

Modelagem espacial do risco de incêndio florestal para o Município de Inhambupe, BA

Larissa Alves Secundo White^{1*}, Benjamin Leonardo Alves White¹, Genésio Tâmara Ribeiro¹

¹Universidade Federal de Sergipe, Av. Marechal Rondon s/n, Jardim Rosa Elze, CEP 49100-000, São Cristóvão, SE, Brasil

***Autor correspondente:**

larissawhite@hotmail.com

Termos para indexação:

Proteção florestal
Susceptibilidade ao fogo
Mapa de risco

Index terms:

Forest protection
Fire susceptibility
Risk map

Histórico do artigo:

Recebido em 02/02/2015
Aprovado em 19/12/2015
Publicado em 31/03/2016

doi: 10.4336/2016.pfb.36.85.850

Resumo - A modelagem espacial de risco de incêndios florestais tem o objetivo de determinar as regiões mais susceptíveis ao fogo, baseando-se em variáveis que representam a facilidade de ignição e de propagação do fogo. O presente trabalho teve como objetivo desenvolver um mapa de risco de incêndio florestal para o Município de Inhambupe, BA. Foram elaborados mapas prévios das variáveis: sistema viário, densidade demográfica, uso e cobertura do solo, malha hidrográfica, inclinação e orientação das encostas, que foram ponderadas pelo método do processo analítico hierárquico e integradas por meio da álgebra de mapas. Com base no modelo desenvolvido, 75,46% da área de estudo apresenta-se classificada como de maior risco de incêndio, representada pelas classes “alto”, “muito alto” e “extremo”. Ao realizar o cruzamento entre o mapa de risco de incêndio florestal com o histórico de áreas queimadas, verificou-se que 95% dos registros estão alocados nas áreas de maior risco.

Spatial modeling of forest fire risk for the Municipality of Inhambupe, Bahia State, Brazil

Abstract - Spatial modeling of forest fire risk has the aim to determine areas most susceptible to fire based on variables that represent facility of ignition and propagation. This work developed a forest fire risk map for the Municipality of Inhambupe, Bahia State, Brazil, by elaborating thematic maps of the following variables: road system, population density, land occupation and use, watershed network, slope and aspect. These were evaluated by the analytic hierarchy process and integrated with map algebra. Based on the developed model, 75.46% of the studied area was classified as “high”, “very high” and “extreme high” fire risk. When comparing the forest fire risk map with historical data of burned areas, 95% of the fires were in these areas.

Introdução

O conhecimento sobre o poder de destruição que os incêndios florestais podem causar, desperta a necessidade de se estabelecer ações de prevenção e combate. Conforme relata Vettorazzi & Ferraz (1998), os incêndios florestais podem ser analisados pela utilização de índices de perigo, bem como pelo mapeamento das áreas de maior risco.

Diversos fatores podem auxiliar na determinação do perigo ou risco de incêndios florestais. Esses podem ser classificados em dinâmicos ou constantes. Os fatores dinâmicos referem-se às condições meteorológicas, a exemplo das variáveis temperatura e umidade relativa do ar, velocidade do vento e precipitação pluviométrica. Os fatores constantes são aqueles que costumam variar em menor intensidade, a exemplo do relevo e do material combustível (Cheney, 1968).

As condições meteorológicas podem ser integradas em um índice que determina diariamente qual o perigo de ocorrência de incêndios florestais para uma determinada região, não levando em consideração a influência que o homem exerce na ignição do material combustível. Quando essa influência antrópica é integrada a uma avaliação, tem-se o risco de ocorrência de incêndio florestal (White et al., 2013).

Apesar do histórico das ocorrências de incêndios florestais fornecer uma ideia das áreas de maior risco, os mapas criados levando em consideração apenas a sua análise não são suficientes para prever novos locais de incidência (Maeda et al., 2009). O fato de áreas susceptíveis ainda não terem sido queimadas, não as tornam imunes à ocorrência de incêndio. Caso ocorra uma fonte de ignição em condições meteorológicas favoráveis, o fogo irá se propagar, resultando em um incêndio florestal.

Tendo em vista que a avaliação de risco pode ser entendida como o processo de se estimar a probabilidade e magnitude de um efeito adverso e indesejável (Fairbrother & Turnley, 2005), entende-se que zonas de

risco de incêndios florestais são áreas em que o fogo é iminente e que facilmente poderá se espalhar para outras áreas (Erten et al., 2004). Os mapas de risco de incêndios florestais são essenciais para o delineamento de áreas prioritárias para atividades de prevenção e alocação de equipes brigadistas, buscando minimizar possíveis danos causados pelos incêndios (Chou et al., 1993).

Em função da elevada frequência de incêndios em florestas nativas e plantações de eucalipto no Município de Inhambupe, BA, responsável por danos de ordem econômica e ambiental (White et al., 2015), este trabalho tem por objetivo criar um mapa de risco de incêndios florestais para o referido município por meio da utilização do software ArcGIS.

Material e métodos

Caracterização da área de estudo

O Município de Inhambupe está localizado no litoral norte do Estado da Bahia, na região Nordeste do Brasil, entre as coordenadas Latitude Sul 11°31'-11°58' e Longitude Oeste 38°11'-38°38' (Figura 1).

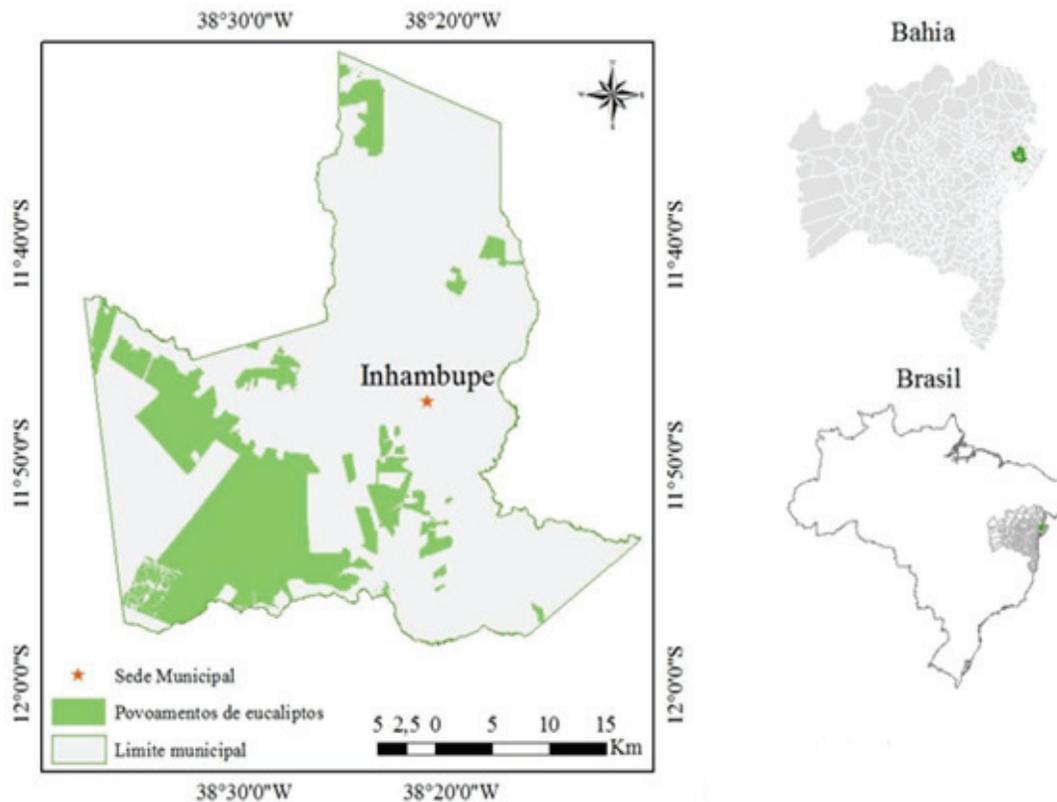


Figura 1. Localização da área de estudo com destaque para os povoamentos de eucalipto. Fonte: IBGE (2010d) e dados cedidos pela empresa Bahia Specialty Cellulose

O clima é do tipo megatérmico subúmido a seco, com temperatura média anual de 23,8 °C (Bahia, 1997), precipitação pluviométrica média anual de 917 mm e período mais chuvoso de abril a junho (Vieira et al., 2005). O relevo é caracterizado como suavemente ondulado a plano.

O município apresenta densidade demográfica de 29,70 hab.km⁻² e área total de 1.222,578 km², com presença dos biomas Caatinga e Mata Atlântica (IBGE, 2010a). De acordo com a Superintendência de Estudos Sociais e Econômicos (Bahia, 2003) grande parte da vegetação de cerrado, localizada à margem direita do Rio Inhambupe, foi substituída por extensas áreas de agricultura e pecuária, contudo encontram-se, também, áreas de plantios de eucalipto. Dentre as atividades rurais desenvolvidas destacam-se na pecuária a criação de gado e galinhas, e na agricultura a laranja e o milho (IBGE, 2012a, 2012b).

Obtenção dos dados

Os dados de hidrografia e sistema viário assim como o histórico de ocorrências de incêndios florestais, foram cedidos pela empresa Bahia Specialty Cellulose (BSC); o modelo digital de elevação, do qual foram extraídas as informações de inclinação e orientação de encostas, foram obtidos em Miranda (2005); e os dados de uso e cobertura do solo foram obtidos com Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2010b) e complementados com informações cedidas pela empresa BSC. Todos esses dados foram manipulados no software ArcGIS 9.3.

Zoneamento de áreas de maior risco de incêndio florestal

Inicialmente, foram gerados mapas representantes do potencial de risco de incêndio florestal correspondente a cada variável analisada. Posteriormente, esses mapas prévios foram ponderados e reunidos em um único mapa, evidenciando as áreas de risco de incêndio florestal. Por fim, com o intuito de validar o resultado obtido, foi realizada uma comparação com o histórico das ocorrências de incêndios florestais registrados nas áreas de plantio de eucalipto.

Elaboração de mapas

As metodologias de obtenção e/ou a seleção das variáveis utilizadas para geração de mapas prévios ao mapa de risco de incêndio florestal variam de acordo com a região de interesse.

Nesse trabalho as variáveis densidade demográfica, sistema viário, uso e cobertura do solo e malha hidrográfica, pela influência que exercem sobre a presença antrópica no Município de Inhambupe. As variáveis inclinação e orientação de encostas, pela influência que exercem na velocidade de propagação do fogo e na umidade do material combustível.

Densidade demográfica

A densidade demográfica foi dada pela distribuição da população residente nos setores censitários do IBGE (Tabela 1). Os dados utilizados são referentes ao censo demográfico de 2010 (IBGE, 2010c) e as classes foram adaptadas de IBGE (1996).

Tabela 1. Classes de risco de incêndio florestal para variável densidade demográfica.

Densidade demográfica (hab. km ⁻²)	Risco	Peso
< 5	Baixo	1
5 a 49	Moderado	2
50 a 99	Alto	3
100 a 499	Muito alto	4
≥ 500	Extremo	5

Fonte: Adaptado de IBGE (1996).

Sistema viário

A geração do mapa temático do sistema viário se deu por meio da ferramenta de distância euclidiana. Não foram diferenciados os tipos de vias avaliadas, sendo consideradas as rodovias federais, estaduais ou estradas internas de plantios (Tabela 2). Os dados utilizados para obtenção desse mapa foram fornecidos pela empresa BSC e as classes de risco foram baseadas no trabalho de Chou et al. (1993).

Tabela 2. Classes de risco de incêndio florestal para a variável sistema viário.

Distância entre as vias	Risco	Peso
Vias	Nulo	0
< 100	Extremo	5
100 – 500	Muito alto	4
500 – 1000	Alto	3
1000 – 2000	Moderado	2
> 2000	Baixo	1

Fonte: Chou et al. (1993).

Uso e cobertura do solo

As categorias de uso e cobertura do solo foram provenientes de dados fornecidos pela empresa BSC e

dados disponibilizados pelo IBGE (2010b). Os pesos definidos às classes de risco (Tabela 3) foram baseados na literatura.

Tabela 3. Classes de risco de incêndio florestal para a variável uso e cobertura do solo.

Categorias de uso e cobertura do solo	Risco	Coefficiente
Malha hidrográfica, sistema viário, área urbanizada, áreas de infraestrutura ^{1, 2, 3}	Baixo	1
Área com menos de 10% de ocupação por estabelecimentos agropecuários, Unidades de Conservação, e jazida ^{3, 4, 5}	Moderado	2
Área com até 25% de ocupação por estabelecimentos agropecuários, sistemas agroflorestais ⁴	Alto	3
Área com até 50% de ocupação por estabelecimentos agropecuários e pastagens ^{4, 6}	Muito alto	4
Áreas não classificadas, gasoduto e área queimada ⁴	Extremo	5

Fonte: Koproski (2010)¹; Cipriani et al. (2011)²; Fernandes et al. (2011)³; Rosa & Ross (1999)⁴; Caetano et al. (2002)⁵; Ribeiro et al. (2012)⁶.

Malha hidrográfica

A presença de rios facilita a captação de água para o combate ao fogo, entretanto, a proximidade da malha hidrográfica influencia positivamente a probabilidade de ocorrência de incêndios devido às comunidades normalmente se desenvolverem relativamente próximas a cursos d'água. Também, em função de campistas darem preferência a regiões relativamente próximas às margens de cursos d'água (Ribeiro et al., 2008, 2012).

Para o desenvolvimento do mapa foram utilizados os dados da empresa BSC. A avaliação da malha hidrográfica foi dada por meio da análise de proximidade (*buffers*) de 50 m, baseando-se em trabalhos de Ribeiro et al. (2008, 2012) (Tabela 4).

Tabela 4. Classes de risco de incêndio florestal para variável malha hidrográfica

Raio de influência	Risco	Peso
Sob influência (distância ≤ 50 m da malha hidrográfica)	Alto	3
Sem influência (distância > 50 m da malha hidrográfica)	Baixo	1

Fonte: Ribeiro et al. (2008, 2012).

Inclinação

Uma maior inclinação do terreno está associada ao acréscimo do perigo de incêndio florestal, devido aos fatores velocidade de propagação do fogo e dificuldade de acesso às áreas durante o combate. A inclinação também exerce influência nas condições de vento, umidade do ar e umidade do material combustível (Jaiswal et al., 2002; Cipriani et al., 2011; Ribeiro et al., 2012).

Para obtenção da variável inclinação foi utilizada a carta SC-24-Z-C, elaborada pela Embrapa Monitoramento por Satélite, na qual está incluso o Município de Inhambupe (Miranda, 2005). A interpretação das classes de risco baseou-se nos trabalhos de Show et al. (1940) e Soares & Batista (2007) (Tabela 5).

Tabela 5. Classes de perigo de incêndio florestal para variável inclinação.

Inclinação (%)	Perigo	Peso
≤ 15	Baixo	1
16-25	Moderado	2
26-35	Alto	3
36-45	Muito alto	4
≥ 46	Extremo	5

Fonte: Show et al. (1940) e Soares & Batista (2007).

Orientação das encostas

Segundo Soares & Batista (2007) a facilidade de ignição do material combustível é proporcional à incidência dos raios solares na superfície, pois quanto mais direta for a incidência, maior será a temperatura do ar e menor será a umidade relativa do ar, atuando diretamente no tipo de vegetação e na umidade desse material combustível.

Como o Brasil está localizado abaixo da linha do equador, as faces voltadas para o norte recebem maior incidência solar do que as faces voltadas para o sul. Além disso, como as faces voltadas para leste recebem incidência solar no período menos quente do dia, apresentam um menor perigo de incêndio florestal (Soares, 1985; Oliveira, 2002; Illana, 2006).

Os dados referentes à variável orientação das encostas para a área de estudo, foram obtidos por meio da carta SC-24-Z-C (Miranda, 2005). A interpretação das classes de perigo foi realizada com base nos trabalhos de Ferraz & Vetorazzi (1998) e Oliveira et al. (2004) (Tabela 6).

Tabela 6. Classes de perigo de incêndio florestal para variável orientação das encostas.

Orientação	Exposição	Perigo*	Pesos
112,5° a 247,5°	SE, S e 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 e W	Muito alto	4
337,5° a 22,5°	N e relevo plano	Extremo	5

*Fonte: Ferraz & Vettorazzi (1998) e Oliveira et al. (2004).

Ponderação das variáveis pelo método de processamento analítico hierárquico (AHP)

Para realizar a ponderação das variáveis é preciso definir, através de pesos, o quanto essas variáveis influenciam na ocorrência de incêndios florestais. Esses pesos podem ser oriundos do conhecimento empírico do pesquisador e/ou resultante de um referencial teórico, sendo que quanto maior o peso da variável, maior a sua influência na ocorrência de incêndios florestais (Hernandez-Leal et al., 2006).

De acordo com Silva et al. (2008), o método AHP é um método de agregação de mapas temáticos de incêndio florestal eficiente, já que permite analisar a importância relativa existente entre as variáveis.

Neste trabalho, a ponderação das variáveis foi realizada com a ferramenta AHP no ArcGIS 9.3. Para definição da importância relativa das variáveis, foi utilizada a escala de comparação de Saaty (1977) (Tabela 7). Para validação dos pesos foi observada a razão de consistência, que deve apresentar valores abaixo de 0,10 (Santos et al., 2010).

Tabela 7. Escala de comparação utilizada para a definição da importância relativa das variáveis.

Valores	Importância mútua
1	Igualmente importante a
2	Entre 3 e 1
3	Pouca importância maior que
4	Entre 5 e 3
5	Moderadamente mais importante que
6	Entre 7 e 5
7	Fortemente mais importante que

Fonte: adaptado de Saaty (1977).

O modelo de risco de incêndio florestal foi obtido pela somatória da multiplicação dos pesos às respectivas variáveis.

Resultados

Análise prévia de risco de incêndio florestal

Densidade demográfica

A classe de risco “moderado” foi a predominante no mapa temático da variável densidade demográfica, abrangendo 65,11% de todo o Município de Inhambupe (796,3km²), sendo toda essa região representada por áreas rurais, de acordo com o IBGE (2010c). A classe de risco “baixo” ocupou 27,62% da área. A porção central e outras nove localidades apresentam maior densidade demográfica e, portanto, receberam classificação de risco “alto”, “muito alto” e “extremo”, respondendo por 4,5%, 1,82% e 0,95% da área total do município, respectivamente.

Sistema viário

Vias pavimentadas e não pavimentadas ocupam cerca de 2% de todo o Município de Inhambupe. Essas vias foram classificadas como área de risco “nulo” à ocorrência de incêndios em função da inexistência de material combustível. Com base no modelo de distância das vias adotado, 58,44% (equivalente a 714,72 km²) do município apresentou risco “alto” a “extremo”; 18,83% do território foi classificado como de risco “moderado” e 20,62% como de risco “baixo” de incêndio florestal.

Uso e cobertura do solo

Com relação ao risco apresentado pelas classes de uso e cobertura do solo, a maior parte do Município de Inhambupe (83,23%), equivalente a 1.017,90km², foi classificada como de risco “alto” a “extremo”, decorrente das explorações agropecuária e florestal desenvolvidas. Outros 13,68% foram considerados como de risco “moderado” e 3,09% de risco “baixo”.

Malha hidrográfica

A malha hidrográfica da área de estudo apresenta-se distribuída em forma dendrítica. A classe sob influência da malha hidrográfica, e conseqüentemente sob risco “alto” de ocorrência de incêndio florestal, ocupou 85,37 km², equivalente a 6,98% da área do município. Os outros 93,02%, por não estarem sob a área de influência da malha hidrográfica, ficaram classificados como de risco “baixo”.

Inclinação

A inclinação máxima do Município de Inhambupe é de aproximadamente 33%, o que resultou em três classes de perigo de incêndio florestal. A classe de perigo “alto” ocupou 0,02% do território total, o equivalente a 0,24 km². As classes de perigo “baixo” e “moderado” somaram os outros 99,98%, equivalente a 1222,76 km².

Relacionando esses percentuais à classificação sugerida pela Embrapa (1979) para a inclinação, verifica-se que a maior parte do Município de Inhambupe constitui-se de relevo plano a ondulado, o que representa uma baixa influência da variável inclinação no potencial de propagação do fogo.

Conforme a Superintendência de Estudos Sociais e Econômicos (Bahia, 2003), em regiões onde o relevo se mostra mais plano é comum a silvicultura apresentar grande representatividade. Em parte do litoral norte da Bahia, essa tendência é percebida pelas contínuas plantações de eucalipto e, em menor escala, de pinus,

entremeadas por vegetação secundária e pastagens.

Orientação das encostas

Com base no modelo da orientação das encostas adotado, a categoria “baixo” risco de incêndio florestal foi a mais representativa, ocupando 34,69% da área do município. A classe “moderado” representou 15,68%, enquanto que as classes “alto”, “muito alto” e “extremo”, juntas, representaram uma área de 607,10 km², equivalente a 49,64%.

Modelo de risco de incêndio florestal

A ponderação, obtida pelo método AHP, apresentou razão de consistência aceitável. Os resultados da aplicação do método indicaram que as variáveis: sistema viário, densidade demográfica, uso e cobertura do solo, hidrografia, orientação das encostas e inclinação foram, de forma decrescente, responsáveis pelo risco de incêndio florestal para o Município de Inhambupe. Os pesos de cada variável estão descritos no modelo 1.

$$Ri=(0,031*Inc)+(0,052*Oe)+(0,088*H)+(0,15*Uos)+(0,254*Den)+(0,426*Sv) \quad (1)$$

Em que: *Ri* = risco de incêndio florestal no município de Inhambupe; *Inc* = inclinação; *Oe* = orientação da encosta; *H* = hidrografia; *Uos* = uso e cobertura do solo; *Den* = densidade demográfica; *Sv* = sistema viário.

Mapa de risco de incêndio florestal

Por meio da análise integrada das variáveis espaciais que influenciam no potencial de ignição e propagação do fogo, foi possível determinar o risco de incêndio florestal que se incide sobre o Município de Inhambupe.

Não foram detectadas áreas classificadas como de risco “baixo” de incêndio. A classe de risco “moderado” representou uma área de 275,54 km², equivalente a 22,53%

do território, ocupando, principalmente, setores de “baixa” e “moderada” densidade demográfica; setores de uso e cobertura do solo com estabelecimentos agropecuários em pelo menos 10 a 50%; e, distâncias mínimas de 1 km do sistema viário. A classe de risco “alto” foi a que apresentou maior extensão, representando 52,63% do território. A classe “muito alto” ocupou 34,76% da área e a classe “extremo” 0,07% (Figura 2).

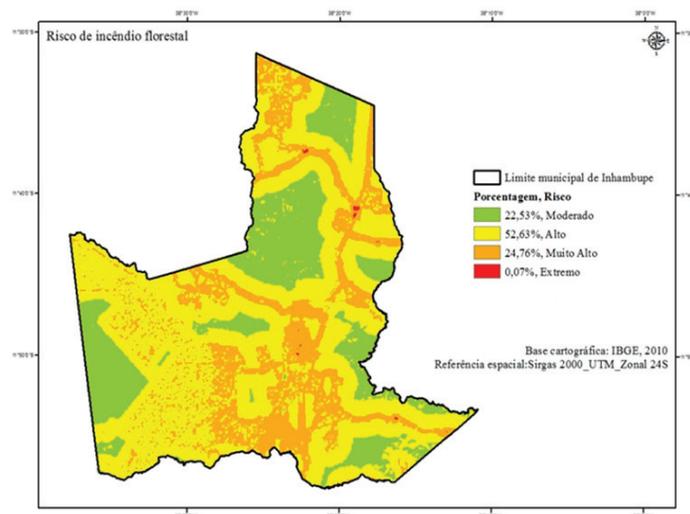


Figura 2. Mapa de risco de incêndio florestal para o Município de Inhambupe, BA.

Ao realizar a comparação entre as classes de risco e o histórico de ocorrências de incêndios florestais durante o período de 2002 a 2009 (um total de 34 ocorrências), verificou-se que 5% das ocorrências incidiram sobre áreas classificadas como de risco “moderado” e os outros 95% ficaram reunidos em regiões de risco “alto” e “muito alto” (Figura 2). Dessa forma, o modelo foi validado, uma vez que o percentual de acerto é igual ou maior a 60% (Francisco, 1996).

Discussão

Os resultados obtidos reforçam o conceito de se atuar preventivamente no Município de Inhambupe, apontando as áreas onde essas ações deverão ser intensificadas e que, eventualmente, contribuirão com a diminuição das ocorrências de incêndios florestais.

Dentre as ações possíveis a serem desenvolvidas, pode-se citar: alocação de materiais e equipamentos de combate ao fogo para áreas de maior risco, tornando o combate mais rápido e eficiente; construção de torres de vigilância para a rápida detecção de focos de incêndios em áreas de maior risco; definição de locais prioritários para a realização de atividades de educação ambiental; definição de áreas para a construção de aceiros e, a realização de queimadas controladas para a redução de material combustível.

Outras medidas como a implantação de cortinas verdes entre estradas e pastagens; aceiro permanente de tamanho proporcional entre estradas e florestas e entre pastagens e florestas; e definição de pontos de apoio para coleta de água em caso de incêndios florestais, também podem ser adotadas e são mencionadas na literatura como importantes medidas de prevenção (Ribeiro et al., 2012).

A utilização de mapas de risco de incêndios florestais, constitui uma técnica pouco utilizada no Brasil, porém de imprescindível utilidade. Alguns poucos autores como Oliveira et al. (2004) para o Estado do Paraná; Silva et al. (2008) para as regiões de Apiaú e Ribeiro Campos, RR; e Torres et al. (2014) para o Município de Ubá, MG, demonstraram a aplicação e utilidade destes mapas na prevenção da ocorrência de incêndios florestais.

Dentre os fatores analisados neste estudo, as variáveis densidade demográfica, sistema viário e uso e cobertura do solo foram as que, em ordem decrescente, mais responderam à ocorrência de incêndios florestais.

Em trabalho realizado por Oliveira et al. (2004) as variáveis densidade demográfica e sistema viário, de forma semelhante, foram as que receberam maior peso no modelo de risco de incêndio florestal para o Estado do Paraná. A variável uso e cobertura do solo também foi associada à ocorrência de incêndios florestais em outros trabalhos de mapeamento das áreas de maior risco (Fiedler et al., 2006; Andrade et al., 2011; Gonçalves et al., 2011).

Jaiswal et al. (2002) e Cipriani et al. (2011) apontam que as estradas, ainda que facilitem o acesso das equipes brigadistas no momento de combate ao fogo, servem de acesso a indivíduos que, intencionalmente ou não, podem iniciar o processo de ignição do material combustível. O sistema viário também contribui para o acúmulo de material combustível às margens de vias não pavimentadas, trilhas e linhas férreas, bem como para a abertura de novas áreas de exploração agropastoril e para a retirada de madeira, atuando, conseqüentemente, nas mudanças de microclima que podem vir a facilitar a entrada de fogo (Ribeiro et al., 2012).

A elevada atividade agropecuária na região, com destaque para os plantios de eucalipto, responde positivamente pelo elevado grau de risco de ocorrência de incêndios florestais. É importante ressaltar que o acúmulo de material combustível em plantações de eucalipto facilita a propagação e ocorrência de incêndios florestais de alta intensidade difíceis de serem combatidos (White et al., 2014).

Por fim, considerando que 99% dos incêndios florestais ocorridos no Brasil se devem em função de atividades antrópicas (Soares & Batista, 2007), ressalta-se novamente a importância da aplicação de atividades de educação ambiental. Um eficiente programa associado ao contexto socioambiental da comunidade, constitui a medida mais importante para diminuição dos incêndios florestais (Soares, 2000; Medeiros & Fiedler, 2003). Sendo assim, é imprescindível que, principalmente nas regiões de risco elevado, sejam aplicadas tais medidas com urgência, para minimização dos danos causados pelo fogo no Município de Inhambupe.

Conclusões

O Município de Inhambupe apresentou 75,47% de sua área total classificada nas classes de risco “alto”, “muito alto” e “extremo” para a ocorrência de incêndios

florestais, indicando a necessidade de se realizar ações de prevenção, especialmente nas áreas de maior risco.

Dentre as variáveis analisadas, as que receberam os pesos maiores foram aquelas que estão relacionadas à presença antrópica na área de estudo: sistema viário; densidade demográfica; uso e cobertura do solo; e, malha hidrográfica.

Ao se comparar o histórico de áreas queimadas ao mapa de risco de incêndio florestal, verificou-se que 95% delas se situam em áreas classificadas como de maior risco, evidenciando a aplicabilidade do modelo gerado.

Referências

- ANDRADE, C. F.; RIBEIRO, G. A.; GLERIANI, J. M.; MARTINS, M. C. Uso de fotografias aéreas não convencionais e SIG na elaboração de mapas de risco de incêndios florestais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 1º., Curitiba, 2011. **Anais...**, São José dos Campos: INPE, 2011. p. 7918-7921.
- BAHIA. Superintendência de Estudos Sociais e Econômicos. **Sistema de dados estatísticos**: tipologia climática por município-Bahia: geo-ambiental: clima. Salvador, 1997. Disponível em: <<http://www.sei.ba.gov.br/side/>>. Acesso em: 14 jun. 2012.
- BAHIA. Superintendência de Estudos Sociais e Econômicos. **Uso atual das terras**: Bacia do recôncavo Norte e do Rio Inhambupe. Salvador, 2003. 114 p. (Série estudos e pesquisas, 64).
- CAETANO, M.; CARRÃO, H.; FREIRE, S. **Fire risk maps methodology**: prevention and mitigation of forest fires in Portugal (PREMFIRES) WP-330. Lisboa: Instituto Geográfico Português, 2002, 36 p.
- CHENEY, N. P. Predicting fire behavior with fire danger tables. **Australian Forestry**, Queen, v. 32, n. 2, p. 71-79, 1968.
- CHOU, Y. H.; MINNICH, R. A.; CHASE, R. A. Mapping probability of fire occurrence in San Jacinto mountains, Califórnia, USA. **Environmental Management**, New York, v. 17, n. 1, p. 129-140, 1993. DOI: 10.1007/BF02393801.
- CIPRIANI, H. N.; PEREIRA, J. A. A.; SILVA, R. A.; FREITAS, S. G.; OLIVEIRA, L. T. Fire risk map for the Serra de São Domingos Municipal Park, Poços de Caldas, MG. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 1, p. 77-83, 2011. DOI: 10.1590/S0104-77602011000100009.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). In: REUNIÃO TÉCNICA DE LEVANTAMENTO DE SOLOS, 10., 1979, Rio de Janeiro. **Súmula...**, Rio de Janeiro, 1979. 83 p.
- ERTEN, E.; KURGUN, V.; MUSAOĞLU, N. Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS a case study. In: INTERNATIONAL SOCIETY FOR PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING CONGRESS, 20., 2004, Istanbul. **Proceedings**, Istanbul: ISPRS, 2004. p. 12-24.
- FAIRBROTHER, A.; TURNLEY, J. G. Predicting risks of uncharacteristic wildfires: application of risk assessment process. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 211, p. 28-35, 2005. DOI: 10.1016/j.foreco.2005.01.026.
- FERNANDES, M. do C.; COURA, P. H. F.; SOUSA, G. M. de; AVELAR, A. de S. Avaliação geocológica de susceptibilidade à ocorrência de incêndios no estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Floresta e Ambiente**, v. 18, n. 3, p. 299-309, 2011. DOI: 10.4322/floram.2011.050.
- FERRAZ, S. F. de; VETTORAZZI, C. A. Mapeamento de perigo de incêndios florestais por meio de sistema de informações geográficas (SIG). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 53, p. 39-48, 1998.
- FIEDLER, N. C.; MERLO, D. A.; MEDEIROS, M. B. de. Ocorrência de incêndios florestais no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 16, n. 2, p. 153-161, 2006.
- FRANCISCO, C. N. Utilização de Sistemas Geográficos de Informações (SGI) na elaboração de zoneamento de unidades de conservação: uma aplicação no Parque Nacional da Tijuca – RJ. SEMANA ESTADUAL DE GEOPROCESSAMENTO 1., 1996, Rio de Janeiro. **Geoprocessamento**: mitos e realidade. Rio de Janeiro: FGeo-RJ, 1996. p. 41-56.
- GONÇALVES, C. N.; MESQUITA, F. W.; LIMA, N. R. G.; COSLOPE, L. A.; LINTOMEN, B. S. Recorrência dos incêndios e fitossociologia da vegetação em áreas com diferentes regimes de queima no Parque Nacional da Chapada Diamantina. **Revista Biodiversidade Brasileira**, v. 1, n. 2, p. 161-179, 2011.
- HERNANDEZ-LEAL, P. A.; ARBELO, M.; GONÇALVEZ-CALVO, A. Fire risk assessment using satellite data. **Advances in Space Research**, Oxford, v. 37, n. 4, p. 741-746, 2006. DOI: 10.1016/j.asr.2004.12.053.
- IBGE. **Contagem da População**. 1996. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Cartas_e_Mapas/Cartogramas/Densidade_Demografica/bahia_3.zip>. Acesso em: 25 dez. 2015.
- IBGE. **Cidades**: Bahia: Inhambupe: infográficos: dados gerais: 2010a. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?lang=&codmun=291370&search=bahia|inhambupe|infograficos:-dados-gerais-do-municipio>>. Acessado em: 15 ago. 2011.
- IBGE. **Mapa da cobertura e uso da terra**: geociências: mapas temáticos: mapas murais: shapes: uso_da_terra_2010. Rio de Janeiro, 2010b. Disponível em: <http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm>. Acesso em: 09 jan. 2013.
- IBGE. **Setores censitários**: estatística: censos: censo demográfico 2010: resultados do universo: agregados por setores censitários: ba 20150527. Rio de Janeiro, 2010c. Disponível em: <http://downloads.ibge.gov.br/downloads_estatisticas.htm>. Acesso em: 25 dez. 2015.
- IBGE. **Produção agrícola municipal 2011**. Rio de Janeiro, 2012a.
- IBGE. **Produção da pecuária municipal 2011**. Rio de Janeiro, 2012b.
- ILLANA, V. B. **Técnicas de geoprocessamento na determinação do índice de perigo de incêndios**. 2006. 60 f. Dissertação (Mestrado em Geomática) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.
- JAISWAL, R. K.; MUKHERJEE, S.; RAJU, K. D.; SAXENA, R. Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 4, n. 1, p. 1-10, 2002. DOI: 10.1016/S0303-2434(02)00006-5.

- KOPROSKI, L. **Risco de incêndio e suas correlações com a diversidade biológica no Parque Estadual do Cerrado (Paraná, Brasil)**. 2010. 225 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- MAEDA, E. E.; FORMAGGIO, A. R.; SHIMABUKURO, Y. E.; ARCOVERDE, G. F. B.; HANSEN, M. C. Predicting forest fire in the Brazilian Amazon using MODIS imagery and artificial neural networks. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 11, n. 4, p. 265-272, 2009. DOI: 10.1016/j.jag.2009.03.003.
- MEDEIROS, M. B.; FIEDLER, N. C. Incêndios florestais no Parque Nacional da Serra da Canastra: desafios para a conservação da biodiversidade. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 14, n. 2, p. 157-168, 2003.
- MIRANDA, E. E. de (Coord.). **Brasil em relevo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>. Acesso em: 20 dez. 2012.
- OLIVEIRA, D. S.; BATISTA, A. C.; SOARES, R. V.; GRODZKI, L.; VOSGERAU, J. Zoneamento de risco de incêndios florestais para o Estado do Paraná. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 34, n. 2, p. 217-221, 2004. DOI: 10.5380/rf.v34i2.2399.
- OLIVEIRA, D. S. **Zoneamento de risco de incêndios em povoados florestais no norte de Santa Catarina**. 2002. 112 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- RIBEIRO, L.; KOPROSKI, L. P.; STOLLE, L.; LINGNAU, C.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. Zoneamento de riscos de incêndios florestais para a Fazenda Experimental do Canguiri, Pinhais (PR). **Revista Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 3, p. 561-572, 2008.
- RIBEIRO, L.; SOARES, R. V.; BEPLER, M. Mapeamento do risco de incêndios florestais no município de Novo Mundo, Mato Grosso, Brasil. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 1, p. 117-126, 2012. DOI: 10.1590/S0104-77602012000100014.
- ROSA, M. R.; ROSS, J. L. Aplicação de SIG na geração de cartas de fragilidade. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 13, p. 77-106, 1999.
- SAATY, T. L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of Mathematical Psychology**, New York, v. 15, n. 3, p. 234-281, 1977. DOI: 10.1016/0022-2496(77)90033-5.
- SANTOS, A. R.; LOUZADA, F. L. R. O.; EUGENIO, F. C. **ArcGIS 9.3 total**: aplicação para dados espaciais. 2. ed. Alegre, ES: CAUFES, 2010. 184 p.
- SILVA, G. F. N.; TAVARES JÚNIOR, S. S.; EVANGELISTA, R. A. O.; OLIVEIRA JÚNIOR, M. C. M. Integração digital e análise espacial aplicadas ao estudo da susceptibilidade a incêndios florestais em Apiaú e Ribeiro Campos – Roraima. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 4, p. 683-697, 2008. DOI: 10.5380/rf.v38i4.13165
- SHOW, S. B.; HOPKINGS, H.; DEERING, R. L.; GOWEN, C. M.; GUSTAFSON, C. **Fire control handbook**. Washington, DC: USDA Forest Service, 1940. 163 p.
- SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Incêndios florestais: controle, efeitos e uso do fogo**. 14. ed. Curitiba, 2007. 264 p.
- SOARES, R. V. **Incêndios florestais: controle e uso do fogo**. Curitiba: FUPEF. 1985. 213 p.
- SOARES, R. V. Novas tendências no controle de incêndios florestais. **Revista Floresta**, Curitiba, 30, p. 11-21, 2000. DOI: 10.5380/rf.v30i12.2363.
- TORRES, F. T. P.; RIBEIRO, G. A.; MARTINS, S. V. M.; LIMA, G. S. Mapeamento da suscetibilidade a ocorrências de incêndios em vegetação na área urbana de Ubá-MG. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 38, n. 5, p. 811-817, 2014. DOI: 10.1590/S0100-67622014000500005.
- VETTORAZZI, C. A.; FERRAZ, S. F. B. Uso de sistemas de informações geográficas aplicados à prevenção e combate a incêndios em fragmentos florestais. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 12, n. 32, p. 111-115, 1998.
- VIEIRA, A. T.; MELO, F.; LOPES, H. B. V.; CAMPOS, J. C. V.; BOMFIM, L. F. C.; COUTO, P. A. A.; BEVENUTI, S. M. P. **Diagnóstico do município de Inhambupe**: projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea: Bahia. Brasília, DF: Ministério de Minas e Energia: Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial. 2005.
- WHITE, B. L. A.; RIBEIRO, G. T.; SOUZA, R. M. Caracterização do material combustível e simulação do comportamento do fogo em eucaliptais no litoral norte da Bahia, Brasil. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 44, n. 1, p. 33-42, 2014. DOI: 10.5380/rf.v44i1.32977.
- WHITE, B. L. A.; WHITE, L. A. S.; RIBEIRO, G. T.; FERNANDES, P. A. M. Development of a fire danger index for eucalypt plantations in the Northern Coast of Bahia, Brazil. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 43, n. 4, p. 601-610, 2013. DOI: 10.5380/rf.v43i4.30973.
- WHITE, L. A. S.; WHITE, B. L. A.; RIBEIRO, G. T. Evaluation of Forest Fire Danger Indexes for Eucalypt Plantations in Bahia, Brazil. **International Journal of Forestry Research**, v. 2015, Article ID 613736, 6 p., 2015. DOI: 10.1155/2015/613736.

