ReGeo ISSN: 2177-3246

MAPEAMENTO DA SUSCETIBILIDADE A INCÊNDIOS FLORESTAIS NO AMAPÁ PELO MÉTODO AHP

WILDFIRE SUSCEPTIBILITY MAPPING IN AMAPÁ USING THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS

CARTOGRAFÍA DE LA SUSCEPTIBILIDAD A INCENDIOS FORESTALES EN AMAPÁ MEDIANTE EL MÉTODO AHP

https://doi.org/10.56238/revgeov17n11-151

Data de submissão: 25/10/2026 **Data de publicação:** 25/11/2026

Ivana Meyce Ferreira Mota
Mestranda em Recursos Naturais Amazônicos
Instituição: Universidade do Estado do Amapá (UEAP)
E-mail: ivanamota0@gmail.com

Mariana Martins Medeiros de Santana
Doutora em Ecologia
Instituição: Universidade do Estado do Amapá (UEAP)
E-mail: mariana.medeiros@ueap.edu.br

Rodrigo Nogueira de Vasconcelos
Doutor em Ecologia
Instituição: Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)
E-mail: rnv@uefs.br

Washington de Jesus Sant'Anna da Franca Rocha
Doutor em Geologia
Instituição: Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)
E-mail: wrocha@uefs.br

RESUMO

Este estudo mapeou, em escala estadual, a suscetibilidade a incêndios florestais no Amapá, Brasil, por meio do Processo Analítico Hierárquico (AHP) integrado a um Sistema de Informações Geográficas. O índice foi calculado pela soma ponderada de sete variáveis reclassificadas: precipitação, temperatura, altitude, declividade, orientação das encostas, uso e cobertura da terra e proximidade de rodovias. Na matriz de comparações pareadas, a precipitação (35,43%), a declividade (23,99%) e a proximidade de rodovias (15,87%) receberam os maiores pesos, com razão de consistência de 2,43%. O índice foi agrupado em cinco classes, de baixa a extrema. A classe moderada ocupou extensas porções do estado, enquanto as classes alta e muito alta se concentraram principalmente no centro e no centro-sul. O mapa representa a suscetibilidade relativa da paisagem e pode subsidiar a definição de setores prioritários para prevenção e monitoramento de incêndios. O índice não foi validado com registros independentes de incêndios nem submetido a análise de sensibilidade dos pesos, e sua interpretação restringe-se à escala estadual.

Palavras-chave: Suscetibilidade ao Fogo. Análise Multicritério. Geoprocessamento. Prevenção de Incêndios. Amazônia.

ABSTRACT
This study mapped wildfire susceptibility across the state of Amapá, Brazil, using the Analytic Hierarchy Process (AHP) within a Geographic Information System. The index was calculated as a weighted sum of seven reclassified variables: precipitation, temperature, elevation, slope steepness, slope aspect, land use and land cover, and proximity to roads. In the pairwise comparison matrix, precipitation (35.43%), slope steepness (23.99%), and proximity to roads (15.87%) received the highest weights, with a consistency ratio of 2.43%. The index was grouped into five classes, from low to extreme. Moderate susceptibility covered extensive portions of the state, while the high and very high classes were concentrated mainly in central and south-central Amapá. The map represents relative landscape susceptibility and can support the identification of priority areas for wildfire prevention and monitoring. The index was not validated against independent fire records, nor was the weighting subjected to sensitivity analysis, so its interpretation is restricted to the state scale.

Keywords: Wildfire Susceptibility. Multicriteria Analysis. Geospatial Analysis. Wildfire Prevention. Amazon.

RESUMEN
Este estudio cartografió, a escala estatal, la susceptibilidad a incendios forestales en Amapá, Brasil, mediante el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) integrado en un Sistema de Información Geográfica. El índice se calculó mediante la suma ponderada de siete variables reclasificadas: precipitación, temperatura, altitud, pendiente, orientación de las laderas, uso y cobertura del suelo y proximidad a carreteras. En la matriz de comparaciones por pares, la precipitación (35,43 %), la pendiente (23,99 %) y la proximidad a carreteras (15,87 %) recibieron las mayores ponderaciones, con una razón de consistencia de 2,43 %. El índice se agrupó en cinco clases, de baja a extrema. La clase moderada abarcó amplias zonas del estado, mientras que las clases alta y muy alta se concentraron principalmente en el centro y el centro-sur de Amapá. El mapa representa la susceptibilidad relativa del paisaje y puede contribuir a la identificación de zonas prioritarias para la prevención y el monitoreo de incendios forestales. El índice no se validó con registros independientes de incendios ni se sometió a análisis de sensibilidad de las ponderaciones, por lo que su interpretación se restringe a la escala estatal.

Palabras clave: Susceptibilidad a Incendios Forestales. Análisis Multicriterio. Análisis Geoespacial. Prevención de Incendios. Amazonía.

1 INTRODUÇÃO

O Amapá reúne ecossistemas com respostas distintas ao fogo, incluindo florestas amazônicas sensíveis a incêndios e savanas com espécies que apresentam adaptações à queima (Pivello, 2011). No estado, Santana, Vasconcelos e Mariano-Neto (2023) observaram maior ocorrência de fogo nas savanas e identificaram a influência das atividades humanas e climáticas sobre a distribuição espacial das ocorrências. Essa heterogeneidade importa para a gestão do fogo, pois áreas com propensão semelhante à queima podem responder de maneiras distintas à passagem das chamas. Mapear onde se combinam condições favoráveis à ignição e à propagação do fogo pode, assim, subsidiar a definição de áreas prioritárias para prevenção e monitoramento.

Na Amazônia, a ocorrência de incêndios resulta da interação entre secas, fragmentação da paisagem e atividades humanas (Alencar *et al.*, 2015; Aragão *et al.*, 2018), e a rede viária está associada ao avanço do desmatamento e, portanto, à ampliação do acesso humano a áreas florestais (Barber *et al.*, 2014). Modelos estatísticos treinados com registros de fogo também têm apontado o papel do uso da terra e do clima nos incêndios amazônicos (Santana *et al.*, 2024). Essas abordagens dependem de registros históricos, e um índice multicritério oferece uma leitura complementar, na qual a importância atribuída a cada fator predisponente é explicitada e pode ser discutida.

Os fatores que favorecem o fogo atuam por mecanismos distintos. A precipitação e a temperatura influenciam a disponibilidade de umidade no material combustível, enquanto a declividade e a orientação das encostas afetam as condições de secagem e propagação. O uso e a cobertura da terra representam diferenças nas características da vegetação e nas formas de ocupação, e a proximidade das estradas ajuda a identificar áreas acessíveis a atividades humanas que podem gerar ignições. A integração dessas variáveis em um Sistema de Informações Geográficas (SIG) permite representar a suscetibilidade como uma propriedade relativa da paisagem, resultante da combinação espacial desses fatores (Ribeiro *et al.*, 2008; Torres *et al.*, 2017).

O Processo Analítico Hierárquico (AHP, do inglês *Analytic Hierarchy Process*) é uma abordagem multicritério que permite integrar variáveis climáticas, topográficas e antrópicas e explicitar a importância relativa atribuída a cada uma na construção do mapa (Saaty, 1990). Na literatura diversos estudos sustentam o uso do AHP como ferramenta de mapeamento de áreas favoráveis à ocorrência de incêndios florestais em diferentes contextos ambientais. Em Inhambupe, na Bahia, 94,83% dos registros históricos de incêndio coincidiram com as três classes mais elevadas do mapa, que somavam 75,46% da área estudada (White; White; Ribeiro, 2016). Em Antália, no sul da Turquia, o mapa produzido pelo AHP apresentou área sob a curva ROC (AUC) de 0,77 na avaliação com registros históricos, indicando capacidade de discriminar áreas mais propensas ao fogo (Özcan *et*

al., 2025). Em Goa, na Índia, o método também foi utilizado para mapear a suscetibilidade e comparado a modelos de aprendizado de máquina (Uthappa *et al.*, 2025). Como a classificação final depende dos pesos atribuídos, que refletem julgamentos e não medições, a literatura recomenda examinar a sensibilidade dos mapas à ponderação (Chen; Yu; Khan, 2010; Sari, 2024).

Este estudo teve como objetivo mapear, em escala estadual, a suscetibilidade a incêndios florestais no Amapá por meio do Processo Analítico Hierárquico (AHP). O mapeamento integrou sete variáveis: precipitação, temperatura, altitude, declividade, orientação das encostas, uso e cobertura da terra e proximidade de rodovias. Ao reunir esses fatores em uma única representação espacial, o estudo oferece uma base cartográfica para identificar setores de maior suscetibilidade e subsidiar a definição de prioridades de prevenção e monitoramento no estado.

1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

a) reclassificar as sete variáveis em escores ordinais de 1 a 5, conforme sua associação com a ocorrência ou a propagação do fogo;
b) derivar os pesos dos critérios pelo AHP e verificar a consistência dos julgamentos pareados;
c) integrar camadas e pesos em um índice de suscetibilidade e agrupá-lo em cinco classes, de baixa a extrema;
d) descrever a distribuição espacial das classes no estado e discutir os limites de interpretação e de uso do mapa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONDICIONANTES DO FOGO E SUSCETIBILIDADE DA PAISAGEM

No Amapá, as ocorrências de fogo são mais frequentes nas savanas e sua distribuição espacial está associada principalmente às atividades agropecuárias e clima (Santana; Vasconcelos; Mariano-Neto, 2023). A interpretação desse padrão envolve dois processos. O primeiro é a distribuição das fontes de ignição, que pode acompanhar a ocupação da terra e o acesso pela rede viária. O segundo é a capacidade de o fogo se estabelecer e se propagar, que depende da umidade, do tipo e da continuidade do combustível. Assim, uma área acessível pode concentrar ignições, enquanto uma área com combustível mais contínuo pode oferecer condições mais favoráveis ao avanço das chamas (Torres *et al.*, 2017; Agustiyara; Timár; Székely, 2026).

O clima e o relevo condicionam esses processos. A precipitação e a temperatura influenciam a umidade do combustível, enquanto a altitude e a orientação das encostas ajudam a caracterizar

variações locais de temperatura e exposição à radiação solar. A declividade afeta a propagação porque, em aclives, as chamas podem se aproximar da vegetação situada à frente do fogo, favorecendo seu pré-aquecimento. O uso e a cobertura da terra ajudam a interpretar tanto as atividades associadas às ignições quanto a distribuição dos combustíveis na paisagem (Ribeiro *et al.*, 2008; Torres *et al.*, 2017). A combinação desses fatores permite estimar a suscetibilidade, entendida aqui como a predisposição relativa de cada área à ocorrência do fogo.

Em modelagem por aprendizado de máquina, a suscetibilidade é a saída contínua interpretada como probabilidade anual de ocorrência de incêndio (Asif *et al.*, 2026), e o índice de suscetibilidade combina vegetação, terreno e fatores antrópicos (Agustiyara; Timár; Székely, 2026). Um achado relevante é que a suscetibilidade do terreno pode não coincidir com a frequência real de ignições. Na Hungria, a maior frequência de ignições ocorreu em áreas planas e acessíveis, e não nas encostas florestais de maior perigo de paisagem (Agustiyara; Timár; Székely, 2026).

O perigo (*hazard*), por sua vez, pode ser derivado da suscetibilidade combinada ao tipo de combustível, como proxy da intensidade potencial (Asif *et al.*, 2026). Porém, mapas de suscetibilidade são por vezes chamados de mapas de perigo em sentido mais geral (Ghorbanzadeh *et al.*, 2019).

O risco incorpora também a exposição e a vulnerabilidade de pessoas, bens e ecossistemas que podem ser atingidos (Chuvieco *et al.*, 2023; Bergonse *et al.*, 2022). A exposição diz respeito à presença de pessoas, bens ou ecossistemas em áreas que podem ser atingidas, enquanto a vulnerabilidade descreve sua propensão a sofrer efeitos adversos. Assim, áreas sujeitas a condições semelhantes de perigo podem apresentar níveis distintos de risco conforme os elementos expostos e sua vulnerabilidade (Chuvieco *et al.*, 2023; Bergonse *et al.*, 2022). Ghorbanzadeh *et al.* (2019) exemplificam essa abordagem ao incorporar indicadores de vulnerabilidade social e de infraestrutura a uma avaliação espacial do risco de incêndio. Portanto, o risco de incêndio florestal pode ser definido como a probabilidade de consequências devastadoras causadas pela interação entre incêndios e comunidades vulneráveis (Ghorbanzadeh *et al.*, 2019). Neste artigo, o termo suscetibilidade é usado no sentido restrito de predisposição relativa da paisagem, sem incorporar combustível efetivo, exposição ou vulnerabilidade, de modo que o mapa não deve ser lido como mapa de perigo nem de risco.

2.2 ANÁLISE MULTICRITÉRIO NO MAPEAMENTO DE INCÊNDIOS

O Processo Analítico Hierárquico (Analytic Hierarchy Process, AHP) estrutura um problema de decisão em níveis e estabelece a importância relativa dos critérios por meio de comparações pareadas (Saaty, 1977). Na escala proposta por Saaty (1990), o valor 1 indica igual importância e o

valor 9 indica importância extrema de um critério em relação a outro. O autovetor principal da matriz recíproca fornece as prioridades relativas, e a razão de consistência indica a coerência interna dos julgamentos. A interpretação dos pesos depende, portanto, da justificativa dada à escolha dos critérios e à sua importância relativa. Como a consistência interna não garante que os pesos reflitam a influência real de cada fator sobre o fogo, a coerência da matriz e a adequação do mapa a registros observados são verificações distintas.

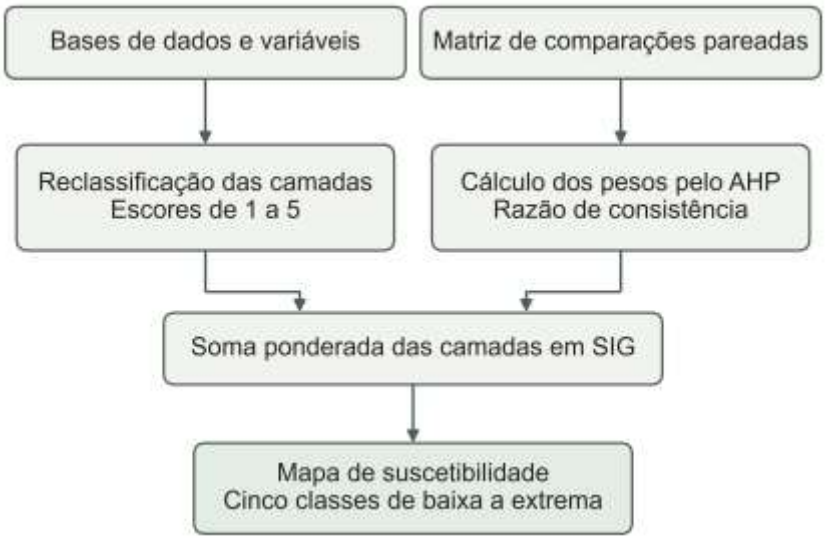
Em um Sistema de Informações Geográficas, os critérios são representados por camadas temáticas que podem ser combinadas após sua conversão para uma escala comum (Pimenta *et al.*, 2019). Essa integração envolve duas decisões. O escore de classe expressa a contribuição atribuída a cada faixa ou categoria dentro de uma camada. O peso do critério estabelece a contribuição da camada como um todo para o índice final. A combinação permite integrar informações com unidades distintas, como precipitação, declividade e distância às estradas, em uma mesma classificação espacial. A soma ponderada de camadas pontuadas, em que o AHP fornece os pesos, é uma das formas mais frequentes de análise multicritério em ambiente SIG (Malczewski, 2006). Por supor que os critérios contribuam de forma aditiva e independente, essa combinação é sensível à correlação entre camadas e à variação dos pesos, razão pela qual a análise de sensibilidade espacial dos pesos é recomendada (Chen; Yu; Khan, 2010).

A finalidade do mapa depende dos critérios escolhidos. White, White e Ribeiro (2016) aplicaram, em Inhambupe, na Bahia, o AHP para integrar fatores associados à ocorrência e à propagação de incêndios. Rivière *et al.* (2023) empregaram a análise multicritério para representar a vulnerabilidade territorial ao fogo, combinando dados quantitativos e julgamentos de especialistas. No presente estudo, o AHP foi empregado para ordenar o território amapaense segundo sua suscetibilidade relativa. A consistência da matriz avalia a coerência da ponderação, enquanto a comparação com registros de fogo examina a correspondência espacial entre o índice e as ocorrências observadas.

3 METODOLOGIA

O mapeamento da suscetibilidade a incêndios florestais no Amapá foi desenvolvido em três etapas principais (Figura 1). A primeira consistiu na preparação e reclassificação das camadas temáticas. Na segunda, foram definidos os pesos dos critérios pelo Processo Analítico Hierárquico (AHP) e verificada a consistência dos julgamentos. Na terceira, as camadas e os respectivos pesos foram integrados em um Sistema de Informações Geográficas (SIG) para gerar o mapa estadual de suscetibilidade.

Figura 1. Fluxograma do mapeamento da suscetibilidade a incêndios florestais no Amapá pelo AHP: bases de dados e variáveis seguem para a reclassificação das camadas (escores de 1 a 5); a matriz de comparações pareadas leva ao cálculo dos pesos pelo AHP e à razão de consistência; as duas trilhas convergem na soma ponderada das camadas em SIG, que gera o mapa de suscetibilidade em cinco classes, de baixa a extrema.

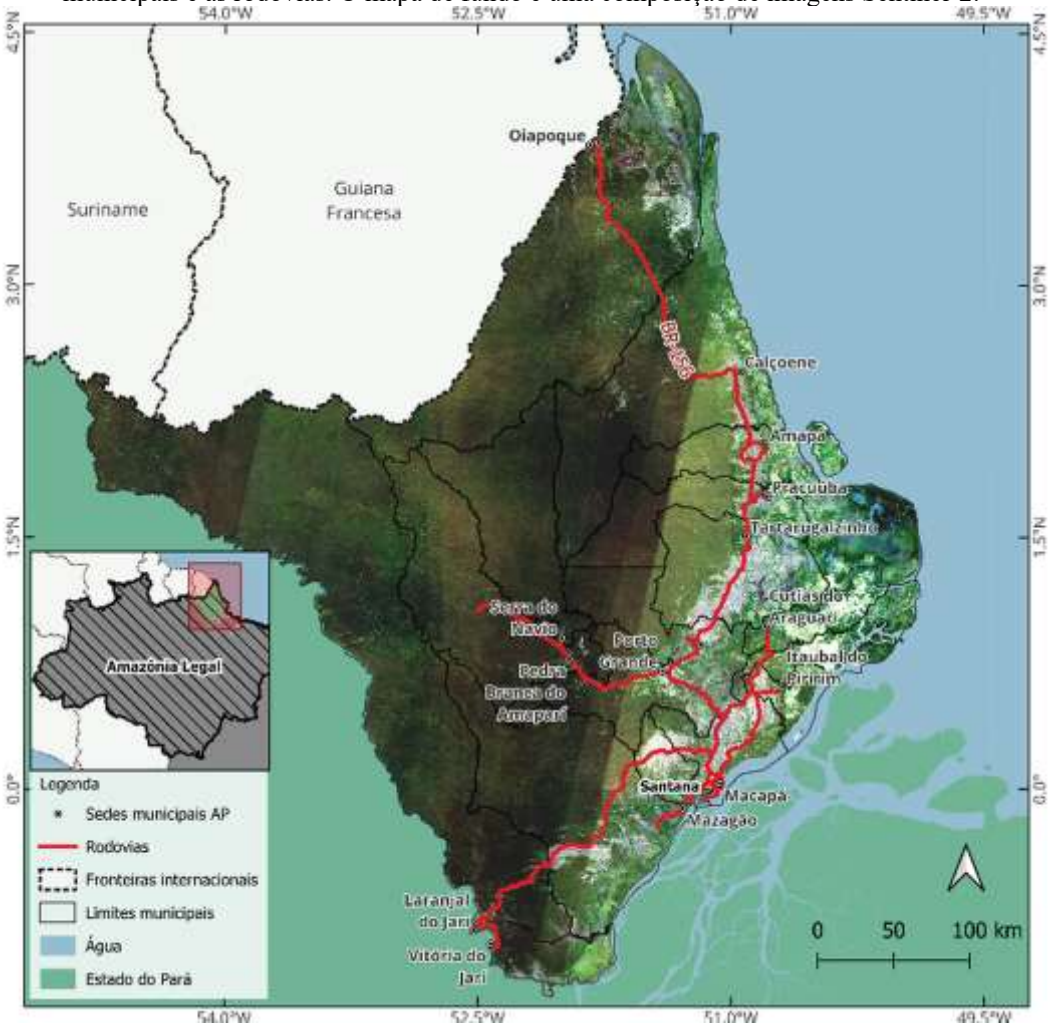


Fonte: Elaborado pelos autores

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo abrangeu o estado do Amapá, situado no extremo norte da Amazônia brasileira, com área territorial de aproximadamente 142 mil km². O estado faz divisa com o Pará, possui fronteiras com a Guiana Francesa e o Suriname e é banhado a leste pelo oceano Atlântico (Figura 2). Sua divisão político-administrativa compreende 16 municípios (IBGE, 2025; Brasil, 2025). As sedes municipais e a rodovia BR-156 concentram-se no setor leste e no sul do estado, ao passo que o interior oeste e norte é pouco servido por rodovias (Figura 2).

Figura 2. Localização do estado do Amapá na Amazônia Legal, com destaque para os limites municipais, as sedes municipais e as rodovias. O mapa de fundo é uma composição de imagens Sentinel-2.



Fonte: Elaborada pelos autores com base nas malhas territoriais do IBGE (2025), na malha rodoviária do DNIT (2024) e em imagens Sentinel-2 (2024–2025). Datum: WGS 84.

O relevo compreende planícies costeiras e fluviais, associadas à acumulação de sedimentos, e terrenos dissecados no interior. O clima é equatorial úmido, com regime de chuvas influenciado pela Zona de Convergência Intertropical (Rauber; Gomes; Palhares, 2026). Em Macapá, capital do estado, a normal climatológica de 1961–1990 indica concentração das chuvas entre dezembro e julho e menor pluviosidade entre agosto e novembro (Tavares, 2014).

A cobertura da terra predominantemente é de floresta ombrófila úmida. Porém, na porção leste do estado, as savanas formam um mosaico com florestas úmidas, florestas inundáveis, planícies de inundação e manguezais (Hilário *et al.*, 2017). Conhecidas como cerrado do Amapá, as savanas amapaenses são pouco representadas na rede de áreas protegidas e estão sob pressão da expansão da agricultura em larga escala (Mustin *et al.*, 2017). As atividades agropecuárias também estão associadas à distribuição espacial das ocorrências de fogo no estado (Santana; Vasconcelos; Mariano-Neto, 2023).

A essas pressões sobre a paisagem somam-se os possíveis efeitos das mudanças climáticas. Santana, Vasconcelos e Mariano-Neto (2023) projetaram, sob um cenário de altas emissões para o fim do século XXI, a expansão das áreas com maior probabilidade de ocorrência de fogo tanto nas savanas quanto nas florestas, mesmo mantendo constantes o uso e a cobertura da terra nas simulações.

3.2 VARIÁVEIS DO MODELO E BASES DE DADOS

O mapeamento da suscetibilidade a incêndios florestais integrou sete variáveis: precipitação, temperatura, altitude, declividade, orientação das encostas, uso e cobertura da terra e proximidade de rodovias. A descrição das variáveis, as fontes, as resoluções espaciais e os períodos de referência são apresentados na Tabela 1. As camadas têm resoluções e períodos distintos: as climáticas (≈ 5 km) representam médias de 1970 a 2000, as topográficas (≈ 30 m) derivam do SRTM de 2000, o uso e a cobertura da terra (30 m) correspondem a 2023 e a malha rodoviária a 2024. Os autores não informaram o procedimento de reamostragem das camadas para uma grade comum, a resolução do mapa final, o sistema de coordenadas de processamento nem o programa de SIG empregado.

Tabela 1. Variáveis e bases de dados utilizadas no mapeamento da suscetibilidade a incêndios florestais no Amapá.

Variável	Descrição	Fonte	Resolução espacial	Ano ou período de referência
Precipitação	Total anual (mm)	WorldClim 2.1	≈ 5 km	1970–2000
Temperatura	Média anual do ar (°C)	WorldClim 2.1	≈ 5 km	1970–2000
Altitude	Elevação do terreno (m)	TOPODATA/INPE	≈ 30 m	2000 (SRTM)
Declividade	Inclinação do terreno (%)	TOPODATA/INPE	≈ 30 m	2000 (SRTM)
Orientação das encostas	Direção de exposição da encosta derivada do modelo de elevação	TOPODATA/INPE	≈ 30 m	2000 (SRTM)
Uso e cobertura da terra	Classes de vegetação, usos antrópicos e corpos d'água	Projeto MapBiomas	30 m	2023
Proximidade de rodovias	Distância à malha viária (m)	Subsistema rodoviário federal (DNIT)	Base vetorial	2024

Fonte: Elaborada pelos autores com base nos dados de: WorldClim (2024), INPE (2000), MapBiomas (2023) e DNIT (2024).

As variáveis foram reclassificadas em uma escala ordinal de 1 a 5, em que os escores mais altos representam condições consideradas mais favoráveis à ocorrência ou à propagação do fogo. Para as variáveis climáticas, a reclassificação tomou como referência a abordagem de Ladislau *et al.* (2021). Foram atribuídos escores maiores às classes de temperatura mais elevada e de menor precipitação, por sua associação com condições que favorecem a secagem do material combustível. A declividade recebeu escores crescentes com a inclinação do terreno, considerando que, em aclives, as chamas podem favorecer o pré-aquecimento do combustível situado à frente da linha de fogo (Ribeiro *et al.*, 2008). Para a distância às rodovias, os maiores escores foram atribuídos às faixas mais próximas das

vias, cuja proximidade foi utilizada como indicadora de acesso humano e da presença potencial de fontes de ignição (Oliveira, 2002). Os intervalos, as categorias e os respectivos escores de cada variável são apresentados na Tabela 2.

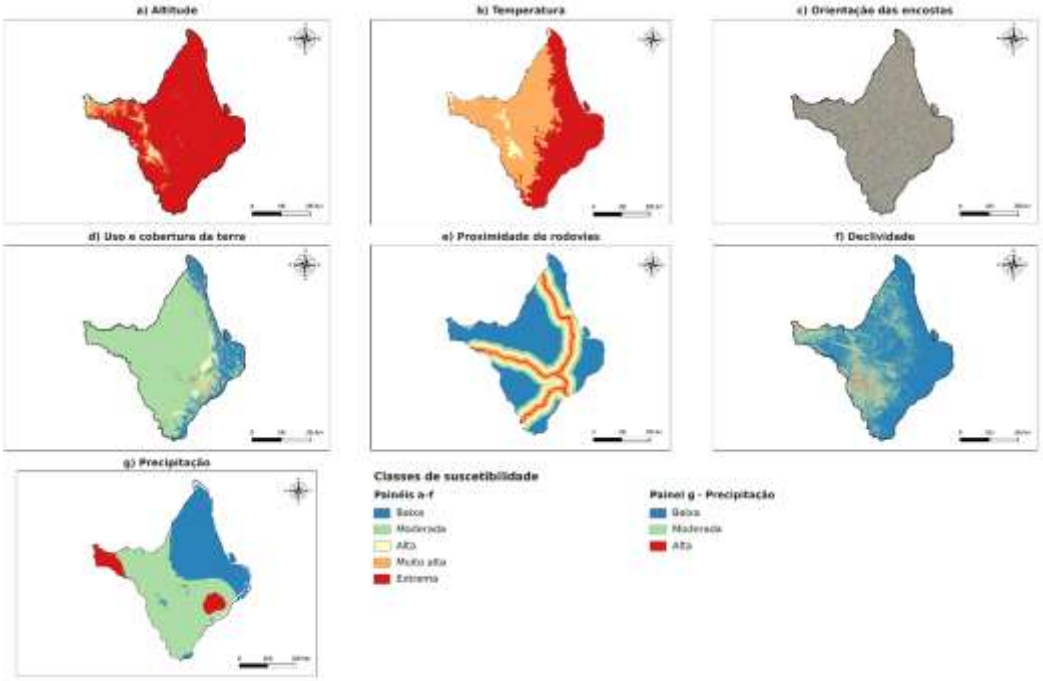
Tabela 2. Classes e escores atribuídos às variáveis utilizadas no mapeamento da suscetibilidade a incêndios no Amapá.

Variável	Baixa (1)	Moderada (2)	Alta (3)	Muito alta (4)	Extrema (5)
Altitude (m)	> 600	500–600	400–500	300–400	< 300
Declividade (%)	< 15	16–25	26–35	36–45	≥ 46
Orientação das encostas	Plano, sul e sudeste	Leste	Nordeste	Oeste e noroeste	Norte
Uso e cobertura da terra	Corpos d'água	Vegetação nativa	Estradas	Área urbana	Atividades agropastoris
Distância às rodovias (m)	> 400	300,1–400	200,1–300	100,1–200	< 100
Precipitação (mm)	> 2.500	2.200–2.500	1.900–2.200	—	—
Temperatura (°C)	—	—	24–25	25–26	> 27

Os intervalos são reproduzidos como informados; a tabela não define as faixas de declividade entre 15% e 16%, as de temperatura entre 26 °C e 27 °C e abaixo de 24 °C, nem as de precipitação abaixo de 1.900 mm.
Fonte: Elaborado pelos autores

A Tabela 2 mostra que a precipitação, de maior peso no modelo, assume escores apenas de 1 a 3, e a temperatura, apenas de 3 a 5, de modo que o escore máximo da precipitação é 3. A aplicação das regras de reclassificação da Tabela 2 resultou em sete mapas temáticos (Figura 3). Cada mapa representa a distribuição espacial dos escores de suscetibilidade atribuídos às classes de uma variável. Essas camadas reclassificadas foram utilizadas na etapa seguinte, em que os escores de cada célula foram combinados com os pesos definidos pelo Processo Analítico Hierárquico (AHP) para compor o índice final de suscetibilidade.

Figura 3. Classes de suscetibilidade a incêndios florestais por variável no estado do Amapá: (a) altitude; (b) temperatura; (c) orientação das encostas; (d) uso e cobertura da terra; (e) proximidade de rodovias; (f) declividade; (g) precipitação. Os painéis (a) a (f) usam cinco classes (baixa a extrema); o painel (g) usa três classes (baixa, moderada e alta).



Fonte: Elaborado pelos autores

3.3 PONDERAÇÃO DOS CRITÉRIOS E CÁLCULO DO ÍNDICE DE SUSCETIBILIDADE

As sete variáveis foram comparadas aos pares pelo AHP, segundo a escala de Saaty (1990), que vai de 1 (igual importância) a 9 (importância extrema). A Tabela 3 apresenta a matriz recíproca. Os julgamentos seguem uma ordem estrita de importância (precipitação, declividade, proximidade de rodovias, uso e cobertura da terra, orientação das encostas, temperatura e altitude), com diferença de uma unidade da escala entre critérios adjacentes. O manuscrito não informa quem emitiu os julgamentos nem a justificativa de cada comparação, de modo que os pesos devem ser lidos como importância atribuída pelos autores e não como efeito estimado de cada variável sobre o fogo.

Tabela 3. Matriz de comparação pareada dos critérios.

Critério	ALT	TEMP	OE	UCT	PE	DV	PREC
ALT	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7
TEMP	2	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6
OE	3	2	1	1/2	1/3	1/4	1/5
UCT	4	3	2	1	1/2	1/3	1/4
PE	5	4	3	2	1	1/2	1/3
DV	6	5	4	3	2	1	1/2
PREC	7	6	5	4	3	2	1

ALT = altitude, TEMP = temperatura, OE = orientação das encostas, UCT = uso e cobertura da terra, PE = proximidade de rodovias, DV = declividade e PREC = precipitação.
Fonte: Elaborado pelos autores

Os pesos relativos foram obtidos no AHP Online System (AHP-OS) pelo método do autovetor principal (Goepel, 2018). Para verificar a coerência dos julgamentos, o sistema calculou a razão de consistência (RC) pelo ajuste de Alonso e Lamata (2006), implementado por Goepel (2018), conforme a Equação 1.

$$RC = (\lambda_{max} - n) / (1{,}7699 \times n - 4{,}3513) \quad (1)$$

Nessa equação, λ_{max} é o maior autovalor da matriz e n é o número de critérios. Para a matriz da Tabela 3, $\lambda_{max} \approx 7{,}19553$ e n = 7. Assim, RC ≈ 0,19553 / 8,03800 = 0,0243 (2,43%), abaixo do limite de 10% adotado. Como verificação independente, o autovetor principal da Tabela 3 foi recalculado neste trabalho e reproduziu o autovalor e os pesos da Tabela 4 com diferenças inferiores a 10^{-5}. Pelo critério original de Saaty (1990), RC = IC / IR, com IC = (λ_{max} − n) / (n − 1) e índice aleatório IR = 1,32 para n = 7, o resultado é aproximadamente 2,5%, também inferior a 10%.

Os pesos normalizados são apresentados na Tabela 4, na qual é possível observar que a precipitação (35,43%), a declividade (23,99%) e a proximidade de rodovias (15,87%) receberam os maiores pesos no AHP. A soma desses três pesos é de 75,29%, e a das quatro variáveis restantes, de 24,71%.

Tabela 4. Pesos normalizados dos critérios no AHP.

Sigla	Critério	Peso normalizado	Peso (%)
ALT	Altitude	0,031174	3,12
TEMP	Temperatura	0,044768	4,48
OE	Orientação das encostas	0,067564	6,76
UCT	Uso e cobertura da terra	0,103625	10,36
PE	Proximidade de rodovias	0,158656	15,87
DV	Declividade	0,239929	23,99
PREC	Precipitação	0,354283	35,43
Soma	—	≈ 1,000000	100,00

Os percentuais foram obtidos dos pesos normalizados; a soma dos percentuais arredondados pode diferir de 100% em centésimos.
Fonte: Elaborado pelos autores

O índice de suscetibilidade foi calculado em cada célula pela soma dos produtos entre o peso de cada variável (Tabela 4) e seu escore de reclassificação (Tabela 2), conforme a Equação 2.

$$IS(x) = \sum_{i=1}^{7} w_i \, s_i(x) \quad (2)$$

Na equação, IS(x) é o índice de suscetibilidade na célula x, w_i é o peso normalizado do critério i e $s_i(x)$ é o escore desse critério na célula. Como os pesos somam 1 e os escores variam de 1 a 5, IS é

adimensional e varia entre 1 e 5. O índice foi agrupado em cinco classes, de baixa a extrema, e a área ocupada por cada classe foi quantificada por município. O método de definição dos limites das classes (por exemplo, intervalos iguais ou quebras naturais) e os valores de área por classe e por município não foram informados pelos autores.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CONTRIBUIÇÃO DAS CAMADAS AO ÍNDICE

As camadas reclassificadas (Figura 3) diferem muito em sua capacidade de discriminar setores do estado. A altitude recebeu escore extremo (menos de 300 m) em quase todo o território, e apenas o oeste e o centro-oeste, de relevo mais elevado, tiveram escores menores (Figura 3a). A orientação das encostas (Figura 3c) apresenta um mosaico de escores sem padrão espacial regional, como é esperado de uma variável derivada de modelo digital de elevação em um relevo predominantemente baixo. A declividade (Figura 3f) recebeu escore baixo na maior parte do estado, com escores mais altos concentrados no centro-oeste. A temperatura (Figura 3b) exibe gradiente leste-oeste, com os maiores escores no setor leste e no sul, e a precipitação (Figura 3g) separa um setor nordeste de escore baixo de um extenso setor intermediário, com manchas de escore alto no sudeste e no extremo oeste.

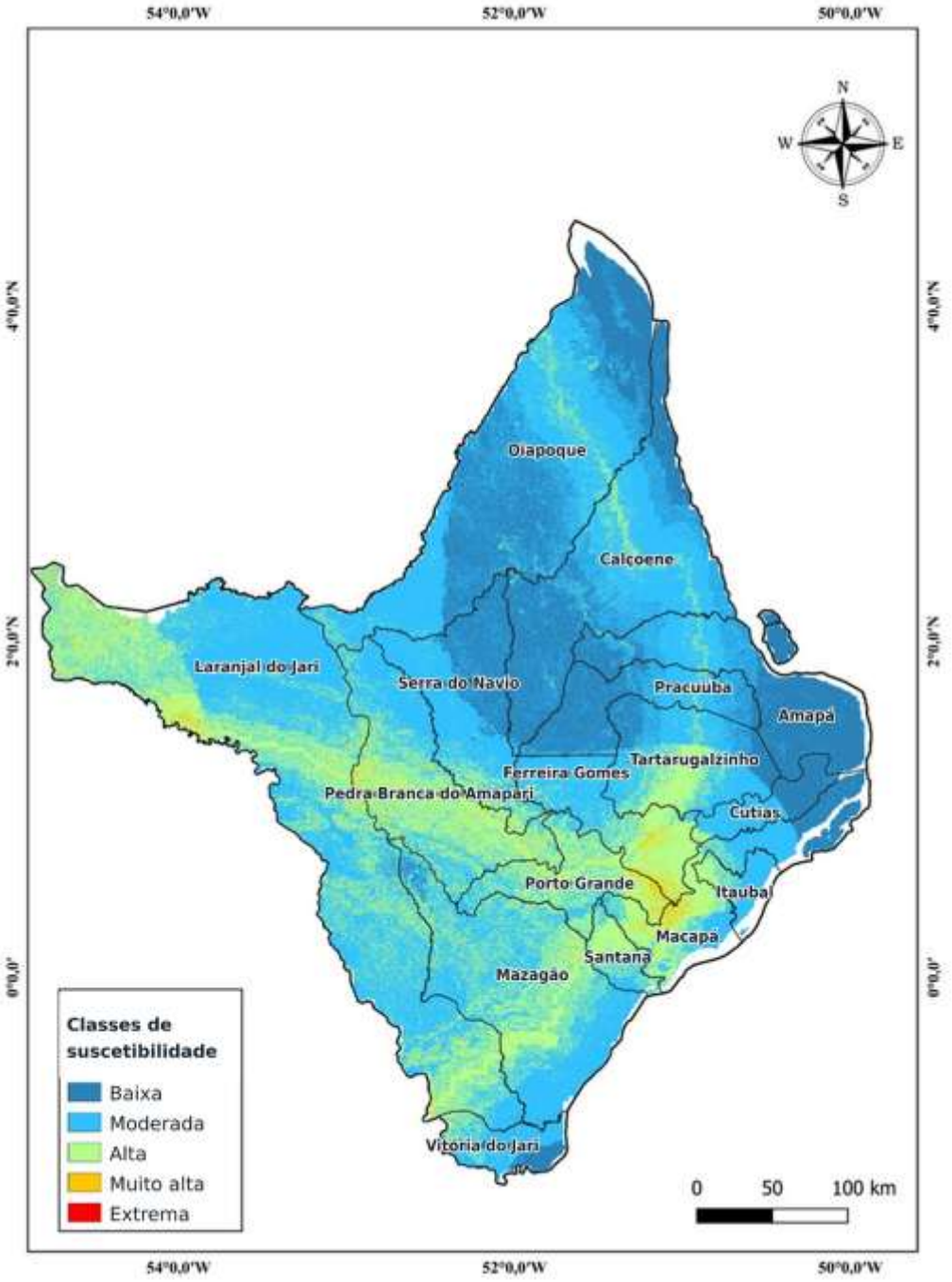
O uso e a cobertura da terra receberam escore moderado na maior parte do estado, por corresponder à vegetação nativa, e escores mais altos no setor leste, onde se concentram as áreas urbanas e agropastoris (Figura 3d). A proximidade de rodovias (Figura 3e) gera faixas de escores decrescentes a partir das vias. Como a faixa de escore extremo se limita a 100 m de cada lado das rodovias, essa camada tem forte efeito local, mas pequena extensão superficial. Em conjunto, a altitude e a orientação das encostas contribuem pouco para a diferenciação regional do índice, ao passo que a precipitação, a declividade, o uso e a cobertura da terra e as rodovias respondem pelos contrastes entre o setor leste, as faixas viárias e o interior.

4.2 DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA SUSCETIBILIDADE A INCÊNDIOS FLORESTAIS

O mapa de suscetibilidade a incêndios florestais resultado da aplicação do Processo Analítico Hierárquico revelou contrastes entre os setores do Amapá (Figura 4). A classe moderada ocupou extensas porções do estado, enquanto as classes alta e muito alta se concentraram principalmente no centro e no centro-sul, com setores de suscetibilidade elevada em municípios como Macapá, Porto Grande e Ferreira Gomes. Entre Serra do Navio e Calçoene, destacou-se uma área contínua de baixa suscetibilidade. Esse padrão ocorre em uma região com presença de floresta ombrófila densa, documentada no plano de manejo do Parque Nacional Montanhas do Tumucumaque (ICMBio, 2009).

A Figura 4 mostra ainda uma faixa de classe alta que se estende de Laranjal do Jari a Pedra Branca do Amapari, no oeste, e áreas de baixa suscetibilidade no extremo leste, em Amapá e Pracuúba. A classe extrema não é perceptível na escala do mapa, e as áreas ocupadas por cada classe não foram informadas.

Figura 4. Suscetibilidade a incêndios florestais no estado do Amapá estimada pelo AHP, em cinco classes (baixa, moderada, alta, muito alta e extrema), com os limites e os nomes dos municípios.



Fonte: Elaborado pelos autores

A presença de classes elevadas no setor central é compatível, em termos gerais, com os resultados de Santana, Vasconcelos e Mariano-Neto (2023), que identificaram maior propensão ao fogo no centro-leste do Amapá e em áreas próximas à fronteira com a Guiana Francesa. No setor central, os autores associaram as classes de maior probabilidade principalmente às atividades agropecuárias, incluindo a silvicultura. A semelhança no setor central oferece um ponto de diálogo entre os trabalhos. Santana, Vasconcelos e Mariano-Neto (2023) ajustaram um modelo MaxEnt com registros históricos de fogo, enquanto o presente estudo sintetizou fatores predisponentes em um índice multicriterial. A comparação é qualitativa: os dois mapas não foram sobrepostos nem comparados com métricas, e o presente estudo não identifica as áreas próximas à fronteira com a Guiana Francesa como de suscetibilidade elevada.

4.3 PESOS, PROXIMIDADE DE RODOVIAS E COMPARAÇÃO COM A LITERATURA

A precipitação, a declividade e a proximidade de rodovias responderam, em conjunto, por aproximadamente 75% da ponderação do índice (Tabela 4). A ocorrência de classes elevadas junto a corredores viários deve ser interpretada à luz dessa ponderação, pois a proximidade às vias já integra o modelo. Mustin *et al.* (2017) documentaram, no Amapá, a concentração de rodovias e centros urbanos no domínio das savanas, além da pressão da expansão agrícola sobre essas formações. Essa configuração ajuda a contextualizar por que os corredores de acesso merecem atenção no planejamento da prevenção, particularmente onde atravessam setores classificados com suscetibilidade elevada. A associação entre rodovias e ocupação humana em florestas amazônicas (Barber *et al.*, 2014) é coerente com o uso da proximidade das vias como indicador de acesso, mas esse indicador não mede ignições efetivas.

A precipitação também recebeu peso elevado no estudo de Özcan *et al.* (2025), que aplicaram o AHP ao mapeamento de incêndios florestais em Antália, no sul da Turquia. No Amapá, a precipitação anual representa diferenças climáticas de longo prazo entre setores do estado. Sua interpretação para fins de monitoramento deve considerar a sazonalidade das chuvas, pois a disponibilidade de umidade no combustível varia ao longo do ano. Nas florestas amazônicas, as secas intensas elevam a propensão ao fogo, sobretudo em paisagens fragmentadas (Alencar *et al.*, 2015; Aragão *et al.*, 2018), um efeito interanual que uma climatologia anual não captura. Diferentemente de estudos que validaram mapas AHP com registros de incêndio, como os de Inhambupe (White; White; Ribeiro, 2016) e de Antália (Özcan *et al.*, 2025), este estudo não dispõe de métrica de desempenho, e as comparações com esses trabalhos restringem-se à lógica de construção do índice.

Para a gestão estadual, o mapa pode servir como referência para localizar setores que merecem atenção no planejamento preventivo. Em municípios como Macapá, Porto Grande e Ferreira Gomes, a leitura do mapa ajuda a situar esses setores dentro do território municipal.

4.4 LIMITAÇÕES DO MAPEAMENTO

A distribuição das classes depende das variáveis selecionadas, dos escores de reclassificação e dos pesos atribuídos na matriz de comparação pareada. Sari (2024) demonstrou que diferentes estratégias de ponderação podem alterar a configuração espacial dos mapas de suscetibilidade. Uma análise de sensibilidade permitiria verificar quais setores do Amapá permanecem nas classes mais altas sob diferentes combinações de pesos (Chen; Yu; Khan, 2010). A razão de consistência de 2,43% indica que os julgamentos são internamente coerentes, mas isso decorre em parte da estrutura regular da matriz e não demonstra que os pesos correspondam à influência real de cada fator.

As camadas climáticas representam condições médias de longo prazo e têm menor resolução espacial que a das camadas topográficas. O índice é, portanto, adequado à interpretação em escala estadual. Sua aplicação em escala local requer informações complementares sobre a vegetação, a umidade do combustível e as condições meteorológicas do período de interesse. Uma avaliação com registros independentes de incêndios também seria necessária para estimar a capacidade do índice de discriminar as áreas onde as ocorrências se concentram.

Outras limitações decorrem do que o texto e as tabelas mostram. Primeiro, as camadas refletem períodos distintos (1970–2000, 2000, 2023 e 2024), e a rede viária considera apenas o subsistema rodoviário federal, sem estradas estaduais, municipais e vicinais, o que tende a subestimar o acesso humano em áreas que dependem dessas vias. Segundo, altitude e temperatura são variáveis correlacionadas, e a soma ponderada pode contar duas vezes o mesmo gradiente ambiental. Terceiro, os escores de precipitação e de temperatura não cobrem toda a faixa de valores (Tabela 2), e a hipótese de que o fogo aumenta monotonicamente com a declividade e com a proximidade de rodovias não foi testada com dados do Amapá. Quarto, o uso e a cobertura da terra foram pontuados por categorias (por exemplo, vegetação nativa e área urbana) que agrupam fisionomias de resposta distinta ao fogo, como florestas e savanas, diferença apontada em estudos locais (Santana; Vasconcelos; Mariano-Neto, 2023).

5 CONCLUSÃO

O mapeamento por AHP oferece uma referência estadual para orientar a priorização territorial das ações de prevenção e monitoramento. Atendendo aos objetivos, as sete variáveis foram reclassificadas em escores de 1 a 5, a matriz de comparações pareadas teve razão de consistência de

2,43% e os pesos de maior magnitude couberam à precipitação (35,43%), à declividade (23,99%) e à proximidade de rodovias (15,87%). O índice resultante indica predominância da classe moderada, com as classes alta e muito alta concentradas principalmente no centro e no centro-sul, e baixa suscetibilidade em uma área contínua entre Serra do Navio e Calçoene. Seu uso no planejamento municipal pode ser refinado com informações locais sobre cobertura da terra, acesso e condições meteorológicas. A análise de sensibilidade dos pesos e a avaliação com registros independentes de incêndios são etapas que podem fortalecer a interpretação e a aplicação do índice. Como o mapa expressa suscetibilidade relativa e não perigo nem risco, a definição de prioridades deve combiná-lo com dados de exposição, vulnerabilidade e ocorrência de fogo.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi apoiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), por meio do edital CNPq/MCTI nº 441271/2023-5 – Presente, Passado e Futuro da Biodiversidade do Semiárido: Inventários, Monitoramento, Impactos das Mudanças Climáticas e Implicações para o Uso e Conservação da Flora, Fauna e Fungos. W.J.F.R. foi apoiado por bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq (processo nº 314954/2021-0), Projeto Prospecta 4.0 – CNPq (processo nº 407907/2022-0) e pelo projeto 30202010010121001 – CTBIO – FINEP, associada ao Centro Temático de Bioeconomia do Semiárido (UEFS – CTBio-CIMATEC SERTÃO). Os autores agradecem ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Estudos Interdisciplinares e Transdisciplinares em Ecologia e Evolução (INCT IN-TREE), financiado pelo CNPq (408930/2024-1), pela CAPES (88887.195651/2025-00) e pela FAPESP. Financiamento adicional foi fornecido pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB), por meio do programa Bioeconomia, Recursos Hídricos e Sustentabilidade Ambiental na Bahia, no âmbito da Chamada nº 38/2022, Acordo de Cooperação Técnica nº 294/2023 e Termo de Outorga nº PPF0003/2023. Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente (PPGM/UEFS) pelo apoio institucional, bem como ao SENAI CIMATEC pela contribuição no desenvolvimento científico e tecnológico voltado à inovação aplicada. R.N.V. foi apoiado pelo INCT IN-TREE e agradece a bolsa SET-G 30202010010121001 – CTBIO – FINEP, associada ao Centro Temático de Bioeconomia do Semiárido (UEFS – CTBio-CIMATEC SERTÃO), vinculado a Projetos Especiais.

REFERÊNCIAS

AGUSTIYARA, Agustiyara; TIMÁR, Gábor; SZÉKELY, Balázs. Multi-factor Fire Susceptibility Index (FSI) in Hungary: a data-driven approach using remotely sensed data for peri-urban and forested landscapes. Modeling Earth Systems and Environment, v. 12, n. 3, art. 144, 2026. DOI: https://doi.org/10.1007/s40808-026-02785-w.

ALENCAR, Ane A.; BRANDO, Paulo M.; ASNER, Gregory P. *et al.* Landscape fragmentation, severe drought, and the new Amazon forest fire regime. Ecological Applications, v. 25, n. 6, p. 1493-1505, 2015. DOI: https://doi.org/10.1890/14-1528.1.

ALONSO, José Antonio; LAMATA, M. Teresa. Consistency in the analytic hierarchy process: a new approach. International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems, v. 14, n. 4, p. 445-459, 2006. DOI: https://doi.org/10.1142/S0218488506004114.

ARAGÃO, Luiz E. O. C.; ANDERSON, Liana O.; FONSECA, Marisa G. *et al.* 21st Century drought-related fires counteract the decline of Amazon deforestation carbon emissions. Nature Communications, v. 9, n. 1, art. 536, 2018. DOI: https://doi.org/10.1038/s41467-017-02771-y.

ASIF, Bushra Sanira; GHASEMIAZMA, Farzad; MESCHI, Giorgio *et al.* A supranational machine learning approach to assess wildfire losses under climate change in Southeastern Europe. Discover Environment, v. 4, n. 1, art. 83, 2026. DOI: https://doi.org/10.1007/s44274-026-00584-9.

BARBER, Christopher P.; COCHRANE, Mark A.; SOUZA, Carlos M. *et al.* Roads, deforestation, and the mitigating effect of protected areas in the Amazon. Biological Conservation, v. 177, p. 203-209, 2014. DOI: https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.07.004.

BERGONSE, Rafaello; OLIVEIRA, Sandra; SANTOS, Pedro *et al.* Wildfire risk levels at the local scale: assessing the relative influence of hazard, exposure, and social vulnerability. Fire, v. 5, n. 5, art. 166, 2022. DOI: https://doi.org/10.3390/fire5050166.

BRASIL. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. Plano de Desenvolvimento e Integração da Faixa de Fronteira do Amapá. 2025. Disponível em: https://www.gov.br/mdr/pt-br/acesso-a-informacao/pdiff-amapa_final-13-06-2025-gov-br.pdf.

CHEN, Y.; YU, J.; KHAN, S. Spatial sensitivity analysis of multi-criteria weights in GIS-based land suitability evaluation. Environmental Modelling & Software, v. 25, n. 12, p. 1582-1591, 2010. DOI: https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2010.06.001.

CHUVIECO, Emilio; YEBRA, Marta; MARTINO, Simone *et al.* Towards an integrated approach to wildfire risk assessment: when, where, what and how may the landscapes burn. Fire, v. 6, n. 5, art. 215, 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/fire6050215.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Sistema Nacional de Viação: Subsistema Rodoviário Federal. Versão SNV202407A, 25 jul. 2024. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/atlas-e-mapas/pnv-e-snv/capa-snv/.

GHORBANZADEH, Omid; BLASCHKE, Thomas; GHOLAMNIA, Khalil *et al.* Forest fire susceptibility and risk mapping using social/infrastructural vulnerability and environmental variables. Fire, v. 2, n. 3, art. 50, 2019. DOI: https://doi.org/10.3390/fire2030050.

GOEPEL, Klaus D. Implementation of an online software tool for the Analytic Hierarchy Process (AHP-OS). International Journal of the Analytic Hierarchy Process, v. 10, n. 3, 2018. DOI: https://doi.org/10.13033/ijahp.v10i3.590.

HILÁRIO, Renato R.; TOLEDO, José Julio de; MUSTIN, Karen *et al.* The fate of an Amazonian savanna: government land-use planning endangers sustainable development in Amapá, the most protected Brazilian state. Tropical Conservation Science, v. 10, 2017. DOI: https://doi.org/10.1177/1940082917735416.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Amapá: Cidades e Estados. Área territorial de referência: 2025. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ap.html.

ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Plano de manejo do Parque Nacional Montanhas do Tumucumaque. Macapá: ICMBio, 2009.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. TOPODATA: Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil. 2000. Disponível em: https://www.dsr.inpe.br/topodata/.

LADISLAU, Felipe Fernandes; SILVA, Jaqueline da Consolação; MOREIRA, Ana Paula Minelli *et al.* Análise multicritério aplicada ao mapeamento de risco de incêndio na APA Sul RMBH. Caderno de Geografia, v. 31, n. 66, p. 667-681, 2021. DOI: https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2021v31n66p667.

MALCZEWSKI, Jacek. GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. International Journal of Geographical Information Science, v. 20, n. 7, p. 703-726, 2006. DOI: https://doi.org/10.1080/13658810600661508.

MUSTIN, Karen; CARVALHO, William D.; HILÁRIO, Renato R. *et al.* Biodiversity, threats and conservation challenges in the Cerrado of Amapá, an Amazonian savanna. Nature Conservation, v. 22, p. 107-127, 2017. DOI: https://doi.org/10.3897/natureconservation.22.13823.

OLIVEIRA, D. S. de. Zoneamento de risco de incêndios em povoamentos florestais no norte de Santa Catarina. 2002. 113 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002. Disponível em: https://acervodigital.ufpr.br/xmlui/handle/1884/25217. Acesso em: 15 nov. 2026.

ÖZCAN, Zühal; CAGLAYAN, İnci; KABAK, Özgür *et al.* Integrated risk mapping for forest fire management using the analytical hierarchy process and ordered weighted average: a case study in southern Turkey. Natural Hazards, v. 121, n. 1, p. 959-1001, 2025. DOI: https://doi.org/10.1007/s11069-024-06810-y.

PIMENTA, Lianne Borja; BELTRÃO, Norma Ely Santos; GEMAQUE, Amanda Madalena da Silva *et al.* Processo Analítico Hierárquico (AHP) em ambiente SIG: temáticas e aplicações voltadas à tomada de decisão utilizando critérios espaciais. Interações, v. 20, n. 2, p. 407-420, 2019. DOI: https://doi.org/10.20435/inter.v20i2.1856.

PIVELLO, Vânia R. The use of fire in the Cerrado and Amazonian rainforests of Brazil: past and present. Fire Ecology, v. 7, n. 1, p. 24-39, 2011. DOI: https://doi.org/10.4996/fireecology.0701024.

MAPBIOMAS – Projeto MapBiomas Brasil. Coleção 9 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil. 2023. Disponível em: https://old-brasil.mapbiomas.org/produtos/.

RAUBER, Alexandre Luiz; GOMES, Tania Cristina; PALHARES, José Mauro. A geomorfologia do estado do Amapá: compartimentação, processos e uso do território. William Morris Davis – Revista de Geomorfologia, v. 6, n. 2, p. 232-258, 2026. DOI: https://doi.org/10.48025/ISSN2675-6900.v6n2.2025.444.

RIBEIRO, Luciene; KOPROSKI, Letícia de Paulo; STOLLE, Lorena *et al.* Zoneamento de riscos de incêndios florestais para a Fazenda Experimental do Canguiri, Pinhais (PR). Floresta, v. 38, n. 3, p. 561-572, 2008. DOI: https://doi.org/10.5380/rf.v38i3.12430.

RIVIÈRE, Miguel; LENGLET, Jonathan; NOIRAULT, Adrien *et al.* Mapping territorial vulnerability to wildfires: a participative multi-criteria analysis. Forest Ecology and Management, v. 539, art. 121014, 2023. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.121014.

SAATY, Thomas L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. Journal of Mathematical Psychology, v. 15, n. 3, p. 234-281, 1977. DOI: https://doi.org/10.1016/0022-2496(77)90033-5.

SAATY, Thomas L. How to make a decision: the analytic hierarchy process. European Journal of Operational Research, v. 48, n. 1, p. 9-26, 1990. DOI: https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-I.

SANTANA, Mariana Martins Medeiros de; VASCONCELOS, Rodrigo Nogueira de; MARIANO-NETO, Eduardo. Fire propensity in Amazon savannas and rainforest and effects under future climate change. International Journal of Wildland Fire, v. 32, n. 2, p. 149-163, 2023. DOI: https://doi.org/10.1071/WF21174.

SANTANA, Mariana Martins Medeiros de; VASCONCELOS, Rodrigo Nogueira de; MARIANO NETO, Eduardo *et al.* Machine learning model reveals land use and climate's role in Amazon wildfires: present and future scenarios. Fire, v. 7, n. 10, art. 338, 2024. DOI: https://doi.org/10.3390/fire7100338.

SARI, Fatih. Assessment of the effects of different variable weights on wildfire susceptibility. European Journal of Forest Research, v. 143, n. 2, p. 651-670, 2024. DOI: https://doi.org/10.1007/s10342-023-01643-z.

TAVARES, João Paulo Nardin. Características da climatologia de Macapá-AP. Caminhos de Geografia, v. 15, n. 50, p. 138-151, 2014. DOI: https://doi.org/10.14393/RCG155026031.

TORRES, Fillipe Tamiozzo Pereira; ROQUE, Mariane Paulina Batalha; LIMA, Gumercindo Souza *et al.* Mapeamento do risco de incêndios florestais utilizando técnicas de geoprocessamento. Floresta e Ambiente, v. 24, art. e00025615, 2017. DOI: https://doi.org/10.1590/2179-8087.025615.

UTHAPPA, A. R.; DAS, Bappa; RAIZADA, Anurag *et al.* Forest fire susceptibility mapping using multi-criteria decision making and machine learning models in the Western Ghats of India. Journal of Environmental Management, v. 379, art. 124777, 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.124777.

WHITE, Larissa Alves Secundo; WHITE, Benjamin Leonardo Alves; RIBEIRO, Genésio Tâmara. Modelagem espacial de risco de incêndio florestal para o município de Inhambupe, Bahia, Brasil. Pesquisa Florestal Brasileira, v. 36, n. 85, p. 41-49, 2016. DOI: https://doi.org/10.4336/2016.pfb.36.85.850.

WORLDCLIM. Historical climate data: WorldClim version 2.1. 2024. Dados climatológicos de 1970–2000. Disponível em: https://www.worldclim.org/data/worldclim21.html.