, as classes de uso e cobertura do solo foram hierarquizadas em relação a maior vulnerabilidade ao fogo (Tabela 2), e adotou-se 5 como valor central.



Tabela 2 - Hierarquia das classes de uso e cobertura do solo em função da vulnerabilidade da ação do fogo

Uso e cobertura	Valor reclassificado
Floresta	1
Pastagem	5
Campos de Altitude	7
Silvicultura	9

Para a variável declividade aplicou-se uma transformação linear decrescente a fim de manter as maiores inclinações do terreno com valores próximo de 1 (SILVEIRA; VETTORAZZI; VALENTE, 2008). Com relação ao relevo, quanto maior a declividade do terreno, maior será propensão a incêndios florestais, por exemplo, pois a inclinação do terreno esta associado com a maior taxa de propagação do fogo (SOARES, 1985).

A contribuição da variável exposição das vertentes está associada a maior ou menor exposição solar e conseqüente aquecimento da encosta, representando assim, o nível de risco. Dessa forma, adotou-se a face voltada para norte como sendo a de maior taxa de aquecimento conforme indicado por Ferraz e Vetorazzi (1998) (Tabela 3). Após a classificação, aplicou-se uma transformação linear crescente de modo que os maiores coeficientes foram associados ao maior contribuição para ação do fogo (SILVEIRA; VETTORAZZI; VALENTE, 2008).

Tabela 3 - Classificação das vertentes quanto ao grau de contribuição ação do fogo.

Ângulo de orientação	Exposição	Grau de contribuição	Coefficiente
112,5° a 247,5°	SE / S / SW	Baixo	1
67,5° a 112,5°	E	Moderado	2
22,5° a 67,5°	NE	Alto	3
247,5° a 337,5°	NW / W	Muito Alto	4
337,5° a 22,5°	N	Extremo	5

O estresse hídrico causado pelo teor de precipitação influencia no teor de umidade do material combustível e, portanto, representa maior ou menor grau de risco para a ocorrência e extensão de incêndios florestais (NELSON, 2001). Assim, os maiores valores de precipitação foram associados a graus menores de pertinência da lógica *fuzzy*, por meio de uma transformação linear decrescente.



A partir dos dados de vias, edificações ou aglomerados urbanos e redes de drenagem foram criados mapas de distância euclidiana, assumindo que, com exceção da rede de drenagem, a influência do maior risco ao fogo estaria condicionada às menores distâncias (RIBEIRO, 2009; RIBEIRO et al, 2008). Para rede de drenagem, quanto mais distante, maior o risco, uma que vez, corpos hídricos podem servir como barreiras naturais contra a propagação do fogo. Portanto, para os mapas de distâncias das vias e edificações ou aglomerados urbanos, aplicou-se uma função de pertinência linear decrescente e para o mapa de distância às redes de drenagem, uma função de pertinência linear crescente (SILVEIRA; VETTORAZZI; VALENTE, 2008).

Após a aplicação da lógica *fuzzy*, as variáveis foram ponderadas de acordo com seu grau de importância. Para este fim, foi usado a técnica de suporte à decisão proposto por Saaty (1980), em que as variáveis são analisada par a par, assumindo valores que variam entre 1 e 9, conforme o grau de relevância da contribuição ao evento estudado (Tabela 4). Segundo o autor supracitado, o índice de consistência da matriz gerada a partir da técnica AHP deve ser inferior a 0,1 para que as variáveis estejam logicamente relacionadas. Vale ressaltar que apesar de levar em consideração a literatura, a escolha dos índices é um processo subjetivo e derivado do conhecimento do analista que os propõe.

Tabela 4 - Escala de valores para comparação pareada proposta por Saaty (1980).

Intensidade de Importância	Definição	Explicação
1	Importância Equiparada	Contribuição equiparada para o objetivo.
3	Importância Moderada	Um objetivo ligeiramente favorável em detrimento de outro
5	Importância Forte	Um objetivo fortemente favorável em detrimento de outro.
7	Importância Muito Forte	Um objetivo muito fortemente favorável em detrimento de outro; domínio demonstrado na prática.
9	Importância Absoluta	É a maior ordem de afirmação possível de um objetivo em detrimento de outro.
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre dois julgamentos sucessivos	Possível necessidade de se interpolar julgamentos numéricos.

Fonte: Saaty (1980).



Assim, a partir da escala de intensidade proposta por Saaty (1980), montou-se uma matriz hierárquica (Tabela 5), a qual apresentou índice de consistência de 0,05, sendo abaixo do sugerido pelo autor supracitado. A ponderação relativa para cada variável também está descrita na tabela 5.

Tabela 5 - Matriz de pesos AHP e média ponderada para as respectivas variáveis.

	Uso e Cobertura	Dist. Edificações	Dist. Vias	Declividade	Exposição	Precipitação	Rede de Drenagem	Média Ponderada
Uso e Cobertura	1	2	2	6	7	8	9	0,344
Dist. Edificações	0,5	1	1	5	7	6	9	0,236
Dist. Vias	0,5	1	1	5	6	6	8	0,226
Declividade	0,167	0,2	0,2	1	2	3	6	0,079
Exposição	0,143	0,143	0,167	0,5	1	2	5	0,056
Precipitação	0,125	0,167	0,167	0,333	0,5	1	2	0,036
Rede de Drenagem	0,111	0,111	0,125	0,167	0,2	0,5	1	0,022

O cálculo do gradiente de risco foi obtido por meio do somatório das variáveis ponderadas, multiplicados pelo fator de pertinência *fuzzy* (Equação 1):

$$R = \sum_{i=1}^7 (P_{AHP} \times F_{Fuzzy}) \quad (1)$$

Onde:

- R é o gradiente de risco ao fogo;
- P_{AHP} é o peso ponderado pela técnica da AHP;
- F_{FUZZY} é o valor obtido pela função de pertinência *fuzzy*;
- 7 é o número de variáveis consideradas para o cálculo.

Por fim, o resultado obtido para o gradiente de risco ao fogo da área do PECJ e sua zona de amortecimento foi fatiado em 5 classes equidistantes (Tabela 6) para efeito de comparação com as classes de uso e cobertura, distância média às edificações e vias. Posteriormente, as classes foram comparadas aos focos de calor do ano de 2017 para a mesma região.

Tabela 6 - Fatiamento das classes de risco ao fogo.

Classe de risco obtida	Gradiente de risco ao fogo
Muito Baixo	0,38 – 0,50
Baixo	0,50 – 0,62
Moderado	0,62 – 0,74
Alto	0,74 – 0,86
Muito Alto	0,86 – 0,97

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 3 apresenta o zoneamento das áreas com maior risco a ação do fogo no Parque Estadual de Campos Jordão – SP, obtido por meio da análise hierárquica dos fatores biológicos, antrópicos e climáticos sob lógica *fuzzy*. A figura 3, apresenta, ainda, a comparação do zoneamento ao registro de focos de calor para o ano de 2017.

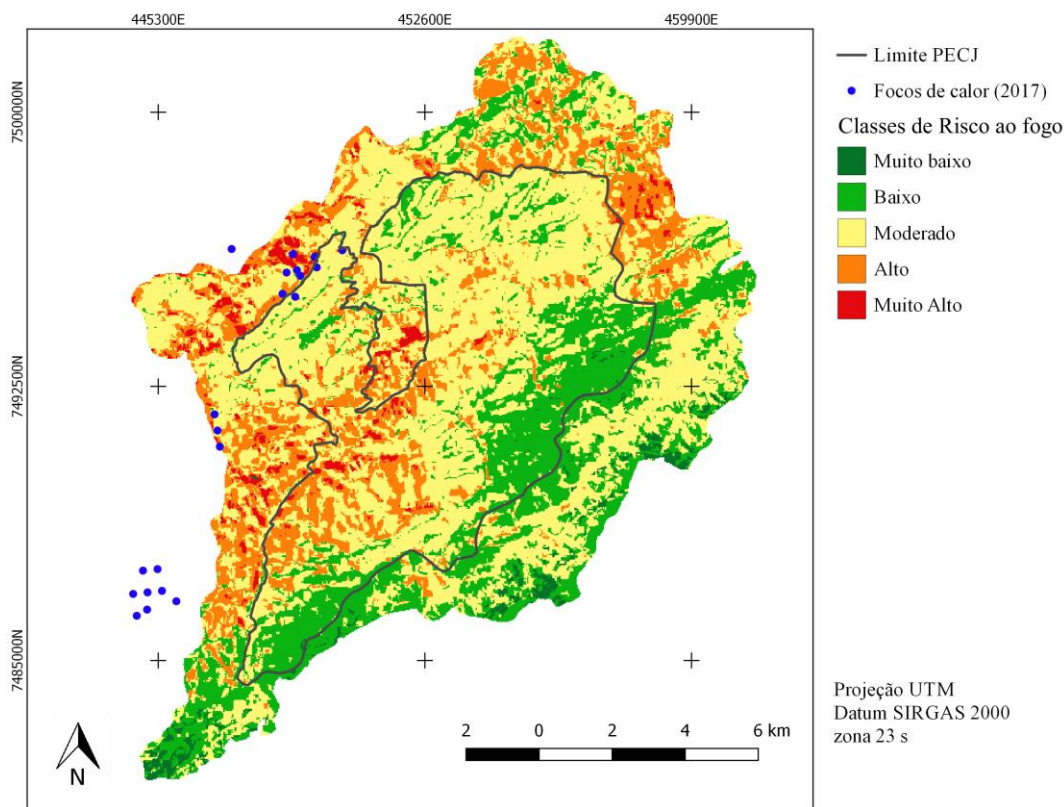


Figura 3 - Zoneamento de áreas de riscos a ação do fogo no Parque Estadual de Campos Jordão – SP

As áreas que apresentam maior risco a incêndios florestais, por exemplo, estão concentradas nas porções oeste e noroeste da unidade de conservação, coincidindo com

a maior concentração dos focos de calor. A comparação com os dados de calor permite inferir que o modelo obtido possui certo grau de coerência para as áreas mapeadas com maior probabilidade de ocorrência de fogo, pois os focos representam áreas de maior temperatura da superfície, podendo ter como origem incêndios florestais.

Dentro do parque e ao seu entorno, as áreas de maior risco localizam-se próximo às principais vias e trilhas de acesso, além de edificações e pequenos centros urbanos. A influência antrópica dentro do parque se dá pela infraestrutura de ecoturismo instalada. No entorno, atividades de mineração e pequenos centros urbanos exercem grande influência para aumento do risco.

De maneira geral, a principal classe de risco adotada neste trabalho possui como distância média às edificações cerca de 0,68 km (Figura 4). As classes de risco “alto” possuem, por sua vez, cerca 1,41 km de distância média.

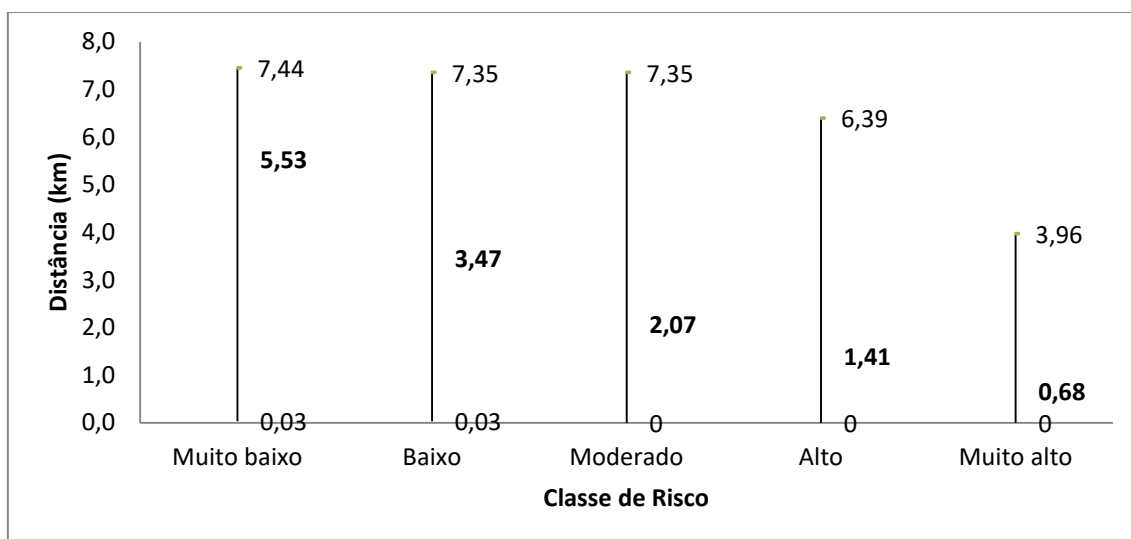


Figura 4 - Distância às edificações mínima, máxima e média de cada classe de risco

De forma análoga às edificações, a influência antrópica também pode ser intensificada pela presença de rodovias, estradas e trilhas usadas para o turismo dentro do parque. As principais classes de risco apresentaram distância média às vias de 0,20 km e 0,34 km, respectivamente (Figura 5).

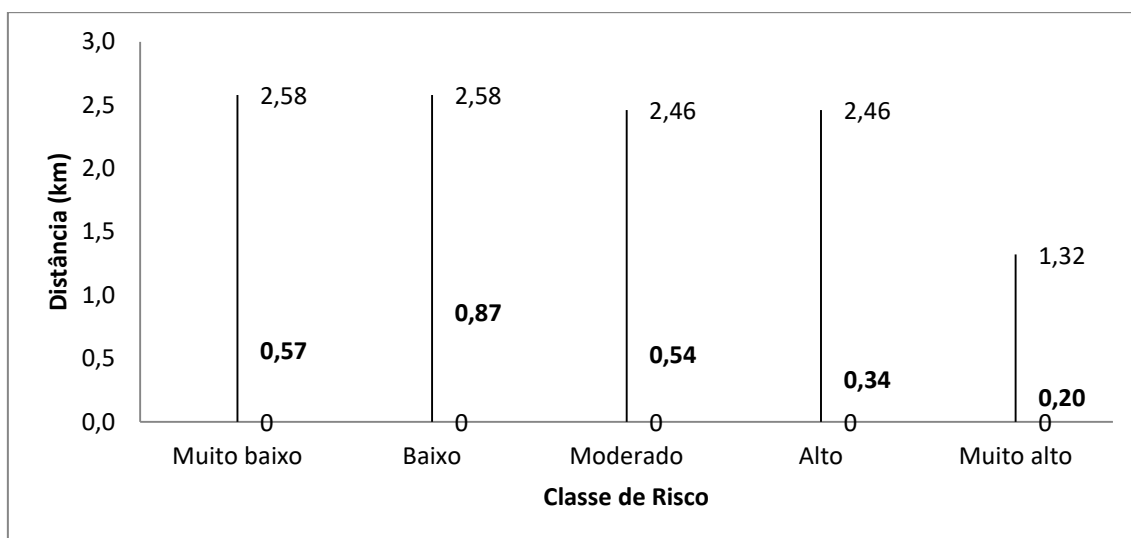


Figura 5 - Distância às vias mínima, máxima e média de cada classe de risco

Conforme o zoneamento disposto no plano de manejo do PECJ, as áreas de risco “Alto” e “Muito alto” estão predominantemente sobre as zonas de uso intensivo e extensivo do parque (FUNDAÇÃO FLORESTAL, 2015). Estas duas zonas possuem grande interferência antrópica, uma vez que são voltadas para o desenvolvimento de atividades de recreação e visitação pública.

A presença e desenvolvimentos de atividades humanas em unidades de conservação possui grande relação com o fogo, mostrando-se como potenciais fontes de ignição de incêndios florestais e acarretando grandes impactos sobre a conservação da biodiversidade. Segundo Medeiros e Fiedle (2004), pelo menos 50% das causas de incêndios florestais em unidades de conservação têm causas antrópicas. Ainda segundo o autor, 23% das causas estão relacionadas com atividades manejo em áreas de pastagem do entorno das unidades.

Outro aspecto que pode ser observado é a sobreposição da grande parte da infraestrutura do parque com as classes de uso mais propensas à propagação do fogo. As trilhas e sedes edificadas usadas para o turismo dentro do parque estão construídas, em sua maioria, sobre as classes identificadas como áreas de pastagem e os campos de altitude. Por este motivo, a influência antrópica, principalmente em alta temporada de visitas, pode ser fator preponderante para a ocorrência de incêndios florestais, tanto em origem, quanto em propagação.

Das classes de uso e cobertura, observou-se que a maior porcentagem de áreas de “Pastagem” está sob forte influência das classes de risco “Alto” (48,6%) e “Muito alto” (34,7 %) (Figura 6). Seguindo a classe “Pastagem”, os campos de altitude estão sob influência das classes de risco “Moderado” (4,7 %), “Alto” (51,1 %) e “Muito alto” (38,6%). Por outro lado, apesar da classe florestal apresentar maior participação nas classes com menor risco, mais da metade das áreas de florestais (60%) estão sob influência do risco moderado à ação do fogo.

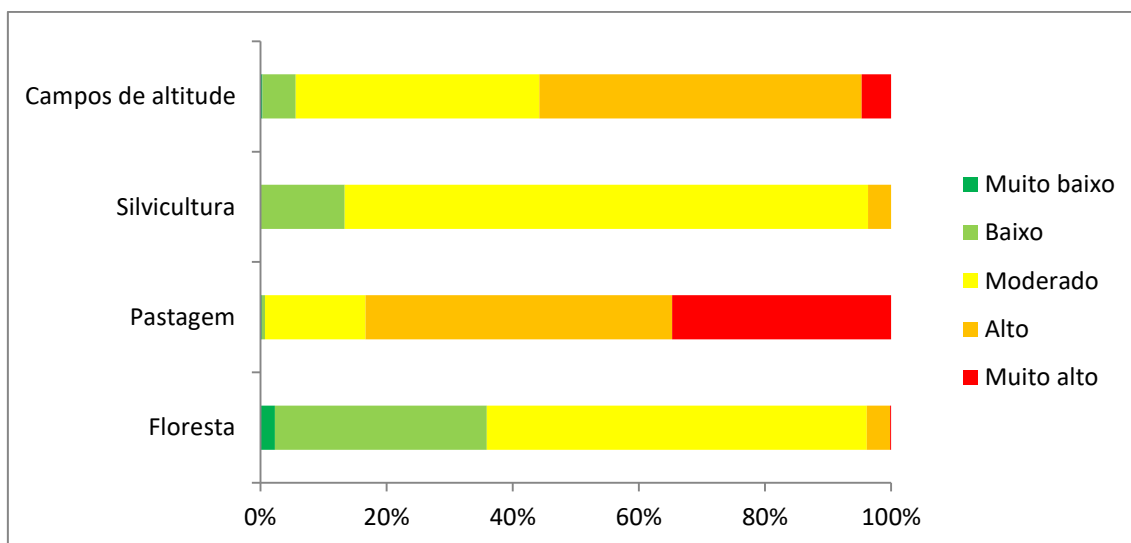


Figura 6 – Proporção de cada classe de uso aderida às classes de risco ao fogo.

Apesar da proposta do presente estudo ser um modelo para áreas sob maior risco a origem e propagação do fogo, vale ressaltar que trabalhos futuros devem ser realizados a fim de calcular as incertezas associadas ao modelo. Estas incertezas podem ocorrer, uma vez que, os dados usados possuem certas divergências de escala, influenciando assim, na estimativa dos dados quantitativos e classificação dos dados qualitativos.

Dessa forma, faz-se necessário a realização de trabalhos a campo, bem como coleta de dados *in situ*, e registros da ocorrência de queimadas ou incêndios florestais, visando a verificação dos resultados obtidos. O cruzamento de dados coletados remotamente com dados de campo é essencial para o estabelecimento e validação de incertezas advindas das diferenças de escalas de aquisição e ambiguidade de classificação dessas áreas (ANDERSON, 2009).



Outro aspecto importante está relacionado a subjetividade da técnica de suporte à decisão aplicado. Apesar dos critérios para ponderação da importância dos fatores se basearem em outros estudos e em especialistas da área, o peso atribuído para cada fator pode variar em função do julgamento de diferentes analistas.

4. CONCLUSÃO

O modelo proposto por esse trabalho possibilitou a avaliação e zoneamento de áreas com maior potencialidade ao risco do fogo no Parque Estadual de Campos do Jordão, contribuindo assim para o desenvolvimento de atividades preventivas visando a conservação da biodiversidade local. As áreas de maior risco pertencentes ao parque e sua zona de amortecimento coincidem, principalmente, com aquelas próximas a infraestrutura do parque e com as classes de uso de maior sensibilidade a propagação do fogo como os campos de altitude e pastagem. Pode-se concluir ainda que o zoneamento proposto segue um padrão similar aos dos focos de calor registrados para o de 2017.

Novos estudos devem ser desenvolvidos em campo e cruzados com dados de sensoriamento remoto com a finalidade de aumentar a acurácia como forma de garantir a eficiência dos resultados propostos. Estudos como este são primordiais no subsídio de políticas públicas em unidades de conservação para elaboração de ações preventivas contra incêndios.



REFERÊNCIAS

ANDERSON, L. O S. et al. Influence of landscape heterogeneity on spatial patterns of wood productivity , wood specific density and above ground biomass in Amazonia. **Biogeosciences**, v. 6, p. 1883-1902, 2009.

ANDERSON, L. O. et al. Disentangling the contribution of multiple land covers to fire re-mediated carbon emissions in Amazonia during the 2010 drought. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 29, n. 10, p.1739-1753, 2015.

HAQUE, R M F et al. Validation of TRMM Rainfall for Pangani River Basin in Tanzania. **Journal of Hydrology And Environment Research**, [s.l], v. 1, n. 1, p.30-40, nov. 2013.

ARETANO, R. et al. Mapping ecological vulnerability to fire for effective conservation management of natural protected areas. **Ecological Modelling**, v. 295, p.163-175, jan. 2015.

BATISTA, A. C. Mapas de risco: uma alternativa para o planejamento de controle de incêndios florestais. **Floresta**, v.30, n.1, p.45-54, 2000.

CHANG, Y. et al. Environmental controls on the characteristics of mean number of forest fires and mean forest area burned (1987–2007) in China. **Forest Ecology And Management**, v. 356, p.13-21, nov. 2015.

CHUVIECO, E. et al. Development of a framework for fire risk assessment using remote sensing and geographic information system technologies. **Ecological Modelling**, [s.l.], v. 221, n. 1, p.46-58, jan. 2010.

CHUVIECO, E. et al. Integrating geospatial information into fire risk assessment. **International Journal Of Wildland Fire**, v. 23, n. 5, p.606-620, 2014.

CORLETT, R. T. The Impacts of Droughts in Tropical Forests. **Trends In Plant Science**, v. 21, n. 7, p.584-593, 2016.

FARIA, A. L. L.; SILVA, J. X.; GOES, M. H. B. Análise ambiental por geoprocessamento em áreas com susceptibilidade à erosão do solo na bacia hidrográfica do Ribeirão do Espírito Santo, Juiz de Fora (MG). **Caminhos de Geografia**, v.4, n.9, p.50-65, 2003.

FERRAZ, S. F. B.; VETTORAZZI, C. A. Mapeamento de risco de incêndios florestais por meio de sistema de informações geográficas (SIG). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 53, p. 39 - 48, 1998.

FUNDAÇÃO FLORESTAL. **Parque Estadual de Campos do Jordão - Plano de Manejo (Resumo Executivo)**. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, 2015.



KOPROSKI, L. et al. MODELO DE ZONEAMENTO DE RISCO DE INCÊNDIOS PARA UNIDADES DE CONSERVAÇÃO BRASILEIRAS: O CASO DO PARQUE ESTADUAL DO CERRADO (PR). **Floresta**, [s.l.], v. 41, n. 3, p.551-562, 22 set. 2011. Universidade Federal do Parana. <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v41i3.24049>.

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, n. 2, p.157-168. 2004.

MEIRELLES, M. S. P. et al. Técnicas de inferência espacial. In: **MEIRELLES, M. S. P. et al. (Org.). Geomática: Modelos e Aplicações Ambientais**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 593, 2007.

NELSON, B. W. Fogo em florestas da Amazônia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: INPE 2001. p.1975-1982. 2001.

RIBEIRO, L. et al. Zoneamento de Riscos de Incêndios Florestais para a Fazenda Experimental do Canguiri, Pinhais (PR). **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 38, n. 3, jul./set. 2008.

RIBEIRO, L. **A Pressão Antrópica e os Riscos de Incêndios Florestais no Município de Novo Mundo, Amazônia Mato-Grossense**. 2009. 132 f. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2009.

SAATY, T. L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of Mathematical Psychology**, [s.l.], v. 15, n. 3, p.234-281, jun. 1977. [http://dx.doi.org/10.1016/0022-2496\(77\)90033-5](http://dx.doi.org/10.1016/0022-2496(77)90033-5).

SILVA JUNIOR, C. H. L. et al. Uso de Lógica Fuzzy e Processo Analítico Hierárquico – AHP no zoneamento de áreas suscetíveis a deslizamento utilizando o Operador Fuzzy Média Ponderada AHP: o caso da Bacia Hidrográfica do Rio Anil em São Luís – MA. **Revista de Geografia**, v. 3, n. 2, p. 1–7, 2013.

SILVEIRA, H. L. F; VETTORAZZI, C. A; VALENTE, R. O. A. Avaliação multicriterial no mapeamento de risco de incêndios florestais, em ambiente sig, na bacia do Rio Corumbataí, SP. **Revista Árvore**, [s.l.], v. 32, n. 2, p.259-268, abr. 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-67622008000200009>.

SOARES, R. V. Incêndios florestais: controle e uso do fogo. Curitiba: FUPEF, 1985. 213 p.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. Incêndios Florestais - Controle, Efeitos e Uso do FOGO. SOARES, R. V; BATISTA, A. C; NUNES, J. R. S. Manual de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais 2ª edição. Curitiba. 60p. 2008.

TORRES, F. T. P. et al. Determinação do período mais propício às ocorrências de incêndios em vegetação na área urbana de Juiz de Fora, MG. **Revista Árvore**, [s.l.], v. 34, n. 2, p.297-303, abr. 2010.



TORRES, F. T. P. et al. Mapeamento da suscetibilidade a ocorrências de incêndios em vegetação na área urbana de Ubá-MG. **Revista Árvore**, [s.l.], v. 38, n. 5, p.811-817, out. 2014.

TORRES, F. T. P.; RIBEIRO, G. A. Índices de risco de incêndios florestais em Juiz de Fora/MG. *Seropédica: Floresta e Ambiente*, v.15 n.2, p.30-39, 2008.

UDDIN, S. et al. Site-specific precipitation estimate from TRMM data using bilinear weighted interpolation technique: An example from Kuwait. **Journal of Arid Environments**, 72, 7, 1320-1328. 2008.

VALENTE, R. O. A; VETORAZZI, C. A. Comparação entre métodos de avaliação multicriterial, em ambiente SIG, para a conservação e a preservação florestal. *SCIENTIA FORESTALIS*. [s.l.] n. 69, p.51-61, dez. 2005.

ZADEH, L. A. Fuzzy sets and systems. In: FOX, F (Ed.). *Systems theory*. New York: Brooklyn Institute, 1965.