

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS E DA MADEIRA

ELEON DE CASTRO NEDER

**APLICAÇÃO DA MODELAGEM *FUZZY* PARA AVALIAÇÃO DE RISCO DE
INCÊNDIOS FLORESTAIS NA RESERVA BIOLÓGICA DO CÓRREGO GRANDE E
SUA ZONA DE AMORTECIMENTO**

JERONIMO MONTEIRO
ESPÍRITO SANTO
2019

ELEON DE CASTRO NEDER

**APLICAÇÃO DA MODELGAGEM *FUZZY* PARA AVALIAÇÃO DO RISCO DE RISCO DE
INCÊNDIOS FLORESTAIS NA RESERVA BIOLÓGICA DO CÓRREGO GRANDE E SUA
ZONA DE AMORTECIMENTO**

Monografia apresentada ao
Departamento de Ciências Florestais e
da Madeira da Universidade Federal
do Espírito Santo, como requisito
parcial para obtenção do título de
Engenheiro Florestal.

JERONIMO MONTEIRO
ESPIRITO SANTO
2019

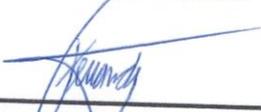
ELEON DE CASTRO NEDER

**APLICAÇÃO DA MODELAGEM FUZZY PARA AVALIAÇÃO DO RISCO DE
INCÊNDIOS FLORESTAIS NA RESERVA BIOLÓGICA DO CÓRREGO
GRANDE E SUA ZONA DE AMORTECIMENTO**

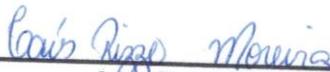
Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Aprovada em 19 de 06 de 2019

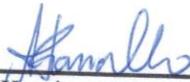
Comissão Examinadora



Gabriel Fernando Rezende - REBIO
(Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade)
Membro externo



Msc. Taís Rizzo Moreira
Universidade Federal do Espírito Santo
Coorientadora



Antonio Henrique Cordeiro Ramalho
Universidade Federal do Espírito Santo
Coorientador



Prof. Dr. Nilton César Fiedler
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador

Tudo tem o seu tempo determinado, e há tempo para todo o propósito debaixo do céu. (Eclesiastes 3)

RESUMO

Esta pesquisa teve como objetivo determinar as áreas de risco de incêndios florestais (RIF), tendo como área de estudo a Reserva Biológica de Córrego Grande e sua zona de amortecimento, localizada entre os municípios de Mucuri (BA) e Conceição da Barra (ES). Para tanto, foram avaliadas as variáveis do uso e ocupação da terra, declividade do terreno, orientação do relevo e proximidade das estradas, inseridas no interior e na zona de amortecimento da Reserva. Através do auxílio de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), foi determinada a influência de cada variável às ameaças de incêndios por meio da modelagem *Fuzzy* no aplicativo computacional *ArcGis* 10.3. Os mapas prévios das variáveis foram elaborados e cada conjunto *Fuzzy*, que representado pela imagem matricial da variável de entrada, foi definido uma função de pertinência que estabelece quando o valor da variável assume 0 temos um risco nulo e ao assumir 1 temos o maior RIF. As variáveis estudadas foram combinadas por meio da função *Fuzzy Gamma* para definição do risco ao incêndio florestal na área de estudo, determinando a influência que estes fatores exercem sobre o início e propagação do fogo. De acordo com os resultados, o maior risco de incêndio foi estabelecido na classe caracterizada por plantios de eucalipto, correspondente a 39,56% da área de estudo, assumindo valor 1 no conjunto *Fuzzy*. Em relação ao risco para a variável declividade, a maior presença de pixels foi observada nos menores valores do conjunto (0,01 – 0,10). A concentração dos valores do risco para a distância das estradas correspondente as regiões de vias secundárias e no entorno de talhões de eucalipto e foram estabelecidas no intervalo (0,81 – 0,99). A área de estudo apresenta risco de incêndio variando de muito baixo a moderado no interior da Reserva e risco moderado a muito alto na zona de amortecimento. Os aspectos socioeconômicos são fatores que influenciam o risco de incêndios na região. As carvoarias ilegais, associadas ao roubo de madeira de eucalipto na zona de amortecimento foram responsáveis pela proliferação de incêndios. A modelagem foi adequada para avaliar os impactos de diferentes variáveis sobre o risco de incêndio.

Palavras chave: Proteção florestal; áreas protegidas; mapa de risco; lógica Fuzzy.

Sumário

LISTA DE TABELAS	VII
LISTA DE FIGURAS	VIII
1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVO GERAL	12
2.1 Objetivos gerais	12
2.2 Objetivos específicos	12
3. REVISÃO DE LITERATURA	13
3.1 Incêndios Florestais	13
3.2 Unidades de Conservação	14
3.3 Agentes causadores de incêndios	15
3.4 Mapeamento do risco de incêndio	16
3.5 Modelagem de incertezas <i>Fuzzy</i>	17
3.6 Reserva Biológica do Córrego Grande	18
3.7 MATERIAIS E MÉTODOS	20
Caracterização da área de estudo	20
3.8 Base de dados	21
3.9 Modelagem do risco de incêndios florestais	21
4.3.1 Uso e ocupação do solo	22
4.3.2 Proximidades às estradas	26
4.3.3 Declividade	27
4.3.4 Orientação do relevo	28
4.3.5 Focos de calor	29
4.3.6 Modelagem Fuzzy	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
5.1 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	31
5.2 PROXIMIDADES ÀS ESTRADAS	37
5.3 DECLIVIDADE	41
5.4 ORIENTAÇÃO DO RELEVO	44
5.5 MODELAGEM AO RISCO DE INCÊNDIO	48
5. CONCLUSÕES	52
6. RECOMENDAÇÕES	53
REFERÊNCIAS	54
	VI

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Classes de uso e ocupação na área de estudo (REBIO e Zona de amortecimento).....	22.
TABELA 2: Uso e ocupação do solo e valor reclassificado.....	23.
TABELA 3: Presença dos focos de calor entre os anos de 2009 a 2019.....	28.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Localização da Reserva Biológica do Córrego Grande e sua zona de amortecimento, nos municípios de Conceição da Barra (ES) e Mucuri (BA).....	19
FIGURA 2 – Fluxo metodológico para espacialização do risco de incêndios florestais.....	30
FIGURA 3 – Mapa de uso e ocupação da terra na área de estudo.....	32
FIGURA 4 - Efeito da função <i>Fuzzy Gaussian</i> para a variável uso e ocupação do solo.....	36
FIGURA 5 - Área de estudo e presença de estradas. solo.....	37
FIGURA 6 - Valores do histograma <i>Fuzzy</i> reclassificado para proximidade às estradas.....	39
FIGURA 7 - Mapa <i>Fuzzy</i> representando a influência da rede de estradas.....	40
FIGURA 8 - Mapa de declividade na área de estudo.....	41
FIGURA 9 - Histograma com a frequência de pixels para o fator declividade.....	42
FIGURA 10 - Mapa representando as classes de risco na categoria declividade na área de estudo.....	44

FIGURA 11 - Mapa de orientação do relevo na área de estudo.....	45
FIGURA 12 - Histograma com a frequência de pixels para o fator orientação do relevo.....	46
FIGURA 13 - Mapa do conjunto Fuzzy para modelagem a orientação do relevo.....	47
FIGURA 14 - Mapa de risco de incêndios para REBIO do Córrego Grande, ES.....	49
FIGURA 15 - Série histórica de precipitação anual no município de São Mateus – ES entre os anos de 2009 a 2019.....	51

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, no estado do Espírito Santo, existem sob responsabilidade do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos hídricos (IEMA) a administração de 16 UCs, equivalente a 0,8% (45.957 ha) do seu território (IEMA, 2014), e o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO) tem em sua responsabilidade 11 UCs (ICMBIO, 2012). Além destas, existem as UCs administradas pelo Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal (IDAF) e iniciativas privadas.

Para Machado Neto et. al. (2017), as Unidades de Conservação no Brasil foram estabelecidas com o intuito de proteger a biota, porém algumas são atingidas anualmente com a ocorrência de incêndios em seu interior e entorno. Ademais, é de responsabilidade do poder público manter o meio ambiente ecologicamente equilibrado, de acordo com o Artigo 225 da Constituição Federal.

Tais discussões tem atravessado contextos interdisciplinares, afim de construir ferramentas que auxiliem na tomada de decisões diante de problemas ligados ao meio ambiente. Segundo Eugenio et al. (2016), a discussão sobre o tema fogo entre instituições públicas e privadas e a sociedade civil é de suma importância para o andamento das atividades de prevenção.

As características dos incêndios podem ser afetadas pelas complexas interações entre a cobertura vegetal, mudanças climáticas, relevo e atividades humanas ao longo do tempo. Para Faria et al. (2003), o uso de ferramentas ligadas ao Sistema de Informações Geográficas (SIG) permite obter mapas com mais rapidez e precisão a partir de um banco de dados. Os cartogramas gerados fornecem uma visão de vários componentes inter cruzados (uso e ocupação do solo, declividade, geomorfologia, etc), estimando áreas de risco, potenciais ambientais e definindo zoneamentos.

Segundo as investigações de Juvanhol (2014), a modelagem *Fuzzy* têm se estabelecido nos últimos anos em diversas áreas em sistemas de controles de processos e aplicada em estudos ambientais para tomada de decisões. Esta técnica de modelagem permite manusear informações qualitativas e possibilita uma precisão inerente ao modelo matemático. Conforme Chou et al. (1993), os mapas de risco de incêndios florestais são essenciais para o delineamento de áreas prioritárias para

atividades de prevenção e alocação de recursos para o combate, buscando minimizar possíveis danos causados pelos incêndios. Desta forma, os esforços voltados para compreensão da ignição, propagação, combate do fogo e os respectivos danos causados à biodiversidade, são de extrema importância.

Visando atender a tal questão, este trabalho possibilitou avaliar as áreas de risco de ocorrências de incêndios florestais, através da modelagem matemática *Fuzzy* inseridas no interior e na zona de amortecimento da Reserva Biológica do Córrego Grande, localizada entre os municípios de Conceição da Barra (ES) e Mucuri (BA).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Essa pesquisa determinou as áreas de riscos de ocorrência de incêndio florestal, por meio da modelagem *Fuzzy*, inseridas no interior e na zona de amortecimento da Reserva Biológica de Córrego Grande, localizada entre os municípios de Conceição da Barra (ES) e Mucuri (BA).

1.1.2 Objetivos específicos

- Mapear o uso e ocupação da terra da Reserva Biológica do Córrego Grande e sua zona de amortecimento
- Delimitar as classes de estradas e calcular a área de influência destas;
- Calcular a declividade e a orientação do relevo
- Selecionar os focos de calor da Reserva Biológica do Córrego Grande e sua zona de amortecimento entre os anos de 2009 e 2019;
- Aferir o risco de ocorrência de incêndios florestais por meio da sobreposição das variáveis de influência fuzzyficadas para a Reserva Biológica do Córrego Grande e sua zona de amortecimento.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 INCÊNDIOS FLORESTAIS

Os incêndios florestais se destacam como uma combustão sem controle, propagando-se livremente e respondendo apenas às alterações do ambiente e influências derivadas dos combustíveis naturais, clima e topografia (BATISTA; SOARES, 2003).

Para Cochrane (2009), ultimamente grande parte dos incêndios florestais foram observados em ecossistemas tropicais degradando milhões de hectares, gerando prejuízos econômicos e sociais. Entretanto, os efeitos que os incêndios causam ao meio ambiente ainda tem sido ignorados.

Segundo os estudos de Juvanhol et al. (2014), a ação do fogo sobre a floresta atinge não só a cobertura vegetal, mas também as características do solo, a fauna silvestre e a atmosfera, podendo ser altamente destrutiva quando se trata de grandes incêndios florestais. Por isto o fogo constitui-se em ameaça constante às florestas, ao meio ambiente, à propriedade e a própria vida humana.

Como consequência às ações de degradação, considera-se que hoje existem apenas 12,5% da cobertura original do bioma Mata Atlântica, segundo dados da SOS MATA ATLÂNTICA (2016). Ultimamente, segundo BRASIL (2012), com a reformulação do Código Florestal de 1965 e publicação da Lei 12.651/2012, as medidas de conservação e recuperação do bioma ganharam reforço. Pode-se citar, por exemplo, a obrigatoriedade de recomposição de áreas de preservação permanente (APP) e reserva legal (RL).

Quanto às queimadas e incêndios florestais, foi criado no país o Sistema Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais, segundo Ramos (1995), além de um amplo programa de monitoramento de incêndios via Sensoriamento Remoto, segundo INPE (2016). Medidas de prevenção e combate aos incêndios florestais vem sendo executadas, mas muito pode ser melhorado e investido nesta área.

3.2. UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

De acordo com o Cadastro Nacional de Unidades de Conservação (CNUC, 2019), o Brasil conta com 2.309 Unidades de Conservação, cobrindo um total de 2.546.796,89 km² de áreas protegidas. O Estado do Espírito Santo, inserido na região sudeste do país, abriga várias Unidades de Conservação sob o comando da União, ocupando extensas áreas do território capixaba, segundo BRASIL (2000).

Estas unidades, são organizadas em categorias, definidas como categorias de manejo, cada qual intervindo prioritariamente a determinados objetivos, que poderão ter maior ou menor grau de preservação dos ecossistemas naturais (BRASIL, 2000). As Unidades de Conservação são classificadas em dois grupos distintos, sendo eles:

- Unidade de Proteção Integral ou de Uso Indireto – Possui o objetivo principal de preservar os ecossistemas naturais sem interferência humana. O uso indireto é aquele que não engloba coleta, dano, consumo ou deterioração dos recursos naturais. As Unidades que estão neste conjunto são divididas em 05 categorias de manejo: Estação Ecológica (ESEC), Parque Nacional (PARNA), Parque Natural Municipal, Reserva Biológica (REBIO), Parque Estadual (PARES), Monumento Natural (MONA); Refúgio de Vida Silvestre (REVIS).
- Unidade de Uso Sustentável ou de Uso Direto – Visa a proteção parcial dos atributos naturais, possibilitando a exploração de parte dos recursos disponíveis na região, de forma sustentável, para manutenção dos recursos naturais para geração futura. As categorias deste grupo são: Área de Proteção Ambiental (APA); Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE); Reserva Extrativista (RESEX); Reserva de Fauna (REFAU); Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS); Floresta Nacional (FLONA); Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN).

Entretanto, apenas a criação de Unidades de Conservação não assegura que seus objetivos serão alcançados, pois não está fortemente relacionado ao desenvolvimento de uma gestão adequada, segundo Leverington et al. (2010). A Lei nº 9.985, art. 2º, inc. XVII, caracteriza como plano de manejo um documento técnico, fundamentado nos objetivos gerais da UC, que delimita o seu zoneamento e normas

a serem presididas no uso da área e conservação dos recursos naturais, abrangendo a fundação das estruturas físicas necessárias à gestão da unidade.

Neste contexto, a construção e fundação de programas de Manejo Integrado do Fogo (MIF) em unidades de conservação objetivam, como resultados práticos finais, a criação dos melhores horizontes possíveis para todos os atores e elementos envolvidos na questão do fogo, como a biodiversidade, os recursos naturais, as comunidades humanas tradicionais que praticam o uso do fogo e as comunidades que não fazem uso do fogo, mas que podem ser atingidas direta ou indiretamente por seus efeitos (MISTRY; BERARDI; 2006).

Para Garda e Berlinck (2018), em caso de ausência do Plano de Manejo e até que este seja elaborado, o Decreto nº 4.340/200, estabelece que devam ser formalizadas e implementadas ações de proteção. Assim, entende-se que é necessária a construção de um Plano de Proteção ou de Manejo do Fogo, o que também responde à necessidade de atualização dos programas específicos em planos de manejo antigos que necessitam de atualização.

3.3 AGENTES DE INFLUÊNCIA

Segundo os estudos de Soares e Batista (2007), a estrutura da cobertura vegetal interfere no hábito do fogo em diversas formas, pois a variação na cobertura acarreta em mudanças nos fatores relacionados ao desenvolvimento do fogo, principalmente o material combustível e condições climáticas. Dentre disso, as florestas densas e locais fechados desfavorecem a infiltração da radiação solar, trazendo a temperatura do ar e do material combustível em estratos mais baixos, interceptando e interrompendo a propagação de correntes de ar, acarretando a diminuição da velocidade do vento e conseqüentemente, o desenvolvimento do fogo.

Há uma tendência de as florestas plantadas apresentarem maiores riscos aos incêndios florestais, devido às características homogêneas em termos de espécies, em relação às florestas naturais preservadas (SOARES; BATISTA; 2007).

O relevo envolve a composição física e as particularidades do terreno de uma região, segundo Brow e Davis (1973), e a topografia do terreno condiciona o tipo de combustível e atua decisivamente no comportamento do fogo. Os atributos

topográficos influenciam na propagação de incêndios florestais particularmente sob três entendimentos: altitude, inclinação e orientação do relevo.

A altitude influencia diretamente nas oscilações climáticas. A inclinação interfere nos momentos de pré-aquecimento dos combustíveis e modifica os níveis de propagação. A orientação do relevo tem interferência sobre os estados de umidade existentes na tipologia do material combustível, em função das intensidades de iluminação solar.

O perigo do fogo nas imediações de estradas e residências pode ser delimitado por meio de áreas de influências. A modelagem com *buffers* é a ação comum de mapear a interferência espacial de atributos espaciais segundo Langford (2008), como áreas urbanas e estradas. Um *buffer* é uma região em torno de um recurso de mapa definido em elementos de distância ou tempo, o que possibilita uma ligação física entre locais sendo importante para análise de proximidade, segundo Calcerrada et al., (2010).

3.4 MAPEAMENTO DE RISCO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS

Segundo Mistry (2005), a avaliação do risco de incêndios envolve a predição da probabilidade de ignição dentro de uma área, as taxas de propagação e as intensidades prováveis do fogo. De acordo com Juvanhol et al. (2014), no universo da cartografia de risco de incêndios florestais, a ordenação das variáveis tem sido objeto de estudo por parte da comunidade científica.

Para Malczewski (2004), esta análise envolve a utilização de dados georreferenciados havendo duas considerações de extrema importância para utilização da avaliação multicriterial: (I) a capacidade do SIG de adquirir, armazenar, recuperar, manipular e analisar dados georreferenciados e (II) a capacidade de combinar esses dados e os conceitos dos tomadores de decisão em alternativas de decisão:

- Modelos qualitativos: são baseadas nas investigações empíricas dos especialistas que as produzem dentro do conhecimento do fenômeno em modelagem. São processos baseados em níveis abrangentes que em conjunto culmina-se a uma classificação nominal que representa características que descrevem sem valor

numeral, apenas uma simples identidade, descrição de uma classe ou uma categoria. Apresentam alto grau de tendência em que o método mais proposto é a tabela cruzada, segundo Carvalho (2005).

- **Modelos quantitativos:** tem como premissa o somatório ponderado das variáveis consideradas. O modelo AHP (*Analytic Hierarchy Process*) estabelecido por Saaty (1977) se mostra como um exemplo deste método em a que a definição do grau de importância de cada fator na matriz de comparação par-a-par ou matriz de decisão, é empregado pelo estudo empírico dos especialistas, relacionado à avaliação em campo e pelas informações bibliográficas.

- **Modelos físicos:** tem por objetivo a criação de mapas de risco dinâmico com o intercruzamento de fatores meteorológicos ou variáveis que são relacionados fortemente com parâmetros meteorológicos, por exemplo, a umidade dos combustíveis, segundo Chuvieco e Isabel (2004).

- **Modelos baseados na análise estatística:** A regra de Bayes mostra como redefinir as possibilidades. Em vista ao avanço significativo no cruzamento de métodos estatísticos no ambiente SIG e a avaliação da estatística considera diversos modelos, a exemplo, a probabilidade bayesiana e análise de regressão. A regra da probabilidade bayesiana infere um nível de confiabilidade associado a uma dada suposição, denominada possibilidade, definida por um ou mais fatores considerados tendo uma relação lógica com essa proposição.

3.5 MODELAGEM DE INCERTEZAS FUZZY

Conforme descrito por (RODRIGUES; SANTOS; 2005), um conjunto *fuzzy* reflete classes de elementos e não tem fronteiras bem definidas. Consequentemente, em um conjunto *Fuzzy* é difícil de distinguir os elementos que pertencem e que não pertencem ao conjunto. Tradicionalmente, uma proposição lógica tem dois extremos: ou “completamente verdadeiro” ou “completamente falso”. Entretanto, conforme mencionado por junges (2006), na lógica *fuzzy* ou *Fuzzyficação*, uma premissa varia em grau de verdade de 0 a 1, o que leva a ser parcialmente verdadeira ou parcialmente falsa. Por exemplo, dado um universo U e um elemento particular $x \in U$,

o grau de pertinência $\mu_A(x)$ com respeito a um conjunto $A \subseteq U$, é definida pela Equação 1:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{se } x \in A \\ 0 & \text{se } x \notin A \end{cases} \quad \text{Eq. 1}$$

De acordo com os autores Ramos e Mendes (2001) e Tso e Mather (2009), as funções de pertinência podem ser estabelecidas em diferentes formas, entre as mais utilizadas, estão: o triangular, trapezoidal, gaussiana, sigmoideal, linear e em forma de sino, e devido à sua flexibilidade na modelagem proporcionada pelos diferentes operadores embutidos na lógica Fuzzy, conforme observado nos estudos Ruhoff e Ventorrazzi (2006) e Silva e Ponte Jr (2011), faz com que essa ferramenta, tenha grande utilidade envolvendo a modelagem e conservação dos recursos naturais.

Segundo Fernandes (2005), a utilização dos conjuntos *fuzzy* é de um tipo de computação baseada na regra composicional de inferência, com seus operadores associados, resulta em sistemas de decisão, estruturados no formato de uma base de regras nebulosa, adequados para processos dedutivos.

RESERVA BIOLÓGICA DO CÓRREGO GRANDE

Segundo Cnrh (2003), a Reserva Biológica do Córrego Grande, com uma área de 1.504,80 ha, localiza-se no extremo norte do Espírito Santo, junto à divisa estadual com a Bahia. Uma das estradas principais da área de estudo, está localizada no limite entre os estados, denominada "Picadão da Bahia". A reserva inserida próxima a sub-bacia do Córrego Grande, contribuinte da margem esquerda da bacia do Itaúnas, faz parte da Região Hidrográfica do Atlântico Leste. De acordo com Coimbra-Filho e Câmara (1996) e Rizzini (1997), a tipologia natural de vegetação presente na região é a Mata Atlântica do tipo floresta ombrófila densa além de áreas pioneiras como muçunungas e campos inundáveis.

De acordo com as investigações de Collar et al (1992), na divisa entre os estados da Bahia e do Espírito Santo uma floresta privada, a antiga "Fazenda Klabin", na posse de novos proprietários foi sendo fragmentada ao longo dos anos a menos da metade

de sua área de cobertura vegetal inicial. Com a supressão da vegetação, segundo Ruschi (1976), a mata remanescente chamou a atenção de naturalistas da época que destacaram a presença na região de aves endêmicas. Esta movimentação ambientalista contribuiu para estabelecer a REBIO do Córrego Grande, em 1989, garantindo a perpetuação dos 1.504,80 hectares que lá existem atualmente.

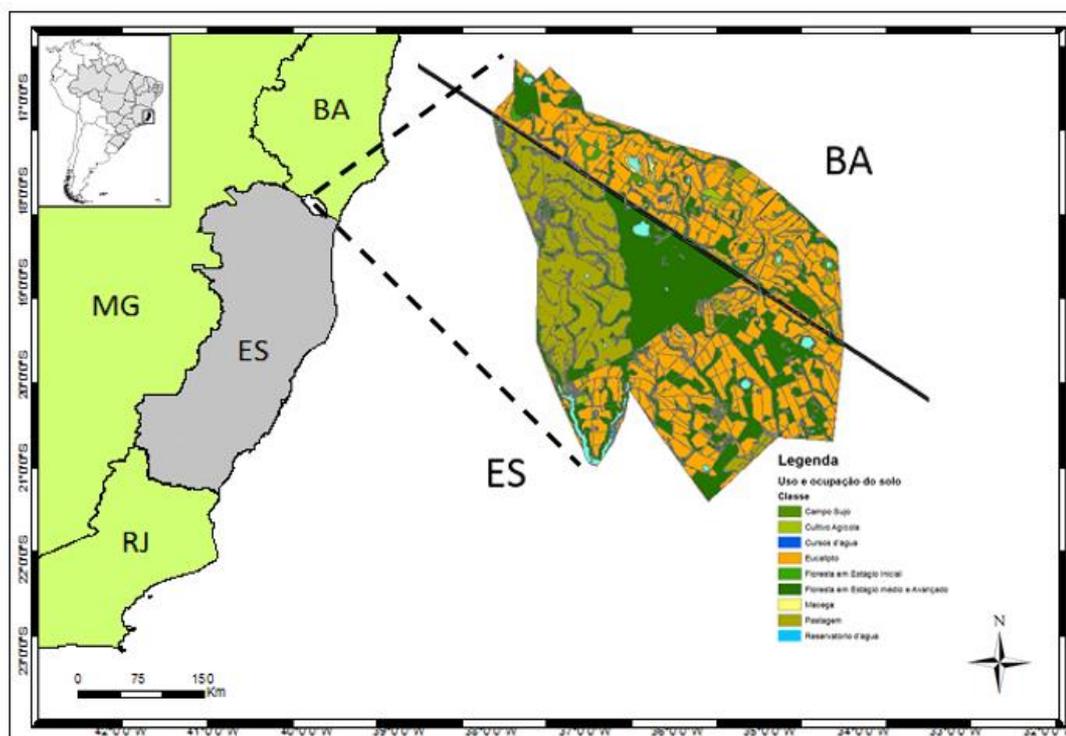
4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área de estudo

A pesquisa foi realizada na Reserva Biológica do Córrego Grande e sua zona de amortecimento (Figura 1), localizada entre os municípios de Conceição da Barra e Mucuri, no extremo norte do estado do Espírito Santo e sul da Bahia. A área de zona de amortecimento ao entorno que condiciona a faixa de monitoramento e proteção da reserva foi definida de acordo com as informações de definições dos limites encontradas no plano de manejo da unidade, que perfaz toda a extensão da REBIO do Córrego Grande e está inserida entre os estados do Espírito Santo e Bahia, ver disponível em (ICMBio).

Segundo Rolim (2006), a condição climática predominante na região é do tipo Aw de Koppen, tropical quente e úmido, com estação chuvosa no verão e seca no inverno. As informações do posto agrometeorológico da Reserva indicam uma pluviosidade média anual de 1200mm e temperatura média anual de 23,3 °C.

FIGURA 1 – Localização da Reserva Biológica do Córrego Grande e sua zona de amortecimento, nos municípios de Conceição da Barra (ES) e Mucuri (BA).



4.2. Base de dados

Para a aplicação da modelagem *Fuzzy*, às ameaças de incêndios, foram avaliadas as variáveis: uso e ocupação da terra, proximidade às estradas rurais, declividade, orientação do relevo e focos de calor presentes na região da área de estudo. Para o mapeamento do uso e ocupação da terra e estradas rurais e urbanas utilizaram-se as basemaps digitais da região de estudo, disponíveis no *ArcGis 10.3*. A *World Imagery* fornece imagens aéreas e de satélite com um metro ou mais em muitas partes do mundo e imagens de satélite de resolução mais baixa e alta em todo o mundo. O mapa contém imagens *TerraColor* de 15m em pequenas e médias escalas e usa o *WGS84 Geographic*, (ver disponível www.arcgis.com).

O mapeamento do uso e ocupação da terra foi obtido por meio da digitalização da ortofoto, em resolução espacial de 1m, no aplicativo computacional *ArcGIS 10.3*. A digitalização via tela foi feita por meio das técnicas de fotointerpretação (fotointerpretação visual das imagens) na escala de 1:1.500.

Utilizando a ferramenta *Extract by Mask* recortou-se da imagem da área os limites da REBIO do Córrego Grande e sua zona de amortecimento. Através da ferramenta *DISSOLVE* as classes fotointerpretadas foram unidas gerando a imagem final de uso e ocupação da terra que foi convertida em raster e posteriormente reclassificada de acordo com a classe de uso e ocupação da terra e sua influência ao RIF.

Para obtenção dos mapas de declividade e orientação do relevo foi empregado o Modelo Digital de Elevação (MDE). Segundo Farr et al. (2007), os dados de elevação digital da missão de topografia de radar (SRTM) é um esforço de pesquisa internacional que obteve modelos de elevação digital em uma escala quase global.

Este produto SRTM V3 (SRTM Plus) é fornecido pela NASA JPL com uma resolução de 1 segundo de arco (aproximadamente 30m). Este conjunto de dados foi submetido a um processo de preenchimento de lacunas usando dados de fonte aberta (ASTER GDEM2, GMTED2010 e NED), ao contrário de outras versões que contêm vazios ou foram preenchidas com fontes comerciais.

4.3 Modelagem às ameaças de incêndios

Para aplicação da modelagem *Fuzzy*, realizou-se a avaliação das ameaças ao incêndio no ambiente SIG *ArcGIS 10.3*, que possibilita simular, por meio do uso de possibilidades, as incertezas e transições comuns no mapeamento. Para cada conjunto *Fuzzy*, representada pela variável de entrada, foi estabelecido um grau de certeza, variando entre 0 e 1, onde o valor 1 apresenta o maior risco e 0 risco nulo, segundo metodologia proposta por estudos realizados para avaliações de riscos de incêndios por Juvanhol et. al (2014).

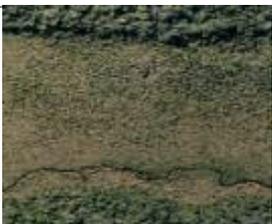
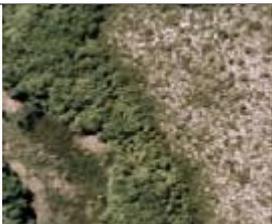
Os dados foram levantados usando um tamanho de célula de 30 x 30 m, permitindo uma melhor avaliação do valor da função *Fuzzy*. Para cada função de pertinência é atribuído um cálculo que determina a aderência da curva da função. A partir de bases científicas e bibliográficas para o estudo do fator foi possível determinar sobre o melhor método para representar a variação gradual da ameaça na escala de 0 a 1 no conjunto *Fuzzy*.

Segundo descrito por Paz et al. (2011), a validação é uma maneira de elevar os níveis de confiança de que os eventos inferidos por um modelo, irão ocorrer nas condições estabelecidas. Para análise de confiabilidade da modelagem *Fuzzy*, foram também utilizados neste estudo, os mapas de ocorrências de focos de calor observados entre os anos de 2009 a 2019, provenientes do sistema de detecção do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e a correlação dos dados históricos de precipitação referentes a estação meteorológica de São Mateus, entre os anos de 2009 a 2019.

4.3.1 Uso e ocupação da terra

O mapeamento de uso e ocupação da região possibilitou a compreensão dos padrões de organização do espaço de acordo com o tamanho da área ocupada por cada classe. As classes foram fotointerpretadas de acordo com o Tabela 1.

TABELA 1. Classes de uso e ocupação na área de estudo (REBIO e Zona de amortecimento).

Imagem	Classes de uso do solo	Descrição das classes
	Plantios de eucalipto	Áreas destinadas a plantios comerciais para a atividade de silvicultura.
	Cursos d'água	Presença de lagos, rios, cursos hídricos, entre outros.
	Floresta em estágio médio/avançado	Áreas densas e fechadas, onde ocorrem a presença de maior diversidade de espécies arbóreas de maior porte e formação de sub-bosque.
	Área inundável	Áreas alagadas, com presença de espécies rasteiras, coberta por gramíneas e herbáceas.
	Campos sujos	Estabelecido em solo arenoso e grande concentração de matéria orgânica.
	Macegas	Áreas de florestas nativas em regeneração que sofreram algum distúrbio.

	Cultivos agrícolas	Áreas destinadas à diversas culturas sazonais.
	Pastagem	Formação aberta ou com a presença de gramíneas, também utilizada pela pecuária.
	Solo exposto	Áreas com pouca ou nenhuma cobertura vegetal, terrenos arenosos com presença ou não de processos erosivos.
	Áreas edificadas	Áreas com presença de edificações.
	Reservatório de água	Área de armazenamento superficial de água.

Fonte: O autor

*Classes de uso e ocupação da terra fotointerpretadas na área de estudo (REBIO e zona de amortecimento).

Após a geração do uso e ocupação da terra e da conversão deste em raster, o mesmo foi reclassificado com valores variando de 0 a 12, de acordo com a influência de cada cobertura de uso e ocupação no risco de incêndios florestais (Tabela 2).

TABELA 2. Uso e ocupação do solo e valor reclassificado

Uso e ocupação	Valor reclassificado	Uso e ocupação	Valor reclassificado
Curso d'água	0	Macegas	7

Solo exposto	1	Área edificada	8
Floresta inicial	2	Pastagem	9
Campo sujo	3	Área inundável	10
Vias não pavimentadas	4	Floresta média/avançada	11
Cultivos agrícolas	5	Reservatórios de água	12
Eucalipto	6		

Fonte: O autor

Conforme descrito por Oliveira (2002), a variação da cobertura vegetal implica em mudanças de diversos aspectos relacionados com o comportamento do fogo. Os estágios mais avançados da floresta são menos combustíveis que estágios iniciais, segundo os estudos Ferraz e Vettorazzi (1998). A floresta em estágio médio e avançado de regeneração foi considerada, com valor 11 de risco aos incêndios em relação à vegetação em estágio inicial da sucessão, definida com valor 2.

A fisionomia definida como campo sujo, foi considerada a classe de uso do solo com valor 3 em função do predomínio de herbáceas estabelecidas em solo arenoso e grande concentração de matéria orgânica, que facilitam o início do fogo e desenvolvem um intenso calor, mantendo a combustão e ocasionando o reinício de incêndios, segundo Juvanhol et.al (2014).

As áreas de macegas foram definidas com valor matricial 7, por serem áreas com presença de distúrbios antrópicos e assim, apresentarem vulnerabilidade aos incêndios. Em relação às áreas caracterizadas como solo exposto, onde predominam pouca cobertura vegetal e presença ou não de processos erosivos, foi considerada com valor matricial 1.

Segundo descrito por White et.al. (2014), o acúmulo de material combustível em plantações de eucalipto facilita a propagação do fogo e ocorrência de incêndios florestais de alta intensidade e difíceis de serem combatidos. Assim, esta classe foi considerada como ponto central, representando a área de maior risco ao incêndio florestal com valor matricial 6.

As áreas de pastagem foram consideradas com valor matricial 9. Devido a presença de cultivos agrícolas nas proximidades da região de estudo, e conseqüentemente a necessidade de realizar atividades necessárias aos manejos destas culturas que apresentam risco ao incêndio, esta classe foi reclassificada com valor matricial 5. Áreas com presença de edificações foram reclassificadas com valor da matriz 8.

As estradas foram reclassificadas com o valor matricial 4 ao risco de incêndio. Também foi observado por Ribeiro et.al. (2009), que este sistema contribui para o acúmulo de material combustível às margens de vias não pavimentadas, trilhas e linhas férreas, bem como para abertura de novas áreas de exploração e para retirada de madeira, atuando, conseqüentemente nas mudanças de microclima que podem vir a facilitar a entrada do fogo.

Os cursos d'água permanentes e a presença de reservatórios de água foram definidos os valores matriciais 0 e 12, respectivamente, considerados de menor risco. As regiões alagadas definidas como área inundável, foram definidas com valor matricial 10.

De posse do uso e ocupação devidamente reclassificado foi utilizada a função *Fuzzy Gaussian* definindo uma distribuição de Gauss no entorno do conjunto avaliado variando entre 0 (risco nulo) e 1 (maior risco) com valor do ponto central igual a 6, representando a classe de maior risco. O resultado deste processamento foi o RIF com base na variável uso e ocupação da terra.

4.3.2 – Proximidade às estradas

Segundo Almeida (2000), Pew e Larsen (2001), as estradas apresentam áreas de grande risco por causa de sua influência sobre as atividades humanas. O acesso as estradas rurais foram definidas pelas estradas não pavimentadas e classificadas em estradas principais, estradas secundárias e estradas de acesso à REBIO do Córrego Grande, no município de Conceição da Barra e Mucuri.

As estradas principais foram consideradas pelas estradas com largura d plataforma superior a 5 metros. Esta estrada, denominada Picadão da Bahia, liga a rodovia BR 101 ao portão de entrada a área dos alojamentos de pesquisa da REBIO.

As estradas secundárias foram consideradas pelas estradas com largura de plataforma de 4 a 5 metros responsáveis pela divisão da paisagem, caracterizadas por vias situadas no entorno de talhões de eucalipto. As estradas de acesso foram consideradas pelas estradas com largura da plataforma de 3 a 4 metros que dão acesso ao interior da REBIO.

Para avaliação da variável proximidade às estradas, foi utilizado primeiramente um *buffer* para estabelecer uma área de influência das estradas sobre a ignição da ação do fogo. Para estradas principais foi avaliada a influência do fogo em um *buffer* de 100 metros. As estradas secundárias utilizaram-se um *buffer* de 50 metros sob a influência do fogo. As vias de acesso interno foram avaliadas em um *buffer* de 25 metros sob a influência ao risco do fogo.

Seguindo a metodologia de Juvanhol (2014), a proximidade a estradas foi determinada pela distância euclidiana. A distância euclidiana entre dois pontos é a distância mais próxima em linha reta, a partir do centro da célula vizinha. Em áreas planas essa distância foi estabelecida pelo Teorema de Pitágoras.

Através da função de pertinência *Fuzzy Small*, o valor definido no ponto central confere um grau de pertinência de 0,5 na função com um grau de propagação da curva de 1- 10 determinando a zona de transição, foi obtido ao RIF para variável proximidade das estradas. De tal forma, valores menores mais próximos a área de influência das estradas tem maior risco de incêndio (assumindo valor mais próximo a 1).

4.3.3 – Declividade

Para obtenção do mapa de declividade da área de estudo, foi utilizada a ferramenta SLOPE para o cálculo das declividades e para modelagem da variação da inclinação do terreno em relação ao risco de incêndios utilizou-se a função de pertinência *Fuzzy Large*.

Em áreas com declividades acentuadas existem maiores chances de ameaças a incêndios florestais do que em áreas com declives suaves. A função de pertinência utilizada para representar a variação da imagem matricial *Fuzzy Large*, definindo a forma e a característica da zona de transição (equação 1).

$$U(x) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x}{e}\right)^d}$$

Onde:

x: é o valor da declividade (°) na imagem matricial

d: é o parâmetro que determina a inclinação ou propagação da curva;

e: corresponde ao valor no ponto médio que define o ponto central para função em que u (x) adquire 0.5.

Segundo Oliveira (2012), o perfil do relevo tem forte correlação com os ventos. A inclinação do terreno altera a velocidade e a direção da propagação do fogo, pois modifica as condições de pré-aquecimento do material combustível e colabora com o avanço dos ventos com velocidades maiores nos aclives.

4.3.4 – Orientação do relevo

A declividade é um dos elementos com influência no hábito do fogo, uma vez que interfere fortemente na transmissão de energia, fazendo com que, na encosta acima, os eventos de convecção e radiação no alastramento do fogo sejam mais ativos (FIMIA, 2000). A função de pertinência *Fuzzy Generalized Bell* foi utilizada para a modelagem da variação orientação do relevo e os valores da zona de transição do conjunto assumem um grau de pertinência de valor 1 (equação 2), de acordo ao risco de incêndio.

$$U(x) = \frac{1}{1 + \left(x - \frac{f}{g}\right)^{2h}}$$

Em que:

x: é o valor da orientação do relevo (°) na imagem matricial

g: é o parâmetro que determina a inclinação ou propagação da curva;

f: corresponde ao valor no ponto médio que define o ponto central para função em que u (x) adquire 1;

h: controla a amplitude no ponto central

A influência da orientação do relevo ao risco de incêndios foi programada em linguagem *Python* no *Arc GIS 10.3* sendo considerada a face Norte (0° e 360°) como

de maior risco e a face Sul (180°) como de menor risco. O relevo plano foi considerado como risco nulo ao incêndio.

4.3.5 – Focos de calor

O conhecimento das causas e da frequência dos incêndios florestais é de extrema importância, principalmente levando-se em consideração que são os pontos de partida para elaboração dos planos de prevenção e combate ao fogo. Neste âmbito, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) desde a década de 1980 vem aprimorando um sistema de detecção de queimadas a partir de sensores a bordo de satélites polares e geoestacionários, chamados focos de calor. Para o mapa de ocorrências de incêndios florestais, foram levantados pontos de focos de calor observados na zona de amortecimento e no interior da REBIO do Córrego Grande entre os anos de 2009 a 2019.

Através do mapa de focos de calor, validou-se a relação dos focos observados com a presença do risco aos incêndios nas áreas que apresentam maiores ameaças ao desenvolvimento de incêndios.

Foram registrados entre os períodos de 2009 e 2019, a presença de 57 focos de calor no interior e zona de amortecimento da REBIO do Córrego Grande, conforme mostra a Tabela 3.

Tabela 3. Presença dos focos de calor entre os anos de 2009 a 2019.

Ano de ocorrência	Número de focos de calor
2018/2019	2
2017/2018	1
2016/2017	13
2016/2015	14
2015/2014	11
2014/2013	1
2012/2011	1
2011/2010	2
2010/2009	1

TOTAL	46
--------------	-----------

Fonte: Adaptado de INPE (2019).

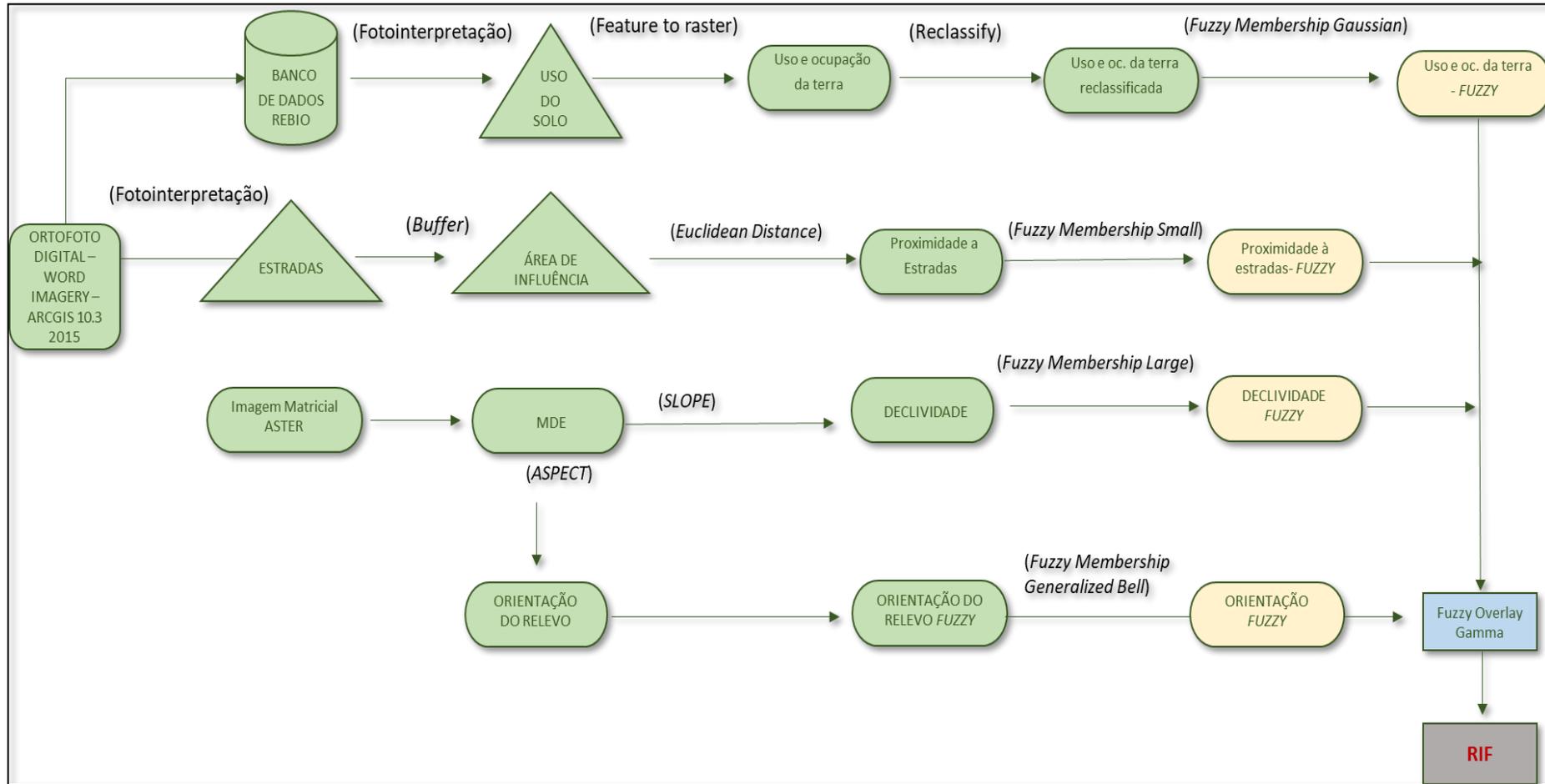
4.3.6 – Modelagem *Fuzzy*

A definição das classes de risco baseou-se em dois tipos de dados, sendo eles dados qualitativos (que podem ser mensurados de forma subjetiva) e quantitativos (que podem ser medidos e têm valor numérico). As regras foram definidas de acordo com o grau de vulnerabilidade das variáveis utilizadas para essa modelagem, de modo que o valor final resultasse no fator de risco também definido pelas variáveis linguísticas: nulo, baixo, moderado, alto, muito alto (JUVANHOL, 2014). Após a elaboração das regras que definiram as classes de risco de incêndio, foi exportado o banco de dados contendo os atributos SIG com os valores definidos na modelagem *Fuzzy*.

O método de sobreposição utilizado para avaliar as variáveis estudadas sobre a influência do início e propagação do fogo foi o operador *Fuzzy Gamma*. Através da análise de sobreposição foram indicados os valores que as imagens de entrada de cada variável obtiveram no conjunto *Fuzzy*.

O fluxograma metodológico utilizado com suas respectivas etapas necessárias é apresentado na Figura 2.

Figura 2. Fluxo metodológico para espacialização do risco de incêndios florestais.



Fonte: O autor

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 – Uso e ocupação da terra

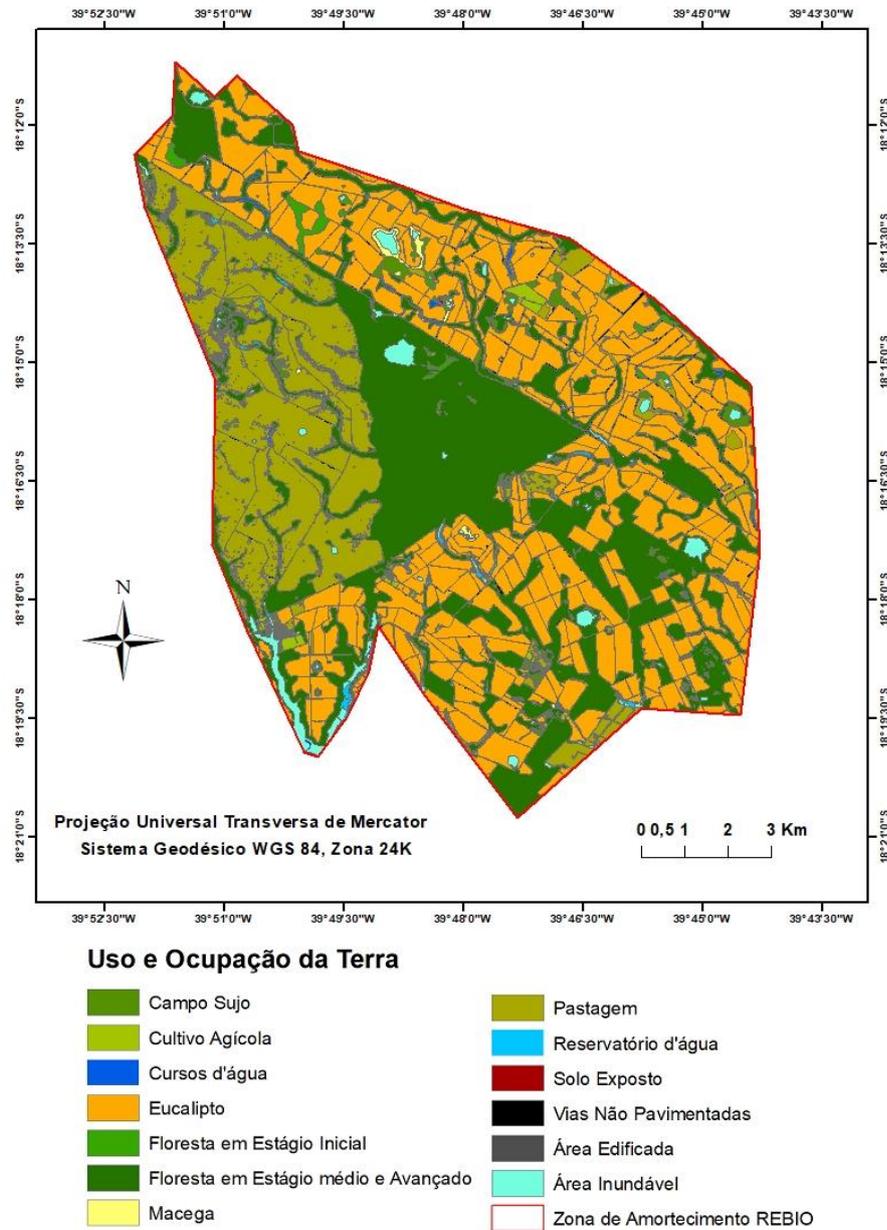
O mapa de uso e ocupação da terra permitiu a avaliação da composição e organização da paisagem nos limites da REBIO do Córrego Grande e na zona de amortecimento. No leste da área de estudo há a predominância de atividades agropecuárias, favorecendo a formação de extensas áreas de pastagens e cultivos agrícolas (2985,97 ha) que afetam as ações e os comportamentos locais. As classes pastagem e cultivos agrícolas representam respectivamente 20,04% e 0,45%, da composição total de uso e ocupação da área de estudo.

Há o predomínio de atividades de silvicultura, destacando-se a presença de talhões de plantios de eucalipto para fins comerciais. Esta classe apresenta 5.762,58 hectares que são equivalentes a 39,56% da área de estudo e classificada como a região de maior risco de incêndio florestal.

Foram caracterizados como vegetação natural os ambientes: floresta em estágio médio e avançado de regeneração, floresta em estágio inicial de regeneração e macegas, correspondendo 32,49 % da área de estudo, onde a cobertura vegetal favorece a conservação do ambiente em relação às alterações climáticas e o percentual de umidade do material combustível.

A vegetação em estágio médio e avançado de regeneração representa uma área de 4.550,85 hectares, que corresponde a 31,24 % da área de estudo. As demais classes de vegetação natural presentes identificadas correspondem: áreas de floresta em estágio inicial com 136,09 hectares, áreas de macegas com 46,49 hectares e campos sujos representando um total de 218,16 hectares. As áreas com características de solo exposto com presença ou não de processos erosivos, apresentaram 71,44 hectares, correspondendo 0,49% da área de estudo (Figura 3).

Figura 3. Mapa de uso e ocupação da terra na área de estudo.



Fonte: O Autor.

Os cursos d'água locais representam um total de 27,03 hectares, em sua maioria, intermitentes, deixando de fluir sobre a superfície do solo em períodos mais secos. Cabe ressaltar a presença do Córrego Grande nas proximidades aos limites da REBIO, causando significativas interferências na configuração das formações vegetais e na evolução de muitas espécies faunísticas.

Um dos fatores que afetam a propagação de um incêndio florestal é o tipo e as características da vegetação que representam o total de combustíveis disponíveis para o fogo na paisagem. A área total analisada é de 14.597,39 hectares no interior e zona de amortecimento da área de estudo, distribuídos conforme o Quadro 3.

Quadro 3. Uso e ocupação do solo na área de estudo.

Uso e ocupação do solo	Área (ha)	% relativa a área de estudo
Área edificada	2,18	0,01
Área inundável	280,28	1,92
Campo sujo	218,16	1,49
Cultivo Agrícola	66,23	0,40
Cursos d'água	27,03	0,18
Eucalipto	5.762,58	39,5
Floresta Inicial	136,09	0,93
Floresta médio/avançado	4.550,85	31,2
Macega	46,49	0,30
Pastagem	2.919,73	20,04
Reservatório d'água	20,46	0,14
Solo exposto	71,44	0,49
Vias não pavimentadas	495,87	3,40
Total	14.597,39	100

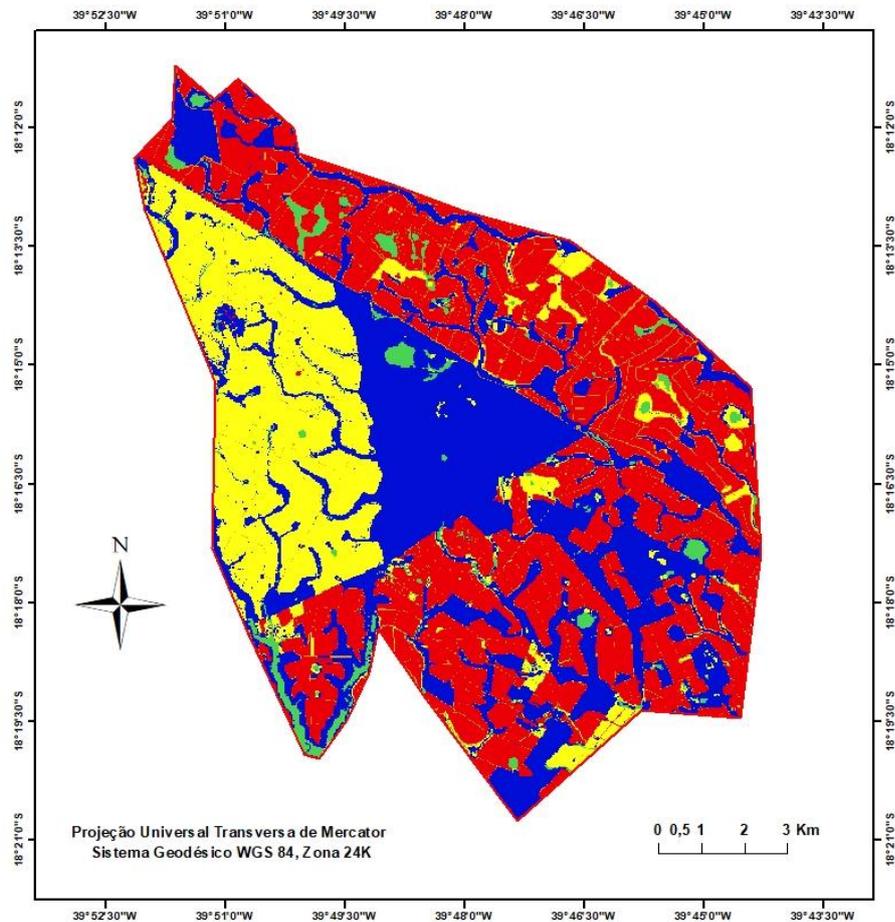
Fonte: O autor.

A maior concentração de uso do solo na REBIO e zona de amortecimento é com plantios de eucalipto, seguido da floresta em médio e avançado estágio de crescimento (interior da REBIO) e pastagens. Os plantios de eucalipto e pastagens representam aproximadamente 60% de toda a área.

Soares (1985) cita que materiais vegetais com diâmetro igual ou inferior a 2,5 cm, por perderem umidade com facilidade, necessitam de menor temperatura para iniciar a queima e propagam o fogo com maior rapidez. Já os combustíveis com diâmetro superior a 2,5 cm necessitam de maior energia para a ignição ao mesmo tempo em que promovem maior duração do fogo, podendo até reiniciar incêndios dados como controlados.

As classes de uso e ocupação da terra da área de estudos foram levantadas, e posteriormente avaliadas quanto ao grau de risco de incêndios, através da modelagem *Fuzzy Gaussian* (Figura 4).

Figura 4. Efeito da função *Fuzzy Gaussian* para a variável uso e ocupação do solo.



Fonte: O Autor.

Segundo Mueller e Dombois (1981), Uhl e Kauffman (1990), Bond e Van Wilgen (1996), florestas tropicais livres de intervenções antrópicas tem baixa tendência à combustão, mesmo na estação seca, devido às suas condições microclimáticas, camada de combustível fino (folhas e ramos) extremamente úmidas e rápida decomposição. Conseqüentemente tem menor acúmulo de matéria orgânica combustível. A vegetação inserida no interior da REBIO, se encontra em estágios mais avançados de regeneração, onde as ações antrópicas necessárias ao manejo da

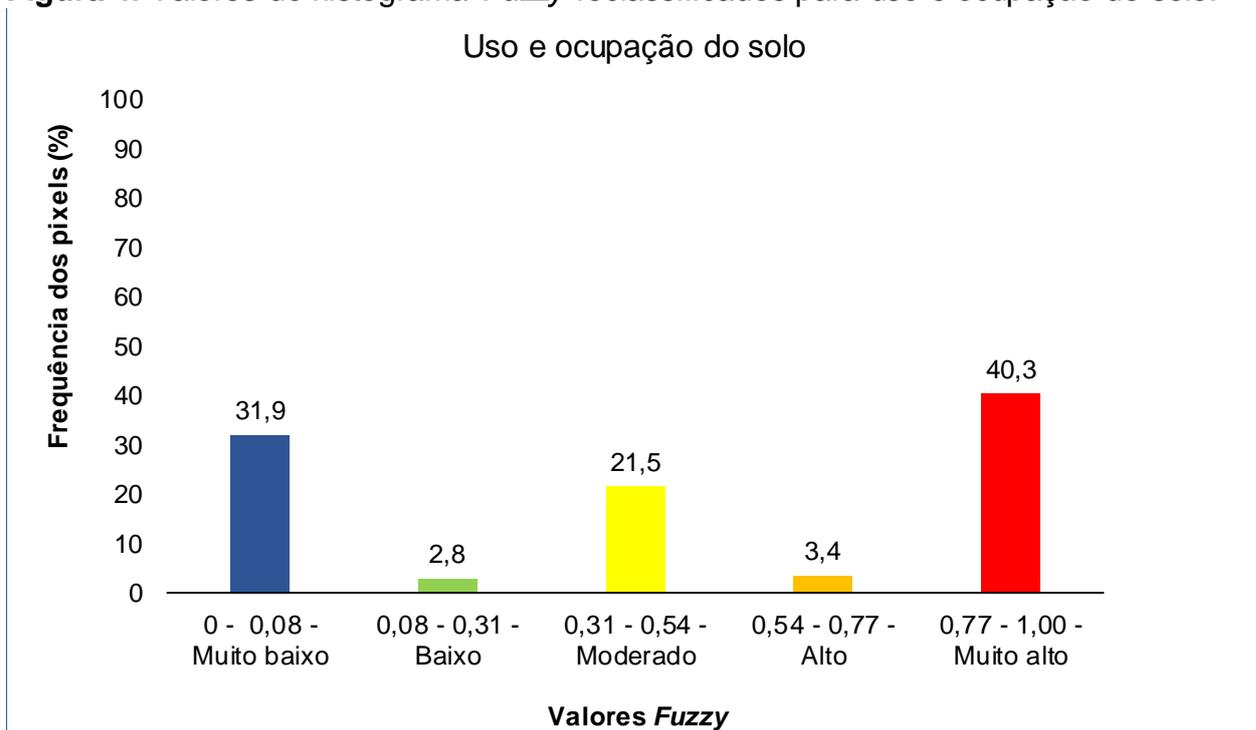
cobertura vegetal são realizadas conforme estabelecidas no plano de manejo da unidade.

Para Silveria et al. (2013), as gramíneas geram acúmulo de combustível maior do que a vegetação lenhosa, favorecendo a ocorrência de incêndios mais intensos, e gerando retroalimentação positiva ente a sua presença e intensidade do fogo. As pastagens assumiram um risco moderado com valor 0,31 no conjunto, com uma frequência total de 2.919,73 hectares presentes na classe.

Os plantios florestais e cultivos agrícolas assumiram os valores mais altos dentro do conjunto *Fuzzy* com valores variando de 0,77 a 0,99 e um total de 5.828,81 hectares, correspondendo a 40,3% da área de estudo, inseridos em locais de variação de risco alto a muito alto. Áreas com monoculturas apresentam maior risco aos incêndios devido a presença de grande quantidade de espécies homogêneas inflamáveis, necessidade de operações agroflorestais que envolvem o uso do fogo no preparo do solo e renovação da pastagem, além de formarem grandes mosaicos na paisagem, por se caracterizarem a grandes latifúndios.

Segundo as investigações de Soares (2003) e Jacobi (2007), o nível de urbanização e fluxo de pessoas e veículos podem alterar os picos de ocorrências de incêndio, haja vista que a grande maioria dos focos são causados por ação antrópica. Desta forma, as vias não pavimentadas assumiram um valor de risco moderado dentro do conjunto *Fuzzy* de 0,54 (Figura 4), por estarem localizadas em regiões que ligam o trânsito de veículos a comunidades, pontos de turismo e às áreas produtivas próximas a área de estudo.

Figura 4. Valores do histograma *Fuzzy* reclassificados para uso e ocupação do solo.



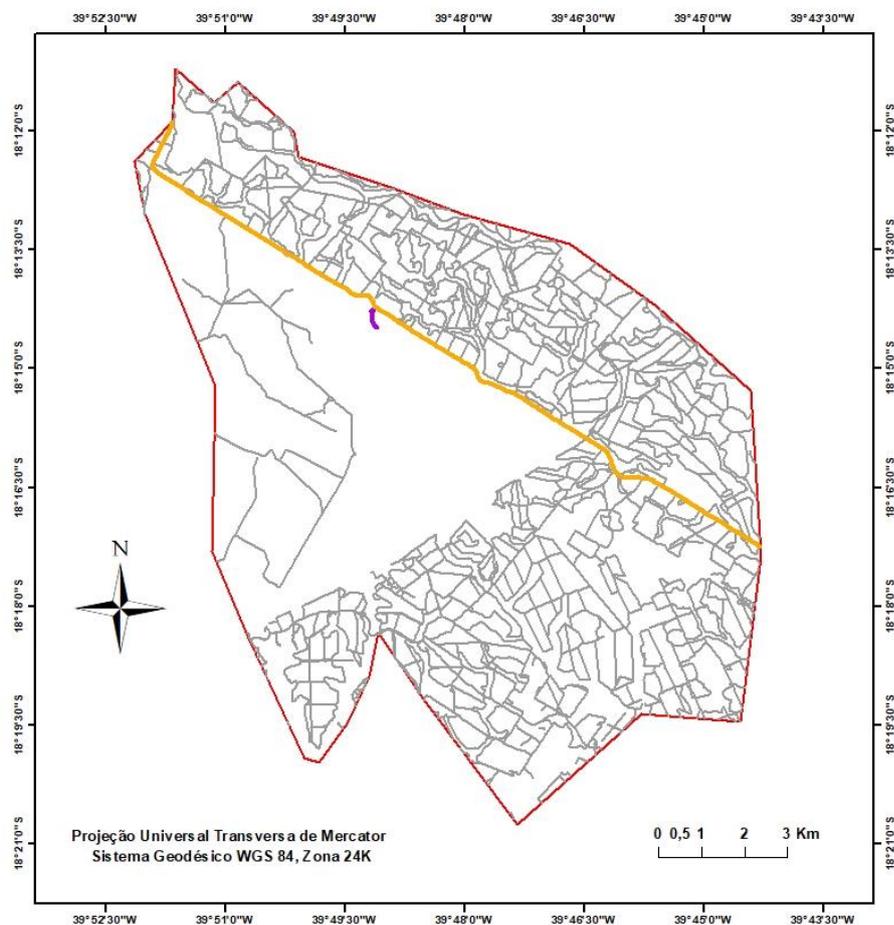
Fonte: O autor

Segundo os relatos Mafia, Loureiro e Laranjeiro (2018), no norte do Espírito Santo são os exemplos mais comuns de causas intencionais. Tem-se notado que os problemas mais intensos de roubo de madeira para produção de carvão vegetal ocorrem associados a três fatores: alto valor da madeira e do carvão vegetal, ausência ou baixa efetividade das ações do poder público e predisposição para essa prática. Desta maneira, torna-se fundamental conhecer e monitorar locais, épocas e horários mais críticos para ocorrências de incêndios através do estudo da composição da cobertura vegetal.

5.2 – Proximidades às estradas

O conjunto de estradas totaliza 1.245,99 km de extensão que apresenta áreas de interface de florestas nativas, florestas plantadas, pastagens e cultivos agrícolas. (Figura 5).

Figura 5. Área de estudo e presença de estradas.



Vias Pavimentadas/Não Pavimentadas

-  Principal
-  Secundárias
-  Acesso
-  Zona de Amortecimento REBIO

Fonte: O autor

Segundo os autores Silva e Santos (2018), as áreas mais próximas às rodovias possuem alto risco de incêndios, já que estão mais sujeitas a eventos indesejáveis e que guardam forte relação com o surgimento do fogo fora do controle, caso de derramamento de combustível na pista e fogueiras produzidas por transeuntes, dentre outros.

A via de acesso a REBIO representa uma extensão de 1,17 quilômetros. As vias secundárias apresentam um total de 1.202,45 quilômetros de extensão, presentes no entorno de talhões de eucalipto e vias que ligam à estrada principal e acesso às

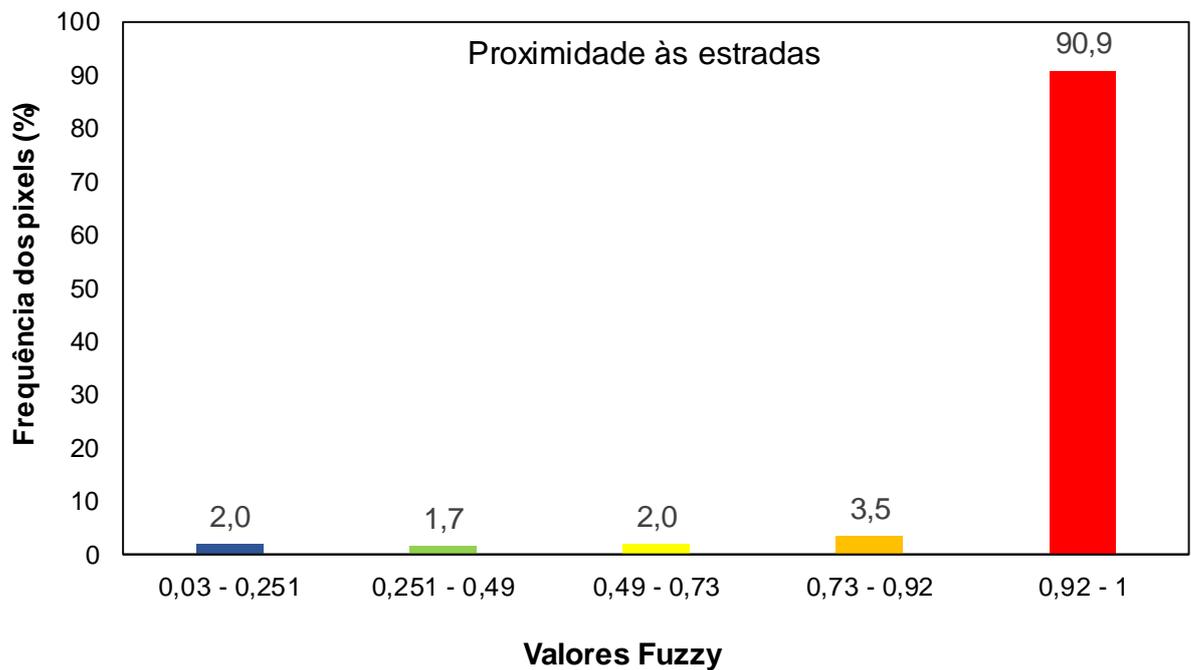
comunidades. Todas as categorias das vias obtiveram no conjunto *Fuzzy* a classe de valor 0,99.

Segundo as investigações de Juvanhol (2014), busca-se a prevenção, certificando que os contornos dos polígonos florestais comerciais sejam sempre protegidos por zonas permanentes compostas por espécies arbóreas de folhas ao entorno da reserva. Outra ação importante ao manejo florestal da região seria de evitar o contato direto entre as bordas dos talhões florestais de produção com áreas de pastagens adjacentes ou mesmo com as margens das vias com presença de gramíneas susceptíveis ao fogo.

Segundo os relatos de Mafia, Loureiro e Laranjeiro (2018), no norte do Espírito Santo e extremo sul baiano, normalmente no período de férias de verão, ocorre aumento expressivo dos incêndios nas margens de rodovias e das estradas. Como prevenção a esses casos, as campanhas educativas têm sido utilizadas pelo governo e pela iniciativa privada. Estas campanhas devem ser orientadas para os motoristas e turistas de um modo geral nesta época específica do ano.

A via principal de acesso para a REBIO do Córrego Grande é utilizada como via de acesso a comunidades rurais, propriedades rurais e pelo turismo local correspondendo a um total de 42,37 km de extensão. Todas as categorias das vias obtiveram no conjunto *Fuzzy* a classe de valor 0,81- 0,99 (Figura 6), indicando que a área de estudo apresenta alto risco de incêndio para o fator proximidade às estradas.

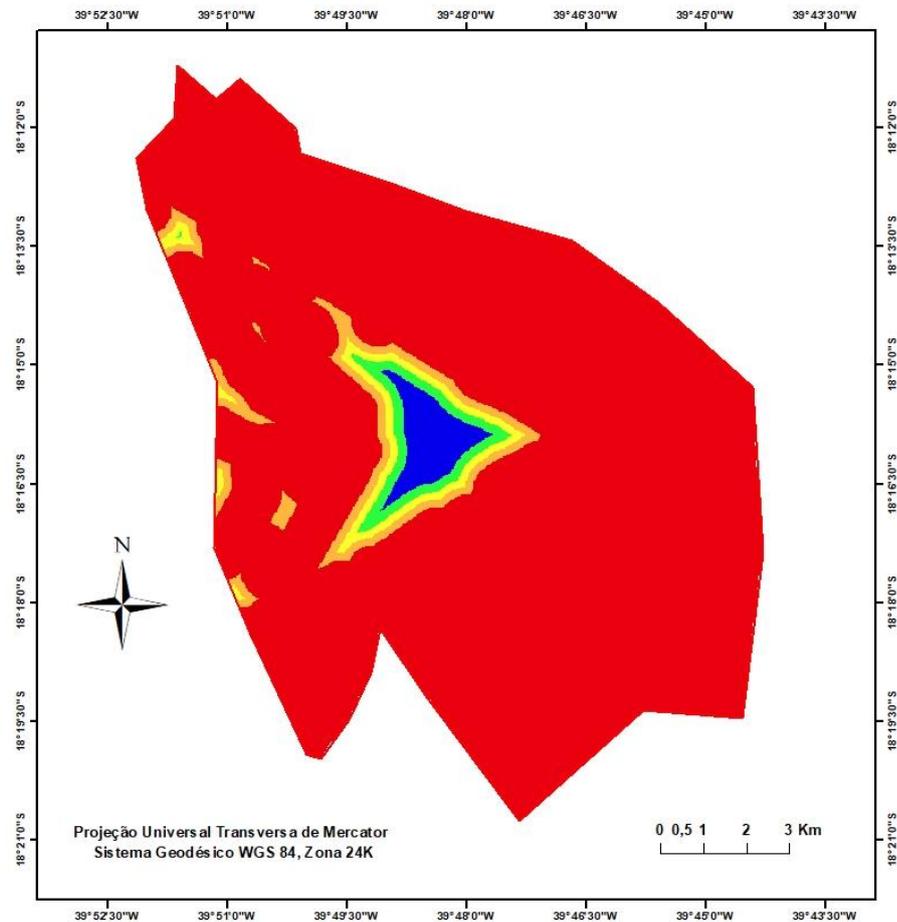
Figura 6 – Valores do histograma *Fuzzy* reclassificado para proximidade às estradas.



Fonte: O autor

Há a presença de atividades de turismo nos períodos de verão próximas a área de estudo, destacando-se as regiões litorâneas situadas entre os municípios de Mucuri (BA), Conceição da Barra (ES) e o Parque Estadual de Itaúnas (PEI), fator que influencia o aumento do risco de incêndios, onde existe necessidade de ações de prevenção (Figura 7).

Figura 7. Mapa *Fuzzy* representando a influência da rede de estradas.



Vias Não Pavimentadas



Fonte: O autor.

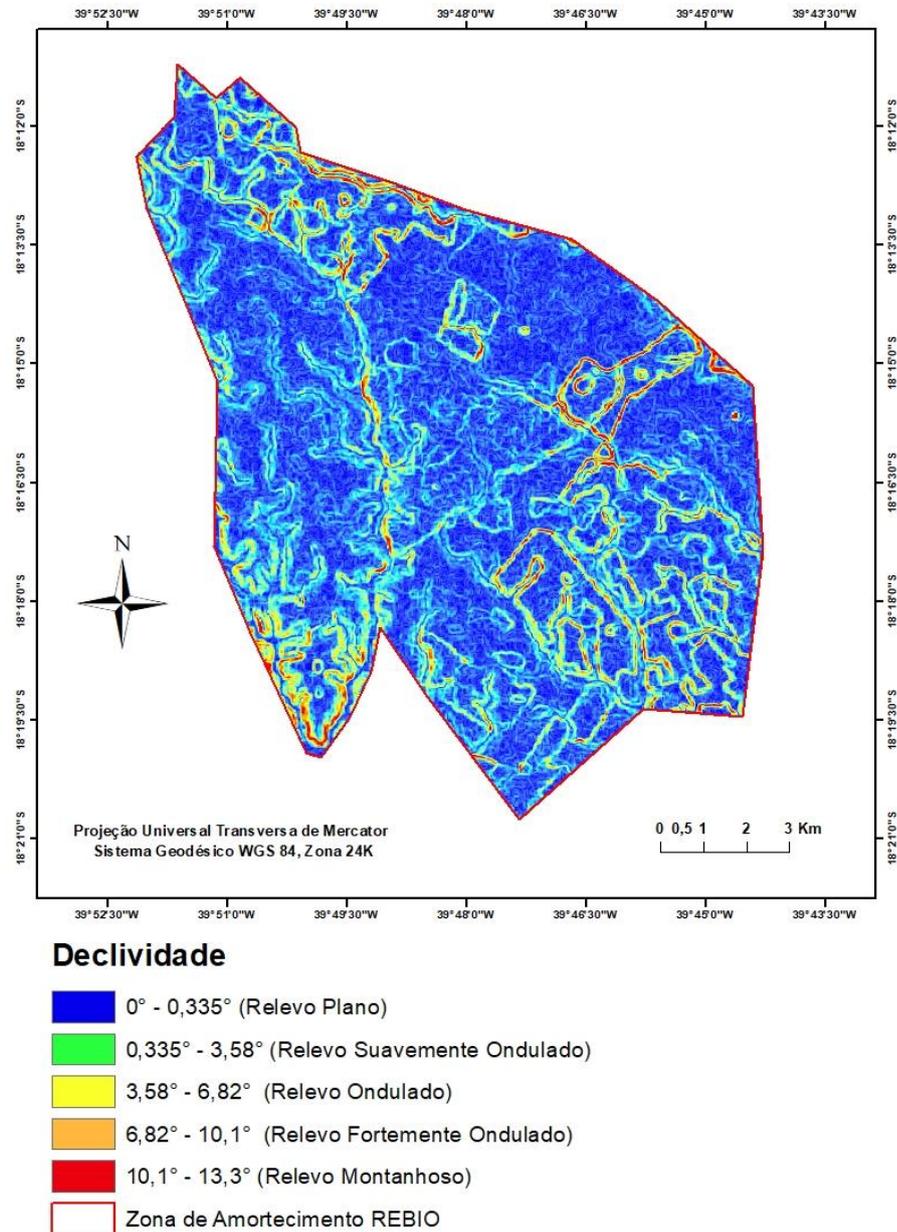
5.3 – Declividade

A declividade interfere no aumento da propagação do fogo. Na área de estudo foi observado que 89,79 % das áreas estão situadas em relevo plano a ondulado (< 7°). As áreas caracterizadas com relevo fortemente ondulado (7° - 13,3°) representam 3,2 %, e locais de relevo acentuado (> 13,3°) representam 1,5% da REBIO (Figura 8).

Segundo Lorenzon; Martins; Brianezi e Valderato (2018), o fator declividade tem ação direta sobre o comportamento do fogo influenciando principalmente a velocidade

e direção de propagação, além de provocar focos secundários de incêndios a partir de material em combustão que se desloca morro abaixo (transferência de massa).

Figura 8. Mapa de declividade na área de estudo.



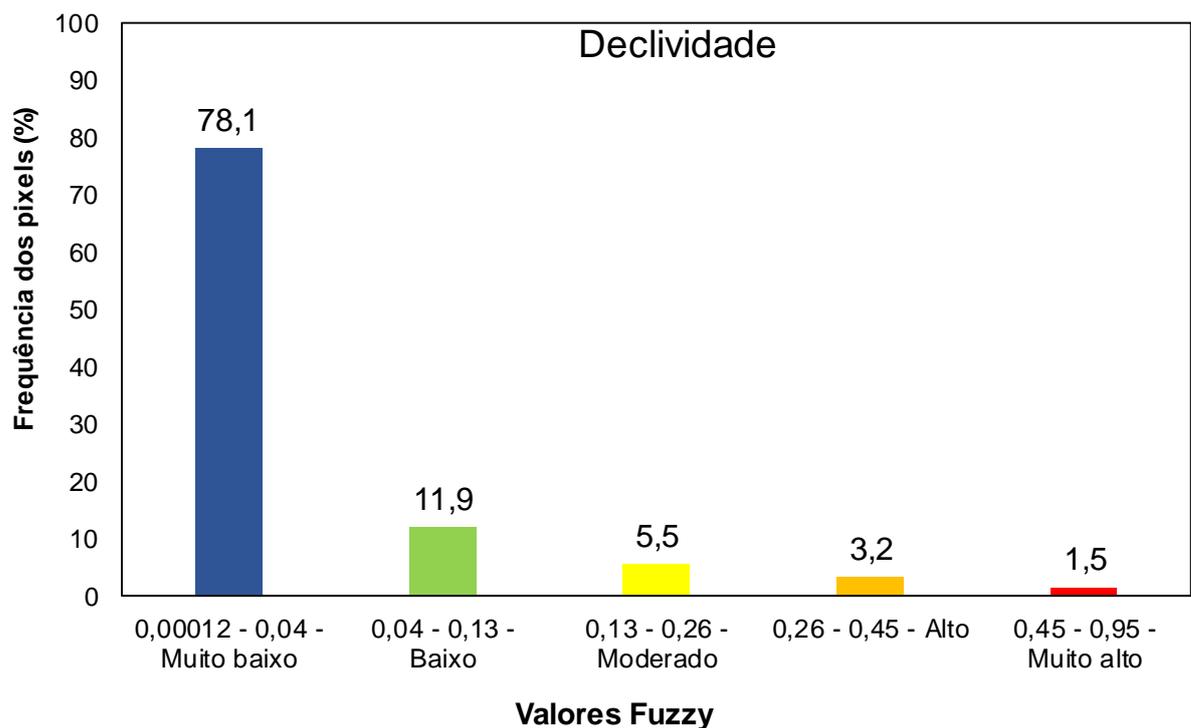
Fonte: O autor

Em vegetações às margens de cursos d'água permanentes e intermitentes presentes na paisagem da zona de amortecimento e proximidades da Reserva, destaca-se o Córrego Grande, regiões caracterizadas por acúmulo de água e maior presença de umidade. Observa-se a presença pontual em vias secundárias de talhões de eucalipto em áreas declivosas, onde o risco ao incêndio se torna elevado.

Segundo Juvanhol (2014), o manejo da vegetação é importante ser realizado em locais de aclave acentuado para minizar os efeitos do fogo sobre a paisagem em que o efeito da declividade é determinado pelo tipo, quantidade e disposição do material combustível. O conjunto *Fuzzy* para a variável declividade apresentou frequência 0,08 a 0,95 (Figura 9).

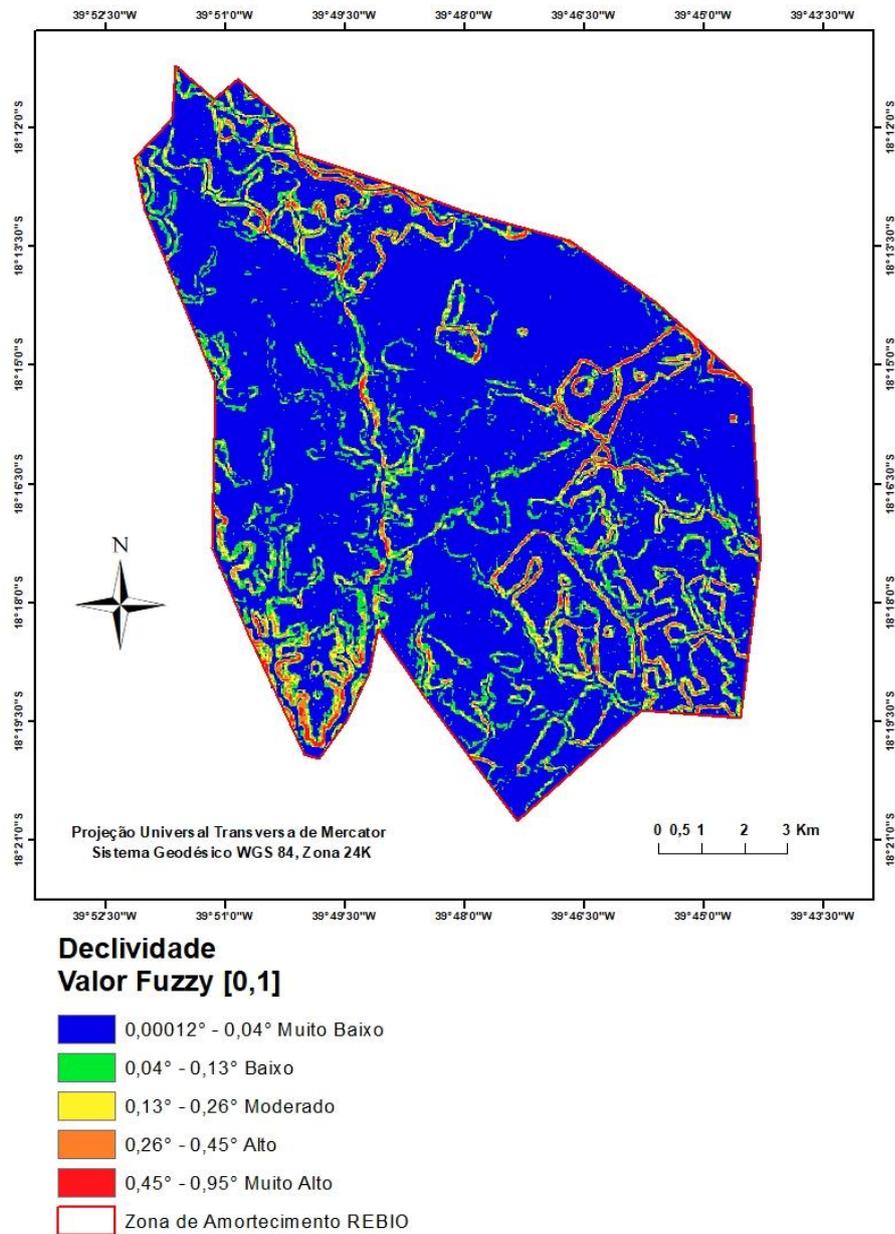
Com base em experimentos Beutling (2009), concluiu que a velocidade de propagação do fogo é quase três vezes maior em terrenos com mais de 20° de inclinação. Além disso, regiões com relevo mais acidentado tornam mais difícil o acesso de brigadistas para combate das chamas e com isso os custos se elevam. No total, apenas 1,5% da frequência de pixels está distribuída nestas áreas, conforme Figura 10.

Figura 9 – Histograma com a frequência de pixels para o fator declividade.



Fonte: O autor.

Figura 10. Mapa representando as classes de declividade na área de estudo.



Fonte: O autor

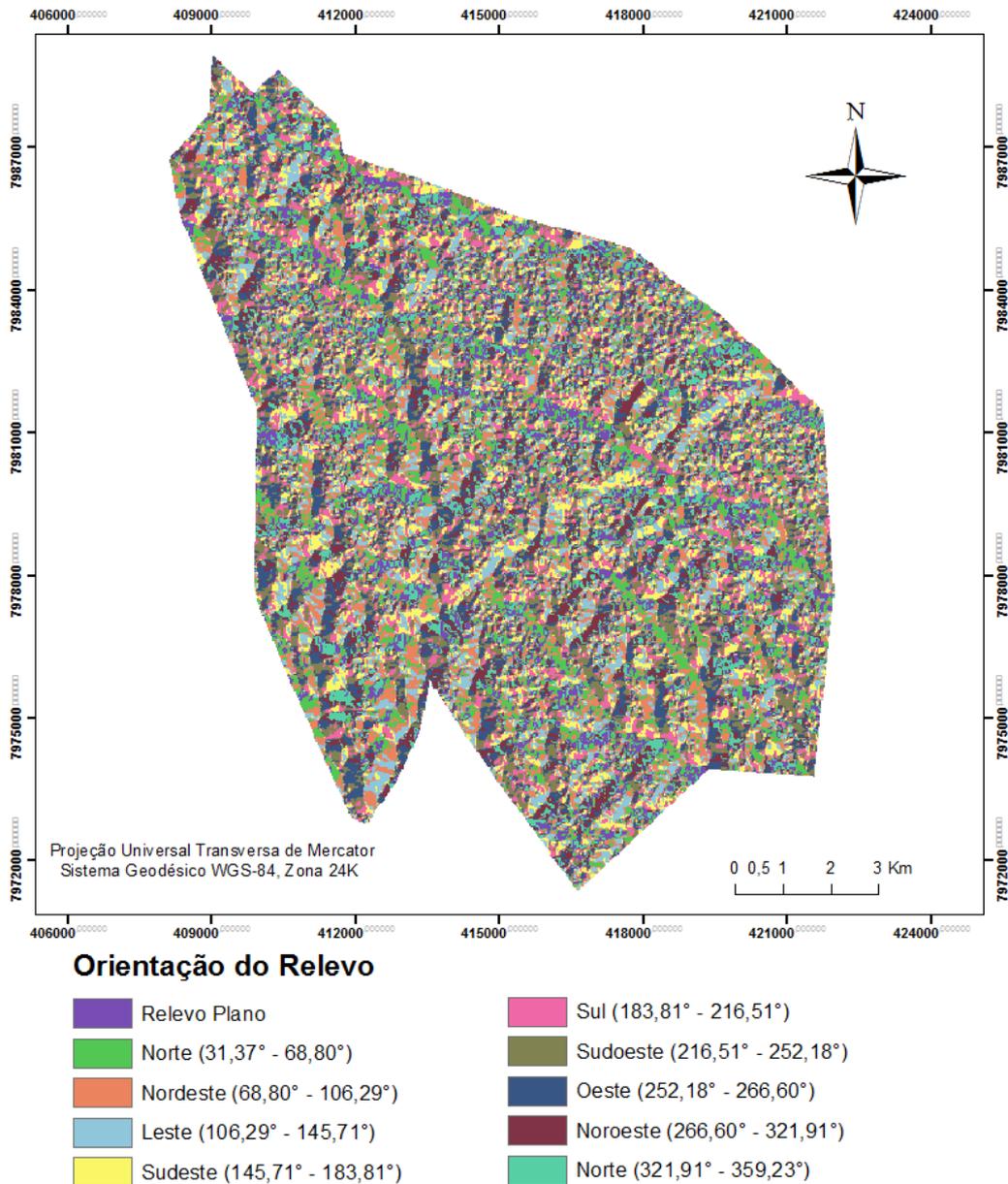
Estes resultados indicam que a área de estudo apresenta risco ao incêndio variando de médio a baixo em relação a declividade. Neste caso, a intensidade e a direção de propagação do fogo terá pouca influência devido a inclinação do terreno.

5.4 – Orientação do relevo

O efeito da orientação do relevo sobre a umidade do ar e do material combustível, apresenta influência direta ao risco de incêndios em função da radiação solar incidente sobre o terreno. Segundo os dados levantados, 23,4 % da área de estudo está situado

em relevo plano, 13,9% voltadas para Sul, 23,1% para a face Sudeste e Sudoeste e 15,4% para a face Oeste (Figura 11).

FIGURA 11. Mapa de orientação do relevo na área de estudo.



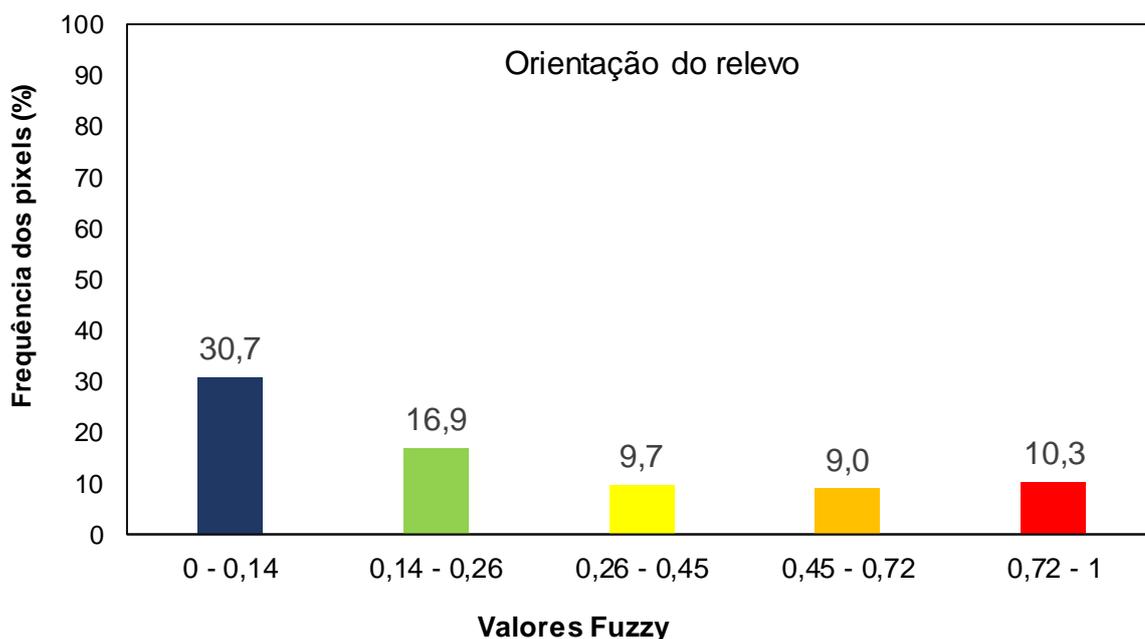
Fonte: O autor.

Em baixa umidade do ar e menor quantidade de nuvens no céu, os raios solares chegam com maior intensidade no solo e conseqüentemente, eleva-se a temperatura do ambiente e acelera a perda de água do material combustível, aumentando o risco ao incêndio (LORENZON et al, 2018). De acordo com alguns estudos, existe uma forte

correlação positiva entre a insolação ou quantidade de horas de brilho solar e a ocorrência de incêndios (PEZZOPANE et al., (2001); SILVEIRA et al. (2008); TORRES et al. (2010); TORRES et al. 2017).

Através da função sino, foram indicadas as faces, com o maior risco de incêndios florestais, conforme a frequência de pixels presente em cada classe (Figura 12).

Figura 12 – Histograma com a frequência de pixels para o fator orientação do relevo.

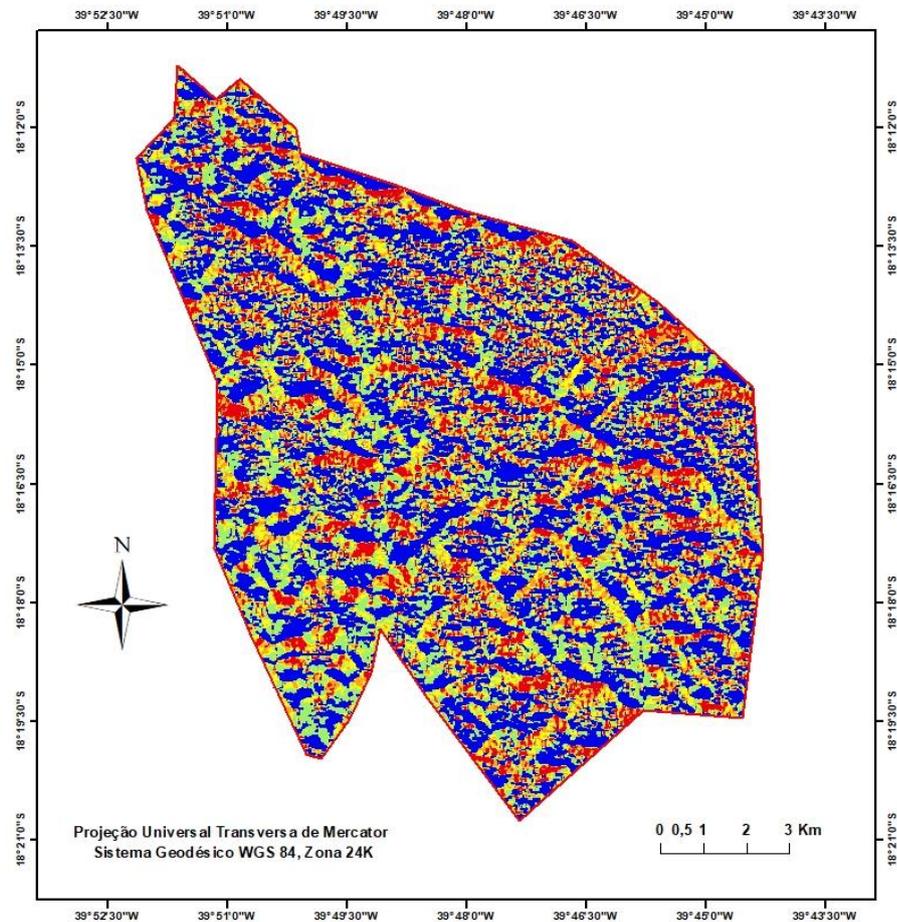


Fonte: O autor

Fuller (1991) cita que a variação da taxa de radiação implica em variações de quantidade e diversidade da vegetação ocorrente pelos diferentes microclimas em função das inclinações do terreno.

A maior concentração de pixels no conjunto *Fuzzy* foi obtida nas classes de 0 a 0,10, correspondendo a cerca de 30,3% da área de estudo, onde o fator orientação do relevo apresenta pouca influência sobre ameaças a riscos de incêndios na face Norte. As áreas que apresentam maior influência em relação ao risco estão expostas às faces Oeste e Noroeste (Figura 13), representando cerca de 25.039 pixels contidos neste intervalo, equivalente a 2.256,40 hectares onde o risco do fogo é positivamente influenciado em relação a exposição à radiação solar.

Figura 13. Mapa do conjunto *Fuzzy* para modelagem a orientação do relevo.



Orientação do Relevo
Valor Fuzzy [0,1]

- 0 - 0,14 Muito Baixo
- 0,14 - 0,26 Baixo
- 0,26 - 0,45 Moderado
- 0,45 - 0,72 Alto
- 0,72 - 1 Muito Alto
- Zona de Amortecimento REBIO

Fonte: O Autor.

Desta maneira, o conhecimento da orientação do relevo na paisagem florestal se faz importante para o estabelecimento de planos de gestão de áreas de ameaças de incêndios.

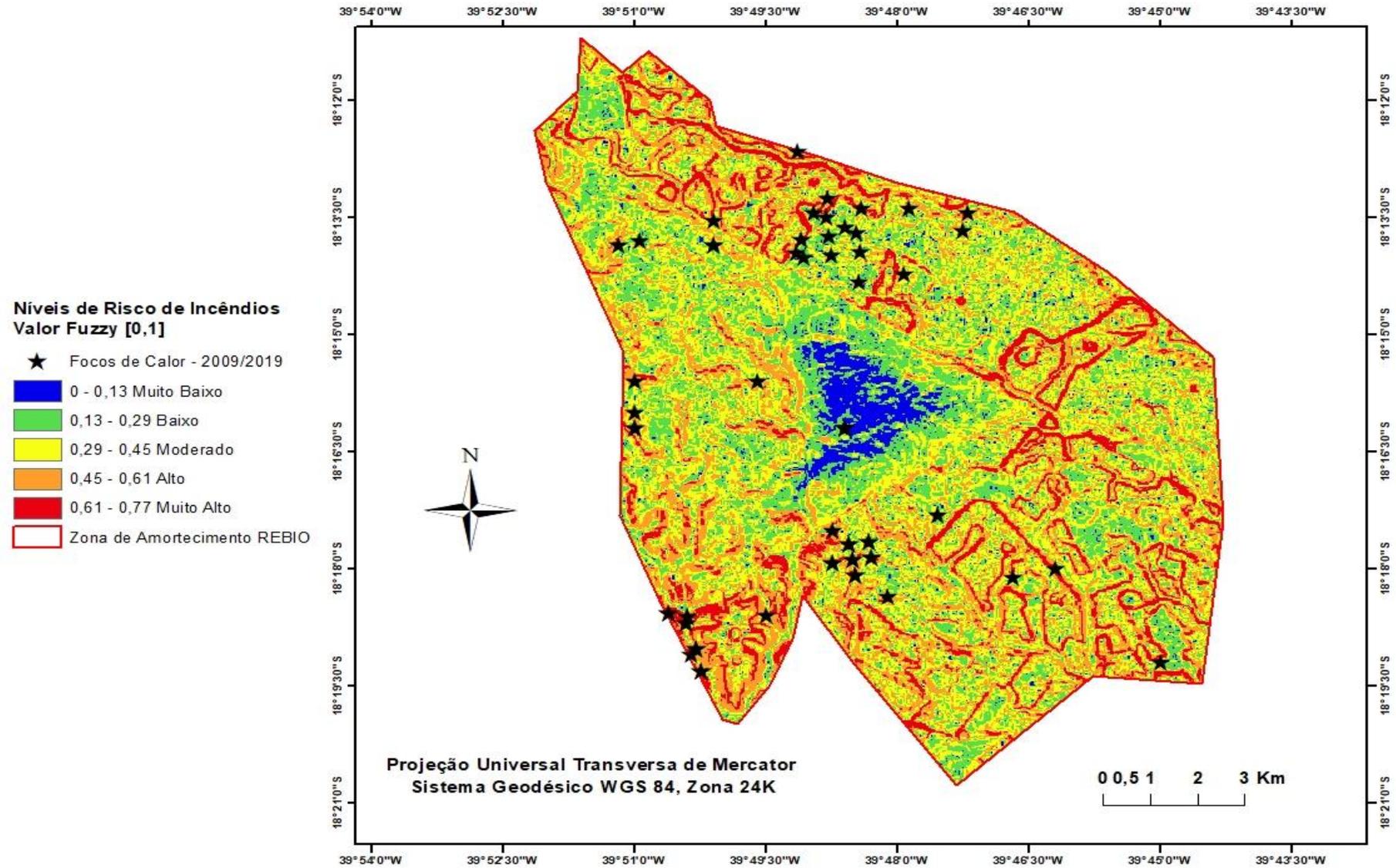
5.6 – Mapa de risco de incêndios

Através da combinação das variáveis levantadas foi elaborado o mapa de risco aos incêndios no conjunto *Fuzzy*. Os menores valores de risco do conjunto 0 – 0,21, estão associados às áreas nas margens de cursos hídrico e floresta em estágio médio e avançado de regeneração como no interior da REBIO, onde o acesso interno é restrito, correspondente a 3,68% da área total de estudo. A classe do conjunto 0,21 a 0,38, apresentou uma frequência total de 40.343 pixels na classe de risco, correspondente a 3.641,07 hectares inseridos em áreas com baixo risco à presença de incêndios.

As avaliações do histograma, mostram que a área de estudo apresenta maior área em hectares nos valores dos conjuntos *Fuzzy* de 0,38 a 0,63 correspondendo a 60,95% da área total da imagem matricial, totalizando 8.890,80 hectares situados em regiões que apresentam risco médio a muito alto. Estes resultados indicam que a área da REBIO e sua zona de amortecimento apresenta variação de risco a incêndios variando de baixo a moderado. Em relação ao grau de risco presente na zona de amortecimento, existem regiões pontuais onde a variação do risco varia de moderado a muito alto, principalmente em locais com a presença de estradas secundárias no entorno dos talhões de eucalipto, atividades agroflorestais e tráfego de veículos para acesso às comunidades da região.

As poucas informações nos registros de ocorrências de incêndios na reserva limitaram uma análise mais detalhada para validação do modelo. Por esse fato, não foi possível analisar se uma área de ocorrência do fogo se concentra em uma zona de maior risco. As áreas inseridas no maior conjunto *Fuzzy* 0,63 a 0,96, correspondem a 10,41 % da área de estudo, totalizando o equivalente a 1.519,13 hectares localizados em regiões de alto risco ao desenvolvimento de incêndios. O RIF foi estabelecido em conjunto com as coordenadas representativas dos focos de calor identificados via sensoriamento remoto entre os anos de 2009 a 2019 presentes na área de estudo (Figura 14).

FIGURA 14. Mapa de risco de incêndios para REBIO do Córrego Grande, ES.



Fonte: O autor.

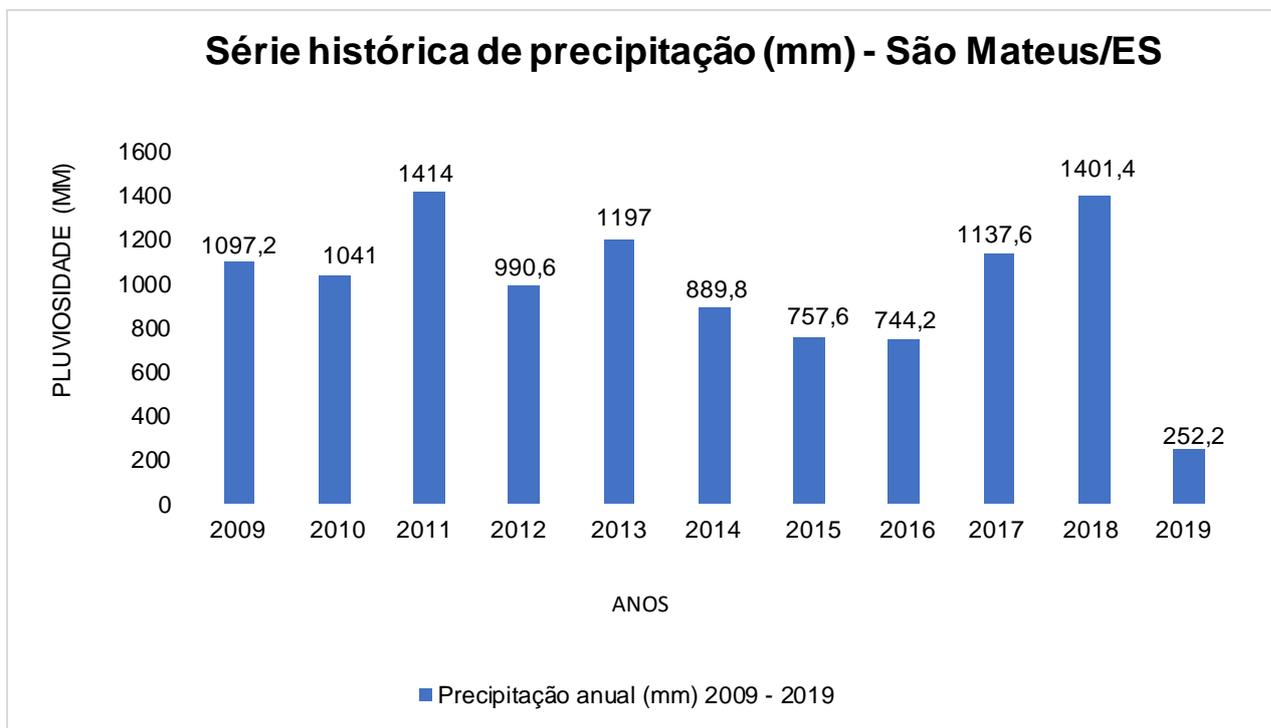
Avaliou-se que os dados pontuais de focos de calor identificados pelo Instituto Nacional de Pesquisas (INPE) mesmo que sejam pontuais, configuraram-se como um importante parâmetro para a avaliação do modelo. Ao todo, foram evidenciados 57 focos de calor presentes na paisagem da zona de amortecimento da REBIO do Córrego Grande. A maioria dos focos de calor estão presentes na classe de uso do solo identificada como plantios de eucalipto, margens de estradas e presentes em casos pontuais nos cultivos agrícolas, pontos onde predominam a ocorrência de operações florestais, atividades agrícolas, tráfego de veículos para acesso as comunidades e turismo local que influenciam positivamente ao desenvolvimento do fogo na área de estudo.

Segundo os estudos de Mafia, Loureiro e Laranjeiro (2018), na região norte do Espírito Santo e extremo sul da Bahia têm se notado que a época mais crítica aos incêndios corresponde aos meses de setembro e outubro, logo após o período seco de inverno e antes do início das chuvas de verão. Esse período geralmente totaliza quase um terço dos eventos (31% dos casos). A maior incidência de focos de incêndio ocorre entre 13:00 e 17:00 h, totalizando quase 50% dos focos diários.

Além de conhecer a causa principal e monitorar locais, épocas e horários mais críticos para ocorrências de incêndios, é fundamental gerenciar a eficiência da estratégia adotada no plano de prevenção, monitoramento e combate aos incêndios florestais (MAFIA; LOUREIRO; LARANJEIRO, 2018)

Além disso, a série histórica de precipitação da região de estudo tem demonstrado que há a presença de irregularidades nos ciclos pluviométricos anuais e com o predomínio de épocas extensas de estiagem de chuvas (Figura 15).

Figura 15. Série histórica de precipitação anual no município de São Mateus – ES entre os anos de 2009 a 2019.



Fonte: Estação Meteorológica de São Mateus, ES.

Segundo os dados da estação meteorológica de São Mateus, localizada no norte do estado, no período entre os anos de 2013 a 2016, houve uma baixa na média de precipitação anual (797,2mm de chuva), ocasionando períodos secos e regime de chuvas severos na região da área de estudo. Nesta mesma época, foram identificados 57 focos de calor na área de estudo, número correspondente a 82,45% das ocorrências registradas entre os anos de 2009 a 2019, onde a média de pluviosidade neste mesmo intervalo é o equivalente a 992,96 mm de chuva, evidenciando o aumento do número de focos de calor em períodos de estiagem e a necessidade de ações de prevenção e monitoramento contra o fogo nesta época do ano.

Finalmente, embora os resultados específicos não sejam esperados para estender-se a outras regiões, a modelagem *Fuzzy* para o risco às ameaças de incêndios pode ser utilizada em outras áreas com informações suficientes dos fatores que podem influenciar no início e propagação do fogo florestal.

6. – CONCLUSÕES

De acordo com os dados levantados, conclui-se:

- A área de estudo apresenta risco de incêndio variando de muito baixo a moderado no interior da Reserva e risco moderado a muito alto na zona de amortecimento;
- As áreas de maior risco no conjunto *Fuzzy* são pontuais e representam especialmente na interface de plantios de eucalipto e vias não pavimentadas (via principal e secundárias).
- Grande parte dos fragmentos da REBIO e sua zona de amortecimento estão inseridos em regiões de relevo plano a ondulado e na sua maioria tendo como face exposição Norte.
- A aplicação da modelagem *Fuzzy* para o risco de incêndio na REBIO do Córrego Grande e sua zona de amortecimento foi adequada para avaliar a influência das variáveis sobre o fogo.
- Todos os focos de calor identificados entre os anos de 2009 e 2019 pelo Programa de Controle de Queimadas (INPE) ocorreram na zona de amortecimento da REBIO do Córrego Grande, localizada entre os municípios de Mucuri (BA) e Conceição da Barra (ES).
- A maior presença de ocorrências de focos de calor foi identificada nos períodos de baixa precipitação média anual entre os anos de 2014 e 2016.
- Em relação a causa da ocorrência dos focos de calor na zona de amortecimento da REBIO, devem ser analisadas previamente as questões/conflitos socioambientais envolvidos no território, principalmente em relação a ação das carvoarias ilegais existentes nas proximidades da região de estudo.

7. RECOMENDAÇÕES

De acordo com os dados levantados, recomenda-se:

- A partir da disposição dos dados, o modelo pode ser repetido e a avaliação do risco pode ser realizada de modo mais preciso para outras regiões;
- O uso de indicadores de desempenho pode ser empregado para acompanhamento do número de focos, área queimada média por foco de incêndio, tempo de deslocamento, tempo de mobilização, tempo e distância de deslocamento, entre outros;
- As iniciativas de empresas privadas devem ser encaradas de forma integrada, buscando complementariedade entre as abordagens, estruturas e recursos. Ademais, as pesquisas devem ser incentivadas e gerenciadas buscando a total cooperação entre as partes envolvidas, com a operacionalização de novas tecnologias envolvendo Universidades, Empresas Privadas, Institutos de Pesquisas e Entidades Governamentais, sendo essa integração de esforços fundamentais para o processo de mitigação de riscos e melhor alocação de recursos destinados a proteção contra incêndios florestais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R. **Forest fire risk areas and definition of the prevention priority planning actions using GIS**. Disponível em: <www.sgi.ursus.maine.edu/gisweb/spatdb/egis/eg94193.html> Acesso em: 15 fev. 2019.

BATISTA, D. S. **Zoneamento de risco de incêndios em povoamentos florestais no norte de Santa Catarina**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, PR, 124 p., 2002.

BEUTLING, A. **Modelagem do comportamento do fogo com base em experimentos laboratoriais e de campo**. 2009. 144 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Florestal, Departamento de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

BATISTA, A. C.; SOARES, R. V. **Manual de prevenção e combate a incêndios florestais**. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 2003.

BOND, W. J. & van Wilgen, B. W. 1996. **Fire and Plants**. Chapman & Hall, London. 263p.

BRASIL. Lei no 9.985, de 18 de julho de 2000. **Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências**. Diário Oficial da União, Brasília, 19 jul. 2000. Disponível em: Acesso em: 22 março. 2019.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12651compilado.htm . Acesso em: 01 de mar 2019.

BRASIL. Lei nº 12.727 de 17 de outubro de 2012. **Altera a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa.** Disponível em: [http:// www.planalto.gov.br/ccivil_03/ ato2011-2014/2012/lei/L12727.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2011-2014/2012/lei/L12727.htm). Acesso em: 01 de mar 2019.

BRASIL. Decreto nº 7.830 de 17 de outubro de 2012. **Dispões sobre o Sistema de Cadastro Ambiental Rural, o Cadastro Ambiental Rural, estabelece normas de caráter geral aos Programas de Regularização Ambiental, de que trata a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, e dá outras providências.** Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ Ato2011-2014/2012/Decreto/D7830.htm. Acesso em: 01 de mar 2019.

BROWN, A. A.; DAVIS, K. P. **Forest fire: control and use.** New York: McGraw Hill Book, 1973.

CNUC, **Cadastro Nacional de Unidades de Conservação.** Disponível em Acesso 12 de mar. 2019.

CARVALHO, P. A. C. F. de. **Modelação do risco de incêndio florestal com redes neuronais artificiais:** aplicação ao Parque Natural Montesinho. 2005. 180 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Sistemas de Informação Geográfica) – Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2005.

CHOU, Y. H.; MINNICH, R. A.; CHASE, R. A. Mapping probability of fire occurrence in San Jacinto Mountains, Califórnia, USA. *Environmental Management*, New York, v. 17, n. 1 , p. 129-140, 1993. DOI: 10.1007/BF02393801.

CHUVIECO, E.; ISABEL. Nuevas tecnologías para la estimación del riesgo de incêndios forestais. Madri. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2004. 190 p.

CNRH CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. 2003. **Resolução nº 32, 15 de outubro de 2003.** DOU-Diário Oficial da União.17 dezembro 2003.

COCHRANE, M. A. Tropical fire ecology: climate change, land use and ecosystem dynamics. Chichester: Springer-Praxis, 2009.

COIMBRA-FILHO, A.F. & CÂMARA, I.G. 1996. **Os limites originais do Bioma Mata Atlântica na região Nordeste do Brasil**. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 86 p.

COLLAR, N.J., GONZAGA, L.P., KRABBE, N., MADRONO NIETO, A., NARANJO, L.G., PARKER, T.A. & WEGE, D. 1992. **Threatened birds of the Americas: the ICBP/IUCN Red Data Book**. International Council for Bird Preservation, Cambridge, 1150 p.

EUGENIO, F. C. et al. Applying GIS to develop a model for forest fire risk: a case study in Espírito Santo, Brazil. **Journal of Environmental Management**, v.173

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

FARR, T. G. et al. **The Shuttle Radar Topography Mission**, Rev. Geophys., 45, RG2004, 2007. doi:10.1029/2005RG000183. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2005RG000183/epdf>>. Acesso em: 24 mar. 2019.

FERNANDES, R.T. **Supervisão de um sistema híbrido eólico/diesel usando Lógica Fuzzy**. Dissertação de conclusão de curso (Mestrado em Engenharia Elétrica), UFMS, 2005. 118p.

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

FIMIA, J. C. M. Factores ambientales – Factores topográficos. In: MUÑOZ, R. V (Ed.). **La defensa contra incendios forestales – Fundamentos y experiencias**. Madrid: McGraw Hill, 2000.

FULLER, M. **Forest fires: an introduction to wildland fire behavior, management, firefighting, and prevention**. 1nd ed. New York: J. Wiley, 1991. 238 p.

INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE. (IUCN). 1994. **Guidelines Protected Area Management Categories**, Gland, 66 p.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBIO). **Efetividade da Gestão das UCs federais**. Brasília: ICMBio/WWF, 2012

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBIO). **As Unidades de Conservação Federais do Espírito Santo**. Rio de Janeiro, 2012.

INSTITUTO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE (IEMA). **Plano de manejo do Parque Estadual de Itaúnas**. Encarte 1 – Informações gerais do parque. Vitória, 2004.

JUNGES, L. Introdução a lógica *Fuzzy*. Artigo apresentado a Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

JUVANHOL, R.S. **Modelagem da vulnerabilidade à ocorrência e propagação de incêndios florestais**. 2014. 77f.: il.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA, 2005. 550p.

LANGFORD, M.; HIGGS, G.; RADCLIFFE, J.; WHITE, S. **Urban population distribution models and service accessibility estimation**. *Computers, Environment and Urban Systems*, v.32, n. 1, p. 66-80, 2008.

LEVERINGTON F, COSTA KL, PAVESE H, et al (2010b) **A Global Analysis of Protected Area Management Effectiveness**. *Environ Manage* 46:685–698. doi: 10.1007/s00267-010-9564-5

LE SAOUT S, HOFFMAN M, SHI Y, et al (2013) **Protected Areas and Effective Biodiversity Conservation**. *Science* 342:803–805. doi: 10.1126/science.1239268

LORENZON, A.; MARTINS, M; BRIANEZI, D.; VALDERATO, E.; **Comportamento do fogo**. 2018. Viçosa, MG. Editora UFV. Incêndio Florestal – Princípios, manejos e impactos. p 66 – 91.

MACHADO NETO, A. P. et al. Incêndios Florestais no Parque Nacional da Chapada dos Guimarães-MT entre 2005 e 2014. **Nativa**, Sinop, MT, v.5, n. 5, p. 355-361, set./out. 2017.

MALCZEWSKI, J. **GIS-based land-use suitability analysis: a criterial overview**. *Progress in Planning*, v.62, p. 3-65, 2004.

MAFIA, R. G.; LOUREIRO, E.B.; LARANJEIRO, A.J. Estratégias na gestão dos incêndios em plantios de eucalipto e em áreas de conservação. Viçosa, MG. 2018. Editora ufv. p 240 – 267.

MEIRELLES, M. S. P. **Análise integrada do ambiente através do geoprocessamento: uma proposta metodológica para a elaboração de zoneamento**. 1997. 192 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1997.

MC ARTHUR, A.G. 1962. **Control burning in eucalypt forests**. **Canberra: Commonwealth of Australia Forestry and Timber Bureau**. Canberra. Austrália.

MISTRY, J. & BERARDI, A. 2006. **Savannas and dry forests: linking people with nature**. Ashgate. 274p.

MISTRY, J. **Assessing fire potential in a Brazilian Savanna nature reserve.** Biotropica, v.37, n.3, p.439-451, 2005

PAZ, A. R. DA.; COLLISCHONN, W.; TUCCI, C. E. M.; PADOVANI, C. R. **Large-scale modelling of channel flow and floodplain inundation dynamics and its application to the Pantanal (Brazil).** Hydrological Processes, v. 25, n. 9, p. 1498–1516, Abr. 2011.

PEW, K. L.; LARSEN, C. P. S. **GIS analysis of spatial and temporal patterns of human – caused wildfires in the temperate rain forest of Vancouver Island, Canada.** Forest Ecology and Management, v. 140, n. 1, p. 1-18, 2001.

PEZZOPANE, J. E. M.; OLIVEIRA NETO, S. N.; VILELA, M. F. (2001). **Risco de Incêndios em Função da Característica do Clima, Relevo e Cobertura do Solo.** In: Floresta e Ambiente, V.8, n.1, PP. 161-166.

PROGRAMA DE QUEIMADAS. INPE. Disponível em: <
<http://www.inpe.br/queimadas/portal>>. Acesso em 18 abril. 2019.

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

TORRES, F. T. P. Determinação dos coeficientes do modelo de Angstrom-Prescott para a Região de Canavieiras, Estado da Bahia. Enciclopédia Biosfera, v. 6, n. 11, 1 – 7. 2010.

RAMOS, R. A. R.; MENDES, J. F. G. **Avaliação da aptidão do solo para localização industrial: o caso de Valença.** Engenharia Civil, n. 10, p. 7 – 29, 2001.

RAMOS, P. C. M. **Sistema nacional de prevenção e combate aos incêndios florestais.** In: Fórum Nacional Sobre Incêndios Florestais, 1., 1995, Piracicaba. Anais...Piracicaba: IPEF, 1995. P. 29-58.

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza.** Retrieved from http://www.presidencia.gov.br/CCIVIL_03/LEIS/L9985.htm

RIZZINI, C.T. 1997. **Tratado de fitogeografia do Brasil: Aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos.** 2a ed. Âmbito Cultural, Rio de Janeiro, 747 p.

ROLIM G.S., CAMARGO M.P.B., LANIA D.G., MORAES J.F.L., 2007 : **Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas.** *Bragantia* 4, 711–720.

ROMERO CALCERRADA, R.; NOVILLO, C. J.; MILLINGTON, J. D. A.; GOMEZ JIMENEZ, I. **GIS analysis of spatial patterns of human-caused wildfire ignition risk in the SW of Madrid (Central Spain).** *Landscape Ecology*, v.23, n. 3, p. 341 – 354, 2008.

ROMERO CALCERRADA, R.; BARRIO PARRA, F.; MILLINGTON, J. D. A.; NOVILLO, C. J. **Spatial modelling of socioeconomic data to understand patterns of human-caused wildfire ignition risk in the SW of Madrid (central Spain).** *Landscape Ecology*, n.221, n. 1, p.341 - 354, 2010.

RUSCHI, A. 1976. **Espécies de Vertebrados que não mais, a partir de 1967 para cá foram encontrados no território do Espírito Santo.** *Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão*, Número especial comemorativo do XXVII Aniversário de sua Fundação- 26.06.1949 a 26.06.1976: 115–118.

SALAS, J.; CHUVIECO, E. **Geographic information systems for wildland fire mapping.** *Wildfire*, v. 3, n. 2, p. 7 – 13, 1994.

SAATY, T. L. **A scaling method for priorities in hierarchical structures.** *Journal of Mathematical Psychology*, v. 15, n. 3, p. 234 – 281, jun. 1977.

SILVEIRA, A. H. de M. et al. **Proposta metodológica para risco de incêndio florestal**: estudo de caso na zona de proteção ambiental (ZPA-1) em Natal/RN. Revista Brasileira de Geografia Física, v.6, n.5. 2013.

SISTEMA NACIONAL DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DA NATUREZA, Lei nº 9.985 de julho de 2.000. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Diretoria do Programa Nacional de Áreas Protegidas. Brasília, julho de 2000. Acesso em 18/05/2019.

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

SOARES, R.V. **Perfil dos incêndios florestais no Brasil de 1984 a 1987**. Revista Floresta, v.18, n.1/2. 94-121. 1988

SOS MATA ATLÂNTICA. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica: Período 2014-2015**. Relatório técnico, São Paulo, 2016. Disponível em: <http://mapas.sosma.org.br/site_media/download/atlas_2014_2015_relatorio_tecnico_2016.pdf>. Acesso em 22 mar. 2019

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Incêndios florestais: Controle efeitos e uso do fogo**. Curitiba: FUPEF, 2007. 264 p.

TSO, B.; MATHER, P. M. Classification methods for remotely sensed data, New York: Taylor & Francis Group, 2009. 155 p.

OLIVEIRA, Danielle dos Santos. **Zoneamento de risco de incêndios em povoados florestais no norte de Santa Catarina**. 2002. 124f. Dissertação, (Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal) Universidade Federal do Paraná, Paraná, Curitiba, 2002.

ONIGEMO, Abisoye Emmanuel. **Avaliação de Índices de Risco de Incêndio em Áreas com Predominância de Gramíneas Cespitosas na Sub-região da Nhecolândia, Pantanal, MS. 2007**. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) –

Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande. Acesso em: 05 mar. 2019.

VALERIANO, M. de M. **Topodata: guia de utilização de dados geomorfométricos locais**. São José dos Campos, SP: INPE. 75 p. Projeto de Pesquisa (Modelagem de dados topográficos SRTM) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, SP, 2008.

VEGA GARCIA, C.; WOODARD, P. M.; ADAMOWICZ, W. L.; LEE, B. S. **A logit model for predicting the daily occurrence of human caused forest – fires**. *International Journal of Wildland Fire*, v. 5, n. 2, p. 101 – 111, 1995.

VOSGERAU, J.L.; BATISTA, A.C.; SOARES, R.V.; GRODZKI, L. **Avaliação dos registros de incêndios florestais do Estado do Paraná no período de 1991 a 2001**. *Floresta*, Curitiba, v.36, n.1, p.23–32, 2006.

WHITE, B. L. A.; RIBEIRO, G. T.; SOUZA, R. M. **Caracterização do material combustível e simulação do comportamento do fogo em eucaliptais no litoral norte da Bahia, Brasil**. *Revista Floresta*, Curitiba, v. 44, n. 1, p. 33-42, 2014. DOI: 10.5380/rf.v44i1.32977.

ZADEH, L. A. Fuzzy Sets. *Information and Control*, v. 8, n. 3, p. 338 – 353, 1965.