



## MAPEAMENTO DA SUSCEPTIBILIDADE A OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS FLORESTAIS NA PROVÍNCIA DE NIASSA, MOÇAMBIQUE



<https://doi.org/10.56238/levv15n41-007>

Data de submissão: 01/09/2024

Data de publicação: 01/10/2024

### **Dalmildo Agostinho Máquina**

Engenheiro Florestal

Mestrando em Agronegócio na UniLúrio Business School da Universidade Lúrio  
Docente da Faculdade de Ciências Alimentares e Agrárias da Universidade Rovuma, Moçambique

E-mail: [dalmildomaquina@gmail.com](mailto:dalmildomaquina@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5462-2225>

### **Adérito Jeremias Vicente da Silva**

Engenheiro Florestal

Mestrando em Desenvolvimento Rural na Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Lúrio  
Direcção Nacional de Agricultura Comercial – Departamento de Insumos Agrários, Moçambique

E-mail: [dasilva.aderito28@gmail.com](mailto:dasilva.aderito28@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9517-2160>

### **Amorim António da Costa**

Engenheiro Florestal

Mestrando em Segurança Alimentar e Nutricional em Contexto de Mudanças Climáticas na  
Faculdade de Ciências Alimentares e Agrárias da Universidade Rovuma, Moçambique

E-mail: [amoryymdacosta900@gmail.com](mailto:amoryymdacosta900@gmail.com)

### **Pompílio Armando Vintuar**

Professor Doutor em Economia Agrária

Docente e Director da Faculdade de Ciências Alimentares e Agrárias da Universidade Rovuma,  
Moçambique

E-mail: [pvintuar@gmail.com](mailto:pvintuar@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1281-615X>

### **Gino Augusto Basílio**

Mestrando em Educação Ambiental e sustentabilidade no Instituto Superior Dom Bosco  
Docente e Director do Instituto Industrial de Computação Armando Emílio Guebuza, Moçambique

E-mail: [basilio.gino@gmail.com](mailto:basilio.gino@gmail.com)

### **Wilson Charles Madunga**

Mestrando em Educação Ambiental e sustentabilidade no Instituto Superior Dom Bosco

Docente e Director do Instituto Agrário de Balama, Moçambique

E-mail: [wilsonmadunga@gmail.com](mailto:wilsonmadunga@gmail.com)

### **Lalesca de Lurdes Descanso**

Engenheira Florestal

Formadora do Instituto Agrário de Bilibiza/Ocua, Moçambique

E-mail: [lalesca.delurdes@yahoo.com](mailto:lalesca.delurdes@yahoo.com)



### **Júnior da Paz Inácio**

Licenciado em Gestão Ambiental na Universidade Católica de Moçambique, Moçambique  
E-mail: juniordapaz15@gmail.com

### **Belo Albino Malei**

Engenheiro Florestal  
Mestrado em Biodiversidade e Conservação no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia  
Goiano, Brasil  
Formador do Instituto Agrário de Bilibiza/Ocuca  
Departamento de Investigação e Extensão, Moçambique  
E-mail: belomaleiengflorestal@gmail.com  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1537-9952>

### **Graciano Cipriano Albino Marques**

Engenheiro Florestal  
Mestrado em Gestão Ambiental na Faculdade de Geociências da Universidade Rovuma,  
Moçambique  
E-mail: gracianomarques07@gmail.com

---

## **RESUMO**

Os incêndios florestais são um dos agentes que contribuem para a redução das florestas. Porém é fundamental saber o que condiciona e favorece a sua ocorrência, para facilitar o mapeamento das áreas susceptíveis e permitir o desenvolvimento de programas específicos para as regiões críticas. O objectivo deste estudo foi elaborar um mapa de susceptibilidade a ocorrência de incêndios florestais para a província de Niassa, utilizando o Sistema de Informação Geográfica (SIG). Com o auxílio do Software AcrGIS versão 10.8, foram produzidos mapas de susceptibilidade de incêndio referentes à declividade, encostas, altitude, proximidades de estradas, Uso e ocupação do solo, densidade demográfica e precipitação. Esses parâmetros foram integrados por uma somatória, em que através de matriz de comparação par a par usando o método de Processo de Análise Hierárquica (AHP) cada variável recebeu um peso. Os pesos obtidos foram: Uso e Ocupação do Solo (0,22), Declividade (0,15), Altitude (0,12), Orientação das Encostas (0,11), Densidade Demográfica (0,17), proximidades de Estrada (0,09) e precipitação (0,14) com uma taxa de consistência de 8%. Os resultados revelam que a susceptibilidade baixa representa uma área de 2.297,2 km<sup>2</sup> (2%), a susceptibilidade moderada com 56.452,89 km<sup>2</sup> (47%) as susceptibilidade elevada e muito elevada cobrem a área de 48.539,84 km<sup>2</sup> (41%) e 8.415 km<sup>2</sup> (10%) respectivamente. As regiões mais susceptíveis são: Cidade de Lichinga, distrito de Chimbonila, Cuamba, Mandimba, Mecanhelas e Ngauma. Desta forma pode se concluir afirmando que as variáveis seleccionadas e os pesos atribuídos bem como o método aplicado são eficientes para a elaboração do mapa de susceptibilidade a ocorrência de incêndios florestais.

**Palavras-chave:** Incêndios Florestais, Susceptibilidade, Sistema de Informação Geográfica, Mapa e Processo de Análise hierárquica (AHP).

## 1 INTRODUÇÃO

Actualmente as florestas tropicais compreendem um ecossistema terrestre muito ameaçado de extinção (Nanvonamuquitxo et al., 2019), sendo os incêndios florestais uma das grandes fontes de danos a essas áreas (GOFC-GOLD, 2014). Para se ter uma ideia do poder destrutivo dos incêndios florestais o relatório difundido pela Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) refere que só no ano 2012 cerca de 30 milhões de hectares foram afectados por incêndios florestais em todo mundo (FAO, 2015).

Moçambique possui um amplo potencial de recursos naturais e maior parte está coberto de vegetação, sendo o mais extensivo tipo o miombo. Esses ecossistemas são fonte de muitos produtos, desde os madeireiros aos não madeireiros (Máquina et al., 2024). O ecossistema de miombo é um tipo de vegetação da savana africana cobre aproximadamente 10% dos ambientes florestais do continente africano, e constitui o bioma mais importante da região Sul e Oriental da África em termos de biodiversidade, pois mais de 150 milhões de pessoas dependem dos seus bens e serviços em África (Deweese et al., 2010). Em Moçambique não é diferente por exemplo, cerca de 76% das necessidades energéticas do país são supridas por energia de biomassa do Miombo (Ryan et al., 2016).

A pressão que os ecossistemas florestais sofrem devido a necessidade de novas áreas destinadas à actividades agro-pecuárias (Nhongo, 2018), a caça, colecta de mel, fabrico de carvão, afugentamento de animais bravios, a diminuição da cobertura vegetal e a intensificação das actividades humanas resultam em um aumento no risco de incêndios florestais (Mbanze et al., 2017; Máquina et al., 2023; Máquina et al., 2024). A maioria dos incêndios florestais é também influenciada pelos factores climáticos (Sitoe et al., 2013). Este facto tem implicações na redução da biodiversidade, mudança da biomassa e declínio de importantes serviços ecossistémicos (Nanvonamuquitxo et al., 2019; Chidumayo, 2013; Maquia et al., 2013).

O Relatório difundido pelo Ministério para a Coordenação de Acção Ambiental – MICOA (2007) revela que somente no ano 2006, foram observados em Moçambique cerca 80.930 focos de calor, sendo que os níveis mais compreendem as regiões Centro e Norte, não apenas em termos de área queimada, mas também em distribuição de número de focos de calor detectados. De acordo com Fernandes (2009) a província de Niassa é a que possui maiores valores médios em termos de distribuição do número de focos de incêndios no país. Somente num período de quatro (4) meses (de Junho à Setembro) de 2006 foram verificados 10.330 focos de incêndios. Aliando a esse facto, a empresa Chikweti Forest of Niassa observou em três (3) anos, (de 2010 à 2012) a ocorrência de 196 incêndios e uma área queimada de 3468,35 ha nos distritos de Lichinga, Lago e Sanga (Mbanze, 2013; Mbanze et al., 2013).

De acordo com o que foi exposto, a pergunta que se coloca é a seguinte: quais as áreas mais susceptíveis e propensas a ocorrência de incêndio na província de Niassa?

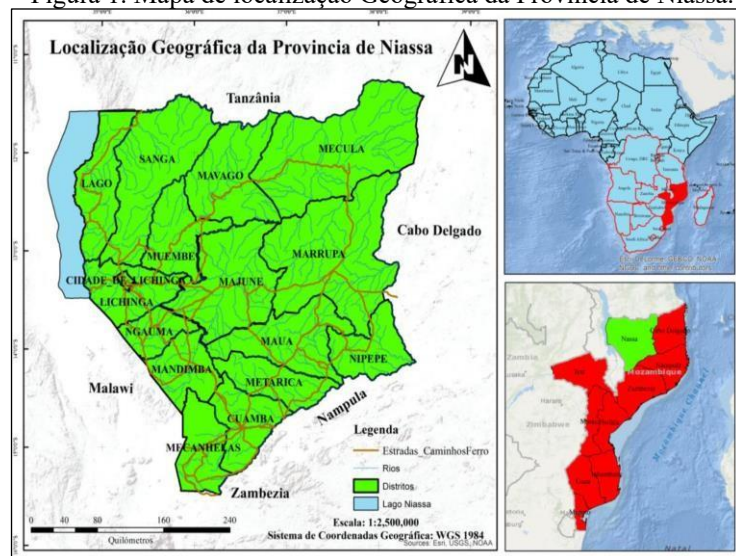
A escassez do estudo sobre análise espacial dos incêndios no Niassa faz com que informação sobre a variabilidade espacial dos incêndios florestais a nível provincial seja limitada, dificultando na avaliação das consequências espaciais após a sua manifestação e no conhecimento da distribuição e extensão das áreas críticas à ocorrência de incêndios florestais. Estudos relacionados a análise e susceptibilidade de incêndios que adoptam esta metodologia são de mera importância,

Neste contexto, a gestão e avaliação do risco e da susceptibilidade de incêndio é fundamental para a prevenção dos mesmos pois permite organizar da melhor forma a gestão de meios e medidas de combate, (Ferreira, 2010). Para Soares e Batista (2007) dentro de um plano de prevenção e combate é fundamental o conhecimento dos índices de perigo e de susceptibilidade de ocorrência de incêndios florestais. Portanto, este estudo tem como objectivo elaborar um mapa de susceptibilidade a ocorrência de incêndios florestais para a província de Niassa, utilizando o Sistema de Informação Geográfica (SIG).

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na província de Niassa. De acordo com o Ministério da Agricultura (MINAG, 2010), a província de Niassa, a maior do país, com cerca de 129 mil km<sup>2</sup>, está localizada na região Noroeste de Moçambique, entre as latitudes 11°25' Norte e 15°26' Sul e as longitudes 35°58' Este e 34°30' Oeste. A província faz fronteira ao Norte com a República Unida da Tanzânia, a Oeste com a República do Malawi, a Leste com a província de Cabo Delgado e ao Sul com as províncias de Nampula e Zambézia (Figura 1).

Figura 1. Mapa de localização Geográfica da Província de Niassa.



Fonte: Autores (2024)

Para a produção do mapa de susceptibilidade a incêndios, foi utilizada a metodologia descrita por Julião et al. (2009) e empregada por Máquina et al. (2023). As variáveis utilizadas no estudo foram: condições climáticas (precipitação), condições topográficas (altitude, declive e orientação das encostas), densidade demográfica, uso e cobertura do solo e proximidade das estradas.

Os dados de uso do solo, precipitação e estradas foram obtidos no Centro Nacional de Cartografia e Teledetecção (CENACARTA) e nos Serviços Provincial de Geografia e Cadastro da província de Niassa. A geração do mapa de densidade populacional foi baseada nos dados do Instituto Nacional de Estatística (INE) referentes ao censo populacional de 2017. Os parâmetros topográficos (altitude, declive e orientação das encostas) foram derivados do Modelo Digital de Elevação (MDE), obtido por meio da modelagem dos dados do Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER).

Dessa forma, foram criados mapas e reclassificados de acordo com a susceptibilidade a incêndios utilizando o Software ArcGIS (ESRI) versão 10.8, referentes ao uso e ocupação do solo, altitude, declividade, orientação das encostas, densidade demográfica (Classificação adaptada de Guillermo Júlio (1992), proximidade das estradas e precipitação. Neste contexto, cada mapa preliminar foi obtido a partir da atribuição de um coeficiente de susceptibilidade para cada unidade de susceptibilidade, de acordo com uma tabela específica para cada variável.

Tabela 1. Critérios usados para a classificação das variáveis quanto a susceptibilidade à Incêndios Florestais.

Uso e ocupação de solo	Orientação de Encostas	Altitude (m)	Precipitação	População hab/km <sup>2</sup>	Sistema Viário	Declive (%)	Peso	Susceptibilidade
Lagos e lagoas; Áreas habitacionais semi-urbanas; Áreas habitacionais não urbanizadas; Áreas descobertas; Áreas industrializadas	135° à 225°	1017,1 à 1996	1303,1 à 1671	< 40	3000,1 à 4000	0 – 15	1	Baixa
Floresta ribeirinha; Plantações; Arbustos; Área de gramínea escassa	45° à 135°	742,1 à 1017	1175,1 à 1303	40 à 80	2000,1 à 3000	15 à 30	2	Moderada
Floresta densa; Cultivos arbustivos; Matagal; Pastagem.	225° à 315°	512,1 à 742	1025,1 à 1175	80 à 120	1000,1 à 2000	30 à 45	3	Elevada
Floresta aberta; Pastagem arborizada; Área graminal; Cultivo sequeiro.	315° à 45°	33 à 512	0 à 1025	Acima 120	0 – 1000	Acima de 45	4	Muito Elevada

Fonte: Autores (2024)

Para tal, foi seleccionado o Método de Processo de Análise Hierárquica (AHP), proposto por Saaty (2008), que consiste na criação de uma matriz de comparação par a par das variáveis, permitindo que cada uma delas tenha seu peso correspondente. Foram geradas matrizes de comparação entre pares das variáveis seleccionadas para o estudo, juntamente com a análise dos pesos atribuídos a essas variáveis e o grau de consistência, conforme ilustrado na tabela abaixo (Tabela 1).

Tabela 2. Comparação par a par e pesos atribuídos a cada variável

Variáveis	Estradas	Encosta	Altitude	Precipit.	Declive	D. Dem.	UOS	Peso
Estradas	0,09	0,11	0,13	0,07	0,08	0,08	0,06	9%
Encosta	0,09	0,11	0,13	0,13	0,15	0,08	0,09	11%
Altitude	0,09	0,11	0,13	0,13	0,15	0,17	0,09	12%
Precipit.	0,09	0,11	0,13	0,13	0,15	0,17	0,19	14%
Declive	0,18	0,11	0,13	0,13	0,15	0,17	0,19	15%
D. Dem.	0,18	0,22	0,13	0,13	0,15	0,17	0,19	17%
UOS	0,27	0,22	0,25	0,25	0,15	0,17	0,19	22%
Total	1	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Legenda: Precipit. = Precipitação; D. Dem. = Densidade Demográfica; UOS = Uso e Ocupação de Solo. Fonte: Os Autores (2024).

O mapa de Susceptibilidade de Incêndio foi gerado combinando os mapas reclassificados das variáveis: declividade, exposição das vertentes, uso e ocupação do solo, densidade demográfica, estradas, altitude e precipitação pelo ArcGIS através da extensão Wighted Sum (ArcToolbox → Spatial Analyst Tools → Overlay). A fórmula usada para a ponderação das variáveis está apresentada abaixo (fórmula 1):

$$\text{SOIF} = (0,15 * \text{Dec}) + (0,11 * \text{EE}) + (0,12 * \text{Alt}) + (0,14 * \text{Prec}) + (0,17 * \text{D. Dem}) + (0,9 * \text{Est}) + (0,22 * \text{UOS})$$

Onde:

SIF: Susceptibilidade de Incêndio Florestal; Dec: Coeficiente de susceptibilidade segundo Declividade; OE: Coeficiente de susceptibilidade segundo Orientação das Encostas; Alt: Coeficiente de susceptibilidade segundo Altitude; Prec: Coeficiente de susceptibilidade segundo Precipitação; D. Dem: Coeficiente de susceptibilidade segundo Densidade Demográfica; Est: Coeficiente de susceptibilidade segundo Estradas; UOS: Coeficiente de susceptibilidade segundo Uso e Ocupação de Solo.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados indicaram que os factores estudados tais como, exposição da vertente, declividade e uso do solo, podem influenciar significativamente o acesso, a propagação e a extensão da queima, bem como o comportamento do fogo.

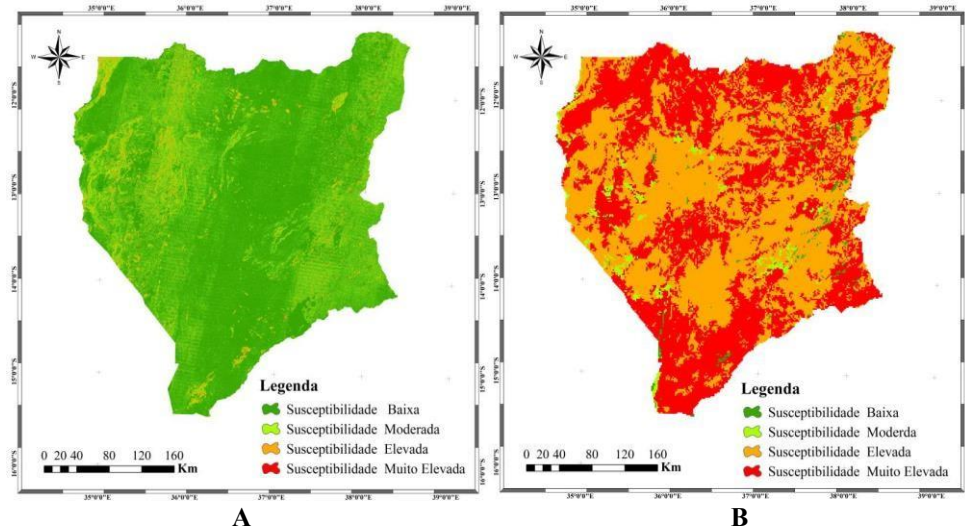
#### 3.1 COEFICIENTES DE SUSCEPTIBILIDADE DO INCÊNDIO FLORESTAL DAS VAREÁVEIS SELECCIONADAS

No que diz respeito ao declive, a maior parte da área de estudo apresenta declividades entre 0 a 10° e 10,1 a 20°, totalizando 118.954 km<sup>2</sup> (96,9%), o que implica a predominância de áreas com susceptibilidade baixa e moderada a incêndios. Fernandes (2009), em seu estudo, menciona que a região Norte do país concentra menores declives (99,65%), correspondendo a 281.376 km<sup>2</sup> da sua área total, o que indica um nível baixo e moderado de susceptibilidade a incêndios. As áreas de

susceptibilidade elevada e muito elevada somaram 3.823 km<sup>2</sup> (3,1%), conforme a figura abaixo (Figura 2A) Um declive acentuado tende a favorecer a propagação do fogo devido à aproximação dos combustíveis às chamas e cria situações que podem facilitar ou dificultar o trabalho de combate pelos brigadistas (Correia, 2014; Nunes et al., 2015).

Quanto ao uso e ocupação do solo, as áreas de susceptibilidade baixa foram registadas em 1.040 km<sup>2</sup> (0,8%). Por outro lado, as áreas com susceptibilidade muito elevada, elevada e moderada apresentaram as seguintes proporções: 56.074 km<sup>2</sup> (45,7%), 63.045 km<sup>2</sup> (51,4%) e 2.487 km<sup>2</sup> (2,0%), respectivamente. As áreas com maiores susceptibilidades devem-se ao elevado acúmulo de material combustível (como áreas com gramíneas e florestas) e à intensa actividade antrópica (cultivo de sequeiro), como pode se observar na figura abaixo (Figura 2B).

Figura 2. (A) Mapa de SOIF referente a Declive; (B) Mapa de SOIF referente a Uso e Ocupação do Solo.

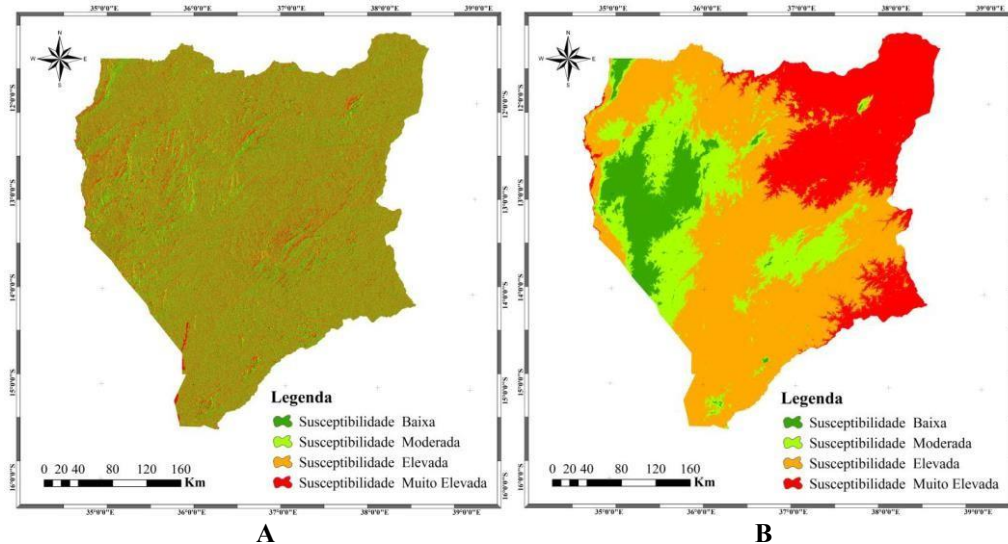


Fonte: Autores (2024).

Relacionada a orientação das encostas, verifica-se que a maior parte de susceptibilidade de incêndios está na classe baixa (38,5%) ocupando uma área de 47.137 km<sup>2</sup> e de muito elevada (25,9%) com área de 31.742 km<sup>2</sup>. As susceptibilidades moderadas e elevada obtiveram os seguintes resultados 30.167 km<sup>2</sup> (24,6%) e 13.478 km<sup>2</sup> (11,0%) respectivamente (Figura 3A). Fernandes (2009) constatou que, 99,652 km<sup>2</sup> (34,8%) das encostas das regiões norte do país têm risco baixo ao incêndio, 73.172 km<sup>2</sup> (25,6%) estão voltadas para a direcção noroeste e oeste que correspondem a um risco alto.

Quanto a altitude, na área de estudo possui em sua maioria susceptibilidade muito elevada com 30.067 km<sup>2</sup> (24,7%) e elevada 59.700 km<sup>2</sup> (49,0%) Seguidamente com a susceptibilidade moderada 20.782 km<sup>2</sup> (17,0%) e baixo 11.346 km<sup>2</sup> (9,3%) (Figura 3B). A Altitude representa uma variável que influencia o risco de incêndio devido a sua relação com a humidade relativa do ar (Ribeiro et al., 2008).

Figura 3. (A) Mapa de SOIF referente a Orientação de Encostas; (B) Mapa de SOIF referente a Altitude.



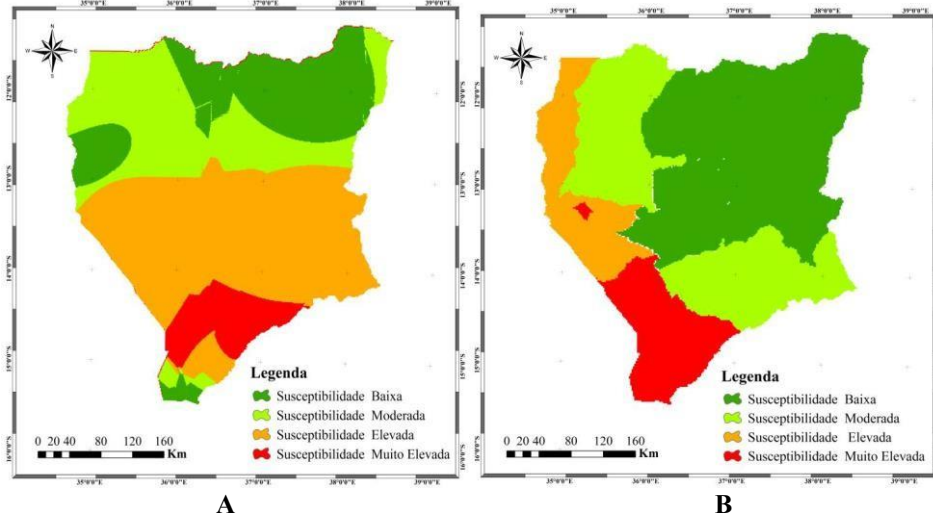
Fonte: Autores (2024).

Em relação a precipitação, a área estudada, possui cerca de 27.407km<sup>2</sup> (22%) com baixa susceptibilidade, 31.557 km<sup>2</sup> (25,7%) moderada, 9.918 km<sup>2</sup> (8,1%) muito elevada e 53.858 km<sup>2</sup> (43,9%) elevada (Figura 4A). De acordo com Torres (2006) que os meses de maior precipitação são os que concentram a menor quantidade de incêndios, por outro lado os meses com maior déficit hídrico têm maior número de casos isto se deve à maior quantidade de água no sistema o que inviabiliza a formação de material combustível seco.

No que diz respeito a densidade demográfica, sabe-se que, a população é o principal causador dos incêndios florestais devido ao uso frequente que em algumas vezes torna-se incontroladas. Assim sendo, cerca de 56,040 km<sup>2</sup> (53,7%) correspondem a susceptibilidade baixa, 17.981 km<sup>2</sup> (17,2%) moderada. A susceptibilidade muito elevada obteve 15.341 km<sup>2</sup> (14,7%) e 14.900 km<sup>2</sup> (14,3%) para elevada (Figura 4B). Cerca de 90% de ocorrências de incêndios são resultados das actividades humanas, relacionadas às causas antrópicas, sendo os incendiários e as queimas para limpeza da terra para agricultura as principais causas (MICOA, 2007; Mbanze, 2013; Mbanze et al, 2013; Máquina et al., 2023; Máquina et al., 2024).



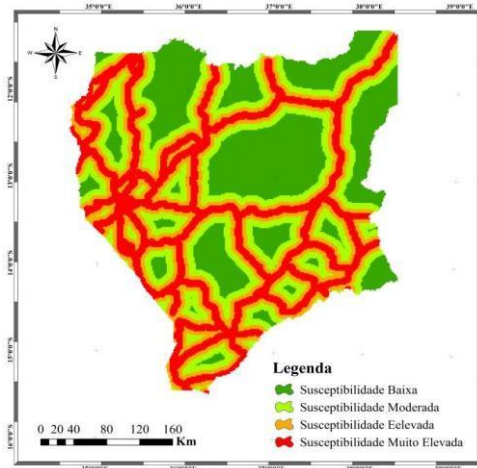
Figura 4. (A) Mapa de SOIF referente a Precipitação; (B) Mapa de SOIF referente a Densidade Demográfica.



Fonte: Autores (2024).

Na área de estudo possui sua maioria estradas não asfaltadas e tendo em seus limites vegetação, fazendo ligação entre o núcleo urbano e a zona rural, porem, as estradas ocupam menor extensão da província. Assim sendo, a susceptibilidade baixa e moderada correspondem a 55.514,89 km<sup>2</sup> (45,57%) e 37.470,55 km<sup>2</sup> (30,76%) respectivamente. A susceptibilidade elevada com 19.828,37 km<sup>2</sup> (16,28%) e por fim a susceptibilidade muito elevada com menor valor 9.012 km<sup>2</sup> (7,4%) conforme pode se verificar na figura a seguir (Figura 5).

Figura 5. Mapa de SOIF referente a sistema Viário (Estradas).



Fonte: Os Autores (2024).

### 3.2 ANÁLISE DAS VARIÁVEIS SELECIONADAS NO MÉTODO DE AHP

Os maiores pesos foram observados para o uso e ocupação do solo (22%) Densidade Demográfica (17%) e densidade demográfica (15%). Ferreira et al. (2011), observou valores altos (maior peso), para o uso e ocupação do solo, pois é a variável que mais influência o grau de risco pois representa o combustível a ser consumido e sem combustível, não há fogo. Por sua vez Juvanhof et al. (2015) obteve valores altos na variável densidade demográfica, facto observado no presente estudo.

Estudos realizados por De Oliveira et al. (2004); Ribeiro et al. (2008); Aguiar et al. (2015); Tetto et al. (2012); De Assis et al. (2014); De Assis et al. (2013); Andrade et al. (2011); Ferreira et al. (2011); Torres et al. (2014) constataram como as principais variáveis que interferem nos incêndios florestais o uso e ocupação de solo, a densidade demográfica e o declive. constatações estas que foram observadas no presente estudo.

Tabela 2. Resultados do Cálculo de Taxa de Consistência.

Indicadores da avaliação da matriz	Resultados
<b><math>\lambda_{max}</math></b> : Vector de Eigen	<b>7,62</b>
<b>IC</b> : Índice de Consistência	<b>0,10</b>
<b>CR</b> : Taxa de consistência	<b>0.08</b>
<b>IR</b> : Índices de Consistência Aleatório (tabelado)	<b>1.32</b>

A taxa de consistência foi de 0.08 (8%) sendo este inferior a 0,1 (10%) de acordo com a determinação estabelecida por Saaty (2008), mostrando-se sucedida para a atribuição de pesos para as variáveis. Juvanhol et al. (2015) afirmam que a relação de consistência é calculada para determinar se a avaliação foi bem-sucedida ou não sendo que, quando inferior a 0,1 (10%) indica boa consistência. Se ele indica inconsistência (maior que 0,1) na comparação de pares deve ser reavaliado.

### 3.3 ÁREAS SUSCEPTÍVEIS A OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS

Aplicando-se a metodologia AHP às variáveis Uso e Ocupação do Solo, Declividade, Altitude, Orientação das Encostas, Densidade Demográfica, Proximidade de Estradas e Precipitação, foi possível obter o mapa de susceptibilidade à ocorrência de incêndios, cujos valores variam de 1 a 3,9.

A susceptibilidade baixa corresponde a uma área de 2.297,2 km<sup>2</sup> (2%), enquanto a susceptibilidade moderada abrange 56.452,89 km<sup>2</sup> (47%). As áreas de susceptibilidade elevada e muito elevada cobrem, respectivamente, 48.539,84 km<sup>2</sup> (41%) e 8.415 km<sup>2</sup> (10%).

De acordo com os resultados obtidos no mapa de susceptibilidade a incêndios florestais da província de Niassa, pode-se destacar que as regiões Sul e Noroeste da província apresentam maior susceptibilidade à ocorrência de incêndios. Esse facto pode estar relacionado à existência de diversos tipos de uso e cobertura da terra, maior densidade demográfica e proximidade de estradas, factores que influenciam directamente na susceptibilidade aos incêndios.

Por outro lado, a região Nordeste apresenta baixa susceptibilidade a incêndios, o que pode ser explicado pela presença de cursos d'água, baixa densidade populacional, baixa declividade e pela ausência de estradas. Nhungo (2015) relaciona a existência de diferentes tipos de uso e cobertura da terra à ocorrência de incêndios.

Observa-se que as áreas de susceptibilidade muito elevada a incêndios se concentram na região entre a Cidade de Lichinga, distritos de Chimbonila, Cuamba, Mandimba, Mechanelas, Metarica e Ngauma. Em contrapartida, os distritos de Majune, Marrupa, Maua, Mavago, Mecula, Muembe,

Nipepe e Sanga apresentam uma susceptibilidade elevada. Arone (2002) identificou os distritos de Mandimba, Marrupa e Mecula como áreas mais afetadas por incêndios na província de Niassa.

De acordo com Batista (2000), a topografia modifica as condições climáticas locais e influencia directamente o tipo de combustível presente em uma região. Considerando que o comportamento do fogo é amplamente determinado pelo clima e pelo combustível disponível, pode-se inferir que a topografia também desempenha um papel decisivo nesse comportamento. Além disso, a topografia exerce influência física sobre a inclinação das chamas, o que intensifica a fase de pré-aquecimento da combustão. Esse fato é corroborado por Ribeiro et al. (2008), que afirmam que a propagação do fogo em áreas de aclive é mais intensa devido ao superaquecimento do material combustível acima da linha de fogo, causado pela maior proximidade das chamas em comparação com terrenos planos. Assim, quando há um mínimo de declividade, a taxa de propagação do fogo tende a aumentar, sendo essa intensificação directamente proporcional às transformações microclimáticas na zona de combustão.

Superfícies com diferentes orientações e inclinações recebem quantidades desiguais de radiação solar global em comparação com superfícies horizontais, mesmo considerando a mesma localidade e época do ano (Torres & Machado, 2011). Isso influencia directamente a secagem dos diversos tipos de material combustível, variando conforme a vertente e/ou inclinação. Contudo, não é suficiente que os factores directamente associados à ocorrência de incêndios florestais estejam favoráveis à ignição inicial e à propagação do fogo. A vulnerabilidade pode se prolongar por longos períodos, pois, para que o incêndio ocorra, é necessária a presença de uma chama inicial para desencadear a reacção de combustão.

Diversos autores, como Soares e Cordeiro (1974), Soares e Santos (2002), Bonfim et al. (2003), Santos et al. (2006) e Torres et al. (2010), destacam que a principal causa de incêndios florestais é a actividade antrópica no meio rural, manifestada por diferentes comportamentos que variam desde um simples descuido no uso do fogo até o seu emprego doloso. Máquina et al. (2024), e um estudo sobre participação das comunidades locais na gestão queimadas descontroladas em Moçambique, constataram que a maioria dos entrevistados não seguem nenhum procedimento para a realização da queima do material combustível nos seus campos agrícolas. Com base nisso, áreas próximas a vias públicas e aglomerações urbanas tendem a ser mais susceptíveis ao início de incêndios.

Corroborando os autores mencionados, observou-se neste estudo que as áreas com maior número de ocorrências de incêndios se concentram próximas a zonas urbanas. Em pesquisas realizadas por Torres et al. (2010), foi identificado que, apesar das condições impostas pelo ambiente físico como declividade, exposição das vertentes e uso e ocupação do solo, sem a presença de um agente causador (maioritariamente de origem antrópica), não há ocorrência de incêndios. Assim, em qualquer área, independentemente de ser classificada como de altíssimo ou baixíssimo risco, o evento só ocorrerá



diante de uma causa ou de uma fonte inicial de calor. Portanto, qualquer estratégia de prevenção de incêndios florestais deve focar na eliminação de suas causas (Nogueira et al., 2002).

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O estudo desenvolvido sobre a Susceptibilidade à Ocorrência de Incêndios Florestais (SOIF) na província de Niassa permitiu chegar às seguintes conclusões: os factores descritos neste estudo foram suficientes para identificar as áreas susceptíveis à ocorrência de incêndios. Entre esses factores, os que mais influenciaram foram a proximidade de estradas, a densidade demográfica e o uso e ocupação do solo. Foi possível desenvolver um mapa de susceptibilidade a partir das variáveis seleccionadas. É importante destacar que os pesos atribuídos às classes dentro das variáveis, os pesos atribuídos às próprias variáveis e o método aplicado foram cruciais para a elaboração do mapa de susceptibilidade.

As regiões identificadas como susceptíveis à ocorrência de incêndios incluem a Cidade de Lichinga e os distritos de Chimbonila, Cuamba, Mandimba, Mechanhelas, Metarica, Ngauma, Majune, Marrupa, Maua, Mavago, Mecula, Muembe, Nipepe e Sanga.

Dito isto, submete-se a ideia de que medidas propostas para a mitigação dos incêndios florestais são necessárias que deverão incluir investimento de políticas de informação sobre incêndios, educação e consciencialização ambiental e eliminação ou redução das fontes de propagação.



## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, R. D.; SANTOS, L. F. de M.; MATRICARDI, E. A. T.; BATISTA, I. X. Zoneamento de risco de incêndios florestais no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros – GO. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 11, n. 21, p. 2011943, 2015.
- 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: ANAIS DO XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 2011, Curitiba, PR, Brasil. Curitiba: INPE, 2011. p. 7918.
- ARONE, E. A. N. Análise espacial e temporal das queimadas descontroladas em Moçambique. Maputo: UEM/Faculdade de Ciências. Departamento de Física, 2002.
- BATISTA, A. C. Mapas de risco: uma alternativa para o planejamento de controle de incêndios florestais. Floresta, v. 30, n. 1, p. 45-54, 2000.
- BONFIM, V. R.; RIBEIRO, G. A.; SILVA, E. Diagnóstico do uso do fogo no entorno do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (PESB), MG. Revista Árvore, v. 27, n. 1, p. 87-94, 2003.
- CHIDUMAYO, E. N. Forest degradation and recovery in a miombo woodland landscape in Zambia: 22 years of observations on permanent sample plots. Forest Ecology and Management, p. 154–161, 2013.
- CORREIA, J. S. F. Cartografia de Risco de Incêndio Florestal da Ilha da Madeira. Projeto para Obtenção de grau de Licenciatura em Engenharia Topográfica. Portugal: Instituto Politécnico da Guarda, 2014.
- DE ASSIS, F. R. V. Uso de geotecnologias na locação espacial de torres para detecção de incêndios florestais. Monografia de Engenharia Florestal. Patos – Paraíba – Brasil: Universidade Federal de Campina Grande, 2013.
- DE ASSIS, F. R. V.; DE MENDONÇA, I. F. C.; DA SILVA, J. E. R.; DE LIMA, J. R. Uso de geotecnologias na locação espacial de torres para detecção de incêndios florestais no Semiárido Nordeste. Floresta, Curitiba, PR, v. 44, n. 1, p. 133-142, jan./mar. 2014.
- DE OLIVEIRA, D. dos S.; BATISTA, A. C.; SOARES, R. V.; GRODZKI, L.; VOSGERAU, J. Zoneamento de risco de incêndios florestais para o Estado do Paraná. Floresta, v. 34, n. 2, p. 217-221, mai./ago. 2004.
- DEWEES, P. A. et al. Managing the Miombo woodlands of southern Africa: Policies, incentives and options for the rural poor. Natural Resources Policy Research, v. 2, n. 1, p. 57-73, 2010.
- FERNANDES, A. dos M. Análise Preliminar das Queimadas Descontroladas: INGC Alterações Climáticas Relatório. Maputo, 2009.
- FERREIRA, A. R. R. Sistema de Informação Geográfica e Susceptibilidade a Incêndio Florestal: Análise de Metodologias em Ambiente SIG. Dissertação de Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica e Ordenamento do Território. Portugal: Universidade do Porto, 2010.
- FERREIRA, M. P.; KOPROSKI, L.; ZANOTTA, D. C. Uma abordagem fuzzy no zoneamento de risco de incêndio. In: ANAIS DO XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 2011, Curitiba, PR, Brasil. Curitiba: INPE, 2011. p. 4555.

FILLIPE, T. P. T.; RIBEIRO, G. A.; MARTINS, S. V.; SOUZA LIMA, G. Mapeamento da suscetibilidade a ocorrências de incêndios em vegetação na área Urbana de Ubá-MG. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 38, n. 5, p. 811-817, set.-out. 2014.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. *Global Forest Resources Assessment 2015 - Desk reference*. Roma, 2015. p. 179-183.

GOFC-GOLD. *A sourcebook of methods and procedures for monitoring and reporting anthropogenic greenhouse gas emissions and removals associated with deforestation, gains and losses of carbon stocks in forests remaining forests, and forestation*. Vols. COP20-1. Netherland: GOFC-GOLD Land Cover Project Office/Wageningen University, 2014.

GUILLERMO JULIO, A. *Manual n° 10 – Método de determinación de prioridades de protección*. Santiago: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Departamento de Manejo de Recursos Forestales, 1992. p. 27.

JULIÃO, R. P.; NERY, F.; RIBEIRO, J. L.; BRANCO, M. C.; ZÊZERE, J. L. *Guia Metodológico para a Produção de Cartografia Municipal de Risco e para a Criação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) de Base Municipal*. Portugal: Autoridade Nacional de Protecção Civil, 2009.

JUVAHOL, R. S.; FIEDLER, N. C.; SANTOS, A. R. *Modelagem de Risco de Incêndios em Florestas Naturais com o Uso de Geotecnologias*. In: SANTOS, A. R. et al. (Org.). *Geotecnologias & análise ambiental: aplicações práticas*. 1. ed. Brasil, 2015.

MAQUIA, I.; GOULÃO, L.; RIBEIRO, N.; RIBEIRO, A. *Caracterização molecular de recursos genéticos florestais das matas de miombo na Reserva Nacional de Niassa: desenvolvimento de códigos de barra genéticos e de marcadores ISSR*. In: ATAS DO CONGRESSO INTERNACIONAL SABER TROPICAL EM MOÇAMBIQUE: HISTÓRIA, MEMÓRIA, 2013. p. 1.

MÁQUINA, D. A. et al. *Participação das comunidades locais na gestão de queimadas descontroladas no distrito de Chiúre, Norte de Moçambique*. *Ciências Agrárias*, v. 28, n. 138, set. 2024. DOI: 10.69849/revistaft/ch10202409121012.

MÁQUINA, D. A. et al. *Importância das florestas locais para as comunidades do distrito de Chiúre, norte de Moçambique*. *Ciências Agrárias*, v. 28, n. 138, set. 2024. DOI: 10.69849/revistaft/ch10202409120843.

MÁQUINA, D. A.; DAUDE, I. A.; DA SILVA, A. J. V.; SERROTE, C. M. L.; MUSSALAMA, A. Z. *Análise do risco de incêndios florestais e manejo de fogo na comunidade do Posto Administrativo de Bilibiza, em Moçambique*. *Revista Ecologia e Nutrição Florestal*, Santa Maria, v. 11, e03, 2023. DOI: 10.5902/2316980X70760. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/2316980X70760>.

MBANZE, A. A. *Análise das Ocorrências de Incêndios em Povoamentos Florestais da Empresa CHIKWETI FOREST OF NIASSA no Norte de Moçambique*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Curitiba: UFPR, 2013.

MBANZE, A. A.; BATISTA, A. C.; TETTO, A. F.; ROMERO, A. M.; MUDEKWE, J. *Desempenho dos Índices de Nesterov e Fórmula de Monte Alegre no Distrito de Lichinga, Norte de Moçambique*. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 687-696, abr.-jun. 2017.

MBANZE, A. A. et al. *Assessment of causes that contribute to the occurrence of plantations forests fires in Niassa Province, North of Mozambique*. *African Journal of Agricultural Research*, v. 8, n. 45, 2013.

MINISTÉRIO DE AGRICULTURA – MINAG. Relatório de trabalho de campo realizado no âmbito do cumprimento das decisões de S. Excia. O Senhor Primeiro Ministro na sua visita à Província do Niassa. Lichinga, 2010.

MINISTÉRIO PARA A COORDENAÇÃO DE ACÇÃO AMBIENTAL – MICOA. Plano de acção para a prevenção e controlo as queimadas descontroladas 2008-2018. Aprovado pela 32ª Sessão do Conselho de Ministros. Maputo, 2007.

NANVONAMUQUITXO, S. J.; ROJAS, F. G.; RODRÍGUEZ, M. P. R. Perfil de los incendios de la vegetación en la provincia de Zambézia, Mozambique de 2007 a 2011. Revista Cubana de Ciencias Forestales, v. 1, n. 2, 2014.

NHONGO, E. J. S. Análise Espacial na determinação de áreas de risco a incêndios no distrito de Manica. São Paulo – Brasil: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2014.

NHONGO, E. J. S. Estudo sobre Incêndios Florestais na Floresta de Miombo Reserva do Niassa, Moçambique, com base em Dados de Sensoriamento Remoto. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2018.

NOGUEIRA, G. S.; RIBEIRO, G. A.; RIBEIRO, C. A. A. S.; SILVA, E. P. Escolha de locais para instalação de torres de detecção de incêndio com auxílio do SIG. Revista Árvore, v. 26, n. 3, p. 363-369, 2002.

NUNES, M. T. de O. et al. Variáveis Condicionantes na Susceptibilidade de Incêndios Florestais no Parque Nacional do Itatiaia. Anuário do Instituto de Geociências, Brasil, 2015.

RIBEIRO, L. et al. Zoneamento de riscos de incêndios florestais para a fazenda experimental do Canguiri, Pinhais (PR). Floresta, Curitiba, PR, v. 38, n. 3, p. 561-572, jul./set. 2008.

RYAN, C. M. et al. Ecosystem services from southern African woodlands and their future under global change. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, v. 371, n. 1703, 2016.

SAATY, Thomas L. Decision Making With the Analytic Hierarchy Process. International Journal of Services Sciences, 2008.

SANTOS, J. F.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. Evolução do perfil dos incêndios florestais em áreas protegidas no Brasil, de 1993 a 2002. Floresta, v. 36, n. 1, p. 93-100, 2006.

SITOE, A. A.; GUEDES, B. S.; NHANTUMBO, I. Monitoria, Relatório e Verificação para o REDD+ em Moçambique. Relatório do País. Maputo, 2013.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. Incêndios Florestais: controle, efeitos e uso do fogo. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2007. 250 p.

SOARES, R. V.; CORDEIRO, L. Análise das causas e épocas de incêndios florestais na região centro-paranaense. Floresta, v. 5, n. 1, p. 46-49, 1974.

SOARES, R. V.; SANTOS, J. F. Perfil dos incêndios florestais no Brasil de 1994 a 1997. Floresta, v. 32, n. 2, p. 219-232, 2002.

TETTO, A. F.; BATISTA, A. C.; SOARES, R. V. Zoneamento de risco de incêndios florestais para a Floresta Nacional de Irati, Estado do Paraná, Brasil. Scientia Forestalis, Piracicaba, v. 40, n. 94, p. 259-265, jun. 2012.



TORRES, F. T. P.; MACHADO, P. J. O. Introdução à climatologia. São Paulo: Cengage Learning, 2011. 280 p.

TORRES, F. T. P.; RIBEIRO, G. A.; MARTINS, S. V.; LIMA, G. S. Determinação do período mais propício às ocorrências de incêndios em vegetação na área urbana de Juiz de Fora, MG. Revista Árvore, v. 34, n. 2, p. 297-303, 2010.