

## ARTIGO ORIGINAL

# Zoneamento do risco estrutural de incêndios florestais para o município de Jataí, Goiás

## Zoning map of the structural risk of forest fires for the County of Jataí, Goiás, Brazil

Thomas Rieth Corrêa<sup>1</sup> , Daniela Pereira Dias<sup>2\*</sup> <sup>1</sup>Universidade de Brasília – UnB, Brasília, DF, Brasil<sup>2</sup>Universidade Federal de Jataí – UFJ, Jataí, GO, Brasil

### INFORMAÇÕES DO ARTIGO

Fonte de financiamento: Nenhuma.  
Conflito de interesse: Nada a declarar.  
\*Autor correspondente: [danieladias@ufj.edu.br](mailto:danieladias@ufj.edu.br)  
Recebido: 4 maio 2023.  
Aceito: 9 outubro 2024.  
Editor: Alexandre de Vicente Ferraz.

**Como citar:** Corrêa, T. R., & Dias, D. P. (2024). Zoneamento do risco estrutural de incêndios florestais para o município de Jataí, Goiás. *Scientia Forestalis*, 52, e4011. <https://doi.org/10.18671/scifor.v52.06>

### RESUMO

O zoneamento de risco de incêndios florestais auxilia o planejamento estratégico da prevenção e combate aos incêndios. O objetivo deste estudo foi desenvolver um mapa do zoneamento do risco estrutural de incêndios florestais para o município de Jataí, Goiás. Foram gerados mapas de suscetibilidade ao fogo a partir de seis variáveis (distância de rodovias, das principais estradas vicinais e da zona urbana, altimetria, orientação das encostas, e uso da terra e cobertura vegetal) com cinco classes de risco (baixo, moderado, alto, muito alto e extremo). Por meio da Análise Hierárquica de Processos, foram atribuídos pesos à cada critério estudado (variáveis) para a construção do mapa de risco. A maior parte da área do município apresentou risco moderado (44,4%) e alto (34,5%) de incêndios florestais. Houve semelhança entre o mapa gerado de risco estrutural de incêndio e os mapas dos fatores distância da zona urbana, distância de rodovias e uso da terra e cobertura vegetal. A acurácia do risco estrutural de incêndios florestais foi realizada com os dados da área queimada em 2020. A área queimada totalizou 32,81 km<sup>2</sup>, ocorrendo onde houve risco muito alto (44,40%) e alto (42,13%) de incêndios. O mapa do risco estrutural de incêndios florestais gerado para Jataí possui utilidade pública para a gestão do fogo no município, indicando as áreas que merecem maior atenção devido à sua suscetibilidade à propagação e ignição de incêndios florestais.

**Palavras-chave:** Suscetibilidade ao fogo; Classes de risco; Área queimada.

### ABSTRACT

Forest fire risk zoning can assist in the strategic planning of fire prevention, which allows for effective and targeted actions to be taken. The objective of this study was to develop a zoning map of the structural risk of forest fires for the county of Jataí, Goiás, Brazil. Fire susceptibility maps of six variables were generated (distance from highways, major side roads and the urban area, altimetry, slope orientation, and land use and vegetation cover) with five risk categories (low, moderate, high, very high, and extreme). Using the Hierarchical Analysis of Process, weights were assigned to each construction studied (variables) for the analysis of the structural risk of forest fires. Most of the area of the County of Jataí presented moderate risk of forest fires (44.41%), followed by high risk (34.48%). There was a similarity between the generated map of the structural fire risk and the maps of the factors: distance from the urban area, distance from highways and land use and vegetation cover. Structural risk accuracy was performed with the burned area data collected in 2020. The burned area in Jataí totaled 32.81 km<sup>2</sup>, mostly in areas that presented very high and high risk (44.40 and 42.13%). The zoning map of the structural risk of forest fires for the County of Jataí has public utility for fire management, focusing on the areas that deserve greater attention due to their susceptibility to fire spread and wildfires.

**Keywords:** Fire susceptibility; Risk class; Burning area.

## 1. INTRODUÇÃO

O mapeamento do risco de incêndios florestais tem sido realizado em diferentes estados brasileiros - Paraná, Rio de Janeiro e Ceará (Oliveira et al., 2004; Fernandes et al., 2011; Freitas Filho et al., 2019), bem como em áreas menores, como bacias hidrográficas,

municípios e Unidades de Conservação (Assis et al., 2014; Leal et al., 2019; Aguiar et al., 2015). Para isso, é necessário que seja definido tanto os fatores de influência dos incêndios florestais (de ignição e de propagação) na área de estudo, quando as classes de perigo



dentro de cada fator e também o peso de cada um. Por meio desses, é que se gera cada mapa de susceptibilidade ao fogo para depois gerar, por meio de sobreposição ponderada, o mapa de risco de incêndio florestal.

Para a definição dos fatores que influenciam os incêndios florestais, que consistem na combustão não controlada da vegetação, com propagação livre (Prudente, 2016), deve-se levar em consideração as condições climáticas e de relevo, bem como características da vegetação, que é o material combustível. Existe ainda uma sinergia entre estes fatores, em que o relevo interfere nas condições microclimáticas, assim como o tipo de vegetação é influenciado pelas condições ambientais, sendo o clima parece ser preponderante para a ocorrência de incêndios florestais (Torres et al., 2020).

Os elementos microclimáticos (temperatura, umidade relativa do ar, precipitação e regime eólico) influenciam diretamente na ocorrência de incêndios florestais (Torres et al., 2020). Esses elementos variam de acordo com a época do ano e apresentam, especialmente no Cerrado, uma sazonalidade muito bem definida, com aumento da ocorrência de focos de calor no período seco (Gonçalves & Dias (2020).

As variáveis topográficas também influenciam a propagação dos incêndios, de acordo com a declividade, a orientação das encostas e a altitude em relação ao nível do mar (Prudente, 2016; Torres et al., 2020). A declividade, a mais importante delas, faz com que o fogo se propague montanha acima, principalmente pela ação do vento, já que as altas temperaturas geram uma corrente de ar para a parte superior da montanha, movimentando as massas de ar nesse sentido. A orientação das encostas, por outro lado, faz com que as porções do terreno sejam iluminadas desigualmente, sendo que as orientadas para norte (no hemisfério sul) recebem maior incidência de raios solares e, conseqüentemente, aquecem mais. A altitude em relação ao nível do mar, por fim, faz com que regiões mais altas sejam menos propensas ao fogo por apresentarem temperaturas mais amenas e ar mais rarefeito.

Adicionalmente, o tipo de material combustível também altera o comportamento do fogo, conforme suas variações em quantidade, umidade, inflamabilidade, continuidade e compactação. Contudo, o componente antrópico também deve ser considerado, sobretudo pelas alterações causadas, como a construção de estradas. Assim, fatores como densidade demográfica, proximidade das zonas urbanas, rodovias e estradas vicinais e também da malha hidrográfica podem ser consideradas na determinação do risco de incêndios florestais (White et al., 2016; Prudente, 2016).

Como muitos fatores podem afetar a dinâmica dos incêndios florestais, o mapeamento de risco de incêndios pode ser: (1) estrutural, quando leva em consideração fatores não sazonais; (2) dinâmico, quando leva em consideração as variações dos fatores ao longo do ano; ou (3) integrado, que soma o risco estrutural ao dinâmico para aproximar-se mais do risco real (Prudente, 2016). No entanto, o clima pode ser considerado um fator estrutural, como fizeram Oliveira et al. (2004) e Ladislau et al. (2021), já que o clima também varia no espaço geográfico. Entretanto, para que todos os diferentes fatores possam ser somados e representem o risco de incêndios, devem ser de alguma forma processados em um mapa final. Prudente (2016) considerou as variáveis uso da terra e cobertura vegetal, proximidade a estradas e áreas urbanas e declividade mais influentes no risco estrutural, cujo peso correspondeu a 40% do risco integrado contra 60% dado ao risco dinâmico. Mas cada local deve ser examinado, para determinar quanto cada fator deste influencia no processo, ou seja, qual o seu peso.

O objetivo deste estudo foi desenvolver um mapa de zoneamento do risco estrutural de incêndios florestais no município de Jataí, Goiás.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Descrição da área de estudo

A área de estudo correspondeu à totalidade do município de Jataí (entre 17° 16' 9" e 18° 32' 18" S; e 52° 18' 23" e 51° 09' 21" O), que pertence à microrregião Sudoeste de Goiás. Sua área é de 7.174,219 km<sup>2</sup>, e sua população foi estimada em 103.221 habitantes (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2022). O município é cortado por três rodovias federais (BR-060, BR-158 e BR-364) e sete rodovias estaduais (GO-050, GO-178, GO-180, GO-184, GO-220, GO-467 e GO-516). O clima do município é Aw segundo a classificação de Köppen-Geiger, ou seja, tropical de savana, um clima quente com chuvas de verão e um inverno seco (Dubreuil et al., 2018). A última normal climatológica realizada pelo INMET (1981-2010) registra uma temperatura média anual de 22,4°C e uma precipitação anual média de 1648,9 mm (Instituto Nacional de Meteorologia, 2022). A altitude do município varia de 454 a 1.034 m.

Hermuche et al. (2009) relataram a presença de seis classes de solo no município: Nitossolos, Neossolos, Gleissolos, Latossolos, Cambissolos e Argissolos. Os Latossolos foram os mais presentes e representam juntamente aos dois últimos mais de 90% desse território. Os mesmos autores também relataram que a vegetação original era composta por distintas fitofisionomias de Cerrado, que estão atualmente fragmentadas, sendo elas: Cerradão, Cerrado sentido restrito, Campo Sujo, Campo Limpo e Mata de Galeria. No entanto, podem também ser encontrados fragmentos de vegetação característica da Mata Atlântica (Ferreira Júnior et al., 2016).

### 2.2. Fatores utilizados para classificação da susceptibilidade ao fogo

Para a elaboração do risco estrutural de incêndios florestais, foram considerados seis fatores: a distância do ponto em relação a rodovias, às principais estradas vicinais e à zona urbana, separadamente; a altimetria; a orientação das encostas; e o uso da terra e cobertura vegetal. Assim, foi gerado um mapa de susceptibilidade ao fogo do município de Jataí para cada um desses fatores, que foram classificados em uma escala de cinco níveis, indo de baixo a extremo, conforme as Tabelas 1.

A distância em relação a rodovias foi classificada com base nos trabalhos de Ladislau et al. (2021) e Prudente (2016), com adaptações. Já a distância das principais estradas vicinais foi classificada com base no trabalho de Prudente (2016), também com adaptações. O risco de incêndios florestais também foi classificado de acordo com a distância à zona urbana, com base no trabalho de Pereira et al. (2019), com adaptações (Tabela 1). O mapa hipsométrico de Jataí foi também utilizado para classificar o risco de incêndios florestais (Tabela 1), de acordo com os trabalhos de Oliveira et al. (2004) e Ribeiro et al. (2008). A orientação das encostas (exposição ao sol) foi utilizada para classificação do risco de incêndios (Tabela 1) com base nos trabalhos de Oliveira et al. (2004) e Ribeiro et al. (2008). O mapa de uso da terra e cobertura vegetal, por fim, foi também utilizado na classificação do risco de incêndios, considerando os estudos desenvolvidos por White et al. (2016), Ribeiro et al. (2012), Fernandes et al. (2011), Cipriani et al. (2011) e Pereira et al. (2019), com adaptações (Tabela 1).

### 2.3. Base cartográfica e análise das imagens

Todos os procedimentos metodológicos para a elaboração de mapas foram realizados no software ArcGIS 10.1, fazendo uso da licença do Laboratório de Geoinformação da Universidade Federal de Jataí. A

Tabela 1 - Área ocupada (km<sup>2</sup> e %, em relação à área do município) das classes de risco de incêndio florestal de acordo com as seis variáveis de suscetibilidade ao fogo.

Valores	Classes de risco	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
<b>Distância das rodovias/Estradas vicinais</b>			
Até 100 m	Extremo/Muito alto	105,17/-	1,47/-
> 100 a 200 m	Muito alto/Moderado	103,90/366,70	1,45/5,11
> 200 a 500 m	Alto/Baixo	305,95/361,53	4,26/5,04
> 500 a 1000 m	Moderado	491,14/-	6,85/-
> 1000 m	Baixo	6.168,26/6.446,24	85,98/89,85
<b>Distância da zona urbana</b>			
Até 100 m	Extremo	3,28	0,05
> 100 a 500 m	Muito alto	12,91	0,18
> 500 a 1000 m	Alto	16,23	0,23
> 1000 a 1500 m	Moderado	17,08	0,24
> 1500 m	Baixo	7.101,77	99,31
<b>Altimetria</b>			
Até 600 m	Extremo	479,01	6,68
> 600 a 900 m	Muito alto	6.212,91	86,60
> 900 a 1200 m	Alto	482,60	6,73
> 1200 a 1500 m	Moderado	-	-
> 1500 m	Baixo	-	-
<b>Ângulo de orientação (Exposição)</b>			
> 337,5° a 22,5° (N)	Extremo	882,40	12,17
> 247,5° a 337,5° (NW/W)	Muito alto	1.707,87	23,56
> 22,5° a 67,5° (NE)	Alto	871,61	12,02
> 67,5° a 112,5° (E)	Moderado	924,72	12,76
> 112,5° a 247,5° (SE/SW)	Baixo	2.862,23	39,49
<b>Uso da terra e cobertura vegetal</b>			
Formação campestre	Extremo	1.977,51	27,51
Pastagem	Extremo		
Formação savânica	Muito alto	1.155,79	16,08
Silvicultura	Muito alto		
Mosaico agricultura e pastagem	Muito alto		
Agricultura	Alto	2.922,06	40,65
Formação florestal natural	Moderado	925,03	12,87
Campo alagado e área pantanosa	Baixo	207,17	2,88
Área não vegetada e áreas ocupadas por água	Baixo	-	-

base cartográfica usada nas classificações foi acessada através de três instituições distintas, sendo elas a Embrapa, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e o MAPBIOMAS. Para os fatores orientação das encostas e altitude, utilizou-se imagens do radar SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), de resolução espacial de 90 m, obtidos por meio da ferramenta 'Brasil em relevo' da Embrapa Monitoramento por Satélite (Miranda, 2005). Para os fatores de distância de rodovias, das principais estradas vicinais e da zona urbana, foram utilizadas as bases cartográficas contínuas disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2021).

Através do Mapbiomas, acessou-se duas coleções aqui utilizadas: de uso e cobertura da terra e de cobertura de área queimada (MAPBIOMAS, 2021, 2022). Ambas as coleções foram geradas a partir da classificação de imagens dos satélites LANDSAT (resolução espacial de 30 m) e estão disponíveis na série temporal de 1985 a 2020. Foram utilizados os dados relativos ao ano de 2020 tanto para uso e cobertura da terra como para a cobertura de área queimada.

#### 2.4. Elaboração do mapa de risco estrutural de incêndios florestais

Após a determinação dos fatores estruturais, que compõem o risco estrutural, foi definido como cada fator se manifesta, com a atribuição de peso a cada um dos fatores, de forma a determinar as participações diferenciadas no fenômeno estudado. Para tal, fez-se uso da Análise Hierárquica de Processos (AHP), conforme descrito por Saaty (1990), admitindo-se a inconsistência inerente aos dados. A razão de consistência (RC) foi calculada comparando o índice de consistência (IC) da matriz com o índice de consistência de uma matriz tipo aleatória. Na Tabela 2 pode-se observar a matriz de julgamento dos critérios dos fatores trabalhados, com os respectivos pesos, considerando RC de 5,14% e o IC de 6,37%.

O mapa final do risco estrutural de incêndios florestais foi feito a partir da integração dos mapas de susceptibilidade ao fogo para os seis fatores (Tabela 2), a partir da sobreposição ponderada com os pesos definidos. A verificação da acurácia do risco estrutural obtido

Tabela 2 – Matriz comparativa do risco de incêndio florestal em Jataí, Goiás.

Critérios	C1	C2	C3	C4	C5	C6	PL	Pesos
C1	1	1/2	1/8	1/4	1/8	1/9	0,0278	3%
C2	2	1	1/7	1/3	1/7	1/8	0,0392	4%
C3	8	7	1	5	1	1/2	0,2424	24%
C4	4	3	1/5	1	1/5	1/6	0,0757	8%
C5	8	7	1	5	1	1/2	0,2424	24%
C6	9	8	2	6	2	1	0,3726	37%
Total	32	26,5	4,47	17,58	4,47	2,4	1	100%

C1: altimetria; C2: orientação das encostas; C3: distância de rodovias; C4: distância das principais estradas vicinais; C5: distância da zona urbana; C6: uso da terra e cobertura vegetal; PL: prioridade média local.

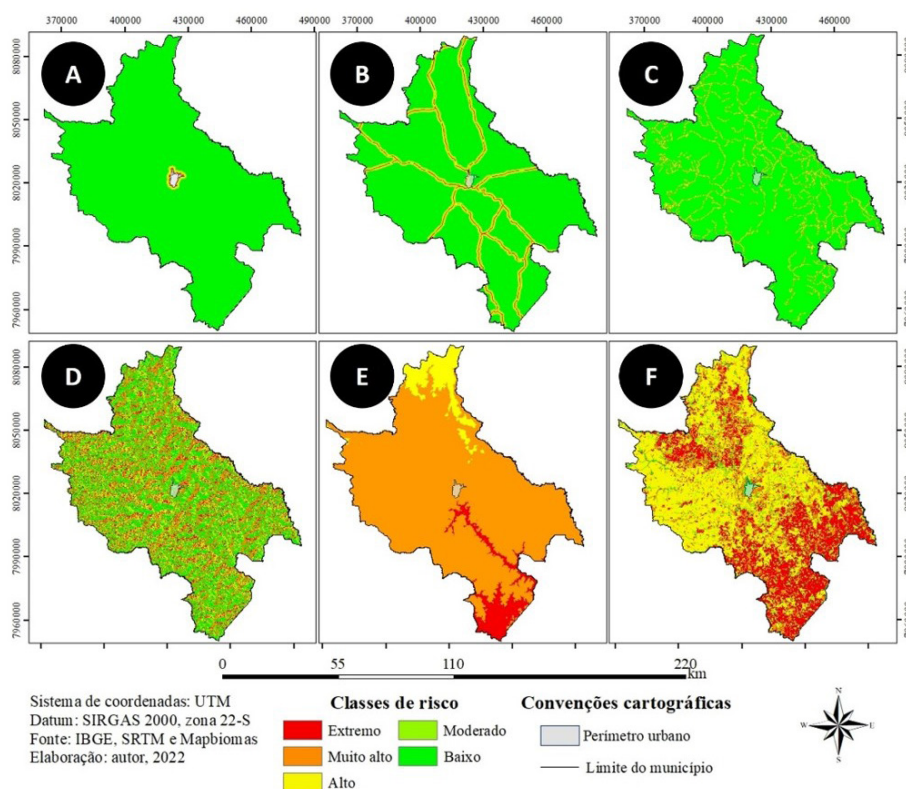


Figura 1 – Fatores de risco estrutural de incêndios florestais (distância da zona urbana – A; distância de rodovias – B; distância das principais estradas vicinais – C; orientação das encostas – D; altimetria – E; uso da terra e cobertura vegetal – F) e sua respectiva classificação da susceptibilidade ao fogo (extremo, muito alto, alto, moderado e baixo) para a área de Jataí- GO.

neste trabalho foi realizada com o uso de dados disponibilizados pela ferramenta Mapbiomas Fogo (área queimada em 2020). Foi realizada a análise comparativa entre a área queimada e a classificação resultante da modelagem, a fim de conferir se as classes de maior risco apresentavam, de fato, mais registros de área queimada.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Classificação da susceptibilidade ao fogo a partir dos fatores de risco estrutural de incêndios florestais

A área do município de Jataí foi classificada de acordo com a sua susceptibilidade ao fogo (Figura 1), com as classes de risco estrutural de incêndios florestais. A área ocupada por cada classe de risco de incêndios florestais, bem como a porcentagem em relação à área total

do município, dos diferentes fatores estudados, pode ser observada na Tabela 1.

As áreas susceptíveis ao fogo associadas à distância da zona urbana, bem como à distância das rodovias e das principais estradas vicinais correspondem a uma pequena porção do município de Jataí (Figura 1A, 1B, 1C). A área urbana do município possui, aproximadamente, 23,25 km<sup>2</sup>, o que naturalmente faz com que a maior parte do município seja classificada como de baixo risco quanto a este fator. Considerando a área de Jataí (7.174,219 km<sup>2</sup>) e a maior parte rural (7.159,69 km<sup>2</sup>), nota-se que, para os fatores de proximidade a estruturas antropizadas, o risco baixo foi predominante (99,31%, Tabela 1). O mesmo ocorre para os fatores distância de rodovias (85,98%) e das principais estradas vicinais (89,95%), com grande parte da área do município apresentando baixo risco de ocorrência de fogo, pois estas representam pequena porcentagem de área quando comparada à área total do município.

Com relação à orientação das encostas (orientação do terreno), a área do município não apresentou variações quanto à susceptibilidade ao fogo, o que ocasionou a uniformidade de classes de risco, com áreas de risco baixo a extremo em toda sua extensão (Figura 1D). Na Tabela 1, a classe de risco de incêndios baixo foi predominante em relação às demais classes, estando associada à orientação sudeste e sudoeste. Isso pode ser explicado pelo agrupamento das orientações sul, sudeste e sudoeste na mesma classe de risco, conforme metodologia adotada. E isso era esperado pois tais orientações recebem menor insolação. Da mesma forma, a segunda mais presente, classe de risco muito alto, abrange as orientações noroeste e oeste, que recebem maior insolação durante o dia, o que pode levar à maior secagem do material combustível, o tornando mais suscetível ao fogo.

Para o fator altimetria, foi possível observar três classes distintas de susceptibilidade ao fogo para Jataí (Figura 1E), com maior parte de sua área apresentando risco muito alto, enquanto ao norte nota-se um risco alto e a sul um risco extremo, inclusive acompanhando, em parte, a porção mais baixa do terreno da bacia hidrográfica do Rio Claro. Como o modelo digital de elevação (SRTM) apresentou dados de altitude em relação ao nível do mar que variaram entre 378 e 1049 m, apenas as classes de risco alto a extremo puderam ser observadas. A classe de risco muito alto foi a mais presente no mapa, representando 86,6% da área de Jataí, enquanto as classes de risco alto e extremo ocupam um quantitativo de áreas quase idêntico, por volta de 6% (Tabela 1).

A classificação da susceptibilidade ao fogo a partir da declividade do terreno, pela classificação proposta por Oliveira et al. (2004) e Ribeiro et al. (2008) (Figura 2A) e Embrapa (Figura 2B) foram muito diferentes. Pois, como o município de Jataí não apresenta grande variação de declividade em sua área, motivo que também explica porque a variável não foi considerada no risco estrutural calculado.

### 3.2. Mapa do risco estrutural de incêndios florestais

Após a sobreposição ponderada dos mapas apresentados na Figura 1, foi obtido o mapa de risco estrutural de incêndios florestais

do município de Jataí (Figura 3A), que mostra as diferentes classes de risco de incêndios florestais, destacando-se o risco moderado e alto. Observou-se na Tabela 3 que a classe de risco moderado foi a que mais ocorreu na área do município (44,41%), seguida pelo risco alto (34,48%).

### 3.3. Área queimada no município de Jataí no ano de 2020

A área queimada em 2020 no município de Jataí (Mapbiomas Fogo), pode ser observada na Figura 3B, que a integrou com o mapa de risco estrutural de incêndio florestal (Figura 3A) e a hidrografia. A plataforma registrou um total de 32,81 km<sup>2</sup>, que quando cruzados com o risco estrutural de incêndios florestais aqui proposto concentram-se, em sua maior parte, nas áreas que apresentaram risco muito alto e alto de incêndios florestais (Tabela 3).

Assim, a distribuição das queimadas pela área aponta para a assertividade da modelagem realizada, pois mostra que a maior parte dos incêndios ocorreram em localidades em que de fato se previu risco considerável, estando cerca de 86% nas classes de risco de incêndios florestais alto e muito alto (Tabela 3). Além disso, apenas 0,62% das queimadas ocorreram em áreas de baixo risco de incêndios florestais (Tabela 3). Já a falta de incêndios localizados em áreas de risco extremo

Tabela 3 - Área do município de Jataí, GO, e área queimada em 2020 (km<sup>2</sup> e %) em cada classe de risco de incêndio florestal.

Classes de risco	Área do município (km <sup>2</sup> , %)	Área queimada (km <sup>2</sup> , %)
Extremo	59,25 (0,83%)	2,09 (6,38%)
Muito alto	422,14 (5,89%)	14,57 (44,40%)
Alto	2.473,09 (34,48%)	13,82 (42,13%)
Moderado	3.185,80 (44,41%)	2,12 (6,46%)
Baixo	1.032,68 (14,40%)	0,21 (0,62%)
Total:	7.172,9 (100%)	32,81 (100%)

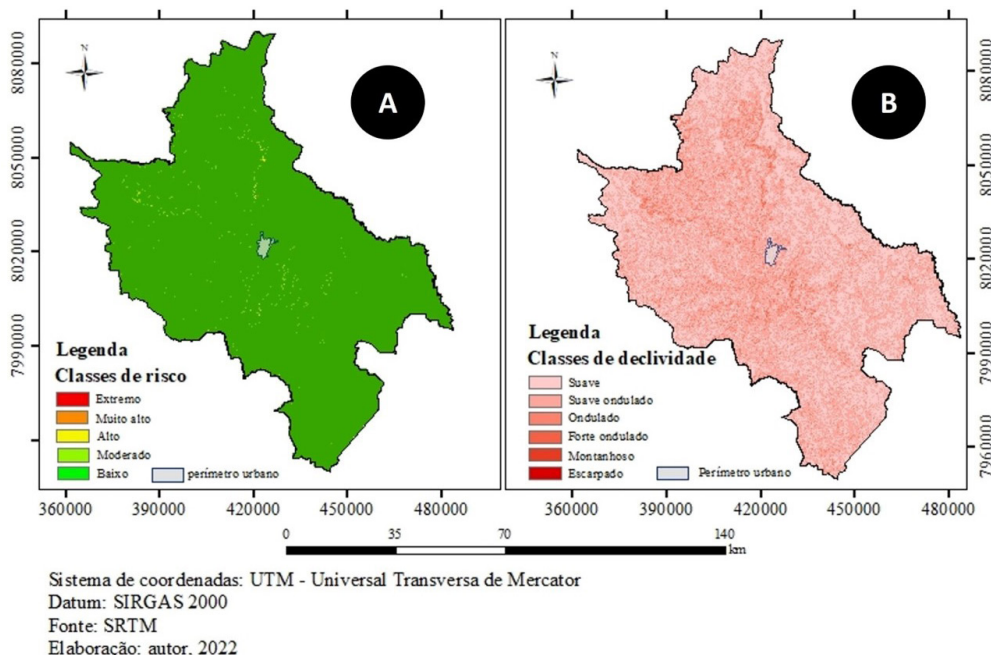


Figura 2 – Classificação da susceptibilidade ao fogo a partir da declividade do terreno de Jataí, GO, de acordo com a classificação proposta por Oliveira et al. (2004) e Ribeiro et al. (2008) (A) e Embrapa (B).

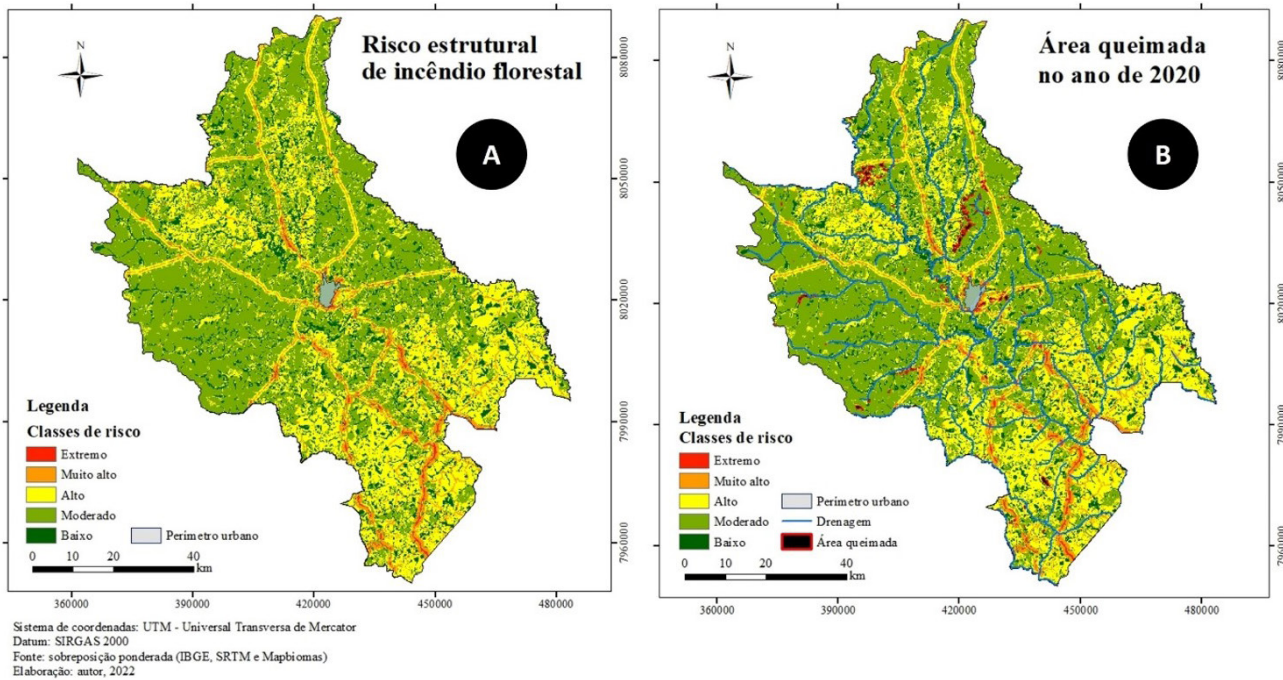


Figura 3 – Mapa de risco estrutural de incêndios florestais (A) e área queimada no ano de 2020 (B) associada ao risco estrutural de incêndio florestal e hidrografia de Jataí, GO.

pode ser explicada pela pequena representatividade dessa classe no município, apenas 0,83% da área total (Tabela 3).

#### 4. DISCUSSÃO

Para o fator estrutural de incêndios florestais referente ao uso da terra e cobertura vegetal, a maior parte do município apresentou risco alto ou extremo de fogo (Figura 1F). Em 2020, a plataforma acima referida classificou 194,5 mil hectares do município como pastagens, que apresentam risco extremo ao fogo e 291,5 mil hectares como uso agrícola, que apresenta risco alto. Como formações naturais, por sua vez, foi classificada uma área de 122,7 mil hectares, sendo 90,6 mil hectares de formação florestal (risco moderado) e 33,7 hectares de formação savânica (risco extremo). Observou-se que, aproximadamente, 85% da área do município foi classificada nos riscos de alto a extremo. A razão disso está na produção agropecuária do município, que ocupa a maior parte de sua área, conforme os dados disponibilizados pelo Mappbiomas. Os 15% restantes representam áreas não vegetadas, corpos d'água e formações florestais naturais.

O resultado gerado na etapa de susceptibilidade ao fogo é, claramente, muito influenciado pelas características da área e pela definição das classes de risco. Assim, quanto mais áreas de pastagem ou rodovias houver, por exemplo, maior será o quantitativo de área com risco mais próximo ao extremo. Da mesma forma, as diferenças metodológicas também influenciam o resultado, como, por exemplo, a não adoção de um gradiente de classes de risco em fatores de proximidade, visto nos trabalhos de White et al. (2016) e Tagliarini et al. (2020), que classificaram suas áreas de estudo como fora de influência ou sob influência.

Prudente (2016), por outro lado, estuda uma área cujos maiores valores de altitude estão pouco acima dos 600 m, motivo pelo qual optou por determinar classes menos amplas, obtendo áreas de risco baixo a extremo, apesar das baixas altitudes. Leal et al. (2019) também optaram por adaptar as classes de incêndio para sua área de estudo no Acre. Assim, consideraram classes de altitude com 100 m de amplitude

para poder representar classes de baixo a extremo, assim como as classes para distâncias a redes viárias, núcleos populacionais e zonas urbanas foram concebidas na ordem de quilômetros de amplitude de classe. Já Ladislau et al. (2021), fizeram o zoneamento do risco de incêndios florestais na APA Sul RMBH, uma área com usos da terra mais diversos, terrenos mais declivosos e altitudes mais elevadas que as registradas em Jataí, além da presença de ferrovias, fazendo com que a distribuição de classes pela área ocorresse de forma muito diferente à que foi apresentada na Figura 2.

Além dos fatores considerados para a elaboração do mapa de risco estrutural, de incêndio florestal aqui proposto, outras variáveis podem ser consideradas influentes no fenômeno dos incêndios florestais. Aspectos microclimáticos (umidade do ar, precipitação, temperatura e regime eólico), por exemplo, estão fortemente ligados à dinâmica dos incêndios (Torres et al., 2020). No entanto, não se considerou que o município de Jataí pudesse ter grandes diferenças microclimáticas dentro de sua área, sendo o clima um fator de importância mais sazonal que espacial para o risco de incêndio nesta área de estudo.

Prudente (2016) usou variáveis como a precipitação, a deficiência hídrica e a umidade do material vegetal (inferida através do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada - NDVI) para construir o risco dinâmico de incêndio florestal, que é sazonal e apresenta maiores riscos no período mais seco do ano. Em áreas maiores, passa a ser de maior relevância incluir fatores climáticos no risco estrutural, como no estudo de Oliveira et al. (2004), cuja área de estudo foi o estado do Paraná, e que teve as condições climáticas e a umidade da vegetação consideradas. Ainda assim, alguns autores consideram variáveis climáticas para compor o risco estrutural mesmo em áreas menores, como Ladislau et al. (2021), que consideraram as variáveis temperatura e precipitação em uma área de 1.632,5 km<sup>2</sup>.

Outros fatores também podem ser considerados, como: (1) as ferrovias, que quando presentes podem influenciar o risco de incêndios florestais tanto quanto as rodovias, porém não são encontradas em Jataí (Ladislau et al., 2021); (2) a malha hidrográfica que, segundo Ribeiro et al. (2008, 2012) e White et al. (2016), é mais propensa a receber visitação humana e, por isso, aumentaria o risco de incêndios

em relação a outras áreas, porém outros autores, como Prudente (2016) não a consideram, já que mantém a vegetação ao seu redor mais úmida e funciona como barreira à passagem do incêndio, motivo pelo qual não se adotou a malha hidrográfica no presente trabalho; (3) a declividade do terreno, presente em todos os estudos de zoneamento do risco de incêndios florestais referenciados. O município de Jataí não apresenta grande variação de declividade em sua área, motivo pelo qual a variável não foi considerada no risco estrutural calculado. A Figura 2 mostra como a declividade varia pouco na área de estudo, tanto para a classificação da susceptibilidade ao fogo proposta por Oliveira et al. (2004) (A), quanto para as classes de declividade da Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1979) (B).

As áreas destinadas à agricultura, que apresentaram risco alto de incêndios, possuem, após a sobreposição ponderada, um risco moderado, enquanto as áreas de pastagem apresentam um risco alto, devido à influência prestada pelos outros fatores sobre essas áreas. Já as rodovias e o perímetro urbano, influenciaram o risco resultante da área ao seu redor de forma a classificá-las como de risco alto a extremo. Portanto, as classes de risco moderado e alto foram as mais representativas para a área do município de Jataí justamente pela sua associação ao uso agrícola e à pastagem, respectivamente.

O mapa obtido a partir deste estudo pode ser uma ferramenta útil para o planejamento das atividades de prevenção e combate aos incêndios florestais em Jataí, podendo-se dar especial atenção às áreas próximas às rodovias e ao perímetro urbano, assim como às pastagens. Deve-se considerar que este mapa está sujeito à influência exercida sobre a geração dos mapas de susceptibilidade que lhe servem de base, além das notas dadas na AHP, que definem os pesos dos fatores e a própria definição de quais deles foram computados. O mapa gerado diferencia-se de mapas gerados por outros autores pela ausência da variável declividade e de variáveis climáticas, bem como pela avaliação própria da importância dos fatores. Porém, ressalta-se que os pesos considerados no presente trabalho encontram respaldo na literatura estudada. Prudente (2016), Nicolette & Zimback (2013), Ladislau et al. (2021) e Cipriani et al. (2011) também consideram o uso e ocupação do solo como a mais importante variável, seguida de perto pela proximidade a rodovias e zonas urbanas. No entanto, outros autores julgam os fatores de forma diferente, como Tagliarini et al. (2020), que consideraram a declividade mais importante que a proximidade a rodovias e zona urbana, e Pereira et al. (2019), que consideraram a proximidade a estradas e zona urbana como mais importante que o uso e ocupação do solo.

Como forma de prover ainda mais ferramentas ao planejamento da prevenção de incêndios florestais, outros mapas estratégicos podem ser gerados, como o histórico da área queimada do município. Pesquisas assim podem vir a elucidar com mais clareza quais devem ser as áreas prioritárias de prevenção a incêndios florestais no município de Jataí. Da mesma forma, os produtos gerados pelo INPE e INMET para monitoramento do risco de incêndios florestais podem ser incorporados a essas estratégias de prevenção e combate, sendo também novas possibilidades de pesquisa para a área de estudo.

## 5. CONCLUSÕES

Os fatores distância em relação a rodovias e zona urbana e uso da terra e cobertura vegetal parecem exercer a maior influência no risco estrutural de incêndios florestais no município de Jataí. Consequentemente, esses fatores determinaram os lugares apontados como de maior risco neste trabalho, que são os entornos da zona urbana e de rodovias e áreas de pastagem.

A maior parte do município de Jataí apresenta risco estrutural de incêndios florestais moderado e alto. As classes extremo e muito

alto tiveram pouca ocorrência, enquanto o risco baixo pôde ser observado em manchas de formação florestal natural e em áreas não vegetadas. A área queimada no município de Jataí no ano de 2020 reflete a maior susceptibilidade ao fogo das classes de maior risco consideradas neste trabalho. As classes muito alto e alto concentraram 86,5% da área queimada, enquanto as classes moderado e baixo, apesar de muito presentes, registraram pouca área queimada. Porém, proporcionalmente, a classe de risco extremo apresenta o maior quantitativo de áreas queimadas.

O mapa do risco estrutural de incêndios florestais gerado no presente trabalho pode ser de especial utilidade pública para a gestão do fogo no município, indicando as áreas que merecem maior atenção devido à sua susceptibilidade à propagação e ignição de incêndios florestais.

## AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Geoinformação da UFJ.

## REFERÊNCIAS

- Aguiar, R. D., Santos, L. F. M., Matricardi, E. A. T., & Batista, I. X. (2015). Zoneamento de risco de incêndios florestais no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros – GO. *Enciclopédia Biosfera*, 11(21), 1943-1957.
- Assis, F. R. V., Mendonça, I. F. C., Silva, J. E. R., & Lima, J. R. (2014). Uso de geotecnologias na locação espacial de torres para detecção de incêndios no semiárido nordestino. *Floresta*, 44(1), 133-142. <http://doi.org/10.5380/rf.v44i1.32618>.
- Cipriani, H. N., Pereira, J. A. A., Silva, R. A., Freitas, S. G., & Oliveira, L. T. (2011). Fire risk map for the Serra de São Domingos Municipal Park, Poços de Caldas, MG. *Cerne*, 17(1), 77-83. <http://doi.org/10.1590/S0104-77602011000100009>.
- Dubreuil, V., Fante, K. P., Planchon, O., & Sant'ana Neto, J. L. (2018). Os tipos de climas anuais no Brasil: uma aplicação da classificação de Köppen de 1961 a 2015. *Confins*, 37, <http://doi.org/10.4000/confins.15738>.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. (1979). *Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Súmula da 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos (EMBRAPA-SNLCS. Micelânea, no. 1, 83 p.)*. Rio de Janeiro: EMBRAPA.
- Fernandes, M. D. C., Coura, P. H. F., Sousa, G. M. D., & Avelar, A. D. S. (2011). Avaliação geocológica de susceptibilidade à ocorrência de incêndios no estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Floresta e Ambiente*, 18(3), 299-309. <http://doi.org/10.4322/loram.2011.050>.
- Ferreira Júnior, A., Estevão, C. I. M., Souza, L. R., Lopes, P. A., & Ferreira, W. C. (2016). Caracterização de um fragmento urbano de Mata Atlântica em Goiás. *Enciclopédia Biosfera*, 13(24), 196-211. [http://doi.org/10.18677/EnciBio\\_2016B\\_018](http://doi.org/10.18677/EnciBio_2016B_018).
- Freitas Filho, M. R., Carvalho, M. S. B. S., & Soares, A. M. L. (2019). Mapeamento das áreas de risco de incêndios florestais no estado do Ceará. In *Congresso da Geografia Portuguesa* (pp. 496-501). Guimarães: Universidade de Minho.
- Gonçalves, D. M., & Dias, D. P. (2020). Eficiência de cinco índices de perigo de incêndios para o município de Jataí – GO. *Scientia Forestalis*, 48(27), 1-11. <http://doi.org/10.18671/scifor.v48n127.24>.
- Hermuche, P. M., Guimarães, G. M. A., & de Castro, S. S. (2009). Análise dos comportamentos morfoedológicos como subsídio ao planejamento do uso do solo em Jataí, GO. *Geosp Espaço e Tempo*, 26(2), 113-131.

- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2021). *Produção Agrícola Municipal culturas temporárias e permanentes: 2020*. Recuperado em 8 de março de 2023, de <https://static.poder360.com.br/2021/09/pam-ibge-22set2021.pdf>.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2022). *Cidades e estados, Jataí-GO, código 5211909*. Recuperado em 8 de março de 2023, de <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados>
- Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. (2022). *Normal climatológica 1981-2010*. Recuperado em 8 de março de 2023, de <https://clima.inmet.gov.br/GraficosClimatologicos>.
- Ladislau, F. F., Silva, J. da C., Moreira, A. P. M., Nascimento, G. L., & Ruchkys, U. de A. (2021). Análise multicritério aplicada ao mapeamento de risco de incêndio na APA Sul RMBH. *Caderno de Geografia*, 31(66), 667-681. <http://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2021v31n66p667>.
- Leal, F. A., Souza, F. F. B., & Leal, G. D. S. A. (2019). Zoneamento de riscos de incêndios florestais em regiões hot spot de focos de calor no estado do Acre. *Nativa (Sinop)*, 7(3), 274-283. <http://doi.org/10.31413/nativa.v7i3.6768>.
- MAPBIOMAS. (2021). *Plataforma Mapbiomas Fogo*. Recuperado em 8 de março de 2023, de <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org>
- MAPBIOMAS. (2022). *Plataforma uso e cobertura do solo*. Recuperado em 8 de março de 2023, de <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org>.
- Miranda, E. E. (Coord.). (2005). *Brasil em Relevo*. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite. Recuperado em 20 de novembro de 2024, de <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>
- Nicolete, D. A. P., & Zimback, C. R. L. (2013). Zoneamento de risco de incêndios florestais para a fazenda experimental Edgardia – Botucatu (SP), através de sistemas de informações geográficas. *Revista Agrogeoambiental*, 5(3), 55-62. <http://doi.org/10.18406/2316-1817v5n32013518>.
- Oliveira, D. S., Batista, A. D., Soares, R. V., Grodzki, L., & Vosgerau, J. (2004). Zoneamento de risco de incêndios florestais para o estado do Paraná. *Floresta*, 34(2), 271-221. <http://doi.org/10.5380/ufv.v34i2.2399>.
- Pereira, M. P. R., Costa, A. M., & Garcia, R. A. (2019). Modelagem de risco de incêndio florestal no município de Sete Lagoas – MG. In *Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada* (pp. 1-12). Fortaleza: UFC, 2019.
- Prudente, T. D. (2016). *Risco integrado de incêndio florestal em áreas de Cerrado: contribuições metodológicas* (Tese de doutorado). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- Ribeiro, L., Koproski, L. P., Stolle, L., Lingnau, C., Soares, R. V., & Batista, A. C. (2008). Zoneamento de riscos de incêndios florestais para a fazenda experimental do Canguiri, Pinhais (PR). *Revista Árvore*, 38(3), 561-572. <https://doi.org/10.5380/ufv.v38i3.12430>.
- Ribeiro, L., Soares, R. V., & Beppler, M. (2012). Mapeamento do risco de incêndios florestais no município de Novo Mundo, Mato Grosso, Brasil. *Cerne*, 18(1), 117-126. <http://doi.org/10.1590/S0104-77602012000100014>.
- Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: the analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 48(1), 9-26. [http://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90057-I](http://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-I).
- Tagliarini, F. de S. N., Barros, A. C., Lima, A. A., Rodrigues, B. T., Rodrigues, M. T., Penachio, S. M., Oliveira, S. A. S., & Campos, S. (2020). Zoneamento do risco de incêndios florestais em bacia hidrográfica. *Brazilian Journal of Development*, 6(5), 28779-28790. <http://doi.org/10.34117/bjdv6n5-356>.
- Torres, F. T. P., Lima, G. S., Oliveira, E. R. S. de, Lourenço, L. F., Félix, F. R. F., Ribeiro, G. A., & Fonseca, E. M. B. (2020). *Manual de prevenção e combate de incêndios florestais*. Viçosa: UFV.
- White, L. A. S., White, B. L. A., & Ribeiro, G. T. (2016). Modelagem espacial do risco de incêndio florestal para o município de Inhambupe, BA. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 36(85), 41-49. <http://doi.org/10.4336/2016.pfb.36.85.850>.

## CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

TRC e DPD: conceituação, curadoria dos dados, análise formal, metodologia, escrita – primeira redação, escrita – revisão e edição.