



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Tecnologia e Ciências

**Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de
Recursos Hídricos**

Simone Moreira Rodrigues Domiciano

**Classificação de perigo de incêndios na bacia hidrográfica do Médio
Paraíba do Sul: combinação da metodologia AHP e o SIG**

Rio de Janeiro

2024

Simone Moreira Rodrigues Domiciano

**Classificação de perigo de incêndios na bacia hidrográfica do Médio Paraíba do Sul:
combinação da metodologia AHP e o SIG.**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, Curso de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (PROF-ÁGUA), na Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Instrumentos da Política de Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Lucio Silva de Souza

Coorientador: Prof. Dr. Francisco de Assis Dourado da Silva

Rio de Janeiro

2024

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ/REDE SIRIUS/CTCC

D669	Domiciano, Simone Moreira Rodrigues. Classificação de perigo de incêndios na bacia hidrográfica do Médio Paraíba do Sul: combinação da metodologia AHP e o SIG / Simone Moreira Rodrigues Domiciano. – 2024. 92 f.: il. Orientadora: Lucio de Souza. Coorientador: Francisco de Assis Dourado da Silva Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Centro de Tecnologia e Ciências. 1. Meteorologia – Teses. 2. Incêndios florestais - Teses. 3. Impacto ambiental – Avaliação– Teses. I. Souza, Lucio Silva de. II. Silva, Francisco de Assis Dourado da. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Centro de Tecnologia e Ciências. IV. Título. CDU 630*43:556.51
------	---

Bibliotecária responsável: Ingrid Pinheiro / CRB-7: 7048

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese,
desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Simone Moreira Rodrigues Domiciano

**Classificação de perigo de incêndios na bacia hidrográfica do Médio Paraíba do Sul:
combinação da metodologia AHP e o SIG**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, Curso de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (PROF-ÁGUA), na Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Instrumentos da Política de Recursos Hídricos.

Aprovada em 29 de maio de 2024.

Orientador: Prof. Dr. Lucio Silva de Souza

Prof. Água – UERJ

Coorientador: Francisco de Assis Dourado da Silva

Prof. Água – UERJ

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Lucio Silva de Souza (Orientador)

Prof. Água – UERJ

Prof. Dr. Júlio César da Silva

Prof. Água – UERJ

Dra. Gabriela Miranda Teixeira

AGEVAP

Rio de Janeiro

2024

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu esposo William Domiciano e meu filho Nicolas Domiciano.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, Jesus, Nossa Senhora, a Umbanda e meus Orixás, pela força e o dom da persistência a mim contemplada.

Agradeço ao meu coordenador da UERJ, Friedrich Herms, pelos conselhos, materiais enviados e por toda atenção a mim concedida nesta jornada.

Agradeço também ao meu orientador, Lúcio Sousa, pelo empenho durante este processo e por continuar comigo até o fim. Ao meu coorientador, Francisco Dourado, meu muito obrigada pelos feedbacks, por toda atenção aos mapas.

Agradeço a AGEVAP, pelo incentivo e autorização, pela disponibilização de todas as informações que precisei.

Aos meus colegas de trabalho pelas leituras do meu projeto, pelos feedbacks. Aos meus colegas de estudo da turma de 2022, pelas palavras tão importantes que me deram forças para chegar a este momento.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e da Agência Nacional de Águas (ANA) através do Projeto CAPES/ANA AUXPE No. 2717/2015. Agradeço ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) pelo apoio técnico científico oferecido, e a ANA e a CAPES pelo apoio ao ProfÁgua aportado até o momento.

E por último, mas não menos importante, agradeço à minha família e amigos por acreditarem que eu era capaz de conseguir.

Sempre parece impossível, até que seja feito.

Nelson Mandela

RESUMO

DOMICIANO, Simone Moreira Rodrigues. **Classificação de perigo de incêndios na bacia hidrográfica do Médio Paraíba do Sul: Combinação da metodologia AHP e o SIG.** 2024. 92 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (PROF-ÁGUA)), Centro de Tecnologia e Ciências, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2024.

Recentemente, os meios de comunicação têm destacado com frequência os incêndios florestais, não só no Brasil, mas também em todo o mundo. A meteorologia afirma que a ausência de chuva por vários dias aumenta o risco de queima da vegetação aumentando as chances de incêndios florestais. No entanto, outros fatores, como declividade do terreno, ocupação humana, temperatura, precipitação, orientação das encostas, altitude, déficit hídrico e umidade relativa do ar, também influenciam a ocorrência de incêndios florestais. A presente pesquisa teve como objetivo avaliar os perigos de ocorrências de incêndios na região do Médio Paraíba do Sul, classificando-os com base em fatores correlacionados na Região Hidrográfica III ou RH-III. Para isso, foram combinados dados climáticos, topográficos e geobiofísicos, utilizando a metodologia da Hierarquia Analítica (AHP) para ponderar os fatores e o Sistema de Informações Geográficas (SIG) para análise espacial na elaboração do mapa de perigos da região como produto final. Os resultados indicaram que o Parque Nacional do Itatiaia está classificado como uma área de alto risco. Este estudo visa também fornecer informações para futuros relatórios do Comitê Médio Paraíba do Sul sobre eventos críticos, com o intuito de reduzir o impacto ambiental e proteger as áreas naturais vulneráveis na bacia hidrográfica.

Palavras-chave: Mapeamento; Sustentabilidade; SIGA; Prevenção.

ABSTRACT

DOMICIANO, Simone Moreira Rodrigues. **Hazard classification of fires in the Médio Paraíba do Sul river basin: Combination of AHP methodology and SIG.** 2024. 92 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (PROF-ÁGUA)), Centro de Tecnologia e Ciências, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2024.

Recently, the media has frequently highlighted the forest fires, not only in Brazil, but also around the world. Meteorology states that the absence of rain for several days increases the risk of vegetation burning, increasing the chances of fires forestry. However, other factors, such as terrain slope, human occupation, temperature, precipitation, slope orientation, altitude, water deficit and relative air humidity also influence the occurrence of forest fires. This research aims to evaluate the dangers of occurrences of fires in the Medio Paraíba do Sul region, classifying them based on correlated factors in Hydrographic Region III or RH-III (PSRB Region III). On this purpose, there were combined climatic, topographic and geobiophysical data, using the Analytical Hierarchy Methodology (AHP) to consider the factors and Geographic Information System (SIG) for spatial analysis in preparation of the region's hazard map as a final product. The results indicated that the Itatiaia National Park is classified as a high-risk area. This study also aims to provide information for future reports by the Medio Paraíba do Sul Committee on critical events, with the objective of reducing environmental impact and protecting vulnerable natural areas in the river basin.

Keywords: Mapping; Sustainability; SIGA; Prevention.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-	Regiões Hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro.....	21
Figura 2-	Classe de cobertura do solo RH-III.....	25
Figura 3-	Impactos pós incêndios.....	27
Figura 4-	Fluxo da metodologia.....	34
Figura 5-	Passos aplicados na pesquisa.....	35
Figura 6-	Hierarquia dos fatores.....	35
Figura 7-	Área de atuação dos especialistas consultados.....	36
Figura 8-	Exemplo de consulta aos especialistas.....	37
Figura 9-	Matriz de decisão.....	39
Figura 10-	Normalização da matriz.....	40
Figura 11-	Cálculo da Consistência.....	42
Figura 12-	Mapa de declividade da região Hidrográfica do Médio Paraíba do sul - RH III.....	46
Figura 13-	Mapa de elevações da região hidrográfica do médio Paraíba do Sul- RH III.....	48
Figura 14-	Mapa de uso e ocupação do solo da região hidrográfica do médio Paraíba do Sul- RH II.....	50
Figura 15-	Mapa de precipitação da região hidrográfica do médio Paraíba do Sul- RH III.....	53
Figura 16-	Mapa de temperatura da região hidrográfica do Médio Paraíba do Sul- RH.....	55
Figura 17-	Mapa de balanço hídrico da região hidrográfica do Médio Paraíba do Sul- RH III.....	57
Figura 18-	Mapa de encostas/direção das vertentes da região hidrográfica do Médio Paraíba do Sul- RH III.....	59
Figura 19-	Mapa de umidade do ar da região hidrográfica do Médio Paraíba do Sul- RH III.....	61
Figura 20-	Mapa de perigo de incêndios da região hidrográfica do Médio Paraíba do Sul- RH III.....	64
Figura 21-	Número de ocorrências de desastres naturais na RH-III (Médio Paraíba do Sul), totais do período de 2000 a 2012, por município e grupo/tipo de desastre.....	68
Figura 22-	Ocorrências de incêndios detectadas no Parque Nacional do Itatiaia..	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-	Municípios pertencentes à Região Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul.....	22
Tabela 2-	Lógica das notas dos especialistas.....	37
Tabela 3-	Índice Randômico Médio do AHP em função do tamanho da matriz.....	41
Tabela 4-	Porcentagem de Zonas de perigo de incêndios na Bacia Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul.....	65
Tabela 5-	Comparação das áreas identificadas com perigos de incêndios entre muito alto e crítico.....	66

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
AHP	Analytic Hierarchy Process
AGEVAP	Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul
CEIVAP	Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul
CBH	Comitê de Bacia Hidrográfica
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
PNRH	Plano Nacional de Recursos Hídricos
RH	Região Hidrográfica
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul
UERJ	Faculdade do Estado do Rio de Janeiro
UTM	Urchin Tracking Module

LISTA DE SÍMBOLOS

$>$	Maior que
$\times$	Multiplicação
$\therefore$	Conclusão
λ_{max}	Lambda Max

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO.....	15
1	OBJETIVOS.....	19
1.1	Geral.....	19
1.2	Específicos.....	19
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	20
2.1	Descrição da área de estudo.....	20
2.1.1.	<u>A degradação das pastagens e o impacto nas áreas rurais.....</u>	24
2.2.	Os impactos dos incêndios florestais.....	26
3	MÉTODOLOGIA.....	31
3.1	Metodologia Base e Ferramenta escolhida.....	31
3.1.1	<u>(AHP) Processo de Hierarquia Analítica.....</u>	31
3.1.2	<u>Sistema de Informações Geográficas</u>	32
3.2	Aplicação e combinação da metodologia e da ferramenta no projeto de pesquisa.....	34
3.2.1	<u>Consulta aos especialistas.....</u>	36
3.2.2	<u>Matriz de comparação.....</u>	38
3.2.3	<u>Sistema de Informação.....</u>	44
3.2.4	<u>Os mapas temáticos.....</u>	44
3.2.4.1	Mapa de declividade.....	45
3.2.4.2	Mapa altimetria/elevações.....	47
3.2.4.3	Mapa de uso e ocupação do solo.....	49
3.2.4.4	Mapa de precipitação.....	51
3.2.4.5	Mapa de temperatura.....	54
3.2.4.6	Mapa de balanço hídrico.....	56
3.2.4.7	Mapa de encostas/ direção das vertentes.....	58
3.2.4.8	Mapa de umidade do ar.....	60
3.3	O mapa de perigo de incêndios florestais na RH III.....	62
3.3.1	<u>Preparação dos Dados.....</u>	62
3.3.2	<u>Calculadora Raster.....</u>	62

3.3.3	<u>Execução da Calculadora Raster.....</u>	63
3.4	Análise e Visualização dos Resultados.....	63
4	RESULTADO E DISCUSSÃO.....	65
	CONCLUSÃO.....	72
	REFERÊNCIAS.....	75
	APÊNDICE A – Formulário: Consulta a especialistas para a classificação de perigo de incêndios utilizando a combinação da metodologia AHP (Analytic Hierarchy Process) e o SIG (Sistema de Informação Geográfica)	85

INTRODUÇÃO

A água é um bem vital a todos os seres vivos no planeta. Portanto, ela deve ser vista como um patrimônio, ao qual devemos reconhecer o seu valor, proteger, tratar e monitorar.

A utilização irracional e a contaminação de rios e lagos podem resultar na escassez de água doce para as gerações futuras, a menos que ocorram transformações significativas na forma como a humanidade utiliza e trata esse bem (HEILING; CAMPOS et al., 2015).

As legislações, federal nº 9433/1997 e estadual do Rio de Janeiro nº 3239/1999, em âmbito nacional e estadual, respectivamente, implementaram a Política de Recursos Hídricos. Por meio de seus instrumentos de gestão, essas leis orientam e possibilitam uma administração mais eficiente dos recursos hídricos, visando à melhoria, de maneira participativa e democrática, da quantidade e qualidade desse recurso escasso, a água.

Nesse contexto, destaca-se a relevância dos Comitês de Bacias Hidrográficas, que desempenham um papel chave na implementação da Política de Recursos Hídricos. Os comitês são instâncias colegiadas compostas por representantes de diferentes setores da sociedade, e têm como função principal a gestão participativa e descentralizada dos recursos hídricos em suas respectivas bacias. Ao promover a integração de diferentes atores, os Comitês de Bacias desempenham um papel fundamental na tomada de decisões que impactam diretamente a disponibilidade e qualidade da água em suas regiões.

O aumento das populações residentes nos grandes centros urbanos, bem como das atividades agropecuárias e industriais, faz com que cada vez mais, os corpos hídricos sejam comprometidos, em quantidade e qualidade (SANTOS et al., 2016). A água sofre diversos impactos ambientais como a degradação pela poluição, a utilização desordenada pelos seres humanos, indústrias e setores agropecuários. Somado a isso, os desastres naturais também contribuem para essa degradação, representando um fator que muitas vezes foge ao controle humano.

No que diz respeito aos aspectos qualitativos da água, Platão (427-347 a.C.) já reconhecia a importância de regular o seu uso e propunha algum tipo de punição para aqueles que causassem danos aos corpos d'água, uma vez que ele considerava a água como o elemento fundamental para a sustentação das plantações (SILVA, 1998).

Além das preocupações com os aspectos qualitativos da água, é importante também considerar a relação entre a água e o fogo no âmbito da gestão ambiental. O fogo é um fenômeno natural que exerce significativa influência na paisagem e no ecossistema. Desde tempos remotos, o fogo tem desempenhado um papel modelador das florestas, contribuindo

para a renovação e a regeneração de ecossistemas, muito antes das atividades humanas de supressão e controle desse elemento na busca por expansão territorial (VERDE, 2008).

De acordo com Brasil (2021) as queimadas e incêndios florestais apresentam diferenciações pontuais, conforme trazido a seguir.

A primeira é caracterizada por apresentar-se como uma queima deliberada ou acidental de parte de uma floresta, campo ou, de queima de biomassa de forma geral. Também se menciona que é uma prática primitiva da agricultura, destinada geralmente para limpar terrenos para o cultivo de plantações ou formação de pastos, com uso do fogo de forma controlada, que, às vezes, pode se descontrolar e causar incêndios em florestas, matas e terrenos grandes.

Por sua vez, o incêndio florestal é mencionado como qualquer fogo não controlado e não planejado que incida sobre a vegetação, nativa ou plantada, em áreas rurais e que, independentemente da fonte de ignição, exija resposta. É a propagação do fogo, naquelas áreas de vegetação, nativa ou plantada. Usualmente acontece de forma mais recorrente em períodos de estiagem e está intrinsecamente relacionada com a redução da umidade do ambiente.

No que diz respeito a seu início, os incêndios podem se iniciar de forma espontânea ou ser resultado de ações e/ou omissões humanas. Assim, os incêndios florestais podem ser causados de diversas formas conforme descreve Brasil (2021), como: causas naturais (raios, reações de fermentação exergônica, concentração de raios solares por pedaços de quartzo ou cacos de vidros em forma de lente); imprudência e descuido de caçadores, mateiros ou pescadores, por meio da propagação de pequenas fogueiras, feitas em acampamentos; fagulhas provenientes de locomotivas ou de outras máquinas automotoras, consumidoras de carvão ou lenha; perda de controle de queimadas.

Cordeiro et al. (2008) explicam que é um grande desafio da climatologia global prever as mudanças climáticas com detalhe adequado e antecedência suficiente para permitir à humanidade ajustar seu comportamento e evitar as piores consequências de tais mudanças. Globalmente, tem-se definido as características das mudanças climáticas observadas e apontado suas possíveis consequências e impactos sociais. As mudanças climáticas, influenciadas pelo desmatamento, têm impactos significativos, incluindo a redução das chuvas devido à diminuição da reciclagem de água, especialmente durante a época seca.

As alterações climáticas alteram o seu regime de precipitação e podem provocar um aumento na ocorrência de eventos hidrológicos extremos (SENNA et al 2023).

Sendo assim, com o objetivo de avaliar os perigos de ocorrências de incêndios na região do Médio Paraíba do Sul, o desenvolvimento deste trabalho está estruturado em três seções. A seção 3, consiste na revisão bibliográfica que apresenta a área de estudo e aborda os impactos da degradação das pastagens e dos incêndios florestais. A seção 4 apresenta a metodologia da pesquisa, que teve como base o método Analytic Hierarchy Process (AHP), em português Processo de Hierarquia Analítica, que foi empregado nesta pesquisa para estabelecer escala de prioridade entre os fatores que influenciam os incêndios florestais combinado com o Sistema de Informações Geográficas (SIG) aplicado para a análise espacial dos dados. A seção 5 detalha o passo-a-passo e a combinação de meios e ferramentas utilizados nesta pesquisa. Em seguida, a seção 6 apresenta e discute os resultados obtidos no estudo.

Por fim, são apresentadas as conclusões, incluindo a proposição de recomendações para futuras políticas públicas e as referências bibliográficas utilizadas.

Problemática

Os incêndios florestais, potencializados pelas mudanças climáticas, representam uma ameaça crescente para os ecossistemas globais. O desmatamento, em conjunto com as alterações climáticas, intensifica a frequência e a gravidade desses incêndios, resultando em impactos devastadores para a biodiversidade e o equilíbrio ambiental (Fearnside, 2003). Contudo, é imprescindível adotar uma abordagem cautelosa ao lidar com a relação entre o fogo e as atividades humanas. A completa eliminação do uso do fogo revela-se inadequada, uma vez que esse fenômeno natural desempenha um papel crucial na estratégia de desenvolvimento da paisagem e no equilíbrio ecológico. No entanto, compreende-se que incêndios descontrolados podem acarretar impactos significativos, sobretudo nas bacias hidrográficas, e ameaçar a disponibilidade e a qualidade dos recursos hídricos.

Soares (2022, apud NEARY; RYAN; DEBANO, 2005) menciona que entre os efeitos dos incêndios florestais pode-se citar alterações na estrutura do solo ocasionada pela perda da matéria orgânica, tornando-o menos poroso, menos produtivo e mais vulnerável ao escoamento superficial. Consequências podem também ser sentidas no regime de fluxo de rios e pequenos cursos d'água, assim como na qualidade das águas.

Esse processo ocorre geralmente em solos sem a cobertura vegetal protetora, o que diminui em elevado grau a sua fertilidade ao longo do tempo (RIBEIRO, [S.I]). Além disso, quando ocorrem as chuvas os sedimentos carbonizados são carregados para os rios e para os reservatórios que são utilizados no fornecimento de água potável para animais e seres

humanos, causando a poluição dos corpos hídricos. Isso demonstra que os incêndios representam um perigo tanto para a quantidade de água, pois causam a supressão da vegetação, quanto para a qualidade da água, devido aos sedimentos carbonizados carregados para os corpos hídricos.

Portanto, é essencial quantificar os impactos decorrentes de incêndios, especialmente no contexto das bacias hidrográficas, a fim de possibilitar a implementação de uma gestão de riscos eficaz e a adoção de medidas preventivas.

Justificativa

Ao analisar o conteúdo do Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), verifica-se que não são abordadas em nenhum momento questões relacionadas a incêndios florestais ou queimadas (MORAIS, 2022). O Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) é o instrumento orientador para a gestão e implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos no Brasil.

Observa-se também ao analisar o Plano Integrado de Recursos Hídricos do Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul - CEIVAP e no Plano de Recursos Hídricos do Comitê Médio Paraíba do Sul que não foram encontradas questões relacionadas aos incêndios florestais. Nos planos existem citações de eventos críticos através de relatórios de riscos, porém, para a região do Médio Paraíba do Sul o foco dos investimentos está relacionado aos deslizamentos.

A presente pesquisa busca **classificar e identificar as áreas com maiores perigos de incêndios na Região Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul – RH-III**, visando fornecer subsídios para a tomada de decisão e ação frente a eventos relacionados aos incêndios para colaborar com os estudos futuros de eventos críticos em apoio ao plano de gestão de riscos integrado dos Comitês do rio Paraíba do Sul.

A metodologia AHP (Processo Hierárquico Analítico), permite uma análise sistemática dos fatores que influenciam os perigos de incêndio na região pesquisada. Ela utiliza uma abordagem hierárquica, na qual os fatores são estruturados em níveis de importância e são comparados entre si por meio de julgamentos individuais.

De maneira geral, o AHP é a teoria e a metodologia para medição relativa. Na medição relativa, não se está interessado na exata medição de algumas quantidades, mas sim nas proporções entre elas. A ideia é a redução do estudo de sistemas a uma sequência de comparações aos pares.

1. OBJETIVOS

1.1. Objetivo geral

A presente pesquisa tem como objetivo geral avaliar os perigos de ocorrências de incêndios na região do Médio Paraíba do Sul, classificando-os com base em fatores correlacionados.

1.2. Objetivos Específicos

Como objetivos específicos destacam-se as seguintes linhas:

- a) Desenvolver o mapa de perigo de incêndios como produto final, criado a partir da abordagem integrada que combinou o Processo Hierárquico Analítico (AHP) e o Sistema de Informação Geográfica (SIG).
- b) Desenvolver mapas dos fatores selecionados que influenciam os riscos de incêndio na RH III para que sejam incluídos juntamente com seus dados no SIGA – Sistema de Gestão das Águas.
- c) Identificar áreas de perigos de incêndios na bacia por classe Baixo; Médio; Alto; Muito Alto e; crítico, considerando a variedade de fatores que possam influenciar a ocorrência de incêndios florestais.
- d) Fornecer informações ao Comitê Médio Paraíba do Sul para subsidiar a construção de relatórios futuros sobre eventos críticos relacionados a incêndios, visando aprimorar a tomada de decisões e a gestão de emergências.

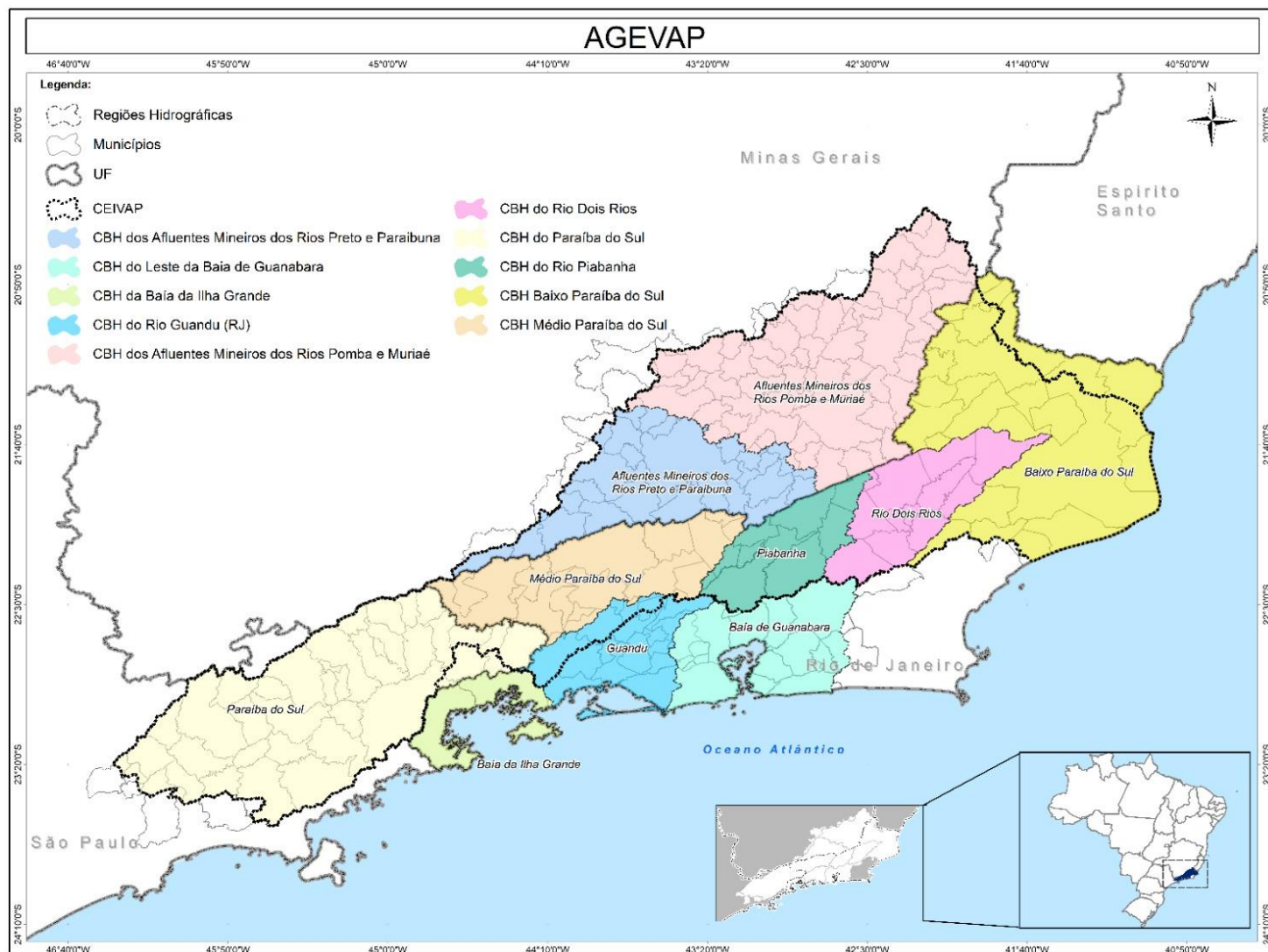
2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Descrição da área de estudo

De acordo com o relatório de situação de 2017 do Comitê Médio Paraíba do Sul, a Região Hidrográfica Médio Paraíba do Sul – RH-III, situa-se ao longo da região do Vale do Paraíba no estado do Rio de Janeiro e foi definida pela Resolução nº 107/2013 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro (CERHI, 2013). A mesma resolução definiu outras regiões hidrográficas.

Abaixo podem ser observado o mapa com as regiões hidrográficas definidas pelo CERHI:

Figura 1 – Regiões Hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro



Fonte: AGEVAP, (2023).

A RH – III, ocupa uma área total de 6.429 km², que equivale a 10,48% na Bacia do Paraíba do Sul. A região possui em sua hidrografia, além do rio Paraíba do Sul, outros rios de domínio federal, como o Preto e o Bananal, e de domínio estadual, como o Pirapetinga, o Turvo, o das Flores e o Ubá (AGEVAP, 2020).

Fazem parte da RH-III os municípios de Itatiaia, Resende, Porto Real, Quatis, Barra Mansa, Volta Redonda, Pinheiral, Valença, Rio das Flores e Comendador Levy Gasparian, inseridos integralmente na Região Hidrográfica, e, ainda, parcialmente os municípios de Rio Claro, Piraí, Barra do Piraí, Vassouras, Miguel Pereira, Paty do Alferes, Paraíba do Sul, Três Rios e Mendes, a Tabela 1 possibilita a visualização detalhada das áreas e sua porcentagem na bacia, (PROFILL, 2020).

Tabela 1 - Municípios pertencentes à Região Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul.

Municípios	Área Total (km²)	% total dentro da Bacia	% total fora da Bacia	Sede na Bacia
Barra do Piraí	578,97	92,08	7,92	sim
Barra Mansa	547,23	100	0	sim
Comendador Levy Gasparian	106,89	100	0	sim
Itatiaia	245,15	100	0	sim
Mendes	97,04	22,85	77,15	Não
Miguel Pereira	289,18	12,59	87,41	sim
Paraíba do Sul	580,53	76,42	23,58	sim
Paty do Alferes	318,8	86,24	13,76	sim
Pinheiral	76,53	100	0	sim
Piraí	505,38	21,72	78,28	Não
Porto Real	50,75	100	0	sim
Quatis	286,09	100	0	sim
Resende	1094,36	100	0	sim
Rio das Flores	478,31	100	0	sim
Rio Claro	837,27	4,37	95,63	Não
Três Rios	326,14	31,64	68,36	sim
Valença	1304,82	100	0	sim
Vassouras	538,13	92,38	7,62	sim
Volta Redonda	182,48	100	0	sim

Fonte: Adaptado de PROFILL, (2020).

Conforme CEIVAP (2015), esta região é predominantemente composta por rochas ígneas, que em certas posições alternam-se com rochas ígneas-metamórficas e metamórficas.

Estas rochas possuem orientação conforme a direção dos principais lineamentos e estruturas regionais.

A área sedimentar existente corresponde a uma pequena extensão na porção oeste, formada pelos sedimentos da região de Resende, que possuem grande importância para exploração de recursos hídricos subterrâneos em virtude de possibilitarem armazenamento de água nos poros e com potencial de vazões elevadas, (CEIVAP, 2015).

A região do Vale do Paraíba, Mantiqueira, Litoral e Planalto Atlântico Norte está inserida nos climas influenciados pelas massas de ar tropical e polar, especificamente no subgrupo do clima tropical úmido das costas orientais e subtropicais, predominantemente sob a influência da massa tropical (CEIVAP, 2015). Na região, a rede hidrográfica do rio Paraíba do Sul é afetada principalmente pelas chuvas de verão, sendo os meses de dezembro a fevereiro os mais chuvosos.

O Médio Paraíba do Sul faz parte da região hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, sendo este afluente do Rio Paraíba do sul. A Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul está localizada em uma área intermediária entre as regiões que apresentam sinais fortes e opostos de oscilações oceânicas em seus regimes de precipitação. A variabilidade da precipitação resulta dos efeitos combinados de variações na dinâmica dos sistemas atmosféricos e nas condições superficiais dos oceanos, Senna et al. (2023, apud Luiz-Silva et al., 2021).

As chuvas apresentam-se com dois períodos muito característicos: um período seco (de junho a agosto), caracterizado por condições tropicais de natureza continental, com baixa umidade relativa do ar, e um período chuvoso (de outubro a março), caracterizado por pelo domínio da massa de ar continental equatorial úmida e instável, com elevada umidade relativa e elevados índices de precipitação, Senna et al. (2023), ANA (2016). Além destas duas estações bem definidas, há períodos de transição: da estação seca para a chuvosa (setembro e outubro) e da estação chuvosa para a seca (abril e maio). A precipitação anual varia de 1.000 mm na região norte do estado do Rio de Janeiro e 2.000 mm na serra da Mantiqueira. Cerca de 80% das chuvas ocorrem nos meses de outubro a março, sugerindo a forte precipitação, Senna et al. (2023, apud Brasiliense et al. 2020).

No âmbito da Região Hidrográfica III (RH-III), predomina o clima subquente, com médias de temperatura variando entre 15 e 18°C em pelo menos um mês. Essa condição climática abrange os municípios de Itatiaia a Rio das Flores. Na porção nordeste, que engloba Paraíba do Sul, Comendador Levy Gasparian e Três Rios, é registrado um clima quente, com médias de temperatura acima de 18°C (PROFILL, 2020). Em áreas de maior altitude da RH-

III, ocorrem casos isolados de clima mesotérmico, com média de temperatura entre 10°C e 15°C. A precipitação anual na região hidrográfica varia entre 1.000 mm e 1.250 mm (PROFILL, 2020).

2.1.1. A degradação das pastagens e o impacto nas áreas rurais

As pastagens na região hidrográfica III (RH-III) são caracterizadas por serem áreas de vegetação herbácea, porém, grande parte delas encontra-se degradada devido ao manejo inadequado. Segundo dados do CEIVAP (2015), as pastagens representam o uso antrópico de maior extensão na RH-III, abrangendo 45,3% da bacia. Em seguida, as áreas urbanas ocupam 7,2% do território.

A forma de ocupação antrópica é um fator mencionado por White et al. (2016), Ladislau et al (2021), Tagliarin et al. (2020), Máquina et al (2023). Nessa conjuntura, Ribeiro (2021) destaca, ainda, as alterações no uso do solo (por exemplo em decorrência de atividades como pecuária, agricultura ou exploração madeireira) que podem conduzir a um desmatamento e uso do fogo e, por conseguinte, em maior susceptibilidade das áreas de risco. Ao reduzir a vegetação e, por consequência do processo de evapotranspiração, o desmatamento aumenta a temperatura da superfície, diminuindo a umidade específica e a precipitação regional aumentando a vulnerabilidade aos incêndios.

Sob um clima estacional, que possui estações bem definidas, as pastagens são mantidas por meio de queimadas que ocorrem anualmente. No entanto, esse processo contínuo acaba resultando na degradação do ecossistema.

Na região do Vale do Rio Paraíba do Sul, sul do estado do Rio de Janeiro a prática do fogo vem sendo realizada desde o século XVIII, Aximoff e Rodrigues (2011, apud Dúsen 1955).

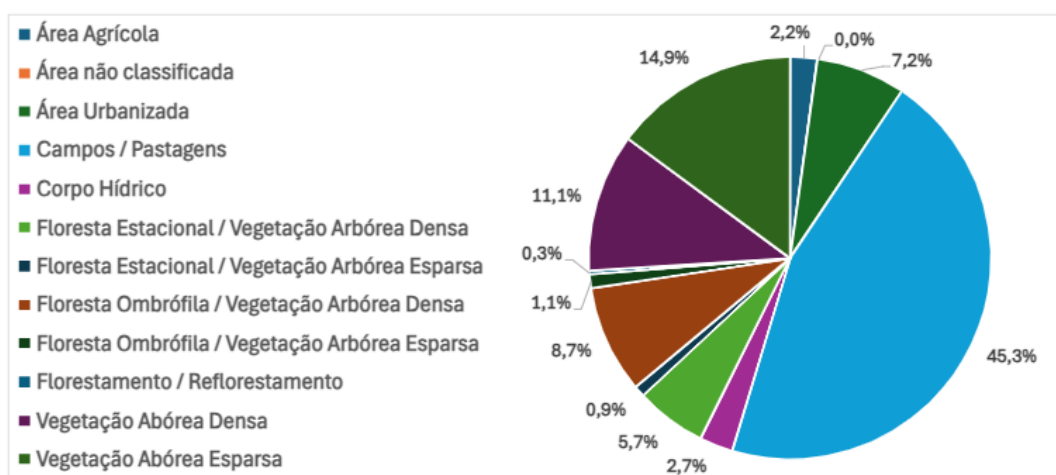
Embora o fogo seja um fenômeno natural que ajuda a manter o equilíbrio dos campos de pastagem, o uso repetido e descontrolado do fogo pode levar a consequências negativas para a biodiversidade, o solo, a vegetação e outros componentes do ecossistema.

À medida que ocorrem queimadas recorrentes os campos vão se tornando mais ralos, com árvores espaçadas e uma menor quantidade de folhas. Essa degradação é resultado das ações antrópicas na região, conforme apontado por Cândido (2007). Portanto, é importante adotar uma abordagem equilibrada e consciente na utilização do fogo como ferramenta de manejo ambiental.

De acordo com o banco de dados de queimadas do INPE, no ano de 2019, foram registrados 2.314 focos de queimadas no Médio Paraíba do Sul. Muitas dessas áreas afetadas foram originalmente desmatadas para a prática da agricultura durante o período colonial. Atualmente, essas áreas são ocupadas por vegetação secundária baixa, herbácea, utilizadas de forma eventual e sem fins específicos. É importante ressaltar que a pecuária se destaca como a principal atividade econômica rural da região, conforme dados de PROFILL (2020).

De acordo com PROFILL (2020), a classe de uso e cobertura do solo para a RH-III, no território da bacia, é majoritariamente de usos antrópicos, que totalizam 54,7% da área total da região hidrográfica. As áreas com vegetação nativa, por sua vez, ainda preservadas dividem-se em Fragmentos Florestais (26%) e em Florestas (16%). A representatividade de floresta na Região Hidrográfica III (RH-III) corresponde a apenas 16,35%, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2 – Classe de cobertura do solo RH-III



Fonte: Adaptado de PROFILL, (2020).

É importante notar que o uso de pastagens já é um fator que contribuiu para a degradação do solo. Tal deterioração é resultado de uma variedade de fatores que podem atuar de forma conjunta ou individual, tais quais: Intensidade inadequada de manejo do solo; Práticas agrícolas inadequadas; Desmatamento desordenado; Erosão do solo; Uso excessivo de agroquímicos, e; Ausência de práticas de conservação do solo.

Esses fatores, quando combinados às ocorrências de incêndios florestais podem gerar uma degradação no solo com grandes impactos. As degradações causadas por pastagens podem comprometer a capacidade de suporte para o crescimento vegetal no local impactando

negativamente a biodiversidade e a qualidade dos recursos hídricos, tudo isso somado a um incêndio florestal de grandes proporções pode ocasionar danos ambientais muitas vezes irreversíveis.

2.2. Os impactos dos incêndios florestais

A Classificação e Codificação Brasileira de Desastres – COBRADE, estabelece que o grupo Climatológico está contido nos desastres de origem natural e contém, no subgrupo seca, os tipos: estiagem, seca, incêndio florestal e baixa umidade do ar (BRASIL, 2012).

De acordo com o trazido na revisão de literatura, as condições climáticas abarcam elementos de temperatura, umidade relativa, precipitação conforme trazido por Ladislau et al (2021) e vento (discutido por Máquina et al (2023), Bello et al (2023), Feitosa (2023)) e são relacionados diretamente com o fogo e sua propagação (RIBEIRO, 2021).

Ribeiro (2021) menciona que essas condições podem ter efeito direto na ignição e comportamento do fogo, bem como na sua propagação. Neste sentido, ao alterar a precipitação e diminuir a umidade podem ser observados efeitos de ressecamento na vegetação e os efeitos de combustão. Da mesma forma pode ser verificado em relação à temperatura, ao gerar um ressecamento da vegetação tornando-a mais propícia à propagação do fogo, quando em condições de baixa umidade, fato que pode ocasionar incêndios.

A perda de umidade influi na taxa de secagem do material combustível. Esse contexto pode causar outros focos de incêndios a medida em que o vento interage com a coluna de convecção e espalha fagulhas e brasas, Ribeiro (2021).

Segundo a Instrução Normativa nº 01 do Ministério da Integração Nacional, desastre é definido como:

“Resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem sobre um cenário vulnerável, causando grave perturbação ao funcionamento de uma comunidade ou sociedade envolvendo extensivas perdas e danos humanos, materiais, econômicos ou ambientais, que excede a sua capacidade de lidar com o problema usando meios próprios.” (BRASIL, 2012).

Sendo os incêndios florestais um evento crítico, pode-se constatar que existem diversas razões para a ocorrência de incêndios florestais, tais como: raios, incêndios causados pela ação antrópica, queimadas para limpezas, entre outros. As queimadas é uma das causas de incêndios florestais que preocupam tanto os cientistas quanto os ambientalistas, além de

toda a sociedade humana, por provocar uma série de consequências ruins, os chamados impactos ambientais, que acontecem devido a recorrente incidência de incêndios (SILVA, 2020).

A Figura 3 possibilita um melhor entendimento dos impactos ambientais pós incêndios florestais.

Figura 3 – Impactos pós incêndios.



Fonte: Própria autoria, (2024).

Após os incêndios florestais, várias formas de poluentes podem afetar as bacias hidrográficas, comprometendo a qualidade da água e o ecossistema aquático. Esses poluentes podem ser transportados para os corpos d'água de várias maneiras, incluindo chuvas intensas e erosão do solo carbonizado. Abaixo estão os principais tipos de poluentes que podem afetar as bacias hidrográficas após incêndios:

- a) **Sedimentos:** A queima da vegetação remove a cobertura vegetal que normalmente protege o solo da erosão. Isso leva à liberação de sedimentos no ambiente aquático. Esses sedimentos podem turvar a água, dificultando a penetração da luz solar, o que afeta a fotossíntese e a vida aquática. Além disso, os sedimentos vão carregar poluentes químicos adsorvidos à sua superfície.
- b) **Cinzas:** As cinzas resultantes de incêndios florestais são ricas em nutrientes, como fósforo e nitrogênio. Quando levadas pela chuva para os cursos de água, podem causar aumentos na concentração de nutrientes. Isso pode levar à eutrofização, um processo em que há um crescimento excessivo de algas e plantas aquáticas, prejudicando a qualidade da água e a vida aquática.
- c) **Matéria Orgânica:** Os incêndios florestais podem queimar vegetação e material orgânico no solo. Isso libera matéria orgânica dissolvida na água, afetando o equilíbrio biológico dos ecossistemas aquáticos. A decomposição dessa matéria orgânica também pode consumir oxigênio dissolvido na água, levando ao baixo teor de oxigênio, o que prejudica bastante a vida aquática.
- d) **Poluentes Químicos:** Além dos poluentes transportados fisicamente, os incêndios florestais podem liberar poluentes químicos diretamente no ambiente. Isso inclui

substâncias tóxicas, como metais pesados e produtos químicos orgânicos persistentes, que podem ser liberados dos materiais queimados. Esses poluentes podem ter efeitos prejudiciais na vida aquática daquela região.

- e) **Microrganismos Patogênicos:** A degradação da qualidade da água devido à entrada de poluentes pode aumentar o risco de contaminação por microrganismos patogênicos, como bactérias, vírus e protozoários. Isso pode representar uma ameaça à saúde humana e animal se a água for usada para abastecimento ou recreação.
- f) **Metais Pesados:** Alguns incêndios florestais ocorrem em áreas onde há depósitos de minerais ou atividades industriais. Nesses casos, os incêndios podem liberar metais pesados tóxicos, como mercúrio, chumbo e cádmio, que podem contaminar as águas das bacias hidrográficas.
- g) **Produtos Químicos de Combate a Incêndios:** Em alguns incêndios, produtos químicos de combate a incêndios são usados para controlar o fogo. Se esses produtos forem mal gerenciados ou lavados pela chuva para os cursos de água, eles podem ser fontes adicionais de poluição química.

De acordo com Barroso (2014), é observado que a Defesa Civil Brasileira não tem histórico de envolvimento significativo com os incêndios florestais. Pode-se entender uma falta de registros em determinados setores, não sendo um dos eventos críticos de maior atenção.

Silveira et al. (2008) destacaram a viabilidade de desenvolver um planejamento abrangente para que os incêndios florestais possam ser previstos. Esse planejamento envolveria não apenas medidas de prevenção, mas também ações de combate em caso de ocorrência desses eventos. Essa abordagem permitiria uma resposta mais eficiente e eficaz diante dos incêndios florestais. No entanto, para que isso ocorra, é necessário realizar diagnósticos detalhados e manter registros e acompanhamentos adequados e atualizados.

Compreender e considerar o universo de elementos é essencial para abordar os incêndios florestais, seja na prevenção ou na resposta a esses eventos. A partir dessa compreensão, torna-se possível elaborar estratégias e políticas apropriadas para lidar com os incêndios florestais, com o objetivo de reduzir seus efeitos adversos e preservar os ecossistemas naturais e as bacias hidrográficas.

Segundo a Embrapa Cerrado (2020):

As causas das queimadas e dos incêndios florestais são em muitos casos objeto de dúvidas e investigação. Dados de nossas pesquisas mostram que, em parte, elas podem ser derivadas a partir de um descontrolado uso do fogo. O que muitas vezes teria finalidade doméstica pode ser disseminado e se tornar um problema público. Todavia, os resultados indicam que o uso errôneo do fogo pode ser minimizado, principalmente se houver maior envolvimento dos órgãos públicos, sobretudo com a oferta de atividades informativas, instrucionais e de educação ambiental junto às comunidades rurais. (EMBRAPA CERRADOS, 2020).

O ser humano, ainda figura como a maior ameaça ao equilíbrio ambiental, sua negligência ao descartar resíduos poluentes e explorar desmedidamente os recursos naturais para fins industriais e de progresso acarreta desastres ecológicos. Neste cenário, é necessário assumir a responsabilidade de agir preventivamente e adotar medidas para mitigar os danos que o ser humano é capaz de causar. A sustentabilidade, nesse contexto, emerge como o meio primordial para assegurar o suprimento das necessidades da sociedade atual sem comprometer as gerações futuras.

A ocorrência de incêndios depende de diversos fatores, como a tipologia florestal, quantidade e qualidade do material combustível, características topográficas e meteorológicas (umidade relativa, temperatura do ar, velocidade e direção dos ventos, evapotranspiração, precipitação e radiação solar) (CARREIRAS et al., 2014). Por esses motivos pode-se afirmar que risco de incêndios é o resultado de ‘N’ fatores que podem ser constantes e variáveis, um exemplo são os fatores meteorológicos que são extremamente variáveis.

Tais fatores corroboram a importância de realizar a gestão dos perigos, para que as ações precedam às perdas e impactos e não sejam realizadas somente de forma posterior à ocorrência de incêndios. Chen et al. (2001) exploraram a previsão de incêndios florestais, ressaltando a relevância de fatores humanos, ecológicos e climáticos, incluindo hidrografia, padrões de uso do solo, geomorfologia e proximidade de áreas habitadas. Essa análise está em consonância com as conclusões de Barros e Barros (2012), que caracterizaram estiagens como períodos de redução temporária das precipitações pluviométricas e períodos chuvosos. Adicionalmente, os autores também definiram secas como estiagens prolongadas, resultando em uma redução sustentada das reservas hídricas. Ampliando assim a compreensão dos eventos climáticos extremos.

Essas visões complementares destacam como os fatores climáticos e os ambientais impactam eventos como incêndios florestais e condições de seca, ressaltando a necessidade de uma abordagem interdisciplinar para lidar com esses fenômenos.

Araújo (2022), Assunção e Souza (2022), Feitosa (2023) somam discussões no que diz respeito a orientação de encosta. Nesse cenário, ela apresenta sua relevância por estar associada à redução da umidade de materiais combustíveis sobre incidência direta da energia solar, partindo do pressuposto de que, quanto maior o tempo de exposição solar, maior é o perigo ao incêndio, estando, portanto, diretamente ligado à sua propagação.

A declividade do terreno é mencionada por White et al. (2016), Ladislau et al (2021), Tagliarin et al. (2020), Máquina et al (2023). Esse fator está diretamente relacionado com a direção do vento e intensidade de propagação do fogo. Araújo (2022) discute que o ar quente proveniente da área incendiada pré-aquece os combustíveis à frente do fogo, proporcionando maior velocidade de avanço nos aclives.

Torres e Huaca (2019) mencionam o déficit hídrico haja vista a relação existente entre a ocorrência dos incêndios na cobertura vegetal essencialmente em períodos de maior déficit e acúmulo de material combustível.

Em linhas gerais, conforme trazido por Girão (2018), o risco: pode ser definido como a situação em que um sujeito ou fator biótico/abiótico está exposto ao perigo. **O perigo, por sua vez, é caracterizado por ameaças, fatores, ações ou a ausência de ações preventivas que aumentam a susceptibilidade ao risco.**

Já o conceito de suscetibilidade decorre da probabilidade do quanto um sujeito ou fator biótico/abiótico está exposto ao risco.

Outros conceitos são descritos como correlatos, a saber: o de vulnerabilidade verificado como condições ou características sociais que determinam a exposição de um meio físico-natural ao risco e fragilidade correspondendo às condições ou características naturais que determinam a exposição de um meio físico-natural ao risco (GIRÃO, 2018).

A falta de conhecimento sobre o perigo de incêndio é uma questão que requer atenção. Para implementar medidas de mitigação eficazes, é necessário possuir uma compreensão aprofundada da periculosidade dos incêndios florestais, pois é a partir desse entendimento que o perigo pode ser adequadamente avaliado. Uma abordagem promissora para essa avaliação é a combinação da metodologia AHP (Processo de Hierarquia Analítica) com Sistemas de Informações Geográficas (SIG), executada na presente pesquisa.

Através dessa integração, é possível antecipar a ocorrência de incêndios, desenvolvendo modelos que estabelecem uma base de cálculo, permitindo a construção de um mapa de periculosidade de incêndios florestais. Esse mapa é fundamentado em fatores altamente correlacionados espacialmente, fornecendo uma ferramenta eficaz para o planejamento e a gestão de recursos na prevenção e combate a incêndios florestais.

A região do Médio Paraíba do Sul possui características únicas, e a metodologia AHP oferece a flexibilidade necessária para adaptar-se a essas particularidades. Somado a isso, o ajuste aos critérios de acordo com as características geográficas e ambientais locais, torna o sistema de classificação de perigo ainda mais preciso e personalizado.

3. METODOLOGIA

3.1. Metodologia Base e Ferramenta escolhida

3.1.1. AHP - Processo de Hierarquia Analítica

O Processo Analítico Hierárquico (AHP), uma metodologia desenvolvida por Thomas L. Saaty na década de 1970, se tornou amplamente utilizada em diversos campos, como tomada de decisões, gestão estratégica e engenharia de sistemas. Este método de análise multicritério visa auxiliar na tomada de decisões complexas, dividindo o problema geral em avaliações segundo uma hierarquia de importância, enquanto mantém, ao mesmo tempo, a participação desses problemas menores na decisão global.

De acordo com FRANCO; HERNANDEZ; MORAES, (2013):

Na análise de problemas para a tomada de decisão, as informações obtidas através do levantamento de dados geram um elevado número de variáveis ou de atributos que, durante o processo de avaliação, necessitam de critérios aos quais são atribuídos pesos e valores. Assim, cria-se uma hierarquia em que, para facilitar a tomada de decisão, se prioriza os que detiverem maior peso e significância, (FRANCO; HERNANDEZ; MORAES, 2013).

A proposta do AHP é decompor um problema complexo em uma hierarquia de critérios, e depois comparar as alternativas em relação a esses critérios de forma sistemática. Aqui está uma explicação passo a passo do processo:

1. Estabelecimento da hierarquia: O primeiro passo é identificar o objetivo da decisão e decompor esse objetivo em critérios hierárquicos ou fatores que são relevantes para a tomada de decisão.

2. Ponderação dos critérios: Uma vez estabelecida a hierarquia, os especialistas atribuem pesos aos critérios ou fatores com base na sua importância relativa.
3. Estabelecimento das comparações paritárias: Em seguida, os especialistas comparam par a par os critérios ou fatores em termos de sua importância relativa. Isso é feito usando uma escala de comparação que geralmente varia de 1 a 9, onde 1 indica que os dois critérios ou fatores são igualmente importantes e 9 indica que um é extremamente mais importante que o outro.
4. Consistência das comparações: Durante as comparações, é necessário manter a consistência para garantir resultados confiáveis. O AHP inclui métodos para verificar e corrigir inconsistências nas comparações feitas pelos tomadores de decisão.
5. Cálculo das prioridades: Com base nas comparações feitas e nos pesos atribuídos aos critérios ou fatores, são calculadas as prioridades relativas das alternativas em relação a cada critério ou fator.
6. Consistência global: Além de verificar a consistência das comparações par a par, o AHP também verifica a consistência global de todo o processo de tomada de decisão. Se forem encontradas inconsistências, ajustes podem ser feitos.
7. Agregação das prioridades: Por fim, as prioridades relativas são combinadas para obter uma pontuação geral para cada alternativa. Isso permite classificar as alternativas de acordo com sua adequação em relação aos critérios ou fatores estabelecidos.

Para a análise é utilizada a matriz de comparação, o AHP utiliza o cálculo de autovalores e autovetores, que permitem obter os pesos relativos dos critérios ou fatores. Esses pesos são, então, normalizados para obter uma escala relativa de prioridades (Saaty, 1990). Com base nesses pesos, é possível realizar a classificação das alternativas e determinar a solução mais adequada para o problema em questão. Os autovalores e autovetores são conceitos matemáticos que, quando aplicados ao problema, permitem obter os pesos relativos dos fatores e das alternativas analisadas.

3.1.2. Sistema de Informações Geográficas

O Sistema de Informações Geográficas - (SIG), é uma ferramenta computacional que permite a coleta, armazenamento, análise e visualização de dados georreferenciados, ou seja, informações que estão associadas a uma localização

específica na superfície terrestre. O SIG combina dados espaciais (geográficos) com atributos descritivos para criar mapas e realizar análises espaciais.

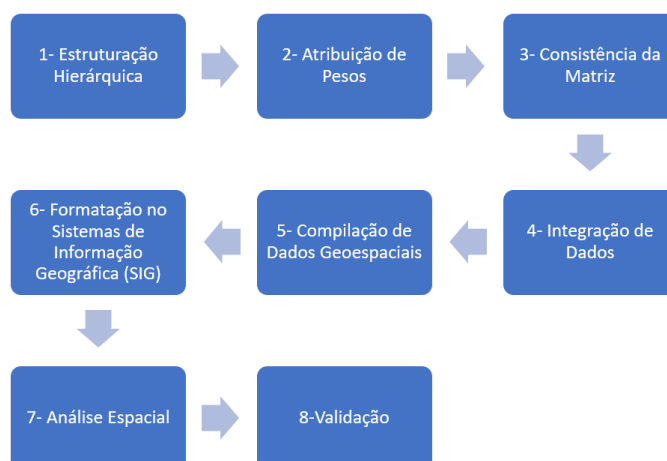
Conforme destaca Longley et al. (2015), o SIG é uma ferramenta que possibilita a manipulação, análise e visualização de informações georreferenciadas, promovendo uma compreensão mais profunda das relações espaciais.

Abaixo exemplifica-se a utilização dos componentes e funcionalidades do SIG:

1. Coleta de dados: O SIG pode integrar uma variedade de fontes de dados, incluindo imagens de satélite, mapas, levantamentos de campo, dados demográficos, dados ambientais, entre outros. Esses dados podem ser obtidos de fontes governamentais, empresas privadas, pesquisas acadêmicas e outros.
2. Armazenamento de dados: Os dados coletados são armazenados em um formato georreferenciado, o que significa que cada conjunto de dados é associado a uma localização geográfica específica, geralmente através de coordenadas de latitude e longitude.
3. Análise espacial: Capacidade de realizar análises espaciais. Incluindo a realização de consultas espaciais para identificar padrões, relações e tendências nos dados, bem como a execução de operações geoespaciais, como buffering, sobreposição, interpolação, entre outras.
4. Visualização de dados: Visualizações gráficas dos dados, facilitando a compreensão e interpretação das informações espaciais. Os mapas podem ser personalizados com diferentes simbologias, cores e camadas para destacar aspectos específicos dos dados.
5. Tomada de decisão: Com base nas análises e visualizações realizadas, os usuários podem tomar decisões sobre questões relacionadas a planejamento urbano, gestão ambiental, agricultura, segurança pública, entre outros campos.

A combinação da metodologia e da ferramenta foi importante para o desenvolvimento do produto. Para essa aplicação necessita-se seguir os 8 passos conforme exemplificado na figura 4:

Figura 4 – Fluxo da metodologia



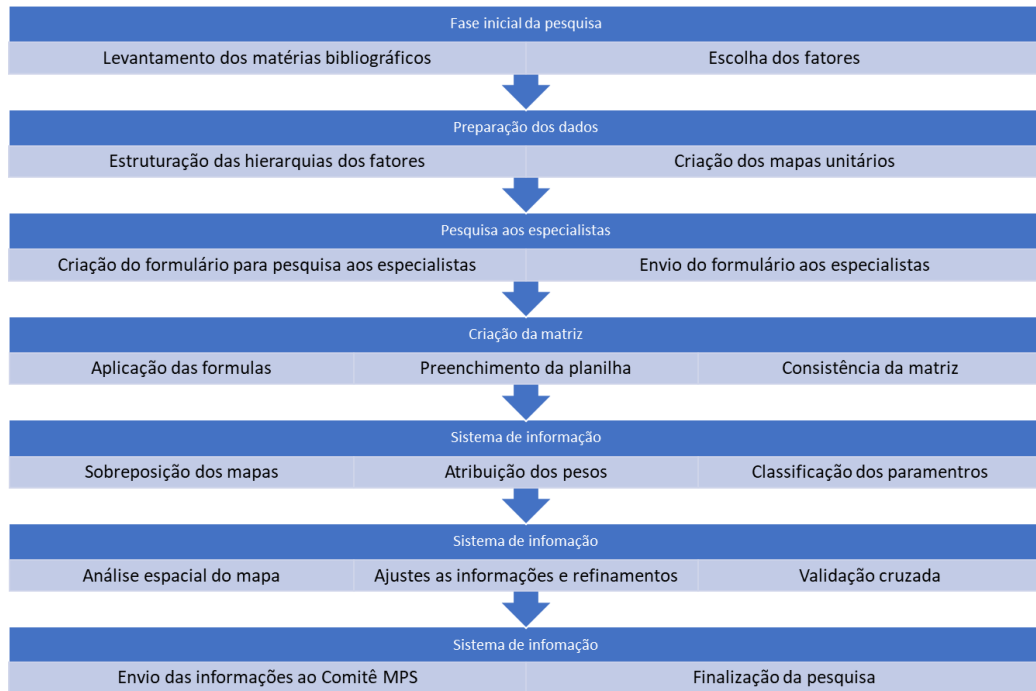
Fonte: Autoria própria (2024).

3.2. Aplicação e combinação da metodologia e da ferramenta no projeto de pesquisa

A pesquisa foi realizada na região do Médio Paraíba do Sul, uma área onde as implicações dos incêndios florestais são sentidas devido a histórico de degradação da bacia. A escolha deste local não foi apenas uma decisão acadêmica, mas também foi motivada pela conexão profissional e pessoal da pesquisadora com a comunidade e a paisagem local. Como residente na região, a pesquisadora testemunhou de perto os desafios enfrentados pela comunidade em relação aos incêndios florestais, fator que intensificou a motivação para abordar essas questões de forma contextualizada.

A metodologia adotada, que integra o Processo de Hierarquia Analítica (AHP) e o Sistema de Informação Geográfica (SIG), foi escolhida não apenas pela sua eficácia técnica, mas também pela sua relevância prática. O AHP permitiu a avaliação dos fatores de forma conjunta, enquanto o SIG facilitará a interpretação visual dos resultados de qualquer envolvido. Abaixo pode ser visualizada as etapas aplicadas na pesquisa.

Figura 5 – Passos aplicados na pesquisa



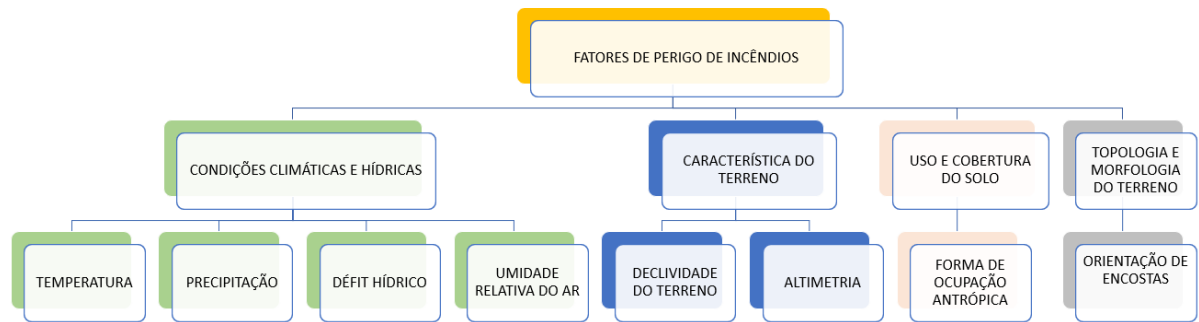
Fonte: Autoria própria (2024).

Durante a pesquisa foram criados mapas temáticos, os quais foram submetidos ao processo de padronização por meio da rotina de ponderação, convertidos em dados numéricos e então divididos em classes conceituais pré-estabelecidas conforme a importância de cada fator em relação ao perigo de incêndio.

Ao considerar esses fatores, a pesquisa abrange uma quantidade de variáveis ambientais, climáticas e geográficas que impactam diretamente a ocorrência de incêndios. A abordagem fornecida por essa variedade de fatores contribuiu para a precisão e utilidade do mapa de perigo de incêndios na região do Médio Paraíba do Sul.

A figura 6 demonstra a hierarquia dos fatores e subfatores escolhidos para presente pesquisa:

Figura 6 - Hierarquia dos fatores e subfatores



Fonte: Autoria própria (2024).

Ao final da aplicação da metodologia, obteve-se o mapa de perigo de incêndios com maiores detalhes voltados exclusivamente para a RH-III. Para isso, os mapas gerados para cada fator foram integrados em um único mapa. A escolha de classificação dos condicionantes foi definida em seis níveis com a variação de: Baixo (2); Médio (4); Alto (6); Muito Alto (8) e; Crítico (10).

3.2.1. Consulta aos especialistas

A consulta a especialistas foi uma etapa fundamental no uso da metodologia AHP (Processo de Hierarquia Analítica). Essa abordagem envolveu a obtenção de conhecimentos especializados de profissionais de diferentes áreas de atuação com experiência e expertise na área de estudo, na gestão de incêndios e/ou noção acadêmica dos fatores, como pode ser visto na figura 7.

Figura 7 – Área de atuação dos especialistas consultados



Fonte: Autoria própria (2024)

Através do formulário online, 18 especialistas responderam um questionário estabelecendo as notas entre os fatores considerados na classificação de perigo de incêndios desta pesquisa. As respostas dadas pelos especialistas foram analisadas de uma forma abrangente e estruturadas de acordo com os fatores relevantes para incêndios florestais na bacia. A figura 8 abaixo apresenta um exemplo do formulário aplicado.

Figura 8 – Exemplo de consulta aos especialistas

DÉFICIT HÍDRICO: Como você compara os fatores déficit hídrico e declividade, relacionados ao perigo de incêndio florestal?

☐ PESO 1 - DÉFICIT HÍDRICO contribui igualmente com a DECLIVIDADE

☐ PESO 3 - DÉFICIT HÍDRICO é ligeiramente mais importante que a DECLIVIDADE

☐ PESO 5 - DÉFICIT HÍDRICO é mais importante que a DECLIVIDADE

☐ PESO 7 - DÉFICIT HÍDRICO é muito mais importante em relação a DECLIVIDADE

☐ PESO 9 - DÉFICIT HÍDRICO é absolutamente mais importante em relação a DECLIVIDADE

Fonte: Forms Google 2024

Os especialistas realizaram uma comparação utilizando a escala numérica de 1 a 9, conforme metodologia escolhida, avaliando a importância entre os fatores segundo sua experiência e conhecimento. Cada especialista votou sobre a relevância entre os fatores em relação a perigo de incêndios, sendo 1 pouca relevância e 9 absoluta relevância, cuja lógica pode ser vista na tabela 2. Esse processo permitiu a obtenção de dados quantitativos (notas) que foram utilizados na análise de prioridades.

Após a coleta das notas relativas dos fatores, essas foram calculadas através de média e essa média foi aplicada na matriz de comparação.

Tabela 2 – Lógica das notas dos especialistas

ESCALA	CONCEITO	DESCRIÇÃO
1	IGUAL	Os dois elementos comparados contribuem igualmente para o perigo de incêndio.
3	MODERADA	O elemento comparado é ligeiramente mais importante que o outro para o perigo de incêndio.
5	FORTE	A experiência e o julgamento favorecem fortemente o elemento em relação ao outro para o perigo de incêndio.
7	MUITO FORTE	O elemento comparado é muito mais forte que o outro e tal importância pode ser visto na prática para o perigo de incêndio.

9	ABSOLUTO	O elemento comparado apresenta o mais alto nível de evidência para o perigo de incêndio.
2,4,6,8	VALORES INTERMEDIÁRIOS	Usado como valores de consenso entre as opiniões.

Fonte: Adaptação de Saaty, 1991.

3.2.2. Matriz de comparação

A comparação par a par levou em consideração a importância relativa entre fatores. A elaboração da matriz foi feita dividindo cada valor pelo total da coluna, e o cálculo da média das comparações de cada fator. Em seguida, as médias foram normalizadas, dividindo cada uma pela soma de todas as médias. Dessa forma, foi possível obter o peso relativo correspondente, que representasse sua importância em relação aos demais.

A Matriz de Decisão de Saaty, é uma etapa executada no Processo de Hierarquia Analítica (AHP), para auxiliar na tomada de decisões multicritério. A fórmula para calcular os pesos relativos dos fatores na matriz de decisão é baseada em comparações pareadas. O número de interações requeridas para construir essa matriz genérica **A** é dado por $n(n-1)/2$, onde **n** representou a quantidade de fatores presentes nessa matriz.

Seguindo os fundamentos de Saaty (1990), as regras para criar a matriz de decisão foram representadas conforme exposto abaixo:

a) $a_{ij} > 0$

b) $a_{ij} = 1 \therefore a_{ji} = 1$

c) $a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$

d) $a_{ik} = a_{ij} \times a_{jk}$

$$A = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1/a_{12} & 1 & \cdots & a_{2n} \end{matrix} & \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \cdots & 1 \end{matrix}$$

Neste intuito, cada uma das células da matriz foi preenchida com um valor de julgamento médio da nota de julgamento pelos especialistas no retorno da pesquisa e assim expressando a importância relativa entre os pares. Na figura 9, é possível observar a representação da matriz:

Figura 9 – Matriz de decisão

Dados pesquisa especialistas									
Fórmulas da Matriz									
MATRIZ DE COMPARAÇÕES PARITÁRIAS - MÉDIA DAS NOTAS AVALIADAS PELOS ESPECIALISTAS									
	TEMPERATURA	PRECIPITAÇÃO	DÉFICIT HÍDRICO	UMIDADE RELATIVA DO AR	DECLIVIDADE	ALTIMETRIA	FORMA DE OCUPAÇÃO ANTRÓPICA	ORIENTAÇÃO DA ENCOSTA	
TEMPERATURA	1,00	2,89	2,22	1,44	4,67	5,00	2,22	4,33	
PRECIPITAÇÃO	0,35	1,00	3,33	3,33	5,78	6,11	3,78	5,44	
DÉFICIT HÍDRICO	0,45	0,30	1,00	4,56	5,67	6,00	3,67	5,11	
UMIDADE RELATIVA DO AR	0,69	0,30	0,22	1,00	5,44	5,89	3,78	5,89	
DECLIVIDADE	0,21	0,17	0,18	0,18	1,00	2,89	1,67	2,00	
ALTIMETRIA	0,20	0,16	0,17	0,17	0,35	1,00	1,78	2,22	
FORMA DE OCUPAÇÃO ANTRÓPICA	0,45	0,26	0,27	0,26	0,60	0,56	1,00	5,22	
ORIENTAÇÃO DA ENCOSTA	0,23	0,18	0,20	0,17	0,50	0,45	0,19	1,00	
Soma	3,58	5,27	7,59	11,12	24,00	27,90	18,08	31,22	
MATRIZ NORMALIZADA									
	TEMPERATURA	PRECIPITAÇÃO	DÉFICIT HÍDRICO	UMIDADE RELATIVA DO AR	DECLIVIDADE	ALTIMETRIA	FORMA DE OCUPAÇÃO ANTRÓPICA	ORIENTAÇÃO DA ENCOSTA	Vetor Prioridade para os criterios do mapa(média)
TEMPERATURA	0,28	0,55	0,29	0,13	0,19	0,18	0,12	0,14	0,24
PRECIPITAÇÃO	0,10	0,19	0,44	0,30	0,24	0,22	0,21	0,17	0,23
DÉFICIT HÍDRICO	0,13	0,06	0,13	0,41	0,24	0,22	0,20	0,16	0,19
UMIDADE RELATIVA DO AR	0,19	0,06	0,03	0,09	0,23	0,21	0,21	0,19	0,15
DECLIVIDADE	0,06	0,03	0,02	0,02	0,04	0,10	0,09	0,06	0,05
ALTIMETRIA	0,06	0,03	0,02	0,02	0,01	0,04	0,10	0,07	0,04
FORMA DE OCUPAÇÃO ANTRÓPICA	0,13	0,05	0,04	0,02	0,02	0,02	0,06	0,17	0,06
ORIENTAÇÃO DA ENCOSTA	0,06	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,03	0,03
A SOMA DA MATRIZ NORMALIZADA DEVE SER	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Fonte: Autoria própria (2024).

Após preenchimento completo da matriz foi realizada uma normalização da matriz de comparação. A normalização da matriz é um passo importante para garantir que as comparações feitas entre os fatores sejam consistentes e adequadas. A normalização é realizada para que as relações de preferência expressas nas comparações pareadas estejam em uma escala comparável.

As comparações feitas pelos especialistas podem variar em termos de magnitude. Alguém pode atribuir uma diferença de preferência de 3 para uma comparação e outra pessoa pode atribuir 5 para uma diferença semelhante. Ao normalizar a matriz garante-se que todas as comparações estejam na mesma escala, proporcionando consistência nos dados. A baixo poderá ser visualizada a normalização da matriz na presente pesquisa.

Figura 10 – Normalização da matriz

MATRIZ NORMALIZADA									Vetor Prioridade para os critérios do mapa(média)
	TEMPERATURA	PRECIPITAÇÃO	DÉFICIT HÍDRICO	UMIDADE RELATIVA DO AR	DECLIVIDADE	ALTIMETRIA	FORMA DE OCUPAÇÃO ANTRÓPICA	ORIENTAÇÃO DA ENCOSTA	
TEMPERATURA	0,28	0,55	0,29	0,13	0,19	0,18	0,12	0,14	0,24
PRECIPITAÇÃO	0,10	0,19	0,44	0,30	0,24	0,22	0,21	0,17	0,23
DÉFICIT HÍDRICO	0,13	0,06	0,13	0,41	0,24	0,22	0,20	0,16	0,19
UMIDADE RELATIVA DO AR	0,19	0,06	0,03	0,09	0,23	0,21	0,21	0,19	0,15
DECLIVIDADE	0,06	0,03	0,02	0,02	0,04	0,10	0,09	0,06	0,05
ALTIMETRIA	0,06	0,03	0,02	0,02	0,01	0,04	0,10	0,07	0,04
FORMA DE OCUPAÇÃO ANTRÓPICA	0,13	0,05	0,04	0,02	0,02	0,02	0,06	0,17	0,06
ORIENTAÇÃO DA ENCOSTA	0,06	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,03	0,03
A SOMA DA MATRIZ NORMALIZADA DEVE SER	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Fonte: Autoria própria (2024)

Após a matriz normalizada, para validação foi realizada uma análise de consistência da matriz de comparação. Para isso foi utilizado o Índice de Consistência (IC), conforme pode ser visto na equação 1.

O Índice de Consistência (IC) é calculado usando a fórmula:

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \text{ (Equação 1)}$$

onde:

- λ_{max} é o maior autovalor da matriz de comparação.
- n é a ordem da matriz (número de critérios ou alternativas).

Posteriormente a normalização para adquirir a consistência compara-se com o índice aleatório de consistência (RI) que é um valor de referência associado à ordem da matriz.

A razão CI/RI é usada para determinar a consistência da matriz. A razão CI/RI é o CI dividido pelo RI. Quanto mais próximo esse valor estiver de 0,1, mais consistente é considerada a matriz. Valores significativamente maiores do que 0,1 podem indicar inconsistência.

Matriz da pesquisa é de ordem 8x8 pois possuem 8 fatores, sendo comparados para a par, logo a inconsistência máxima permitida seguindo a escala de Saaty é 1,41, conforme tabela 3:

Tabela 3: Índice Randômico Médio do AHP em função do tamanho da matriz.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Fonte: Adaptado Saaty (1991)

A consistência é uma medida da precisão e estabilidade das comparações feitas entre os fatores. A figura 11 a seguir ilustra e complementa a exploração, oferecendo uma representação visual dos conceitos aplicados na pesquisa:

Figura 11 – Cálculo da Consistência

CÁLCULO DA CONSISTÊNCIA								
	TEMPERATURA	PRECIPITAÇÃO	DÉFICIT HÍDRICO	UMIDADE RELATIVA DO AR	DECLIVIDADE	ALTIMETRIA	FORMA DE OCUPAÇÃO ANTRÓPICA	ORIENTAÇÃO DA ENCOSTA
TEMPERATURA	1,00	2,89	2,22	1,44	4,67	5,00	2,22	4,33
PRECIPITAÇÃO	0,35	1,00	3,33	3,33	5,78	6,11	3,78	5,44
DÉFICIT HÍDRICO	0,45	0,30	1,00	4,56	5,67	6,00	3,67	5,11
UMIDADE RELATIVA DO AR	0,69	0,30	0,22	1,00	5,44	5,89	3,78	5,89
DECLIVIDADE	0,21	0,17	0,18	0,18	1,00	2,89	1,67	2,00
ALTIMETRIA	0,20	0,16	0,17	0,17	0,35	1,00	1,78	2,22
FORMA DE OCUPAÇÃO ANTRÓPICA	0,45	0,26	0,27	0,26	0,60	0,56	1,00	5,22
ORIENTAÇÃO DA ENCOSTA	0,23	0,18	0,20	0,17	0,50	0,45	0,19	1,00
Vetor Prioridade para os critérios (média)	0,24	0,23	0,19	0,15	0,05	0,04	0,06	0,03

	TEMPERATURA	PRECIPITAÇÃO	DÉFICIT HÍDRICO	UMIDADE RELATIVA DO AR	DECLIVIDADE	ALTIMETRIA	FORMA DE OCUPAÇÃO ANTRÓPICA	ORIENTAÇÃO DA ENCOSTA	Soma dos Pesos	Prioridades	Peso / prioridade
TEMPERATURA	0,24	0,67	0,43	0,22	0,25	0,21	0,14	0,12	2,28	0,24	9,69
PRECIPITAÇÃO	0,08	0,23	0,64	0,50	0,31	0,26	0,24	0,15	2,42	0,23	10,37
DÉFICIT HÍDRICO	0,11	0,07	0,19	0,69	0,31	0,26	0,23	0,14	1,99	0,19	10,33
UMIDADE RELATIVA DO AR	0,16	0,07	0,04	0,15	0,30	0,25	0,24	0,16	1,37	0,15	9,13
DECLIVIDADE	0,05	0,04	0,03	0,03	0,05	0,12	0,10	0,05	0,49	0,05	9,05
ALTIMETRIA	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02	0,04	0,11	0,06	0,38	0,04	8,79
FORMA DE OCUPAÇÃO ANTRÓPICA	0,11	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,06	0,14	0,52	0,06	8,32
ORIENTAÇÃO DA ENCOSTA	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,01	0,03	0,25	0,03	8,97
TOTAL									74,65		
lambda max									9,33		

ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA (C.I.)	C.I.	0,2
ÍNDICE RANDÔMICO (R.I.) MÉDIO DO AHP EM FUNÇÃO DO TAMANHO DA MATRIZ. FONTE: SAATY	R.I.	1
TAXA DE CONSISTÊNCIA (C.R.)	C.R = C.I. / R.I	0,1

Fonte: Autoria própria (2024)

Em projetos voltados para a construção de mapas de perigo de incêndios, a integração da metodologia Processo de Hierarquia Analítica (AHP) e do Sistema de Informação Geográfica (SIG) desempenha um papel significativo na análise multicritério. Em alguns cenários específicos, a consideração estrita do cálculo de consistência no AHP pode ser ponderada em prol de outros fatores fundamentais para a eficácia da tomada de decisões conforme evidenciado no trabalho de pesquisadores como Tagliarin et al.(2020) ao avaliar o Zoneamento do risco de incêndios florestais em bacia hidrográfica, bem como Máquina et al (2023) ao desenvolver a Análise do risco de incêndios florestais e manejo de fogo na comunidade do Posto Administrativo de Bilibiza, em Moçambique, entre outros que utilizaram a técnica AHP.

Inobstante, mencionam-se aqueles que utilizaram do SIG como forma de contribuição associada, como Shierly (2022) no desenvolvimento do trabalho: *Aplicación de Tecnologías S.I.G, para la prevención de riesgos de incendios forestales, distrito de Maranura, La Convención*, Cusco (2021) ou, ainda, Santos et al. (2017) ao evidenciar seus resultados por meio da pesquisa: *Uso de modelagens espaciais para análise de risco a incêndio: análise preliminar para a região norte de Goiás*.

Em projetos de mapeamento, a natureza intuitiva e empírica das comparações por pares, muitas vezes baseada na experiência prática dos especialistas em incêndios florestais, pode ser mais relevante do que estritos critérios de consistência.

Além disso, ao abordar especificamente a integração da AHP com o SIG, precisamos destacar a capacidade única dessa combinação para análise espacial, permitindo a sobreposição de variáveis Geoespaciais e a geração de mapas temáticos. Em situações onde a ênfase está na representação espacial detalhada dos perigos de incêndios florestais, o enfoque pragmático em comparações por pares pode ser justificado para fornecer informações acionáveis.

Para a entrega do produto final o mapa de perigo de incêndios na RH III, primeiramente foram criados mapas unitários, posteriormente foram realizadas as aplicações dos pesos e então a sobreposição dos shape files dos mapas unitários dos fatores selecionados. Seguindo então para uma análise de multicritério com uma abordagem espacial.

Assim, ao considerar a complexidade e as demandas práticas de projetos de mapeamento de perigo de incêndios, a decisão não se baseia estritamente na consistência na do AHP podendo ser respaldada pelo objetivo de obtermos visões relevantes dos especialistas para a gestão eficaz desse mapeamento.

3.2.3. Sistema de Informação Geográfica (SIG)

Na presente pesquisa o Sistema de Informação Geográfica (SIG) permitiu a análise espacial e a integração de dados geográficos. Sua aplicação foi realizada de maneira complementar à metodologia AHP, contribuindo significativamente para aprimorar não apenas a análise, mas também a visualização dos resultados obtidos.

Ao longo da pesquisa, o SIG facilitou a incorporação de dados geográficos essenciais, abrangendo informações detalhadas sobre as condições climáticas, hídricas, características do terreno, uso e cobertura do solo, bem como a topologia e morfologia do terreno. Essa variedade de dados apoiou-se nos critérios na matriz de comparação da metodologia AHP, enriquecendo a análise dos perigos de incêndios florestais com informações detalhadas e específicas.

A utilização do SIG não se limita à simples inclusão de dados, mas permite, de maneira dinâmica, a sobreposição e a inter-relação de diferentes fatores e variáveis espaciais CUSCO (2021). Este processo culminou na criação de mapas temáticos que não apenas demonstraram, de forma visualmente acessível, a distribuição e a intensidade dos fatores que contribuem para perigos de incêndios florestais, mas também proporcionaram percepções para a identificação de áreas mais vulneráveis conforme discutido por Santos et al. (2017) sobre uso de modelagens espaciais voltados para análise de incêndio. Essa capacidade será importante na visualização e na priorização de futuras ações estratégicas de prevenção e mitigação na área de estudo.

Assim, o SIG desempenhou um papel importante ao possibilitar uma análise mais abrangente e precisa dos perigos de incêndios florestais, contribuindo não apenas para a compreensão dos padrões espaciais, mas também para a tomada de decisões informadas e estratégicas diante dessa ameaça ambiental.

3.2.4. Os mapas temáticos

Nesta seção, serão apresentados os mapas construídos na pesquisa, os quais fornecem informações relevantes para a análise e compreensão dos dados coletados.

Os mapas temáticos foram ferramentas importantes para a visualização espacial e a representação gráfica dos diferentes aspectos relacionados à classificação do perigo estudado. Através desses mapas, foi possível identificar padrões, tendências e distribuições espaciais dos fatores.

Cada mapa temático apresentado aborda um aspecto específico da pesquisa, permitindo uma análise detalhada e uma visão mais completa do cenário atual. Esses mapas foram elaborados com base em dados georreferenciados.

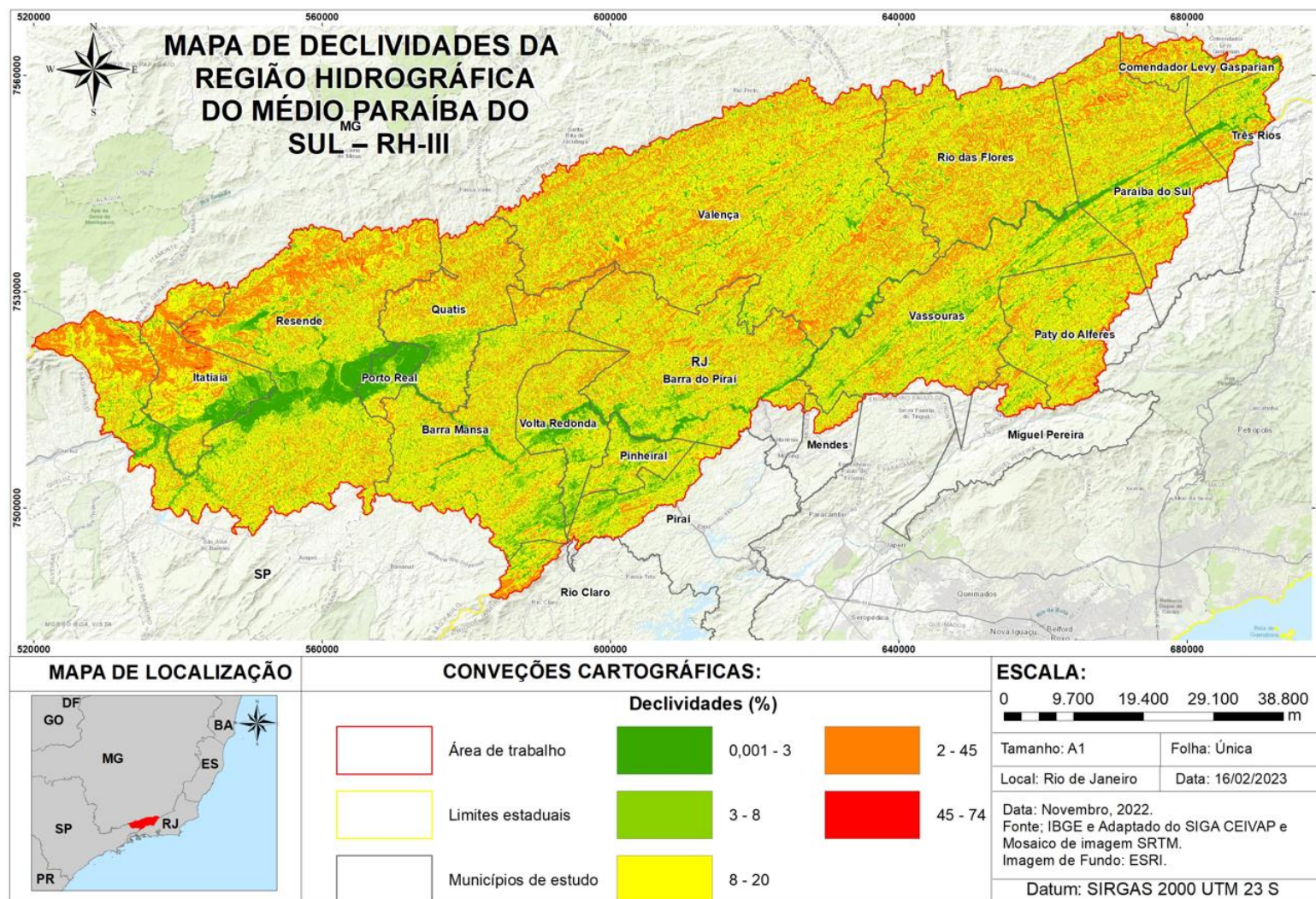
3.2.4.1. Mapa de declividade

A declividade do terreno é um fator importante para a classificação de índices de incêndios. Em áreas com maior declividade poderá ocorrer o acúmulo de material combustível, criando condições favoráveis para a propagação rápida e intensa do fogo.

White et al. (2016), Ladislau et al (2021), Tagliarin et al. (2020) destacam o fator declividade como um dos que devem estar presentes em análises dessa natureza. Áreas mais inclinadas são consideradas de maior suscetibilidade, pois a transferência de calor é facilitada no sentido do aclave, aumentando a velocidade de propagação do incêndio (Moreira, P. A. G.; Mendes, T. A.; Santos, D. F, 2019).

Para a confecção do Mapa de Declividades, foram usadas imagens SRTM de 30 metros de resolução, obtidas do site Topodata. Após a aquisição das imagens, estas foram processadas no programa ArcGis e georreferenciadas no Datum SIRGAS 2000 UTM 23 S. Em seguida, foi criado um mosaico com as imagens georreferenciadas. Para obter as declividades da região em porcentagem, foi utilizada uma ferramenta que calcula as declividades da região, como pode ser visualizado na Figura 12.

Figura 12 - Mapa de declividade da região Hidrográfica do Médio Paraíba do sul - RH III



Fonte: Autoria Própria (2024).

3.2.4.2. Mapa altimetria/elevações

A importância do mapa de elevações para a região hidrográfica do médio Paraíba do Sul é significativa, principalmente quando se trata do índice de incêndio. A topografia da região pode influenciar diretamente nas condições climáticas, como a umidade relativa do ar, a temperatura e a velocidade do vento, tornando-se um fator importante para os perigos de incêndios florestais.

Com base no mapa de elevações, é possível identificar as áreas de maior perigo de incêndio, considerando-se as regiões com declividade acentuada, as quais são mais suscetíveis a deslizamentos de terra e erosões, além de serem mais vulneráveis ao fogo.

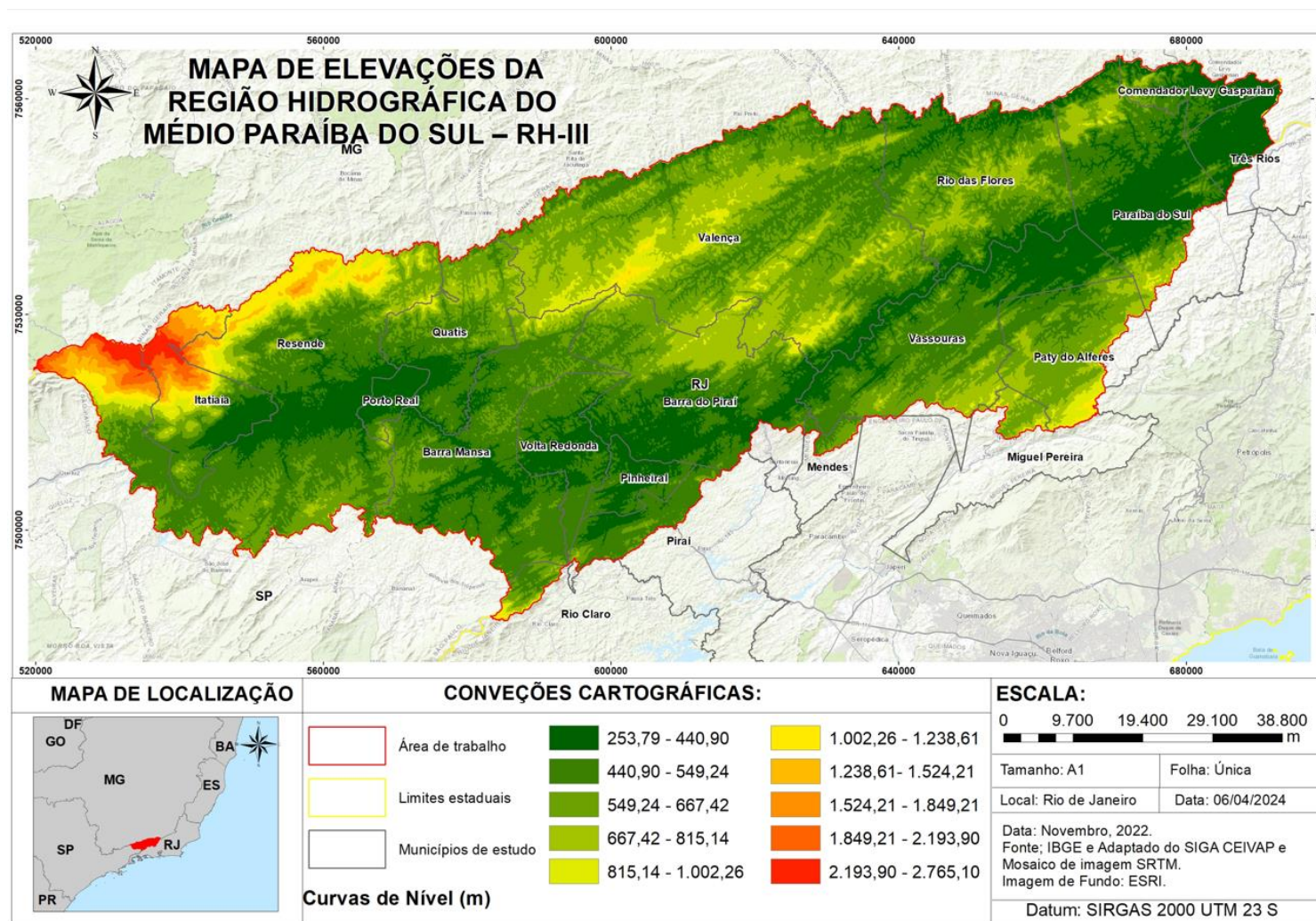
Além disso, o mapa de elevações pode ser utilizado para orientar as estratégias de prevenção e combate aos incêndios, permitindo a identificação das rotas de fuga e dos locais de maior dificuldade de acesso para as equipes de resgate (VILACORTA, 2018).

É importante ressaltar que o mapa de elevações da região hidrográfica do médio Paraíba do Sul deve ser atualizado regularmente, levando em consideração as mudanças na topografia causadas por fatores naturais ou humanos, como o desmatamento e a urbanização.

O uso do mapa de elevações da região hidrográfica do médio Paraíba do Sul é essencial para a gestão ambiental da área, contribuindo para a prevenção de incêndios florestais e para a preservação dos recursos naturais locais.

Para confecção do Mapa de Elevações da Região Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul – RH III, foram baixadas imagens SRTM de resolução de 30 m do site do USGS (U.S. Geological Survey) e inseridas no programa ArcMap 10.8 para confecção de um mosaico da área de estudo. Após a confecção do mosaico, usou-se a ferramenta de Extração de Contornos do ArcMap para gerar um arquivo formato Shapefile das curvas de nível da região a partir das imagens SRTM. Nas quais, apresentam valores mínimos de cotas de base 270 m e máximos de cotas de topo 2760 m e pode ser visualizado na figura 13.

Figura 13 - Mapa de elevações da região hidrográfica do médio Paraíba do Sul- RH III



Fonte: Autoria Própria (2024).

3.2.4.3. Mapa de uso e ocupação do solo

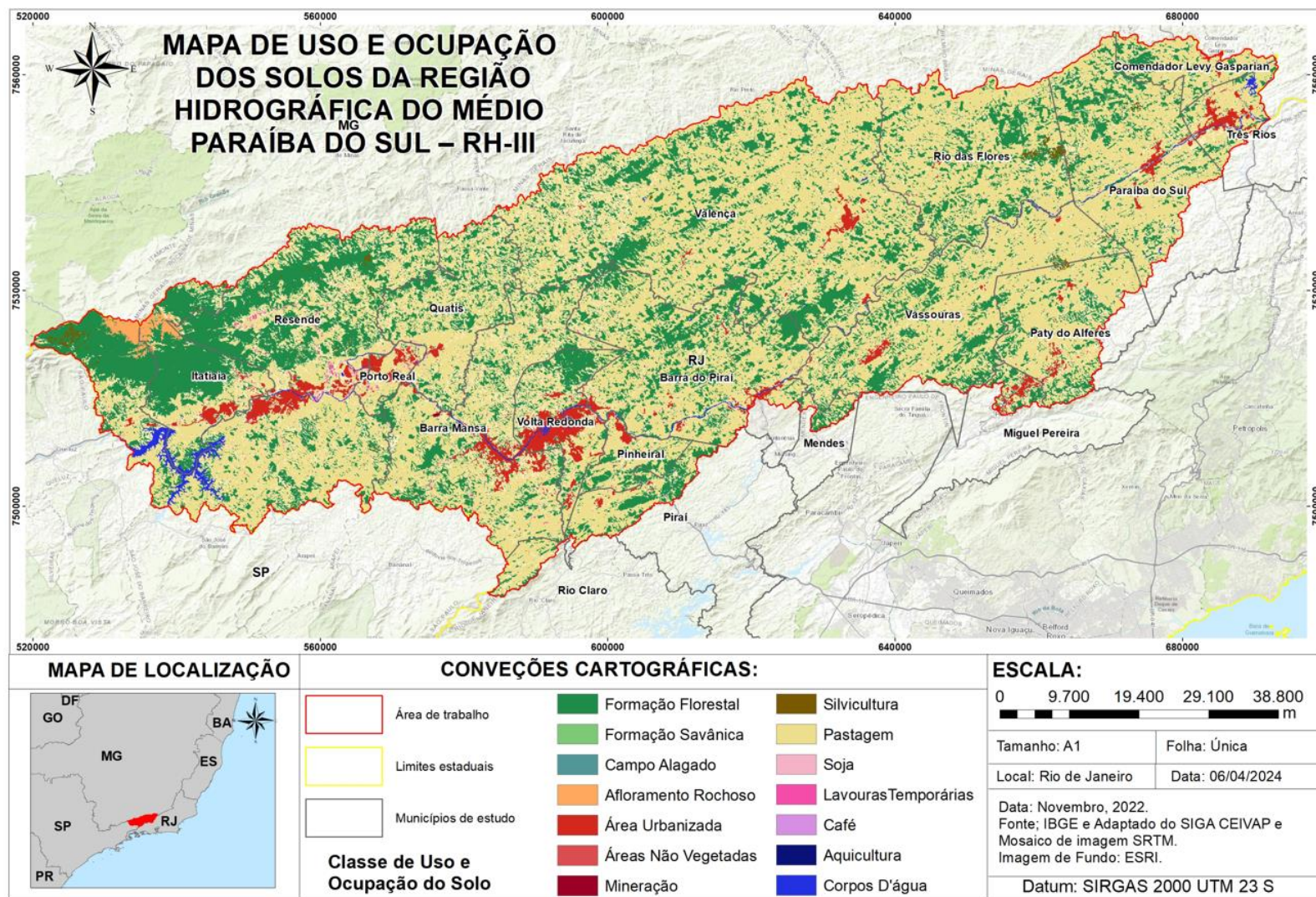
O mapeamento do uso do solo relaciona-se a qualquer forma de uso e ocupação do solo, podendo ser pela cobertura vegetal, ou até mesmo pelas diversas atividades humanas, como extrativismo, mineração, agropecuária, indústrias e outras.

O mapa de uso e ocupação do solo contribui para o planejamento da gestão ambiental da região hidrográfica, permitindo identificar as áreas degradadas e também as de preservação permanentes. Esse mapa auxilia na política pública para fortalecer o uso sustentável dos recursos naturais em torno da bacia conforme discutido por Araújo (2022), Bello et al.(2023) e Feitosa (2023).

O mapa de uso e ocupação do solo da região hidrográfica do Médio Paraíba do Sul pode ser utilizado para a classificação de índices de incêndios, uma vez que permite identificar as áreas mais vulneráveis à ocorrência de incêndios florestais. A partir dessas informações, é possível desenvolver estratégias para prevenção e combate aos incêndios florestais na região.

Para a confecção do Mapa de Uso e Ocupação do Solos da Região Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul foram usados os dados em formato *shapefile* do MAPBIOMAS sobre Coberturas e Uso da Terra do estado do Rio de Janeiro. Depois que o arquivo foi inserido no programa ArcGis, foi feito o recorte com a área de trabalho e a classificação dos tipos de feições presentes com o resultado apresentado na Figura 14.

Figura 14 - Mapa de uso e ocupação do solo da região hidrográfica do médio Paraíba do Sul- RH III



Fonte: Autoria Própria (2024).

3.2.4.4. Mapa de precipitação

O Mapa de precipitação da região hidrográfica do Médio Paraíba do Sul é de extrema importância para a classificação de perigo de incêndios, pois as chuvas desempenham um papel fundamental na dinâmica dos ecossistemas florestais e no risco de ocorrência de incêndios.

A precipitação pluviométrica é um dos principais fatores que influenciam a umidade do solo e da vegetação. Áreas com maior volume de chuvas tendem a apresentar uma vegetação mais úmida e menos suscetível a incêndios, enquanto regiões com baixa precipitação podem apresentar condições mais secas, favorecendo a propagação rápida do fogo. Conforme ressaltado por Soares et al. (2021), a análise do mapa de precipitação ajuda a identificar períodos críticos em que as chuvas são escassas, criando condições favoráveis para a propagação de incêndios. Com essa informação, torna-se possível planejar estratégias preventivas específicas para essas épocas.

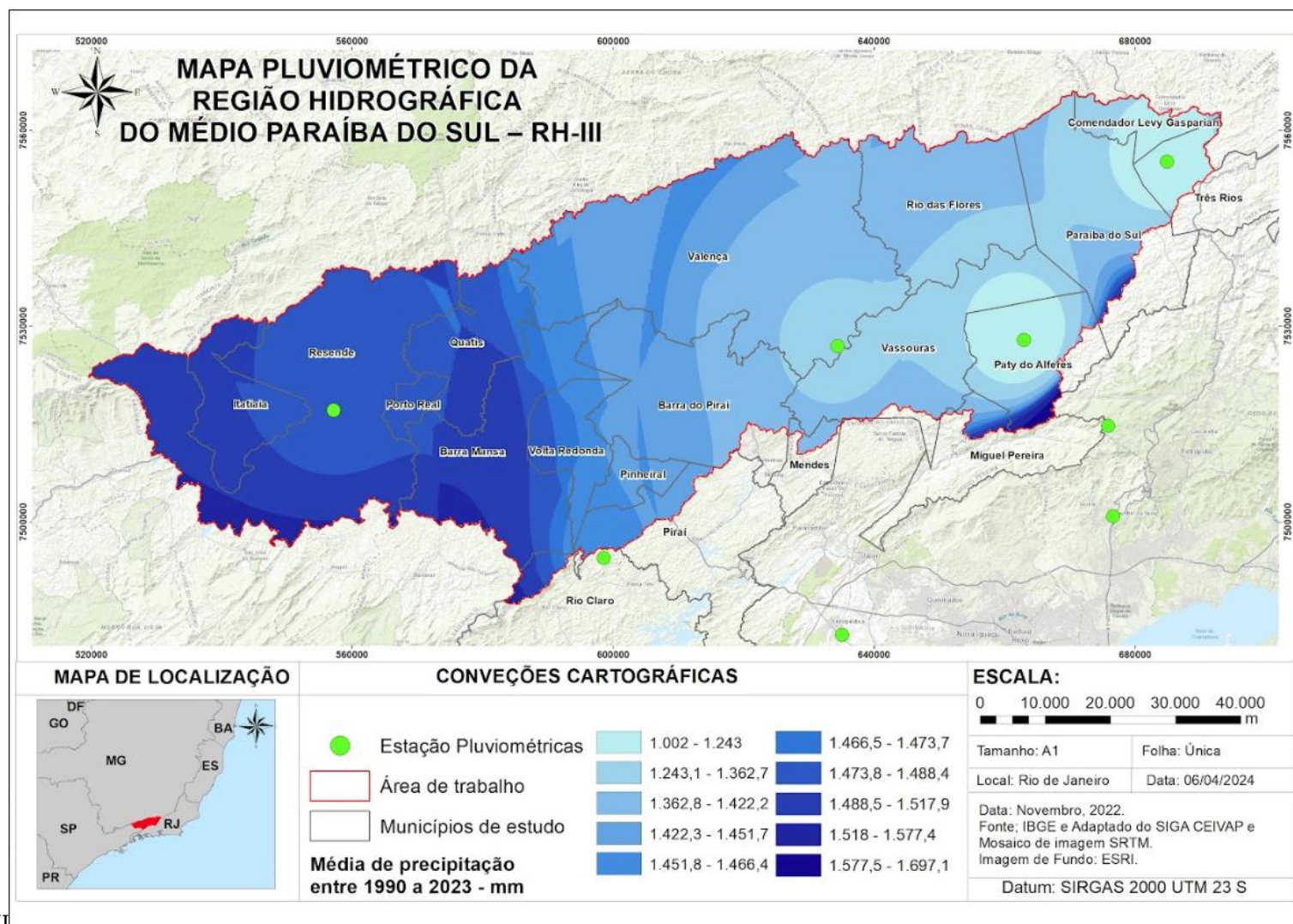
Quando combinamos a análise espacial e meteorológica temos, então, o perigo. Assim, quando fazemos a conjunção do momento em que é mais provável a ocorrência de incêndio com as áreas de maior suscetibilidade, pode-se definir as zonas de maior perigo (SOARES 2022, ESTEVES, 2020; FERREIRA, 2010).

Para a confecção do Mapa Pluviométrico da Região Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul foram usados dados de precipitação obtidos através da ferramenta ANA Data Acquisition, que permite o download automático de várias estações pluviométricas e fluviométricas disponibilizados pela Agência Nacional de Águas (ANA). Os dados de precipitação foram obtidos no programa Qgis e processados no Excel para obter a média de precipitação de dias entre os anos de 1990 e 2023.

Foram usadas 8 estações totais, sendo 4 estações dentro da área de estudo. Foi necessário aplicar a interpolação para essa construção. Após a coleta dos dados no INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), os pontos com valores de chuva foram processados usando a técnica de interpolação IDW (Inverse Distance Weighting, do português ponderação de distância inversa) no software ArcGIS. Essa prática permite a criação de uma superfície raster, que representa as variações pluviométricas dentro da área de interesse. O resultado da interpolação é apresentado de forma gráfica na Figura 15, que demonstra as distribuições pluviométricas na região.

Tendo em vista que o ciclo hidrológico está diretamente ligado ao clima, suas alterações que alteram o regime de chuvas podem provocar aumento na ocorrência de eventos hidrológicos extremos, como enchentes e/ou longos períodos de seca Senna et al. (2023, apud, Marengo e Alves 2005).

Figura 15 - Mapa de precipitação da região hidrográfica do médio Paraíba do Sul- RH



III

Fonte: Autoria Própria (2024).

3.2.4.5. Mapa de temperatura

O mapa de temperatura tem sua importância para monitorar as condições climáticas ao longo do tempo. Isso inclui variações sazonais, padrões climáticos e eventos extremos, o que é essencial para entender as tendências climáticas e as mudanças a longo prazo.

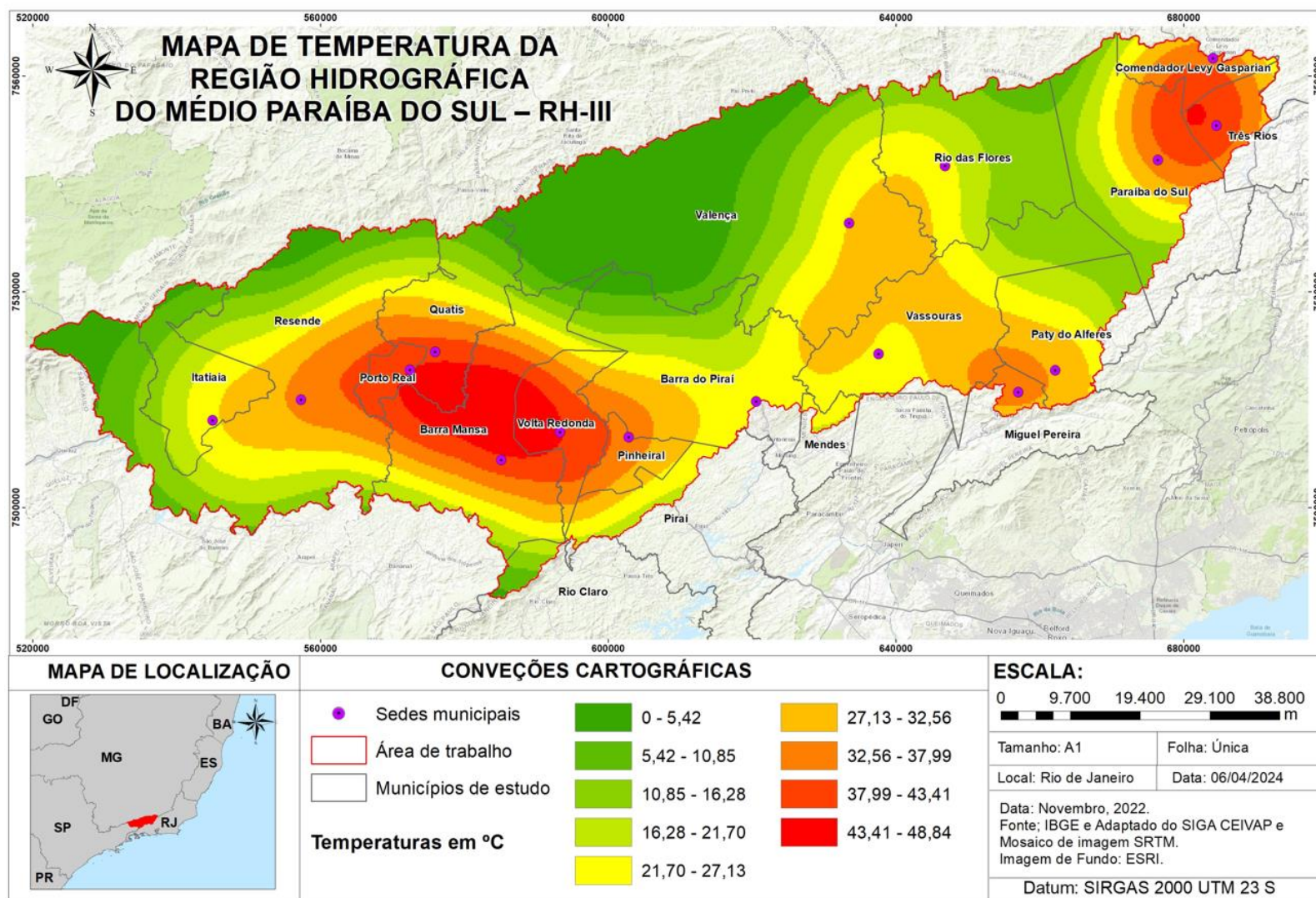
Entender os padrões de temperatura é crucial para a gestão de recursos naturais, como a água. Isso inclui a gestão de rios, reservatórios e ecossistemas aquáticos, pois as temperaturas afetam diretamente a vida aquática.

O mapa de temperatura pode ajudar a identificar áreas propensas a temperaturas mais elevadas, o que, por sua vez, está relacionado ao risco de incêndios. Locais com temperaturas mais altas podem ser mais propensos a secas e condições favoráveis ao surgimento de incêndios florestais (RIBEIRO, 2014).

O mapa de temperatura contribui para a análise de tendências climáticas a longo prazo. Mudanças nas temperaturas médias podem indicar alterações no padrão de incêndios, fornecendo informações para a adaptação e mitigação de riscos.

Para confecção do Mapa de Temperatura da Região Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul – RH III, figura 16, foram usadas as temperaturas médias presentes em cada uma das sedes dos municípios, com dados extraídos do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). Após inserir esses dados no software ArcGis foi feita uma interpolação através de uma ferramenta do programa que usa o método IDW. As médias de temperatura da área de trabalho, variaram entre 19,90° C a 24,29° C.

Figura 16 - Mapa de temperatura da região hidrográfica do Médio Paraíba do Sul- RH III



Fonte: Autoria Própria (2024).

3.2.4.6. Mapa de balanço hídrico

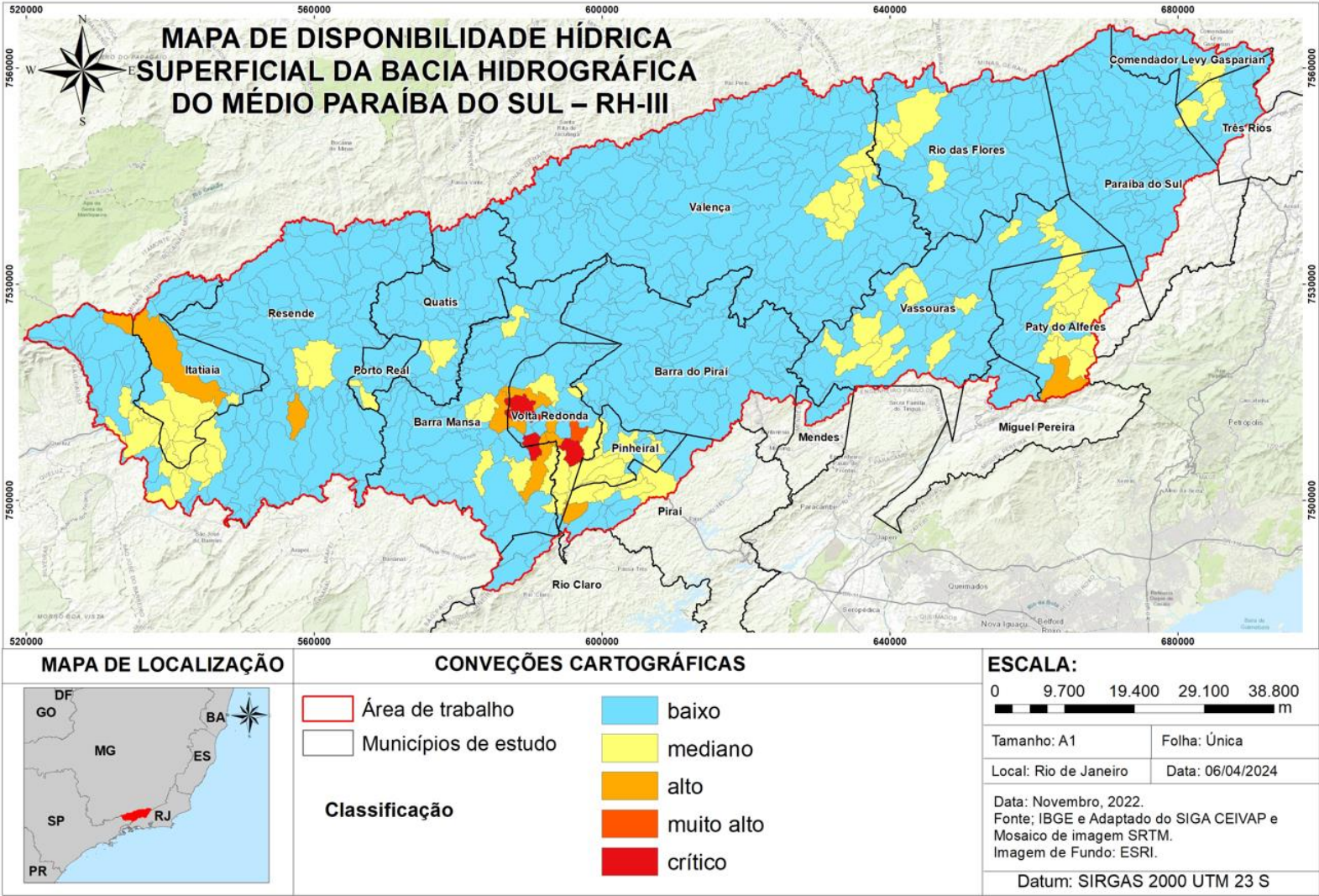
A água desempenha um papel vital na prevenção e combate a incêndios, e a sua disponibilidade impacta diretamente a vulnerabilidade de uma região ao fogo.

A disponibilidade hídrica está diretamente relacionada às condições climáticas, como períodos de seca. O mapa permite avaliar as condições climáticas e, conseqüentemente, antecipar períodos de maior perigo de incêndios. Isso decorre do fato de que áreas com menor disponibilidade hídrica pode ser mais propensa a condições secas, aumentando o risco de incêndios (KANER, 2022).

O mapa também pode auxiliar na criação de rotas eficientes para o acesso a fontes de água durante operações de combate a incêndios. Isso é crucial para garantir uma resposta rápida e eficaz em situações de emergência.

Para confecção do Mapa de Disponibilidade Hídrica da Região Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul – RH III, foram baixados dados do Site da ANA de arquivo shapefile com o balanço hídrico das microbacias do Brasil em 2020. Após inseridos no ArcGis, foi feito um recorte da área de trabalho.

Figura 17 - Mapa de balanço hídrico da região hidrográfica do Médio Paraíba do Sul- RH III



Fonte: Autoria Própria (2024).

3.2.4.7. Mapa de encostas/ direção das vertentes

O mapa de encostas pode ajudar a identificar áreas de terreno inclinado e íngreme, que geralmente apresentam maior risco de propagação rápida de incêndios. Encostas íngremes facilitam a rápida ascensão do fogo, tornando essas áreas mais vulneráveis.

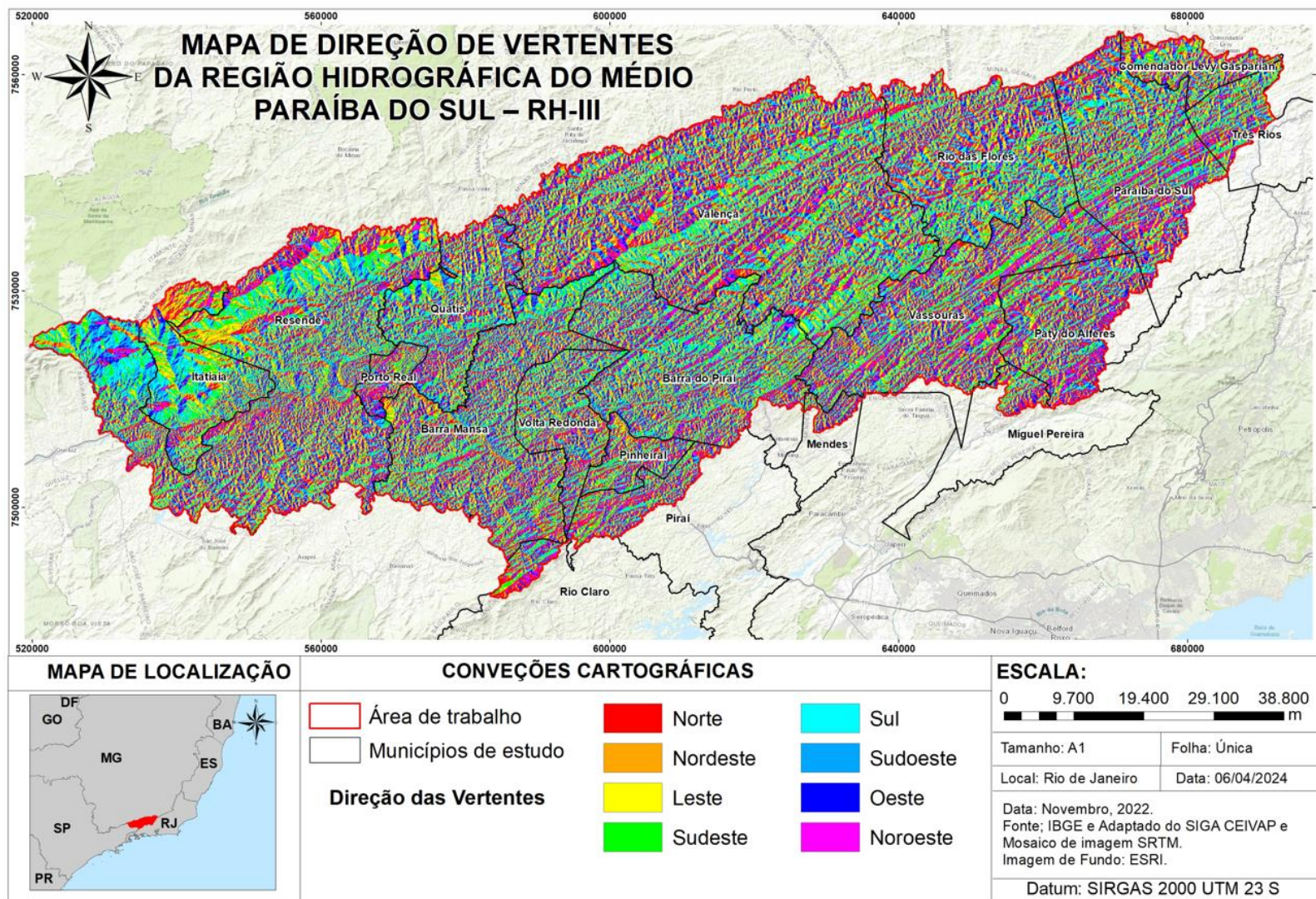
O terreno íngreme pode dificultar o acesso às áreas afetadas pelo fogo. O mapa de encostas é útil para avaliar a acessibilidade para equipes de combate a incêndios e veículos, influenciando o planejamento de rotas e pontos de acesso (SOUZA (2019)).

O mapa de encostas é relevante para a gestão da vegetação em áreas de risco. A remoção seletiva de vegetação e a implementação de práticas de manejo podem ser direcionadas com base nas características específicas do terreno RIBEIRO (2021), AIRES (2022)).

O mapa de encostas pode ser integrado a outros fatores de risco, como dados climáticos e de vegetação, para uma avaliação holística do perigo de incêndios. A combinação de informações melhora a compreensão do risco e orienta estratégias de gestão.

Para confecção do Mapa de Direção de Vertentes da Região Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul – RH III, foi usada uma imagem SRTM da área de estudo e depois feito o uso da ferramenta Aspect do ArcGis para gerar a direção das vertentes.

Figura 18 - Mapa de encostas/direção das vertentes da região hidrográfica do Médio Paraíba do Sul- RH III



Fonte: Autoria Própria (2024).

3.2.4.8. Mapa de umidade do ar

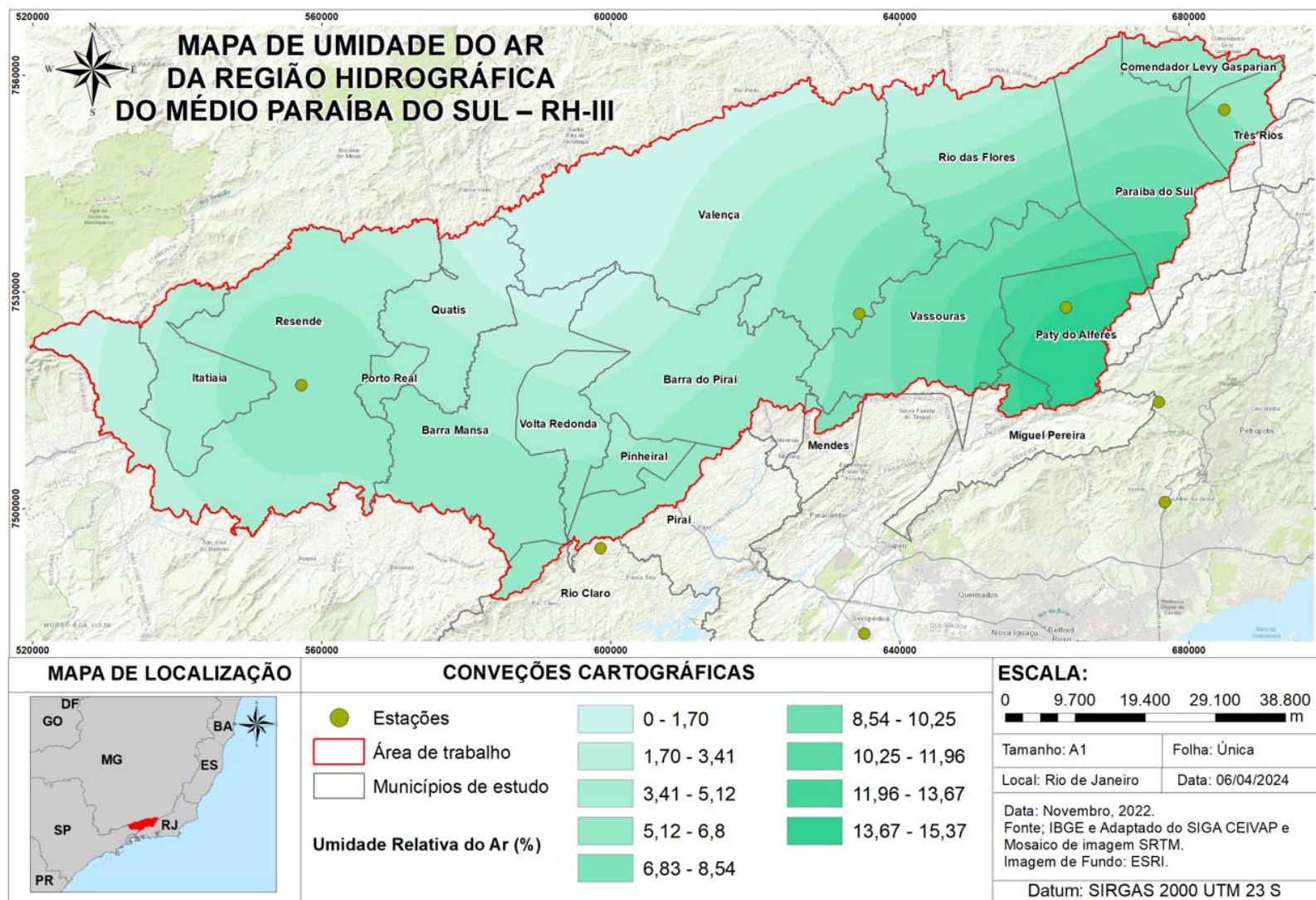
O mapa de umidade do ar no Médio Paraíba do Sul apoia para compreender as tendências de perigo de incêndios, sendo uma variável meteorológica fundamental para avaliar as condições propícias para a ocorrência e propagação do fogo. A umidade do ar é um componente importante no contexto de incêndios florestais e sua aplicação em um mapa de perigo.

A umidade do ar é um parâmetro essencial na modelagem do comportamento do fogo. Incorporar dados de umidade em um mapa de perigo permite uma modelagem mais precisa das condições sob as quais os incêndios podem ocorrer e se espalhar (RIBEIRO, 2021). Um mapa que represente a umidade do ar pode ajudar a avaliar o potencial de propagação do fogo em diferentes regiões, considerando a relação entre umidade e inflamabilidade da vegetação.

Locais com persistentemente baixos níveis de umidade do ar podem ser identificados como áreas críticas em termos de perigo de incêndios. Isso possibilita a focalização de esforços de prevenção e resposta nessas regiões.

Para confecção do Mapa de Umidade do Ar da Região Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul – RH III, foram usados dados de umidade do ar de estações meteorológicas do Estado do Rio de Janeiro, extraídos do banco de dados do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) e depois foi feito o uso da ferramenta de interpolação de dados IDW para gerar distribuição da umidade na região.

Figura 19 - Mapa de umidade do ar da região hidrográfica do Médio Paraíba do Sul- RH III



Fonte: Autoria Própria (2024).

3.3. O mapa de perigo de incêndios florestais na RH III

O Mapa de Perigo de Incêndios Florestais na Região III é uma ferramenta que contribuirá para o entendimento do perigo de incêndios florestais na região. Ele não apenas identifica as áreas mais propensas a incêndios, mas também fornece informações sobre os fatores que contribuem para sua ocorrência.

Finalizada a etapa de obtenção dos dados Geoespaciais relacionados aos fatores escolhidos na pesquisa, foram gerados mapas individuais para cada um destes fatores e posteriormente foi gerado o mapa contendo as áreas de perigo de incêndios. A análise do perigo de incêndio foi conduzida usando a Calculadora Raster no ArcGISseles, estes integrados, juntamente com seus respectivos coeficientes (pesos definidos na pesquisa com os especialistas), em um único mapa onde os resultados foram classificados em categorias, como "baixo", "médio", "alto", "muito alto" e "crítico". Este mapa final fornece uma classificação de perigo de incêndio para a RH III. Assim, cada unidade de informação do mapa reflete a soma ponderada dos valores correspondentes em cada camada de dados, de acordo com seus respectivos fatores de peso.

Para construção do mapa de perigo de incêndios foram realizadas as etapas abaixo:

3.3.1. Preparação dos Dados

Para essa etapa foi utilizado o SIG. Os dados foram carregados no SIG, adicionando as camadas raster declividade do terreno, forma de ocupação antrópica, temperatura, precipitação, orientação de encostas, altimetria, déficit hídrico e umidade relativa do ar.

3.3.2. Calculadora Raster

Utilizando a calculadora raster e suas funções ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Map Algebra > Raster Calculator. Utilizou-se os pesos obtidos na etapa da metodologia AHP para desenvolver a fórmula específica combinando os diferentes fatores:

$$PI = \sum \text{Peso_característica} \times \text{Nota_característica}$$

$$PI = (PD \times DC) + (PT \times TP) + (PP \times PC) + (POA \times OA) + (PA \times AL) \\ + (PUR \times URA) + (POE \times OE) + (PDH \times DH)$$

Onde:

Perigo_Incendio = PI

Peso_Declividade = PD

Declividade = DC

Peso_Temperatura = PT

Temperatura = TP

Peso_Precipitação = PP

Precipitação = PC

Peso_ocupação antrópica = POA

Ocupação antrópica = OA

Peso_Altimetria = PA

Altimetria = AL

Peso_Umidade relativa do ar = PUR

Umidade relativa do ar = URA

Peso_Orientação das Encostas = POE

Orientação das Encostas = OE

Peso_Défit Hídrico = PDH

Défit Hídrico = DH

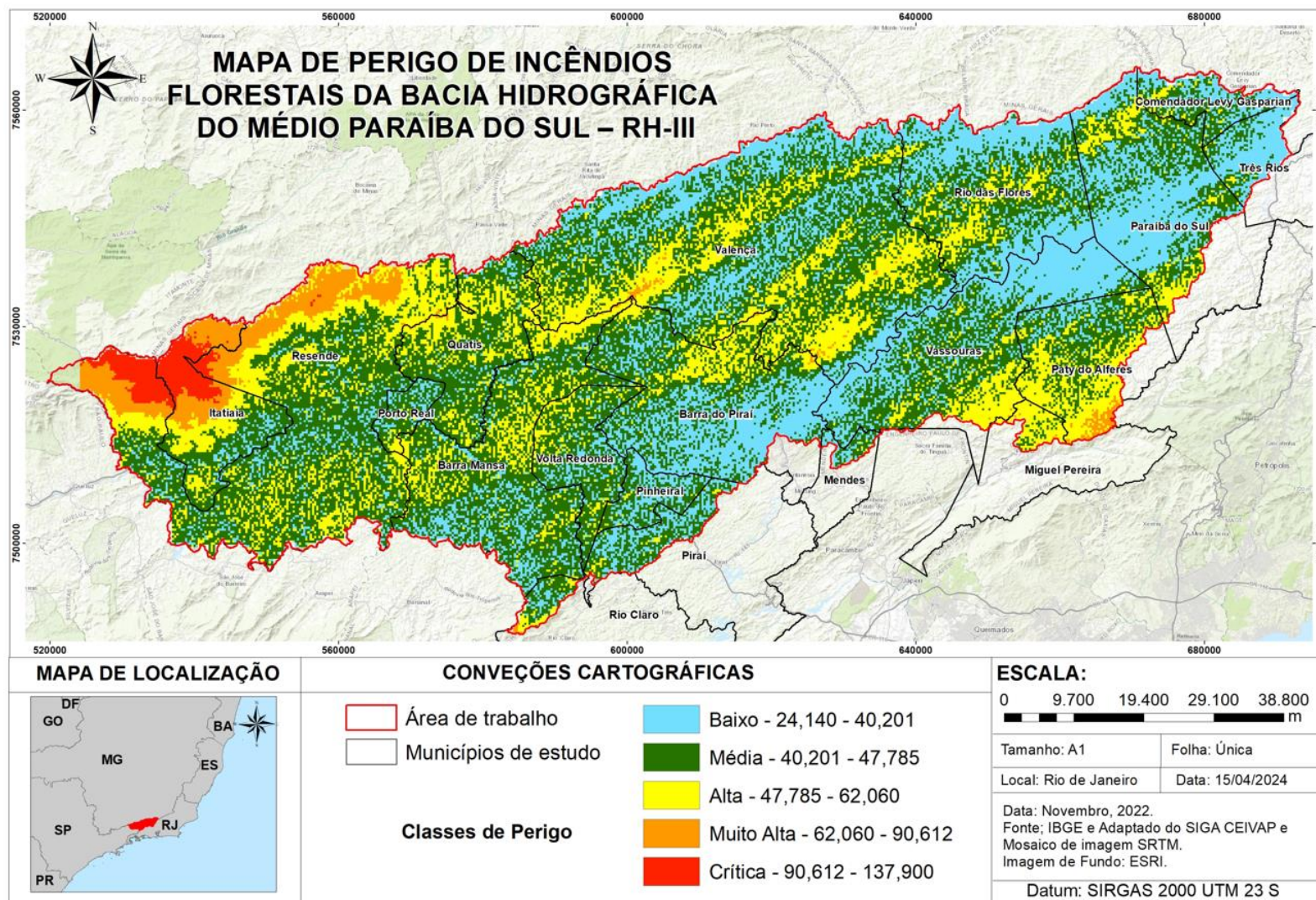
3.3.3. Execução da Calculadora Raster

Após preencher a Calculadora Raster com a fórmula desenvolvida, foi dado o "OK" para executar a ferramenta.

3.3.4. Análise e Visualização dos Resultados

Após a conclusão, obteve-se um novo raster que representa o perigo de incêndio considerando a metodologia AHP. E como produto cartográfico, obteve-se o mapa de perigo de incêndios conforme figura 20:

Figura 20 - Mapa de perigo de incêndios da região hidrográfica do Médio Paraíba do Sul- RH III



Fonte: Autoria Própria (2024).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao combinar o AHP com o SIG, foi possível criar um modelo completo e abrangente de avaliação de perigos de incêndio florestal da RH III. O AHP é utilizado para definir a importância relativa de cada fator na avaliação do perigo de incêndio, enquanto o SIG é empregado para integrar e analisar os dados espaciais correspondentes a esses critérios.

Considerando o quantitativo espacial de áreas por nível de perigo de incêndios verifica-se o predomínio de áreas de médio e baixo na área total da região hidrográfica do Médio Paraíba do Sul- RH III. Áreas de alto risco corresponderam a um segundo nível de ocupação, intermediário, enquanto as classes extremas obtiveram os menores quantitativos.

Áreas classificadas como muito alto e crítico, responderam por menos de 5% da área total da região hidrográfica do Médio Paraíba do Sul- RH III, conforme pode ser visto na tabela 4.

Tabela 4 – Porcentagem de Zonas de perigo de incêndios na Bacia Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul

Shape Leng	Shape Área	Classificação	Porcentagem
78,849	172.808	Baixo	27,4%
129,321	300.969	Médio	47,7%
62,914	125.831	Alto	19,9%
4,351	21.668	Muito Alto	3,4%
0,883	9.487	Crítico	1,5%

Fonte: Autoria Própria (2024).

Nota-se que os pontos críticos e de elevado estão localizados nos municípios de Itatiaia, Resende, Valença e Paty do Alferes, conforme indicado no mapa de perigo. Comparações foram feitas com os mapas unitários dos fatores, apresentando uma análise comparativa detalhada dessas localidades na tabela 5.

Tabela 5: Comparação das áreas identificadas com perigos de incêndios entre muito alto e crítico.

Município	Ocupação do solo	Altimetria	Declividade	Vertentes	Precipitações	Disponibilidade hídrica	Temperatura	Umidade do ar
Itatiaia	Ocupação do solo de afloramento rochoso e formações de florestas	Altimetria varia entre 1238m a 2765m	Declividade com maior percentual entre 2 - 45% (em alguns pontos podendo chegar a 74%)	Tendo uma maior variedade de vertentes entre norte, sul, leste e oeste.	Médias de precipitações entre 48 a 56mm	Disponibilidade hídrica dividida entre baixa e alta	Temperaturas médias dividida entre baixa e alta, temperaturas médias podendo chegar de 0 a 21,7°C	Umidade relativa do ar entre 1,70 a 5,12%, tendo uma maior variedade de vertentes entre norte, sul, leste e oeste.
Resende	Ocupação do solo de silvicultura, formação de florestas, pastagens e afloramento rochoso	entre 1002m a 2765m	Declividade com maior percentual entre 2 - 45% (em alguns pontos podendo chegar a 74%)	Tendo uma maior variedade de vertentes entre norte, sul, leste e oeste.	Médias de precipitações entre 42 a 56mm	Disponibilidade hídrica baixa e alta em poucas áreas	Temperaturas médias podendo chegar de 0 a 21,7°C	Umidade relativa do ar entre 0 a 6,8%
Valença	Ocupação do solo com predominância de solo de formação de florestas e pastagens	Altimetria variando entre 815m a 1238m, com dois picos entre 1238m a 1524m	Declividade com maior percentual entre 2 - 45% (em alguns pontos podendo chegar entre 45 e 74%)	Tendo uma maior variedade de vertentes entre leste, sul e oeste.	Médias de precipitações entre 35 a 38mm	Disponibilidade hídrica baixa em toda a área	Temperaturas médias podendo chegar de 0 a 5,42°C	Umidade relativa do ar entre 0 a 1,70%
Paty do Alferes	Ocupação do solo de formação de florestas, pastagens e área urbanizada	altimetria entre 667m a 1238m	Declividade com maior percentual entre 8 - 20% (em alguns pontos podendo chegar entre 2 a 45%)	Tendo uma maior variedade de vertentes entre norte e oeste	Médias de precipitações entre 25 a 29mm	Disponibilidade hídrica mediana e alta	Temperaturas médias podendo chegar de 27 a 32°C	Umidade relativa do ar entre 13 a 15%

Fonte: Autoria Própria (2024).

Contudo, é possível notar que as áreas de sinalização sobre o perigo de incêndios em níveis muito alto e críticos estão em sua maioria concentradas próximas ao Parque Nacional do Itatiaia, situado na Serra da Mantiqueira, abrangendo os estados do Rio de Janeiro, Minas Gerais e São Paulo, e integrando a Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. Esta última envolve os municípios de Alagoas (MG), Bocaina de Minas (MG), Itamonte (MG), Itatiaia (RJ) e Resende (RJ). As áreas de alto perigo se limitam a pequenas porções na região do Médio Paraíba do Sul.

É evidente que essa área apresenta altitude elevada e é predominantemente coberta por florestas.

O Parque Nacional do Itatiaia é a primeira unidade de conservação a ser criada no Brasil tendo como data de institucionalização junho de 1937, foi criado com o objetivo de proteger a rica biodiversidade da região, que abriga uma grande variedade de espécies de flora e fauna, além de importantes recursos hídricos.

É um destino bem popular para o ecoturismo e a prática de atividades ao ar livre, oferecendo trilhas, cachoeiras, picos de montanha e uma paisagem deslumbrante. Sua criação marcou o início do sistema de áreas protegidas no Brasil, sendo um marco histórico na conservação ambiental do país.

De acordo com Rodrigues (2011), foram identificados 323 incêndios (1937-2008). Sendo observado que 5.724 ha, queimados foram dentro e/ou no entorno do Parque.

As queimadas ocorreram sobretudo no inverno (90%), no período de seca. O clima no Parque Nacional do Itatiaia exibe uma certa regularidade relacionada às intensas chuvas, que ocorrem de outubro a abril (estação chuvosa), e ao período de seca, de maio a setembro (estação seca). Nas áreas de menor altitude, em torno de 1.000 m, a média anual de precipitação varia de 1.500 a 1.800 mm, conforme dados da última normal climatológica (1961-1990). Já nos Campos de Altitude no estado do Rio de Janeiro, a média anual de precipitação varia de 2.000 a 3.000 mm, Aximoff e Rodrigues (2011, apud Safford 1999).

Os meses mais críticos, com maior ocorrência de incêndios, foram julho, agosto, setembro e outubro, e o pico de ocorrências foi em agosto (32,8%). As maiores extensões de áreas atingidas pelo fogo ocorreram nos meses citados anteriormente e a maior extensão foi em setembro (5.284 ha) Aximoff e Rodrigues (2011, apud Safford 1999).

O solo raso presente na região destacada com maior porcentagem de áreas críticas, favorece a exposição de afloramentos rochosos, limitando o estabelecimento de vegetação densa e compacta. Como resultado, observa-se uma extensa área de formação campestre nas partes mais elevadas do Pico. Essa vegetação apresenta alta combustibilidade, ou seja, é facilmente suscetível a incêndios.

A presente pesquisa que gerou o mapa de perigo corroborou essa observação, classificando o risco no Parque como crítico a muito alto, reforçando na atualidade os perigos de cercam o cercam

Sendo importantes a aplicação de medidas preventivas e um planejamento eficaz para a prevenção e combate a incêndios não somente no parque como também em outras áreas

mapeadas, visando proteger não apenas a vida selvagem, mas também as áreas residenciais próximas e as atividades humanas na região.

Contudo, em pesquisa ao relatório Diagnostico de Vulnerabilidades Vol. II no site do Comitê Médio Paraíba do Sul, observa-se que não são contabilizados eventos de incêndios florestais entre os anos 2000 a 2008, como pode ser observado na figura 21:

Figura 21: Número de ocorrências de desastres naturais na RH-III (Médio Paraíba do Sul), totais do período de 2000 a 2012, por município e grupo/tipo de desastre.

Município	Inund	Desl	Inund+Desl	Vend	Gran	Est	Ress	IncF	Total	SE	ECP
Barra do Piraí	2	2	5	-	-	-	-	-	9	4	1
Barra Mansa	6	2	3	-	2	-	-	-	13	4	1
Com. Levy Gasparian	1	1	2	-	-	-	-	-	4	3	-
Itatiaia	1	-	1	-	-	-	-	-	2	1	-
Miguel Pereira	1	2	1	-	-	-	-	-	4	2	-
Paraíba do Sul	6	-	2	-	-	-	-	-	8	7	-
Paty do Alferes	4	5	2	1	1	-	-	-	13	4	-
Pinheiral	-	-	1	-	-	-	-	-	1	1	-
Porto Real	2	-	-	-	-	-	-	-	2	1	1
Quatis	1	-	1	1	-	-	-	-	3	2	-
Resende	1	-	3	-	-	-	-	-	4	3	1
Rio das Flores	1	-	1	-	1	-	-	-	3	2	-
Três Rios	5	1	2	-	-	-	-	-	8	4	-
Valença	3	2	2	-	-	-	-	-	7	2	-
Vassouras	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Volta Redonda	-	1	-	-	2	-	-	-	3	-	-
Total da RH-III	34	16	26	2	6	-	-	-	84	40	4

Fonte: Diagnostico de Vulnerabilidades Vol. II - Dados da Defesa Civil organizados e analisados neste estudo. Inund = Inundações; Desl = Deslizamentos; Inund+Desl = Inundações e Deslizamentos; Vend = Vendavais; Gran = Granizos; Est = Estiagens; Ress = Ressacas; IncF = Incêndios florestais. SE - situação de emergência e ECP - estado de calamidade pública, reconhecidos em decretos estaduais e/ou portarias federais. Obs.: O traço (-) significa ausência de ocorrência do tipo de desastre.

Apesar de no Diagnostico de Vulnerabilidades Vol. II, enfatizar que na região hidrográfica III, não tenham sido diagnosticados incêndios entre os anos de 2000 a 2008, o próprio parque nacional em seu boletim 15 publicado no ano de 2012, tem como destaque o projeto de pesquisa: Análise Geoecológica dos Incêndios Florestais no Parque Nacional do Itatiaia é um trabalho elaborado pelo Analista Ambiental Gustavo W. Tomzhinski, sob orientação do Prof./Dr. Manoel do Couto Fernandes e de Kátia Torres Ribeiro.

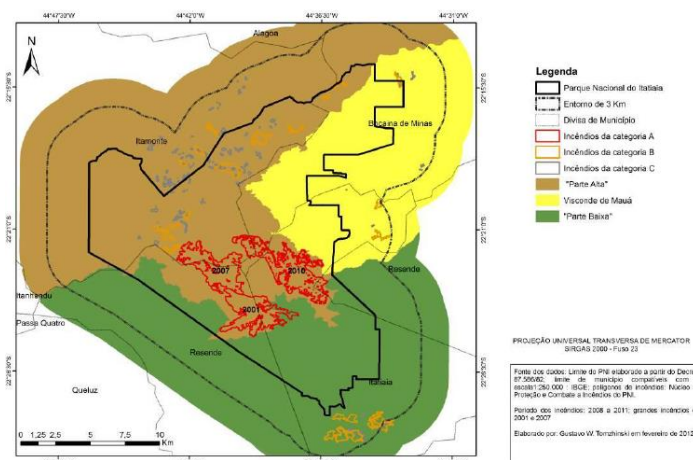
A pesquisa demonstra dados que contrariam o diagnóstico. O pesquisador examinou uma área de estudo definida como o polígono que engloba o PNI e sua zona circundante em um raio de 3 km, totalizando 57.924 ha.

Relatando a ocorrência de **453 incêndios**, destacando os mais significativos nos anos de 1937, 1951, 1963, 1988, 1989, **2001, 2007, 2008, 2010 e 2011**, e apresenta os métodos utilizados para a detecção desses incêndios, apoiado pela direção do Parque Nacional do Itatiaia.

Outros pesquisadores fortalecem que o Parque Nacional do Itatiaia (PNI) sofre constantemente com o fogo, especialmente no Planalto das Agulhas Negras conforme (DUSÉN, 1955; BRADE, 1956; RIBEIRO, 2002; TEIXEIRA, 2006, TOMZHINSKI, 2012). Os pesquisadores afirmam que as atividades humanas no seu interior e entorno resultam em grande número de incêndios, alguns de grandes proporções, que ano a ano eliminam espécimes da fauna e flora, modificando e possivelmente empobrecendo os ecossistemas e sua biodiversidade.

A figura 22 abre luz a ocorrências de grandes incêndios entre **2001 a 2007**, contradizendo o diagnóstico citado anteriormente.

Figura 22: Ocorrências de incêndios detectadas no Parque Nacional do Itatiaia.



Fonte: Tomzhinski (2012) - Mapa dos ROIs analisados, abrangendo o período de 2008 a 2011 e os grandes incêndios de 2001 e 2007, na região do Parque Nacional do Itatiaia.

De certo que incêndios florestais estavam no raio de preocupação do Comitê Médio Paraíba do Sul, mesmo após o recebimento do diagnóstico, foi que o Comitê Médio Paraíba do Sul no ano de 2018 realizou a publicação do Edital AGEVAP nº 03/2018, que teve como objetivo selecionar, através de adesão por MANIFESTAÇÃO DE INTERESSE, municípios inseridos na Bacia da Região Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul para aderirem a Campanha de Prevenção à Queimadas do Comitê Médio Paraíba do Sul.

O edital mostrou-se bem-sucedido conforme pode ser observado pela relação das manifestações recebidas e habilitadas as seguintes prefeituras:

- Prefeitura Municipal de Barra Mansa;
- Prefeitura Municipal de Mendes;
- Prefeitura Municipal de Miguel Pereira;
- Prefeitura Municipal de Paty do Alferes;
- Prefeitura Municipal de Piraí;
- Prefeitura Municipal de Porto Real;
- Prefeitura Municipal de Quatis;
- Prefeitura Municipal de Rio Claro;
- Prefeitura Municipal de Vassouras;
- Prefeitura Municipal de Volta Redonda.

A publicação do edital demonstra a preocupação com os perigos de incêndios sua ação para prevenir os impactos na conservação das florestas e, conseqüentemente, na produção de água, o Comitê deliberou recursos para uma Campanha de Prevenção à Queimadas no ano de 2018.

Apesar das ações anteriores são necessários empenhos para o aumento de investimentos e sucessivamente mais ações, principalmente no Parque nacional do Itatiaia. Pode-se considerar a replicação das ações implementadas por outros comitês de bacias que já realizaram iniciativas bem-sucedidas no combate a queimadas e incêndios florestais. Podemos citar como exemplo bem-sucedido para mitigação de incêndios florestais o Comitê de Bacias Hidrográficas Guandu. O Comitê obteve um sucesso na entrega do Plano Associativo de Prevenção e Combate às Queimadas e Incêndios florestais como pode ser consultado no link http://www.sigaguandu.org.br:8080/publicacoesArquivos/arq_pubMidia_Processo_042-2013.pdf, que dispõe ações na gestão e prevenção de incêndios florestais na região.

A implementação desse projeto possibilita o conhecimento de ações significativas na capacidade de resposta e prevenção de incêndios, sendo inclusive um modelo para outras regiões enfrentando desafios semelhantes.

Além disso, o Comitê obteve sucesso na participação ativa dos representantes dos municípios em capacitações de Controle e Combate a Incêndios Florestais, realizadas em colaboração com o Corpo de Bombeiros e o Instituto de Florestas da UFRRJ. Essas capacitações não apenas forneceram conhecimentos técnicos, mas também promoveram a

cooperação entre as partes interessadas, fortalecendo a rede de prevenção e resposta a incêndios.

Essa abordagem integrada, combinando a implementação de projetos estratégicos como o destacado no link fornecido, juntamente com a capacitação contínua e colaborativa, são exemplos a serem seguidos para enfrentar os desafios complexos associados aos incêndios florestais.

CONCLUSÃO

A aplicação da Análise Hierárquica de Processos (AHP) revelou uma eficácia, evidenciada pela coerência das ponderações. Essas ponderações foram direcionadas para elementos que exercem um impacto considerável na propagação e controle de incêndios, levando em consideração uma ampla revisão bibliográfica, que incluiu aspectos como uso do solo, proximidade a infraestruturas como rodovias e ferrovias, além do relevo da bacia hidrográfica do Médio Paraíba do Sul. Destaca-se ainda, a relevância dos fatores climáticos, como precipitação, temperatura e umidade relativa do ar, foi integralmente considerada no contexto da análise. Estes fatores climáticos desempenham um papel fundamental na dinâmica dos incêndios florestais, influenciando diretamente as condições de combustão e propagação do fogo. Portanto, ao abordar esses aspectos climáticos juntamente com outros elementos, a pesquisa proporciona uma visão mais abrangente das variáveis influenciadoras na ocorrência e comportamento dos incêndios florestais, contribuindo para uma abordagem mais holística na gestão e prevenção desses eventos.

Ao adotar uma abordagem integrada que leve em consideração as especificidades da bacia hidrográfica do Médio Paraíba do Sul, é possível mitigar os impactos dos incêndios florestais e promover a sustentabilidade ambiental e socioeconômica da região.

Uma forma de viabilizar esse tipo de abordagem integrada seria o investimento em infraestrutura de combate a incêndios, para a melhoria da capacidade de resposta rápida por parte dos bombeiros; também a instalação de pontos de água estratégicos e o uso de tecnologias avançadas, como sistemas de detecção precoce de incêndios por satélite. Bem como, a preservação e restauração de ecossistemas naturais, como florestas e áreas de vegetação nativa, que atuam como barreiras naturais à propagação de incêndios e contribuem para a manutenção da biodiversidade local.

Ações de conscientização e educação ambiental também precisam ser foco constante do Comitê Médio Paraíba do Sul. Essas ações apoiam ao desenvolvimento de consciência ética sobre o ecossistema a natureza e a conservação dos recursos naturais.

Após a realização da pesquisa, é possível concluir que os objetivos propostos foram alcançados. A pesquisa se mostrou bem-sucedida e irá acrescer o campo acadêmico, bem como, poderá ser utilizado como material para pesquisas futuras e para fortalecimento da gestão de recursos hídricos regional.

Em relação ao objetivo geral de analisar os perigos de ocorrência de incêndios na região do Médio Paraíba do Sul, classificando-os com base em fatores correlacionados, foi

possível obter uma compreensão mais profunda dos elementos que influenciam a incidência desses eventos.

Os maiores perigos identificados incluem condicionantes climáticos, como períodos de estiagem prolongada e altas temperaturas, que aumentam significativamente a ocorrência de incêndios; a cobertura vegetal, com áreas de densa vegetação seca e material combustível acumulado, que são mais suscetíveis a incêndios; a topografia, onde terrenos inclinados podem facilitar a propagação do fogo, aumentando a gravidade dos incêndios; atividades humanas, como práticas agrícolas, queimadas controladas que escapam do controle e outras atividades imprudentes; a proximidade a áreas urbanas ou rurais, onde a maior presença humana eleva o perigo devido à possibilidade de ações negligentes; e a acessibilidade para controle e combate, pois áreas de difícil acesso dificultam o combate aos incêndios, permitindo que se espalhem mais rapidamente. Esses fatores combinados contribuem significativamente para a ocorrência e propagação de incêndios na região, necessitando de uma abordagem integrada para a gestão e mitigação dos riscos.

Os objetivos específicos também foram cumpridos com sucesso. A elaboração do mapa de perigo de incêndios, combinando técnicas do Processo de Hierarquia Analítica (AHP) e do Sistema de Informação Geográfica (SIG), proporcionou uma visualização clara das áreas de maior perigo na região. Além disso, a aplicação da metodologia para estudar os perigos de incêndios, considerando uma variedade de fatores relevantes, contribuiu para uma análise abrangente e detalhada da problemática.

Os mapas individuais gerados, apresentaram boa correlação com estudos climatológicos aplicados à região, garantindo assim a destreza dos mesmos no mapeamento dos perigos de incêndios. Os mapas criados nesta pesquisa bem como, seus dados Geoespaciais serão disponibilizados ao Comitê para integrar ao SIGA ÁGUAS para compor aos metadados da região no módulo SIGA WEB.

O fornecimento de informações ao Comitê Médio Paraíba do Sul poderá apoiar na construção de relatórios futuros sobre eventos críticos relacionados a incêndios demonstrando o potencial impacto prático da pesquisa na gestão de emergências e na tomada de decisões na região, para novamente ter investimento a ações de prevenção a queimadas na bacia.

Por fim, ao considerar as diversas etapas e abordagens empregadas neste projeto de pesquisa acadêmica, é possível afirmar que os resultados obtidos foram significantes e contribuíram substancialmente para o entendimento e enfrentamento dos desafios relacionados aos incêndios florestais na região do Médio Paraíba do Sul e demais bacias hidrográficas.

Uma das principais lições aprendidas ao longo do desenvolvimento desta pesquisa foi a importância do aumento do número de especialistas consultados. Para o aumento da eficácia sugere-se um número superior a 20 especialistas, especialmente aumentar o número de especialistas, de brigadas de combate a incêndios, corpos de bombeiros da região de estudo e defesa civil, acrescentando a esse universo especialistas provenientes das áreas de meteorologia. O aumento da colaboração e o conhecimento desses profissionais proporcionará uma visão mais abrangente e aprofundada da comparação dos fatores relacionados aos incêndios florestais, enriquecendo assim a análise e os resultados alcançados.

Dessa forma, pode-se afirmar que a pesquisa êxito em atingir seus objetivos propostos, fornecendo informações significativas e ferramentas úteis não apenas para a academia, mas também para as autoridades competentes e demais atores envolvidos na gestão e preservação das áreas florestais.

Espera-se que os resultados deste estudo possam orientar políticas públicas, práticas de manejo ambiental e ações de conscientização, visando reduzir os impactos negativos dos incêndios florestais e promover a sustentabilidade desses ecossistemas importantes para o equilíbrio ambiental e bem-estar das comunidades locais.

REFERÊNCIA

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA). O COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA O QUE É E O QUE FAZ? Brasília: Tda Brasil, 2011.

AGEVAP. Relatório ambiental do Comitê do Médio Paraíba do Sul, 2017, 62p. Disponível em: <https://cbhmedioparaiba.org.br/downloads/relatorio-de-situacao,2017.pdf>. Acesso em: 04 de dez. de 2022.

AGEVAP. Relatório de situação do Comitê do Médio Paraíba do Sul, 2017, 62p. Disponível em: <https://www.cbhmedioparaiba.org.br/conteudo/relambiental-2020.pdf>. Acesso em: 04 de dez. de 2022.

AIRES, L. S. S. Avaliação espaço-temporal dos focos de calor e análise do risco de incêndios no município de Rio Verde - GO. 2022. Dissertação. Programa de Pós –Graduação em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde – Área de concentração (Engenharia Aplicada e Sustentabilidade).

ANDRADE, G. J. C.; GUERRERO, J. R. Determinación de la susceptibilidad a incendios de cobertura vegetal en la estación biológica Guandera. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso.

ARAUJO, T. R. ZONEAMENTO DE RISCOS DE INCÊNDIOS FLORESTAIS NO MUNICÍPIO DE BREJO – MA. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso.

AXIMOFF IZAR; RODRIGUES RODRIGO DE CARVALHO. HISTÓRICO DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS NO PARQUE NACIONAL DO ITATIAIA, 2011.

BARROS, A. B.; BARROS, A. M. Gestão de riscos no contexto do desenvolvimento sustentável. In: PHILIPPI JR, A.; SAMPAIO, C. A. C.; FERNANDES, V. (Eds.). Gestão de natureza pública e sustentabilidade. São Paulo: Manole, 2012. Capítulo 24.

BEDRIÑANA, M. N. Modelo digital de vulnerabilidad por incendios forestales en la Provincia de Cajamarca - Perú. Tese (Doutorado) – UNIVERSIDADE NACIONAL AGRARIA LA MOLINA.

BELLO, J. P.; FREITAS, A. C. V.; MARIA VIEIRA, E. Análise do risco de fogo para o bioma Caatinga. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 32, p. 734–759, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.55761/abclima.v32i19.16693>.

BENTO-GONÇALVES, A. Geografia dos incêndios em espaços silvestres de montanha. O caso da serra da Cabreira. Braga: Universidade do Minho, 2006.

BURROUGH, P. A., & McDonnell, R. (2015). Principles of Geographical Information Systems. Oxford University Press.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Saúde Ambiental, do Trabalhador e Vigilância das Emergências em Saúde Pública Queimadas e incêndios florestais: atuação da vigilância em saúde ambiental [recurso eletrônico] / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Saúde Ambiental, do Trabalhador e Vigilância das Emergências em Saúde Pública. – Brasília: Ministério da Saúde, 2021. 25 p.: il. Modo de acesso: World Wide Web: http://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/incendios_florestais_vigilancia_ambiental.pdf

CARREIRAS, M. et al. Comparative analysis of policies to deal with wildfire risk. *Land Degradation & Development*, vol. 25, n. 1, p. 92-103, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1002/ldr.227>.

CARVALHO, M. S.; SILVA, L. C. F. O uso do mapa de elevações na prevenção e combate aos incêndios florestais. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 9, n. 4, p. 1286-1294, 2016.

CHEN, K. P.; BLONG, R.; JACOBSON, C. MCE-RISK: Integrating multicriteria evaluation and GIS for risk decision-making in natural hazards. *Environmental Modelling & Software*, v. 16, n. 4, p. 387-397, 2001.

SOARES, DAVID MARQUES. Avaliação do Desempenho de Índices de Vegetação para Análise do Estado da Vegetação Antes da Ocorrência de Incêndios Florestais no Parque Estadual do Itacolomi, 2022.

EMBRAPA CERRADOS. Q&IF e recursos hídricos: efeitos das cinzas sobre os ecossistemas aquáticos. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/56780861/artigo---Q&IF-e-recursos-hidricos-efeitos-das-cinzas-sobre-os-ecossistemas-aquaticos>. Acesso em: 30 de set. de 2022.

FEITOSA, M. F. Dinâmica do risco de incêndios sob efeito do El Niño em paisagem do Bioma caatinga em Petrolina - PE. Trabalho de Conclusão de Curso, 2019.

FERLA, A. K. Métodos de aprendizado de máquina para o mapeamento de florestas de pinus utilizando dados de alta resolução espacial e elaboração de um mapa de risco de incêndio. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal de Santa Maria. 2023.

FERRAZ, S. F. de B.; VETTORAZZI, C. A. Mapeamento de risco de incêndios florestais por meio de sistema de informações geográficas (SIG). Scientia Forestalis, São Paulo, n. 53, p. 40-48, 1998.

FIDELIS, A.; PIVELLO, V. R. Incêndios em vegetação: conceitos e controle. In: PIRES, A. M. M.; FONSECA, S. A. (Org.). Ecologia e Manejo de Recursos Naturais: conceitos, métodos e aplicações. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. p. 267-284.

FIELD, R. D. et al. Indonesian fire activity and smoke pollution in 2015 show persistent nonlinear sensitivity to El Niño-induced drought. Proceedings of the National Academy of Sciences, v. 113, n. 33, p. 9204-9209, 2015.

FITZ, P. R. Geoprocessamento sem complicações. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p. 123-154.

FOZ DO IGUAÇU, PR: INPE, 2013.

FRANCO, R. A. M.; HERNANDEZ, F. B. T.; MORAES, J. F. L. O uso da análise multicritério para a definição de áreas prioritárias a restauração de Área de Preservação Permanente (APP), no noroeste paulista. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO – SBSR, 16., 2013, Foz do Iguaçu-PR. Anais [...].

GANTEAUME, A. et al. Interactions between weather variables and fuel moisture content leading to extreme fire risk in southern France. Natural Hazards and Earth System Sciences, v. 13, n. 4, p. 1095-1104, 2013.

GIRÃO, Ítalo Renan Ferreira; RABELO, Davi Rodrigues; ZANELLA, Maria Elisa. Análise teórica dos conceitos: riscos socioambientais, vulnerabilidade e suscetibilidade. Revista de Geociências do Nordeste, v. 4, p. 71-83, 2018.

GOMES, J. A. P.; SILVA, W. P. D.; NOGUEIRA, G. S.; LONGO, O. C. Uso da inteligência geográfica no apoio à política de prevenção e combate a queimadas no município de Niterói, RJ, Brasil / The use of geographical intelligence in support of the policy of prevention and fire fighting in the country of Niterói, RJ, Brazil. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 70332–70345, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n9-474>.

GONÇALVES, R. S.; FIEDLER, N. C.; RODRIGUES, C. A. G. Uso do modelo numérico de elevação para caracterização de áreas com risco de deslizamento na bacia do rio das Velhas, MG. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 16, n. 3, p. 581-594, 2015.

GUANDU, PLANO ASSOCIATIVO DE COMBATE ÀS QUEIMADAS E INCÊNDIOS FLORESTAIS NA BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS GUANDU, GUANDU-MIRIM E DA GUARDA, 2012, Disponível em http://www.sigaguandu.org.br:8080/publicacoesArquivos/arq_pubMidia_Processo_042-2013.pdf. Acesso em fevereiro de 2024.

HUACA, M. C. C.; TORRES, S. A. A. Zonificación de cobertura vegetal propensa a incendios en el cantón Ibarra, provincia de Imbabura. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Mapa topográfico digital do Brasil. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/cartas-e-mapas/mapas-tematicos/15772-mapa-topografico-digital-do-brasil.html>. Acesso em: 04 maio 2023.

IMBAQUINGO, M. F. A.; ACOSTA, A. M. P. Educación ambiental con énfasis en la prevención de incendios forestales en zonas de páramo del distrito Cuicocha. Trabalho de Conclusão de Curso, 2022.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE. Base legal para a gestão das águas do estado do Rio de Janeiro (1997-2013). 2. ed. rev. e amp. Rio de Janeiro, 2014.

JOHANNA, C. A. G.; JOSELYN, R. G. Determinación de la susceptibilidad a incendios de cobertura vegetal en la Estación Biológica Guandera. Trabajo de titulación para obtener el título de Ingenieras en Recursos Naturales Renovables. (2022).

KANER, L. M. et al. Mapeamento de risco de incêndios florestais: uma aplicação para a região da operação fumaça zero no estado do Rio de Janeiro. **Ações antrópicas sobre o meio Ambiente**, 2022.

KOBIYAMA, M. Ecossistemas Florestais e as Funções Ambientais. *Revista Agrogeoambiental*, v. 2, n. 1, p. 55-69, 2000.

LADISLAU, F. F.; SILVA, J. D. C.; MOREIRA, A. P. M.; NASCIMENTO, G. L.; AZEVEDO, Ú. R. D. Análise Multicritério aplicada ao mapeamento de risco de incêndio na APA Sul RMBH. **Caderno de Geografia**, v. 31, n. 66, p. 667, 19 jul. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2021v31n66p667>.

LOPES, L. Modelação do Risco e Dinâmica do Fogo para Apoio ao Planeamento e Gestão do Espaço Florestal Caso de Estudo – Bacia Hidrográfica do Rio Estorãos, 2013.

MACEDO, T. N. DA S. Risco de incêndios em áreas aptas para plantios florestais. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo. 2021.

MACEDO, W.; SARDINHA, A. M. Fogos florestais. [s.l.]: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 1985. 430p.

MÁQUINA, D. A.; DAUDE, I. A.; JEREMIAS, A. D. S.; 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 - ENFLO**, v. 11, p. e03, 8 maio 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/2316980X70760>.

MENEZES, I. A. L. P. D. C. Construção de um modelo de interação atmosfera/fogo aplicado à gestão florestal e avaliação de risco de fogos florestais no Alentejo. 2016. Tese (Doutorado) – UNIVERSIDADE DE ÉVORA.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Plano Nacional de Recursos Hídricos. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, 2011.

MORAIS, Alexandre Rodrigues de. Incêndios florestais e conflitos hídricos: um estudo sobre os aspectos de governança das águas na Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba, Minas Gerais, 2022.

MOREIRA, P. A. G.; Mendes, T. A.; Santos, D. F. Avaliação de locais potenciais para instalação de torres de observação para prevenção de risco de incêndios florestais, Ci. Fl., Santa Maria, v. 30, n. 4, p. 1266-1282, out./dez. 2020.

MORENO, R. M. O. Evaluación del riesgo de incendios forestales para contribuir a su reducción en las comunidades de la diócesis de talca, región del maule. Trabalho de Conclusão de Curso, 2019.

NERO, M. A.; FERNANDES, L. C.; FRANCO, D. S. M.; TEMBA, P. Mapping Forest fire risk areas near conservation units in the metropolitan region of Belo Horizontemg and your application in the public politic. **Revista SODEBRAS**, v. 16, n. 191, p. 115–130, nov. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.29367/issn.1809-3957.16.2021.191.115>.

NERO, M. A. et al. Mapeamento de áreas de risco de incêndio florestais próximas de unidades de conservação na região metropolitana de Belo Horizonte - MG e sua aplicação na política.

OLIVEIRA, D. S.; BATISTA, A. C.; SOARES, R. V.; GRODZKI, L.; VOSGERAU, J. Zoneamento de risco de incêndios florestais para o estado do Paraná. Revista Floresta, Curitiba, v. 34, n. 2, p. 217-221, 2004.

PAULA, D. J.; RODRIGUES, J. P. C.; SANTOS, C. C. Avaliação de risco de incêndio em zonas industriais na interface florestal. **7^{as} Jornadas de Segurança aos Incêndios Urbanos; 2as Jornadas de Proteção Civil**, 2021.

PAULA. D. J.; RODRIGUES, J. P. C.; SANTOS. C. C. Avaliação de risco de incêndio em zonas industriais na interface florestal. [s. d.].

PERON, Antônio José, EVANGELISTA, Antônio Ricardo. Degradação de pastagens em regiões de cerrado Pasture degradation in savanna's regions. <<https://www.scielo.br/j/cagro/a/9BytnhTsnJrJ5sN9RKtQhNg/?lang=pt>>, [S.I]. Acessado em 16 de out. de 2022.

PEZZOPANE Jem, Oliveira SN No, Vilela MF. Risco de incêndios em função da característica do clima, relevo e cobertura do solo. *Floresta e Ambiente* 2001; 8 (1): 161-166.

PROFILL, Engenharia e Ambiente S.A, Produto Final 02 – Diagnóstico e Prognóstico da Região Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul, 2020, 287p

RIBEIRO Cristina, Sandra Valente, Luuk Fleskens, Jan Jacob Keizer, Celeste Coelho, Perspectivas de Gestão Pós-Fogo: Revisão da Literatura e Análise dos Discursos dos Agentes em Portugal, *Silva Lusitana*, 10.1051/silu/20202802115, 28, 2, (131-154), (2021).

RIBEIRO, Amarolina. "O que é lixiviação do solo?"; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilestola.uol.com.br/o-que-e/geografia/o-que-e-lixiviacao-solo.htm>, [S.I]. Acesso em 30 de set. de 2022.

RIBEIRO, I. G. Mapeamento de áreas susceptíveis a queimadas na bacia do rio Paraúna – MG. Trabalho de Conclusão de Curso, 2021. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental. Graduação em Engenharia Ambiental.

RIBEIRO, M. I. M. Prevenção e detecção de incêndios florestais: análise holística e sistemas tecnológicos; MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE. MESTRE EM ENGENHARIA DO AMBIENTE, 2014.

SAATY, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. New York: McGraw-Hill.

SAATY, T. L. (1990). How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*, 48(1), 9-26.

SAATY, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83-98.

SAATY, T. L. A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures. *Journal of Mathematical Psychology*, New York, v. 15, n. 3, p. 234-281, 1977.

SANTOS, M. B.; FARIA, K. M. S. D. Uso de modelagens espaciais para análise de risco a incêndio: análise preliminar para a região norte de Goiás. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**. Instituto de Geociências - UNICAMP, 2017. p. 5811–5815.

DOI 10.20396/sbgfa.v1i2017.2584. Disponível em: <http://ocs.ige.unicamp.br/ojs/sbgfa/article/view/2584>. Acesso em: 26 jul. 2023.

SANTOS, V. O.; NISHIYAMA, L. Tendências hidrológicas no alto curso da bacia hidrográfica do rio Uberaba, Minas Gerais. *Caminhos de Geografia*, v.17, n.58, 196-212, 2016.

SENNA, M. C. A., FRANÇA, G. B., PEREIRA, M. F., SILVA, M. S., SOUZA, E. P., DRAGAUD, I. C. D. V., SOUZA, L. S., MORAES, N. O., ALMEIDA, V. A., ALMEIDA, M. V., FROTA, M. N., ARAUJO, A. A. M., CARDOZO, K. N., VIANA, L. Q. Um estudo de teleconexão entre oscilações oceânicas e tendências em extremos de precipitação na bacia do rio Paraíba do Sul, 2023

SCOTT, A.C., et al. (2019). The importance of fire for plant diversity and vegetation dynamics in mediterranean ecosystems. In *Fire in Mediterranean Ecosystems* (pp. 1-19). Springer.

SIGA WEB Médio Paraíba do Sul disponível em: <https://sigaaguas.org.br/sigaweb/apps/medio-ps/>, acessado em 14 de outubro de 2022.

SILVA, A. B. (2020). Gestão de recursos hídricos: desafios e perspectivas. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 25(2), e6.

SILVA, E.R. O curso da água na história: simbologia, moralidade e a gestão de recursos hídricos. 1998. Tese (Doutorado) – FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ -ESCOLA NACIONAL DE SAÚDE PÚBLICA – PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE PÚBLICA.

SILVA, Rodrigo Werner da et al. Mapa de susceptibilidade à ocorrência de focos de calor no estado do rio de janeiro (ERJ), 2019, 57p.

SILVA, Rúbia Cristina da, Geoprocessamento aplicado a detecção de risco de incêndios vegetacionais na Bacia Hidrográfica do Rio Dourados (MG), 2020 <http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/10813>. Acessado em 16 de out. de 2022.

SILVA, V. V. D.; CARDOZO, F. D. S.; PEREIRA, G.; ZANIN, G. D.; COSTA, J. C.; ROCHA, L. C.; FIGUEIREDO, M. D. A.; RUFFINO, P. R. Análise da suscetibilidade da

vegetação a incêndios florestais no estado de Minas Gerais. **Revista Geografias**, v. 14, n. 1, p. 125–139, 15 abr. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.35699/2237-549X.2018.19239>.

SMITH, J., et al. (2018). Risk management for wildfires: a review. *International Journal of Wildland Fire*, 27(1), 1-14.

SOARES, L. M., Santos, T. F., Silva, C. F., & Almeida, A. C. (2021). Análise do regime de precipitação e sua relação com os incêndios florestais na região hidrográfica do Médio Paraíba do Sul. *Revista de Geografia, Meio Ambiente e Sustentabilidade*, 11(2), 57-70.

SOUSA, K. H. S.; BARBOSA, S. C. C.; PEREIRA, M. A. Zoning of risks of forest fire in the Serra do Rola Moça State Park - MG. **Essential studies focused on development area**. Seven Events, 2022. p. 831–846. DOI 10.56238/iesfodav1-064. Disponível em: <https://www.sevenevents.com.br/livro/essential-studies-focused-on-development-area>. Acesso em: 25 jul. 2023.

SOUZA, M. C. D. Zoneamento do perigo e risco de incêndios florestais no Planalto Sul Catarinense. [2019]. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Centro de Ciências Veterinárias, da Universidade do Estado de Santa Catarina.

SOUZA, N. **Mapeamento de risco de incêndios florestais em parques, a partir de análise multicritério**. 2022. Universidade Federal de Uberlândia, 2022. DOI 10.14393/ufu.di.2022.5373. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/36618>. Acesso em: 23 jul. 2023.

TAGLIARINI, F. D. S. N.; BARROS, A. C.; LIMA, A. A.; RODRIGUES, B. T.; RODRIGUES, M. T.; PENACHIO, S. M.; OLIVEIRA, S. A. S.; CAMPOS, S. Zoneamento do risco de incêndios florestais em bacia hidrográfica. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 28779–28790, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n5-356>.

TEIXEIRA, Rachel Alves. Desenvolvimento de uma metodologia para avaliação dos riscos ambientais do Município de Valongo. 2023.

TORRES, S. A. A.; HUACA, M. C. C. “Zonificación de cobertura vegetal propensa a incendios en el cantón ibarra, Provincia de Imbabura”. Trabajo de titulación para obtener el título de Ingenieros en Recursos Naturales Renovables. 2019.

TOMZHINSKI, Gustavo W. Análise Geoecológica dos Incêndios Florestais no Parque Nacional do Itatiaia. 2012.

VERDE, João Carlos, AVALIAÇÃO DA PERIGOSIDADE DE INCÊNDIO FLORESTAL; Mestrado em Geografia Física Especialização em Geografia Física, Recursos e Riscos Ambientais, 2008.

VILACORTA, Arthur Arteaga Durans. Influência de elementos meteorológicos na percepção de risco e nas condições de insegurança da população local: incêndios residenciais em área de aglomerado subnormal no bairro do Jurunas, cidade de Belém–Pará. 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/11703>

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. Hidrologia aplicada. São Paulo: Mc Graw Hill, 1975, 247p.

WHITE, L. A. S.; WHITE, B. L. A.; RIBEIRO, G. T. Modelagem espacial de risco de incêndio florestal para o município de Inhambupe, Bahia, Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, [S. l.], v. 36, n. 85, p. 41–49, 2021. DOI: 10.4336/2016.pfb.36.85.850. Disponível em: <https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/850>. Acesso em: 7 março de 2023.

WHITE, L. A. S.; WHITE, B. L. A.; RIBEIRO, G. T. Modelagem espacial de risco de incêndio florestal para o município de Inhambupe, Bahia, Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 36, n. 85, p. 41, 31 mar. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.4336/2016.pfb.36.85.850>.

Fearnside, P. M. (2003). Forests and global warming mitigation in Brazil: opportunities in the Brazilian forest sector for responses to global warming under the “clean development mechanism”. *Biomass and Bioenergy*, 24(4-5), 297-308. doi:10.1016/s0961-9534(02)00112-7

CORDEIRO SIDNEY ARAUJO, CELSO, SOUZA COELHO DE, MENDOZA ZAÍRA, M.S.H. Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal - Issn 1678-3867: Periodicidade Semestral – Edição Número 11 – Fevereiro de 2008 Florestas Brasileiras e as Mudanças Climáticas disponível em: https://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/2T0JKMF6cik5SBf_2013-4-26-17-17-52.pdf

CHEN, Y., LI, X., & CHEN, Y. (2017). An integrated GIS and analytic hierarchy process (AHP) approach for mapping fire risk: a case study from Daxing district, Beijing, China. *Journal of Forestry Research*, 28(5), 937-947.

LONGLEY, P. A., GOODCHILD, M. F., MAGUIRE, D. J., & RHIND, D. W. *Geographic Information Science & Systems*. John Wiley & Sons, 2015.

MALCZEWSKI, J. (1999). *GIS and multicriteria decision analysis*. John Wiley & Sons.

Slocum, T. A., McMaster, R. B., Kessler, F. C., & Howard, H. H. (2009). *Thematic Cartography and Geovisualization*. Pearson Prentice Hall.

Tomlin, C. D. (1990). *Geographic Information Systems and Cartographic Modeling*. Prentice Hall.

APENDICE A – Formulário: Consulta a especialistas para a classificação de perigo de incêndios utilizando a combinação da metodologia AHP (Analytic Hierarchy Process) e o SIG (Sistema de Informação Geográfica).

Consulta a especialistas para a classificação de perigo de incêndios utilizando a combinação da metodologia AHP (Analytic Hierarchy Process) e o SIG (Sistema de Informação Geográfica).

Este formulário será utilizado na dissertação do mestrado profissional Profªgua com o tema: CLASSIFICAÇÃO DE PERIGO DE INCÊNDIOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO MÉDIO PARAÍBA DO SUL.

Linha de Pesquisa:

1- INSTRUMENTOS DA POLÍTICA DE RECURSOS HÍDRICOS: 1.1 - Ferramentas Aplicadas aos Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos

* Indica uma pergunta obrigatória

1. E-mail *

2. Ao iniciar o preenchimento deste formulário você está de acordo com os propósitos acadêmicos dos dados coletados. Os dados serão utilizados exclusivamente para fim acadêmico. *

Marcar apenas uma oval.

☐ CIENTE

3. A PESQUISADORA se compromete a manter medidas de segurança técnicas e administrativas suficientes a proteger os meus dados pessoais, comunicando-me, caso aconteça qualquer incidente de segurança que possa acarretar risco ou dano relevante, conforme o artigo 48 da Lei 13.709/2018 (LGPD). *

Marcar apenas uma oval.

☐ CIENTE

Dados pessoais do participante

A fim de permitir que esta pesquisa obtenha uma compreensão abrangente da localização residencial e de trabalho, da experiência do participante e de outros dados relevantes para o estudo, é importante que sejam fornecidas as informações solicitadas abaixo:

4. Qual seu nome completo? (não obrigatório)

<https://docs.google.com/forms/d/1zyxZorEj7XziUIGcb9Nw8TQfo50xrYXXVLZBDV3B5-nQ/edit>

1/14

5. Qual município de sua residência? *

6. Qual seu município de trabalho? *

7. Possui nível superior? *

Marcar apenas uma oval.

☐ sim

☐ não

☐ Cursando

8. Se a sua resposta foi sim, qual o curso de graduação que você concluiu?

9. Possui pós-graduação? *

Marcar apenas uma oval.

☐ sim

☐ não

☐ Cursando

<https://docs.google.com/forms/d/1zyxZorEj7XziUIGcb9Nw8TQfo50xrYXXVLZBDV3B5-nQ/edit>

2/14

10. Qual tipo de pós-graduação você possui ou está cursando? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Especialização
☐ Mestrado
☐ Doutorado
☐ Pós doutorado
☐ não tenho pós-graduação

11. Qual é a sua área de atuação? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Defesa Civil
☐ Corpo de bombeiro
☐ Universidade
☐ Atua em Comitê de Bacias Hidrográfica
☐ INPE
☐ Atua em outras áreas técnicas como por exemplo engenharia florestal, engenharia ambiental ou afins
☐ Outro: _____

12. Classifique por favor sua experiência profissional na área de incêndios florestais. Sendo 1 para nenhuma experiência e 5 para muita experiência. *

Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5
☐	☐	☐	☐	☐

<https://docs.google.com/forms/d/1zyxZorEj7XziUIGcb9Hw6TQfo50xrYXVLZBDV3B5-nQ/edit>

3/14

13. Classifique por favor sua experiência profissional na área de gestão de recursos hídricos. Sendo 1 para nenhuma experiência e 5 para muita experiência. *

Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5
☐	☐	☐	☐	☐

Sua participação nesta pesquisa será importante para desenvolver a classificação de perigos de incêndios na Bacia Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul. Abaixo serão apresentadas opções que exigem a avaliação de importância entre os fatores avaliados nesta pesquisa. (CLIQUE PARA CONTINUAR)

A metodologia AHP (Analytic Hierarchy Process) combinada com SIG (Sistema de Informações Geográficas) representa uma abordagem multidisciplinar para a análise de dados espaciais, que desempenha um papel fundamental em diversas áreas, como planejamento urbano, gestão ambiental e tomada de decisões em geral. Esta abordagem combina a capacidade analítica do AHP com a capacidade de representação espacial e análise do SIG, proporcionando uma visão holística e robusta de problemas complexos relacionados ao espaço geográfico.

Um elemento essencial nessa metodologia é o preenchimento deste formulário, que servirá como a base para a coleta de dados relevantes. Este formulário não apenas reúne informações críticas, mas também define fatores que são necessários para a estrutura de hierarquia no processo AHP.

Além disso, a consideração de fatores geográficos e ambientais, como precipitação, temperatura, declividade, umidade relativa do ar, orientação da encosta e ocupação antrópica, é de extrema importância para esta pesquisa. Esses fatores podem ter um impacto significativo na ocorrência de incêndios florestais. A metodologia AHP permite que esses fatores sejam ponderados e comparados de maneira sistemática, levando a decisões informadas e equilibradas.

A utilização de SIG para representar, analisar e visualizar os dados geográficos torna possível identificar padrões, relações espaciais e tendências que não seriam evidentes de outra forma. A combinação da abordagem AHP com as capacidades de SIG oferece uma ferramenta importante para tomadores de decisão, uma vez que lhes permite considerar todos esses fatores complexos de forma integrada e hierárquica.

Após a finalização do prazo de preenchimento deste formulário os dados serão processados numa matriz de decisão e seus respectivos pesos inseridos no ArcGIS, para no final ser entregue um mapa de perigo de incêndios na região de estudo.

Qualquer dúvida pode ser questionada no e-mail: simone.domiciano@profagua.uerj.br.

CLASSIFICAÇÃO E ANÁLISE DOS FATORES

A partir deste momento você irá analisar a combinação dos fatores desta pesquisa sendo eles:

declividade, forma de ocupação antrópica, precipitação, temperatura, umidade relativa do ar, orientação de encostas, altimetria e déficit hídrico.
 O propósito é uma análise "par a par", onde você avaliará o grau de importância entre o fator e seus pares.

<https://docs.google.com/forms/d/1zyxZorEj7XziUIGcb9Hw6TQfo50xrYXVLZBDV3B5-nQ/edit>

4/14

ESCALA DE COMPARAÇÃO DOS FATORES

Escala numérica	Escala conceitual	Descrição
1	Igual	Os dois elementos comparados contribuem igualmente para o objetivo.
3	Moderada	O elemento comparado é ligeiramente importante ao outro.
5	Forte	A experiência e o julgamento favorecem fortemente o elemento em relação ao outro.
7	Muito Forte	O elemento comparado é muito mais forte em relação ao outro, e tal importância pode ser observada na prática.
9	Absoluta	O elemento comparado apresenta o mais alto nível de evidência

14. TEMPERATURA: Como você compara os fatores temperatura e precipitação relacionados ao perigo de incêndio florestal? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ PESO 1 - TEMPERATURA contribui igualmente com a PRECIPITAÇÃO
- ☐ PESO 3 - TEMPERATURA é ligeiramente mais importante que a PRECIPITAÇÃO
- ☐ PESO 5 - TEMPERATURA é mais importante que a PRECIPITAÇÃO
- ☐ PESO 7 - TEMPERATURA é muito mais importante em relação a PRECIPITAÇÃO
- ☐ PESO 9 - TEMPERATURA é absolutamente mais importante em relação a PRECIPITAÇÃO

15. TEMPERATURA: Como você compara os fatores temperatura e déficit hídrico, relacionados ao perigo de incêndio florestal? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ PESO 1 - TEMPERATURA contribui igualmente com o DÉFICIT HÍDRICO
- ☐ PESO 3 - TEMPERATURA é ligeiramente mais importante que o DÉFICIT HÍDRICO
- ☐ PESO 5 - TEMPERATURA é mais importante que o DÉFICIT HÍDRICO
- ☐ PESO 7 - TEMPERATURA é muito mais importante em relação ao DÉFICIT HÍDRICO
- ☐ PESO 9 - TEMPERATURA é absolutamente mais importante em relação ao DÉFICIT HÍDRICO

<https://docs.google.com/forms/d/1zyxZorEj7XziUIGcb9Nw6TQfo50xrYXVLZBDV3B5-nQ/edit>

5/14

16. TEMPERATURA: Como você compara os fatores temperatura e umidade relativa do ar, relacionados ao perigo de incêndio florestal? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ PESO 1 - TEMPERATURA contribui igualmente com a UMIDADE RELATIVA DO AR
- ☐ PESO 3 - TEMPERATURA é ligeiramente mais importante que a UMIDADE RELATIVA DO AR
- ☐ PESO 5 - TEMPERATURA é mais importante que a UMIDADE RELATIVA DO AR
- ☐ PESO 7 - TEMPERATURA é muito mais importante em relação a UMIDADE RELATIVA DO AR
- ☐ PESO 9 - TEMPERATURA é absolutamente mais importante em relação a UMIDADE RELATIVA DO AR

17. TEMPERATURA: Como você compara os fatores temperatura e declividade, relacionados ao perigo de incêndio florestal? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ PESO 1 - TEMPERATURA contribui igualmente com a DECLIVIDADE
- ☐ PESO 3 - TEMPERATURA é ligeiramente mais importante que a DECLIVIDADE
- ☐ PESO 5 - TEMPERATURA é mais importante que a DECLIVIDADE
- ☐ PESO 7 - TEMPERATURA é muito mais importante em relação a DECLIVIDADE
- ☐ PESO 9 - TEMPERATURA é absolutamente mais importante em relação a DECLIVIDADE

18. TEMPERATURA: Como você compara os fatores temperatura e altimetria, relacionados ao perigo de incêndio florestal? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ PESO 1 - TEMPERATURA contribui igualmente com a ALTIMETRIA
- ☐ PESO 3 - TEMPERATURA é ligeiramente mais importante que a ALTIMETRIA
- ☐ PESO 5 - TEMPERATURA é mais importante que a ALTIMETRIA
- ☐ PESO 7 - TEMPERATURA é muito mais importante em relação a ALTIMETRIA
- ☐ PESO 9 - TEMPERATURA é absolutamente mais importante em relação a ALTIMETRIA

<https://docs.google.com/forms/d/1zyxZorEj7XziUIGcb9Nw6TQfo50xrYXVLZBDV3B5-nQ/edit>

6/14

19. TEMPERATURA: Como você compara os fatores temperatura e forma de ocupação antrópica, relacionados ao perigo de incêndio florestal? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ PESO 1 - TEMPERATURA contribui igualmente com a FORMA DE OCUPAÇÃO ANTRÓPICA
- ☐ PESO 3 - TEMPERATURA é ligeiramente mais importante que a FORMA DE OCUPAÇÃO ANTRÓPICA
- ☐ PESO 5 - TEMPERATURA é mais importante que a FORMA DE OCUPAÇÃO ANTRÓPICA
- ☐ PESO 7 - TEMPERATURA é muito mais importante em relação a FORMA DE OCUPAÇÃO ANTRÓPICA
- ☐ PESO 9 - TEMPERATURA é absolutamente mais importante em relação a FORMA DE OCUPAÇÃO ANTRÓPICA

20. TEMPERATURA: Como você compara os fatores temperatura e orientação da encosta, relacionados ao perigo de incêndio florestal? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ PESO 1 - TEMPERATURA contribui igualmente com a ORIENTAÇÃO DA ENCOSTA
- ☐ PESO 3 - TEMPERATURA é ligeiramente mais importante que a ORIENTAÇÃO DA ENCOSTA
- ☐ PESO 5 - TEMPERATURA é mais importante que a ORIENTAÇÃO DA ENCOSTA
- ☐ PESO 7 - TEMPERATURA é muito mais importante em relação a ORIENTAÇÃO DA ENCOSTA
- ☐ PESO 9 - TEMPERATURA é absolutamente mais importante em relação a ORIENTAÇÃO DA ENCOSTA

21. PRECIPITAÇÃO: Como você compara os fatores precipitação e déficit hídrico, relacionados ao perigo de incêndio florestal? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ PESO 1 - PRECIPITAÇÃO contribui igualmente com a DÉFICIT HÍDRICO
- ☐ PESO 3 - PRECIPITAÇÃO é ligeiramente mais importante que a DÉFICIT HÍDRICO
- ☐ PESO 5 - PRECIPITAÇÃO é mais importante que a DÉFICIT HÍDRICO
- ☐ PESO 7 - PRECIPITAÇÃO é muito mais importante em relação a DÉFICIT HÍDRICO
- ☐ PESO 9 - PRECIPITAÇÃO é absolutamente mais importante em relação a DÉFICIT HÍDRICO

<https://docs.google.com/forms/d/1zyxZorEj7XziUIGcb9Nw8TQfo50xrYXVLZBDV3B5-nQ/edit>

7/14

22. PRECIPITAÇÃO: Como você compara os fatores precipitação e umidade relativa do ar, relacionados ao perigo de incêndio florestal? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ PESO 1 - PRECIPITAÇÃO contribui igualmente com a UMIDADE RELATIVA DO AR
- ☐ PESO 3 - PRECIPITAÇÃO é ligeiramente mais importante que a UMIDADE RELATIVA DO AR
- ☐ PESO 5 - PRECIPITAÇÃO é mais importante que a UMIDADE RELATIVA DO AR
- ☐ PESO 7 - PRECIPITAÇÃO é muito mais importante em relação a UMIDADE RELATIVA DO AR
- ☐ PESO 9 - PRECIPITAÇÃO é absolutamente mais importante em relação a UMIDADE RELATIVA DO AR

23. PRECIPITAÇÃO: Como você compara os fatores precipitação e declividade, relacionados ao perigo de incêndio florestal? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ PESO 1 - PRECIPITAÇÃO contribui igualmente com a DECLIVIDADE
- ☐ PESO 3 - PRECIPITAÇÃO é ligeiramente mais importante que a DECLIVIDADE
- ☐ PESO 5 - PRECIPITAÇÃO é mais importante que a DECLIVIDADE
- ☐ PESO 7 - PRECIPITAÇÃO é muito mais importante em relação a DECLIVIDADE
- ☐ PESO 9 - PRECIPITAÇÃO é absolutamente mais importante em relação a DECLIVIDADE

24. PRECIPITAÇÃO: Como você compara os fatores precipitação e altimetria, relacionados ao perigo de incêndio florestal? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ PESO 1 - PRECIPITAÇÃO contribui igualmente com a ALTIMETRIA
- ☐ PESO 3 - PRECIPITAÇÃO é ligeiramente mais importante que a ALTIMETRIA
- ☐ PESO 5 - PRECIPITAÇÃO é mais importante que a ALTIMETRIA
- ☐ PESO 7 - PRECIPITAÇÃO é muito mais importante em relação a ALTIMETRIA
- ☐ PESO 9 - PRECIPITAÇÃO é absolutamente mais importante em relação a ALTIMETRIA

<https://docs.google.com/forms/d/1zyxZorEj7XziUIGcb9Nw8TQfo50xrYXVLZBDV3B5-nQ/edit>

8/14

25. PRECIPITAÇÃO: Como você compara os fatores precipitação e forma de ocupação antrópica, relacionados ao perigo de incêndio florestal? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ PESO 1 - PRECIPITAÇÃO contribui igualmente com a FORMA DE OCUPAÇÃO ANTRÓPICA
- ☐ PESO 3 - PRECIPITAÇÃO é ligeiramente mais importante que a FORMA DE OCUPAÇÃO ANTRÓPICA
- ☐ PESO 5 - PRECIPITAÇÃO é mais importante que a FORMA DE OCUPAÇÃO ANTRÓPICA
- ☐ PESO 7 - PRECIPITAÇÃO é muito mais importante em relação a FORMA DE OCUPAÇÃO ANTRÓPICA
- ☐ PESO 9 - PRECIPITAÇÃO é absolutamente mais importante em relação a FORMA DE OCUPAÇÃO ANTRÓPICA

26. PRECIPITAÇÃO: Como você compara os fatores precipitação e orientação da encosta, relacionados ao perigo de incêndio florestal? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ PESO 1 - PRECIPITAÇÃO contribui igualmente com a ORIENTAÇÃO DA ENCOSTA
- ☐ PESO 3 - PRECIPITAÇÃO é ligeiramente mais importante que a ORIENTAÇÃO DA ENCOSTA
- ☐ PESO 5 - PRECIPITAÇÃO é mais importante que a ORIENTAÇÃO DA ENCOSTA
- ☐ PESO 7 - PRECIPITAÇÃO é muito mais importante em relação a ORIENTAÇÃO DA ENCOSTA
- ☐ PESO 9 - PRECIPITAÇÃO é absolutamente mais importante em relação a ORIENTAÇÃO DA ENCOSTA

27. DÉFICIT HÍDRICO: Como você compara os fatores déficit hídrico e umidade relativa do ar, relacionados ao perigo de incêndio florestal? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ PESO 1 - DÉFICIT HÍDRICO contribui igualmente com a UMIDADE RELATIVA DO AR
- ☐ PESO 3 - DÉFICIT HÍDRICO é ligeiramente mais importante que a UMIDADE RELATIVA DO AR
- ☐ PESO 5 - DÉFICIT HÍDRICO é mais importante que a UMIDADE RELATIVA DO AR
- ☐ PESO 7 - DÉFICIT HÍDRICO é muito mais importante em relação a UMIDADE RELATIVA DO AR
- ☐ PESO 9 - DÉFICIT HÍDRICO é absolutamente mais importante em relação a UMIDADE RELATIVA DO AR

<https://docs.google.com/forms/d/1zyxZorEj7XziUIGcb9Nw8TQfo50xrYXVLZBDV3B5-nQ/edit>

9/14

28. DÉFICIT HÍDRICO: Como você compara os fatores déficit hídrico e declividade, relacionados ao perigo de incêndio florestal? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ PESO 1 - DÉFICIT HÍDRICO contribui igualmente com a DECLIVIDADE
- ☐ PESO 3 - DÉFICIT HÍDRICO é ligeiramente mais importante que a DECLIVIDADE
- ☐ PESO 5 - DÉFICIT HÍDRICO é mais importante que a DECLIVIDADE
- ☐ PESO 7 - DÉFICIT HÍDRICO é muito mais importante em relação a DECLIVIDADE
- ☐ PESO 9 - DÉFICIT HÍDRICO é absolutamente mais importante em relação a DECLIVIDADE

29. DÉFICIT HÍDRICO: Como você compara os fatores déficit hídrico e altimetria, relacionados ao perigo de incêndio florestal? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ PESO 1 - DÉFICIT HÍDRICO contribui igualmente com a ALTIMETRIA
- ☐ PESO 3 - DÉFICIT HÍDRICO é ligeiramente mais importante que a ALTIMETRIA
- ☐ PESO 5 - DÉFICIT HÍDRICO é mais importante que a ALTIMETRIA
- ☐ PESO 7 - DÉFICIT HÍDRICO é muito mais importante em relação a ALTIMETRIA
- ☐ PESO 9 - DÉFICIT HÍDRICO é absolutamente mais importante em relação a ALTIMETRIA

30. DÉFICIT HÍDRICO: Como você compara os fatores déficit hídrico e forma de ocupação antrópica, relacionados ao perigo de incêndio florestal? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ PESO 1 - DÉFICIT HÍDRICO contribui igualmente com a FORMA DE OCUPAÇÃO ANTRÓPICA
- ☐ PESO 3 - DÉFICIT HÍDRICO é ligeiramente mais importante que a FORMA DE OCUPAÇÃO ANTRÓPICA
- ☐ PESO 5 - DÉFICIT HÍDRICO é mais importante que a FORMA DE OCUPAÇÃO ANTRÓPICA
- ☐ PESO 7 - DÉFICIT HÍDRICO é muito mais importante em relação a FORMA DE OCUPAÇÃO ANTRÓPICA
- ☐ PESO 9 - DÉFICIT HÍDRICO é absolutamente mais importante em relação a FORMA DE OCUPAÇÃO ANTRÓPICA

<https://docs.google.com/forms/d/1zyxZorEj7XziUIGcb9Nw8TQfo50xrYXVLZBDV3B5-nQ/edit>

10/14

31. DÉFICIT HÍDRICO: Como você compara os fatores déficit hídrico e orientação da encosta, relacionados ao perigo de incêndio florestal? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ PESO 1 - DÉFICIT HÍDRICO contribui igualmente com a ORIENTAÇÃO DA ENCOSTA
- ☐ PESO 3 - DÉFICIT HÍDRICO é ligeiramente mais importante que a ORIENTAÇÃO DA ENCOSTA
- ☐ PESO 5 - DÉFICIT HÍDRICO é mais importante que a ORIENTAÇÃO DA ENCOSTA
- ☐ PESO 7 - DÉFICIT HÍDRICO é muito mais importante em relação a ORIENTAÇÃO DA ENCOSTA
- ☐ PESO 9 - DÉFICIT HÍDRICO é absolutamente mais importante em relação a ORIENTAÇÃO DA ENCOSTA

32. UMIDADE RELATIVA DO AR: Como você compara os umidade relativa do ar e declividade, relacionados ao perigo de incêndio florestal? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ PESO 1 - UMIDADE RELATIVA DO AR contribui igualmente com a DECLIVIDADE
- ☐ PESO 3 - UMIDADE RELATIVA DO AR é ligeiramente mais importante que a DECLIVIDADE
- ☐ PESO 5 - UMIDADE RELATIVA DO AR é mais importante que a DECLIVIDADE
- ☐ PESO 7 - UMIDADE RELATIVA DO AR é muito mais importante em relação a DECLIVIDADE
- ☐ PESO 9 - UMIDADE RELATIVA DO AR é absolutamente mais importante em relação a DECLIVIDADE

33. UMIDADE RELATIVA DO AR: Como você compara os umidade relativa do ar e altimetria, relacionados ao perigo de incêndio florestal? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ PESO 1 - UMIDADE RELATIVA DO AR contribui igualmente com a ALTIMETRIA
- ☐ PESO 3 - UMIDADE RELATIVA DO AR é ligeiramente mais importante que a ALTIMETRIA
- ☐ PESO 5 - UMIDADE RELATIVA DO AR é mais importante que a ALTIMETRIA
- ☐ PESO 7 - UMIDADE RELATIVA DO AR é muito mais importante em relação a ALTIMETRIA
- ☐ PESO 9 - UMIDADE RELATIVA DO AR é absolutamente mais importante em relação a ALTIMETRIA

<https://docs.google.com/forms/d/1zyxZorEj7XziUIGcb9Nw8TQfo50xrYXVLZBDV3B5-nQ/edit>

11/14

34. UMIDADE RELATIVA DO AR: Como você compara os umidade relativa do ar e forma de ocupação antrópica, relacionados ao perigo de incêndio florestal? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ PESO 1 - UMIDADE RELATIVA DO AR contribui igualmente com a FORMA DE OCUPAÇÃO ANTRÓPICA
- ☐ PESO 3 - UMIDADE RELATIVA DO AR é ligeiramente mais importante que a FORMA DE OCUPAÇÃO ANTRÓPICA
- ☐ PESO 5 - UMIDADE RELATIVA DO AR é mais importante que a FORMA DE OCUPAÇÃO ANTRÓPICA
- ☐ PESO 7 - UMIDADE RELATIVA DO AR é muito mais importante em relação a FORMA DE OCUPAÇÃO ANTRÓPICA
- ☐ PESO 9 - UMIDADE RELATIVA DO AR é absolutamente mais importante em relação a FORMA DE OCUPAÇÃO ANTRÓPICA

35. UMIDADE RELATIVA DO AR: Como você compara os umidade relativa do ar e orientação da encosta, relacionados ao perigo de incêndio florestal? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ PESO 1 - UMIDADE RELATIVA DO AR contribui igualmente com a ORIENTAÇÃO DA ENCOSTA
- ☐ PESO 3 - UMIDADE RELATIVA DO AR é ligeiramente mais importante que a ORIENTAÇÃO DA ENCOSTA
- ☐ PESO 5 - UMIDADE RELATIVA DO AR é mais importante que a ORIENTAÇÃO DA ENCOSTA
- ☐ PESO 7 - UMIDADE RELATIVA DO AR é muito mais importante em relação a ORIENTAÇÃO DA ENCOSTA
- ☐ PESO 9 - UMIDADE RELATIVA DO AR é absolutamente mais importante em relação a ORIENTAÇÃO DA ENCOSTA

36. DECLIVIDADE: Como você compara os declividade e altimetria, relacionados ao perigo de incêndio florestal? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ PESO 1 - DECLIVIDADE contribui igualmente com a ALTIMETRIA
- ☐ PESO 3 - DECLIVIDADE é ligeiramente mais importante que a ALTIMETRIA
- ☐ PESO 5 - DECLIVIDADE é mais importante que a ALTIMETRIA
- ☐ PESO 7 - DECLIVIDADE é muito mais importante em relação a ALTIMETRIA
- ☐ PESO 9 - DECLIVIDADE é absolutamente mais importante em relação a ALTIMETRIA

<https://docs.google.com/forms/d/1zyxZorEj7XziUIGcb9Nw8TQfo50xrYXVLZBDV3B5-nQ/edit>

12/14

37. DECLIVIDADE: Como você compara os declividade e forma de ocupação antrópica, relacionados ao perigo de incêndio florestal? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ PESO 1 - DECLIVIDADE contribui igualmente com a FORMA DE OCUPAÇÃO ANTRÓPICA
- ☐ PESO 3- DECLIVIDADE é ligeiramente mais importante que a FORMA DE OCUPAÇÃO ANTRÓPICA
- ☐ PESO 5- DECLIVIDADE é mais importante que a FORMA DE OCUPAÇÃO ANTRÓPICA
- ☐ PESO 7 - DECLIVIDADE é muito mais importante em relação a FORMA DE OCUPAÇÃO ANTRÓPICA
- ☐ PESO 9 - DECLIVIDADE é absolutamente mais importante em relação a FORMA DE OCUPAÇÃO ANTRÓPICA

38. DECLIVIDADE: Como você compara os declividade e orientação da encosta, relacionados ao perigo de incêndio florestal? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ PESO 1 - DECLIVIDADE contribui igualmente com a ORIENTAÇÃO DA ENCOSTA
- ☐ PESO 3- DECLIVIDADE é ligeiramente mais importante que a ORIENTAÇÃO DA ENCOSTA
- ☐ PESO 5- DECLIVIDADE é mais importante que a ORIENTAÇÃO DA ENCOSTA
- ☐ PESO 7 - DECLIVIDADE é muito mais importante em relação a ORIENTAÇÃO DA ENCOSTA
- ☐ PESO 9 - DECLIVIDADE é absolutamente mais importante em relação a ORIENTAÇÃO DA ENCOSTA

39. ALTIMETRIA Como você compara os fatores altimetria e forma de ocupação antrópica, relacionados ao perigo de incêndio florestal? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ PESO 1 -ALTIMETRIA contribui igualmente com a FORMA DE OCUPAÇÃO ANTRÓPICA
- ☐ PESO 3- ALTIMETRIA é ligeiramente mais importante que a FORMA DE OCUPAÇÃO ANTRÓPICA
- ☐ PESO 5- ALTIMETRIA é mais importante que a FORMA DE OCUPAÇÃO ANTRÓPICA
- ☐ PESO 7 - ALTIMETRIA é muito mais importante em relação a FORMA DE OCUPAÇÃO ANTRÓPICA
- ☐ PESO 9 - ALTIMETRIA é absolutamente mais importante em relação a FORMA DE OCUPAÇÃO ANTRÓPICA

<https://docs.google.com/forms/d/1zyxZorEj7XziUIGcb9Nw8TQfo50xrYXVLZBDV3B5-nQ/edit>

13/14

40. ALTIMETRIA Como você compara os fatores altimetria e orientação da encosta, relacionados ao perigo de incêndio florestal? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ PESO 1 -ALTIMETRIA contribui igualmente com a ORIENTAÇÃO DA ENCOSTA
- ☐ PESO 3- ALTIMETRIA é ligeiramente mais importante que a ORIENTAÇÃO DA ENCOSTA
- ☐ PESO 5- ALTIMETRIA é mais importante que a ORIENTAÇÃO DA ENCOSTA
- ☐ PESO 7 - ALTIMETRIA é muito mais importante em relação a ORIENTAÇÃO DA ENCOSTA
- ☐ PESO 9 - ALTIMETRIA é absolutamente mais importante em relação a ORIENTAÇÃO DA ENCOSTA

41. FORMA DE OCUPAÇÃO ANTRÓPICA: Como você compara os fatores forma de ocupação antrópica a e orientação da encosta, relacionados ao perigo de incêndio florestal? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ PESO 1 -FORMA DE OCUPAÇÃO ANTRÓPICA contribui igualmente com a ORIENTAÇÃO DA ENCOSTA
- ☐ PESO 3- FORMA DE OCUPAÇÃO ANTRÓPICA é ligeiramente mais importante que a ORIENTAÇÃO DA ENCOSTA
- ☐ PESO 5- FORMA DE OCUPAÇÃO ANTRÓPICA é mais importante que a ORIENTAÇÃO DA ENCOSTA
- ☐ PESO 7 -FORMA DE OCUPAÇÃO ANTRÓPICA é muito mais importante em relação a ORIENTAÇÃO DA ENCOSTA
- ☐ PESO 9 - FORMA DE OCUPAÇÃO ANTRÓPICA é absolutamente mais importante em relação a ORIENTAÇÃO DA ENCOSTA

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

<https://docs.google.com/forms/d/1zyxZorEj7XziUIGcb9Nw8TQfo50xrYXVLZBDV3B5-nQ/edit>

14/14