

QUEIMADAS E INCÊNDIOS FLORESTAIS

Análise e Monitoramento de Queimadas e
Incêndios Florestais no Estado do Rio de Janeiro



**Fundação Centro Estadual de Estatísticas, Pesquisas e
Formação de Servidores Públicos do Rio de Janeiro**
Avenida Carlos Peixoto, 54, Botafogo - CEP 22290-090
www.ceperj.rj.gov.br



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação - CIP
Geane Grangeiro – CRB7/7232

F981 Fundação CEPERJ
Queimadas e incêndios florestais / Fundação CEPERJ.
--1.ed. -- Riode Janeiro,RJ: Fundação CEPERJ, 2022.
436 p.: il.

Inclui bibliografia
ISBN:978-65-87903-09-5

1. Queimadas - Rio de Janeiro 2. Causas 3. Fatores
agravantes. 4. Danos. 5. Proteção I. CEPERJ. II. CEEP.
III. Título.

CDD - 634.9618

GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Claudio Bomfim de Castro e Silva
Governador

Nilcola Miccione
Secretário da Casa Civil

CEPERJ | FUNDAÇÃO CENTRO ESTADUAL DE ESTATÍSTICAS, PESQUISAS E
FORMAÇÃO DE SERVIDORES PÚBLICOS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Gabriel Rodrigues Lopes
Presidência

Marcello Coimbra Costa
Vice-Presidência

CEEP | CENTRO DE ESTATÍSTICAS, ESTUDOS E PESQUISAS

Thiago Larangeira
Diretor

COOPRUA | COORDENADORIA DE POLÍTICAS REGIONAIS, URBANAS E AMBIENTAIS

| COORDENAÇÃO GERAL/GERENTE

Yuri Guedes Maia
Engenheiro Ambiental e Sanitarista

| COORDENADOR TÉCNICO DO PROJETO

Pedro Assis Costa Martins
Geógrafo

| EQUIPE TÉCNICA

Fernanda Araújo Menezes
Engenheira Ambiental

Jade Golzio Barqueta Donnini
Engenheira Ambiental

Leonardo Menezes Kaner
Engenheiro Ambiental

Mateus Ribeiro Rodriguez
Geógrafo

Pedro Ferreira Chagas Araújo
Geógrafo

Suzana Gabriela Matias do Nascimento
Engenheira Agrônoma

Thaís Dantas Costa
Engenheira Ambiental e Sanitarista

Alex Souza Alves
Gerente de Guarda Parque do INEA

Natália Rodrigues Gomes
Ma. Cidadania Ambiental e Participação

| ASSESSORIA DE COMUNICAÇÃO

Thaís Nunes
Coordenação

Edmar Araujo Moreira
Diagramação

Lais Martins da Costa
Revisão

ÍNDICE

Prefácio	23
Apresentação	27
1. Conceitos Gerais	35
1.1 Queimada	37
1.2 Queima controlada	37
1.3 Queima prescrita	37
1.4 Queima de amontoados	37
1.5 Queimada extensiva	38
1.6 Incêndio florestal	38
1.7 Incêndio Subterrâneo	38
1.8 Incêndio Superficial	40
1.9 Incêndio Aéreo ou de copa	41
1.10 Foco de queimada/de queima/de calor/de incêndio	43
1.11 Regime do fogo	43
1.12 Fire Pixel	43
1.13 Hotspot	44
1.14 Risco	44
1.15 Perigo	44
1.16 Prevenção	44
1.17 Pré-supressão	45
1.18 Combate ou supressão	45
1.19 Uso do Fogo	45
1.20 Manejo do Fogo	45
1.21 Manejo Integrado do Fogo (MIF)	46
1.22 Taxa de Propagação	47

1.23 Autorização de queimada controlada	47
1.24 Sensoriamento remoto	49
1.25 Processamento Digital de Imagens (PDI)	50
1.26 LANDSAT	50
1.27 MODIS	51
1.28 Retardante químico	51
1.29 Barreira natural	52
1.30 Barreira artificial	52
1.31 Barreira química	52
1.32 Aceiro	52
1.33 Linha de controle	53
1.34 Linha de defesa	53
1.35 Linha negra	53
1.36 Linha fria	53
1.37 Ponto de ancoragem	53
Referências bibliográficas	54
2. Principais causas das Q&IF	57
2.1 Analfabetismo ambiental	60
2.2 Acidental	61
2.3 Comportamental	63
2.4 Manejo do fogo em áreas rurais	65
2.5 Fenômenos naturais	67
Referências bibliográficas	70
3. Fatores que contribuem com as Q&IF	75
3.1 Meteorológicos	78
3.1.1 Precipitação	78
3.1.2 Vento	79
3.1.3 Umidade relativa	80
3.1.4 Temperatura	81
3.2 Topográficos	82

3.2.1 Inclinação.....	82
3.2.2 Altitude.....	83
3.2.3 Exposição das vertentes.....	84
3.2.4 Configuração.....	85
3.3 Combustíveis.....	85
3.3.1 Tipo.....	86
3.3.2 Localização.....	87
3.3.3 Disponibilidade.....	88
3.3.4 Rapidez.....	88
3.3.5 Condição orgânica.....	89
ReferênciasBibliográficas.....	90
4. Impacto das Q&IF.....	93
4.1 Na sociedade.....	95
4.1.1 Danos à saúde humana.....	96
O Efeito covid-19.....	104
4.1.2 Danos econômicos e sociais.....	106
4.2 Na Natureza.....	115
4.2.1 Danos sobre a flora.....	115
4.2.2 Danos sobre o solo.....	117
4.2.3 Danos sobre a atmosfera.....	120
4.2.4 Danos sobre a fauna.....	122
Referênciasbibliográficas.....	126
5. Medidas de prevenção e combate às Q&IF.....	133
5.1 Planos de proteção.....	136
5.2 Parcerias e comunicação interagencial.....	141
5.3 Mapeamento e banco de dados.....	144
5.4 Tecnologias de informação.....	148
5.5 Ações de prevenção.....	150
5.5.1 Alternativas ao uso do fogo e queima controlada.....	151
5.5.2 Educação Ambiental.....	155

5.5.3 Construção de aceiros.....	158
5.6 Detecção.....	160
5.6.1 Terrestre fixo.....	160
5.6.2 Terrestre móvel.....	162
5.6.3 Aérea.....	165
5.6.4 Satélites.....	167
5.7 Ações de combate.....	169
5.7.1 Método direto.....	170
5.7.2 Método indireto.....	172
5.7.3 Método paralelo ou combinado.....	174
5.7.4 Método aéreo.....	174
5.8 Registro.....	175
Referências bibliográficas.....	178
6 Ocorrências de incêndios florestais.....	183
6.1 Cenário global.....	186
6.1.1 Mega incêndios.....	194
Woolsey Fire.....	197
Camp fire.....	200
Mendocino Complex Fire.....	204
6.1.1.2 Canadá.....	207
Horse River Fire (Fort McMurray, Alberta).....	207
6.1.1.3 Rússia.....	211
6.1.1.2 Incêndio em Floresta.....	212
6.1.1.4 Grécia.....	214
Incêndios no Peloponeso (2007).....	214
6.1.1.5 Portugal.....	217
Incêndio em Pedrógão Grande (2017).....	217
6.1.1.6 Austrália.....	219
Sampson Flat Fire.....	219
6.2 Cenário Nacional.....	221
Referências bibliográficas.....	231

7. Legislação voltada para as Q&IF	239
7.1 Políticas Públicas	242
7.2 Esfera Federal	245
7.2.1 Evolução Histórica	245
7.2.2 Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA) e Lei de Crimes Ambientais	252
7.2.3 Política Nacional De Proteção e Defesa Civil — PNPDEC	254
7.3 Esfera Estadual	256
7.3.1 A proibição de queimadas da vegetação	257
7.3.2 A Lei Estadual de Crimes Ambientais	258
7.3.3 A Lei nº 9.001/2020: Semana Estadual de Conscientização, Prevenção e Combate à Prática de Queimadas Urbanas	260
7.3.4 Eliminação Gradativa da Queima da palha da cana-de-açúcar	261
7.3.5 ICMS Ecológico	261
7.4 Esfera Municipal	263
Referências Bibliográficas	266
8. Panorama	273
8.1 Estrutura Governamental em áreas de atuação na prevenção e combate aos focos de incêndio	275
8.1.1 Defesa civil	278
O Plano de Emergência do estado do Rio de Janeiro (PEM/RJ)	280
CEMADEN-RJ - Centro Estadual de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais	283
8.1.1.1 Programa Linha Verde	285
8.1.2 Corpo de Bombeiros	288
8.1.3 Inea	293
Operação Fumaça Zero: Gênesis	298
A Operação Fumaça Zero	301
8.2 Atuações Municipais para prevenção e combate de Q&IF	314
Referências bibliográficas	322

9 Materiais e Métodos	329
9.1 Caracterização da Área de Estudo	331
9.1.1 Localização	332
9.1.2 Uso e Ocupação do Solo	334
9.1.3 Hipsometria	336
9.1.4 Declividade	337
9.1.5 Hidrografia	339
9.1.6 Orientação ou aspecto de encosta	340
9.1.7 Pluviometria	342
9.1.8 Unidade de Conservação	346
9.1.9 Áreas de Atuação — Bombeiros	346
9.2 Metodologia	347
9.2.1 Série Histórica Focos de Queimadas (2010-2020)	349
9.2.2 Série Histórica Cicatrizes (2015-2021)	353
9.2.3 Composições RGB Cores Reais e Falsa-cor	358
9.2.4 Índice NBR	359
9.2.5 Índice NDVI	361
9.2.5.1 Delta NDVI	363
9.2.6 Cruzamento de Dados	364
9.2.7 Mapas de Susceptibilidade e Risco	366
Mapa de Susceptibilidade	367
Combustibilidade	369
Curvatura de encostas e radiação solar	370
Susceptibilidade	372
Potencialidade	372
Mapa de risco	374
Referências Bibliográficas	375
10. Resultados e discussão	383
10.1 Focos de Queimadas (2010-2020)	385
10.1.1 Análise da série histórica de fogo	391
10.2 Composições de Cores Reais	398

Composição com as bandas 432.....	398
Composição com as bandas 752.....	402
10.3. Delta NDVI.....	405
10.4. Cicatrizes (2015-2020).....	408
10.5. Análise do Cruzamento de Dados.....	413
10.6. Mapas combustibilidade, susceptibilidade e risco	413
Combustibilidade.....	413
Susceptibilidade.....	414
Mapa de Risco.....	417
10.7. Estudos de Caso.....	418
10.7.1. O caso de Teresópolis.....	418
Avaliação da área queimada de acordo com a saúde da vegetação	
local - índice NDVI.....	419
Progressão do incêndio.....	421
Quantificação de área queimada.....	425
10.8.2. O caso de Petrópolis.....	427
Progressão dos focos de calor.....	432
Resultado NDVI.....	434
Referências Bibliográficas.....	436
Anexo - Mapas de Risco por Município	437

Lista de Figuras

Figura 1 - Incêndio subterrâneo e suas características.....	39
Figura 2 - Incêndio subterrâneo.....	39
Figura 3 - Incêndio superficial e suas características.....	40
Figura 4 - Incêndio superficial.....	41
Figura 5 - Incêndio de copa e suas características.....	41
Figura 6 - Incêndio de copa.....	42
Figura 7 - O Triângulo do Manejo do Fogo.....	46
Figura 8 - Triângulo de Manejo Integrado do Fogo.....	47
Figura 9 – Aceiro.....	48
Figura 10 - Linha do tempo dos satélites que compõem a série Landsat.....	51
Figura 11 - Lixo sendo queimado.....	62
Figura 12 - Queda de balão na vegetação.....	63
Figura 13, 14 e 15 - Queda de balão causa incêndio na Floresta Nacional de	
Ipanema, São Paulo.....	63
Figura 16 - Queda de balão causa incêndio no pavilhão do Riocentro, Rio de	
Janeiro.....	64
Figura 17 - Área de floresta desmatada e queimada para limpeza e produção	
agropecuária.....	66
Figura 18 - Área de floresta desmatada e queimada para produção	
agropecuária.....	67
Figura 19 - Incêndio florestal provocado por raios.....	69
Figura 20 - Triângulo do Incêndio Florestal.....	77
Figura 21 - Influência do vento sobre a propagação das chamas.....	80
Figura 22 - Esquema ilustrativo mostrando que fagulhas ou material ardente	
podem ser lançados pela coluna de convecção para além da linha de controle,	
gerando novos focos na área ainda não incendiada.....	80
Figura 23 - Teor de umidade dos combustíveis influenciando no poder de	
inflamabilidade e velocidade de propagação.....	81
Figura 24 - Propagação do fogo no aclave.....	83
Figura 25 - Propagação do fogo no declive.....	83

Figura 26 - Influência da altitude na postura da cobertura vegetal.....	84
Figura 27 - Exposição das vertentes.....	85
Figura 28 - Análise dos combustíveis.....	86
Figura 29 - Os três tipos de combustíveis.....	88
Figura 30 - Incêndio em declive.....	89
Figura 31 - Comparação do tamanho do material particulado com fio de cabelo e grão de areia	99
Figura 32 - O caminho do material particulado.....	99
Figura 33 - Alguns sintomas da exposição aguda a fumaça das queimadas.....	100
Figura 34 - Efeitos da fumaça da queima de biomassa na saúde.....	101
Figura 35 - Efeitos da poluição do ar na saúde do feto.....	103
Figura 36 - Concentração de material particulado por município da Amazônia legal.....	106
Figura 37 - Efeito splash provocando o início do processo erosivo.....	119
Figura 38 - Onça atropelada.....	124
Figura 39 - Tatus mortos pelas Q&IF.....	125
Figura 40 - Elementos e etapas do plano de proteção.....	137
Figura 41 - Plano estratégico preventivo da Operação Corta-Fogo.....	138
Figura 42 - Conceito de risco associado a incêndios florestais.....	140
Figura 43 - Combate a incêndio florestal.....	140
Figura 44 - Estados pertencentes ao programa de ação interagências.....	143
Figura 45 - Estados pertencentes ao programa de ação interagências.....	145
Figura 46 - Mapa de risco de incêndio feito com superposição, através da álgebra de mapas.....	147
Figura 47 - Elaboração de mapas de declividade (B), exposição das vertentes (C) e uso do solo (D), Modelo Digital de Elevação (A).....	148
Figura 48 - Previsão de Risco de Fogo para o estado do Rio de Janeiro.....	149
Figura 49 - Verificação de incêndio florestal em aplicativo.....	150
Figura 50 - Material didático e divulgação em evento.....	156
Figura 51 - Divulgação de material em pedágio de rodovia.....	157

Figura 52 - Fluxograma da metodologia adotada para implantação de torres de vigilância	162
Figura 53 - Veículos de fiscalização florestal.....	162
Figura 54 - Fiscalização auxiliada.....	163
Figura 55 - GPS de navegação.....	164
Figura 56 - Veículo com equipamentos de prevenção e combate.....	164
Figura 57 - Carreta tanque.....	164
Figura 58 - Fluxo de informações do sistema de detecção por satélites.....	167
Figura 59 - Combate direto.....	170
Figura 60 - Combate direto: com água (esquerda); com abafador (meio); com pá direita).....	171
Figura 61 - Fluxo de informações do sistema de detecção por satélites.....	172
Figura 62 - Linhas de defesa: (a) barreira natural; (b) barreira química; (c) linha negra.....	173
Figura 63 - Combatente sobre área queimada.....	176
Figura 64 - Registro de ocorrência de incêndio.....	177
Figura 65 - Zonas térmicas.....	186
Figura 66 - Porcentagem de perda florestal média anual pelo fogo (2003-2014)	187
Figura 67 - Biomas terrestres do globo.....	188
Figura 68 - Velocidade máxima de propagação de ocorrências de incêndios florestais.....	195
Figura 69 - Progressão da extensão do Woolsey Fire.....	198
Figura 70 - Antes - 3 de novembro de 2018.....	199
Figura 71 - Durante - 11 de novembro de 2018.....	199
Figura 72 - Local de origem do Camp Fire.....	201
Figura 73 - Antes - 7 de outubro de 2018.....	202
Figura 74 - Depois - 8 de novembro de 2018.....	202
Figura 75 - Impacto de incêndios em Paradise.....	204
Figura 76 - Histórico de incêndios na região da ocorrência (1950-2018).....	205
Figura 77 - Antes - Mendocino Complex - 26 de julho de 2018.....	206

Figura 78 - Durante - Mendocino Complex - 11 de agosto de 2018.....	206
Figura 79 - Antes - Fort McMurray - 17 de outubro de 2015.....	208
Figura 80 - Depois - Fort McMurray - 12 de maio de 2016.....	208
Figura 81 - Antes - arredores do Fort McMurray - 17 de abril de 2016.....	209
Figura 82 - Depois - arredores do Fort McMurray - 3 de maio de 2016.....	209
Figura 83 - esquerda: MMD-004; direita: Horse River Fire.....	211
Figura 84 - Antes - Península de Kamchatka - 18 de julho de 2015.....	213
Figura 85 - Depois - Península de Kamchatka - 10 de julho de 2018.....	213
Figura 86 - Fumaça do incêndio na Península de Kamchatka sobre o Mar de Okhotsk	214
Figura 87 - Imagem de satélite das ocorrências na Península do Peloponeso, no sul da Grécia, depois da ocorrência, 26 de agosto de 2007.....	215
Figura 88 - Antes - Peloponeso - 25 de junho de 2007.....	216
Figura 89 - Depois - Peloponeso - 28 de agosto de 2007.....	216
Figura 90 - Fotografia de drone a 500m de distância vertical do solo, 13 de setembro de 2017.....	218
Figura 91 - Antes - 29 de agosto de 2014.....	220
Figura 92 - Depois - 4 de janeiro de 2015.....	220
Figura 93 - Biomas brasileiros e suas distribuições territoriais.....	221
Figura 94 - Biomas brasileiros e suas distribuições territoriais.....	222
Figura 95 - Região de Peloponeso depois da ocorrência, 28 de agosto de 2007.....	224
Figura 96 - Uso e cobertura da terra no Brasil em 1985 e em 2020.....	225
Figura 97 - Relação dos biomas brasileiros com o fogo.....	226
Figura 98 - Cicatrizes de queimadas e incêndios florestais no Brasil (1985 a 2020).....	227
Figura 99 - (1) Fogo de desmatamento; (2) Fogo de limpeza de pastagem e áreas agrícolas; (3) Incêndios florestais.....	229
Figura 100 - Pantanal: o bioma que mais queimou no Brasil em 36 anos.....	230
Figura 101 - Yuri Maia, coordenador de políticas regionais, urbanas e ambientais da Fundação CEPERJ, apresentando o ICMS Ecológico e o Projeto Queimadas.....	265

Figura 102 - Guarda-Parque combatendo fogo.....	276
Figura 103 - Classificação de incêndio florestal conforme a COBRADE.....	277
Figura 104 - Guardas - parque em operação.....	300
Figura 105 - Capacitação em operações aéreas.....	303
Figura 106 - Operação conjunta.....	305
Figura 107 - Presidente da Fundação CEPERJ, Gabriel Lopes, discursando no evento.....	305
Figura 108- Dia D de prevenção dos incêndios.....	306
Figura 109- Equipe CEPERJ presente no evento Dia D de prevenção dos incêndios.....	306
Figura 110 - Busdoor fixado no transporte público.....	309
Figura 111 - Fixação de cartazes nas linhas de ônibus.....	309
Figura 112 - Ação de Educação Ambiental realizada na CEASA de Nova Friburgo.....	310
Figura 113 - Evento da Operação Fumaça Zero na Associação de Moradores do Vale das Videiras.....	310
Figura 114 - Folder do Seminário Estadual de Contingência para Estiagens e Incêndios Florestais, em 30 de julho de 2021.....	313
Figura 115 - Processo de segmentação das imagens.....	355
Figura 116 - Processo de segmentação das imagens.....	356
Figura 117 - Comparação das feições com diferentes composições coloridas, sendo elas: a) 752, b) 754 e c) 432, respectivamente.....	356
Figura 118 - Seleção de feições de cicatrizes.....	357
Figura 119 - Cicatrizes extraídas.....	357
Figura 120 - Representação temática do cruzamento de dados.....	365
Figura 121 - Comparativo entre histórico de densidade de focos do INPE e registros atuais da OFZ (Operação Fumaça Zero).....	394
Figura 122 - Aplicação do Índice NDVI na área queimada da cidade de Teresópolis-RJ utilizando o satélite Landsat 8	420
Figura 123 - Principais cicatrizes de queimadas em Teresópolis, referentes aos dias 21 a 26 de agosto.....	425
Figura 124 - Índice NDVI antes e após a ocorrência.....	434

Lista de Gráficos

Gráfico 1 - Principais causas dos incêndios.....	59
Gráfico 2 - Internações devido a doenças respiratórias atribuíveis às queimadas associadas ao desmatamento no bioma Amazônia no Brasil em 2019.....	102
Gráfico 3 - Perdas econômicas anuais por fogo para a produção sustentável de madeira e limites de incerteza.....	112
Gráfico 4 - Perda global de floresta primária úmida.....	191
Gráfico 5 - Perda de cobertura arbórea anual por país (Mha).....	192
Gráfico 6 - Perda de cobertura arbórea anual global por causador dominante (Mha).....	192
Gráfico 7 - Legislação ambiental municipal pertinente à prevenção de queimadas.....	264
Gráfico 8 - Guia para preenchimento de registro de incêndios.....	265
Gráfico 9 - Número de denúncias por categoria.....	287
Gráfico 10 - Distribuição de incêndios por subtipo em 2020.....	291
Gráfico 11 - Distribuição de incêndios por subtipo e região do Estado (CBA) em 2020.....	292
Gráfico 12 - Incêndios Florestais combatidos pelos GPs nas UCs do estado do Rio de Janeiro, de 2017 a novembro de 2021.....	295
Gráfico 13 - área estimada queimada em hectares conforme ocorrências de incêndios atendidas pelo Gergpar, de 2017 a novembro de 2021.....	295
Gráfico 14 - Metros lineares de aceiros construídos nas UCs do Inea, de 2017 a novembro de 2021.....	296
Gráfico 15 - Quantidade de Notificações Preventivas de IF – NPIs emitidas pela Gergpar nas UCs do estado do Rio de Janeiro, de 2017 a novembro de 2021.....	297
Gráfico 16 - Quantidade de eventos realizados nas Unidades de Conservação Estaduais, no período de 2017 a novembro de 2021.....	298
Gráfico 17 - Municípios que possuem Plano de Gerenciamento de risco.....	315
Gráfico 18 - Municípios que possuem fiscalização ambiental.....	316
Gráfico 19 - estrutura disponível para o município para ações de prevenção e	

combate aos incêndios florestais.....	317
Gráfico 20 - Banco de dados.....	317
Gráfico 21 - Municípios que aplicam Sanções Administrativas.....	318
Gráfico 22 - Municípios que atendem a ocorrências de incêndios.....	319
Gráfico 23 - Educação Ambiental.....	321
Gráfico 24 - Focos de calor em cada município estudado do estado do Rio de Janeiro dos anos 2010 a 2020.....	394
Gráfico 25 - Focos por km ² em cada município estudado do estado do Rio de Janeiro	395
Gráfico 26 - Distribuição das cicatrizes em propriedades públicas e privadas	426
Gráfico 27 - Distribuição em classes do Uso e Cobertura.....	427
Gráfico 28 - Distribuição das cicatrizes em propriedades públicas e privadas	430
Gráfico 29 - Distribuição em classes do Uso e Cobertura.....	431

Lista de Quadros

Quadro 1 - Requisitos e exigências do Art. 4º do Decreto nº 2.661/1998.....	49
Quadro 2 - Dados coletados sobre os danos econômicos associados à saúde humana	108
Quadro 3 - Dados coletados sobre os danos econômicos associados às emissões de CO ₂	109
Quadro 4 - Dados coletados sobre os danos econômicos associados a perdas de áreas de floresta, agricultura e pastagem	111
Quadro 5 - Dados coletados sobre danos econômicos associados à destruição de cercas	113
Quadro 6 - Tipos de erosões.....	119
Quadro 7 - Tipos de vulnerabilidades associados a incêndios florestais.....	141
Quadro 8 - Variáveis de influência relacionadas a risco de incêndios florestais	146
Quadro 9 - Alternativas ao uso do fogo em prática de queimadas.....	153

Quadro 10 - Condições referentes à queima prescrita.....	154
Quadro 11 - Considerações sobre a construção de aceiros.....	159
Quadro 12 - Vantagens e desvantagens referentes a vigilância terrestre móvel	165
Quadro 13 - Vantagens e desvantagens referentes à vigilância aérea.....	166
Quadro 14 - Características e aplicações de sensores de diferentes satélites	168
Quadro 15 - Ações e recursos utilizados pelo método direto.....	171
Quadro 16 - Ação e recursos utilizados pelo método paralelo.....	174
Quadro 17 - Mega incêndios na Califórnia, EUA (2018).....	197
Quadro 18 - Legislações Federais abordadas.....	251
Quadro 19 - Legislação Estadual referente à Queimadas.....	257
Quadro 20 - Dispositivo x Penalidade.....	259
Quadro 21 - Classificação dos valores de importância em cada variável.....	369
Quadro 22 - Notas atribuídas a cada variável.....	369
Quadro 23 - Classes naturais queimadas.....	431
Quadro 24 - Registros de focos de calor obtidos por satélite.....	432

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Taxa de Propagação.....	47
Tabela 2 - Distância dos aceiros em relação às áreas de preservação e infraestrutura.....	158
Tabela 3 - Variação de uso e cobertura da terra de 1985 a 2020.....	225
Tabela 4 - Resultados alcançados na Operação Fumaça Zero em 2021.....	311
Tabela 5 - Datas das imagens utilizadas no mosaico.....	348
Tabela 6 - Classes de uso e cobertura do solo de acordo com sua combustibilidade.....	370
Tabela 7 - Dados para composição de mapas e gráficos.....	397
Tabela 8 - Áreas de cicatrizes por ano total e dentro de UCs.....	412
Tabela 9 - Registros de focos de calor pelos satélites a cada dia.....	421

Lista de Mapas

Mapa 1 - Localização dos 19 municípios que representam a área de estudo do Projeto, limites administrativos.....	333
Mapa 2 - Uso e cobertura do solo da região de estudo.....	334
Mapa 3 - Comparativo de uso e cobertura do solo entre os anos 2010 e 2020 da região de estudo	335
Mapa 4 - Hipsometria e perfil topográfico da região de estudo.....	336
Mapa 5 - Declividade da região de estudo.....	338
Mapa 6 - Compartimentações da região.....	338
Mapa 7 - Vegetação potencial da região.....	339
Mapa 8 - Hidrografia na região de estudo.....	340
Mapa 9 - Orientação de encosta.....	341
Mapa 10 - Mapas da média mensal de precipitação na área de estudo nas estações (a) verão (b) outono (c) inverno (d) primavera.....	342
Mapa 11 - Unidades de Conservação na área de estudo.....	346
Mapa 12 - Distribuição de Grupamentos e Destacamentos do CBMERJ na área de estudo	347
Mapa 13 - Histórico dos focos de calor.....	353
Mapa 14 - Concentração de focos de calor por ano de 2010 até 2020.....	385
Mapa 15 - Distribuição de focos de calor por município para os anos de 2010 a 2020.....	393
Mapa 16 - Concentração de focos de calor por km ² em cada município para os anos de 2010 a 2020.....	395
Mapa 17 Composição RGB (2015 – 2021).....	398
Mapa 18 - Composição 752 (2017 – 2021).....	402
Mapa 19 - Delta NDVI entre os anos 2018 e 2019.....	406
Mapa 20 - Delta NDVI entre os anos 2019 e 2020.....	406
Mapa 21 - Delta NDVI entre os anos 2020 e 2021.....	407
Mapa 22 - Delta NDVI entre os anos 2018 e 2021.....	407
Mapa 23 - Mapas de cicatrizes (2015-2021).....	408
Mapa 24 - Grau de combustibilidade na área de estudo.....	414

Mapa 25 - Susceptibilidade de acordo com a ocorrência de incêndios na área de estudo415

Mapa 26 - Susceptibilidade à ocorrência de incêndios no verão.....416

Mapa 27 - Susceptibilidade à ocorrência de incêndios no inverno.....416

Mapa 28 - Áreas de risco à deflagração de incêndios florestais.....418

Mapa 29 - Cicatrizes e progressão dos focos de calor no dia 21 de agosto de 2021.....422

Mapa 30 – Cicatrizes e progressão dos focos de calor no dia 24 de agosto de 2021.....423

Mapa 31 - Cicatrizes e progressão dos focos de calor no dia 26 de agosto de 2021424

Mapa 32- Localização das cicatrizes de queimadas em Petrópolis (24 e 25 de setembro).....428

Mapa 33 – Mapa de cicatrizes de queimadas em Petrópolis, referentes aos dias 25 de setembro429

Mapa 34 - Progressão temporal dos focos de calor.....433

Mapa 35 - áreas de risco à deflagração de incêndios florestais437

Lista de Fluxograma

Fluxograma 1 - Método de processamento para criação dos produtos.....352

Fluxograma 2 - Processo de extração de áreas queimadas.....354

Fluxograma 3 - Metodologia de composições coloridas com Landsat 8.....359

Fluxograma 4 - Procedimentos para construção do mapa de susceptibilidade.....367

Fluxograma 5 - Processo de elaboração dos mapas de susceptibilidade.....373

Fluxograma 6 - Metodologia para construção do mapa de risco originário os mapas de susceptibilidade e de deflagração ambiental.....374

Prefácio



Prefácio

A Fundação CEPERJ começou o estudo sobre o fenômeno de queimadas no território do estado do Rio de Janeiro, no ano de 2019. O trabalho foi iniciado a partir do banco de dados do INPE. Desde então, publicações foram feitas no Relatório de Qualidade de Vida, e a conclusão dessa pesquisa preliminar nos mostrou que precisávamos ter um olhar mais detalhado sobre o assunto.

Em 2021 começamos o desenvolvimento de análise e monitoramento por imagens de satélite, das áreas queimadas no estado. Os resultados foram bastante relevantes. Trouxemos análises e estatísticas para auxiliar o programa Fumaça Zero, do Inea, utilizando nossos relatórios e documentos como base para melhorias das estratégias.

Entender esse fenômeno é de extrema importância para o estado, não só como medida de controle e conhecimento dos fenômenos, mas para cobranças e aferição da fiscalização.

No século 21, com diversas tecnologias e, atualmente, comprometidos com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), a Fundação CEPERJ se coloca como um órgão central e de suma importância para criação de informação para as políticas públicas.

Gabriel Lopes

Presidente da Fundação Ceperj

O fogo é um dos quatro elementos clássicos da filosofia e ciência grega antiga. Era comumente associado às qualidades de energia, assertividade e paixão. Por se tratar de um processo natural, a combustão em florestas, por mais duro que pareça, representa uma parte do ciclo do renascimento e desenvolvimento das florestas.

Podendo se originar por causas naturais, seja por concentração de raio solar ou relâmpagos, como explica o National Park Services dos Estados Unidos: “existem dois tipos de relâmpagos - relâmpagos frios e relâmpagos quentes. O relâmpago frio é um golpe de retorno com corrente elétrica intensa, mas de duração relativamente curta. O raio quente tem correntes com menos tensão, mas estas ocorrem por um período de tempo mais longo. Os incêndios geralmente são iniciados por relâmpagos quentes de longa duração”.

Contudo, o que vemos na prática são os incêndios decorrentes da ação ou omissão antrópica, ou seja, decorrem da atividade humana, e neste ponto que a conscientização e educação ambiental se tornam instrumentos fundamentais para coibir essas práticas.

Incêndios florestais causados pela ação humana, causam danos irreparáveis, pois não se tratam de processos naturais, não prejudicam apenas os biomas, mas impactam diretamente a vida da população, causando danos à saúde devido a grande quantidade de fumaça no ar, alastramento por áreas residências, destruição de plantações, dentre outras.

O estudo sobre queimadas, produzido pela Coordenadoria de Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais (COOPRUA), integra a série de estudos “Gaea”, cujo objetivo principal é o “olhar” sobre eventos climáticos, sejam naturais ou decorrentes da ação humana.

A série nos leva a refletir sobre nossa relação com o planeta fazendo uma alusão com o fogo, que precisa de uma ignição para acontecer e combustível para se manter, entendemos que o papel do Centro de Estatísticas Estudos e Pesquisas (CEEP) da Fundação CEPERJ, é manter acesa a chama da educação e orientação sobre o tema.

Thiago Larangeira
Diretor do CEEP

Apresentação

Apresentação

O fogo constitui um dos principais agentes transformadores do ambiente, desde a sua utilização de forma intencional e controlada pelo homem para renovação do solo ou quando alcança grandes extensões de forma desordenada e fora de controle, com propensão de destruir ou causar danos à vegetação local. O fato é que de forma intencional ou não, as queimadas geram enormes prejuízos ao meio ambiente. Um deles é a emissão de aerossóis e gases do efeito estufa para a atmosfera, como o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4) e o óxido nitroso (N_2O).

Ao refletirmos acerca das queimadas e de suas consequências, causadas pela ação do homem ou não, percebemos que os ecossistemas são os mais afetados negativamente, em especial no que tange à fauna e à flora. Entretanto, é preciso destacar os perigos e os prejuízos causados aos próprios seres humanos. As queimadas podem ter resultados negativos na economia, como a perda de plantações, empobrecimento e erosões do solo, destruição de propriedades, acidentes e danos à saúde da população.

Se, por um lado, as emissões associadas às queimadas têm importante papel nas mudanças climáticas, por outro, as mudanças climáticas também exercem influência nas queimadas. Em um clima mais quente — em um futuro próximo, levando em consideração as mudanças climáticas em andamento — são esperados aumentos na intensidade e na frequência do fogo, bem como na duração da estação das queimadas.

Estudos sobre a ecologia do fogo apontam que a frequência de queimadas está além do que os ambientes naturais suportam, indicando risco à conservação de áreas nativas (INPE, 2008), ao clima e à saúde humana. Nesse sentido, verifica-se que a problemática das queimadas se apresenta como um dos principais desafios ambientais a serem enfrentados pelo país, sendo assim

necessária a adoção de medidas preventivas nas regiões afetadas por tal prática.

O aumento da incidência de incêndios florestais no território brasileiro envolve um conjunto de fatores cujas origens podem ser tanto naturais quanto antrópicas — isto é, causadas pela intervenção humana. Quando provenientes de ações humanas, sejam elas intencionais ou acidentais, as condições climatológicas e ambientais se tornam decisivas, uma vez que oferecem um ambiente favorável à propagação descontrolada do fogo, potencializando os impactos gerados.

Dados dos últimos levantamentos feitos pela Fundação Centro Estadual de Estatísticas, Pesquisas e Formação de Servidores Públicos do Rio de Janeiro (Fundação Ceperj) no Relatório Anual do Governador — Análise dos Aspectos Sociais da Qualidade de Vida da População do Rio de Janeiro (2020) apresentam que os municípios fluminenses com o maior número de focos em 2019 foram: Campos dos Goytacazes, Teresópolis, Seropédica, Três Rios, Nova Friburgo, São Francisco de Itabapoana, Itaperuna, São Fidélis, Barra Mansa, e Cantagalo. Destacamos a participação do município de Campos dos Goytacazes, que apresentou as maiores quantidades de focos, nos anos de 2018 e 2019. Dos 92 municípios, 80 registraram focos de calor ao longo do ano de 2019 e 57 em 2018.

O estado do Rio de Janeiro em 2018 registrou aproximadamente 200 km² de área queimada, enquanto em 2019 foram calculados 750 km², aumentando em 73% de regiões queimadas. Em 2018 foi constatada uma área de 22,6 km² em Unidades de Conservação (UCs) municipais; em UCs estaduais constatou-se 44 km²; já nas UCs Federais foi mensurada uma área de 5 km² afetadas por incêndios e uma extensão de 35 km² em áreas com alta densidade de árvores.

No ano de 2019 foi verificado um grande aumento de incidências de focos de incêndio em relação ao ano anterior. Nesse ano foram

constatados 79 focos em UCs, sendo que em UCs municipais ocorreram 40 focos, em UCs estaduais foram 22 focos e UCs federais somaram 17 focos de incêndio. Já áreas com vegetação totalizaram 398 focos.

Conforme exposto, houve um grande aumento de áreas queimadas no ano de 2019, abrangendo uma área de 99 km² em UCs municipais, em UCs estaduais compreendendo 43 km² e nas UCs Federais conteve uma área de 23,7 km² afetada por incêndios. Também foi mensurada uma extensão de 121 km² em áreas com alta densidade de árvores.

Visto isso, o Inea (Instituto Estadual do Ambiente) desenvolveu o Programa Operação Fumaça Zero em 19 de maio de 2020. A iniciativa tem o intuito de oferecer suporte necessário contra as queimadas na região alvo, a fim de coibir práticas ambientais ilegais e identificar possíveis responsáveis por tais danos. Nesse sentido, pretende-se que em 2022 haja uma redução de 30% dos focos comparando com o ano de 2020. As estratégias para alcançar o atual objetivo consistem na realização de operações integradas de patrulhamento ambiental, promoção de ações educativas por meio da emissão de notificações preventivas de incêndios florestais e realização de operações de cunho fiscalizatório.

Após a institucionalização da operação pelo Inea, a mesma passou a contar com todos os órgãos do Estado e da iniciativa privada, incluindo guarda parques, corpo de bombeiros, polícia militar, polícia civil, secretarias municipais de meio ambiente, dentre outras. Além disso, o Inea também iniciou uma parceria com a Fundação Ceperj, que publicou dados no relatório Aspectos da Qualidade de Vida e cujo primeiro produto foi o Focos de Incêndio, em 2019. Assim sendo, a Fundação espera conseguir unir as análises com os levantamentos de campo para assim contribuir com um melhor planejamento.

Dessa maneira, os fatos expostos somados à pouca informação disponibilizada por meio de levantamentos espaciais e temporais de impacto de fogo nos municípios da Região Serrana do estado

do Rio de Janeiro e Centro Sul serviram de motivação para o presente projeto, tendo em vista a urgente necessidade de novas estratégias de prevenção e combate ao fogo nessas áreas.

O projeto Análise e Monitoramento de Queimadas e Incêndios Florestais no Estado do Rio de Janeiro foi elaborado pela Fundação Ceperj, através da Coordenadoria de Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais (COOPRUA). Ele foi desenvolvido no sentido de fortalecer o Programa Estadual Operação Fumaça Zero, coordenado pelo Inea. Um dos objetivos dessa parceria é munir o referido Programa com informações sistematizadas de cunho espacial e temporal relativas ao impacto do fogo nos municípios das regiões Serrana e Centro Sul do estado do Rio de Janeiro, como subsídio ao planejamento de ações de prevenção e combate a serem realizadas pelo órgão ambiental estadual.

Em resumo, o projeto consiste em um estudo técnico para viabilizar relatórios e boletins informativos sobre a área territorial dos municípios das referidas regiões, em especial: Teresópolis, Petrópolis, Carmo, Sapucaia, São José do Vale do Rio Preto, Areal, Três Rios, Guapimirim, Sumidouro, Nova Friburgo, Duas Barras, Santa Maria Madalena, Cordeiro, Cantagalo, Cachoeiras de Macacu, Bom Jardim, Macuco, São Sebastião do Alto e Trajano de Moraes; com o intuito de criar novas linhas de estudo para avaliar a viabilidade de um dispositivo tecnológico de excelência para geração de um sistema de alertas de áreas queimadas para o estado do Rio de Janeiro.

O primeiro capítulo deste relatório apresenta definições conceituais introdutórias. Os conceitos gerais apresentados serão úteis para o acompanhamento do conteúdo a ser discutido nos demais capítulos, como forma de colaborar na compreensão de alguns dos fenômenos descritos. Dessa maneira, sua finalidade é fundamentar, esclarecer e familiarizar o leitor ao tema abordado.

O segundo capítulo aborda as principais causas das Q&IF (Queimadas e Incêndios Florestais). Para um melhor

entendimento, essas e as demais causas foram classificadas em cinco categorias: analfabetismo ambiental, acidentes, comportamental, manejo do fogo em áreas rurais e fenômenos naturais.

O terceiro capítulo aponta quais são os principais fatores que contribuem com as Q&IF. Classificados em Meteorológicos, Topográficos e Combustível, o capítulo discute como esses fatores influenciam no comportamento do fogo, considerando variáveis como intensidade, velocidade de propagação e altura das chamas, entre outras.

O quarto capítulo discute sobre os principais impactos advindos das queimadas e incêndios florestais, analisando seus danos ao meio ambiente e à sociedade. Nesse capítulo, tais impactos serão discutidos no âmbito da saúde humana, da economia e dos ecossistemas, abrangendo danos ao solo, atmosfera e fauna e flora.

O quinto capítulo aponta as medidas de prevenção e combate existentes, apresentando alguns dos principais aspectos e elementos de aplicação no combate ao fogo, sob a perspectiva de gestão territorial. As medidas presentes no quinto capítulo se referem a planos de proteção, parcerias e comunicação interagencial, mapeamento e banco de dados, tecnologias de informação, ações de prevenção, detecção e ações de combate e registro, verificados por meio de revisão bibliográfica.

O sexto capítulo é destinado à apresentação de contextos quantitativos e qualitativos de ocorrências de incêndios florestais nos cenários global e nacional, bem como de mega incêndios notificados em diversas regiões do planeta, exercido por meio de revisão bibliográfica, a fim de exemplificar e trazer uma melhor compreensão dos conceitos apresentados nos capítulos anteriores.

O sétimo capítulo apresenta as legislações específicas que permeiam o manejo integrado do fogo, com o objetivo de estabelecer critérios que venham a reduzir a incidência e os danos oriundos de incêndios florestais.

O oitavo capítulo aponta as principais atividades exercidas pelas organizações estaduais e municipais voltadas para o planejamento e implementação de ações estratégicas pertinentes à gestão de riscos de queimadas.

O nono capítulo exhibe as metodologias utilizadas para as análises de ocorrência de incêndios dentro da área de atuação da Operação Fumaça Zero. Esse capítulo tem como objetivo demonstrar os caminhos, critérios e ferramentas usadas para o estudo da dinâmica dos principais incêndios ocorridos na região ao longo da última década.

No décimo e último capítulo são apresentados os resultados das análises dos incêndios e as conclusões do estudo, auxiliando nas tomadas de decisão relacionadas ao combate aos incêndios. Nele podem ser vistas as áreas de maior ou menor risco nos municípios, áreas mais afetadas e registros anuais de focos de calor, entre outras discussões.

Capítulo 1

Conceitos Gerais

1. Conceitos Gerais

Para um melhor entendimento sobre as Queimadas e Incêndios Florestais, o primeiro capítulo deste relatório fornece definições conceituais introdutórias. Os conceitos gerais apresentados abaixo serão úteis para o acompanhamento do conteúdo a ser discutido nos próximos capítulos, como forma de colaborar na compreensão de alguns dos fenômenos descritos. Dessa maneira, sua finalidade é fundamentar, esclarecer e familiarizar o leitor ao tema abordado.

1.1 Queimada

A queimada consiste na utilização do fogo, de forma controlada, com o objetivo de limpar uma determinada área para a plantação de culturas temporárias ou renovação de pastagens (CETESB, [s.d.]; PEREIRA, 2019).

1.2 Queima controlada

De acordo com o Ibama, “queimada controlada é o emprego do fogo como fator de produção e manejo em atividades agropastoris ou florestais, e para fins de pesquisa científica e tecnológica, em áreas com limites físicos previamente definidos” (IBAMA, 2016).

1.3 Queima prescrita

O Projeto de Lei nº 11.276/18, que institui a Política Nacional de Manejo Integrado do Fogo, define queima prescrita como o “uso planejado, monitorado e controlado do fogo, realizado para fins de conservação, de pesquisa ou de manejo em áreas determinadas e sob condições específicas, com objetivos pré-definidos em plano de manejo integrado do fogo”.

1.4 Queima de amontoados

Queima de amontoados, de acordo com o Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF),

corresponde ao “uso do fogo para eliminação de sobranes de exploração florestal ou agrícola como podas de vinhas, de oliveiras, entre outros, cortados e amontoados”.

1.5 Queimada extensiva

Queimada extensiva é o “uso de fogo para renovação de pastagens ou eliminação de restos e de sobranes de exploração florestal ou agrícola, cortados e não amontoados” (ICNF, [s.d.]).

1.6 Incêndio Florestal

Segundo o Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás (CBMGO, 2017), “incêndio florestal é todo o fogo fora de controle que incide sobre qualquer forma de vegetação, podendo ser tanto ocasionado pelo homem como por causas naturais”.

1.7 Incêndio Subterrâneo

Incêndio subterrâneo (Figuras 1 e 2), nas palavras de Schumacher e Dick (2018), compreende o “fogo que queima sob a superfície do solo, devido à grande acumulação de matéria orgânica, húmus ou turfa em determinados tipos de florestas, como, por exemplo, nas zonas boreais com predominância de florestas de coníferas”.

O acúmulo de material orgânico se apresenta usualmente em florestas, mais especificamente em brejos ou pântanos (áreas alagadiças). A lenta aglutinação desse material orgânico forma espessas camadas, denominadas turfas, que podem servir de material combustível altamente inflamável, uma vez que há a drenagem desses locais, alimentando o incêndio subterrâneo (SOARES; BATISTA, 2007; SCHUMACHER; DICK, 2018).



Figura 1 - Incêndio subterrâneo e suas características
Fonte: adaptado de BARBOSA (2011)



Figura 2 - Incêndio subterrâneo
Fonte: VTDigger - Foto de (MCGRATH, 2020)

1.8 Incêndio Superficial

Os incêndios superficiais (Figuras 3 e 4) são os mais comuns. Todos os incêndios pertencem a essa classificação, evoluindo para outros tipos, conforme as circunstâncias que encontram em seu caminho (SCHUMACHER; DICK, 2018).

Soares e Batista (2007) definem Incêndio Superficial como aquele que acontece na superfície do piso florestal, consumindo componentes da serapilheira e da vegetação, assim como todo material combustível até aproximadamente 1,80m de altura, que é, geralmente, um material de baixa espessura e bastante inflamável.

Ainda, Schumacher e Dick (2018, p. 14) afirmam que

Essa característica do material combustível, aliada a outras características como, por exemplo, a direção e intensidade do vento, ou ainda o grau de inclinação do terreno, podem proporcionar incêndios florestais superficiais, caracterizados por uma propagação relativamente rápida, abundância de chamas e muito calor. Mesmo com essas características, esses tipos de incêndios, normalmente, apresentam a possibilidade de aplicação de técnicas de combate e extinção do fogo.

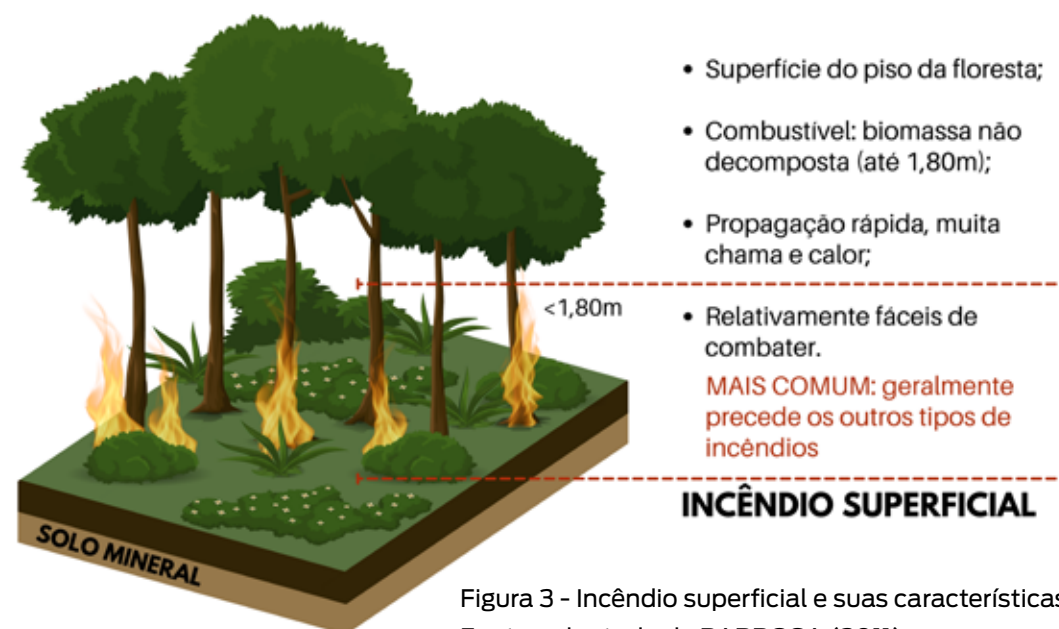


Figura 3 - Incêndio superficial e suas características
Fonte: adaptado de BARBOSA (2011)



Figura 4 - Incêndio superficial
Fonte: Canva ([s.d.])

1.9 Incêndio Aéreo ou de copa

Os incêndios aéreos ou de copa são aqueles que queimam combustíveis acima de 1,80 m de altura (Figuras 5 e 6). Todos os incêndios de copa são decorrentes de incêndios superficiais, com exceção de casos especiais, como raios. Nesse tipo de incêndio é comum as chamas consumirem toda folhagem, assim como a morte das árvores atingidas por elas (SOARES; BATISTA, 2007).

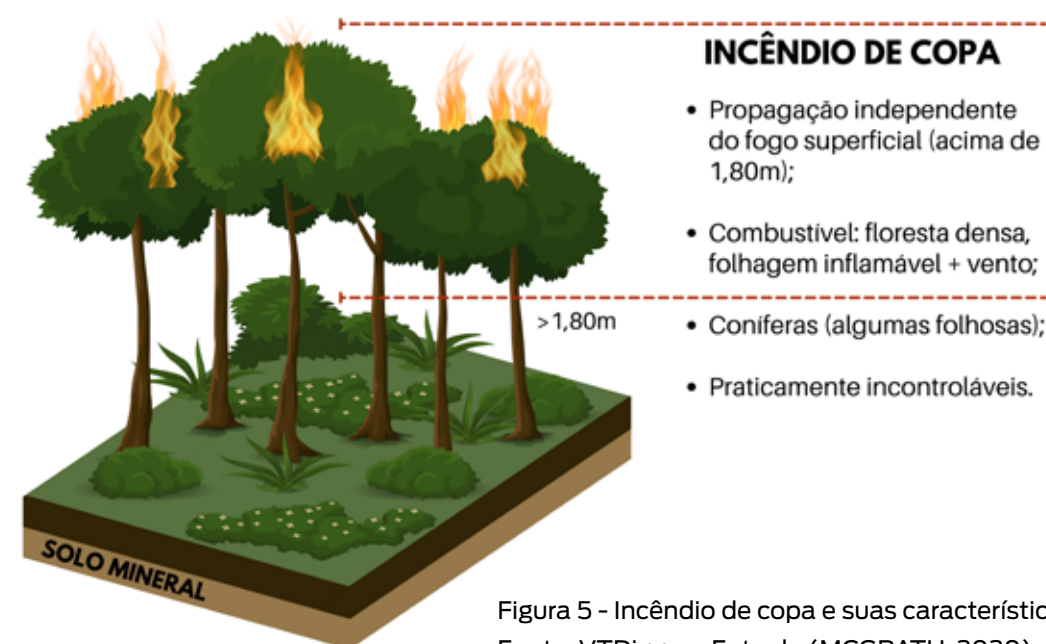


Figura 5 - Incêndio de copa e suas características
Fonte: VTDigger - Foto de (MCGRATH, 2020)



Figura 6 - Incêndio de copa
Fonte: Canva ([s.d.])

Conforme Schumacher e Dick (2018, p. 15)

As condições fundamentais para que haja ocorrência de incêndios de copa são, folhagem, combustível e presença de vento para transportar o calor de copa em copa. Esses incêndios propagam-se rapidamente, liberando grande quantidade de calor, e são sempre seguidos por um incêndio superficial. Isso porque os incêndios de copa espalham fagulhas em outros materiais, que acesos irão gradativamente queimando a vegetação rasteira e demais materiais combustíveis na superfície do solo.

1.10 Foco de queimada/de queima/de calor/de incêndio

Todos os termos acima têm o mesmo significado: são temperaturas captadas por sensores dos satélites de monitoramento. Contudo, segundo Carvalho (2019), “nem tudo que é foco de calor é incêndio, e nem todo incêndio é detectado pelos sensores. Por isso, é muito importante promover trabalhos de validação desses dados”.

1.11 Regime do fogo

Conforme Myers (2006), o regime do fogo pode ser definido como um agrupamento de condições recorrentes do fogo que especifica um determinado ecossistema. Determinado pela “frequência, época, tamanho da área queimada, intensidade, severidade e tipo de queima em determinada área ou ecossistema” (BRASIL, 2018).

1.12 Fire Pixel

De acordo com o INPE,

O termo ‘Fire Pixel’ passou a ser usado quando há décadas se constatou a detecção de fogo na vegetação em imagens digitais obtidas com satélites, o que corresponde à identificação de fogo em um ‘elemento de resolução da imagem’, ou seja, em um ‘pixel’. Em português, o termo ‘fire pixel’ é traduzido como ‘foco de calor ou ‘foco

de queima' e, pelo uso popular das palavras 'queimada' e 'incêndio florestal', são também comuns as expressões 'foco de queimada' ou 'foco de incêndio'. Devido à impossibilidade de classificar pela imagem de satélite se o fogo detectado é de uma queima controlada ou de um incêndio descontrolado na vegetação, ou mesmo de um incêndio industrial ou residencial, alguns preferem o termo 'active fire pixel', que foi traduzido como 'fogo ativo' (INPE, [s.d.]).

1.13 Hotspot

O termo *hotspot* "originalmente se referia a um local de interesse especial em contextos variados, como conflitos, turismo, desenvolvimento etc.; no monitoramento do fogo na vegetação é usado como sinônimo dos termos mencionados acima" (INPE, [s.d.]).

1.14 Risco

Conforme Magnanelli (2012), risco "é a probabilidade de ocorrer um efeito adverso em um determinado organismo, sistema ou população sob circunstâncias específicas, ou seja, risco é a possibilidade de ocorrer um dano devido a um perigo".

1.15 Perigo

Sanders e McCormick (1993) definem perigo como "condição ou um conjunto de circunstâncias que têm o potencial de causar ou contribuir para uma lesão ou morte".

1.16 Prevenção

Segundo Cavalcante (2019, p.2),

A prevenção contra incêndios florestais tem como finalidade a identificação e efetivação de ações para evitar danos ao meio ambiente, provocados pela queima da vegetação. Assim, a prevenção abrange todas as medidas, normas estabelecidas por órgãos competentes ou atividades com a finalidade de evitar os incêndios florestais. Para a preservação do meio ambiente e

minimização dos riscos destaca-se a importância da prevenção e combate aos incêndios florestais.

1.17 Pré-supressão

De acordo com manual publicado pelo ICMBio, a pré-supressão

Inclui ações ou operações para a organização dos recursos necessários para o combate aos incêndios. Nela devem ser consideradas a detecção, a capacitação e o treinamento de pessoal, a disponibilização de ferramentas e equipamentos, a organização da estrutura de comando e logística, o estabelecimento de normas e de procedimentos e a mobilização oportuna dos recursos requeridos para o combate e a extinção dos incêndios (ICMBIO, 2010, p. 24).

1.18 Combate ou supressão

O combate ou supressão configura um "conjunto de atividades relacionadas ao controle e extinção de incêndios a partir da detecção e até que o fogo esteja totalmente extinto" (MATO GROSSO DO SUL, 2021).

1.19 Uso do fogo

O uso do fogo consiste em uma prática milenar, muito usada pelas populações tradicionais. Ainda hoje continua sendo utilizada para

renovação de pastagens, limpeza de restos de cultura, controle de pragas agrícolas, para plantio agrícola ou florestal através do processo de derrubada e queima, muito disseminada na Amazônia para o manejo de combustíveis. Esse procedimento aplicado por meio de queima controlada ou prescrita é uma forma de manejar os recursos agrossilvipastoris, e a difusão do seu uso é em razão do seu baixo custo (ICMBIO, 2010, p. 24).

1.20 Manejo do fogo

Myers (2006) conceitua como manejo do fogo o "conjunto de decisões técnicas e de ações direcionadas que buscam

prevenir, detectar, controlar, conter, manipular ou usar o fogo em uma determinada paisagem para atender metas e objetivos específicos”.

Figura 7 - O Triângulo do Manejo do Fogo



Fonte: VTDigger - Foto de (MCGRATH, 2020)

O Triângulo do Manejo do Fogo (Figura 7) apresenta a aplicação correta da prevenção do fogo, da supressão do fogo e do uso de tecnologias do fogo e das ferramentas que abordam os problemas dos incêndios (MYERS, 2006).

1.21 Manejo Integrado do Fogo (MIF)

O manejo adequado das queimadas exige a integração de realidades socioculturais e necessidades ecológicas, com abordagens tecnológicas. Dessa maneira, segundo Myers (2006), o Manejo Integrado do Fogo “considera as abordagens ecológica e socialmente apropriadas para manejar o fogo e as ameaças do fogo relacionados à conservação de terras”.

Trata-se da integração da ciência e da sociedade com as tecnologias de manejo do fogo em múltiplos níveis (figura 8):

O Triângulo de Manejo Integrado do Fogo apresenta uma estrutura conceitual que integra as percepções das comunidades sobre o fogo e suas necessidades de usá-lo, os papéis benéficos e maléficos

que o fogo pode exercer nos ecossistemas, abrangendo todos os aspectos de seu manejo (MYERS, 2006, p. 10).

Figura 8 - Triângulo de Manejo Integrado do Fogo



Fonte: adaptado de MYERS (2006)

1.22 Taxa de Propagação

A taxa de propagação, descrita na Tabela 1, “serve para descrever o aumento (em área ou linearmente) do fogo, determinando sua velocidade de propagação em uma cobertura vegetal” (CBMGO, 2017).

Tabela 1 - Taxa de Propagação

Velocidade	Metros/min	Metros/hora	Km/hora
Lenta	0 - 2	0 - 120	0 - 0,12
Média	3 - 10	180 - 600	0,18 - 0,6
Alta	11 - 70	660 - 4.200	0,66 - 4,2
Extrema	> 70	> 4.200	> 4,2

Fonte: adaptado de ICMBIO (2010)

1.23 Autorização de queimada controlada

De acordo com o Decreto nº 2.661 (BRASIL, 1998), o emprego do fogo é permitido em práticas agropastoris e florestais por

meio da queima controlada. Ela necessita prévia autorização, a ser obtida pelo interessado junto ao órgão do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), com atuação na área onde se realizará a operação. O interessado na obtenção de autorização para queima controlada deve cumprir os requisitos apresentados a seguir, no Quadro 1.



Figura 9 - Aceiro
Fonte: Canva ([s.d.])

Quadro 1 - Requisitos e exigências do Art. 4º do Decreto nº 2.661/1998

DA PERMISSÃO DO EMPREGO DO FOGO	
Art. 4º	Previamente à operação de emprego do fogo, o interessado na obtenção de autorização para Queima Controlada deverá:
I	definir as técnicas, os equipamentos e a mão-de-obra a serem utilizados;
II	fazer o reconhecimento da área e avaliar o material a ser queimado;
III	promover o enleiramento dos resíduos de vegetação, de forma a limitar a ação do fogo;
IV	preparar aceiros de no mínimo três metros de largura, ampliando essa faixa quando as condições ambientais, topográficas, climáticas e o material combustível a determinarem;
V	providenciar pessoal treinado para atuar no local da operação, com equipamentos apropriados ao redor da área e evitar propagação do fogo fora dos limites estabelecidos;
VI	comunicar formalmente aos confrontantes a intenção de realizar a Queima Controlada, com o esclarecimento de que, oportunamente, e com a antecedência necessária, a operação será confirmada com a indicação da data, hora do início e do local onde será realizada a queima;
VII	prever a realização da queima em dia e horário apropriados, evitando os períodos de temperatura mais elevada e respeitando as condições dos ventos predominantes no momento da operação; e
VIII	providenciar o oportuno acompanhamento de toda a operação de queima, até sua extinção, com vistas à adoção de medidas adequadas de contenção do fogo na área definida para o emprego do fogo.

Fonte: Brasil (1998)

1.24 Sensoriamento remoto

Segundo o IBGE,

O sensoriamento remoto é a técnica de obtenção de informações

acerca de um objeto, área ou fenômeno localizado na Terra, sem que haja contato físico com o mesmo. As informações podem ser obtidas através de radiação eletromagnética (...) e são apresentadas na forma de imagens, sendo mais utilizadas, atualmente, aquelas captadas por sensores óticos orbitais localizados em satélites. (...) As imagens orbitais possibilitam muitas aplicações, como o mapeamento e a atualização de dados cartográficos e temáticos, a produção de dados meteorológicos e a avaliação de impactos ambientais.

1.25 Processamento Digital de Imagens (PDI)

O INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) disponibiliza em seu site um manual com informações sobre geoprocessamento e define Processamento Digital de Imagens (PDI) como

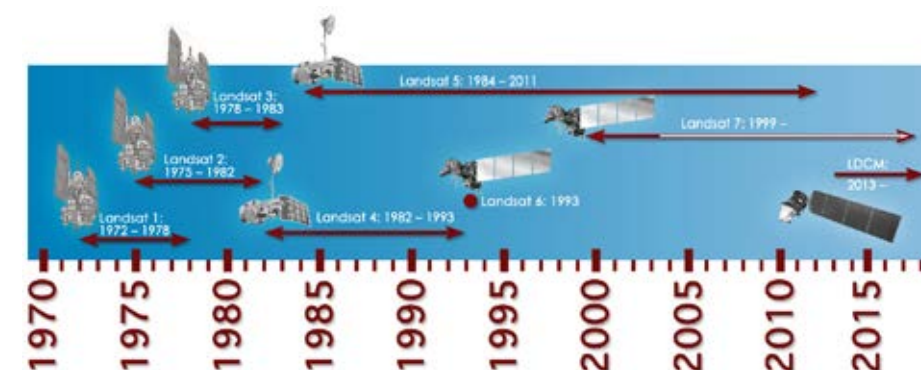
- Técnicas voltadas para a análise de dados multidimensionais, adquiridos por diversos tipos de sensores (...) ou seja, é a manipulação de uma imagem por computador de modo onde a entrada e a saída do processo são imagens
- Usa-se para melhorar o aspecto visual de certas feições estruturais para o analista humano e para fornecer outros subsídios para a sua interpretação, inclusive gerando produtos que possam ser posteriormente submetidos a outros processamentos. (...)
- As técnicas de processamento digital de imagens, além de permitirem analisar uma cena nas várias regiões do espectro eletromagnético, também possibilitam a integração de vários tipos de dados, devidamente georreferenciados.

1.26 LANDSAT

O programa LANDSAT foi criado a partir de um projeto desenvolvido pela Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço (NASA) através de missões espaciais de observação dos recursos naturais terrestres. O primeiro satélite desse programa foi lançado em 1972 e atualmente está em operação

o satélite Landsat 8, que orbita em sincronia com o sol, cobrindo completamente a superfície da Terra a cada 16 dias. Para a aquisição dos dados, a captura é realizada em modo de varredura ao longo da trajetória da espaçonave, reduzindo o nível de distorção radiométrica em comparação com as missões anteriores (PASCAL, 2019). A Figura 9 apresenta os oito satélites que compõem a série Landsat.

Figura 10 - Linha do tempo dos satélites que compõem a série Landsat



Fonte: NASA (2012)

1.27 MODIS

O MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) é um sensor indispensável que fica a bordo dos satélites TERRA (EOS AM-1) e AQUA (EOS PM-1) (NASA, [s.d.]).

Os dados fornecidos por esses satélites melhoram a compreensão dos processos que acontecem na Terra, assim como sua dinâmica. Dessa forma, de acordo com Moraes (2018, p. 17) contribuem com o “desenvolvimento de modelos validados, globais e interativos do sistema terrestre, capazes de prever mudanças globais com precisão suficiente para ajudar os formuladores de políticas a tomar decisões acertadas em relação à proteção do nosso meio ambiente”.

1.28 Retardante químico

Segundo Batista (2008), os retardantes químicos são agentes

químicos utilizados com mistura de água ou de maneira isolada para eliminar ou retardar (reduzir) a combustão de um determinado combustível. São classificados em curta duração ou longa duração, dependendo de sua composição e propósito de uso.

1.29 Barreira natural

Conforme o Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás (2017, p.104) as barreiras naturais configuram obstáculos naturais, formados por acidentes geográficos, impedindo a propagação do incêndio. Schumacher e Dick (2018) citam como exemplo a configuração dos morros, dos rios, córregos etc.

1.30 Barreira artificial

O manual do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás (2017, p. 105) estabelece que barreira artificial configura obstáculos já existentes, construídos pelo ser humano, que impedem a propagação do fogo (aceiros construídos, estradas, trilhos etc.).

1.31 Barreira química

Barreira química é a “faixa de vegetação coberta com retardantes de longa duração que impede a propagação do fogo” (CBMGO, 2017, p. 105).

1.32 Aceiro

Aceiros são “barreiras naturais ou construídas, limpas de vegetação, parcial ou completamente, de uma largura variável (recomenda-se a largura de duas vezes a altura da vegetação), montados previamente ao incêndio” (ICMBIO, 2010, p. 62). A construção pode ser executada com ferramentas, maquinários ou fogo (aceiro negro), sendo o último, recomendado por quem tem domínio técnico (PEREIRA, 2019).

1.33 Linha de controle

A linha de controle é definida como uma “linha de segurança que circunda todo perímetro do incêndio. A linha de controle pode ser formada por linhas de defesa mais barreiras naturais, artificiais e/ou química” (CBMGO, 2017, p. 107).

1.34 Linha de defesa

De acordo com o ICMBio (2010, p. 62), as linhas de defesa “são faixas desprovidas de vegetação feitas pela raspagem dos materiais da superfície até o solo mineral, com uma largura de 40cm a 1m, e que se constroem ou instalam durante o combate”.

1.35 Linha negra

Linha negra é definida como a “faixa intencionalmente queimada, geralmente utilizada para alargar a linha de defesa para evitar, com segurança, que o incêndio a ultrapasse” (CBMGO, 2017, p. 106).

1.36 Linha fria

Linha fria constitui a “faixa de vegetação umedecida mecanicamente. O aumento do teor de umidade na vegetação diminui a intensidade de propagação do fogo, devido ao consumo de calor que exigirá a fase de pré-aquecimento” (CBMGO, 2017, p. 107).

1.37 Ponto de ancoragem

Por fim, o manual do Corpo de Bombeiros goiano (2017, p. 108) define ponto de ancoragem como o “ponto que se inicia ou termina a construção de uma linha de defesa, encontrando uma barreira natural ou artificial”.

Referências Bibliográficas

BARBOSA, A. C. M. C. **Incêndios Florestais: Classificação dos incêndios florestais**. Lavras, Minas Gerais, out. 2011. Disponível em: <<http://gef152.blogspot.com/2011/10/aula-3-classificacao-dos-incendios.html>>. Acesso em: 5 nov. 2021

BATISTA, A. O uso dos retardantes no combate aéreo aos incêndios florestais. 15 jul. 2008.

BRASIL. **Decreto 2.661 de 08 de julho de 1998**. Regulamenta o parágrafo único do art. 27 da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965 (Código Florestal), mediante o estabelecimento de normas de precaução relativas ao emprego do fogo em práticas agropastoris e florestais, e dá outras providências. Brasília, DF. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d2661.htm. Acessado em: 18 nov. 2021.

BRASIL. Câmara dos Deputados. **Projeto de Lei nº 11.276/18**. Institui a Política Nacional de Manejo Integrado do Fogo. Brasília, DF. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2190265>. Acessado em: 18 nov. 2021.

CANVA. Banco de dados. Disponível em: <<https://www.canva.com/pt-br/r>>. Acesso em 18/11/2021.

CARVALHO, M. **Entenda as diferenças entre queimadas, incêndios florestais e foco de calor**. Disponível em: <http://www.semar.pi.gov.br/wagtail/home_page/noticias/entenda-as-diferencas-entre-queimadas-incendios-florestais-e-foco-de-calor-em-meio-a-80/>. Acesso em: 18 nov. 2021.

CAVALCANTE, K. L. A importância da prevenção, controle e combate aos incêndios florestais na preservação do meio ambiente / The importance of prevention, control and control of forest fires in preservation of the environment. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 12, p. 32346–32354, 20 dez. 2019.

CETESB. **Qual a relação entre fogo em florestas e o aquecimento global**. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/biogas/2016/08/10/>>.

qual-a-relacao-entre-fogo-em-florestas-e-o-aquecimento-global/>. Acesso em: 6 out. 2021.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DE GOIÁS (CBMGO). **Manual operacional de Bombeiros: Prevenção e combate a incêndios florestais**, 2017. Disponível em: <https://www.bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2015/12/MOB-FLORESTAL.pdf>

ICMBIO. **Manual para Formação de Brigadista de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais**. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2010

IBAMA. **Queima controlada**. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/incendios-florestais/queima-controlada>>. Acesso em: 6 out. 2021.

IBGE. **Sensoriamento Remoto Atlas escolar IBGE**, [s.d.]. Disponível em: <<https://atlas escolar.ibge.gov.br/conceitos-gerais/o-que-e-cartografia/sensoriamento-remoto.html>>. Acesso em: 18 nov. 2021

ICNF. **QUEIMAS E QUEIMADAS**. Disponível em: <<https://fogos.icnf.pt/InfoQueimasQueimadas/QUEIMASQUEIMADAS.aspx>>. Acesso em: 6 out. 2021.

INPE. **Manuais - Tutorial de Geoprocessamento**. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/introducao_pro.html>. Acesso em: 9 dez. 2021.

INPE. **Perguntas Frequentes — Programa Queimadas**. Disponível em: <<https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal/informacoes/perguntas-frequentes>>. Acesso em: 18 nov. 2021.

MAGNANELLI, N. P. **Perigo x Riscos**. São José dos Campos, SP, set. 2012. Acesso em: 18 nov. 2021.

MATO GROSSO DO SUL. Decreto 15.654. 2021, p. 2–13.

MCGRATH, M. Killington **Forest fire burns underground for three days, and counting VTDigger**, 21 set. 2020. Disponível em: <<https://vtdigger.org/2020/09/21/killington-forest-fire-burns-underground-for-three-days-and-counting/>>. Acesso em: 18 nov. 2021.

MORAES, V. S. D. **Análise multifonte dos índices EVI e NDVI com imagens de reflectância, utilizando os sensores oli e modis. Um estudo de caso: Reserva Biológica Serra Negra - PE.** Graduação—Pernambuco: Universidade Federal de Pernambuco, 2018.

MYERS, R. L. Convivendo com o Fogo — Manutenção dos Ecossistemas & Subsistência com o Manejo Integrado do Fogo. p. 36, 2006.

NASA. **Landsat Looks and Sees. NASA.GOV** Brian Dunbar, 19 jul. 2012. Disponível em: <https://www.nasa.gov/mission_pages/landsat/news/landsat-history.html>. Acesso em: 18 nov. 2021.

NASA. **About MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer).** Disponível em: <<https://modis.gsfc.nasa.gov/about/>>. Acesso em: 18 nov. 2021.

PASCAL, R. **Visualización de datos de satélite en 3D.** Mestrado — Cantabria, Espanha: Universidad de Cantabria, 17 out. 2019.

PEREIRA, A. **Entenda as diferenças entre queimadas, incêndios florestais e focos de calor.** Disponível em: <<http://www.mt.gov.br/-/12486299-entenda-as-diferencas-entre-queimadas-incendios-florestais-e-focos-de-calor>>. Acesso em: 18 nov. 2021.

SANDERS, M. S.; MCCORMICK, E. Human Error, Accidents, and Safety. In: **Human Factors in Engineering and Design.** 7th Revised ed. edição ed. New York: McGraw-Hill Science/Engineering/Math, 1993. v. 7p. 704.

SCHUMACHER, M. V.; DICK, G. INCÊNDIOS FLORESTAIS 3o edição - revisada. **UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA**, n.3, p.153, 2018.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Incêndios Florestais:** controle, efeitos e uso do fogo. Curitiba: [s.n.] 2007. 250 p

TORRES, F. T. P. et al. **Manual de Prevenção e Combate de Incêndios Florestais.** Viçosa, MG: Os Editores, 2020.

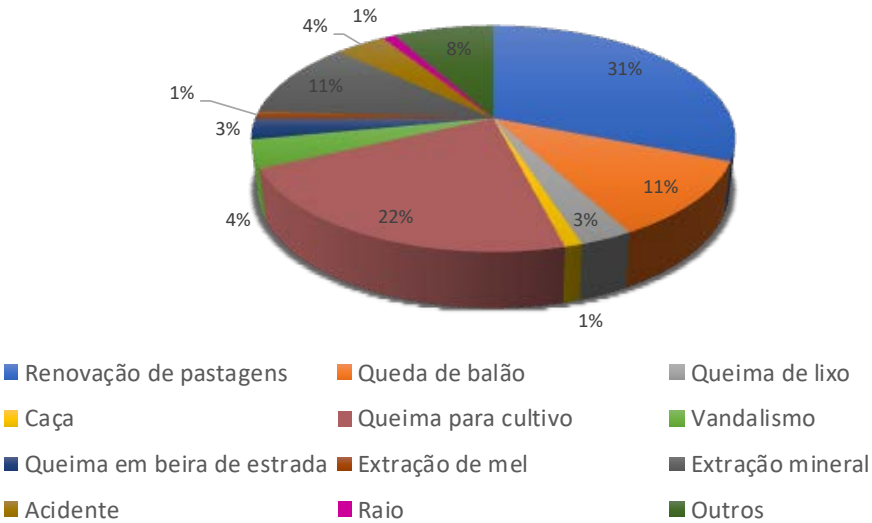
Capítulo 2

Principais causas das Q&IF

2. Principais causas das Q&IF (Queimadas & Incêndios Florestais)

As principais causas das queimadas e incêndios florestais (Q&IF) descritas neste capítulo foram extraídas dos Relatórios de Ocorrência de Incêndios (ROIs) disponibilizados pelo Ibama (DIAS, 2008). De acordo com os registros (Gráfico 1), a queima para renovação de pastagem e para cultivo representam mais de 50% das causas de Q&IF. Para um melhor entendimento, essas e as demais causas foram classificadas em 5 (cinco) categorias: analfabetismo ambiental, acidentes, comportamental, manejo do fogo em áreas rurais e fenômenos naturais. É válido lembrar que, de acordo com a legislação brasileira vigente, os danos decorrentes de incêndios florestais são caracterizados como crimes ambientais e deverão ser tecnicamente avaliados no intuito de analisar seus efeitos sobre os ecossistemas, sendo responsabilidade das autoridades competentes a fiscalização e penalização, quando cabível, assim como investigar o uso irregular do fogo em terras particulares ou públicas com a finalidade de atestar o nexo causal entre ação e dano causado ao meio ambiente (FARIA, 2010; PANIAGO, 2016).

Gráfico 1 - Principais causas dos incêndios



Fonte: adaptado de Dias (2008)

2.1 Analfabetismo ambiental

O termo analfabetismo ambiental surgiu na primeira Conferência no Brasil das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, na cidade do Rio de Janeiro, intitulado Rio-92, momento em que as políticas de educação ambiental ganharam forças e foi evidenciada a necessidade de implementação de um modelo sustentável, que pudesse definir a relação dos problemas ambientais com a sociedade, com o propósito de formar cidadãos comprometidos com relação a questões socioambientais (LIMA et al., 2018).

O termo indica a falta de conhecimento dos sistemas, relações e interdependências dos processos que sustentam a vida no planeta. Ignorância que leva a um posicionamento de insensibilidade e negligência, em que não há discernimento acerca das consequências dos atos de degradação ambiental. Esse desconhecimento em relação ao meio ambiente representa uma enorme ameaça à sustentabilidade socioambiental, sendo responsável por gerar muitos problemas sociais, econômicos, políticos, éticos e outros (DIAS, 2008). Assim sendo, de acordo com Lima et al. (2018), os prejuízos ambientais são produtos do analfabetismo ambiental atrelados ao egoísmo e à ganância, enxergando o meio ambiente apenas como fonte de lucros.

Azevedo e Mascarenhas (2019) sinalizam que a educação ambiental é de extrema importância para combater diversos problemas relacionados às queimadas e incêndios florestais. Isso tendo em vista que em muitas regiões o fogo é utilizado como ferramenta de baixo custo para o preparo da terra e manejo de pastagens em áreas rurais, em áreas urbanas para queima de lixo e em limpezas de terrenos após o corte da vegetação, sendo responsável por grandes emissões de CO₂.

É necessário que a educação ambiental desenvolva uma percepção consciente dos cidadãos em relação ao meio

ambiente como um todo, para que esses possam ter comprometimento, motivação, ânimo e habilidades para solucionar e/ou colaborar de forma direta ou indireta nos problemas ambientais presentes e futuros (LIMA et al., 2018).

A educação antes de tudo expressa a autotransformação, sendo uma transformação não apenas educacional, mas também cultural, política, formativa e emancipatória. Apesar da dificuldade dessa transformação, já que envolve alterações de hábitos culturais, econômicos e sociais, é de extrema importância que ela ocorra no intuito de formar cidadãos sustentáveis, que enfrentem obstáculos e garantam a qualidade de vida às futuras gerações. Entretanto, na maioria das escolas a educação ambiental desenvolve trabalhos de forma tradicional e simplificada, tendo grande parte do seu conteúdo teórico, senão todo. Desse modo, torna-se difícil criar um relacionamento do aluno com o ambiente, limitando sua compreensão e envolvimento (LOUREIRO, 2005). Segundo o Ministério da Educação e do Desporto, “a educação sozinha não é suficiente para mudar os rumos do planeta, mas certamente é condição necessária para tanto” (BRASIL, 1997, p. 22).

2.2 Acidental

Grande parte dos incêndios é originada pela população de forma acidental advinda de práticas cotidianas. Por exemplo, uma das mais comuns é a incineração de resíduos sólidos (lixo), na qual os mesmos são descartados e amontoados de forma incorreta (Figura 10), ocorrendo a queima de vegetação seca em terrenos e áreas urbanas com a intenção de limpar e diminuir o volume desses materiais (DA SILVEIRA, 2020).

Existem ainda muitos outros exemplos que também são causados de forma não-intencional, como fogueiras mal apagadas, reignição (reinício do fogo após seu combate),

queda de balões (Figuras 12, 13, 14 e 15), rompimentos de cabos de alta tensão, emissão de fagulhas incandescentes expelidas por escapamento de veículos pesados e tochas utilizadas em sinalização, nas rodovias, entre outros (DIAS, 2008). Além disso, ainda há o descuido e/ou negligência em relação aos restos de cigarro que são jogados fora ainda acesos, tal qual o abandono de objetos refletores como vidros, latas e outros, os quais tem o potencial de originar a combustão pelo efeito dos raios solares (SOUSA et al., 2015).

Nas edificações, os acontecimentos são originados por vazamentos de gás, curtos-circuitos devido ao excesso de carga a qual as instalações elétricas são submetidas, manipulação de produtos explosivos e perigosos em ambientes inadequados, esquecimento de eletrodomésticos ligados como ferro de passar roupa, fogão, cafeteira e outros (SOUSA et al., 2015).

Figura 11 - Lixo sendo queimado
Fonte: Canva ([s.d.])



Figura 12 - Queda de balão na vegetação
Fonte: VICE - Foto de Gomes

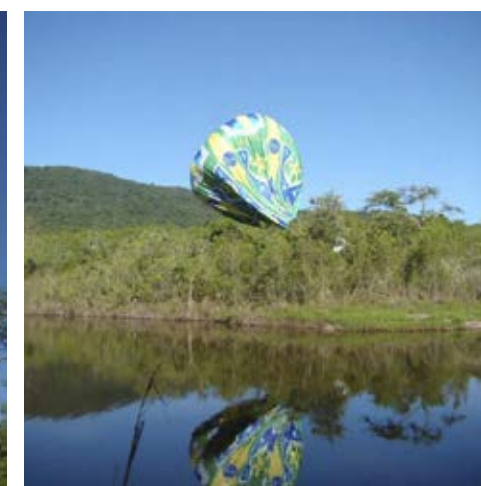


Figura 13, 14 e 15 - Queda de balão causa incêndio na Floresta Nacional de Ipanema, São Paulo
Fonte: Jornal Cruzeiro – Foto de Afonso (2014)

2.3. Comportamental

A descoberta e domínio do fogo na Pré-História foram fundamentais para o salto evolutivo do ser humano. O fogo como uma nova ferramenta proporcionou o aquecimento de moradia dos nossos ancestrais, convertendo a noite escura em um ambiente com visibilidade. Também trouxe facilidade



Figura 16 - Queda de balão causa incêndio no pavilhão do Riocentro, Rio de Janeiro
Fonte: VEJA, 2018

em relação à alimentação, já que modificou a proteína animal dura em um alimento macio, devido ao cozimento, tornando a mastigação mais fácil e o alimento mais saboroso com uma ótima digestibilidade, obtendo assim mais tempo e energia, que antes eram gastos na mastigação e deglutição (FELDENS, 2018).

Nos dias atuais é possível notar um resquício evolutivo, pois o ser humano ainda permanece magnetizado pelo fogo e tem queimado tudo o que entende ser proveitoso queimar, como se isso fosse uma herança cultural, sem ter a cautela ao fazer uso do mesmo, tendo em vista os reflexos negativos desta prática (DA SILVEIRA, 2020).

A causa comportamental dos incêndios é advinda de comportamentos culturais e atitudes que podem estar relacionados a costumes, condicionalismos e conflitos,

entre outros. Alguns exemplos são: incêndios originados por conflitos motivados pelas restrições dos parques nacionais e terras indígenas (TORRES et al., 2020), velas acesas deixadas em rituais religiosos, utilização do fogo para caça, conflitos com órgãos ambientais, vandalismo etc. (DIAS, 2008).

Os incêndios podem ser originados também por crianças, sendo bastante comuns, já que o fogo atrai a atenção delas e geralmente estão brincando com fósforos e isqueiros próximos a sofás e camas, que queimam rapidamente. Esse tipo de incêndio costuma causar sérias queimaduras, até mesmo levando a óbito. À vista disso, é necessário desenvolver campanhas educativas como forma de prevenir e combater incêndios originados pelo comportamento de crianças em relação ao fogo (SEITO, 2008).

2.4 Manejo do fogo em áreas rurais

O fogo em atividades de agricultura e pecuária desempenha um papel muito importante, sendo utilizado nessas áreas para fins como limpeza e renascimento de pastagens, assim como no controle de pragas e doenças. É preciso definir de maneira clara o motivo da utilização do fogo e determinar de modo preciso os efeitos pretendidos tanto em áreas internas quanto nos terrenos próximos (REVISTA INCÊNDIO, 2020).

A queimada é bastante empregada na agropecuária como um método de limpeza de determinada área, abrindo espaço para as pastagens, renovação de vegetação e preparo do solo antecedente ao plantio (Figuras 17 e 18). No entanto, esta prática traz também uma série de prejuízos como o empobrecimento e a erosão do solo, queda da produtividade, aumento das emissões de gases de efeito estufa e poluição do ar, entre outros (SILVA, 2020). Nesse sentido, o pesquisador da Embrapa, Edmilson Evangelista, afirma que a prática a longo prazo traz muitas consequências negativas, devendo

então ser utilizada como última alternativa (EMBRAPA, 2015). Contudo, em algumas regiões do Brasil as práticas antigas de agricultura tornaram o uso do fogo uma tradição, por se tratar de um método barato e acessível, sucedendo uma enorme dificuldade na substituição desta prática. Sendo assim, é importante ter conhecimento sobre a legislação que regulamenta o uso do fogo, bem como ferramentas alternativas (CABRAL; MORAS FILHO; BORGES, 2013). No decorrer do ato da queima, a falta de conhecimento de métodos de precaução e dos elementos que manipulam o comportamento do fogo acabam gerando perda de controle sobre o tal (DIAS, 2008).

Dentre os inúmeros impactos causados ao ambiente, a utilização do fogo como instrumento agrícola gera também a perda de biodiversidade. Diversas causas degradam o ambiente, porém, vale destacar o desmatamento, as queimadas e a prática de atividades agropastoris. Atualmente, os maiores transtornos ambientais enfrentados no Brasil estão ligados ao desmatamento e às queimadas. Ainda que diferentes, tais procedimentos se relacionam, já que após o corte é muito habitual a queima da vegetação (GONÇALVES; CASTRO; HACON, 2012).

Devido à frequência e ao uso desordenado, as queimadas se tornaram uma grande adversidade para o Brasil. Ao passo em que se expandem as regiões de pecuária bovina, a utilização do fogo foi fomentada. Nas décadas de 70 e 80, os desmatamentos foram um contundente efeito dos incentivos fiscais e têm crescido de maneira variável, no entanto, em ritmo acelerado (GONÇALVES; CASTRO; HACON, 2012).

2.5 Fenômenos naturais

Os incêndios florestais também se iniciam de forma natural e espontânea, não apenas em consequência de ações humanas. Porém, é necessário salientar que em ambos os casos os fatores naturais são decisivos para o seu desenvolvimento. Como, por exemplo, o clima e o relevo, entre outros — os quais o ser humano não pode exercer controle (GOMES, 2012). Os incêndios de causas naturais são aqueles provocados por raios, reações fermentativas exotérmicas, concentração de raios solares por pedaços de quartzo ou cacos de vidros em forma de lente, entre outras causas (CEPDECMA, [s.d.]).

O clima da região Sudeste, por exemplo, é um fator natural que favorece a propagação do fogo pelas queimadas. Nos meses mais secos da região, que correspondem ao período

Figura 17 - Área de floresta desmatada e queimada para limpeza e produção agropecuária
Fonte: Saengtongsamarnsin, (s.d.)



Figura 18 - Área de floresta desmatada e queimada para produção agropecuária
Fonte: Shutterstock – Foto de (WHITCOMBE, [s.d.])



responsável por gerar muitas mudanças climáticas no globo terrestre, provocando períodos de seca intensos e prolongados ao ponto de a vegetação pegar fogo. No estado do Rio de Janeiro, os anos com os maiores números de registros de focos de calor coincidem com os ciclos de El Niño e La Niña nas categorias forte e fraco. Nesse sentido, entende-se que tais fenômenos influenciam nas altas ocorrências de focos de calor no estado do Rio de Janeiro, com o aumento do clima seco e mudanças nos padrões de chuva (CLEMENTE; JÚNIOR; LOUZADA, 2017).

No Brasil os raios se destacam como o fenômeno natural mais comum na ocorrência dos incêndios naturais (Figura 19). No entanto, eles costumam intercorrer em épocas chuvosas, isto é, quando o raio é responsável pela iniciação do fogo, ele logo se apaga devido à chuva. Portanto, é possível dizer que o ser humano é o principal causador dos incêndios florestais (SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE DO DISTRITO FEDERAL, 2016).

Figura 19 - Incêndio florestal provocado por raios
Fonte: Saengtongsamarnsin, (s.d.)



Referências bibliográficas

AFONSO, M. **Queda de balão causa incêndio na Floresta Nacional de Ipanema.** *Jornal Cruzeiro do Sul*, 7 dez. 2014. Disponível em: <<https://www2.jornalcruzeiro.com.br/materia/584432/queda-de-balao-causa-incendio-na-floresta-nacional-de-ipanema>>. Acesso em: 18 nov. 2021.

AZEVEDO, A. R. S. DE; MASCARENHAS, S. A. DO N. **A importância da educação ambiental como política de enfrentamento às queimadas no município de Humaitá - AM.** Congresso Nacional de Educação. **Anais...** In: CONEDU. Fortaleza, Ceará: 24 out. 2019. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2019/TRABALHO_EV127_MD1_SA14_ID11071_04092019142912.pdf>. Acesso em: 6 out. 2021.

BRASIL. Parâmetros curriculares nacionais: meio ambiente, saúde. In: **Parâmetros curriculares nacionais: meio ambiente, saúde.** Brasília: Secretaria de Educação Fundamental, 1997.

CABRAL, A.; MORAS FILHO, L. O.; BORGES, L. Uso do fogo na agricultura: legislação, impactos ambientais e realidade na Amazônia. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 9, 2 jan. 2013.

CEPDECMA. **Incêndios Florestais. Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil do Maranhão**, [s.d.]. Disponível em: <<http://www.defesacivil.ma.gov.br/incendios-florestais/>>. Acesso em: 6 out. 2021.

CLEMENTE, S. DOS S.; OLIVEIRA, J. F. DE; LOUZADA, M. A. P. Focos de Calor na Mata Atlântica do Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, p. 669–677, dez. 2017.

DA SILVEIRA, G. G. **Queimadas urbanas: crime ambiental e seu potencial de intoxicação em tempos de Covid-19 comunica.** *ufu.br*, 19 jun. 2020. Disponível em: <[https://comunica.ufu.br/noticia/2020/06/queimadas-urbanas-crime-ambiental-](https://comunica.ufu.br/noticia/2020/06/queimadas-urbanas-crime-ambiental-e-seu-potencial-de-intoxicacao-em-tempos-de-covid-19)

[e-seu-potencial-de-intoxicacao-em-tempos-de-covid](https://comunica.ufu.br/noticia/2020/06/queimadas-urbanas-crime-ambiental-e-seu-potencial-de-intoxicacao-em-tempos-de-covid-19)>. Acesso em: 6 out. 2021.

DIAS, G. F. **Queimadas e incêndios florestais: cenários e desafios: subsídios para a educação ambiental.** Brasília: MMA, Ibama, 2008.

EMBRAPA. **Alternativas ao uso do fogo na agricultura e as etapas para planejamento de uma queimada controlada.** EMBRAPA, 4 fev. 2015. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2471085/alternativas-ao-uso-do-fogo-na-agricultura-e-as-etapas-para-planejamento-de-uma-queimada-controlada>>. Acesso em: 6 out. 2021.

FARIA, Á. **Atribuições na elaboração de Laudos Técnicos de Incêndios Ambientais.** Paraná: Sistemas de Produção Agropecuária, 2010. p. 322

FELDENS, L. **O homem, a agricultura e a história.** Lajedo, PE: Editora Univates, 2018.

GOMES, P. R. **Incêndios e detidos por crime de incêndio florestal em Portugal.** Mestrado—Portugal: Universidade do Minho, out. 2012.

GONÇALVES, K. DOS S.; CASTRO, H. A. DE; HACON, S. DE S. As queimadas na região amazônica e o adoecimento respiratório. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, p. 1523–1532, jun. 2012.

LATIN AMERICAN STUDIES. **Slash and burn agriculture.** Disponível em: <<http://www.latinamericanstudies.org/slash-burn.htm>>. Acesso em: 19 nov. 2021.

LIMA, N. G. et al. Analfabetismo ambiental: a percepção dos docentes e discentes sobre o ambiente de uma escola do município de Guaraí-TO. **Ambiente & Educação**, v. 23, n. 1, p. 198–224, 11 jul. 2018.

LOUREIRO, C. F. B. Complexidade e dialética: contribuições à práxis política e emancipatória em educação ambiental. **Educação & Sociedade**, v. 26, p. 1473–1494, dez. 2005.

PANIAGO, C. K. A importância da perícia ambiental no contexto das mudanças climáticas. **ACTA DE CIÊNCIAS E SAÚDE**, v. 1, n. 1, p. 1–5, 2016.

REVISTA INCÊNDIO. **Incêndios recentes reforçam a importância do cuidado no manejo do fogo em áreas rurais - Caderno Incêndio**. Disponível em: <<https://revistaincendio.com.br/incendios-recentes-reforcaram-a-importancia-do-cuidado-no-manejo-do-fogo-em-areas-rurais/>>. Acesso em: 4 nov. 2021.

ROLPH, G. **Lightning strikes cause fire outbreaks** **ABC News**, 13 jan. 2013. Disponível em: <<https://www.abc.net.au/news/2013-01-14/storms-to-accompany-change-as-heat-wave-ends/4463428>>. Acesso em: 19 nov. 2021.

SAENGTONGSAMARNSIN, S. **After harvest, farmer burning straw in rice plantation**. Disponível em: <<https://www.shutterstock.com/image-photo/after-harvestfarmer-burning-straw-rice-plantation-123500161>>. Acesso em: 19 nov. 2021.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE DO DISTRITO FEDERAL. **Ação humana é a maior responsável pelos incêndios florestais. Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Distrito Federal**, 18 jul. 2016. Disponível em: <<https://www.sema.df.gov.br/queimadas-nao-esteja-por-tras-desse-crime/>>. Acesso em: 19 nov. 2021.

SEITO, A. I. **A segurança contra incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto, 2008.

SILVA, A. D. D. **Conhecimento sobre o papel do fogo**: no olhar multifacetado do saber e fazer dos sujeitos sociais. Mestrado—Lavras, Minas Gerais: Universidade Federal de Lavras, 2020.

SOUSA, E. DE et al. Incêndios oficializados no estado do Pará: uma visão panorâmica dos tipos e causas. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 21, p. 9, 2015.

WHITCOMBE, R. **Aerial drone view of tropical rainforest deforestation to clear land for plantations**. Disponível em: <<https://www.shutterstock.com/image-photo/aerial-drone-view-tropical-rainforest-deforestation-1274894125>>. Acesso em: 19 nov. 2021.

Capitulo 3

Fatores que contribuem
com as Q&IF

3. Fatores que contribuem com as Q&IF

Sabe-se que o comportamento do fogo está diretamente ligado ao ambiente no qual se desenvolve. Nesse sentido, pode-se dizer que as características dos incêndios são afetadas pelas complexas interações entre fatores externos como vegetação, clima e topografia (TORRES; SILVA JÚNIOR; LIMA, 2019).

Para uma melhor compreensão, tais fatores foram classificados em três categorias, de acordo com o Triângulo de Incêndio Florestal (Figura 20): Fatores Meteorológicos (precipitação, vento, umidade relativa e temperatura); Fatores topográficos (inclinação, altitude, exposição das vertentes e configuração); e Combustíveis (tipo, localização, rapidez, condição orgânica e disponibilidade).

Figura 20 - Triângulo do Incêndio Florestal



Fonte: adaptado de ICMBio (2010)

Pesquisas recentes tendem a se concentrar na quantificação da importância relativa desses fatores nos padrões de frequência dos incêndios, na distribuição das ocorrências, no tamanho da área queimada e no regime geral dos incêndios. Entretanto, se faz necessário comparar as influências e a importância relativa desses três fatores sobre as variáveis do comportamento do fogo (TORRES; SILVA JÚNIOR; LIMA, 2019).

Assim sendo, este capítulo irá discutir como os três fatores (Meteorológicos, Topográficos e Combustível) influenciam no comportamento do fogo, considerando variáveis como intensidade, velocidade de propagação e altura das chamas, entre outras. Assim, é esperado que o mesmo sirva de ferramenta para execução de ações de prevenção e combate de incêndios, além de tornar mais seguras as queimas prescritas.

3.1 Meteorológicos

Não somente a ocorrência, mas também a velocidade de propagação de incêndios está fortemente associada às condições climáticas ou fatores meteorológicos. A intensidade de um incêndio e a velocidade com a qual ele se propaga estão diretamente ligadas à precipitação, ao regime de ventos e à umidade relativa e temperatura do ar (TORRES et al., 2011). Dos três fatores principais que controlam o comportamento dos incêndios, o clima é geralmente considerado o mais dinâmico (JOLLY et al., 2015). Ainda,

A interação fogo-clima é tão intensa que estudos recentes incorporam as relações entre os elementos meteorológicos e a umidade do material combustível como uma variável biofísica independente que apresenta uma ligação mais direta às variáveis do comportamento do fogo do que qualquer variável meteorológica sozinha (TORRES; SILVA JÚNIOR; LIMA, 2019, p. 38).

Dessa maneira, quanto maior for o entendimento acerca do comportamento do fogo e sua resposta às condições climáticas, mais acertadas serão as decisões sobre a gestão de combustíveis e dos incêndios (TORRES; SILVA JÚNIOR; LIMA, 2019).

3.1.1 Precipitação

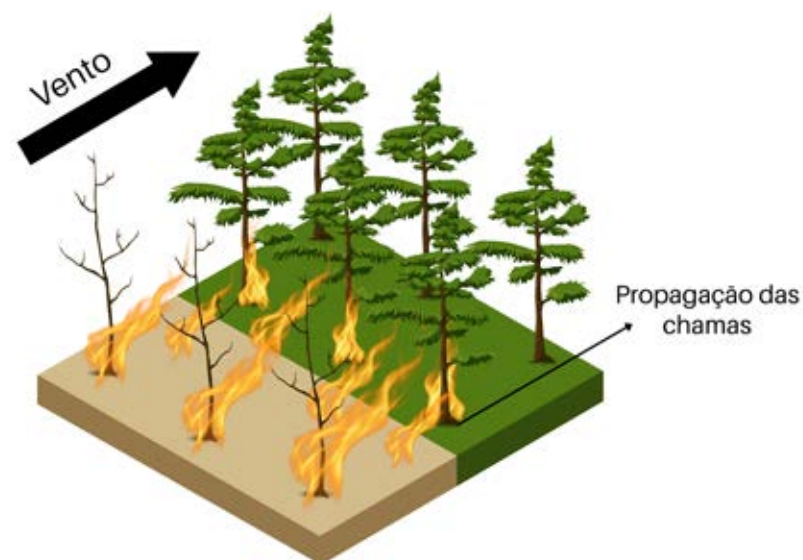
Um dos fatores meteorológicos determinantes no alastramento de queimadas e incêndios florestais é a

precipitação, definida como “quantidade de umidade que cai da atmosfera podendo ser na forma de chuva, de orvalho, de névoa ou de neblina” (CBMGO, 2017, p. 45). As precipitações têm o poder de reverter o processo de secagem progressiva causado durante períodos de estiagem, pois umedecem a vegetação. Quanto menor a precipitação, menor será a umidade relativa do ar, o que deixa a vegetação ressecada e mais propensa à combustão (DIAS, 2008). Dessa forma, pode-se dizer que “a ausência de chuva é quiçá o fator climático que mais influi sobre a ocorrência de incêndios florestais porque o ar torne-se mais rarefeito, fazendo com que a vegetação torna-se principal material combustível” (MOTTA, 2008, p. 20).

3.1.2 Vento

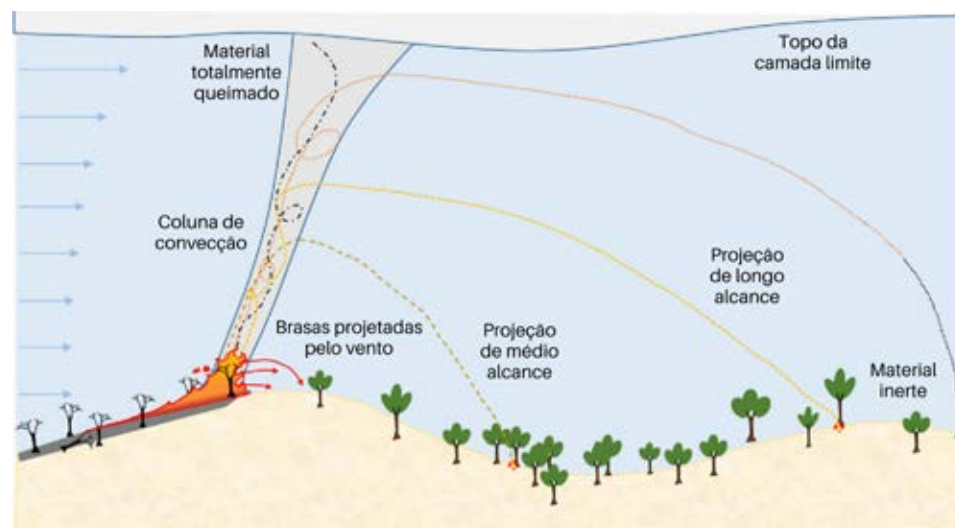
O regime de ventos também é considerado uma das variáveis mais importantes na propagação do fogo na vegetação. Isso ocorre porque quando os ventos se apresentam de forma intensa e constante, mais fácil o fogo se espalha, aumentando a velocidade de propagação do mesmo, como ilustra a Figura 21. Em relação ao alastramento das chamas, a interação dos ventos com a coluna de convecção (Figura 22) faz com que fagulhas e materiais incandescentes se espalhem, podendo dar origem a outros focos de incêndio. Além disso, os ventos fornecem oxigênio contínuo ao processo de propagação e aumentam a evapotranspiração que, por sua vez, diminui a umidade relativa do ar, favorecendo ainda mais a secagem do material combustível (CBMGO, 2017).

Figura 21 - Influência do vento sobre a propagação das chamas



Fonte: próprio autor

Figura 22 - Esquema ilustrativo mostrando que fagulhas ou material ardente podem ser lançados pela coluna de convecção para além da linha de controle, gerando novos focos na área ainda não incendiada



Fonte: próprio autor

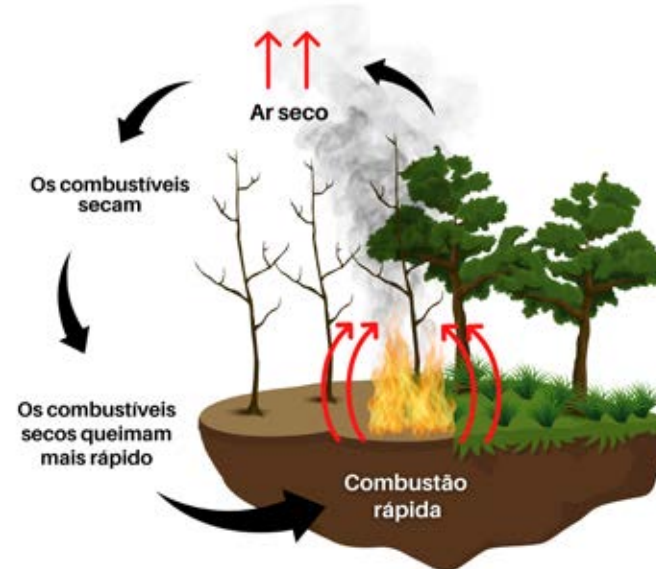
3.1.3 Umidade relativa

A umidade relativa é um dos fatores climáticos mais influentes na propagação dos incêndios florestais (REYES, 2017). Segundo o ICMBio (2010, p. 42), a umidade relativa do ar é “a quantidade de água

existente no ar, em que a baixa umidade é responsável pelo ressecamento da vegetação, facilitando o início do incêndio e a sua propagação”.

Pode-se dizer, ainda, que a umidade relativa do ar é um indicador de grau de dificuldade de combate às queimadas e aos incêndios florestais, pois quando ela desce a menos de 30% o combate se torna extremamente difícil. Além disso, os materiais combustíveis são afetados pela troca de vapor d'água presente na atmosfera, uma vez que esses absorvem a umidade existente e materiais mais úmidos dificultam a propagação do fogo. Quando está seca, a vegetação absorve água da atmosfera úmida (Figura 23) e quando está úmida libera água para o ar seco (CBMGO, 2017).

Figura 23 - Teor de umidade dos combustíveis influenciando no poder de inflamabilidade e velocidade de propagação



Fonte: próprio autor

3.1.4 Temperatura

Quanto maior a temperatura do ambiente, maior será o risco de combustão pois, como dito anteriormente, temperaturas altas retiram a umidade da vegetação.

Nesse sentido, quanto menor estiver a umidade relativa do ar, mais rápido será o processo de secagem dessa vegetação e mais favoráveis serão as condições para ignição de um incêndio (TORRES et al., 2020).

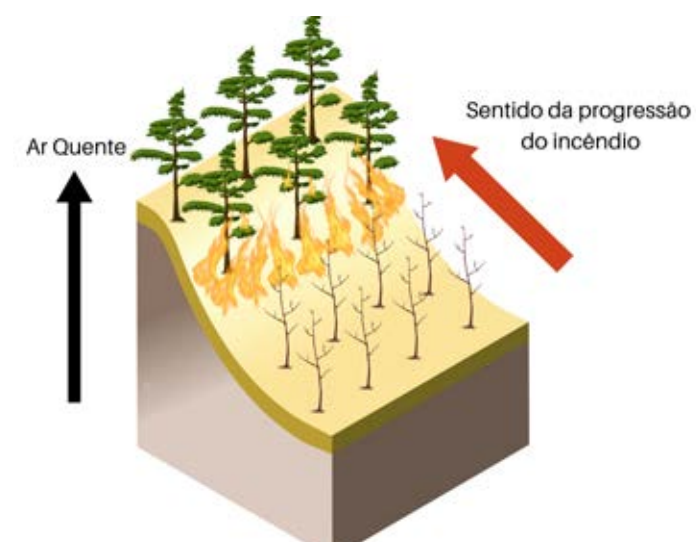
3.2 Topográficos

As características topográficas de um determinado terreno, como a posição, inclinação, altitude e configuração de montanhas, colinas, planos, vales, rios e lagos, são determinantes na propagação do fogo, influenciando de forma direta na circulação dos ventos, nas medidas térmicas e também na umidade relativa do ar (CBMGO, 2010). A seguir, tais características são analisadas no contexto das Q&IF.

3.2.1 Inclinação

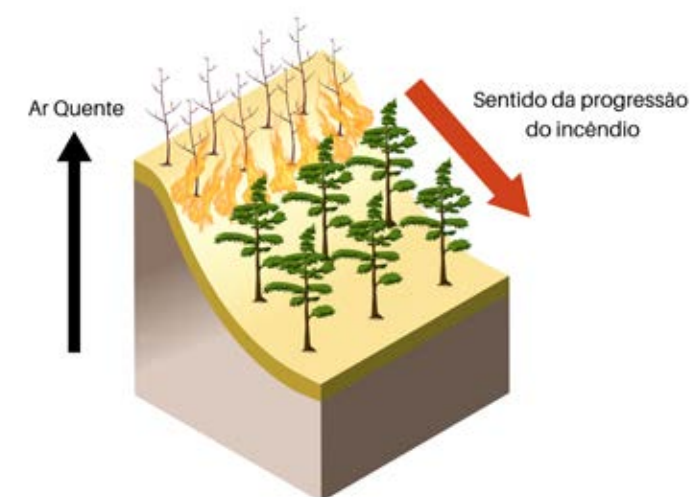
A inclinação é considerada o fator topográfico mais importante, pois a velocidade a qual um incêndio florestal se desenvolve morro acima é proporcional à inclinação topográfica. O aumento na declividade de 1 grau promove a diminuição do tempo de propagação em 12,45 segundos. Isso significa que quanto maior o grau de declividade mais rápida é a propagação (MARTINS, 2010). No aclave (Figura 24), o fogo queima com maior rapidez para cima devido à ação de uma corrente de convecção produzida por gases quentes, ressecando a vegetação abaixo dele. Já no declive (Figura 25), o fogo é mais lento e as chamas ressecam a vegetação acima devido às correntes de convecção que se deslocam no sentido oposto aos combustíveis, não os aquecendo (CBMGO, 2010).

Figura 24 - Propagação do fogo no aclave



Fonte: adaptado de Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás (2010)

Figura 25 - Propagação do fogo no declive



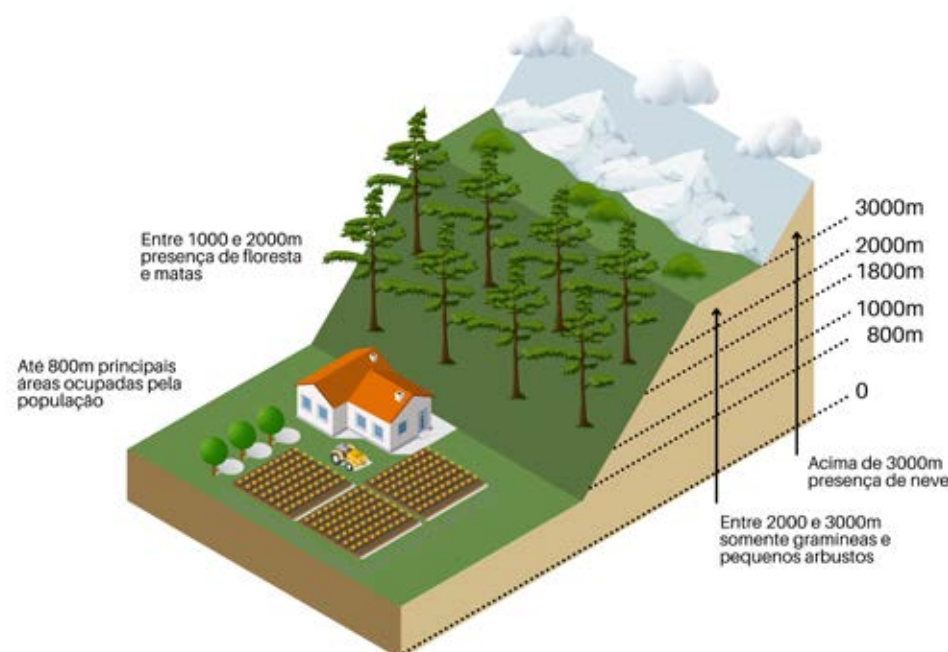
Fonte: adaptado de Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás (2010)

3.2.2 Altitude

Locais com altitudes mais elevadas apresentam ar mais rarefeito, baixa temperatura e maior teor de umidade, assim como maior quantidade de precipitação. Essas características fazem com que haja uma diminuição na probabilidade de ocorrência dos incêndios. Por outro lado, existe uma diminuição no porte da vegetação

de acordo com o aumento da altitude, formando um ambiente campestre mais propício aos incêndios. Ou seja, quanto maior a altitude maior a área queimada devido à modificação da vegetação e posteriormente um declínio devido ao aumento da umidade do ar (TORRES et al., 2018). A seguir, na Figura 26 é possível observar a influência da altitude na postura da cobertura vegetal.

Figura 26 - Influência da altitude na postura da cobertura vegetal



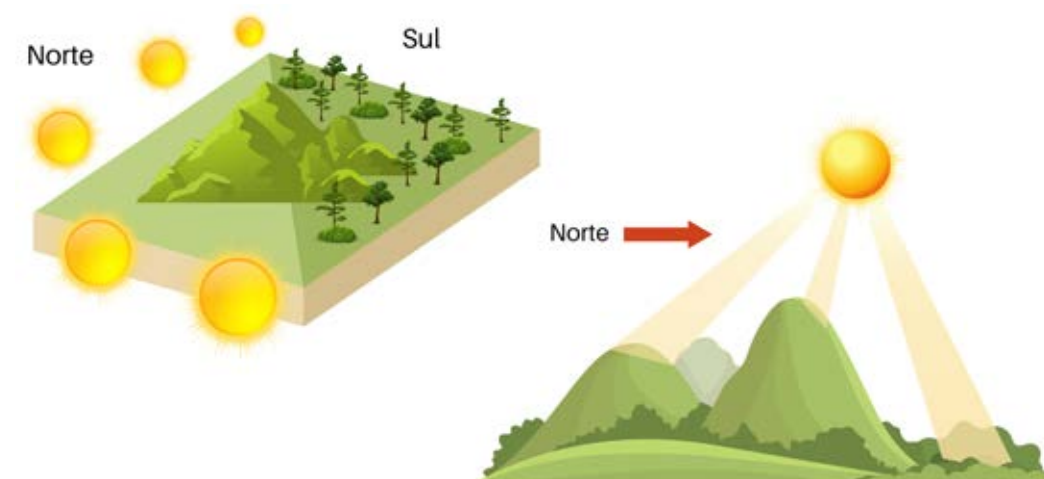
Fonte: adaptado de Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás (2010)

3.2.3 Exposição das vertentes

A exposição das vertentes se refere ao posicionamento de uma vertente em relação ao sol. Dessa maneira, ao sul da linha do equador os raios solares incidem mais diretamente sobre as faces voltadas para o norte, transmitindo mais calor a essa parcela. A propagação do incêndio poderá ocorrer com maior facilidade na área na qual a incidência dos raios solares é mais intensa. Isso ocorre visto que a exposição afeta a quantidade de vento e radiação recebida por uma encosta, influenciando

também na umidade do combustível. Nesse sentido, ao meio-dia, notam-se (como ilustra a Figura 27) diferenças dos valores de temperatura entre uma vertente virada ao sul, que se apresenta mais fria que uma virada ao norte, mais quente. Da mesma maneira, há diferenças nas vegetações pois elas se adaptam às condições climáticas locais e à exposição ao sol (CBMGO, 2017).

Figura 27 - Exposição das vertentes



Fonte: adaptado de Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás (2010)

3.2.4 Configuração

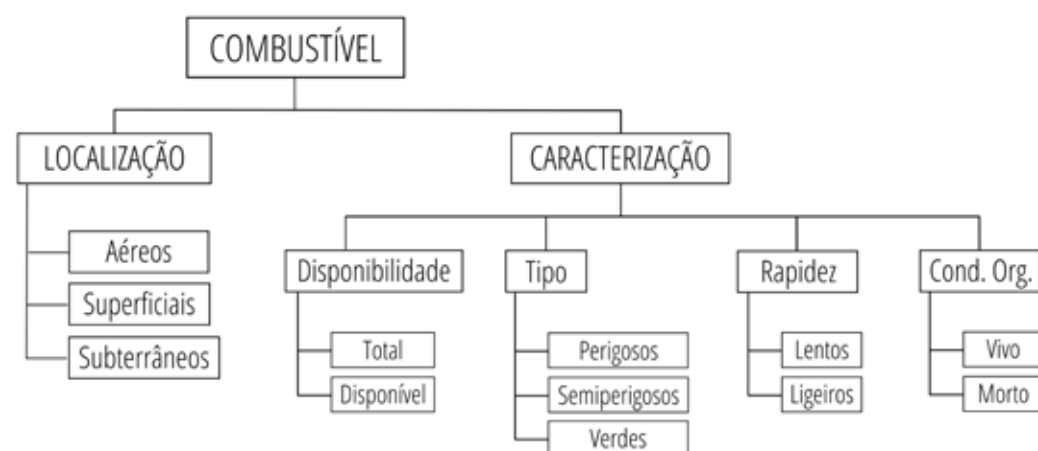
A configuração do relevo está diretamente relacionada ao acúmulo e transporte de água, tornando assim, úmidos os combustíveis. As formas côncavas são áreas de maior concentração de umidade, denominadas como zonas de convergência de fluxo, diferentes das convexas, que formam de zonas de divergência de água e baixa umidade (TOMZHINSKI, 2012).

3.3 Combustíveis

É considerado combustível toda matéria orgânica no solo, sobre o solo ou acima dele, viva ou morta, capaz de entrar em

ignição e queimar, constituindo um componente indispensável para a ocorrência e propagação dos incêndios (CBMGO, 2017). A disponibilidade e quantidade desses componentes podem sofrer alterações dependendo da época do ano, tempo atmosférico, idade e tipo da vegetação, além da intensidade do fogo (WHITE et al., 2014). Os combustíveis florestais podem ser analisados com base no seguinte diagrama da Figura 28.

Figura 28 - Análise dos combustíveis



Fonte: adaptado de Beutling (2005)

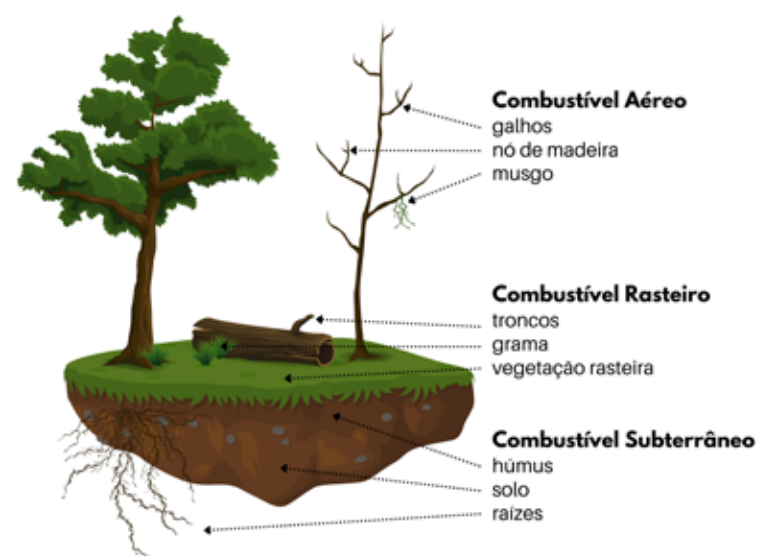
3.3.1 Tipo

Os combustíveis são classificados em três tipos: Perigosos (representados por materiais que, em condições naturais, apresentam fácil e rápida combustão e se encontram no estado seco, como pequenos galhos, folhas, musgos e gramíneas); Semi-perigosos (que não são capazes de queimar rapidamente, mas podem desenvolver calor intenso como materiais lenhosos, húmus e turfa); e Verdes (representados pela vegetação viva da floresta que costuma ter alto teor de umidade, às vezes considerada não inflamável) (REYES, 2017).

3.3.2 Localização

Quanto à localização, os combustíveis são definidos em três categorias: subterrâneo, superficial e aéreo (Figura 29). Os combustíveis subterrâneos são encontrados abaixo do solo, compostos por raízes de plantas e outros materiais oriundos da decomposição vegetal e animal (húmus). Quando o fogo entra em contato com esse material isolado da atmosfera, ele queima sem chamas e lentamente sob o solo devido à baixa quantidade de oxigênio. No entanto, é persistente, podendo perdurar por longo tempo, gerando uma enorme quantidade de calor. Além disso, o foco é difícil de localizar, apresentando grande perigo aos combatentes. Já o combustível superficial é localizado até 1,5 metros de altura a partir do solo e são compostos por: troncos, folhas, arbustos, árvores jovens etc. Geralmente são bastante inflamáveis, com grande poder de propagação. Todavia, a onda de calor normalmente não é tão grande. Por fim, o combustível aéreo, que se encontra acima de 1,5m de altura do solo, mais especificamente, na copa das árvores, é composto por: ramos, folhagens, frutos de árvores e musgos, entre outros materiais que se encontram nessa determinada altura. Nesse tipo de combustível o fogo ocorre em dias com baixa umidade e ventos fortes, gerando uma grande quantidade de calor, além de apresentar enorme velocidade e propagação, destruindo completamente a copa das árvores e geralmente acabam originando fogo na superfície (CBMGO, 2010).

Figura 29 - Os três tipos de combustíveis



Fonte: próprio autor

3.3.3 Disponibilidade

Em relação à disponibilidade, os combustíveis são classificados em: total e disponível. Essa divisão acontece devido ao fato de que nem todo material combustível está disponível para ser consumido pelo fogo. Isto é, o combustível disponível é todo aquele que está em condições de queimar e ser consumido durante o incêndio.

Já o combustível total é todo o material existente no local do incêndio, seja ele vivo ou morto. A disponibilidade dos combustíveis pode sofrer alterações de acordo com horário, época do ano, tempo atmosférico, tipo de vegetação e intensidade do fogo (WHITE et al., 2014).

3.3.4 Rapidez

Quanto à rapidez em queimar, os combustíveis podem ser lentos ou ligeiros. O combustível lento tem pequena velocidade de propagação, gera enorme quantidade de calor e queima na superfície do solo ou em profundidade.

Dois exemplos desse tipo de combustível são as árvores de grande porte e raízes centenárias. Por outro lado, o combustível ligeiro possui um alto poder de propagação, seu combate é bastante perigoso e exige cuidados quanto à área de segurança ou escape. Costuma ter baixo poder calorífico. Alguns exemplos desse combustível são as árvores jovens, arbustos e gramíneas (CBMGO, 2010).

3.3.5 Condição orgânica

A caracterização quanto à condição orgânica está diretamente relacionada à umidade dos combustíveis e é dividida em combustíveis vivos ou mortos. Os combustíveis florestais vivos têm maior teor e estabilidade de umidade e por isso queimam em incêndios de maiores intensidades.

Já os combustíveis mortos são constituídos por vegetação morta, mais secos e respondem rapidamente a propagação dos incêndios florestais (SILVA; LIMA, 2017).



Figura 30 - Incêndio em declive
Fonte: Canva, ([s.d.])

Referências Bibliográficas

BEUTLING, A. et al. Quantificação de material combustível superficial em reflorestamento de Araucaria angustifolia (Bert.) O. Ktze. **FLORESTA**, v. 35, n. 3, p. 465–472, 8 dez. 2005.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DE GOIÁS (CBMGO). **Manual Operacional de Bombeiros: Prevenção e Combate a Incêndios Florestais**, 2017. Disponível em: <<https://www.bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2015/12/MOB-FLORESTAL.pdf>>

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DE GOIÁS (CBMGO). **NORMA OPERACIONAL no 3 - Prevenção e Combate a Incêndio Florestal**, 30 nov. 2010. Disponível em: <<https://www.bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2017/05/NO-03-Preven%ca7%ca3o-e-Combate-a-Inc%caandio-Florestal.pdf>>. Acesso em: 5 out. 2021

DIAS, Genebaldo Freire. **Queimadas e incêndios florestais: cenários e desafios**: subsídios para a educação ambiental / Genebaldo Freire Dias. Brasília: MMA, Ibama, 2008. 32 p. : il. ; 21 cm.

ICMBIO. **Manual para Formação de Brigadista de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais**. ICMBio, 2010. Disponível em: <<https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/servicos/sejaumbrigadista.pdf>>

JOLLY, W. M. et al. Climate-induced variations in global wildfire danger from 1979 to 2013. **Nature Communications**, v. 6, n. 1, p. 7537, nov. 2015.

MARTINS, S. D. R. **Incêndios florestais: comportamento, segurança e extinção**. Mestrado—Coimbra, Portugal: Universidade de Coimbra, set. 2010.

MOTTA, D. S. **Identificação dos fatores que influenciam no comportamento do fogo em incêndios florestais**. Monografia —

Seropédica, Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 24 jul. 2008.

REYES, R. R. **Avaliação do comportamento do fogo em áreas de pastagem e cerrado submetidas a queimas controladas**. Mestrado — Gurupi, Tocantins: Universidade Federal do Tocantins, 2017.

SILVA, F.; LIMA, L. **Análise do risco de incêndio florestal em um povoamento de Eucalyptus dunnii Maiden (Myrtaceae) na fazenda São Jorge, município de Piraí do Sul — PR**. Congresso Nacional de Engenharia e Tecnologia (CONET). Anais. In: 1o Congresso Nacional De Engenharia E Tecnologia. Ponta Grossa, PR: 25 ago. 2017. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/319472726_Analise_do_risco_de_incendio_florestal_em_um_povoamento_de_Eucalyptus_dunnii_Maiden_Myrtaceae_na_fazenda_Sao_Jorge_municipio_de_Pirai_do_Sul_-_PR>. Acesso em: 5 out. 2021

SULLIVAN, A. L. Inside the Inferno: Fundamental Processes of Wildland Fire Behaviour. **Current Forestry Reports**, v. 3, n. 2, p. 150–171, 1 jun. 2017.

TOMZHINSKI, G. W. **Análise geoecológica dos incêndios florestais no Parque Nacional do Itatiaia**. Mestrado — Rio de Janeiro, RJ: Universidade Federal do Rio de Janeiro, abr. 2012.

TORRES, F. T. P. et al. Análise do perfil dos incêndios florestais no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro e entorno (MG). **Ciência Florestal**, v. 28, n. 3, p. 1008, 1 out. 2018.

TORRES, F. T. P. et al. Correlações entre os elementos meteorológicos e as ocorrências de incêndios florestais na área urbana de Juiz de Fora, MG. **Revista Árvore**, v. 35, n. 1, p. 143–150, fev. 2011.

TORRES, F. T. P.; SILVA JÚNIOR, M. R. DA; LIMA, G. S. Influência dos Elementos Meteorológicos Sobre o Comportamento do Fogo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 34, n. 1, p. 33–41, mar. 2019.

TORRES, F. T. P. et al. **Manual de Prevenção e Combate de Incêndios Florestais**. Viçosa, MG: Os Editores, 2020.

WHITE, B. L. A. et al. Caracterização do material combustível superficial no Parque Nacional Serra de Itabaiana - Sergipe, Brasil. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 3, p. 699–706, set. 2014.

Capítulo 4

Impacto das Q&IF



4. Impacto das Q&IF

É notório que as queimadas e incêndios florestais são prejudiciais tanto ao meio ambiente quanto à sociedade. Neste capítulo que se inicia, tais impactos serão discutidos no âmbito da saúde humana, da economia e dos ecossistemas, abrangendo danos ao solo, à atmosfera e à fauna e flora.

4.1 Na sociedade

O fogo desempenhou um papel de extrema importância na evolução humana (SOUTO; SOUSA; SOUTO, 2016), e no Brasil já era utilizado pelos indígenas tanto para caça como para o manejo de terra. Até nos dias de hoje o uso do fogo — por se tratar de uma técnica barata e rápida — é comum no meio rural e urbano com o objetivo de limpar determinadas áreas (MARTINS, 2017). No meio rural, o fogo pode ser um aliado do produtor caso seu uso seja empregado de forma correta e de maneira controlada, pois quando seu uso foge de controle pode acarretar acidentes e grandes destruições (SOUTO; SOUSA; SOUTO, 2016).

Além disso, o uso do fogo em queimadas também provoca emissão de gases de efeito estufa. Segundo autores, “o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, sigla em inglês) avalia que cerca de um quarto de todas as emissões globais de gases do efeito estufa são derivadas do desmatamento e da queima de seus resíduos” (FEARNSIDE; BARBOSA; PEREIRA, 2013, p. 95). Nesse sentido, estima-se que os impactos das Q&IF na sociedade estão diretamente relacionados às emissões desses gases durante os processos de queima, uma vez que tanto nas queimadas quanto nos incêndios florestais a eliminação do material orgânico por meio da queima libera gases poluentes na atmosfera. Dentre estes gases, chamados de gases de efeito estufa ou bloqueadores de calor, destacam-se o gás carbônico ou

dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4) e o óxido nitroso (N_2O) (EGGLESTON et al., 2006). Além disso, as Q&IF emitem material particulado (poeira) e substâncias altamente tóxicas como peroxiacilnitrato (PAN), aldeídos, furanos e dioxinas (DIAS, 2008).

De acordo com estudo produzido por técnicos do Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM) em colaboração com o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) e o Centro de Pesquisa Woods Hole (WHRC), a emissão desses gases provoca diversos prejuízos, como o fechamento de aeroportos, interrupção nas redes de energia e acidentes de trânsito pela falta de visibilidade nas estradas, entre outros. Entretanto, o Instituto destaca que os principais impactos das Q&IF ocorrem na economia, por contribuir com o aquecimento global e deteriorar a saúde humana, além de gerar perdas associadas a doenças respiratórias provocadas pela fumaça gerada durante os incêndios (IPAM; IPEA; WHRC, 2002). Dessa maneira, serão discutidos a seguir os principais danos associados à saúde humana e à economia, respectivamente.

4.1.1 Danos à saúde humana

O impacto da poluição atmosférica na saúde humana é uma questão importante que vem sendo estudada ao longo dos anos. Atualmente, há indícios de que esses impactos estão associados ao sistema cardiovascular e ao aparelho respiratório, visto que doenças causadas pela exposição à fumaça de poluição tem sido relatadas há décadas (GOUVEIA et. al., 2019).

Nesse sentido, é interessante distinguir a fumaça da poluição urbana e a fumaça causada pelas queimadas. Ambas contém poluentes, que pela definição são “quaisquer substâncias presentes no ar e que, pela sua concentração, possa torná-lo impróprio, nocivo

ou ofensivo à saúde, causando inconveniente ao bem estar público, danos aos materiais, à fauna e à flora (...)” (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2021). Sendo assim, a principal diferença entre os dois tipos de fumaça é o material queimado (G1, 2019).

Geralmente, a fumaça da poluição urbana é originada a partir da queima de combustíveis fósseis líquidos (gasolina, diesel, óleo combustível) e sólidos (carvão e resíduos), empregados pelo setor de transporte e pelo setor industrial. Já a fumaça das queimadas é gerada a partir da queima de vegetação (biomassa e material orgânico) como troncos, galhos, folhas, cascas, raízes, musgos, frutos e outros (DE SIMONI et.al., 2021), tendo potencial de permanecer na atmosfera por semanas e viajar milhares de quilômetros (HIRSCHLAG, 2020).

As Q&IF lançam uma grande quantidade de poluentes no ar, como o carbono e outros gases tóxicos. Entretanto, segundo um relatório realizado em parceria entre o Instituto de Estudos para Políticas de Saúde (IEPS), o Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM) e a Human Rights Watch, “a principal ameaça à saúde pública, é o material particulado, especialmente aquele menor que 2,5 micrômetros de diâmetro, conhecido como PM 2,5 – um dos principais componentes da fumaça” (IPAM; IPES; HRW, 2020). Neste relatório consta que além do PM 2,5 (Particulate Matter, traduzido como Material Particulado) penetrar facilmente no pulmão e entrar na corrente sanguínea, ele pode permanecer no corpo por muitos meses após a exposição.

Em um estudo realizado pela Scripps Institution of Oceanography da Universidade da Califórnia (UC San Diego), concluiu-se que o PM 2,5 proveniente de incêndios florestais é até dez vezes mais prejudiciais à

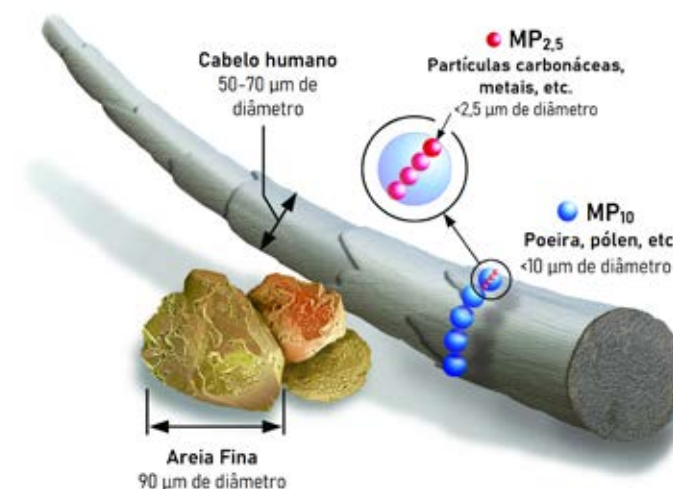
saúde humana do que aquele liberado por outras fontes poluidoras, como, por exemplo, automóveis. Segundo o Instituto,

Embora a toxicidade diferencial de PM 2,5 de incêndio florestal em comparação com outras fontes ambientais de PM 2,5 não seja bem compreendida, estudos toxicológicos animais recentes sugerem que partículas de incêndios florestais são mais tóxicas do que doses iguais de outras fontes, como poluição ambiental. (...) Os compostos da fumaça de incêndio florestal tendem a gerar mais radicais livres e, portanto, têm um maior potencial de causar inflamação e estresse oxidativo no pulmão do que partículas de ambiente urbano da mesma região (AGUILERA et.al., 2021, p.2).

Adicionalmente, partículas de queimadas podem causar danos genéticos em células do pulmão (ALVES, 2017). Segundo um estudo publicado pela revista Scientific Reports, os danos no DNA dessas células fazem com que elas entrem em processo de apoptose, que consiste em um tipo de morte celular não inflamatória. Quando expostas por um período mais longo, podem entrar em necrose, que resulta em um processo inflamatório local devido à liberação do conteúdo interno da célula nesse processo. Esses processos podem, ainda, predispor ao desenvolvimento de câncer (ALVES et. al., 2017). De acordo com o estudo, ao que tudo indica, o principal responsável por isso é o reteno — composto químico pertencente à classe dos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) (op. cit.).

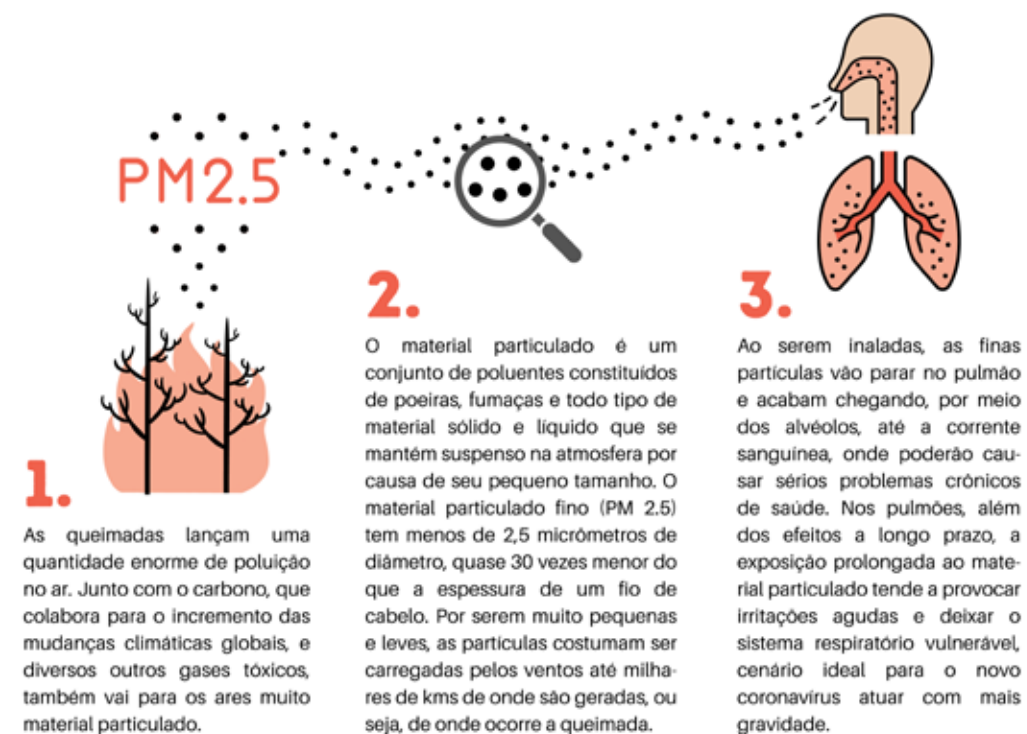
Na Figura 31 é feita uma comparação entre os tamanhos do material particulado de um fio de cabelo e de um grão de areia. Já na Figura 32 é ilustrado o caminho percorrido pelo material particulado desde o momento em que é lançado no ar até chegar ao pulmão.

Figura 31 - Comparação do tamanho do material particulado com fio de cabelo e grão de areia



Fonte: adaptado de United States Environmental Protection Agency (2016).

Figura 32 - O caminho do material particulado



Fonte: adaptado de INFOAMAZONIA (2020)

Segundo um estudo sobre estimacão de efeitos agudos da poluição atmosférica por queimadas na saúde humana, os sintomas clínicos mais frequentes são: redução da

função pulmonar, incluindo tosse e sibilo, febre, dispneia, dor no peito, irritação na garganta, olhos e nariz, bronquite, agravamento de asma e outras doenças pulmonares, além da exacerbação de doenças cardiovasculares, como insuficiência cardíaca (IPAM; IPES; HRW, 2020). As hospitalizações por asma e por doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) também foram associadas a pacientes expostos à fumaça de queimadas (CARMO; HACON, 2013).

A seguir, a Figura 33 apresenta os sintomas da exposição aguda à fumaça das queimadas, enquanto a Figura 34 exhibe a distribuição típica dos impactos na saúde causados por ela.

Figura 33 - Alguns sintomas da exposição aguda a fumaça das queimadas

- Irritação e ardência nos olhos, nariz e garganta
- Dores de cabeça
- Rouquidão
- Lacrimejamento
- Tosse seca
- Cansaço
- Dermatites
- Ansiedade
- Dificuldade de respirar



Fonte: Ministério da Saúde (2020)

Para o Ministério da Saúde,

Os desfechos encontrados da exposição humana aos eventos de queimadas e incêndios florestais são as doenças respiratórias, cardiovasculares e neurológicas, principalmente nos grupos mais susceptíveis, que são as crianças e os idosos. Podem ainda ser observados impactos relacionados a fatores como alimentação, moradia e qualidade de vida de forma geral (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020, p.6).

Figura 34 - Efeitos da fumaça da queima de biomassa na saúde



Fonte: IEPS; IPAM; HRW (2020)

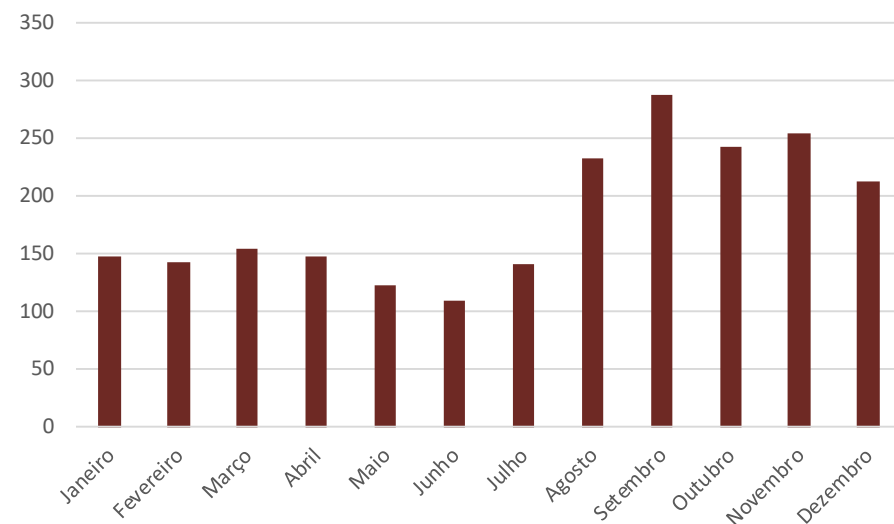
Nesse sentido, entende-se que, além de crianças e idosos, são consideradas mais vulneráveis pessoas com doenças respiratórias ou cardíacas preexistentes, como por exemplo: rinite, asma, bronquite e doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC). Caso a exposição seja permanente ou crônica, existe ainda o risco de desenvolver de câncer e doenças cerebrovasculares (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020).

Em um estudo realizado pelo o Instituto de Estudos para Políticas de Saúde (IEPS), em parceria com o Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM) e a Human Rights Watch, tais informações já haviam sido levantadas através da avaliação do impacto que as queimadas associadas ao desmatamento na Amazônia brasileira tiveram sobre a saúde em 2019. A exposição

à poluição do ar em longo prazo está associada a doenças crônicas e morte prematura, numa estimativa mundial de até 435.000 mortes prematuras a cada ano (JACOBSON, 2014).

Também foi estimado que, em 2019, houve 2.195 internações por doenças respiratórias atribuíveis a queimadas na Amazônia (IEPS; IPAM; HRW, 2020), como demonstra o Gráfico 2, abaixo. 70% das internações envolveram bebês ou pessoas idosas. Vale lembrar que mesmo após o período de queimadas (entre julho e outubro) as internações continuaram altas. Supõe-se que os poluentes resultantes da queima permaneceram no ar, bem como nos pulmões e na corrente sanguínea de pessoas que já haviam inalado a fumaça.

Gráfico 2 - Internações devido a doenças respiratórias atribuíveis às queimadas associadas ao desmatamento no bioma Amazônia no Brasil em 2019



Fonte: IEPS; IPAM; HRW (2020)

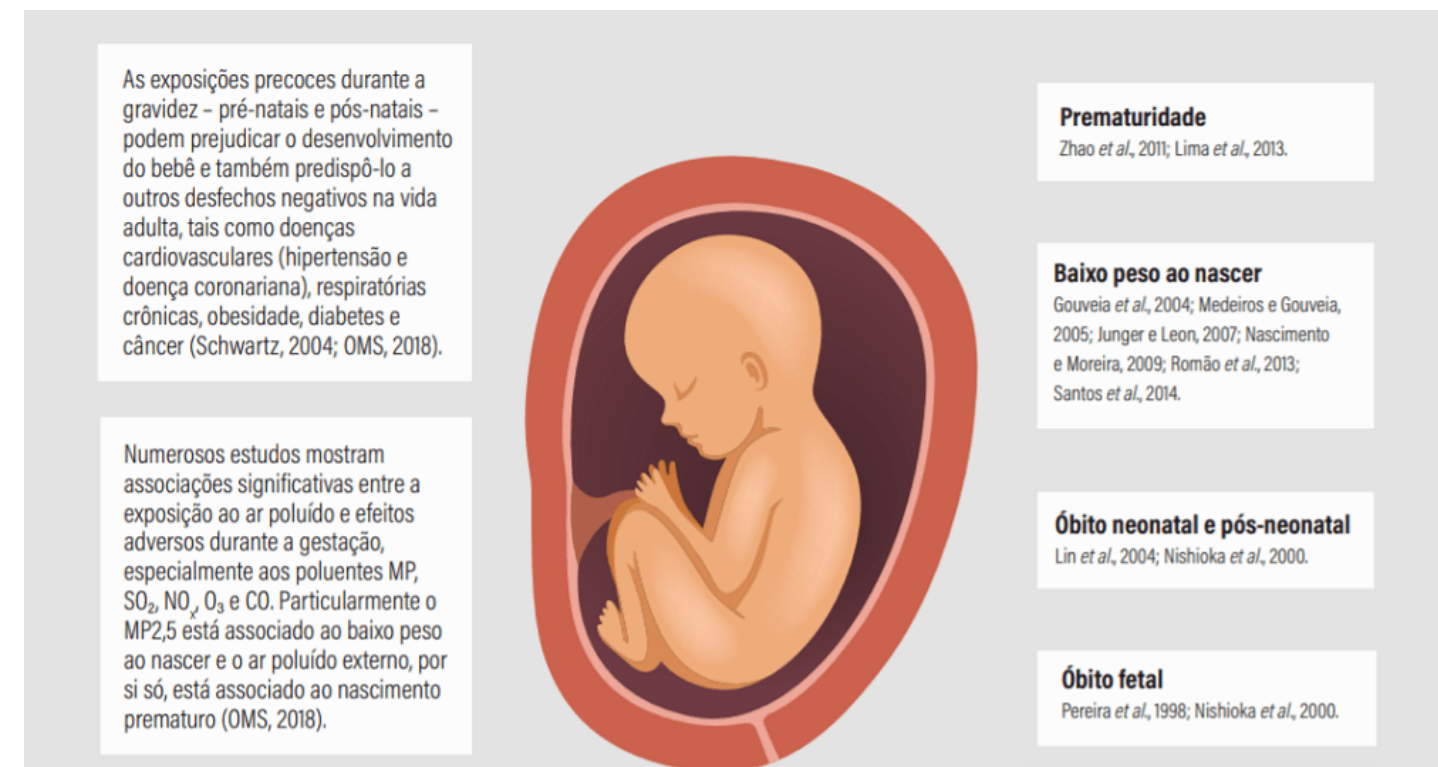
Entretanto, salienta-se que muitas vezes pessoas afetadas pela fumaça não são internadas e por isso as internações representam apenas uma pequena parcela dos impactos à saúde associados às queimadas.

Segundo Silva (2010), a alta exposição aos componentes originados das queimadas, principalmente o monóxido de

carbono e o material particulado, acabam por influenciar no desenvolvimento dos fetos durante a gestação, provocando uma restrição no seu crescimento (Figura 35).

A poluição pode afetar de forma direta ou indireta a saúde do feto, como por exemplo, a inalação materna de PAHs (presente nos PM 2,5) pode levar a um desequilíbrio da regulação endócrina e consequente retardo do crescimento fetal intrauterino, assim como alteração na viscosidade sanguínea, alterando a normalidade da função da placenta (ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, 2005; SILVA, 2010). A carboxihemoglobina, resultado da ligação do monóxido de carbono à hemoglobina materna e/ou fetal, deixa de transportar oxigênio e leva à hipóxia celular crônica, responsável pelo retardo do crescimento fetal e também ao baixo peso ao nascer (SILVA, 2010).

Figura 35 - Efeitos da poluição do ar na saúde do feto
Fonte: de Simoni et.al. (2021)



O Efeito covid-19

Como já se sabe atualmente, o novo coronavírus (Sars-CoV-2) é caracterizado por afetar o trato respiratório, causando síndromes respiratórias graves (LANA et al., 2020). Dessa maneira, pacientes diagnosticados com covid-19 apresentam sintomas semelhantes àqueles associados a queimadas e incêndios. Segundo o Ministério da Saúde,

Considerando que o novo coronavírus também afeta o trato respiratório, assim como a exposição aos poluentes derivados de queimadas e incêndios florestais, a literatura recente tem mostrado que pode haver correlação entre o aumento da poluição do ar e o aumento do número de adoecimentos e mortes pela covid-19 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020).

Além disso, os sintomas comuns observados nas pessoas afetadas pela fumaça durante a temporada de queimadas (tosse, espirros e coriza) aumentam o risco de propagação do vírus pelas pessoas que tenham contraído a covid-19 (IEPS; IPAM; HRW, 2020).

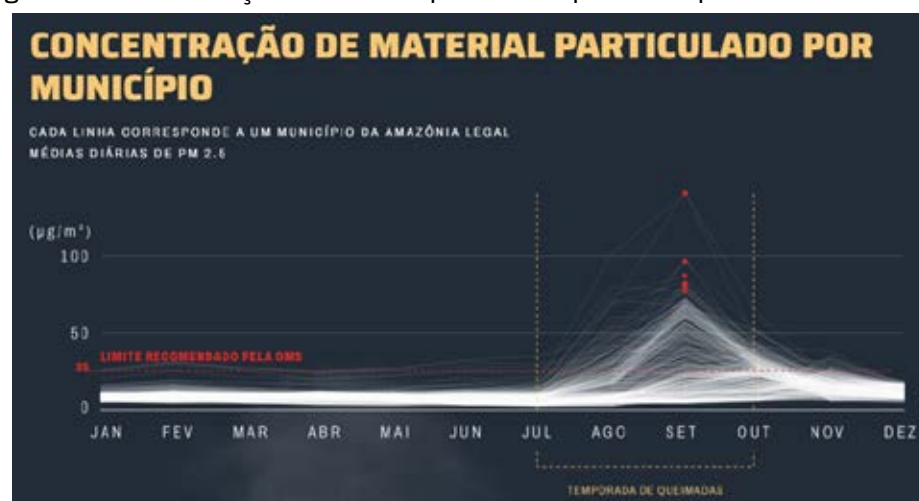
O professor do Instituto de Saúde Coletiva da Universidade Federal de Mato Grosso (ISC-UFMT), Ageo Mário Cândido da Silva, em reportagem para a Agência Pública, já previa que com o início da pandemia, a sobreposição do novo coronavírus e das queimadas seria desastrosa. Segundo ele, o aumento do número de internações por doenças respiratórias durante o período de queimadas está diretamente relacionado: “podemos supor que esse efeito pode ter sido de interação da gravidade da covid e da gravidade das partículas presentes no ar, então supomos, sim, esse agravamento dos quadros de covid-19” (DOLCE, 2021).

Em 2020, as queimadas na região da Amazônia e do Pantanal atingiram níveis recordes. Segundo dados do INPE, o número de focos ativos na Amazônia foi de 39.177, 160% maior do que no ano anterior, enquanto no Pantanal foi de 5.935, com 300% de aumento. Esse aumento dos focos de incêndio durante a pandemia acarretou em um agravamento dos quadros de covid-19 nessas regiões. Para alertar sobre essa combinação perigosa de queimadas e infecções pelo novo coronavírus, a Fiocruz emitiu uma nota ressaltando o risco de 30% no aumento de internações devido a doenças respiratórias dos moradores de áreas próximas às queimadas em relação a moradores de outras áreas. Isto é, a população de regiões com maiores índices de Q&IF estão mais propícias a sofrer com o agravamento da covid-19, assim como também podem acarretar efeitos crônicos e perversos em sua saúde (FIOCRUZ; ICICT, 2020).

Ao analisar a concentração de material particulado nos municípios da Amazônia legal durante o ano mencionado (Figura 36), foi concluído que:

A cada dia em que os finíssimos grãos de material particulado ficaram em suspensão na atmosfera acima do patamar considerado seguro pela OMS (Organização Mundial de Saúde), o risco de uma pessoa contaminada pelo novo coronavírus ser internada subia 2%. A fumaça das queimadas esteve relacionada a um aumento de 18% nos casos graves de covid (aqueles em que houve internações hospitalares) e de 24% em internações por síndromes respiratórias nos 5 estados com mais fogo da Amazônia durante as queimadas de 2020 (INFOAMAZONIA, 2020).

Figura 36 - Concentração de material particulado por município da Amazônia legal



Fonte: adaptado de INFOAMAZONIA (2020).

Assim sendo, a poluição do ar causada pelas queimadas pode levar a sintomas mais graves ou ao aumento de morte entre os pacientes infectados pelo novo coronavírus. Segundo o Dr. Aaron Bernstein, diretor interino do Centro para Clima, Saúde e Meio Ambiente Global da Escola de Saúde Pública T.H. Chan da Universidade Harvard, “há evidências de que, mesmo em curto prazo, a exposição à má qualidade do ar (como a causada pela fumaça das queimadas) pode nos tornar vulneráveis a infecções respiratórias.” Além disso, as pessoas mais afetadas pela fumaça das Q&IF — população idosa e pessoas com doenças cardíacas e pulmonares preexistentes — fazem parte do grupo de risco da covid-19, tornando urgentes os esforços para reduzir as queimadas (IEPS; IPAM; HRW, 2020).

4.1.2 Danos econômicos e sociais

As queimadas e incêndios florestais iniciam uma cadeia de consequências negativas, cujas inter-relações afetam a população nos âmbitos econômico e social. Alguns estudos já estimaram os impactos socioeconômicos dos

incêndios florestais, associando-os às perdas ambientais e aos danos à saúde humana. Entretanto, existem poucos dados atuais sobre tais impactos no Brasil, que foram obtidos a partir de diferentes abordagens, considerando diferentes regiões. Portanto, a defasagem de dados limita e dificulta uma análise completa dos custos econômicos e sociais causados pelas Q&IF, mas serve como ponto de partida. Visto isso, este item irá colher dados de três estudos sobre o tema, a fim de que seja possível fazer uma breve análise temporal sobre os danos monetários causados pelas queimadas e incêndios florestais.

Como dito no item anterior, as Q&IF geram um aumento de atendimentos hospitalares, o que acarreta em gastos gerais na saúde. De acordo com o estudo sobre os custos econômicos das Q&IF na Amazônia, realizado pelo IPAM (Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia), em parceria com o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea) e o Woods Hole Research Center (WHRC), foram registradas de 4.000 a 13.000 internações por doenças respiratórias associadas a Q&IF no período de 1996 a 1999, gerando um custo médio de US\$ 1,8 milhões por ano. Este valor representa o gasto médio incorrido com tratamento de saúde por doenças respiratórias que seria evitado pelo SUS, caso não ocorressem queimadas. A estimativa dos gastos para cada ano do período analisado pode ser observada no Quadro 2. Ao final do estudo, concluiu-se que o gasto médio anual de internação por indivíduo, isto é, a razão entre o gasto total evitado e o número de internações, variou de US\$ 173 a US\$ 196 (IPAM; IPEA; WHRC, 2002).

Em outro estudo mais recente, publicado pela revista Remote Sensing, foi estimada a perda econômica gerada por queimadas e incêndios florestais no estado do Acre (sudoeste da Amazônia) para os anos de 2008

a 2012. Para tal, foram utilizados os registros de casos de hospitalização causados por doenças respiratórias e o custo total de tratamentos, fornecidos pelo Sistema Único de Saúde (SUS), considerando os número de casos de internação e o custo econômico total de acordo com o local de residência, filtrado por doenças do aparelho respiratório (CAMPANHARO et.al., 2019). Os resultados também podem ser vistos a seguir, no Quadro 2.

Quadro 2 - Dados coletados sobre os danos econômicos associados à saúde humana

Danos econômicos à saúde humana							
Área de estudo	Abordagem	Base de dados	Período	US\$ Milhões		Fonte	
				Custo	Média/Ano	Autores	Ano de Publicação
Amazônia	Foram quantificados os casos de doenças respiratórias associadas à fumaça utilizando modelos econométricos e atribuindo valores monetários a partir do gasto governamental por internação hospitalar	"DATASUS INPE WHRC IBGE Seroa da Motta, Ortiz & Freitas"	1996	0,8	1,8	Diaz; Nepstad; Mendonça; Motta; Alencar; Gomes; Ortiz.	2002
			1997	1,2			
			1998	2,5			
			1999	2,6			
Acre	Foram utilizados os registros de casos de hospitalização causados por doenças respiratórias e o custo total de tratamentos, fornecidos pelo SUS, considerando o número de casos de internação e o custo econômico total.	DATASUS Mendonça et al.	2008	0.49	0,57	Campanharo; Lopes; Anderson; Silva; Aragão.	2019
			2009	0.47			
			2010	0.57			
			2011	0.65			
			2012	0.67			

Fonte: próprio autor

Como visto até então, as emissões de gases de efeito estufa (GEEs) provenientes das Q&IF não só afetam a saúde da população como contribuem para o aquecimento do planeta. Nesse sentido, também geram grandes custos econômicos, especialmente no que se refere à liberação do carbono na atmosfera (IPAM; IPEA; WHRC, 2002). Dessa maneira, foi estimado o valor econômico do CO₂ liberado durante os incêndios florestais da Amazônia com base na área florestal atingida pelo fogo accidental em anos com e sem El Niño. Concluiu-se

que no ano de 1998, com o efeito El Niño, as emissões de CO₂ oriundas dos incêndios florestais geraram perdas de US\$ 126 a 9.446 milhões. Já sem a influência do El Niño, em 1995, os prejuízos variam de US\$ 10 a 572 milhões (Quadro 3).

Quadro 3 - Dados coletados sobre os danos econômicos associados às emissões de CO2

Danos econômicos à saúde humana							
Área de estudo	Abordagem	Base de dados	Período	Custo (US\$ Milhões)		Fonte	
				Mínimo	Máximo	Autores	Ano de Publicação
Amazônia	Foi estimado utilizando preços mínimos e máximos encontrados na literatura, isto é, US\$ 3,5 e US\$ 20t/C. Desta maneira, estabeleceu-se um intervalo de custo que reflete a variabilidade do preço do CO2 devido ao grau de incerteza no mercado e nas negociações mundiais.	Houghton et al.	1995 (s/ El Niño)	10	572	Diaz; Nepstad; Mendonça; Motta; Alencar; Gomes; Ortiz.	2002
			1998 (c/ El Niño)	126	9.446		
Acre	Multiplicou-se as emissões totais de CO2 pelos preços de mercado e taxas de câmbio.	Carbon Emission Future BCB	2008	20.49		Campanharo; Lopes; Anderson; Silva; Aragão.	2019
			2009	3.10			
			2010	176.77			
			2011	14.52			
			2012	3.11			

Fonte: próprio autor

Em relação ao estudo do estado do Acre, durante o período de 2008 a 2012, os valores de emissão de carbono foram contabilizados usando os preços de mercado do carbono disponíveis no sistema Carbon Emission Future, convertidos em dólares americanos e empregando as taxas de câmbio disponíveis no sistema do Banco Central do Brasil. Nesse estudo, as emissões de carbono representaram a maior parcela de custo em relação aos custos econômicos totais das Q&IF (CAMPANHARO et.al., 2019). Os resultados também são apresentados no Quadro 3, acima.

Da mesma maneira, também foram calculados os prejuízos econômicos gerados pelas perdas florestais, considerando o preço das árvores com valor de mercado que foram destruídas pelo fogo. Nessa análise, foram associados os valores monetários com a perda de madeira comercializável, definindo o valor em tora de árvores adultas como aproximadamente US \$5/hectare. Assim, a área total atingida pelo incêndio florestal (anos com El Niño e anos sem El Niño) foi multiplicada pela perda por hectare (US \$5/ha). Os resultados são apresentados no Quadro 4, no qual é possível notar que em 1998, ano caracterizado pela seca causada pelo El Niño, o prejuízo monetário ultrapassou os US \$13 milhões. Já em 1995, sem a influência do El Niño, as perdas foram de, aproximadamente, um milhão de dólares (IPAM; IPEA; WHRC, 2002).

No estudo sobre o Acre, foi estimado o custo de recuperação de terras para agricultura e para pastagem. Para isso, foi definido um valor monetário para cada hectare de terra, sendo US \$813,62/ha para agricultura e US \$883,27/ha para pastagem. Os resultados se encontram abaixo, no Quadro 4 (CAMPANHARO et.al., 2019).

Em outro estudo sobre os impactos econômicos gerados pelo fogo, publicado em 2018, foram levados em consideração os investimentos feitos em práticas de manejo de incêndios florestais, assim como as perdas econômicas evitadas pela mitigação dos mesmos. Nessa análise foram estimadas as perdas econômicas na produção sustentável de madeira na Amazônia Brasileira para o período entre 2012 e 2041. O modelo estima as perdas efetivas (perdas simuladas em áreas queimadas que eventualmente acabariam sendo registradas) e perdas potenciais, como se todas as áreas queimadas

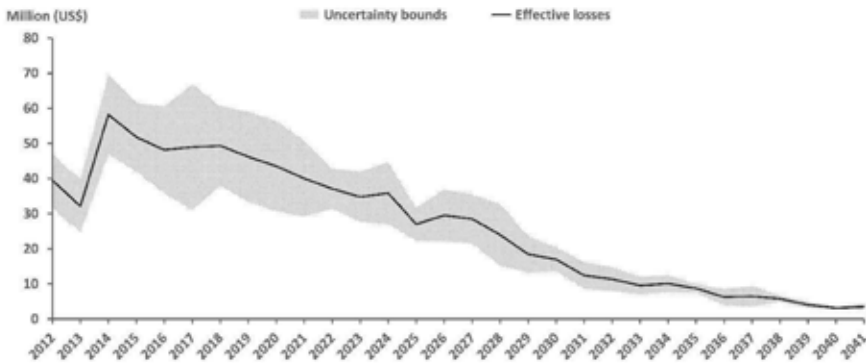
fossem registradas em um futuro próximo (OLIVEIRA, 2018). Os resultados podem ser vistos a seguir, no Quadro 4 e no Gráfico 3.

Quadro 4 - Dados coletados sobre os danos econômicos associados a perdas de áreas de floresta, agricultura e pastagem

Dados econômicos associados a perda de áreas de floresta, agricultura e pastagem						
Área de estudo	Abordagem	Base de dados	Período	Custo (US\$ Milhões)	Fonte	
					Autores	Ano de Publicação
Amazônia	Considerou-se o preço das arvores com valor de mercado que foram destruidas pelo fogo, associando os valores monetários com a pedra de madeira comercializável.	Holdsworth	1995 (s/ El Niño)	1	Diaz; Nepstad; Mendonça; Motta; Alencar; Gomes; Ortiz.	2002
			1998 (c/ El Niño)	13		
	Foi desenvolvido o modelo espacialmente explicito EcoFire, que processa e combina dados sobre a ocorrência e intensidade de incêndios florestais, dados sobre a variação do impacto sobre diferentes espécies de árvores e dados econômicos sobre a produção de madeira na Amazônia	CONAMA Silvestrini et al. Soare-Filho et al. Merry et al.	2012-2041	29+-4	Oliveira	2018
Acre	Definiu-se um valor monetário para cada hectare de terra, sendo US\$ 813,62/ha para agricultura e US\$ 883,27/ha para pastagem. Com a área queimada os custos foram estimados.	Mendonça et al. Townsend IPAM PRODES	2008	3.7	Campanharo; Lopes; Anderson; Silva; Aragão.	2019
			2009	0.63		
			2010	23.63		
			2011	3.05		
			2012	1.67		

Fonte: próprio autor

Gráfico 3 - Perdas econômicas anuais por fogo para a produção sustentável de madeira e limites de incerteza



Fonte: Oliveira (2018)

Essa última análise revela maiores perdas econômicas do que o sugerido por IPAM, IPEA e WHRC (2002), que estimaram a perda total anual de produção de madeira de US \$1 até 13 milhões, enquanto o outro estudo indica uma perda média anual de US \$ 29 ffl 4 milhões. Pode-se dizer que a principal diferença entre essas estimativas se deve ao uso de dados, fontes e metodologias divergentes (OLIVEIRA, 2018).

Atrelada às perdas florestais, outra área afetada pelas Q&IF é a de produção agropecuária, que sofre danos através da queima accidental de áreas de pastagens e lavouras. Tais danos podem acarretar na redução da capacidade de pastejo, visto que destroem casas, cercas e equipamentos. Dessa maneira, foram calculados os custos gerados pela destruição de cercas (IPAM; IPEA; WHRC, 2002), como é apresentado no Quadro 5.

Devido à falta de dados, no estudo sobre o estado do Acre também foram considerados custos de infraestrutura aqueles relacionados à destruição de cercas. Essa informação foi obtida junto ao Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT), que fornece os custos de referência para reparar e reconstruir diferentes tipos de cercas. Os resultados se encontram abaixo, no Quadro 5.

Quadro 5 - Dados coletados sobre danos econômicos associados à destruição de cercas

Danos econômicos à saúde humana							
Área de estudo	Abordagem	Base de dados	Período	Custo (US\$ Milhões)		Fonte	
				Mínimo	Máximo	Autores	Ano de Publicação
Amazônia	Análise econométrica assumindo que as áreas de pastagem e cercas afetadas pelo fogo acidenta variam em função da área total queimada. Definiu-se o custo da cerca perdida como US\$ 1.400/km. O custo da danificação parcial da cerca pela destruição do areme foi estimado em US\$ 300/km	INPE WHRC IPAM	1996	4,9	24,3	Diaz; Nepstad; Mendonça; Motta; Alencar; Gomes; Ortiz.	2002
			1997	7,8	38,3		
			1998	14,7	72,4		
			1999	14,0	69,6		
Acre	Considerou-se os limites da propriedade da terra sobre a pastagem queimada e áreas agrícolas e calculou-se os custos de reconstrução e reparo a partir de preços estabelecidos por ano.	DNIT Mendonça et al IPAM	2008	2,79		Campanharo; Lopes; Anderson; Silva; Aragão.	2019
			2009	0,55			
			2010	29,27			
			2011	2,14			
			2012	1,32			

Fonte: próprio autor

No estudo realizado por Oliveira (2018), foi feita uma análise do custo-benefício das práticas de manejo do fogo na Amazônia brasileira e no Cerrado, com foco específico nos benefícios de prevenção e nas diferenças entre ações públicas e privadas de manejo do fogo. Os resultados mostraram que o custo do manejo do fogo em Unidades de Conservação públicas é de em média US \$2,13 ha/ano na Amazônia e US \$5,3 ha/ano no Cerrado. Entretanto, a autora destaca que esses investimentos evitam perdas econômicas que podem chegar a US \$27,5 ha/ano em áreas de floresta densa. Em relação a áreas de terras privadas, o investimento de US \$11,2 ha/ano no manejo do fogo pode evitar potenciais perdas de US \$76 ha/ano, podendo gerar benefícios até 25 vezes maiores em áreas lucrativas de produção agrícola. Por fim, concluiu-

se que no Cerrado os benefícios públicos das práticas de gestão ocorrem “apenas quando o combustível (o volume de biomassa disponível para queima) é gerido de forma adequada.” Já na Amazônia, “somente quando há ação conjunta entre práticas de supressão, políticas e programas de incentivo à prevenção de incêndios.” (OLIVEIRA, 2018)

Sendo assim, as queimadas e incêndios florestais geram custos significativos sobre a economia brasileira. Da mesma maneira, diversos estudos internacionais também estimaram grandes danos monetários associados às Q&IF em seus países, chamando atenção para os impactos sobre a economia local. Em um deles, foi estimado que no Chile mais de 1.600 casas foram perdidas para incêndios em 2017. Mais de 2.500 casas foram destruídas no Canadá em 2016 e as estimativas de custos diretos e indiretos alcançaram mais de \$7,5 bilhões de dólares. Na última década, os custos anuais de supressão de incêndios florestais em terras federais dos EUA ultrapassaram \$1,7 bilhões de dólares e \$1 bilhão de dólares no Canadá com impactos coincidentes sobre pessoas, recursos e orçamentos. Dessa maneira é possível perceber que a problemática sobre as Q&IF atinge não só o Brasil como diversos países do mundo. Vale ressaltar, ainda, que os impactos adversos podem perdurar durante muitos anos afetando diversas esferas da economia e trazendo consequências em escala global, como: perda de receitas do turismo, fechamento de pequenos negócios e aumento do desemprego, entre outros (ROBINNE et al., 2018).

Ao final deste item, manifesta-se a urgente necessidade de utilizar os recursos financeiros de uma forma planejada, direcionando-os estrategicamente para uma gestão do fogo mais eficiente. Apesar das altas perdas econômicas geradas pelas Q&IF, os investimentos

realizados na mitigação do fogo ainda são baixos. De acordo com Oliveira (2018), “mesmo que a mitigação seja pouco adotada, os benefícios das práticas de manejo, quando são efetivas na redução do fogo evitam perdas econômicas, que são substancialmente maiores que os custos da mitigação.” Portanto, é essencial que os gestores públicos criem novos programas e articulem planos de ação voltados para redução dos incêndios e dos gastos gerados pelos mesmos.

4.2 Na Natureza

O fogo é responsável por alterar a paisagem, causando inúmeros prejuízos ambientais, afetando o meio físico de diversas maneiras, provocando alterações no ar, solo e água, assim comprometendo toda a biodiversidade do meio.

4.2.1 Danos sobre a flora

Os danos originados pelas Q&IF são rapidamente notáveis, já que o fogo causa uma relevante modificação na estrutura e composição vegetal. O tipo de dano causado à flora depende da intensidade e duração dos incêndios, das características de resistência e idade do vegetal. Normalmente, as árvores de médio a grande porte são mais resistentes ao fogo. Já as árvores de porte pequeno, mais jovens, mudas e plantas menores, são mais sensíveis e acabam sofrendo danos letais (SCHUMACHER; DICK, 2018).

O fogo é responsável por causar grande destruição nas vegetações, o que acaba ocasionando uma alteração do microclima local. A passagem do fogo também forma áreas chamadas de clareiras, nas quais existe pouquíssima ou nenhuma vegetação, já que essas foram destruídas pelo fogo. As clareiras propiciam o aparecimento de

espécies vegetais que dependem da luz do sol para se desenvolver, iniciando assim uma nova sucessão vegetal (GUIMARÃES et al., 2014). Sendo assim, proporcionam uma drástica modificação no tipo de vegetação e na paisagem, já que algumas espécies nativas foram eliminadas, dando espaço para o aparecimento de outras que não estavam presentes no local antes da passagem do fogo (SCHUMACHER; DICK, 2018).

Ainda segundo Schumacher e Dick (2018), os incêndios de copa são os que acarretam maiores danos à vegetação, visto que eles já são advindos de incêndios superficiais que ganham grandes proporções, ocorrendo em condições climáticas desfavoráveis, como também em áreas com grande concentração de combustíveis, ou seja, quando a copa das árvores está em chamas o incêndio é bem intenso. Devido a essa intensidade, árvores adultas e até mesmo as resistentes ao fogo podem ser destruídas. Porém, quando algumas árvores resistem, ficam extremamente debilitadas, favorecendo assim o aparecimento de insetos e pragas que as atacam, causando grande destruição. A vegetação destruída afugenta e/ou elimina muitos animais silvestres. Além de liberar para a atmosfera muitos compostos químicos da biomassa florestal, interromper o fluxo de água via evapotranspiração, torna exposta a superfície do solo, fazendo com que ela possa sofrer com a ação das chuvas e ventos (NEPSTAD; MOREIRA; ALENCAR, 1999). Também, quando o fogo destrói a vegetação, destrói junto todas as formas de vida e os micronutrientes do solo, diminuindo a capacidade de produção, sobretudo a perda da biodiversidade (GOMES; DOS SANTOS, 2010).

A vegetação florestal, dentre muitos benefícios, atua como reguladora do regime hidrológico e constitui caráter protetor de grande importância, desempenhando como

função básica a proteção do solo contra invasão de dunas, erosões e deslizamentos. Tal capacidade protetora é prejudicada quando a flora é destruída ou danificada (SCHUMACHER; DICK, 2018).

4.2.2 Danos sobre o solo

A passagem do fogo provoca no solo uma série de alterações de natureza química e física, podendo ser pontuais ou definitivas, capazes de provocar mudanças na temperatura da superfície do solo, na taxa de umidade e no teor de água e nutrientes disponíveis para as plantas (REDIN et al., 2011).

As propriedades químicas e a disponibilidade de nutrientes são extremamente afetadas pelas elevadas temperaturas durante e após a passagem do fogo. Entre as propriedades mais afetadas estão: a capacidade de troca de cátions, cátions divalentes, potássio, nitrogênio, enxofre, matéria orgânica e pH; além do aumento do teor de acidez do solo, consequência das cinzas que reduzem o alumínio e os ácidos orgânicos, fazendo com que a superfície também acabe tendo um aumento da saturação de bases (COSTA; RODRIGUES, 2015).

Logo após a queima da vegetação, verifica-se também o aumento no teor de Magnésio (Mg), Cálcio (Ca), Fósforo (P), Nitrogênio (N) e Potássio (K) mineralizados, advindos esses das cinzas, o que resulta em um enriquecimento momentâneo da camada superficial do solo e consequentemente o modo com o qual as plantas absorvem apenas substâncias mineralizadas, resultando em um crescimento acelerado. No entanto, a ação das chuvas faz com que esses nutrientes desapareçam em médio prazo, tendo uma grande redução da concentração de nutrientes dos solos, até mesmo inferiores à

concentração de nutrientes em solos que nunca foram queimados. Sendo assim, a cobertura vegetal que cresce rapidamente após o incêndio acaba sendo eliminada por falta de nutrientes (REDIN et al., 2011).

A destruição da vegetação pelos incêndios florestais acaba deixando o solo sem proteção e exposto a atuação dos processos morfogenéticos (LOURENÇO; CUNHA LOPEZ, 2004), provocando enormes modificações, principalmente nas características físicas, no que se refere à porosidade e permeabilidade. Os solos argilosos endurecem, tornando mais difícil a penetração da água, que conseqüentemente escorre sobre a superfície como uma enxurrada, causando degradação de um recurso tão valioso como o solo. Os solos arenosos acabam ficando extremamente frágeis e são facilmente carregados tanto pelo vento quanto pelas chuvas, já que perdem a capacidade de reter água (SCHUMACHER; DICK, 2018)

Portanto, a defesa natural do solo é a cobertura vegetal, que o protege contra a erosão. Sem ela, o impacto das gotas de chuva no solo ganham importância, causando o efeito chamado splash (Figura 37), que contribui com a desagregação do solo, aumentando a probabilidade de erosão (LOURENÇO; CUNHA LOPEZ, 2004).

O efeito splash pode acarretar um processo de erosão hídrica, cuja característica é a desagregação e transporte do solo, e em seguida a deposição de partículas minerais e outros componentes aderidos a essas partículas. Componentes como a biota do solo, sementes, matéria orgânica, defensivos e fertilizantes agrícolas, entre uma infinidade de outros componentes (VERDUM; VIEIRA; CANEPPELE, 2016).

Figura 37 - Efeito splash provocando o início do processo erosivo



Fonte: Oliveira (2018)

Quanto maior a duração e intensidade das chuvas, maior será a probabilidade do solo saturar rapidamente, atingindo sua capacidade máxima de infiltração de água no solo. Dessa forma, origina escoamentos superficiais, com características de fluxo de água distintas (VERDUM; VIEIRA; CANEPPELE, 2016), causando enxurradas e esculpindo o solo de várias formas por onde passa, provocando outros tipos de erosão, como a erosão laminar, sulcos, ravinas e até mesmo voçorocas como é apresentado abaixo, no Quadro 6 (CALDEIRA; FILHO; PINTO, 2020).

Quadro 6 - Tipos de erosões

Tipos de erosão	Descrição
Erosão Laminar	A água esco pela superfície sem fixação de leitos, removendo gradualmente toda superfície do campo de maneira mais ou menos uniforme. Um processo gradual e de difícil percepção.
Erosão Sulcos	Caracterizam-se como pequenas incisões em forma de filetes muito rasos e ocorrem nas linhas de maior concentração das águas do escoamento superficial.
Erosão Ravinas	Normalmente de forma alongada, tendo como critério apresentar no mínimo 30cm de profundidade.
Erosão Voçorocas	Incisões mais complexas em que há atuação do escoamento superficial e subsuperficial pelo afloramento/atingimento do lençol freático.

Fonte: adaptado de Xavier (2020) 4.2.3 Danos sobre a atmosfera

4.2.3 Danos sobre a atmosfera

Os danos causados pelo fogo na atmosfera são consequências das emissões de poluentes em forma de fuligem (partículas) e gases, advindos diretamente das fases do processo de combustão, resultando em diferentes compostos químicos a serem lançados na atmosfera de acordo com o tipo de combustão, podendo ela ser completa ou incompleta (AMARAL, 2017).

A combustão completa do material vegetal ocasiona a liberação de calor, água em forma de vapor e dióxido de carbono. Porém, quando ocorre a queima desse material em grandes proporções, como acontece nos incêndios florestais, verifica-se que além da liberação desses, são lançados na atmosfera uma variedade de outros elementos, como hidrocarbonetos, monóxido de carbono, óxido de nitrogênio (SCHUMACHER; DICK, 2018) e também o dióxido de enxofre, componente presente nos vegetais. Mesmo em quantidades muito pequenas, o dióxido de enxofre também é lançado na atmosfera quando ocorre a queima do material vegetal. Além da emissão dos elementos abordados, ocorrem reações fotoquímicas entre eles e uma variedade de outros já presentes na atmosfera, capazes de originar compostos ainda mais tóxicos que os anteriores — como, por exemplo: os aldeídos, ozônio e peroxiacilnitrato (RIBEIRO; ASSUNÇÃO, 2002).

A combustão incompleta do material vegetal ocorre devido a alguns fatores, como a baixa concentração de oxigênio, baixa temperatura de combustão, combinação de ar e combustível (material vegetal) insuficiente, e/ou tempo curto da queima. Através da combustão incompleta são emitidos para atmosfera compostos orgânicos voláteis, material particulado, monóxido

de carbono, hidrocarbonetos e também pequenas quantidades de amônia (AMARAL, 2017).

Os principais compostos lançados na atmosfera em grandes quantidades são o dióxido de carbono e o monóxido de carbono. Quando há a combustão completa, o carbono presente no combustível se une ao oxigênio do ar em uma proporção de dois átomos de oxigênio para um átomo de carbono, formando o CO_2 , conhecido como gás carbônico. Já na combustão incompleta, por acontecer em locais com baixas concentrações de oxigênio, o átomo de carbono se une a apenas um átomo de oxigênio, formando assim o monóxido de carbono (CO), um gás que mesmo em baixa concentração é altamente tóxico, sendo que em determinadas proporções, quando misturado ao ar atmosférico, torna-se explosivo (CBMMT, [s.d.]).

Os gases abordados são responsáveis por contribuir com o efeito estufa, um fenômeno atmosférico natural de aquecimento do planeta Terra, fundamental para a existência de diversas formas de vida. No entanto, quando liberados em enormes quantidades acabam por provocar um superaquecimento da Terra, trazendo consequências desastrosas (MAUGER et al., 2009).

A queima de componentes vegetais, mesmo quando feita de maneira controlada, é responsável por originar grande quantidade de fumaça, resultando em diversos problemas de poluição do ar. Um exemplo é a baixa visibilidade atmosférica, causada por partículas e gases lançados na atmosfera que absorvem luz, interferindo na visibilidade, dificultando o reconhecimento com exatidão de determinados objetos, formas, texturas e cores (SCHUMACHER; DICK, 2018).

Os gases lançados na atmosfera sem nenhum controle

trazem muitos prejuízos ao meio ambiente e a todas suas formas de vida. Dentre os danos que eles causam estão: as mudanças climáticas, a formação de chuva ácida e a acidificação da floresta e seus rios, dificultando o desenvolvimento da vegetação e a vida dos animais (DA SILVA et al., 2016).

4.2.4 Danos sobre a fauna

As Q&IF são responsáveis por causar alterações que afetam o habitat dos animais, e que consequentemente acarretam mudanças na composição das comunidades faunísticas. Os danos causados no meio faunístico podem ocorrer de forma direta (imediate) ou indireta (a longo prazo). Todavia, as mudanças causadas a longo prazo afetam de maneira muito mais profunda as comunidades e populações faunísticas (PRIM et al., 2016).

Os danos causados de forma direta nos animais dependem da mobilidade desses e da existência de abrigos protegidos. Os danos diretos acontecem de forma imediata à passagem do fogo e se caracterizam pela morte, queimaduras e intoxicação devido a fumaça tóxica, sendo os ovos e animais mais jovens os mais atingidos. A mortalidade é o dano de forma direta/imediata mais significativo nas populações animais. No entanto, além da morte, o fogo pode ocasionar diversos ferimentos e obrigar animais a realizar movimentos que variam entre uma simples fuga das chamas, aos movimentos de migração de grande amplitude (SCHUMACHER; DICK, 2018).

Vale ressaltar que as diferentes populações animais não serão atingidas uniformemente, já que algumas espécies são menos susceptíveis aos danos diretos causados pela passagem do fogo, devido a sua característica comportamental e morfológica. Alguns

indivíduos invertebrados, por exemplo, para garantir sua sobrevivência se refugiam no subsolo e/ou entram em fase de pupa, permanecendo imóveis e sofrendo metamorfose para atingir a fase adulta. Assim também os pequenos vertebrados como roedores, anfíbios, lagartos e serpentes tentam se proteger em abrigos abaixo da superfície do solo (FRIZZO et al., 2011).

Segundo a médica veterinária Érika Procópio, quando os animais se deparam com o fogo, eles se desesperam e tentam procurar refúgio em tocas ou em árvores. No entanto, muitos deles não tem ao menos a chance de fugir, visto que se encontram cercados pelo fogo e consequentemente morrem carbonizados, como ilustra a Figura 40. Os poucos que conseguem fugir são encontrados bastante debilitados devido a graves queimaduras em grande parte do corpo, desidratação e intoxicação causada pela fumaça tóxica (LACERDA, 2020).

A passagem do fogo também afeta a fauna de forma indireta. Os danos causados indiretamente prejudicam ainda mais severamente as populações e comunidades faunísticas do que os danos diretos (SCHUMACHER; DICK, 2018), já que esses geram grandes modificações na dinâmica das comunidades, devido à destruição de seus habitats naturais, antes utilizados como abrigos para proteção, reprodução e/ou descanso, principalmente pelas alterações na disponibilidade e qualidade dos alimentos (FRIZZO et al., 2011). Dessa forma, obrigam algumas espécies a alterar sua estratégia de busca alimentar. Em casos ainda mais graves, essa situação ocasiona a morte do animal por inanição (KOPROSKI, 2005).

A resposta imediata dos animais silvestres ao fogo ainda carece de estudos e pode incluir mortalidade.

Os mamíferos maiores fogem do fogo, embora não necessariamente na velocidade necessária para escapar totalmente das chamas ou da fumaça. Quanto mais amplo for o incêndio, mais mortes são registradas. Por conseguinte, na fuga do fogo os animais acabam buscando áreas mais abertas como estradas e a consequência é o atropelamento.

Uma onça atropelada em uma estrada do estado do Rio de Janeiro que apresentava queimaduras causadas por incêndio florestal já foi registrada (Figura 38). O mesmo acontece com aves, que ao voarem em fuga acabam por colidir com veículos. Outro exemplo são as capivaras. Consumado o incêndio próximo à rodovia ocorre a rebrota da vegetação. Essa rebrota oferece alimento, favorecendo o aumento no número dos indivíduos, o que aumenta a probabilidade de se envolverem em acidentes com veículos.

Figura 38 - Onça atropelada
Fonte: imagem cedida pela prof. Drª Natalie Olifiers



Figura 39 - Tatus mortos pelas Q&IF
Fonte: imagem cedida pelo Inea (2021)

Referências bibliográficas

AGUILERA, R. et al. Wildfire smoke impacts respiratory health more than fine particles from other sources: observational evidence from Southern California. **Nature Communications**, v. 12, n. 1, p. 8, 2021.

ALVES, N. DE O. et al. Biomass burning in the Amazon region causes DNA damage and cell death in human lung cells. **Scientific Reports**, Nature. v. 7, n. 1, p. 13, dez. 2017.

AMARAL, S. S. Condições que potencializam a propagação de incêndios florestais e a emissão de poluentes gasosos para a atmosfera. 2017. 288 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica na Área de Energia, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2017.

BRIZZI, R. R.; SOUZA, A. P. DE; COSTA, A. J. S. T. DA. Relação entre a infiltração da água nos solos e a estabilidade dos agregados em sistemas de manejos diferentes na Bacia Hidrográfica do Rio São Romão – Nova Friburgo / RJ. **Caminhos de Geografia**, 22 out. 2018.

CALDEIRA, M. V. M; FILHO, A. M. A; PINTO, R. A. Erosão pluvial na Avenida Paraíba, setor São Paulo, zona urbana de Gurupi-TO. Revista Científica Semana Acadêmica. Fortaleza, ano MMXIX, Nº. 000189, 28/01/2020. Disponível em: <https://semanaacademica.org.br/artigo/erosao-pluvial-na-avenida-paraiba-setor-sao-paulo-zona-urbana-de-gurupi>. Acessado em: 29/11/2021.

CAMPANHARO, W. et al. Translating Fire Impacts in Southwestern Amazonia into Economic Costs. **Remote Sensing**, v. 11, n. 7, p. 24, 29 mar. 2019.

CARMO, C. N. DO; HACON, S. DE S. Estudos de séries temporais de poluição atmosférica por queimadas e saúde humana. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 18, n. 11, p. 3245–3258, nov. 2013.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Poluentes | Qualidade do Ar**. CetesbSP, 2021. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/ar/poluentes/>>. Acesso em: 28 nov. 2021.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR MATO GROSSO (CBMMT). **Prevenção e combate a incêndios florestais - Teoria básica do incêndio florestal**. Corpo de Bombeiros Militar do Mato Grosso, [s.d.]. Acesso em: 4 nov. 2021

COSTA, Y. T.; RODRIGUES, S. C. Efeito do fogo sobre vegetação e solo a partir de estudo experimental em ambiente de cerrado. **Geography Department University of Sao Paulo**, v. 30, p. 149, 15 dez. 2015.

DA SILVA, M. M. M. et al. **Efeitos do dióxido de Carbono na saúde e no meio ambiente**. V PESQUISAR. **Anais...** Aparecida de Goiânia, Goiás: 2016. Disponível em: <http://www.faculdadealfredonasser.edu.br/files/Pesquisar_5/21-11-2016-21.34.56.pdf>

DE SIMONI, W. et al. O Estado da Qualidade do Ar no Brasil. Working Paper. São Paulo, Brasil: WRI Brasil. 2021. Disponível online em <https://wribrasil.org.br/pt/publicacoes>

DIAS, G. F. **Queimadas e incêndios florestais: cenários e desafios: subsídios para a educação ambiental**. Brasília: MMA, Ibama, 2008.

DOLCE, J. **Sufocados pela fumaça, cercados pelo coronavírus. Agência Pública**, 27 jan. 2021. Disponível em: <<https://apublica.org/2021/01/sufocados-pela-fumaca-cercados-pelo-coronavirus/>>. Acesso em: 28 nov. 2021

EGGLESTON, H. S. et al. **2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories**. vol 1 ed. [s.l.] Institute for Global Environmental Strategies (IGES) for the IPCC, 2006.

FEARNSIDE, P. M.; BARBOSA, R. I.; PEREIRA, V. B. Emissões de gases do efeito estufa por desmatamento e incêndios florestais em Roraima: fontes e sumidouros. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 7, n. 1, p. 95, 3 maio 2013.

FIOCRUZ; ICICT. **Queimadas em meio à Covid-19 ameaçam atendimento na Amazônia e Pantanal**. Disponível em: <<https://portal.fiocruz.br/noticia/queimadas-em-meio-covid-19->

ameacam-atendimento-na-amazonia-e-pantanal>. Acesso em: 28 nov. 2021.

FREITAS, S. R. et al. Emissões de queimadas em ecossistemas da AméricadoSul. **EstudosAvançados**, v.19, n.53, p.167–185, abr.2005.

FRIZZO, T. L. M.; BONIZÁRIO, C.; BORGES, M. P.; VASCONCELOS, H. L. Uma revisão dos efeitos do fogo sobre a fauna de formações savânicas do Brasil. **Oecologia Australis**, [S.L.], v. 15, n. 02, p. 365-379, jun. 2011. *Oecologia Australis*. <http://dx.doi.org/10.4257/oeco.2011.1502.13>.

G1. **Fumaça da poluição é diferente da fumaça de queimadas; entenda**. Disponível em: <<https://g1.globo.com/bemestar/noticia/2019/09/07/fumaca-da-poluicao-e-diferente-da-fumaca-de-queimadas-entenda.ghml>>. Acesso em: 28 nov. 2021.

GOMES, W. B. DE S.; SANTOS, A. B. A. DOS. Prática e consequências das queimadas na cidade de Palmas - TO. jun. 2010.

GOUVEIA, N. et al. Poluição do ar e impactos na saúde na Região Metropolitana de Belo Horizonte – Minas Gerais, Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 24, p. 3773–3781, 26 set. 2019.

GUIMARÃES, P. et al. Análise dos impactos ambientais de um incêndio florestal. **Agrarian Academy**, v. 1, n. 1, p. 38–60, 2014.

HIRSCHLAG, A. **The long distance harm done by wildfires**. Disponível em: <<https://www.bbc.com/future/article/20200821-how-wildfire-pollution-may-be-harming-your-health>>. Acesso em: 28 nov. 2021.

INFOAMAZONIA. **Inimigos invisíveis**: fumaça das queimadas agrava Covid-19 na Amazônia. InfoAmazonia, 23 ago. 2021. Disponível em: <<https://infoamazonia.org/2021/08/23/inimigos-invisiveis-fumaca-das-queimadas-agrava-covid-19-na-amazonia/>>. Acesso em: 28 nov. 2021

IPAM; IEPS; HRW. **“O ar é insuportável”**. Os impactos das queimadas associadas ao desmatamento da Amazônia brasileira

na saúde. 2020. Disponível em: <https://www.hrw.org/sites/default/files/media_2020/08/brazil0820pt_web.pdf>. Acesso em: 1 dez. 2021.

IPAM; IPEA; WHRC. **O prejuízo oculto do fogo: Custos Econômicos das Queimadas e Incêndios Florestais na Amazônia**. Set. 2002. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://ipam.org.br/wp-content/uploads/2002/09/o_prejui%CC%81zo_oculto_do_fogo_custos_econo%CC%82mi.pdf>. Acesso em: 7 out. 2021.

JACOBSON, M. Z. Effects of biomass burning on climate, accounting for heat and moisture fluxes, black and brown carbon, and cloud absorption effects: Effects of biomass burning on climate. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 119, n. 14, p. 8980–9002, 27 jul. 2014.

KOPROSKI, L. P. O fogo e seus efeitos sobre a herpeto e a mastofauna terrestre no Parque Nacional de Ilha Grande (PR/MS), Brasil. 2005. 143 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

LACERDA, V. **IEF alerta para impactos dos incêndios florestais no meio ambiente e à saúde humana**. 2020. Disponível em: <http://www.ief.mg.gov.br/noticias/3134-ief-alerta-para-impactos-dos-incendios-florestais-no-meio-ambiente-e-a-saude-humana>. Acesso em: 5 ago. 2021

LANA, R. M. et al. Emergência do novo coronavírus (SARS-CoV-2) e o papel de uma vigilância nacional em saúde oportuna e efetiva. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 36, n. 3, p. e00019620, 2020.

LOURENÇO, L.; CUNHA LOPEZ, N. **Incêndios florestais, consequência e razão de ser de novas mudanças globais. Incêndios florestais, consequência e razão de ser de novas mudanças globais**, n. 9, p. 45–64, 2004.

MARTINS, M. C. **Fogo**: visões, possibilidades e limites do seu uso na agricultura, nas unidades de conservação e nas atividades

florestais. Doutorado—Viçosa, Minas Gerais: Universidade Federal de Viçosa, 2017.

MAUGER, J. S. et al. **Incêndios Florestais Causas, Consequências e Como Evitar**. Instituto Brasília Ambiental, 2009. Disponível em: <<https://www.ibram.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/02/Cartilha-Inc%C3%AAndios-Florestais-Causas-Consequ%C3%AAncias-e-Como-Evitar.pdf>>. Acesso em: 14 nov. 2021

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Queimadas e incêndios florestais: alerta de risco sanitário e recomendações para população**, 2020. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/queimadas_incendios_florestais_alerta_risco.pdf>

NEPSTAD, D. C., MOREIRA, A., E ALENCAR, A. 1999. Ed. revisada. **A Floresta em Chamas: Origens, Impactos e Prevenção de Fogo na Amazônia**. Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil, Brasília, Brasil.

OLIVEIRA, A. S. D. **Estimativas de perdas econômicas e custos de manejo de Incêndios Florestais no Cerrado e na Amazônia brasileira**. Doutorado—Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2018

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. Evaluación de los efectos de la contaminación del aire en la salud América Latina y el Caribe 2005.

PRIM, D. et al. Incêndios em Unidade de Conservação: crime ou casualidade? **Maiêutica - Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente**, v. 4, n. 1, 23 ago. 2016.

REDIN, M.; et al. Impactos da queima sobre atributos químicos, físicos e biológicos do solo. **Ciência Florestal**, [S.L.], v. 21, n. 2, p. 381-392, 30 jun. 2011. Universidade Federal de Santa Maria. <http://dx.doi.org/10.5902/198050983243>.

RIBEIRO, Helena; ASSUNÇÃO, João Vicente de. Efeitos das

queimadas na saúde humana. **Estudos Avançados**, [S.L.], v. 16, n. 44, p. 125-148, abr. 2002. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-40142002000100008>.

ROBINNE, F.-N. et al. **GLOBAL FIRE CHALLENGES IN A WARMING WORLD**. Viena, Áustria: IUFRO, dez. 2018.

SILVA, A. M. C. DA. **Quantificação dos efeitos na saúde da exposição à queima de biomassa: uma contribuição ao entendimento dos efeitos da exposição ao material particulado (PM2.5) em grupos populacionais sensíveis na Amazônia Legal**. Doutorado—Rio de Janeiro, RJ: Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, 2010.

SOUTO, P. C.; SOUSA, A. A. DE; SOUTO, J. S. Saber acadêmico versus saber popular: a literatura de cordel no ensino de práticas agrícolas. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, v. 97, p. 195–212, abr. 2016.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Particulate Matter (PM) Basics**. Overviews and Factsheets. Disponível em: <<https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>>. Acesso em: 7 out. 2021.

VERDUM, R.; VIEIRA, C. L.; CANEPPELE, J. C. G. **Métodos e técnicas para o controle da erosão e conservação do solo**. Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, 2016. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/189684/001007309.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 7 out. 2021

XAVIER, J. P. S. **Erosão pluvial e escorregamentos no Estado de Pernambuco: áreas de ocorrências, unidades de paisagem e banco de dados geográfico**. 2020. 222 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2020.

Capítulo 5

Medidas de
prevenção e combate
às Q&IF



5. Medidas de prevenção e combate às Q&IF

Levando em consideração as diversas causas, fatores agravantes e impactos associados às queimadas e aos incêndios florestais apresentados neste relatório, cabe aos gestores a identificação das regiões mais vulneráveis, suscetíveis e prioritárias, objetivando o devido planejamento territorial, adaptação de procedimentos operacionais, gestão de riscos existentes, bem como investimento e utilização de sistemas e recursos de proteção.

As principais medidas de prevenção e combate às queimadas e aos incêndios florestais podem ser verificadas em planos de proteção que abrangem ações e sistemas, aplicados por meio de análise de dados pertinentes à região de interesse e auxiliados por parcerias e tecnologias. A eficiência dos sistemas e ações é verificada pelos recursos tecnológicos utilizados, sendo favorecida pelo surgimento de novos equipamentos, ferramentas e produtos (TORRES et al, 2020).

Os gestores de terras devem conduzir o planejamento, implementação e avaliação do gerenciamento de incêndios florestais e não permitir que situações de mudança conduzam o gerenciamento. O manejo passivo não pode enfrentar o desafio, o manejo ativo é necessário para melhor manejar as terras selvagens e proteger os valores naturais, culturais e sociais. Os empreendimentos colaborativos que envolvem os participantes afetados e interessados devem ser usados para definir cursos de ação. Melhor preparação, descoberta e aprendizado avançados, tornando as paisagens mais resistentes ao fogo, fortalecendo a capacidade das populações humanas e da infraestrutura de resistir à presença do fogo e tomando decisões e respostas seguras, eficazes e eficientes de gestão de incêndios florestais baseadas em risco são essenciais para o sucesso futuro (INTERNATIONAL ASSOCIATION OF WILDLAND FIRE, s.d).

Os elementos que contribuem para os planos de proteção se

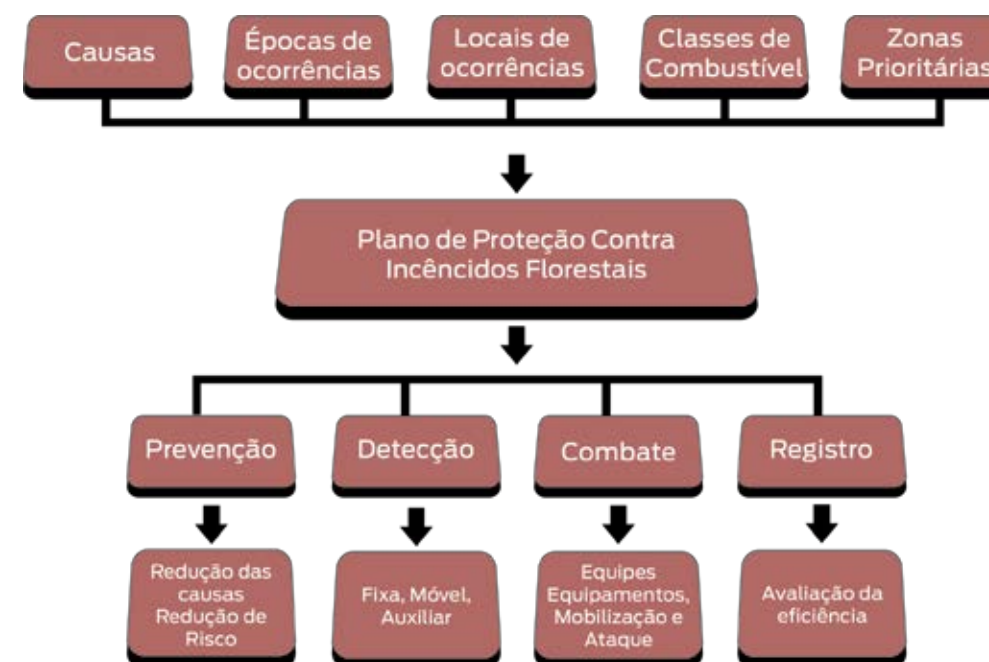
referem a parcerias governamentais e não governamentais, mapeamento de risco, banco de dados e tecnologias de informação, entre outros. Com relação à prevenção, podem compreender ações estruturais (como construção de aceiros em áreas de risco e gestão de combustível, entre outros) e não estruturais (como educação ambiental, alternativas ao uso do fogo e queima prescrita e controlada, entre outros). Uma vez que as ações de prevenção não consigam evitar eventuais ocorrências na região, os planos devem prover procedimentos de patrulha e vigilância, bem como sistemas de detecção e estratégias de ações de combate. Ainda para aprimoramento, ressalta-se o registro e armazenamento de informações referentes às eventuais ocorrências verificadas (RIBEIRO 2004; TORRES et al, 2020). A falta e o desconhecimento de tais informações podem resultar em gastos desnecessários, bem como uma operação ineficiente do plano, favorecendo o descontrole de focos e os tornando incêndios florestais.

Nesse contexto, são apresentadas medidas de prevenção e combate compreendidas em planos de proteção, bem como os elementos que contribuem para os sistemas e procedimentos operacionais pertencentes, objetivando a devida contextualização de aplicação das mencionadas ações.

5.1 Planos de proteção

A devida implementação de medidas de prevenção e combate a incêndios florestais, demanda um criterioso planejamento, compreendido em planos de proteção, gerais ou específicos, elaborados a partir da síntese e análise dos principais aspectos relacionados à ocorrências verificadas na região de interesse (TORRES et al., 2020). O correto planejamento indicará as reais necessidades de ações de proteção contra incêndios nas etapas do plano a ser elaborado, objetivando a redução de gastos e obtenção de sucesso nas operações, conforme ilustra a Figura 40:

Figura 40 - Elementos e etapas do plano de proteção

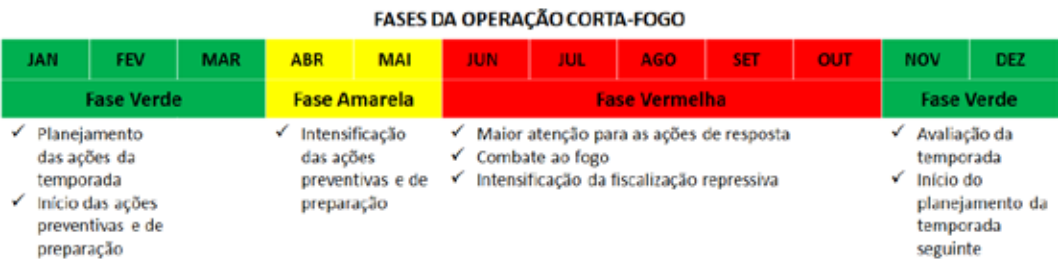


Fonte: SCHUMACHER; DICK (2018)

A especificação e eficiência dos planos, bem como a adaptação dos sistemas de proteção e de procedimentos, dependem dos objetivos, complexidades e de outros aspectos, como recursos disponíveis, peculiaridades da região e capacidade local de investimento em proteção. A exemplo, os planos podem ser estratégicos, quando aplicados para grandes áreas e longo período de tempo, ou podem ser operacionais, quando aplicados para atividades de rotina (RIBEIRO, 2004).

Um exemplo de plano estratégico preventivo é apresentado na Figura 41, que demonstra a Operação Corta-Fogo no estado de São Paulo, com a atuação de diversos órgãos estaduais para, essencialmente, reduzir os focos de incêndio. A operação consiste em três fases de prioridade de ações (verde, amarela e vermelha) definidas em razão do grau de risco de incêndios florestais ao longo do ano, as quais estabelecem as principais atividades a serem executadas.

Figura 41 - Plano estratégico preventivo da Operação Corta-Fogo



Fonte: Governo do Estado de São Paulo, [s.d.]

A Operação Extinctus, do CBMERJ, também é uma aplicação de planejamento estratégico, criada em razão do alto número de eventos de incêndio em vegetação no estado, com maior parte ocorrendo nos meses compreendidos entre junho e setembro. O plano conta com apoio de recursos para prevenção, mobilização, detecção e combate de incêndios florestais (CBMERJ, 2021).

Para elaboração de planos preventivos, Gaylor (1974) apud Venturi (2006) enumeram as seguintes etapas a serem contempladas:

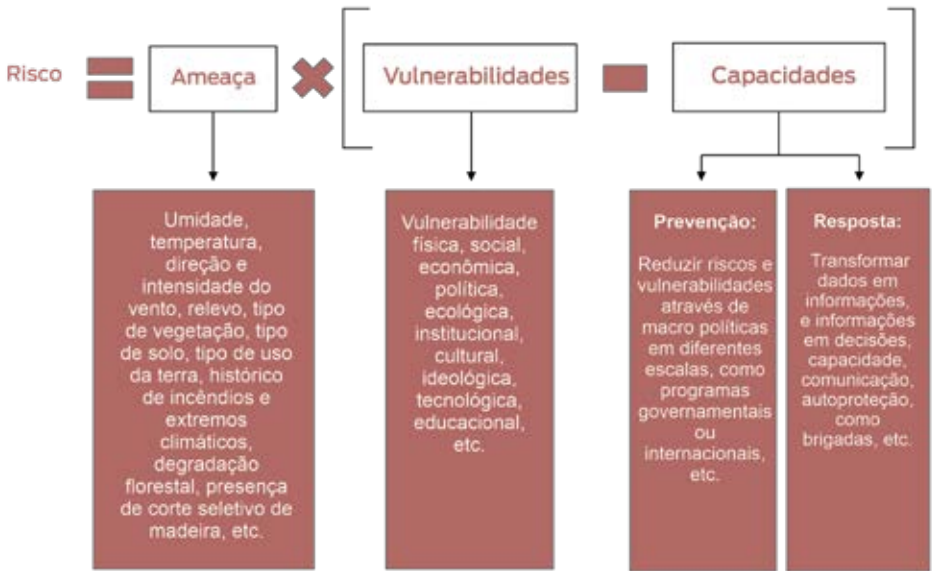
- I. Obtenção de informações sobre as ocorrências anteriores de fogo e aspectos gerais da área, tais como: local de maior ocorrência, período de maior ocorrência, tipo de cobertura vegetal, zonas que devem ser protegidas com prioridade;
- II. Causas mais frequentes de incêndios e concentrando-se os esforços de prevenção;
- III. Decidir quais as técnicas e medidas preventivas, quem e quando será executada;
- IV. Obter informações sobre todas as operações desencadeadas pelo plano de prevenção a fim de avaliá-lo, corrigi-lo e dar novas orientações quando for necessário (GAYLOR, 1974 apud VENTURI, 2006, p. 11).

Com relação às operações de combate e supressão, os planos de proteção devem contemplar e adequar os sistemas, procedimentos e recursos em distintas etapas enumeradas e definidas, segundo Lagares (3007, p. 82) em:

- I. Detecção: Tempo decorrido entre a ignição ou o início do fogo e o momento que ele é visto por alguém;
- II. Comunicação: Tempo compreendido entre a detecção do fogo e o recebimento de informação pela pessoa responsável pela ação de combate;
- III. Mobilização: Tempo gasto entre o recebimento da informação da existência do fogo e a saída do pessoal para combate;
- IV. Deslocamento: Tempo compreendido entre a saída do pessoal de combate e a chegada da primeira turma ao local de incêndio;
- V. Planejamento do combate: Tempo gasto pelo responsável pelo combate para avaliar o comportamento do fogo e planejar estratégias de combate;
- VI. Combate ao incêndio: Tempo consumido na operação de combate ou eliminação definitiva do incêndio, incluindo rescaldo.

Para a estruturação e adaptação dos procedimentos operacionais, sistemas de alerta e gestão de risco, Anderson et al., (2019) propõe um modelo conceitual com base em cinco eixos principais: conhecimento dos riscos, monitoramento e alerta, educação e comunicação, capacidade de prevenção e capacidade de reação e resposta. Segundo os autores, o primeiro eixo (conhecimento dos riscos) pode ser definido em função das ameaças, vulnerabilidades e capacidades de prevenção e resposta do local, conforme ilustra a Figura 42:

Figura 42 - Conceito de risco associado a incêndios florestais



Fonte: Anderson et al. (2019)

As ameaças são representadas pelas condições meteorológicas e climatológicas, características ecológicas da região e atividades antrópicas locais, as quais por si, podem representar uma grande parcela do risco de incêndio florestal. Já os diferentes tipos de vulnerabilidade (Quadro 7) podem ser reduzidos em virtude das capacidades de prevenção e resposta da região.



Figura 43 - Combate a incêndio florestal
Fonte: imagem cedida pelo INEA

Quadro 7 - Tipos de vulnerabilidades associados a incêndios florestais

Vulnerabilidade	Associação
Física	Inflamabilidade da paisagem.
Social	Normas de monitoramento de queimadas e sanção a incêndios adotadas por comunidades dependentes do fogo, brigadas de incêndio, grau de adoção de práticas de controle de queimadas, grau de acessibilidade a recursos financeiros ou de acesso físico de brigadistas caso ocorra um incêndio, etc.
Econômica	Renda per capita, práticas produtivas substitutas à queimada, dependência do uso do fogo, dependência de produtos florestais madeireiros e não-madeireiros, seguros, título de propriedade da terra, exploração madeireira, desmatamento, etc.
Política	Presença de programas governamentais específicos para a gestão de incêndios florestais, planejamento fundiário como demarcação de unidades de conservação, assentamentos, áreas particulares, programas educacionais voltados para prevenção de incêndios florestais, presença de órgãos de fiscalização, dentre outros.
Ecológica	Composição e estrutura da floresta, grau de fragmentação da floresta, grau de degradação da floresta, etc.

Fonte: adaptado de Anderson et al. (2019)

5.2 Parcerias e comunicação interagencial

De forma a corroborar com os demais eixos apresentados por Anderson et al. (2019) (monitoramento e alerta,

educação e comunicação, capacidade de prevenção e capacidade de reação e resposta), a formação de parcerias pode contribuir significativamente para a gestão local, seja na prevenção (através da geração e compartilhamento de dados, estruturação de brigadas, cooperações técnicas e de capacitação) ou na supressão e combate aos incêndios florestais (através do fortalecimento das relações e comunicações entre agências):

O termo interagência é definido pelo envolvimento ou representação de duas ou mais agências, incluindo especialmente, mas não somente, agências governamentais. A interagência requer parcerias e esforços que envolvem entidades nacionais e/ou internacionais, sendo os objetivos em comum estratégicos na harmonização das medidas a serem tomadas em cenários de emergência (MCCARTHY et al., 2011 apud SANTIAGO, 2020, p. 15).

A exemplo de parcerias preventivas, destaca-se a atuação do Prevfogo/IBAMA com parcerias nacionais e internacionais e também com setores públicos e privados, para atuar conjuntamente em atividades de capacitação, prevenção e combate aos incêndios florestais (IBAMA, 2017a). Uma dessas parcerias, em âmbito nacional, consiste no Programa de Ação Interagências, o qual tem o objetivo de ampliação da capacidade de resposta da entidade em todo território nacional, através do Comitê Estadual/Municipal de Controle de Queimadas, Prevenção e Combate a Incêndios Florestais. Os integrantes do comitê somam esforços, através da otimização de recursos humanos, financeiros e materiais para o fomento de estratégias e ações no controle de queimadas, monitoramento, prevenção e combate aos incêndios florestais e alternativas ao uso do fogo (IBAMA, 2017b). A Figura 44 apresenta a abrangência do programa no território.

Figura 44 - Estados pertencentes ao programa de ação interagências



Fonte: IBAMA (2017-b)

Com relação ao monitoramento e detecção, há o projeto internacional MAP FIRE, que consiste numa plataforma de monitoramento de queimadas e incêndios florestais para a região da tríplice fronteira abrangendo o Brasil, Peru e Bolívia. É uma colaboração de pesquisadores de diversas entidades como CEMADEN (Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais), INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), UFAC (Universidade Federal do Acre) e secretarias de meio ambiente dos mencionados países, entre outros. A plataforma atua na identificação de imóveis rurais, áreas protegidas e acesso aos focos de queimadas e incêndios florestais da Amazônia, objetivando minimizar os impactos transfronteiriços socioambientais e sua adaptação às mudanças climáticas (ASCOM; CEMADEN, 2019).

No âmbito de combate e supressão de incêndios florestais, Santiago (2020) ressalta a importância da comunicação entre agências, verificadas na articulação de operações, bem como nas atribuições em planos de emergência e contingência, devido à alta intensidade e proporção que os incêndios podem se configurar, tornando difícil o controle das chamas, além de dificuldades de acessibilidade nos diversos ambientes.

O CIMAN Virtual, sistema de monitoramento e apoio ao Centro Integrado Multiagências de Coordenação Operacional Nacional (Ciman), se aplica a este contexto, uma vez que visa integrar dados de satélites com informações, fotos e detalhes das operações de combate em tempo real. A plataforma permite a troca de informações entre brigadas e todos os gestores, objetivando a maior eficiência nas comunicações (INPE, [s.d.]).

5.3 Mapeamento e banco de dados

A partir da análise das diversas ameaças e vulnerabilidades inerentes à região de interesse, índices de risco podem ser estabelecidos por meio de dados estatísticos e mapas de risco (VETTORAZZI; FERRAZ, 1998). Tais mapas podem ser adquiridos em ambientes de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e adaptados através de técnicas de geoprocessamento (TORRES et al., 2017). Sobre o SIG e sua utilização, Batista (2013) apud Cavalcante (2019) afirmam:

O SIG é um banco de dados geocodificados que armazena, gerencia, recupera e processa informações digitais georreferenciadas, provenientes de imagens, mapas, dados estatísticos e descritivos. Assim, o SIG pode auxiliar na detecção de locais de maiores riscos de incêndios florestais (BATISTA, 2013 apud CAVALCANTE, 2019, p.32350).

Segundo Batista (2000), os mapas temáticos a serem considerados para elaboração dos mapas de risco devem

levar em conta as fontes de fogo (causa natural ou humana), bem como seus fatores de propagação (material combustível, topografia, tipo de cobertura vegetal, condições climáticas e meteorológicas, etc.). A superposição dos mapas temáticos, com as devidas interações das variáveis de influência mencionadas, resulta em mapas de risco aplicáveis para o estabelecimento de índices de risco de incêndios florestais na região.

Algumas variáveis de influência são verificadas em artigos como o de Oliveira et al. (2020), utilizadas para mapeamento de risco de incêndios através de aplicação de geoprocessamento. Estas variáveis são apresentadas pela Figura 45 e conceituadas segundo a revisão bibliográfica do autor, adaptado no Quadro 8.

Figura 45 - Estados pertencentes ao programa de ação interagências



Fonte: IBAMA (2017-b)

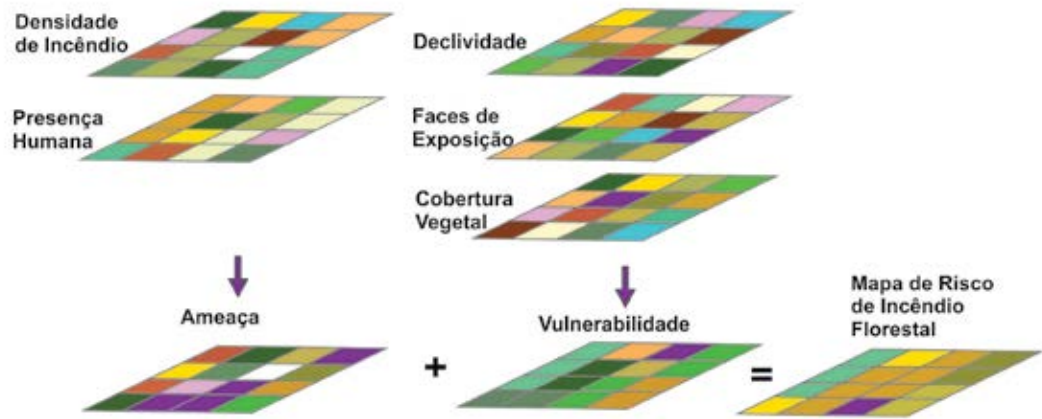
Quadro 8 - Variáveis de influência relacionadas a risco de incêndios florestais

Variável	Influência
Declividade	Altos valores de declividade estão associados ao aumento do risco a incêndios, de modo que quanto maior os aclives, maior a disseminação dos incêndios.
Orientação das vertentes	Essa variável é importante por estar associada à redução da umidade de materiais combustíveis que estão sobre incidência direta da energia solar, entendendo que quanto maior for o tempo de exposição solar, maior é o risco ao incêndio, representando assim, um importante elemento de propagação do fogo.
Precipitação	A precipitação constitui variável importante para a compreensão da umidade natural disponível nos períodos de maior estresse hídrico, indicando assim sua proeminência como variável de propagação.
Hidrografia	A importância da hidrografia se assenta no fato de que a rede de drenagem é um fator preponderante para a não propagação de incêndios, servindo assim, de barreira natural para contenção do fogo.
Áreas urbanas	As áreas urbanas apresentam maior probabilidade de desenvolverem focos de incêndios, pois apresentam expressividade de áreas construídas, que podem ocasionar o uso indevido do fogo, ameaçando os fragmentos vegetais localizados próximos a ela, configurando-a como importante elemento de ignição do fogo.
Proximidade com rodovias	Áreas próximas a rodovias possuem alto risco, visto que estão sujeitas aos incêndios ocasionados pelo fluxo de pessoas e veículos, o que permite classificá-las como um dos principais elementos para a ignição de incêndios florestais.
Uso e cobertura da terra	As várias classes de uso e cobertura da terra relacionam-se com suas características de vulnerabilidade à ignição e propagação de incêndios florestais.
Hotspots	São usados para representar as assinaturas de calor capturadas pelos sensores termais dos satélites recebidos e processados pelo INPE. Esses focos de calor não expressam necessariamente áreas queimadas, mas sim, áreas com temperaturas superiores a 47°C, o que indica certa propensão a serem incêndios.

Fonte: adaptado de Oliveira et al. (2020)

A Figura 46 do artigo de Venturi (2006) ilustra a elaboração de mapa de risco de incêndio florestal através da superposição de diferentes mapas temáticos. Já a Figura 47, do artigo de Torres et al. (2017), demonstra cartogramas da declividade e exposição das vertentes, gerados a partir de modelo digital de elevação de uma região.

Figura 46 - Mapa de risco de incêndio feito com superposição, através da álgebra de mapas



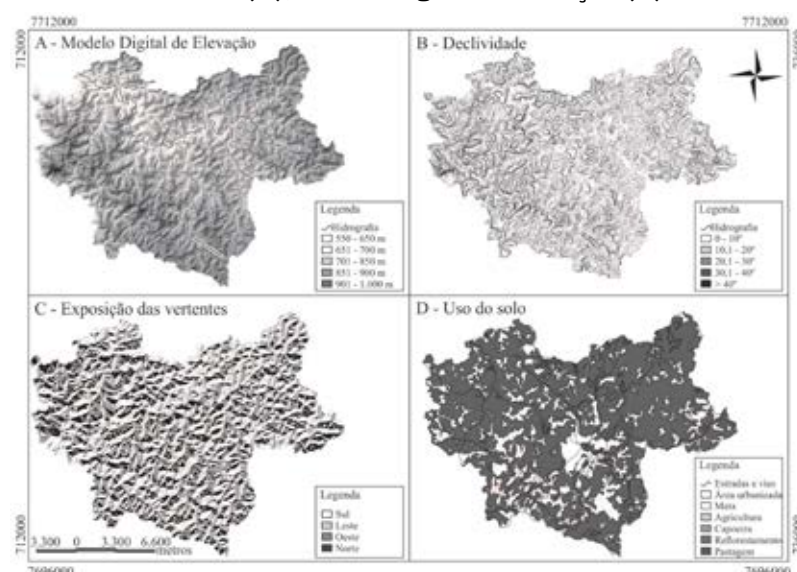
Fonte: Venturi (2006)

Com relação ao risco de incêndios, a figura 48 do artigo de Almeida e De Menezes (2018) é uma aplicação desse conceito, com dados obtidos do INPE para elaboração da previsão de risco de fogo no estado do Rio de Janeiro em 2018, desenvolvido a partir de software de geoprocessamento. A partir da montagem de um banco de dados com os devidos registros estatísticos e mapeamento de riscos, possibilita-se um correto planejamento, adaptação de sistemas e utilização de recursos. Conforme afirma Ribeiro, “as estatísticas sobre a ocorrência de incêndios florestais não são limitantes para a implantação do plano de proteção, mas são fundamentais para o seu aprimoramento e sua manutenção” (RIBEIRO, 2004, p. 246).

5.4 Tecnologias de informação

A utilização de tecnologias de informação — como aplicativos móveis, tablets e smartphones — se apresentam como um importante aliado para um apropriado e oportuno gerenciamento de incêndio e tomadas de decisão em ocorrências. Os benefícios de tais tecnologias são verificados pela maior mobilidade e recursos de transferência de informações em tempo real ou quase tempo real. Elas permitem, por exemplo, que os combatentes de incêndio ofereçam suporte a comunicações de rádio padrão, com fotos, mapeamento detalhado e dados sobre a atividade de incêndio.

Figura 47 - Elaboração de mapas de declividade (B), exposição das vertentes (C) e uso do solo (D), Modelo Digital de Elevação (A)



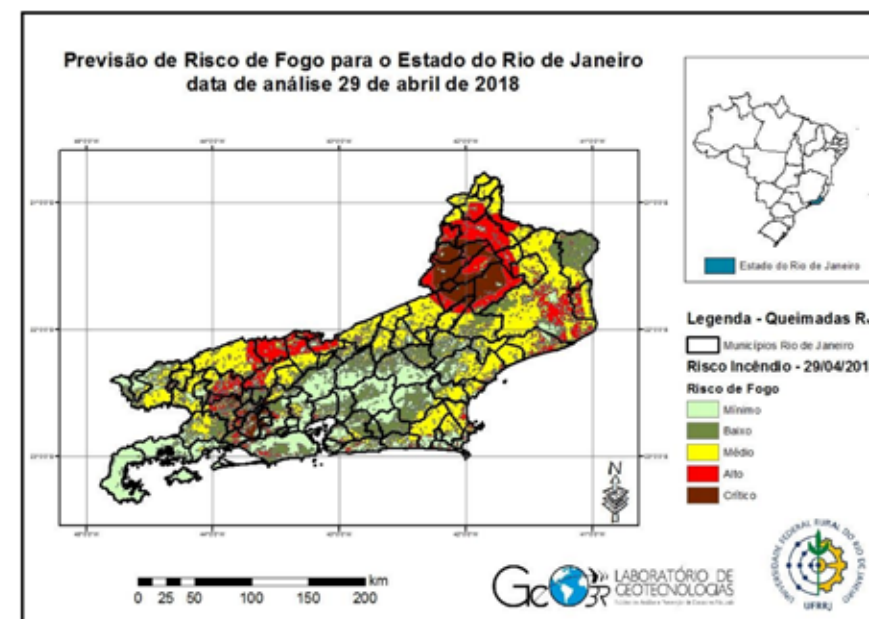
Fonte: Torres et al. (2017)

Segundo a International Association of Wildland Fire,

Atualmente, os recursos de incêndio e aviação dependem fortemente das capacidades geoespaciais dos dispositivos móveis, da facilidade de completar tarefas administrativas em ambientes remotos e de tirar proveito do aumento da consciência situacional com acesso na ponta dos dedos a informações meteorológicas atualizadas. O que há de novo na próxima temporada de incêndios é a maior ênfase na transferência colaborativa de informações em

tempo real em diferentes aplicativos móveis, bem como alguns procedimentos operacionais padrão estabelecidos para o uso de tecnologias móveis em incidentes de incêndio. Paralelamente a isso, mais aplicativos estão sendo ajustados para ambientes remotos de incêndio: um exemplo é a capacidade de armazenamento em cache offline de mapas (INTERNATIONAL ASSOCIATION OF WILDLAND FIRE, 2013, tradução nossa).

Figura 48 - Previsão de Risco de Fogo para o estado do Rio de Janeiro



Fonte: Almeida; de Menezes (2018)

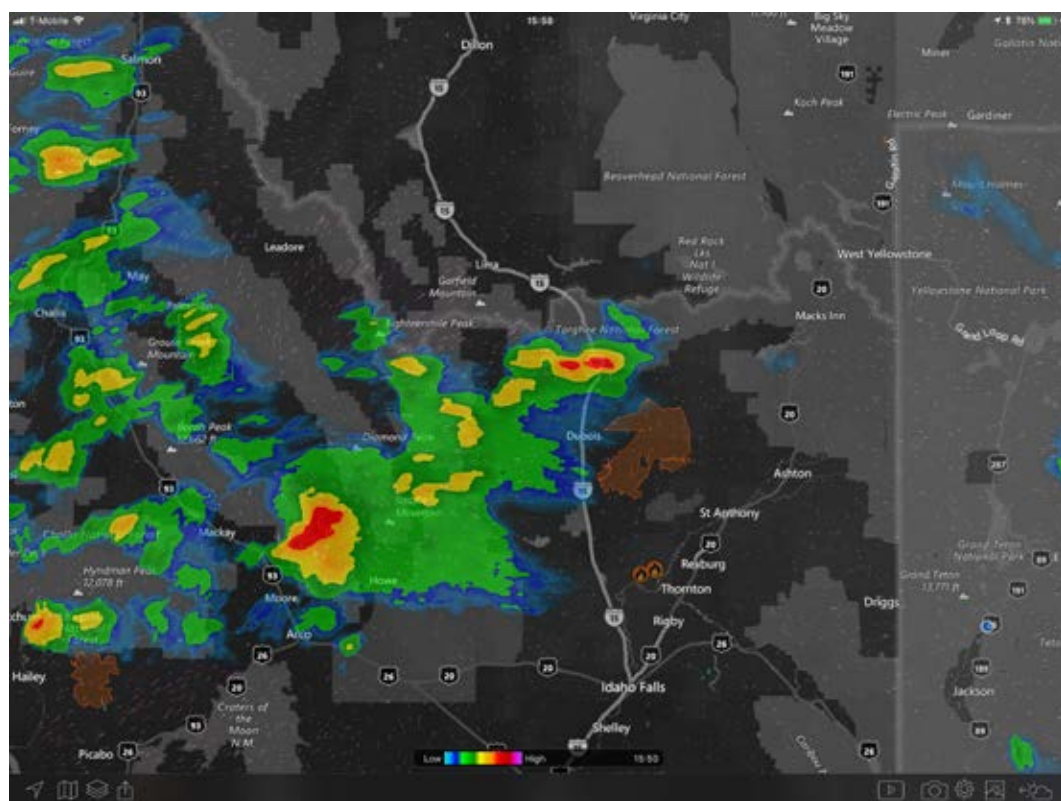
As principais aplicações verificadas pela utilização de tecnologias de informação, são destacadas a seguir, segundo Hill e Zimmerman (2013):

- Operações de suporte a incidentes;
- apoio à decisão;
- gestão de informação geoespacial; e
- ferramentas de consciência situacional.

A exemplo, diversos dos aplicativos de informações geoespaciais existentes podem abrigar informações sobre ocorrências de incêndio florestal, contribuindo com a preparação de gerentes de incêndio e comunidade

envolvida para o comportamento do fogo. A Figura 49 exibe uma captura de tela de um aplicativo utilizado para monitoramento meteorológico, que é integrado com uma camada de informações referente a incêndios florestais. Ela apresenta o radar de trovoadas e camada de vento se aproximando em direção a um incêndio (polígono laranja no meio e ícones de fogo ao sul).

Figura 49 - Verificação de incêndio florestal em aplicativo



Fonte: Almeida; de Menezes (2018)

5.5 Ações de prevenção

Com a devida análise dos dados pertinentes à região de interesse, dedicam-se ações de prevenção, com vista às ameaças e vulnerabilidades verificadas. De acordo com o Manual de Combate a Incêndios Florestais, a prevenção de incêndios florestais é o “conjunto de medidas e ações realizadas e tendentes a evitar o surgimento do incêndio, detectar e informar sua posição, facilitando as ações de

combate e salvamento e diminuindo as condições de propagação” (CBMESP, 2006, p. 16).

Se observadas vulnerabilidades físicas e ecológicas, a gestão dos riscos indicará necessidade de ações estruturantes, como construção de aceiros ou gestão de combustível em áreas de risco ou prioritárias, bem como dispor de brigadas devidamente capacitadas. No caso de ameaças antrópicas, atenta-se às vulnerabilidades sociais, culturais, econômicas ou políticas. Dessa forma, necessita de medidas coercitivas, fiscalização, educação ambiental, programas governamentais e alternativas ou controle de queimadas, entre outros. Algumas dessas ações e medidas são apresentadas nos subitens seguintes.

5.5.1 Alternativas ao uso do fogo e queima controlada

A utilização do fogo é comum em atividades de provisionamento, regulamentares e culturais por diversos tipos de sociedade, especialmente as tradicionais (PAUSAS; KEELEY, 2019). No entanto, com a possibilidade do descontrole da utilização e risco de incêndios florestais, as atividades necessitam de ampla atenção dos gestores, de forma a disseminar alternativas de uso do fogo, bem como regulamentar e capacitar a população quanto à queima controlada e prescrita.

Entre as atividades que se aproveitam do fogo com potencial risco de incêndio florestal, destacam-se as agropastoris como silvicultura, manejo de pastagens, manejo de fauna silvestre, controle de pragas e doenças, limpeza da terra para cultivo agrícola ou florestal, entre outros (CBMGO, 2017). Quanto à alguma destas práticas, o Quadro 9 apresenta alternativas técnicas e tecnológicas ao uso do fogo.

Uso e objetivo das queimadas		Alternativas técnicas e tecnológicas ao uso do fogo
P A S T A G E N S	Fogo como método de gestão das pastagens	Manejo agroecológico de pastagens
	Eliminar ectoparasitas do rebanho (como carrapatos, por ex.) e seus ovos	Vedar o acesso do gado à área por um determinado período (160 dias)
		Tratamento sanitário do rebanho (carrapaticidas)
	"Renovar a pastagem nativa, eliminando plantas invasoras e melhorando a digestibilidade da forragem"	Manejar a pastagem com rotações do gado e divisão dos pastos
		Cuidar do pH e da fertilidade do solo
		Evitar o sobrepastejo e o pisoteio da área
		Enriquecer o pasto com outras espécies, principalmente leguminosas perenes
		Manter áreas com pastagem cultivada
	Obter uma rebrota precoce de pastagem e uma maior disponibilidade de forragem durante o período seco	Reservar, com cercas, alguns pastos – mesmo nativos - para uso no período seco
		Manter reservas de forragem sob forma de feno em fardos, medas ou forma de silagem.
		No inverno: no sul plantio de aveia, azevém, etc. e nas regiões mais tropicais, milheto e sorgo forrageiro, para usar enquanto o pasto fica vedado (160 dias + ou -) ou capim buffel no semi-árido
		Criar e manter um banco de forrageiras para suplementação alimentar
		Aumentar a digestibilidade das palhas com algum complemento proteico ou nitrogenado (uréia) ou com o banco de forrageiras (leguminosas)
		Confinamento parcial ou total do gado
P R E P A R A Ç Ã O P A R A P L A N T I O	Eliminar troncos, galhos, etc. após desmatamento de floresta	Evitar, planejar e minimizar a área a ser desmatada
		Planejar e buscar o aproveitamento integral (destino múltiplo) da madeira (uso próprio/venda) e da lenha (indireto ou diferido)
	Após derrubada de capoeira	Evitar, planejar e minimizar a área a ser desmatada
		Planejar e buscar o aproveitamento integral (destino múltiplo) da madeira (uso próprio/venda) e da lenha (indireto ou diferido)
	Limpeza de áreas em pousio ou em descanso	Uso da tração animal ou motorizada, para mobilizar a madeira e remoção de raízes
		Planejar e buscar o aproveitamento integral (destino múltiplo) da madeira (uso próprio/venda) e da lenha (indireto ou diferido)
		Limpeza manual da área ou ainda roçadeira manual, tração animal ou motorizada
		Evitar o pousio através de rotação, adubação verde, adubação orgânica, incentivo a calagem e adubação mineral
		Uso de herbicidas
		Incorporação parcial ou total dos resíduos vegetais ao solo (rolo faca, por ex.) com tração animal ou motorizada
		Compostagem do material vegetal para uso posterior
		Manutenção dos resíduos vegetais sobre o solo – plantio direto
	Limpeza de beira de estradas, áreas de uso comum, etc.	Roçadeira ou implementos da minimotorização, limpeza manual (foices) ou ainda com herbicidas
C O L H E I T A	Pré-colheita (cana-de-açúcar)	Mecanização com colhedeira de cana crua
	Restos de colheitas	Usar a tração animal, micro ou mini motorização para manejar os resíduos vegetais
		Incorporar total ou parcialmente os resíduos ao solo (por ex. rolo faca) com tração animal ou motorizada
		Picar e deixar na superfície do solo (plantio direto)
		Recolher para compostagem

Com relação à queima controlada e prescrita, é necessário compreender um plano de queima adequado, seguido de critérios e condições específicas a serem executadas pelo solicitante, para avaliação e autorização pelo órgão ambiental competente (ICMBIO, 2010). Neste sentido, considera-se a queima prescrita como um compromisso técnico, objetivando a redução dos impactos ao ecossistema, provenientes da utilização do fogo. Diversas condições quanto ao uso da queima prescrita são apresentadas no Quadro

Quadro 9 - Alternativas ao uso do fogo em prática de queimadas
Fonte: adaptado de Rodrigues (2008)

Quadro 10 - Condições referentes à queima prescrita

Prescrição	Descrição
Prescrição ecológica	Considera os ecossistemas e sua recuperação pós-fogo, de acordo com o estado fenológico dos complexos de combustível. Algumas espécies do Cerrado, por exemplo, dependem do fogo para completarem o seu ciclo de vida. O próprio bioma foi moldado ao longo de toda sua história evolutiva pelo fogo. Igualmente, devem ser levadas em conta as condições edáficas, pois o solo é o suporte de vida dos ecossistemas.
Prescrição socioeconômica	Considera as necessidades das populações locais, tais como renovação de pastagens ou caça. No caso da renovação das pastagens, a queima deve ter em conta o tipo de gado e as formações vegetais que constituem seu alimento, pois a técnica, o consumo pelo fogo e a estação do ano são importantes para obter melhores resultados de acordo com as necessidades de cada espécie.
Prescrição técnica	A técnica e método de ignição e condução da queima são essenciais no alcance dos objetivos, procurando reduzir os impactos do fogo no solo e a redução da carga de combustível.
Prescrição sanitária	Bastante comum em países ao sul do Equador, onde a queima pode ter um objetivo de controle de pragas e doenças derivadas, referentes à saúde pública e à sanidade animal na produção pecuária, tais como o controle de carrapatos. Igualmente, a queima pode ser um recurso eficaz na higienização de pastos para a atividade pecuária.
Prescrição estacional	A prescrição estacional está relacionada com a prescrição ecológica, socioeconômica e sanitária, pois a época em que usamos o fogo determinará os resultados pretendidos.
Prescrição meteorológica	Importante para estimar a disponibilidade dos combustíveis em relação ao fogo, reduzir os impactos, controlar a propagação, reduzir os riscos de piroescape, bem como garantir a segurança e consolidar a queima.

Fonte: adaptado de TORRES et al. (2020)

No entanto, no que diz respeito a prescrição do fogo,

Nem todas as formações vegetais estão adaptadas ao fogo, de forma que a prescrição do fogo só deve ser realizada para áreas onde ele faz parte da história evolutiva do bioma, como por exemplo o Cerrado. Florestas úmidas como as encontradas na Mata Atlântica e Amazônia não têm adaptação ao fogo, por isso não se deve prescrever para estas áreas. Contudo, a vegetação campestre que circunda remanescentes de florestas úmidas pode ser manejada com o fogo, evitando que um incêndio nessas áreas chegue à floresta (Torres et al., 2020, p.101).

No Brasil, a queima controlada é regulamentada pela Portaria IBAMA 94 de 1998 e o Decreto 2661 de 1998 disciplina o uso do fogo, através de normas de precaução em práticas agropastoris e florestais. No estado do Rio de Janeiro, a Lei 2.049 de 1992 dispõe sobre a proibição de queimadas de vegetação no estado (ICMBIO, 2010).

Para cada situação, o plano de queima deve considerar o detalhamento de informações, a fim de assegurar eficiência e segurança da prática (SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL, 2018). Tais informações se referem a:

- Descrição e localização da área a ser queimada;
- objetivos da queima;
- preparo da área;
- condições climáticas ideais;
- técnica de queima;
- vigilância, controle e rescaldo; e
- avaliação da queima.

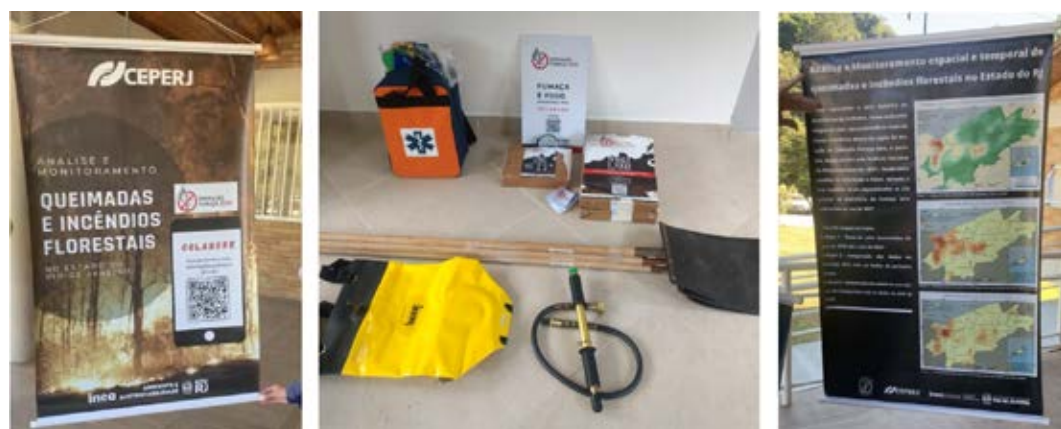
5.5.2 Educação Ambiental

Conforme evidenciado ao longo deste relatório, o fator antrópico é um dos principais causadores dos incêndios florestais, sejam causas involuntárias ou criminais. Nesse

contexto, a educação ambiental deve ser implementada para reduzir as causas antrópicas, bem como capacitar a população para prevenir, detectar e comunicar as ocorrências de incêndio (ALMEIDA; DE MENEZES, 2018).

A implementação da educação ambiental nessa abordagem depende, fundamentalmente, do engajamento público quanto à importância da preservação de florestas e à percepção dos impactos provenientes dos incêndios florestais. Nesse caso, o contato com a população é essencial para a divulgação de ações de conscientização quanto ao risco de incêndios florestais, disseminado por meio de campanhas educativas, elaboração de material didático, entrevistas individuais ou em grupo e seminários e palestras, entre outras.

Figura 50 - Material didático e divulgação em evento



Fonte: próprio autor

Para tanto, Torres et al. (2020) ressalta a importância do conhecimento das características sociais locais, com o intuito de identificar a melhor forma de divulgação e comunicação das ações de conscientização. Evidencia ainda que

O conhecimento prévio das características da população confrontante permitirá a definição da melhor estratégia de

abordagem. Contudo, o contato pessoal com os confrontantes, em particular aqueles situados em áreas de risco, é uma medida reconhecidamente eficaz. Deverá ser realizada pelo menos uma visita antes do período crítico, procurando motivar os confrontantes para o problema, estabelecer laços de parceria, difundir normas legais existentes e distribuir material de apoio (TORRES et al., 2020, p. 94).

No entanto, o desenvolvimento da educação ambiental é contínuo e longo, necessitando da contribuição dos diferentes setores da sociedade (população, governo, instituições privadas etc.) no processo de transformação social (LAGARES, 2007).



Figura 51 - Divulgação de material em pedágio de rodovia
Fonte: acervo Ceperj

5.5.3 Construção de aceiros

O aceiro consiste em uma área limpa de vegetação, com mais de três metros de largura, que funciona como barreira contra incêndios (ICMBIO, 2010). Podem ser construídos de forma manual, mecânica, química (aplicação de produtos químicos) ou negra (aplicação de fogo para redução de material combustível, mediante autorização e método adequado). É utilizado, essencialmente, de forma preventiva, mas também auxilia nas ações de combate servindo como acesso ou ponto de ancoragem (op. cit., 2010).

A largura dos aceiros depende das condições do terreno, da localização da área e da altura da vegetação, conforme a Tabela 2.

Tabela 2 - Distância dos aceiros em relação às áreas de preservação e infraestrutura

10 metros	Áreas de Preservação Permanente (APP)
10 metros	Áreas de Reserva Legal (ARL)
15 metros	Linhas de Transmissão de energia elétrica
15 metros	Margens de rodovias e ferrovias
25 metros	Estações de telecomunicação
50 metros	Unidades de conservação
100 metros	Subestações de energia

Fonte: Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (2018)

Sobre a utilização de aceiros, o Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás (2017) afirma que

A construção de uma rede de aceiros, como medida preventiva, antes mesmo da ocorrência dos incêndios é muito eficiente e vantajoso, principalmente em zonas

onde se consegue mapear os pontos mais críticos, como dificuldade do terreno para acesso, histórico de focos de incêndio, limites de propriedades rurais (colheitas, pastos), comunidades que moram próximo a parques e unidades de conservação (através de queima de lixo próximo aos locais de preservação) (CBMGO, 2017, p. 96).

Algumas considerações sobre a construção de aceiros são descritas a seguir, pelo Quadro 11.

Quadro 11 - Considerações sobre a construção de aceiros

Método	Considerações
Tratores	Método prático e rápido para construção de aceiros, exercido por meio de tratores providos de lâminas para terraplanagem ou grades de disco para tombamento de terra.
Ferramentas manuais	Processo mais demorado, porém, utilizado na ausência de maquinários disponíveis.
Tombamento de árvores	Método utilizado em florestas com árvores altas, necessitando de equipe de tombamento com ferramentas específicas para posterior preparação da área a ser construído o aceiro.

Fonte: adaptado de Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo (2006, p.14)

Almeida e De Menezes (2018) afirmam que “o perímetro da unidade de conservação é um local estratégico para a preparação de aceiros, pois muitos incêndios se iniciam fora da unidade de conservação e posteriormente atingem a unidade” (op cit., p. 3). Adicionalmente, Lagares (2007) ressalta o risco de incêndio verificado por linhas elétricas (devido a possibilidade de danos estruturais e curto-circuito) e por linhas férreas (devido a possibilidade de faíscas em vegetações próximas ao leito da ferrovia), sendo necessária a manutenção preventiva,

bem como podendo ser favorável a construção de aceiros nesses locais.

5.6 Detecção

A detecção é a etapa que antecede o combate ao incêndio, que objetiva determinar a localização de focos de incêndio, alertar e comunicá-los às unidades especializadas em combate, no menor intervalo de tempo possível (LAGARES, 2007). A rapidez na detecção é importante para redução dos custos de operação, bem como para redução dos danos. “Quanto mais rápido se tem conhecimento do fogo, mais rapidamente se inicia o combate. Assim, seu controle se torna mais fácil, porque ocorre antes que o incêndio tome proporções maiores” (ICMBIO, 2010, p. 25).

A identificação, localização e comunicação dos focos de incêndio são exercidas, em geral, através de sistemas de monitoramento, vigilância e detecção, podendo ser classificados em terrestres fixo ou móvel, aéreo ou satélites. Esses sistemas serão apresentados nos subitens a seguir.

5.6.1 Terrestre fixo

Os sistemas terrestres de detecção fixos consistem em pontos fixos de observação do terreno para o monitoramento de focos de incêndio comumente conhecidos como “postos de vigia”, implementados em pontos altos e com extensa área de observação. De acordo com Venturi,

As torres de vigilância são normalmente construídas de madeira ou metal, possuindo uma cabine fechada, possibilitando boa visibilidade ao operador, com altura variando de 10 a 40 metros, dependendo das características do local onde são construídas (VENTURI, 2006, p.18).

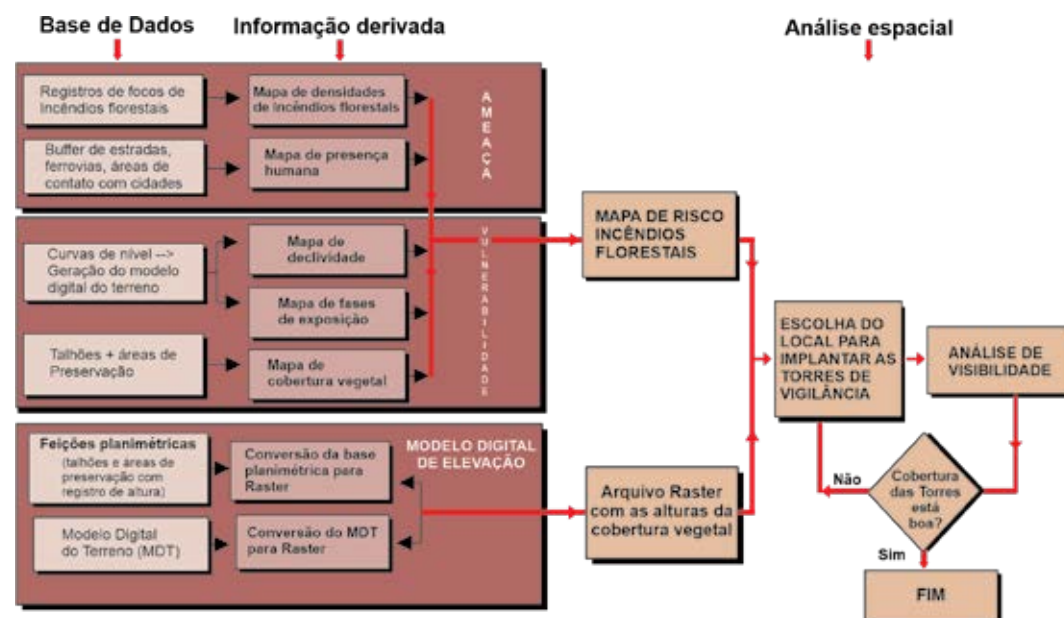
Para o correto desempenho da função, a definição do lugar de instalação deve priorizar pontos com grande amplitude de visada e em direções com maior incidência de incêndios. Além disso, deve estar provida com equipamentos e ferramentas como leitura de ângulo (goniômetro), binóculos, mapa da área (topografia, vegetação, estradas), radiocomunicação e livro de registros (ICMBIO, 2010). Adicionalmente, os sistemas de detecção fixo podem utilizar câmeras de vigilância de acesso remoto, instaladas em pontos estratégicos (CBMGO, 2017).

Para Torres et al.,

É fundamental uma boa distribuição dos postos de vigia para se conseguir assegurar um grau de visibilidade abrangente e contínuo das manchas florestais, para com o menor número de postos de vigia se cobrir a maior área possível. Para otimizar a colocação da rede dos postos de vigia são fundamentais as cartas com a visibilidade de cada posto, a qual é fortemente condicionada pela altura da torre de observação, pela topografia, pelos tipos e densidade das formações vegetais, bem como pelas vias de acesso que podem condicionar a respectiva implementação (TORRES et al., 2020, p. 138).

A utilização de mapas de risco de incêndios florestais pode ser considerada uma estratégia para definição de locais de torres de vigilância e detecção. Venturi e Antunes (2007), em sua metodologia utilizada, determinaram os devidos locais de implantação na região de estudo, através de informações obtidas em bases de dados para análise espacial e definição de local, conforme ilustra a Figura 52.

Figura 52 - Fluxograma da metodologia adotada para implantação de torres de vigilância



Fonte: VENTURI; ANTUNES, 2007

5.6.2 Terrestre móvel

O sistema de vigilância efetuado por patrulhas em áreas florestais é realizado por meio de motorizados (automóveis e motocicletas) ou não (cavalo, bicicleta ou a pé). Contribui significativamente para a etapa de detecção, como também é eficaz para inibir incendiários ilegais (ICMBIO, 2010). A Figura 53 representa veículos de fiscalização

Figura 53 - Veículos de fiscalização florestal

Fonte: Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo (2006)



O patrulhamento terrestre integrado com as torres de observação deve ter conhecimento da topografia local, analisado através de bases cartográficas e georreferenciadas atualizadas, a fim de garantir maior precisão, rapidez e segurança na identificação e localização do foco (VENTURI, 2006). A Figura 57 apresenta um GPS de navegação, localizado por meio de sinal GNSS, utilizado pelos profissionais para orientação e localização.

Figura 54 - Fiscalização auxiliada



Fonte: próprio autor

Sobre os meios motorizados, o Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo (2006) aborda sobre requisitos básicos de uma viatura de combate a incêndios florestais, que deve possuir: pouco peso, comprimento para facilitar manobras, boa capacidade de bomba de incêndio, boa quantidade de água e tração 4x4.

As figuras a seguir apresentam alguns desses veículos.

Figura 55 - GPS de navegação



Fonte: próprio autor

Figura 56 - Veículo com equipamentos de prevenção e combate



Fonte: próprio autor

Figura 57 - Carreta tanque



Fonte: PMSP. 2006

Algumas vantagens e desvantagens relativas ao sistema terrestre móvel são apresentadas abaixo, no Quadro 12.

Quadro 12 - Vantagens e desvantagens referentes a vigilância terrestre móvel

Vantagens	Desvantagens
Predefinição de trajetos e percursos de acordo com o grau de risco de incêndio florestal.	Em regra, a área observada é limitada, pois é realizada ao longo das estradas, perto das atividades divisórias de terrenos, ou locais próximos a vilas e povoados, o que reduz o grau de visibilidade.
Possibilidade de, nos períodos mais críticos, intensificarem-se as patrulhas.	Não permite observação contínua, pois se pode passar muito tempo entre duas observações de um mesmo local.
Fiscalização de pessoas que utilizam o fogo nas suas atividades (agricultores, silvicultores, turistas e outros).	Necessita de uma forte componente humana e de meios de transporte para detecção e vigilância, o que envolve custos logísticos bastante importantes.
Possibilidade de atualização constante do estado de conservação das vias de acessos e estado dos pontos de água, elementos cruciais para um bom desempenho do ataque inicial e ampliado.	Possui custo muito elevado, no caso de 24 horas contínuas de observação, e o grau de detecção no período noturno é reduzido.
Possibilidade de iniciar o ataque a pequenos focos.	Geralmente, as equipes são desmanteladas ano a ano, não formando vínculo ou espírito de equipe, o que traz algumas limitações a nível de rotinas e standardização dos procedimentos.

Fonte: adaptado de Torres et al. (2020)

5.6.3 Aérea

Consiste na utilização de veículos aéreos tripulados (aeronaves e helicópteros) ou não tripulados (drones) para vigilância de áreas florestais — de difícil acesso e visualização pelos operadores. Geralmente aplicado em extensas áreas, consiste em um método pouco

utilizado para vigilância devido ao alto custo operacional, mas de muita utilidade em ocorrências extensivas de incêndio, visto que permite a observação de grandes quantidades de superfície por unidade de tempo e uma boa perspectiva de avaliação quanto ao comportamento do fogo (ICMBIO, 2010).

Com relação aos Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT), limitam-se a uma determinada altitude e raio de ação, uma vez que necessitam de constante contato com a estação de controle. No entanto, possuem a vantagem de serem equipados com câmeras de visão, permitindo assim detectar fumaça e ignições com maior precisão (TORRES et al., 2020). Outras vantagens e desvantagens referentes a vigilância aérea são evidenciados pelo Quadro 13.

Quadro 13 - Vantagens e desvantagens referentes à vigilância aérea

Vantagens	Desvantagens
Garantem uma perspectiva de observação num prisma superior, podendo identificar a chama diretamente.	Requerem uma base aérea perto da área florestal a monitorar. No caso dos VANTs, necessita-se da instalação de uma estação terrestre.
Atingem maiores velocidades que os meios terrestres e se podem dirigir diretamente para o destino, conseguindo frequentemente chegar ao incêndio e começar a operar antes da chegada dos meios terrestres.	Exigem alocação de equipes específicas com formação certificada para operar esses meios.
Conseguem ter acesso a áreas remotas e acidentadas que os meios terrestres têm dificuldade em atingir.	Não conseguem operar em condições meteorológicas adversas, tampouco durante a noite.
Têm uma visão de toda a extensão do incêndio, acessos e ameaças, permitindo a recolha de informações em tempo útil (fator oportunidade), as quais podem ser transmitidas às forças terrestres, favorecendo a proficiência dos processos de tomada de decisão, em suas várias etapas.	Não podem vigiar continuamente uma determinada área.
Não envolvem riscos para os operadores, associados à propagação do fogo, e podem ser transportados facilmente para os locais que se pretende observar.	Os VANTs não dispõem de capacidades de navegação autônomas, diurna e noturna, nem de uma razoável capacidade de autonomia.

Fonte: adaptado de Torres et al. (2020)

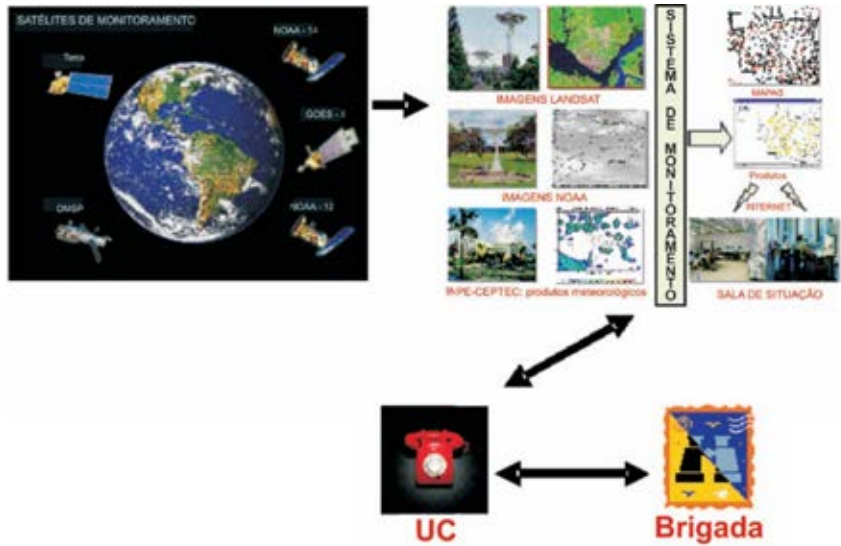
5.6.4 Satélites

A detecção por satélites consiste na utilização de dados de satélites artificiais, equipados com sensores de luz e calor de distintas resoluções espaciais e temporais, que captam e disponibilizam imagens, permitindo visualizar focos de calor em áreas florestais (ICMBIO, 2010).

Os satélites são utilizados devido à capacidade de visualização de grandes áreas e ao baixo custo em relação a outros sistemas, servindo de grande auxílio para análises e tomadas de decisão no combate aos incêndios.

No entanto, possuem limitações quanto às condições meteorológicas e interpretações equivocadas relativas à existência de ocorrências de incêndio devido às reflexões de objetos, necessitando, portanto, da confirmação das unidades terrestres (TORRES et al., 2020). O fluxo de informações entre os satélites e unidades é ilustrado pela Figura 58. Já o Quadro 14 apresenta instrumentos e características de diferentes famílias de satélites utilizados para aquisição de dados, bem como monitoramento e detecção de incêndios florestais.

Figura 58 - Fluxo de informações do sistema de detecção por satélites



Fonte: ICMBIO (2010)

Sensores	Família de Satélites	Resolução espectral	Resolução espacial	Resolução temporal	Características e aplicações
MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)	TERRA/ AQUA	0,4 a 14,4 nm	250 a 1000 m	1 a 2 dias	As imagens do MODIS oferecem uma base sistemática de dados na elaboração de produtos sobre as interações entre atmosfera, terra e oceano. É utilizado na medição de propriedades das nuvens, fluxo de energia radiante, propriedades dos aerossóis, mudanças no uso e cobertura das terras, queimadas, atividades vulcânicas, entre outros.
OLI (Operational Land Imager)	LANDSAT 8	0,433 a 2,300 nm	15 a 30 m	16 dias	O sensor OLI possui bandas espectrais para coleta de dados na faixa do visível, infravermelho próximo e infravermelho de ondas curtas, além de uma banda pancromática. Possui aplicações para mapeamentos temáticos diversos, na área de recursos naturais, agricultura, silvicultura, pedologia, queimadas, proteção e conservação da natureza, monitoramento ambiental, poluição, entre outros.
TIRS (Thermal Infrared Sensor)	LANDSAT 8	10,3 a 12,5 nm	100 m	16 dias	O sensor TIRS possui bandas espectrais na faixa do infravermelho termal. Oferece continuidade a aquisição de dados captados pela banda 6 do TM e ETM+. Os dados do sensor TIRS possuem 100m de resolução espacial, com resolução radiométrica de 12 bits e correção com os dados oriundos do sensor OLI.
GOES I-M (Imager Radiometer e Vertical Sounder)	GOES	0,55 a 12,5 nm	1 a 8 km	30 minutos	A sonda obtém dados sobre a atmosfera em sua estrutura vertical, como temperatura, temperatura no topo das nuvens, distribuição de ozônio, entre outros.
SAR (Synthetic Aperture Satellite)	SENTINEL 1A/1B/2A/2B	Sem informação	5 m	5 a 12 dias	Os radares têm capacidade de obter imagens tanto diurnas quanto noturnas, já que a frequência da que emite (entre 8 a 4 GHz ou 3,8 – 7,5 cm – Banda C) é baixa e não é barrada pela atmosfera terrestre.
OLCI (Ocean and Land Color Instrument)	SENTINEL 3A/3B	400 a 1040 nm	300 m	27 dias	O sensor OLCI é um espectrorradiômetro que mede a radiação solar refletida pela Terra, com o objetivo de monitorar o uso e ocupação das terras e as áreas oceânicas, além de coletar informações sobre a atmosfera terrestre.
SLSTR (Sea and Land Surface Temperature Radiometer)	SENTINEL 3A/3B	554 a 10854 nm	500 m a 1 km	27 dias	Mede a temperatura da superfície terrestre, seja massas d’água, seja a parte continental, para fornecer informações sobre clima e temperatura para aplicações meteorológicas.
AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer)	NOAA	0,58 a 12,80 nm	1,1 km	Diária (dia e noite)	O instrumento AVHRR é capaz de separar informação espectral proveniente da reflectância de neve e de nuvens e consegue detectar a presença de aerossóis na atmosfera com melhor acurácia. É aplicado na área de agricultura, principalmente em estimativas de fitomassa, índices de vegetação e monitoramento de queimadas.
PRISM (Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping)	ALOS	0,52 a 0,77 nm	2,5 m	Sem informação	O PRISM fornece dados com alta acurácia (1 metro) para elaboração de modelos digitais de superfície e de levantamentos topográficos com escala de até 1:25.000. Devido ao caráter não comercial do sistema ALOS que oferece imagens a baixo custo, o sensor PRISM pode ser interessante aos países que ainda não possuem levantamentos sistemáticos do relevo, como o caso do Brasil.
AVNIR-2 (Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type 2)	ALOS	0,42 a 0,89 nm	10 m	Sem informação	O AVNIR-2 é um radiômetro que opera nas regiões do visível e infravermelho, desenvolvido para mapeamentos temáticos em escalas de até 1:50.000, com ênfase em uso e cobertura das terras.
PALSAR (Phased Array L-band Synthetic Aperture Radar)	ALOS	Sem informação	7 a 100 m	Sem informação	O PALSAR é um radar de abertura sintética que opera na Banda L, capaz de obter imagens diurnas ou noturnas e em quaisquer condições atmosféricas.

Quadro 14 - Características e aplicações de sensores de diferentes satélites

Fonte: adaptado de EMBRAPA TERRITORIAL (2018).

5.7 Ações de combate

A ação de combate é a etapa de controle e extinção do incêndio florestal. Ela reúne todas as técnicas, materiais, princípios, recursos e pessoas para a aplicação prática, com o objetivo de impedir a propagação do fogo e extinguir completamente o incêndio (CBMESP,2006).A efetividade do combate e a gestão dos riscos de segurança dependerão das condições locais, qualificações dos envolvidos e das devidas técnicas e materiais utilizados.

Previamente ao combate é necessário analisar as informações sobre as condições do incêndio (intensidade, velocidade de propagação e direção do vento, entre outras) e sobre o local de ocorrência (topografia, tipos de combustíveis, áreas de risco e Unidades de Conservação, entre outros). Em seguida, verifica-se o potencial dano, estimando a quantidade de recursos necessários para o combate e se os recursos presentes são suficientes. Finalmente, a ação de combate é planejada selecionando as devidas ações, métodos, táticas e estratégias aplicáveis à ocorrência verificada (TORRES et al., 2020).

Dependendo das características do incêndio, diferentes métodos de combate podem ser utilizados. Em geral, os métodos são classificados em direto, indireto, paralelo ou combinado e aéreo, apresentados pelos subitens a seguir.

5.7.1 Método direto

Consiste no ataque direto ao fogo por meio de recursos aplicados por equipamentos específicos de combate, como bombas de água, abafadores e pás, entre outros (Figuras 59 e 60). São utilizados em incêndios com condições que permitam o enfrentamento à margem das chamas (ICMBIO, 2010). O combate terrestre pode ser auxiliado por operações aéreas, através de descargas de recursos diretamente sobre as chamas (CBMGO, 2017), conforme representado pelas figuras a seguir.



Figura 59 - Combate direto
Fonte: acervo Ceperj



Figura 60 - Combate direto: com água (esquerda); com abafador (meio); com pá direita)
Fonte: acervo Ceperj

As ações e recursos utilizados nesse método são descritos pelo Quadro 15:

Quadro 15 - Ações e recursos utilizados pelo método direto

Método	Ação	Recurso
Ataque direto	Deslocamento violento do ar	Soprador
		Abafador ou ramos
	Aumentar o vapor de água	Água Pulverizada (veículo-pipa ou bomba costal)
	Sufocar as chamas	Cobrir com abafadores
		Cobrir com terra com uma pá ou recorrer a maquinaria pesada (Trator de Esteira)
	Reduzir a temperatura do combustível	Uso de água (veículo-pipa ou bomba costal)
	Retirar e dispersar o combustível	Cortar, retirar e dispersar o combustível com ferramentas manuais

Fonte: adaptado de Torres et al. (2020)

5.7.2 Método indireto

Método utilizado em incêndios de grande proporção, rápida propagação, vegetação densa e topografia abrupta, entre outros que não possibilitam proximidade suficiente para o combate direto (CBMGO, 2017). Normalmente são utilizadas linhas de defesa em um perímetro de controle para evitar a propagação do incêndio florestal. As linhas de defesa podem ser classificadas em naturais, artificiais ou manuais (CBMESP, 2006).

Figura 61 - Fluxo de informações do sistema de detecção por satélites



Fonte: ICMBIO (2010)

As linhas de defesa naturais são os acidentes geográficos — rios, rochas e barrancos, entre outros. Já as artificiais consideram construções do homem previamente existentes — aceiros, estradas e trilhos, por exemplo. As linhas de defesa construídas são preenchidas com recursos retardantes ao fogo — bloqueadores químicos, água e terra, entre outros — ou são previamente queimadas — linhas negras. A Figura 61 apresenta alguns desses conceitos.

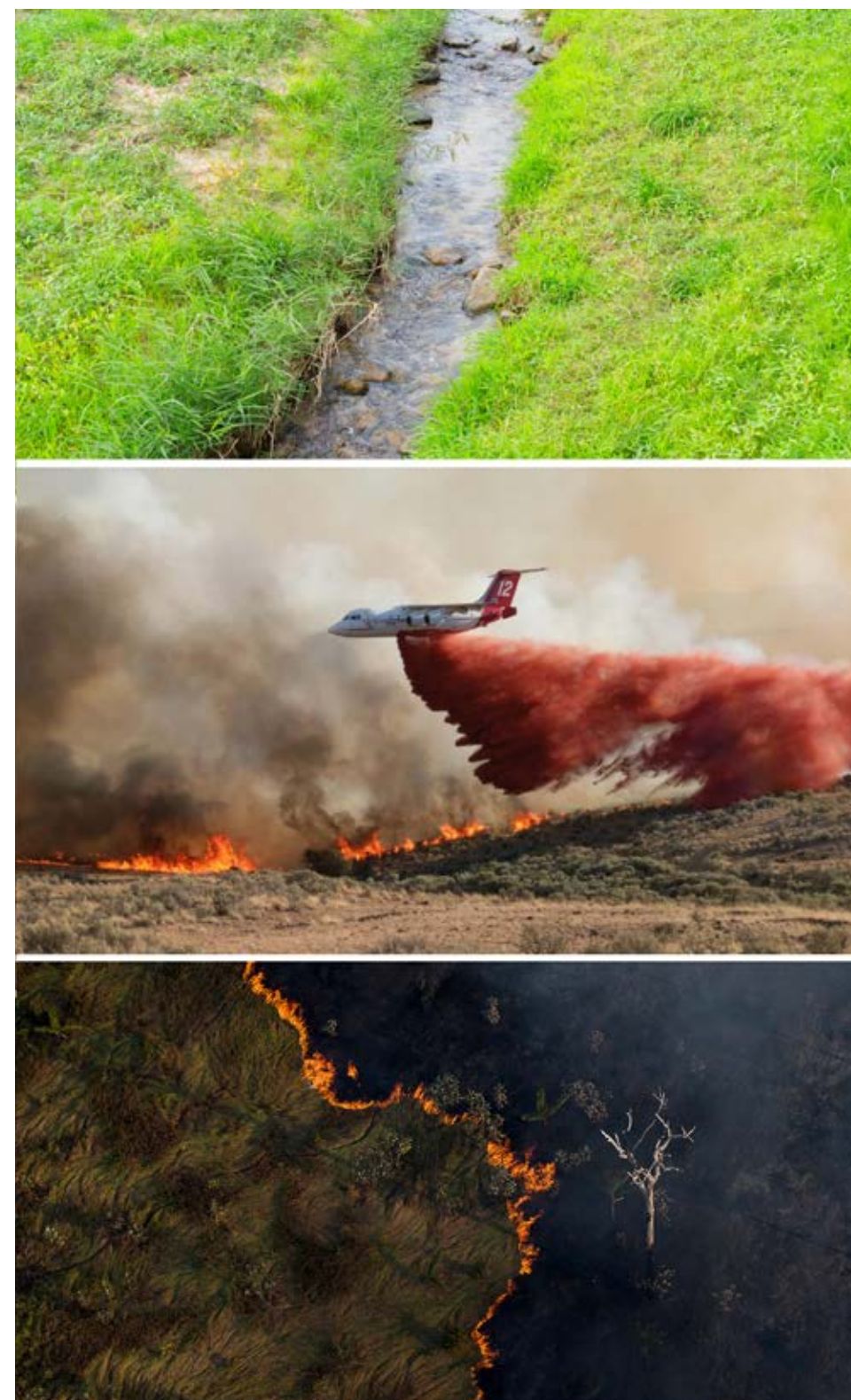


Figura 62 - Linhas de defesa: (a) barreira natural; (b) barreira química; (c) linha negra.
Fonte: Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás (2017)

5.7.3 Método paralelo ou combinado

Método intermediário entre o direto e o indireto, utilizado quando as condições do incêndio permitem aproximação, embora não seja suficiente para o combate direto. Também são utilizadas linhas de defesa ou aceiros no perímetro do incêndio, que permitem o percurso de veículos para que possam realizar o ataque direto (TORRES et al. 2020). São aplicados tanto em incêndios superficiais quanto subterrâneos (CBMGO, 2017). O Quadro 16 apresenta ações e recursos utilizados neste método.

Quadro 16 - Ação e recursos utilizados pelo método paralelo

Método	Ação	Recurso
Ataque combinado ou paralelo	Cortar a continuidade do combustível	Abertura de linhas de defesa manuais
		Abertura mecanizada de linhas de defesa
		Retardantes
		Fogo Tático
	Reduzir a temperatura do combustível	Água

Fonte: adaptado de Torres et al.

5.7.4 Método aéreo

O método aéreo consiste no combate direto ou indireto do incêndio, por meio da utilização de aeronaves e helicópteros especializados. Esse método é utilizado em incêndios de copas ou superficiais de grande intensidade, geralmente aplicadas em áreas de difícil acesso para as equipes terrestres (CBMESP, 2006).

5.8 Registro

O registro se refere a etapa pós ocorrência, na qual são sistematizadas todas as informações referentes ao incêndio florestal, desde sua origem até sua extinção. Geralmente são utilizados relatórios ou formulários com itens de preenchimento, armazenados em sistemas internos ou banco de dados, de fundamental importância para caracterização das ocorrências, avaliação dos incêndios na região e das operações de combate, quando aplicadas.

Adicionalmente, a sistematização dos registros permite o aprimoramento e a manutenção do plano de proteção, bem como servir de auxílio para implantação de planos em outros locais (RIBEIRO, 2004). Para o aprimoramento do plano, são necessárias avaliações casuais e periódicas das etapas de execução, podendo ser feitas por meio de relatórios elaborados a partir destes registros.

Em geral, os relatórios de ocorrência de incêndios são preenchidos com as seguintes informações:

- Localização;
- caracterização da área (topografia, vegetação e atividades);
- dados meteorológicos (umidade relativa, temperatura local, velocidade do vento e risco de incêndio); e
- Dados do incêndio (horário de início, detecção, método e recursos utilizados, equipe, horário de extinção, causa provável, área queimada, material combustível e fauna e flora atingida).

Figura 63 - Combatente sobre área queimada

Fonte: Canvas ([s.d])

A Figura 64 apresenta o ROI (Registro de Ocorrência de Incêndio) utilizado para preenchimento das mencionadas informações referentes à ocorrência, sistematizada no banco de dados do Sistema Nacional de Informações sobre o Fogo (Sisfogo) do IBAMA.

Figura 64 - Registro de ocorrência de incêndio



REGISTRO DE OCORRÊNCIA DE INCÊNDIO


MUNICÍPIO: _____ UF: _____ RIO: _____

DISTRITO: _____

I - LOCALIZAÇÃO DO INCÊNDIO

Especificação do local: _____

Áreas Protegidas: ☐ Terra Indígena ☐ Unidade de Conservação

☐ Federal ☐ Municipal ☐ Dentro

☐ Estadual ☐ APPM ☐ Exterior

Áreas públicas e particulares:

☐ Comunidade Tradicional ☐ Floresta Pública

☐ Área Florestal ☐ Área Urbana

☐ Propriedade Rural ☐ Projeto de Assentamento

☐ Outros: _____

Início do Incêndio: ☐ 1. dia ☐ 1. horário

ATENÇÃO: PONTOS DEVEM SER MARCADOS EM SISTEMA DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS E DATUM SAD 83.

II - DADOS DO COMBATE

Detecção:

☐ Transiente/Visitante ☐ Morador do município ☐ Durante combate

☐ Ponto de observação ☐ Monitoramento por satélite ☐ Ronda

☐ Polícia ☐ Funcionário Público ☐ Assentado/Proprietário

☐ Outro (especificar): _____

Etapas do combate **Forma de extinção**

	dia	mês	ano	hora	
Início do incêndio					☐ Combate direto
Detecção					☐ Combate indireto
Primeiro ataque					☐ Extinção natural
Combate					
Extinção					

Dificuldades no combate (descrever): _____

III - PROVÁVEIS CAUSAS

Acidente

☐	Condições de tempo
☐	Grão de alta tensão
☐	Fagulha de máquinas
☐	Fagulha transportada pelo vento
☐	Resistência

Extremidade

☐	Uso
☐	Entrada de material
☐	Entrada de espécie vegetal
☐	Entrada de madeira
☐	Limpeza de área para mineração

IV - PROVÁVEL CAUSADOR OU AGENTE CAUSAL

☐	Indeterminado
☐	Descarga elétrica (voto)
☐	Descarga elétrica (voto de alto tensão)
☐	Aquecimento
☐	Bateria
☐	Brigadeiro
☐	Cajador
☐	Colador de mel
☐	Cilindro
☐	Empresa florestal
☐	Extrativista vegetal
☐	Ferramenta (uso de fogo de artifício)
☐	Função do estabelecimento

☐	Gerador
☐	Incidência/Procedimento
☐	Invasor
☐	Machado
☐	Monitor de estiva
☐	Motociclista/Operador do máquina
☐	Precedido
☐	Procedimento
☐	Relatório
☐	Transferência
☐	Trabalhador rural
☐	Outros:

V - DANOS

Extinção de área queimada:

_____ ha

Áreas mortas:

Áreas atingidas:

Vegetação atingida:

☐	Mato ou floresta nativa
☐	Floresta cultivada
☐	Plantagem nativa de campo limpo
☐	Plantagem cultivada
☐	Área degradada ou capoeira
☐	Vegetação arbustiva
☐	Bras, mato ou cerrado

Outras vegetações atingidas:

OBSERVAÇÕES

Responsável (Nome legível): _____
Data: _____

Fonte: IBAMA (2017c)

Os registros preenchidos com as devidas informações permitem ao gestor analisar as principais deficiências e necessidades de medidas de proteção, objetivando estratégias e tomadas de decisão com maior efetividade técnica e econômica.

Referências bibliográficas

ALMEIDA, F. S.; DE MENEZES, S. J. M. DA C. Métodos para prevenção, detecção, comunicação e combate a incêndios em Unidades de Conservação. p. 6, jun. 2018.

ANDERSON, L. O. et al. Modelo conceitual de sistema de alerta e de gestão de riscos e desastres associados a incêndios florestais e desafios para políticas públicas no Brasil. **Territorium**, n. 26(1), p. 43–61, 4 abr. 2019.

ASCOM; CEMADEN. Plataforma de monitoramento identificará imóveis rurais, áreas protegidas e acesso aos focos de queimadas e incêndios florestais da Amazônia – Cemaden, 3 out. 2019. Disponível em: <<http://www2.cemaden.gov.br/plataforma-de-monitoramento-identificara-imoveis-rurais-areas-protegidas-e-acesso-aos-focos-de-queimadas-e-incendios-florestais-da-amazonia/>>. Acesso em: 2 nov. 2021

BATISTA, A. C. Mapas de risco: uma alternativa para o planejamento de controle de incêndios florestais. **Floresta**, v. 30, n. 12, 31 dez. 2000.

CAVALCANTE, K. L. A importância da prevenção, controle e combate aos incêndios florestais na preservação do meio ambiente. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 12, p. 32346–32354, 2019.

CORPO DE BOMBEIRO MILITAR DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (CBMERJ). **Corpo de Bombeiros RJ lança Operação Extinctus. CBMERJ**, 7 jul. 2021. Disponível em: <<https://www.cbmerj.rj.gov.br/institucional/item/2195-corpo-de-bombeiros-rj-lanca-operacao-extinctus>>. Acesso em: 3 dez. 2021

CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO (CBMESP). **Manual de Combate a Incêndios Florestais**, 2006. Disponível em: <<https://www.bombeiros.com.br/imagens/manuais/manual-04.pdf>>

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DE GOIÁS (CBMGO). **Manual Operacional de Bombeiros: Prevenção e Combate a Incêndios Florestais**, 2017. Disponível em: <<https://www.bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2015/12/MOB-FLORESTAL.pdf>>

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Operação Corta-FogoCorta-Fogo, [s.d.]. Disponível em: <<https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/cortafogo/>>. Acesso em: 2 nov. 2021

HILL, L. L.; ZIMMERMAN, T. IT Part 4: Virtual Situation Awareness Tools. Disponível em: <<https://www.iawfonline.org/article/it-part-4-virtual-situation-awareness-tools/>>. Acesso em: 8 nov. 2021.

IBAMA. Programa de Ação Interagências. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/prevfogo?id=781>>. Acesso em: 8 nov. 2021a.

IBAMA. Projetos de Cooperação Técnica Nacionais e Internacionais. Disponível em: <<http://ibama.gov.br/component/content/article?id=793>>. Acesso em: 2 nov. 2021b.

IBAMA. Registro de Ocorrência de Incêndios (ROI). Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/incendios-florestais/registro-ou-consulta-de-incendio/registro-de-ocorrencia-de-incendios-roi>>. Acesso em: 2 nov. 2021c.

ICMBIO. **Manual para Formação de Brigadista de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais**, 2010. Disponível em: <<https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/servicos/sejaumbrigadista.pdf>>

INPE. CIMAN | Sobre. Disponível em: <<http://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/ciman/sobre/>>. Acesso em: 2 nov. 2021.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF WILDLAND FIRE. IT Part 1: Tablets, Smart Phones and Common-Operating-Picture Intelligence. Disponível em: <<https://www.iawfonline.org/article/it-part-1-tablets-smart-phones-and-%e2%80%a8common->>

operating-picture-intelligence/>. Acesso em: 8 nov. 2021.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF WILDLAND FIRE. The International Association of Wildland Fire – Working for a Higher Standard. Disponível em: <<https://www.iawfonline.org/article/the-international-association-of-wildland-fire-working-for-a-higher-standard/>>. Acesso em: 8 nov. 2021.

LAGARES, R. DE O. Análise da efetividade e eficácia do plano de prevenção e combate a incêndios florestais no Distrito Federal. Mestrado—Distrito Federal, Brasília: Universidade de Brasília, jan. 2007.

OLIVEIRA, V. F. R. DE et al. Geoprocessamento aplicado ao mapeamento de risco a incêndios. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 3, p. 1194–1212, 1 jun. 2020.

PAUSAS, J. G.; KEELEY, J. E. Wildfires as an ecosystem service. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 17, n. 5, p. 289–295, 2019.

RIBEIRO, G. A. ESTRATÉGIAS DE PREVENÇÃO CONTRA OS INCÊNDIOS FLORESTAIS. **FLORESTA**, v. 34, n. 2, 31 ago. 2004.

RODRIGUES, A. N. C. Considerações sobre prevenção e combate aos incêndios florestais no Estado do Rio de Janeiro. Monografia—Seropédica, Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2008.

SANTIAGO, G. DA S. Comunicação Interagencial em Resposta de Emergência: Os Incêndios Florestais Ocorridos em Portugal no período entre 2015-2019. Mestrado—Porto, Portugal: Universidade Fernando Pessoa, 2020.

SCHUMACHER, M. V.; DICK, G. INCÊNDIOS FLORESTAIS 3o edição - revisada. n. 3, p. 151, jul. 2018.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL. Fogo: prevenção e controle no meio rural, 2018. Disponível em: <<https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/227-FOGO.pdf>>

SETZER, A., W.; SISMANOGLU, R. A. Risco de Fogo: Metodologia do Cálculo – Descrição sucinta da Versão 9. p. 6, out. 2012.

TORRES, F. T. P. et al. Mapeamento do Risco de Incêndios Florestais Utilizando Técnicas de Geoprocessamento. **Floresta e Ambiente**, v. 24, n. 0, 2017.

TORRES, F. T. P. et al. **Manual de Prevenção e Combate de Incêndios Florestais**. 2020. Disponível em: <<https://www.cemig.com.br/wp-content/uploads/2021/03/manual-prevencao-combate-incendios-florestais.pdf>>

VENTURI, N. L. Determinação de locais ótimos para implantação de torres de vigilância a incêndios florestais por meio de sistema de informações geográficas. Mestrado—Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2006.

VENTURI, N. L.; ANTUNES, A. F. B. Determinação de locais ótimos para implantação de torres de vigilância para detecção de incêndios florestais por meio de sistema de informações geográficas. **Floresta**, v. 37, n. 2, 21 ago. 2007.

VETTORAZZI, C. A.; FERRAZ, S. F. DE B. Uso de sistemas de informações geográficas aplicados à prevenção e combate a incêndios em fragmentos florestais. **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**. v. 12, n. 32, p. 111–115, dez. 1998.

A firefighter in a blue uniform is seen from behind, spraying a powerful stream of water onto a large fire in a dry, brushy area. The fire is intense, with thick smoke rising into the air. The scene is captured from a high angle, showing the firefighter's position relative to the burning area.

Capítulo 6

Ocorrências de incêndios florestais

6 Ocorrências de incêndios florestais

As ocorrências de incêndio florestal podem se desenvolver rapidamente em escalas catastróficas (mega incêndios), causando não só impactos locais, como também potenciais impactos globais, muitas vezes prejudicando a economia e a vida social de toda uma sociedade. Da mesma forma, altas quantidades de focos e recorrentes incêndios em uma mesma região, mesmo que em menores proporções, podem trazer significativos impactos e tornar o ecossistema atingido cada vez mais propenso à atividade do fogo.

A severidade das ocorrências é verificada pela extensão de área queimada e pelo efeito destrutivo do fogo, pela deterioração de biomas e ecossistemas, perdas de espécies de fauna e flora, bem como danos sociais, econômicos e sobre a saúde humana.

A frequência, a propagação e a intensidade de ocorrências são agravadas por fatores climatológicos (variação da intensidade solar, ondas de calor e composição química da atmosfera, entre outras) e meteorológicos (ausência de precipitação, altas temperaturas, baixa umidade relativa do ar e elevada intensidade do vento), ambas combinadas com as características ecológicas da paisagem.

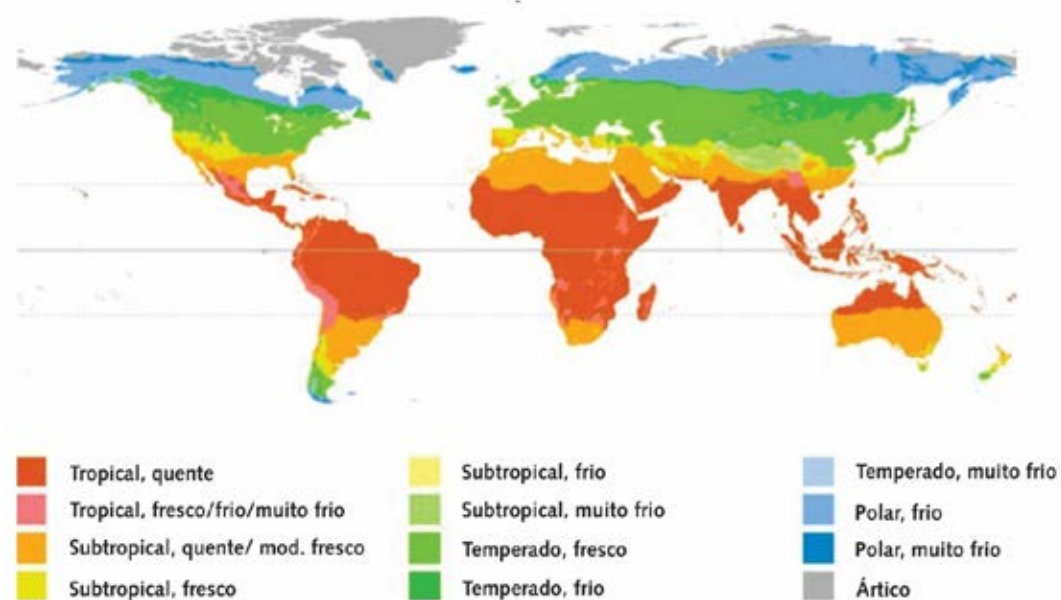
Tendo em vista a possibilidade da ignição inicial — natural ou antrópica, munidos dos mencionados fatores — se desenvolver em uma grande ocorrência de incêndio florestal, cabe aos gestores a identificação das regiões mais vulneráveis, suscetíveis e prioritárias, objetivando o devido planejamento territorial, utilização de recursos públicos e gestão dos riscos associados a incêndios florestais, priorizando ações preventivas que evitem a ignição ou propagação do fogo, passando por eficientes sistemas de monitoramento, alerta e detecção de focos, chegando a ações de mitigação que favoreçam o controle da intensidade e magnitude, e à extinção dos incêndios, bem como à garantia da segurança dos envolvidos.

Nesse sentido, o presente capítulo visa apresentar contextos quantitativos e qualitativos de ocorrências de incêndios florestais no cenário global e nacional, verificados a partir de revisão bibliográfica, a fim de exemplificar e trazer uma melhor compreensão dos conceitos já apresentados.

6.1 Cenário global

Elevadas quantidades de áreas queimadas e ocorrências de incêndio florestal em grandes proporções (mega incêndios) são registrados e notificados anualmente nas diversas regiões do planeta, desde em zonas intertropicais, onde o risco climatológico é maior, até em zonas frias e temperadas, com maior atividade no mediterrâneo. A Figura 65 apresenta as zonas térmicas do globo, evidenciando regiões com maiores riscos climatológicos.

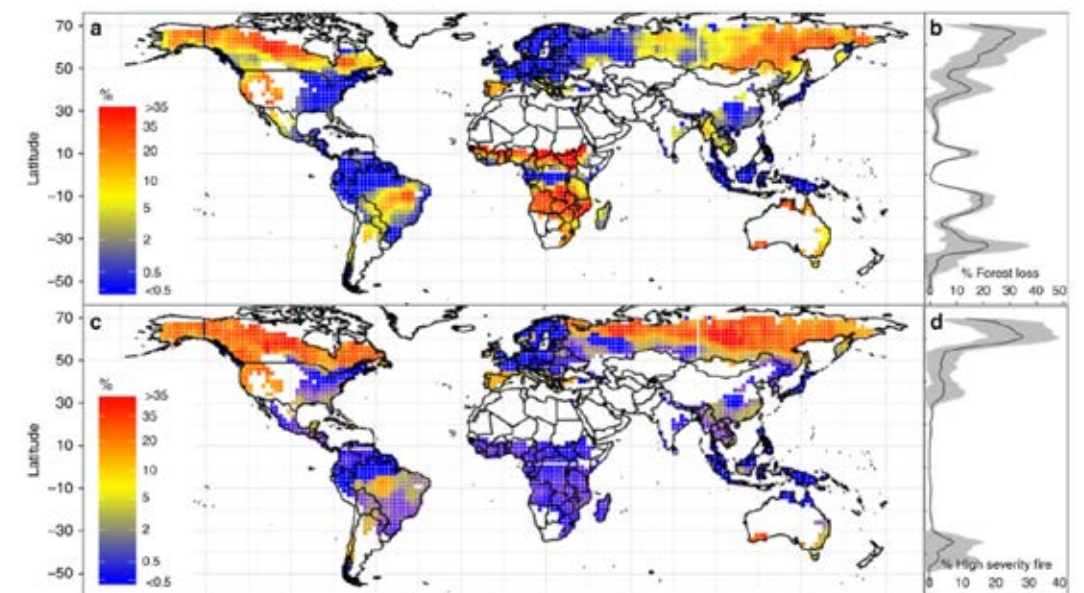
Figura 65 - Zonas térmicas



Fonte: Food and Agriculture Organization of the United Nations [s.d]

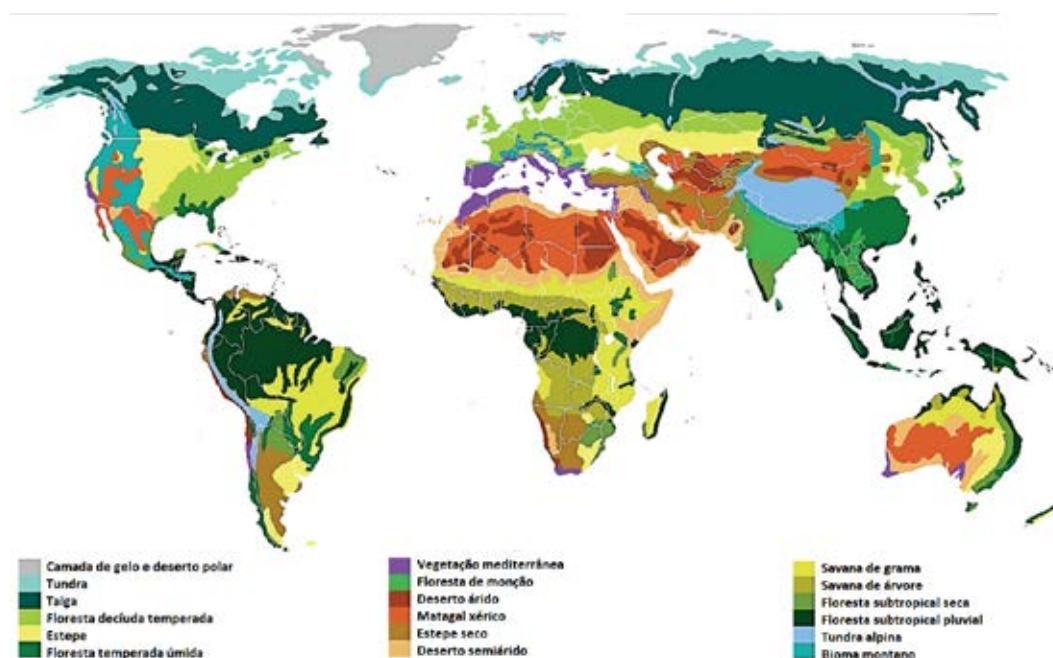
Sob a perspectiva de área queimada, a Figura 66 apresenta a atividade do fogo pelo planeta, verificada pela porcentagem de perda florestal média anual devido a incêndios florestais, a partir de dados compilados de 2003 a 2014. A atividade do fogo verificada, varia entre causas naturais e antrópicas. Sob a perspectiva ecossistêmica, destacam-se savanas e bosques nos cinturões tropicais, estepes temperadas, arbustos mediterrâneos, turfeiras equatoriais e florestas boreais (ROBINNE et al., 2018). A Figura 67 apresenta a distribuição de biomas pelo globo.

Figura 66 - Porcentagem de perda florestal média anual pelo fogo (2003-2014)



Fonte: Liu; Ballantyne; Cooper (2019)

Figura 67 - Biomas terrestres do globo



Fonte: Robinne et al. (2018).

Em algumas dessas paisagens o fogo faz parte do processo ecológico, havendo períodos e episódios recorrentes de incêndios que, eventualmente, são necessários para a sustentação da fauna e flora local. Por exemplo, para manter a estrutura e composição características de ecossistemas que evoluíram com o fogo. No caso de paisagens não acostumadas com esses eventos, o fogo produz significativos impactos no ecossistema, representando alta sensibilidade a incêndios florestais.

Estas associações são conceituadas por Hardesty et. al (2005 apud PIVELLO, 2011), sendo os ecossistemas classificados como:

- Independentes do fogo: ecossistemas nos quais o fogo nunca ou muito raramente ocorre porque as condições climáticas não o permitem (muito seco, muito úmido ou muito frio) ou porque não há biomassa suficiente para sua ignição e propagação;

- Sensíveis ao fogo: ecossistemas que são danificados pelo fogo, que interrompem seus processos ecológicos, resultando na morte de muitos indivíduos ou até mesmo eliminando espécies em tais ecossistemas que não evoluíram sob essa força seletiva; e
- Dependentes do fogo: ecossistemas adaptados ao fogo, nos quais suas espécies e processos ecológicos presentes evoluíram em razão de eventos periódicos ou episódios de incêndio, sendo os incêndios propensos e recorrentes em tais ecossistemas.

São exemplos de ecossistemas dependentes do fogo a taiga, as savanas africanas e o Cerrado brasileiro, as monções e as florestas secas de Sul da Ásia, as florestas de eucalipto da Austrália, as florestas de coníferas da Califórnia, a região do Mediterrâneo, bem como todas as florestas de pinheiros da taiga para os subtropicais. A frequência e intensidade dos incêndios nessas regiões dependem de fatores naturais como o clima, tipo de vegetação, queda de raio, biomassa acumulada ou condições do terreno (HARDESTY; MYERS; FULKS, 2005; HIRSCHBERGER, 2016).

No caso de ocorrências em florestas tropicais e subtropicais, as causas são principalmente antropogênicas, uma vez que essas florestas se localizam em regiões de chuvas fortes e frequentes, com ausência ou quase ausência de uma estação seca. A atividade de fogo está fortemente relacionada ao desmatamento e à agricultura itinerante, verificando-se ocorrências de incêndios florestais em regiões da Amazônia, América Central e Sudeste Asiático, originadas de tais atividades (HIRSCHBERGER, 2016).

Os gráficos a seguir foram elaborados a partir de dados da plataforma de monitoramento de florestas Global Forest Watch, produzidos através da parceria de diversas entidades e disponíveis para adaptação e análise em seu ambiente online.

Os gráficos são relativos à perda global de floresta primária úmida (Gráfico 4), à perda de cobertura global anual por país (Gráfico 5) e à perda de cobertura arbórea anual global por causador dominante (Gráfico 6).

As florestas primárias possuem maior biodiversidade entre as florestas, fornecendo diversos serviços ao ecossistema (GIBSON et al., 2011). A cobertura arbórea é a presença biofísica de árvores com mais de 5 metros de altura. A perda de floresta primária úmida, neste levantamento, representa a remoção ou mortalidade da cobertura de árvores, causados por diversos fatores, como: colheita mecânica, incêndio, doença ou danos causados por tempestade; não representando, necessariamente, o desmatamento.

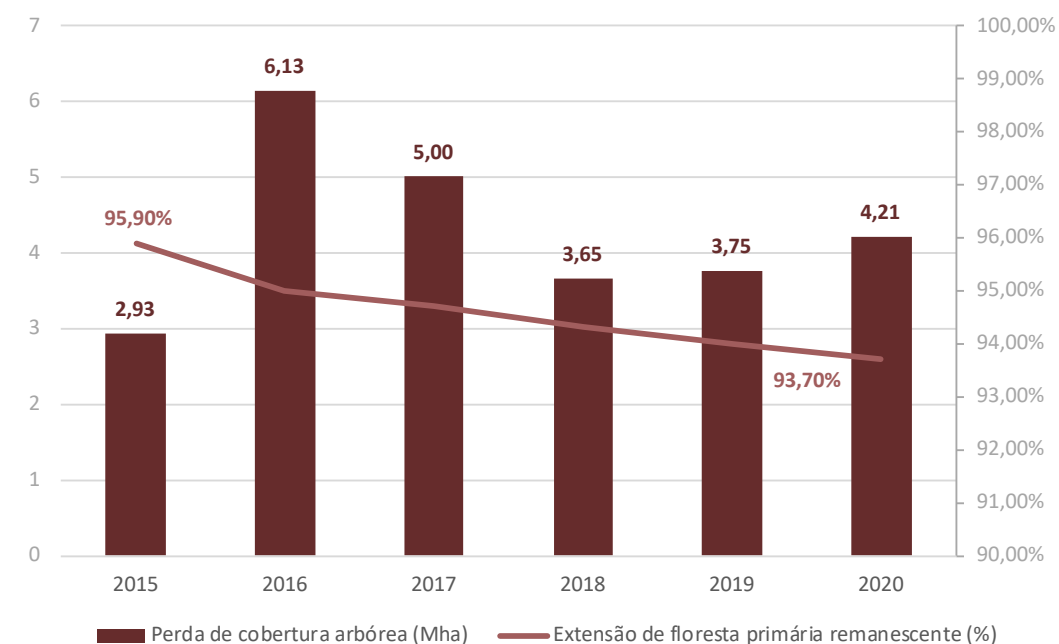
De 2015 a 2020, houve um total de 25,7 Mha de florestas primárias úmidas perdidas globalmente, representando 17% de sua perda total de cobertura arbórea no mesmo período de tempo, sendo a área total de florestas primárias úmidas reduzida, globalmente, em 2,5% (GLOBAL FOREST WATCH, s.d).

De acordo com os critérios da Global Forest Watch, a perda de cobertura arbórea anual em cada país é representada pela substituição de nível do povoamento de vegetação (maior que 5 metros), que inclui mudanças tanto na floresta natural quanto na plantada, não necessariamente causadas pelo homem. De 2015 a 2020 houve um total de 153 Mha de perda de cobertura arbórea globalmente, o equivalente a uma redução de 3,9% na cobertura arbórea desde 2000 e 66,1 Gt (Gigatonelada) de emissões de CO₂, como demonstra o Gráfico 4.

Com relação à perda global de cobertura arbórea, apresentada no Gráfico 5, é indicado a área de perda, em Mha, por causador dominante de 2015 a 2019, sendo os causadores definidos como:

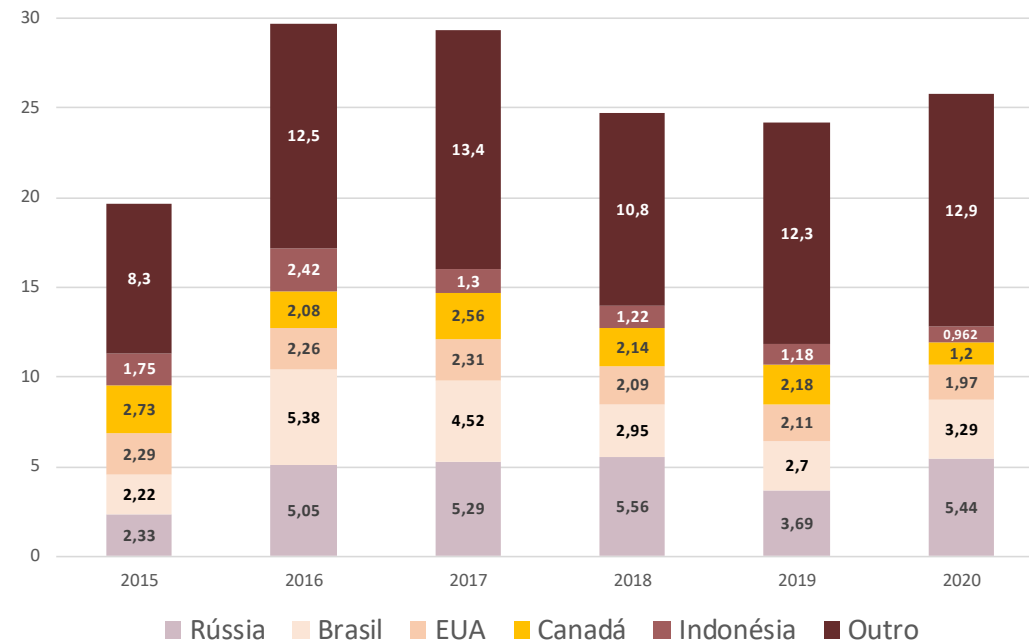
- Desmatamento impulsionado por commodities: desmatamento em grande escala vinculado principalmente à expansão da agricultura comercial;
- Agricultura itinerante: perda temporária ou desmatamento permanente devido à agricultura de pequena e média escala;
- Silvicultura: perda temporária de plantio e colheita florestal natural, com algum desmatamento de florestas primárias;
- Incêndio florestal: perda temporária que não inclui limpeza do terreno com fogo para agricultura; e
- Urbanização: desmatamento para expansão de centros urbanos.

Gráfico 4 - Perda global de floresta primária úmida



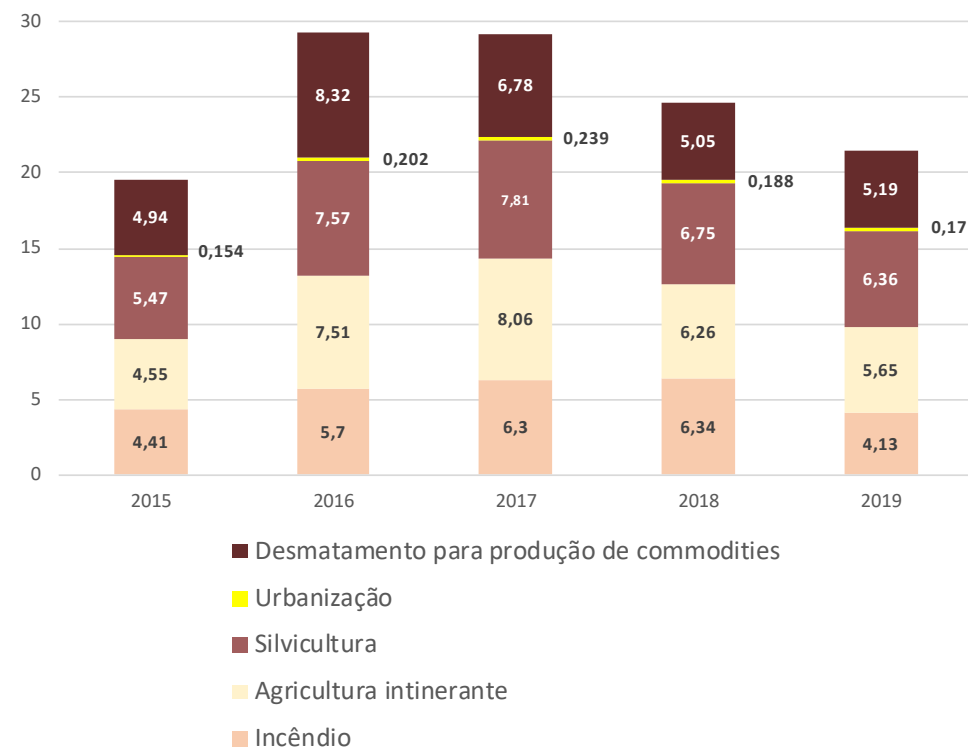
Fonte: adaptado de University of Maryland and World Resources Institute [s.d].

Gráfico 5 - Perda de cobertura arbórea anual por país (Mha)



Fonte: adaptado de Global Forest Watch [s.d]

Gráfico 6 - Perda de cobertura arbórea anual global por causador dominante (Mha)



Fonte: adaptado de The Sustainability Consortium; World Resources Institute; University of Maryland [s.d]

As categorias de desmatamento em busca de commodities e para urbanização representam desmatamento permanente, enquanto a cobertura arbórea afetada por outros tipos, geralmente, cresce de novo. Ainda, de acordo com os autores, o conjunto de dados utilizados para as categorias apresentadas não indica a estabilidade ou condição da cobertura do território após perda de cobertura arbórea ou distinção entre queimadas naturais e causadas por atividades humanas. Nesse contexto e período (2015-2019), 25% da perda de cobertura arbórea ocorreu em áreas nas quais os fatores principais de perda resultaram em desmatamento.

Sob a perspectiva territorial, os regimes de fogo são cada vez mais frequentes, bem como os impactos substanciais em biomas, vidas humanas e propriedades, sendo elevadas quantidades de áreas queimadas e ocorrências de incêndio florestal de grandes proporções verificadas na América do Norte, em regiões da Califórnia e Canadá, regiões da Rússia, Austrália, Brasil, África, Indonésia e, principalmente, regiões do mediterrâneo, como Portugal, Grécia e Espanha, entre outros (BENTO-GOLÇALVES et al., 2015; FERREIRA-LEITE et al., 2015a).

O regime de fogo se refere ao padrão natural histórico de ocorrências de incêndios florestais em uma região, associada às características dos diferentes ecossistemas (HARDESTY; MYERS; FULKS, 2005). Tais regimes podem ser influenciados por vários fatores, como as mudanças climáticas (concomitante às taxas de ignição natural), a propagação de vegetação exótica naturalizada e combustíveis nativos (concomitante à inflamabilidade), bem como pela ação antrópica (mudanças no uso da terra, fragmentação e frequência de ignições de causa humana) (GILL & ALLAN, 2008 apud BENTO-GONÇALVES et al., 2015). Essa influência os torna mais frequentes, ocasionando o

estresse e degradação de ecossistemas, consequentemente ameaçando os processos ecológicos presentes.

No domínio mediterrâneo, com inverno suave e verão mais seco que o resto das zonas temperadas, verifica-se elevada quantidade de ocorrências impulsionadas pela coincidência dos períodos mais secos com o período mais quente do ano, tornando o risco climatológico maior, bem como pela pressão demográfica e atividades humanas (REBELO, 1996). De acordo com a Robinne et al., “na Europa, cerca de 96% dos incêndios no Mediterrâneo são causados por atividades humanas, muitas vezes por negligência, mas também por incêndio criminoso, devido a conflitos relacionados à propriedade da terra e mudança de uso da terra” (ROBINNE et al., 2018, p. 19). O centro de Portugal, o sul da Espanha e a Grécia se destacam do resto da Europa com os mais trágicos incêndios desse continente (ARTÉS et al., (2019).

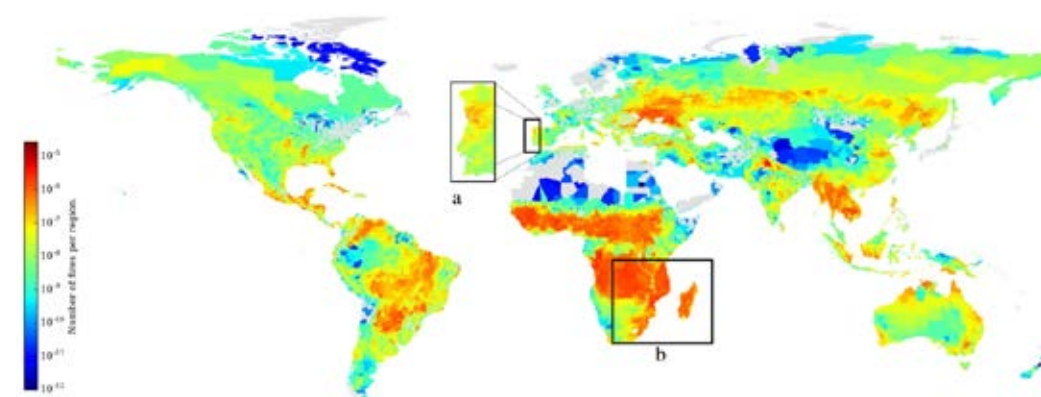
6.1.1 Mega incêndios

Os mega incêndios são caracterizados por linhas de fogo de intensidade extremamente alta, duração muito longa e extensão muito grande de área queimada. Normalmente, são desenvolvidos por vários focos iniciais com suas frentes fundidas em uma única super frente (EFTICHIDIS, 2007 apud MADITINOS; VASSILIADIS, 2011). Geralmente, tais ocorrências são desenvolvidas em condições de risco extremo, gerando significativos impactos locais e potenciais impactos globais.

Os impactos dos incêndios dependem em grande parte do incêndio características (por exemplo, tamanho, calor liberado, duração e intensidade). Incêndios maiores são o resultado de condições mais extremas (alta disponibilidade de combustível, baixa umidade, altas temperaturas e alta velocidade do vento) e, portanto, são frequentemente mais intensos e têm maiores impactos do que os menores incêndios (FERREIRA-LEITE et al., 2015a, p.18).

A Figura 68 a seguir foi elaborada por Artés et al. (2019) com dados compilados de 2001 a 2017. Ela demonstra a velocidade máxima de propagação de ocorrências em uma determinada região. As regiões que apresentam cores mais “quentes” são definidas como as mais rápidas em relação às cores mais “frias”. A velocidade máxima de propagação é medida em hectare de área queimada por dia. Os autores destacam regiões de países nas quais os incêndios florestais são mais imprevisíveis e prejudiciais, como em Malheur, EUA (a); no sul da Espanha e no centro de Portugal (b); na região do Peloponeso na Grécia (c); em Chernozermel'skiy rayon, na Rússia (d); Halhgoi, na Mongólia (e); Santa Isabel, Argentina (f); República de Tanganika (g) e; por fim, em Tableland, Austrália (h).

Figura 68 - Velocidade máxima de propagação de ocorrências de incêndios florestais



Fonte: ARTÉS et al. (2019)

Das diversas temporadas de incêndio florestal notificadas, grande parte está relacionada aos períodos críticos (estações quentes e secas), com agravamento por fatores climáticos e pelas características ecológicas da paisagem. Com relação ao desenvolvimento de mega incêndios, as causas variam de ações antrópicas ou ausência delas, seja diretamente pela utilização do fogo, ou indiretamente, através da modificação da paisagem.

No caso de ausência de ações, refere-se à deficiência ou ausência de instrumentos, medidas e/ou sistemas de prevenção, alerta e combate de incêndios florestais. Ignições naturais devido a descargas elétricas (raios) também são verificadas.

A seguir, destacam-se as temporadas de ocorrências de incêndio florestal e mega incêndios, notificadas na América do Norte (Califórnia e Canadá), Rússia, Portugal, Grécia e Austrália; com dados, detalhes e peculiaridades das ocorrências, verificados a partir de relatórios oficiais e estudos de caso, bem como algumas imagens de satélite disponibilizadas.

6.1.1.1 Califórnia, EUA

O ano de 2018 foi marcado por grande quantidade de incêndios florestais registrados pela Califórnia, sendo considerado até então, a temporada mais catastrófica sob a perspectiva de ocorrências e impactos de incêndios (BROWN et al., 2020). Segundo o relatório dos autores, foram queimados aproximadamente 600.000 hectares, além de danificar em torno de 22.000 estruturas e causar 95 fatalidades. O Quadro 17 apresenta dados referentes a 3 mega incêndios registrados nesta temporada.

Quadro 17 - Mega incêndios na Califórnia, EUA (2018)

	Mendocino Complex Fire	Woolsey Fire	Camp Fire
Condados	Colusa, Glenn, Lake e Mendocino	Ventura e Los Angeles	Butte
Área queimada	459.123 acres	96.949 acres	153.336 acres
Estruturas destruídas	281	1.643	18.804
Vítimas	1	3	85
Causa	Humana.	Provável dano em equipamento elétrico.	Torre de transmissão.
Fatores agravantes	Altas temperaturas, baixa umidade e rajadas de vento.	Fortes ventos, topografia, escassez de recursos para contenção.	Vegetação seca, temperatura alta, baixa umidade, ventos fortes, incêndios anteriores e intervenção antrópica na paisagem.

Fonte: adaptado de California Department of Forestry and Fire Protection (2019); Mass; Ovens (2021); Porter; Crowfoot; Newsom (2018); Rossiello; Szema (2019); Wong; Broader; Shaheen (2020) Woolsey Fire

Woolsey Fire

O *Woolsey Fire* ocorreu simultaneamente a outro incêndio de grandes proporções (*Hill Fire*) e se tornou um dos mais extensos da temporada de 2018, abrangendo os territórios entre Thousand Oaks e Malibu (ROSSIELLO; SZEMA, 2019). De acordo com os autores, durante o início da ocorrência 400

peças atuavam no incêndio Hill Fire, enquanto 150 atuavam no incêndio de Woolsey.

A Figura 69, do artigo do Los Angeles Times (SCHLEUSS; KRISHNAKUMAR, 2018), apresenta a progressão da extensão do incêndio ao longo dos primeiros dias e as Figuras 70 e 71 exibem imagens de satélites antes e durante a ocorrência.

Figura 69 - Progressão da extensão do Woolsey Fire



Fonte: adaptado de Schleuss & Krishnakumar, (2018)

FIGURA 70 - ANTES - 3 DE NOVEMBRO DE 2018



FIGURA 71 - DURANTE - 11 DE NOVEMBRO DE 2018



Fonte: Landsat 8 (U.S. Geological Survey's Earth Resources and Science Center, [s.d.])

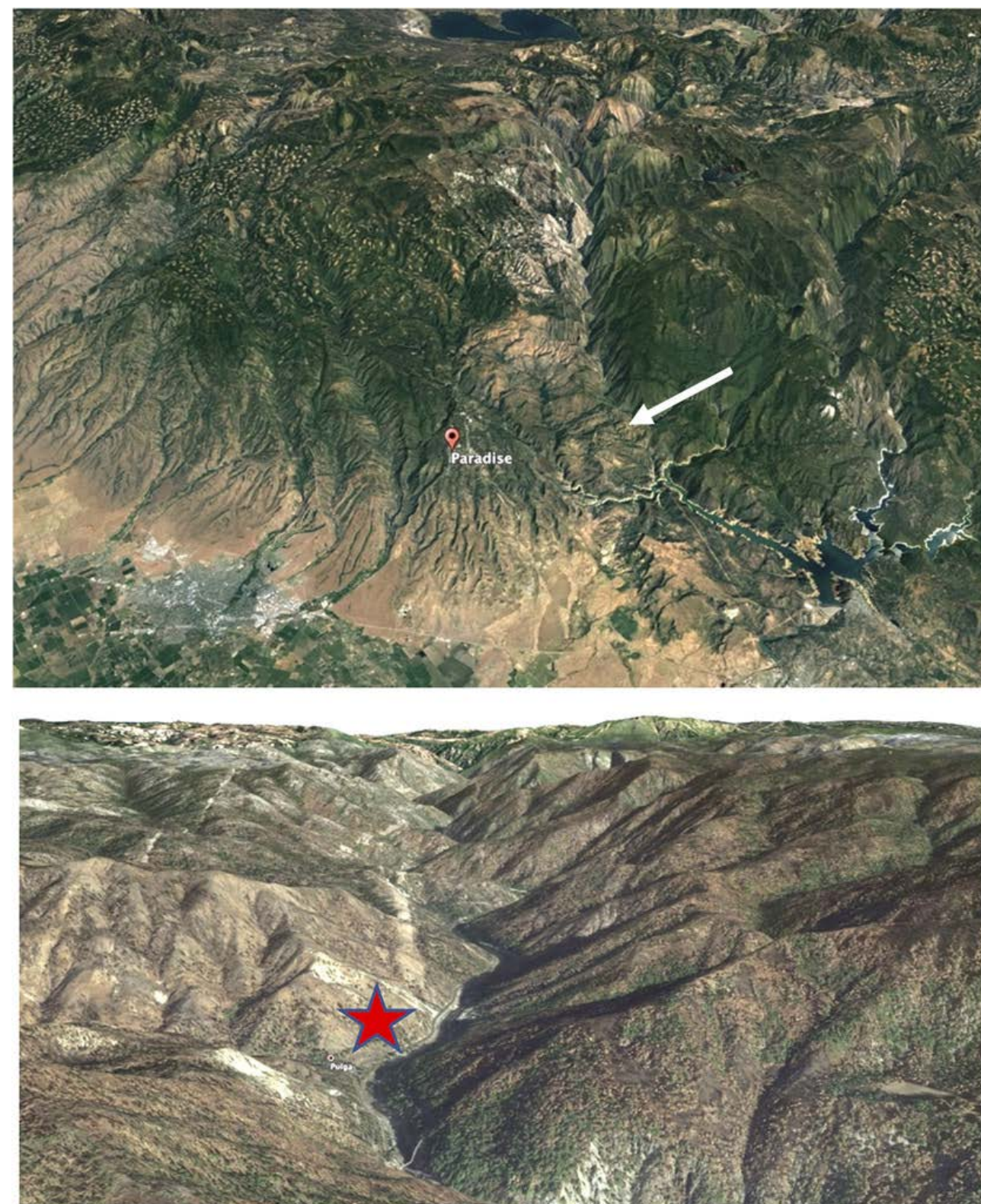
Camp fire

O incêndio Camp Fire teve início próximo à comunidade de Pulga no Condado de Butte. Alastrou-se para o leste e oeste, atingindo regiões em Concow, Paradise, Magalia e os arredores do leste de Chico. A Figura 74 mostra o local da origem da ocorrência.

De acordo com a investigação do California Department of Forestry And Fire Protection (2019), o incêndio ocorreu devido à falha estrutural de componente em torre de alta tensão, com mais de 100 anos de idade. Uma segunda ignição também foi verificada devido à vegetação em linhas de distribuição elétrica.

O Camp Fire é considerado um dos incêndios mais catastróficos já registrados, devido ao número de vítimas e danos observados (ROSSIELLO; SZEMA, 2019). As Figuras 73 e 74 mostram imagens de satélite antes e durante a ocorrência, demonstrando o deslocamento da fumaça atingindo cidades próximas.

Figura 72 - Local de origem do Camp Fire



Fonte: (MASS; OVENS, 2021)

FIGURA 73 - ANTES - 7 DE OUTUBRO DE 2018

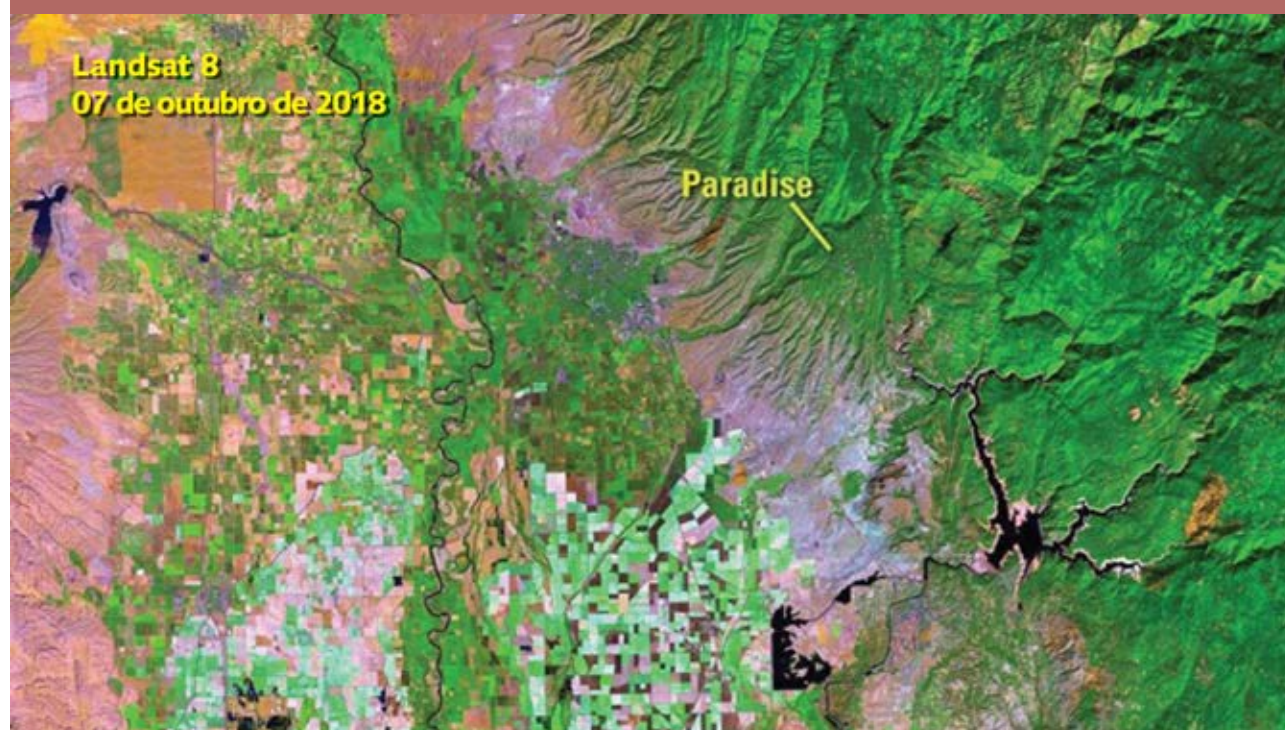
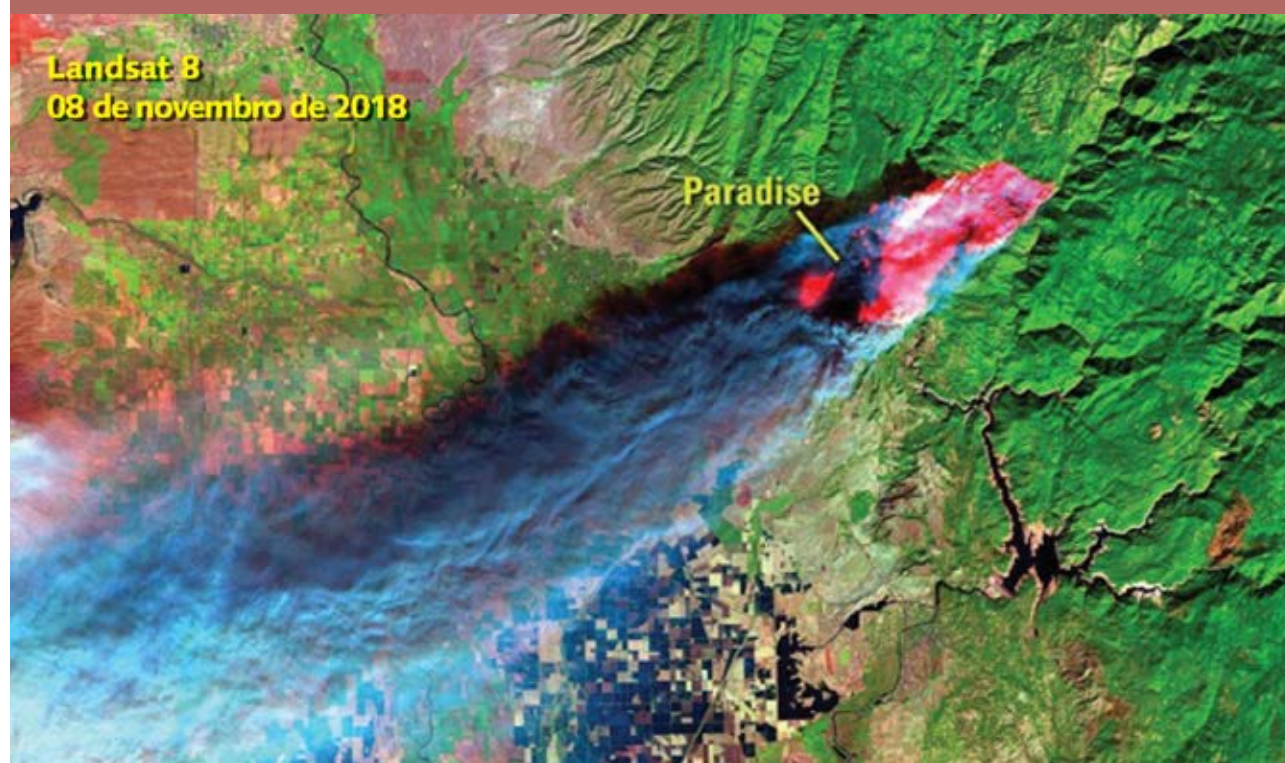


FIGURA 74 - DEPOIS - 8 DE NOVEMBRO DE 2018

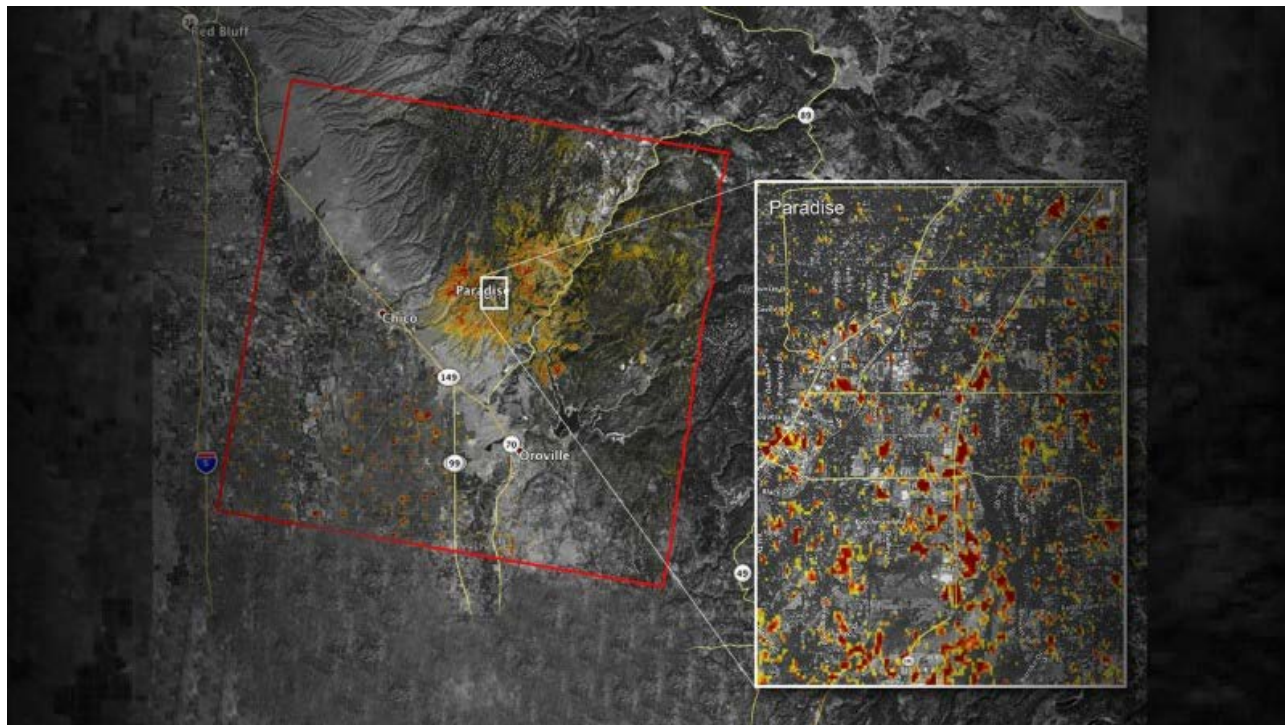


Fonte: Landsat 8 (U.S. Geological Survey's Earth Resources and Science Center, [s.d.])

A cidade de Paradise foi majoritariamente atingida pelo incêndio, obrigando a população a evacuar o local (ROSSIELLO; SZEMA, 2019). A Figura 77, apresentada pelo autor, demonstra com mais detalhes o impacto em Paradise. O plano de evacuação da cidade foi prejudicado devido aos danos causados nas linhas de energia. Residentes tiveram que usar as linhas restantes para fazer chamadas, houve limitação de equipe profissional, falta de registros de cidadão para comunicação do alerta e limitações no sistema telefônico. Ainda, devido às condições meteorológicas de alto risco na região (ventos de 40 a 50 mph, o equivalente a 64 a 80 km/h) e baixa umidade (11% a 20%), favoreceu-se a rápida propagação do incêndio, o que acabou impedindo que as pessoas fossem notificadas a tempo (WONG; BROADER; SHAHEEN, 2020).

Nas primeiras 24 horas queimou-se uma área de aproximadamente 70.000 acres e, no dia seguinte, aproximadamente 30.000 acres, até diminuir a intensidade e propagação (MASS; OVENS, 2021). Segundo o estudo metuculoso dos autores, a região já havia sofrido com incêndios anteriores, o que também favoreceu a propagação, uma vez que a vegetação desenvolvida após ocorrências e modificações eram principalmente gramíneas e arbustos, com madeiras espalhadas ao longo do caminho do fogo. A seguir, a Figura 75 apresentada no estudo mostra as cicatrizes de incêndios na região da ocorrência.

Figura 75 - Impacto de incêndios em Paradise
Fonte: JPL CALLTECH; NASA (2018)

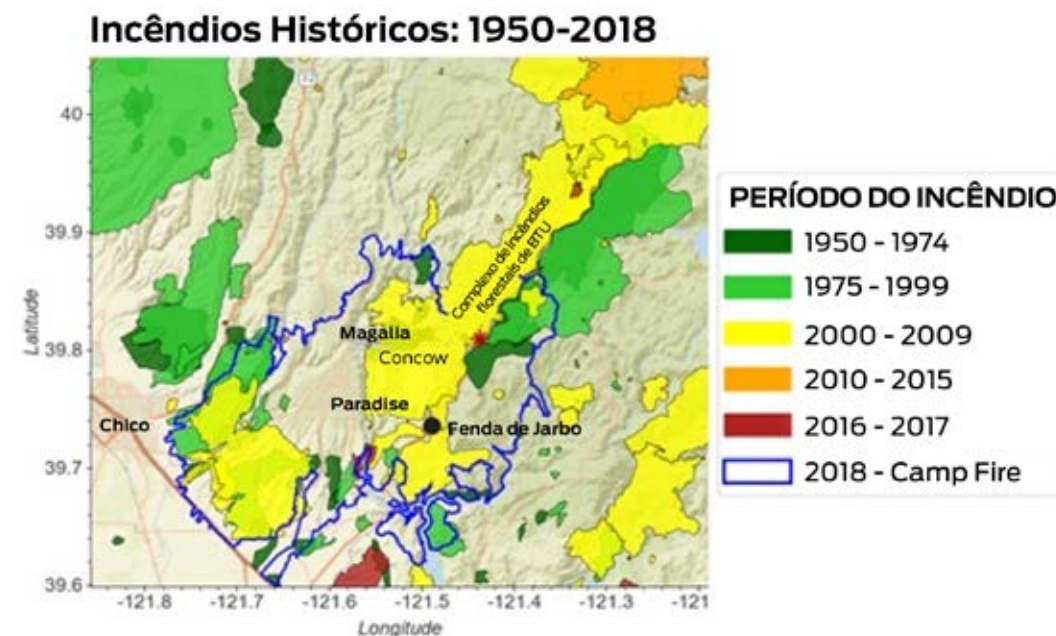


Mendocino Complex Fire

O incêndio do Complexo de Mendocino (Mendocino Complex Fire) está entre os mais extensos registrados na Califórnia. Representado por 2 ocorrências (Ranch Fire e River Fire), o incêndio atingiu as regiões de Colusa, Glenn, Lake e Mendocino, ao norte da Califórnia. Ambas ocorrências se desenvolveram em condições climáticas locais de alto risco de fogo (altas temperaturas, baixa umidade e rajadas de vento), favorecendo a rápida e extensa propagação, onde se fundiram e queimaram aproximadamente 459.000 acres (WONG; BROADER; SHAHEEN, 2020). Ainda segundo os autores, o incêndio forçou 17.000 pessoas a evacuarem o local, sendo as comunicações exercidas por meio de mecanismos como notificações de porta em porta, veículos

com alto falantes e sistema de alerta com base no condado, o qual foi prejudicado por falta de serviço de telefonia e requisitos de pré-registros.

Figura 76 - Histórico de incêndios na região da ocorrência (1950-2018)



Fonte: adaptado de Mass; Ovens (2021)

De acordo com a reportagem do Los Angeles Times, o incêndio Ranch Fire foi de origem antrópica accidental, causada devido a faíscas geradas por um homem tentando tapar um ninho de vespas com martelo e estaca, enquanto a origem do incêndio River Fire permanece desconhecida (SERNA, 2019).

A Figura 77, de 26 de julho de 2018, é de um dia antes da ocorrência — a cicatriz em vermelho (Pawnee Fire scar) é pertencente a um incêndio ocorrido em junho —, enquanto a Figura 78, retirada durante a ocorrência, apresenta a extensão da propagação ao dia 11 de agosto de 2018.

FIGURA 77 - ANTES - MENDOCINO COMPLEX - 26 DE JULHO DE 2018

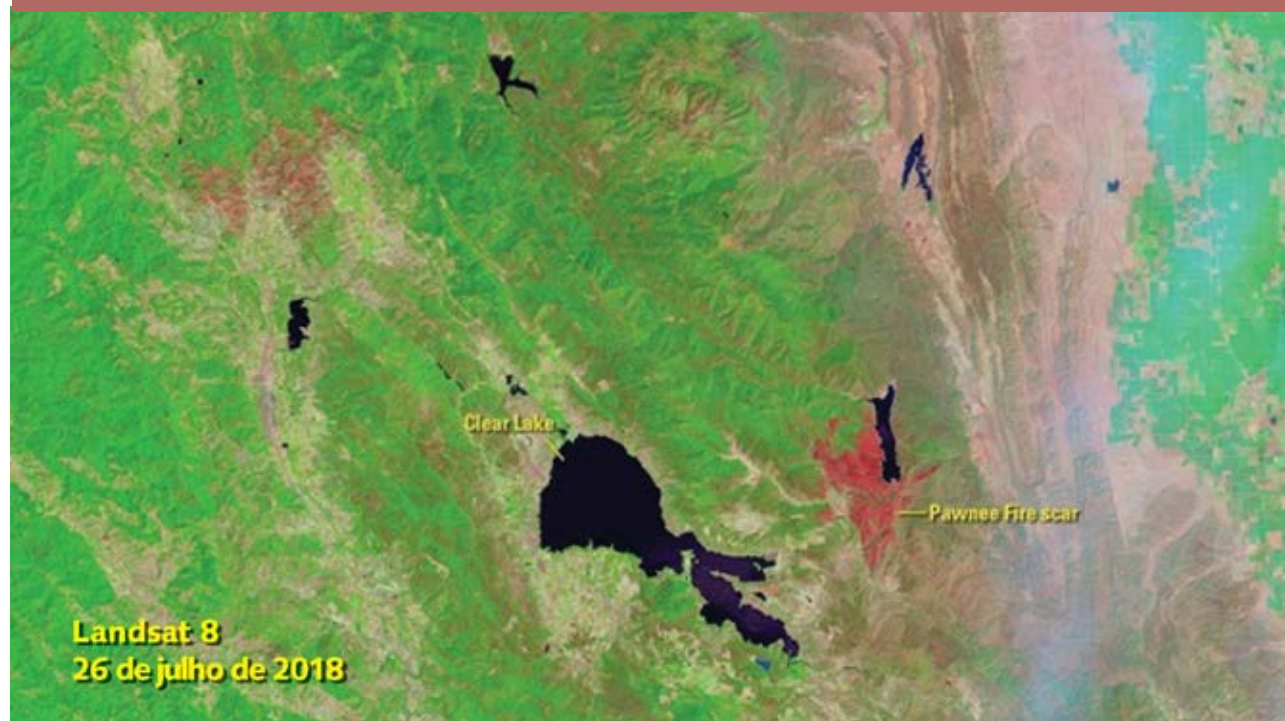
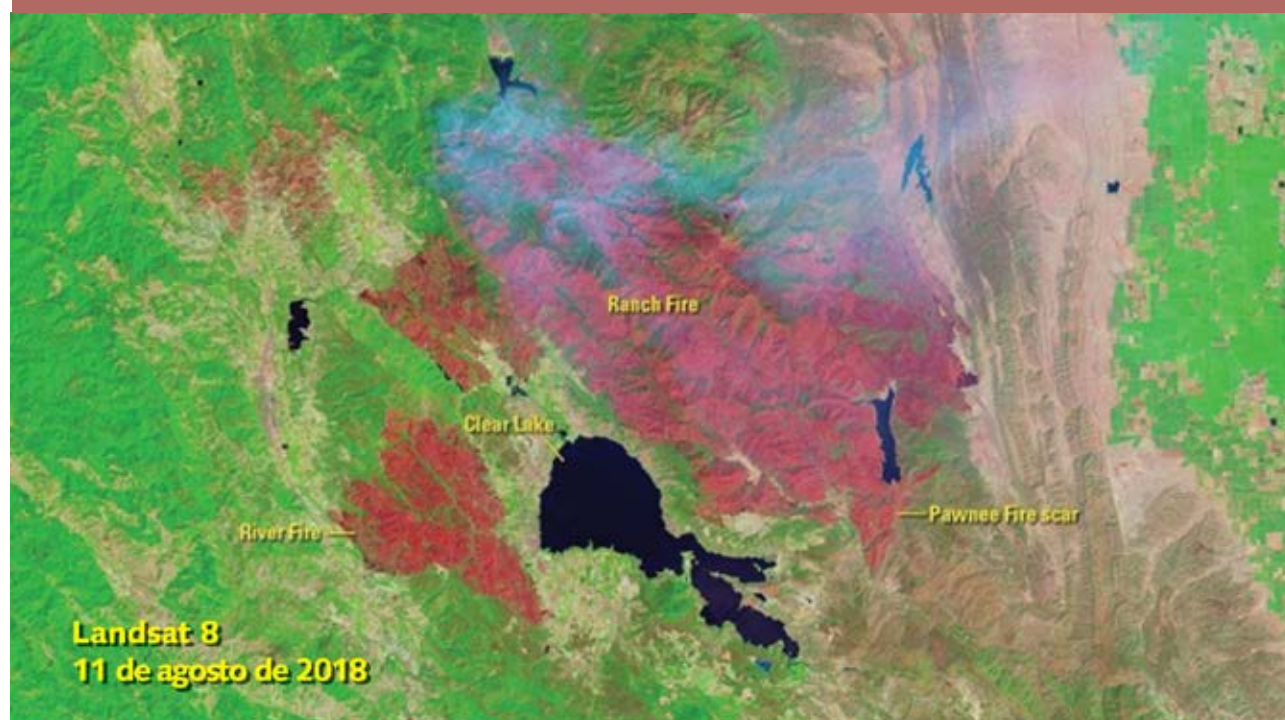


FIGURA 78 - DURANTE - MENDOCINO COMPLEX - 11 DE AGOSTO DE 2018



Fonte: Landsat 8 (U.S. Geological Survey's Earth Resources and Science Center, [s.d.])

6.1.1.2 Canadá

O ano de 2016 foi considerado desafiador sob a perspectiva de risco de incêndios no Canadá devido a uma onda de calor atribuída ao ciclo El Niño, tornando o outono de 2015 e inverno de 2015 e 2016 mais secos e quentes que o normal, ainda prosseguindo para uma primavera quente e seca na região oeste. Esta onda de calor contribuiu para atividade de incêndios florestais ocorridos em Alberta, British Columbia, Manitoba e Ontario (CIFFC, 2017).

Horse River Fire (Fort McMurray, Alberta)

O *Fort McMurray* se localiza em uma área de floresta boreal propensa ao fogo, sendo incêndios recorrentes a cada poucos anos por décadas (MCGEE, 2019). O incêndio Horse River Fire, ocorrido na região em 1º de maio de 2016, é um dos mais impactantes, queimando uma área de aproximadamente 59.000 hectares e causando a evacuação de aproximadamente 90.000 pessoas, gerando significativo impacto financeiro negativo na província e país (CIFFC, 2017). As imagens de satélite (Figuras 79 e 80) demonstram a extensão de antes e depois da ocorrência, enquanto as Figuras 81 e 82 dos arredores, também antes e depois da ocorrência.

O incêndio se propagou rapidamente, causando o decreto de evacuação obrigatória nas regiões de Campground Centennial RV Park, Praire Creek e Gregoire ao longo dos primeiros dias, até saltar sobre o rio Athabasca (MCGEE, 2019).

FIGURA 79 - ANTES - FORT MCMURRAY - 17 DE OUTUBRO DE 2015

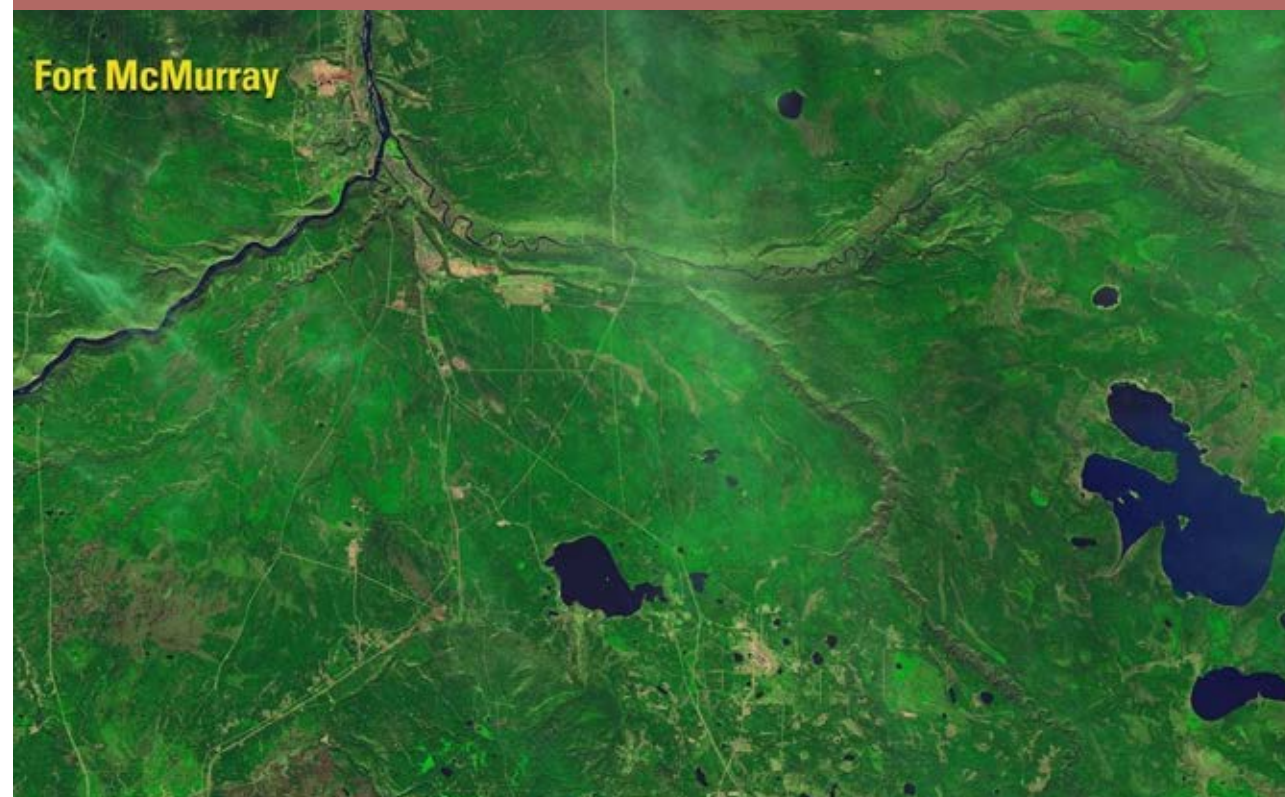


FIGURA 80 - DEPOIS - FORT MCMURRAY - 12 DE MAIO DE 2016



Fonte: Landsat 8 (U.S. Geological Survey's Earth Resources and Science Center, [s.d.])

FIGURA 81 - ANTES - ARREDORES DO FORT MCMURRAY - 17 DE ABRIL DE 2016



FIGURA 82 - DEPOIS - ARREDORES DO FORT MCMURRAY - 3 DE MAIO DE 2016



Fonte: Landsat 8 (U.S. Geological Survey's Earth Resources and Science Center, [s.d.])

De acordo com o relatório da MNP LLP (2017), na semana do incêndio as condições climáticas eram de temperaturas acima do normal (acima de 25°C no dia da ocorrência), umidade relativas baixas (abaixo de 30% no dia da ocorrência) e rajadas de ventos, favorecendo a propagação e dificultando o combate. Segundo o relatório, a detecção do incêndio foi feita por patrulha aérea, momento em que a extensão era de apenas 2 hectares, promovendo o acionamento do sistema de combate inicial do plano de proteção da equipe. Porém, outra ocorrência detectada simultaneamente, o Incêndio MMD-004, tinha prioridade de recursos, uma vez que se localizava em área de maior proximidade à estruturas em comunidades, tornando o incêndio Horse River Fire abaixo da capacidade de contenção e fora de controle. A Figura 83 do relatório apresenta um dos momentos de detecção das duas ocorrências.

Dados da ocorrência (CIFFC, 2017):

- Área queimada de aproximadamente 590.000 hectares;
- ativo por aproximadamente 2 meses;
- impactos: aproximadamente 2.400 estruturas (residencial e outros) destruídas;
- recursos utilizados: 2.000 brigadistas (aproximadamente), 77 helicópteros, 5 grupos de aviões-tanque e 269 peças de equipamento pesado; e
- não houve pessoas mortas pelo incêndio.



Figura 83 - esquerda: MMD-004; direita: Horse River Fire
Fonte: (MNP LLP, 2017)

6.1.1.3 Rússia

As ocorrências de incêndios florestais na Rússia se concentram nas regiões central e leste em regiões despovoadas e florestas boreais. Incidências por raios são verificadas ao norte, mas em geral a maioria das causas são humanas e grande parte do ecossistema é adaptado a eventos recorrentes de incêndio florestal. “Embora todos os anos vários milhões de hectares de florestas sejam queimados nessas regiões, esses incêndios dificilmente recebem qualquer atenção” (HIRSCHBERGER, 2016, p. 6).

A frequência de incêndios florestais nessa região vem aumentando ao longo das décadas, com destaque no sul da Sibéria e no extremo oriente, com incêndios de grandes proporções. Este aumento de ocorrências é relacionado a impactos antropogênicos ao longo das décadas, como queima

de área para lavoura, desmatamento e construção de estradas, entre outras. Tais impactos acabam aumentando a vegetação de gramíneas e tornando a restauração mais seca, bem como os efeitos das mudanças climáticas — o aumento de temperatura e a diminuição da umidade em algumas regiões. Esses incêndios causam significativos impactos globais devido a emissão de carbono, gases efeito estufa, areia, aerossol e poluentes na atmosfera (TSIBART et al., 2015).

Incêndio em Floresta Boreal (Península de Kamchatka, 2016)

Em maio de 2016 diversas ocorrências foram verificadas na Rússia. Entre elas, um mega incêndio florestal no extremo oriente, na Península de Kamchatka, queimou aproximadamente 600.000 acres de floresta boreal e tundra. Segundo as notícias locais, a alta atividade de fogo na primavera se propiciou devido, parcialmente, a um excepcional inverno quente, seco e com derretimento de neve mais rápido que o normal (U.S. GEOLOGICAL SURVEY'S EARTH RESOURCES AND SCIENCE CENTER, [s.d.]). As imagens de satélite de antes (Figura 84) e depois (Figura 85) da ocorrência mostram a extensão de área queimada.

A Figura 86, do dia 7 de junho de 2016, mostra fumaça de hotspots sendo influenciada por um sistema de baixa pressão, deslocando-a sobre o mar de Okhotsk.

FIGURA 84 - ANTES - PENÍNSULA DE KAMCHATKA - 18 DE JULHO DE 2015

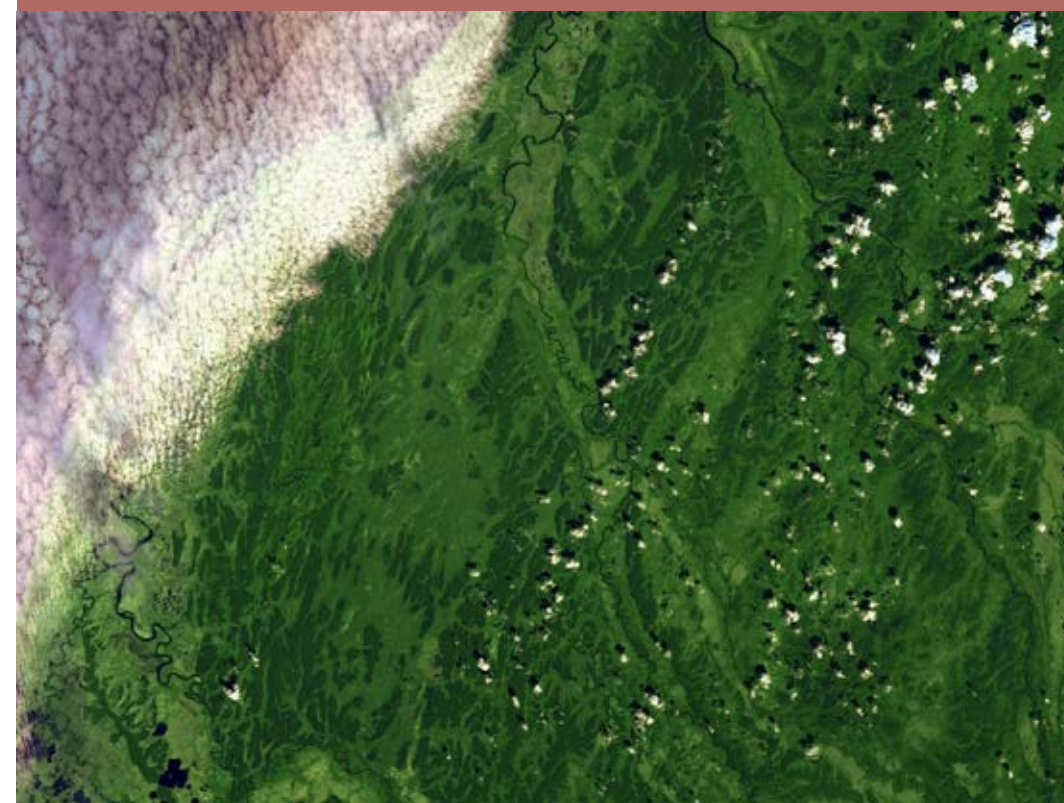
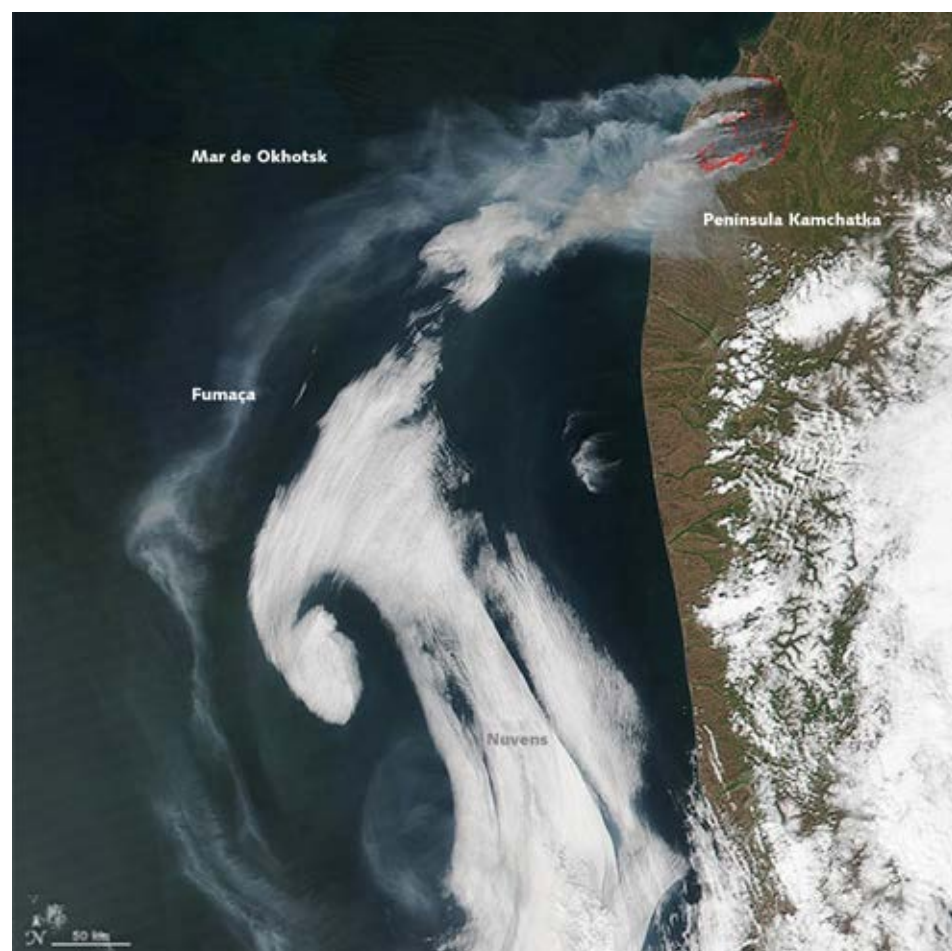


FIGURA 85 - DEPOIS - PENÍNSULA DE KAMCHATKA - 10 DE JULHO DE 2018



Fonte: Landsat 8 (U.S. Geological Survey's Earth Resources and Science Center, [s.d.])

Figura 86 - Fumaça do incêndio na Península de Kamchatka sobre o Mar de Okhotsk



Fonte: adaptado de LANCE/EOSDIS Rapid Response, (SCHMALTZ, 2016)

6.1.1.4 Grécia

Incêndios no Peloponeso (2007)

Ao final do mês de agosto um incêndio florestal atingiu a península do Peloponeso, com a propagação municiada por fortes ventos do norte e vegetação seca, transformando-se eventualmente em 5 mega incêndios (HIRSCHBERGER, 2016). Ainda devido à deficiência das capacidades de prevenção e resposta da região — colapso de recursos aéreos, falta de ações preventivas de incêndios, acúmulo de combustíveis nas florestas e ineficientes táticas de combate que

ignoraram o ataque indireto, além do despreparo do público — se configurou como um dos maiores incêndios registrados na Grécia (XANTHOPOULOS, 2007, apud XANTHOPOULOS, 2015). Dentre os impactos, houve mais de 270.000 hectares de área queimada, mais de 2.000 casas danificadas ou destruídas e 80 fatalidades (dentre brigadistas, pilotos e civis) (XANTHOPOULOS, 2015).

A Figura 87 ilustra a localização de focos, enquanto as Figuras 88 e 89 mostram a área antes e após a ocorrência.

Figura 87 - Imagem de satélite das ocorrências na Península do Peloponeso, no sul da Grécia, depois da ocorrência, 26 de agosto de 2007

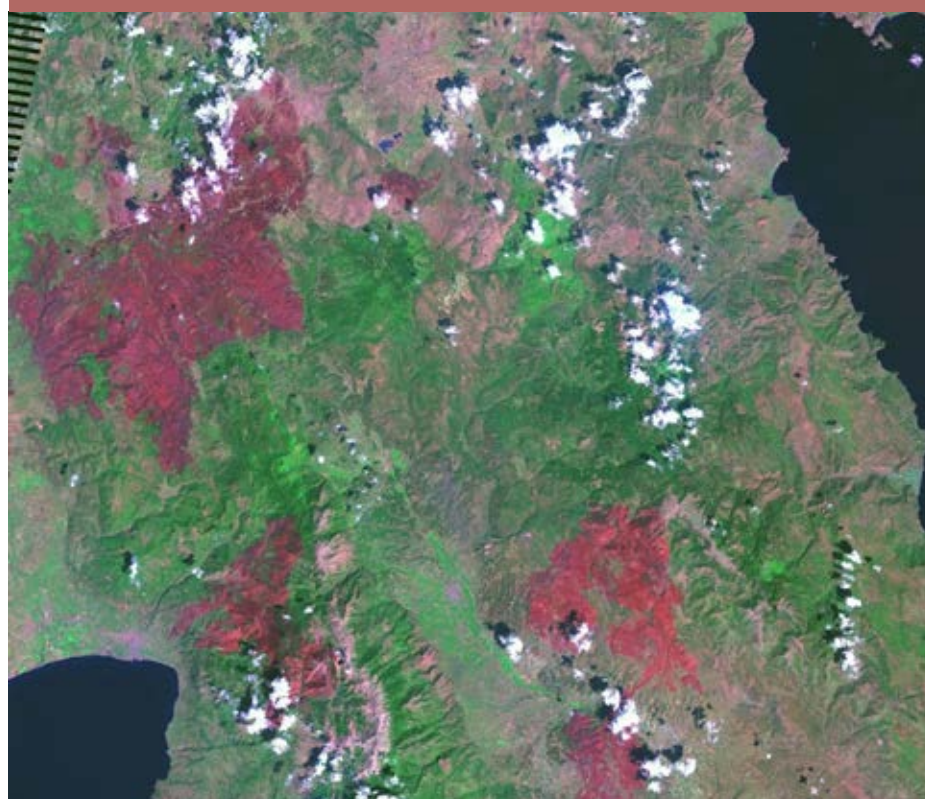


Fonte: adaptado de LANCE/EOSDIS Rapid Response, (SCHMALTZ, 2016)

FIGURA 88 - ANTES - PELOPONESO - 25 DE JUNHO DE 2007



FIGURA 89 - DEPOIS - PELOPONESO - 28 DE AGOSTO DE 2007



Fonte: Landsat 7 (U.S. Geological Survey's Earth Resources and Science Center, [s.d.])

6.1.1.5 Portugal

Em Portugal, o alto e crescente número de ocorrências ao longo dos anos se deve à combinação dos fatores climáticos — nos períodos mais quentes e secos — com a influência antrópica na sociedade — marcada por transformações sociais e econômicas. Tais transformações constituem no êxodo rural verificado a partir de 1960 (deixando terras abandonadas), atividades agropastoris tradicionais e ineficiência na gestão de áreas florestais, que foi alterando as condições de combustibilidade da paisagem, tornando-as mais propensas a ignições (FERREIRA-LEITE et al., 2015b).

Incêndio em Pedrógão Grande (2017)

Em 2017, um mega incêndio atingiu o município de Pedrógão Grande, fazendo 66 vítimas e 485 casas destruídas, além de 53.000 hectares de área queimada (20.000 de florestas) e grandes prejuízos econômicos (ALBERTI, 2018). Santiago (2020, p. 40) apontou “fragilidades sistêmicas como escassez de estratégias de prevenção e a carência de uma comunicação interagencial eficaz entre as agências de combate aos incêndios”.

De acordo com o Relatório da Comissão Técnica Independente (CTI), criada em 2017 para avaliar o incêndio, a ocorrência se trata de um incêndio de causa acidental e que teve como origem primária a incidência de um raio em linha de média tensão. Como consequência, acabou por gerar um contato ou descarga na linha elétrica, a qual foi observado estar muito próxima da copa das árvores, e o ponto de ignição partiu de um pedaço da linha de

média tensão que estava desprovido de faixa de proteção. A comissão chegou a essa conclusão através dos danos observados em três pontos distintos nas linhas, com rotura de alguns fios do trançado metálico.

A Figura 90, apresentada no relatório, mostra o local de ignição (1), próximo a Escalos Fundeiros, com indicação de eucaliptal jovem não ardido (2) e pinhal adulto com fogo de copas (3).

Figura 90 - Fotografia de drone a 500m de distância vertical do solo, 13 de setembro de 2017



Fonte: Comissão Técnica Independente (CTI, 2017)

Dentre as deficiências sistêmicas que contribuíram para o agravamento das consequências do incêndio, verificou-se especificamente as seguintes (CARMO, 2020):

- Postos de vigia para detecção mais próximos da ocorrência estavam inativos;
- não havia vigilância móvel armada nem posicionamento estratégico local de meios de combate;
- subavaliação na fase inicial da ocorrência e do risco climatológico de fogo no dia da ocorrência;
- deficiência no sistema de comunicação da região (rádio e telefone); e
- falta de coordenação dos sistemas de combate e socorro.

6.1.1.6 Austrália

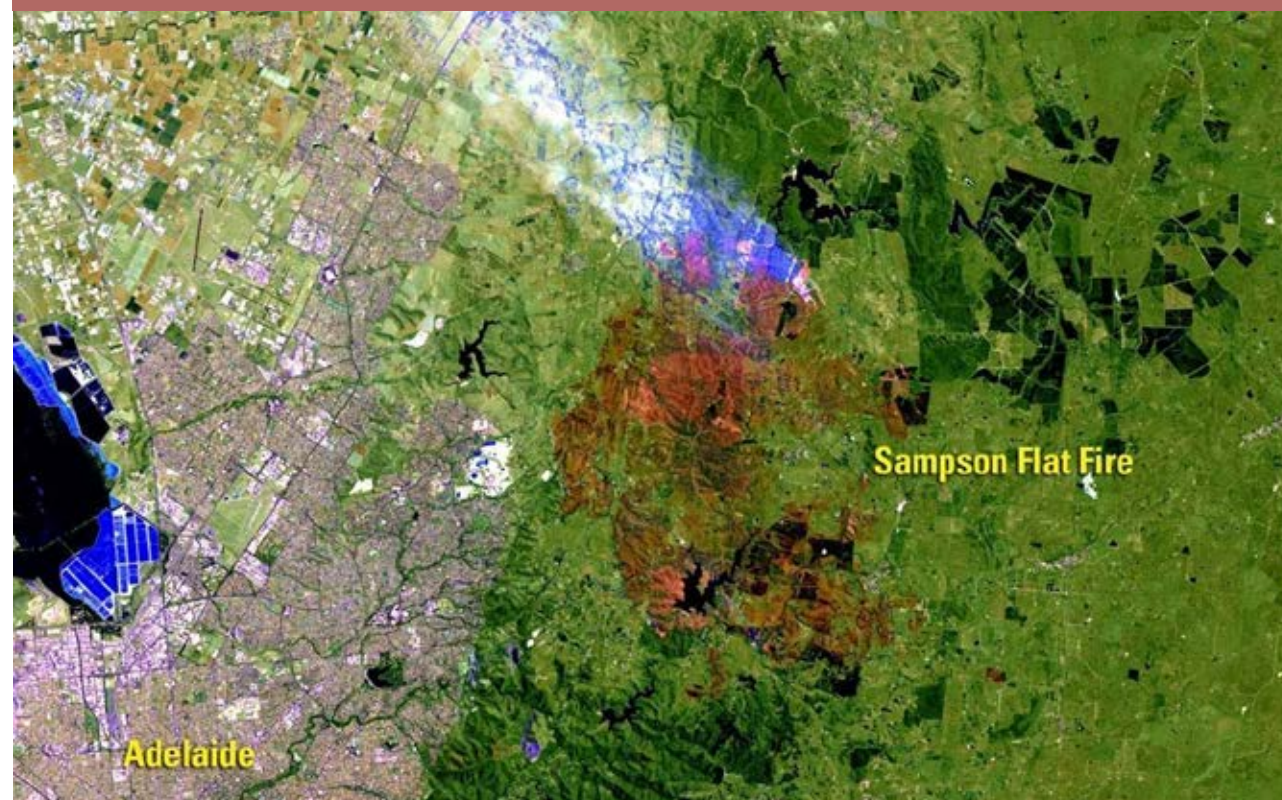
Sampson Flat Fire

O incêndio em Sampson Flat (hemisfério sul) produziu grandes impactos na região, com sua propagação agravada por intensos ventos e extremo calor, até a amenização do clima favorecer sua contenção. De acordo com a publicação de McCarthy e Taylor (2017), “o incêndio em Sampson Flat começou em 2 de janeiro de 2015 e queimou por seis dias até ser classificado como ‘contido’, em 7 de janeiro. O incêndio queimou aproximadamente 12.500 ha em um perímetro de 237 km, destruindo 24 casas” (op. cit., p. 62). Ainda, segundo os autores, 142 pessoas (a maioria bombeiros) ficaram feridas e houve um número significativo de mortes de animais. As imagens de satélite (Figura 91 e Figura 92) de antes e depois da ocorrência demonstram como era a área antes de ser atingida, bem como a extensão da propagação.

FIGURA 91 - ANTES - 29 DE AGOSTO DE 2014



FIGURA 92 - DEPOIS - 4 DE JANEIRO DE 2015

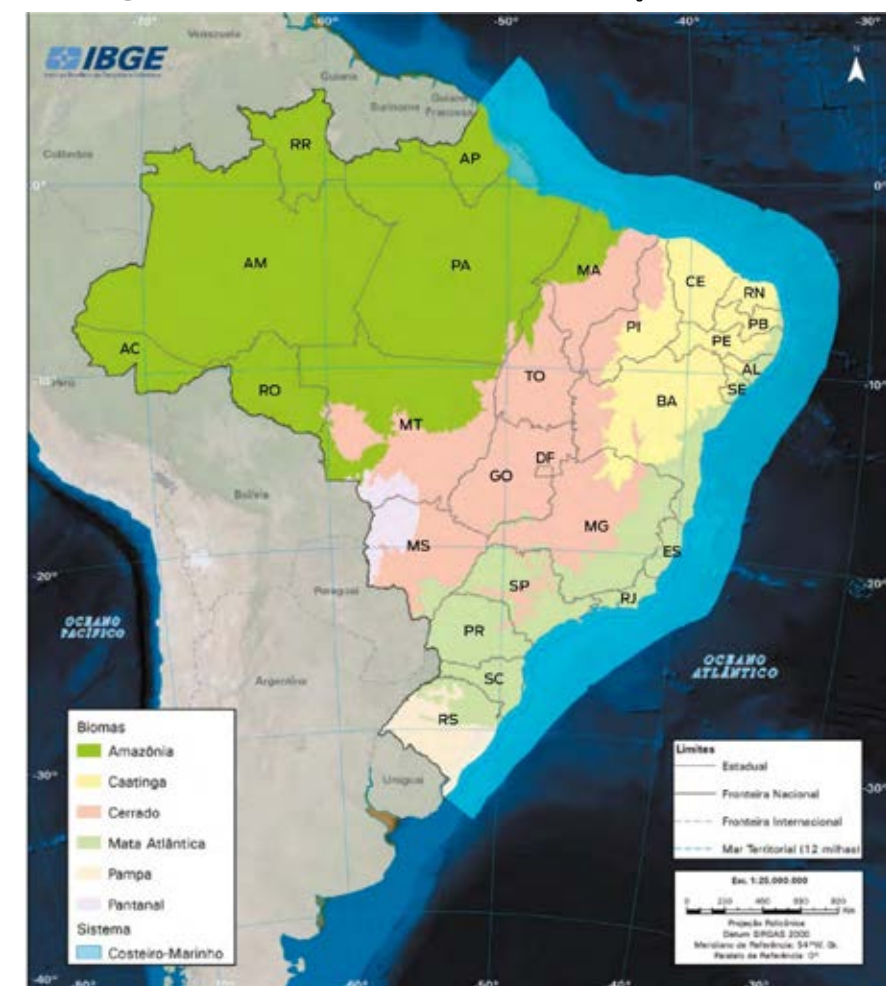


Fonte: Landsat 8 (U.S. Geological Survey's Earth Resources and Science Center, [s.d.])

6.2 Cenário Nacional

O Brasil possui seis biomas de características distintas — Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal (Figura 93) — que abrigam diferentes tipos de vegetação e fauna, bem como diferentes características associadas ao fogo. O estado de conservação e de continuidade da vegetação constitui-se um dos mais importantes componentes da biota, visto que define a existência ou não de habitats para espécies, manutenção de serviços ecossistêmicos e fornecimento de bens fundamentais para perpetuação da vida humana (DE ARAÚJO, S.D.).

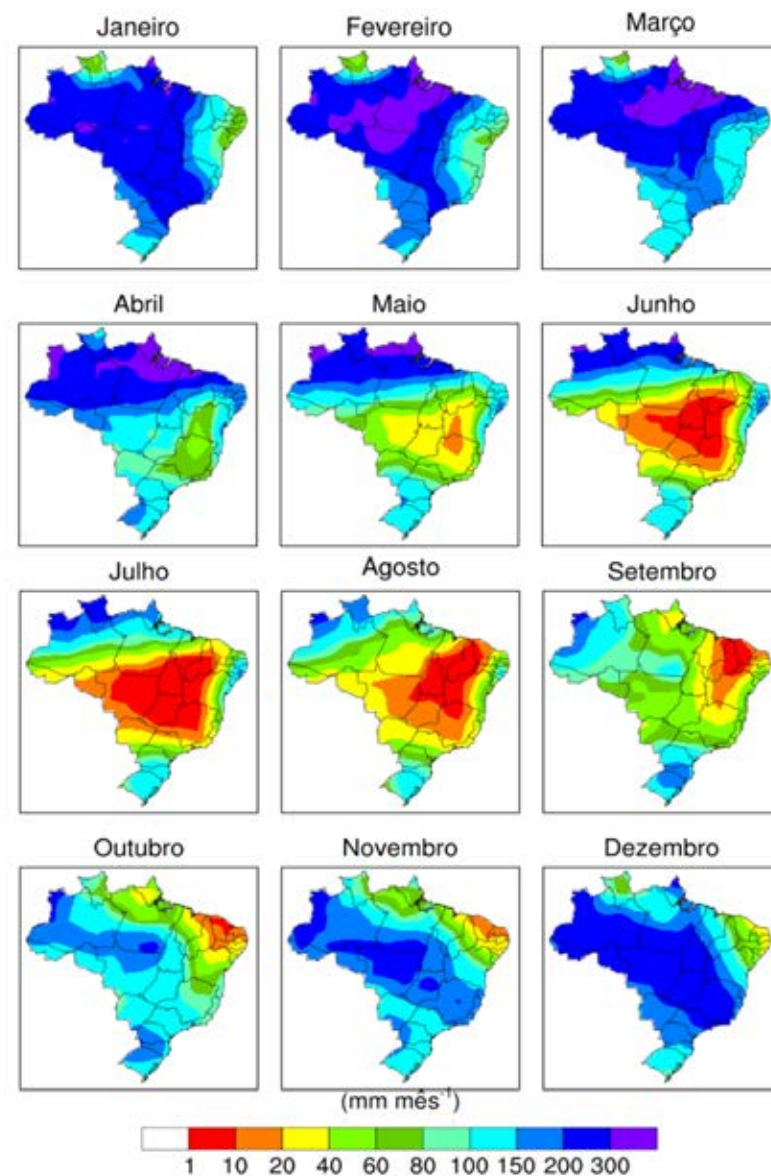
Figura 93 - Biomas brasileiros e suas distribuições territoriais



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2019)

A variabilidade espacial da precipitação para todo o território, apresentada na Figura 94, é majoritariamente influenciada por sistemas de intensas atividades convectivas: a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), com atuação em torno do paralelo de 5º S, e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), com atuação na direção noroeste-sudeste, se estendendo da Amazônia a região sudeste (ROSSO et al., 2018 apud MARTINS et al., 2020).

Figura 94 - Biomas brasileiros e suas distribuições territoriais



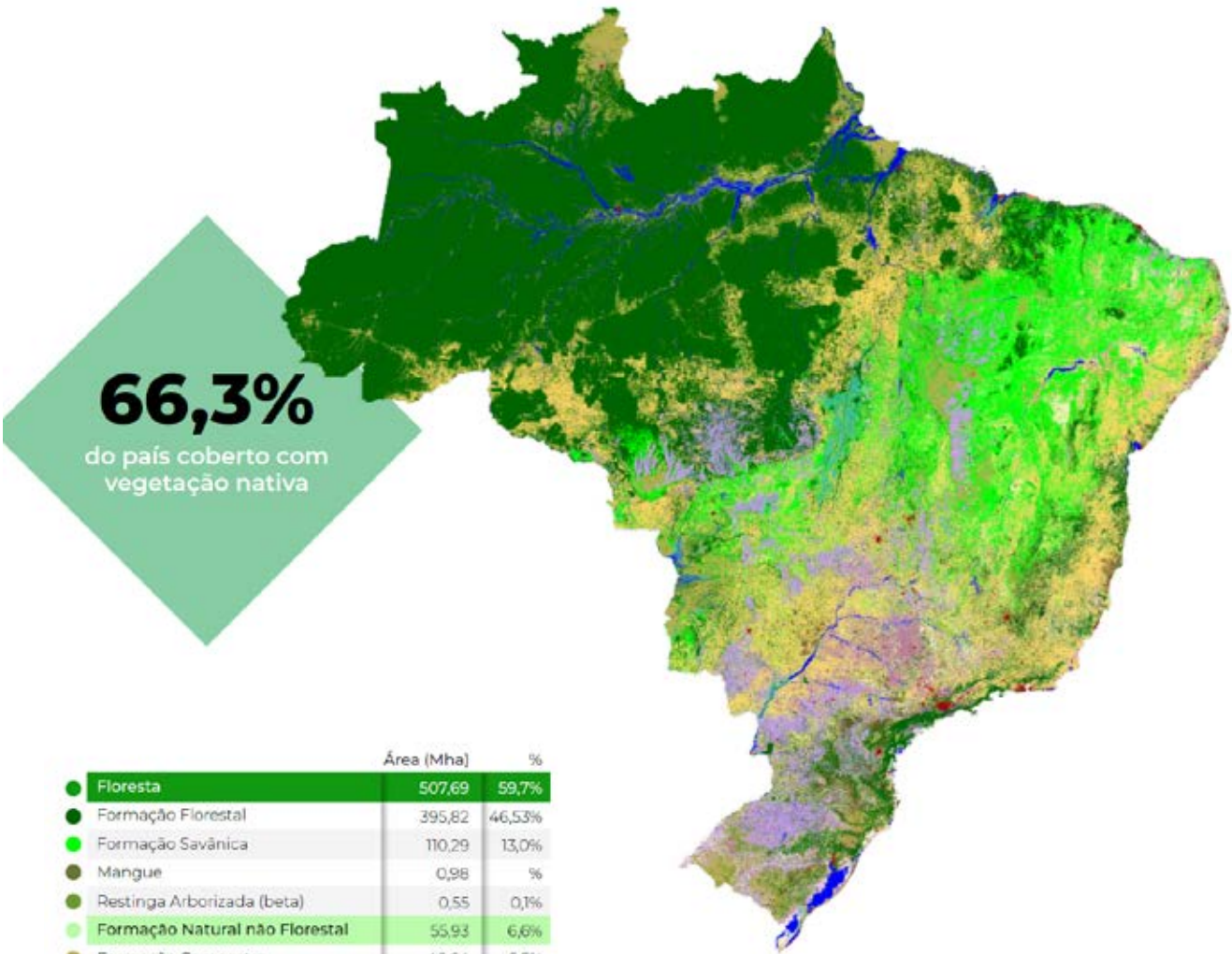
Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2019)

O período chuvoso torna os ecossistemas dos biomas mais úmidos e suas temperaturas mais baixas, dificultando a ocorrência de incêndios. Nos casos de seca prolongada, provocada pela baixa ou ausência das influências dos mencionados sistemas, a temperatura do ar aumenta, a umidade relativa é reduzida, bem como a quantidade e inflamabilidade do combustível orgânico presentes nos ecossistemas é elevada, favorecendo a ocorrências de incêndio, com maiores riscos no período seco (MARTINS et al., 2020). A duração e intensidade dos períodos de seca são determinados pela temperatura da superfície do oceano e por mudanças sazonais de corrente de ar em grande escala (GOOD et al., 2008).

A preservação dos biomas depende do estabelecimento de políticas públicas ambientais, oportunidades de conservação e uso sustentável (DE ARAÚJO, s.d). Os dados a seguir são referentes à coleção 6 do Map Biomas, compilados de 1985 a 2020, referentes ao uso e cobertura da terra no Brasil. De acordo com a entidade, em 2020 o território possuía 66,3% de cobertura com vegetação nativa, sendo verificada uma perda de 82 Mha desde 1985. Ainda durante este período, houve uma perda de 53 Mha de formação florestal e um aumento de 81 Mha de áreas de agropecuária.

A Figura 95 apresenta o diagnóstico de uso e cobertura da terra no território nacional em 2020. A Figura 96 compara o diagnóstico de 2020 com o de 1985, sendo a quantificação da variação de uso e cobertura representada pela Tabela 3.

Figura 95 - Região de Peloponeso depois da ocorrência, 28 de agosto de 2007

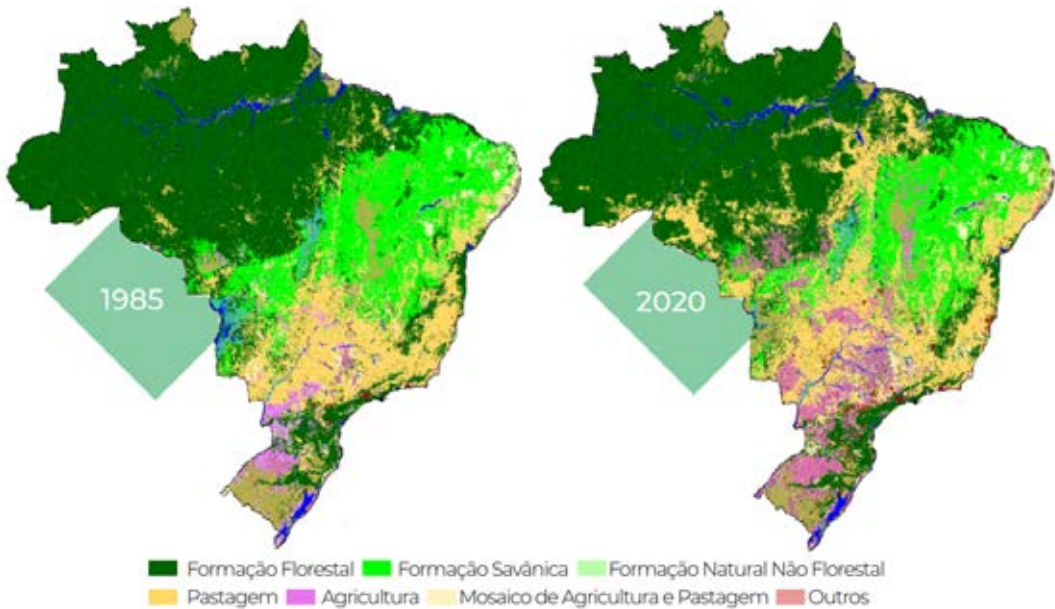


	Área (Mha)	%
Floresta	507,69	59,7%
Formação Florestal	395,82	46,53%
Formação Savânica	110,29	13,0%
Mangue	0,98	%
Restinga Arborizada (beta)	0,55	0,1%
Formação Natural não Florestal	55,93	6,6%
Formação Campestre	46,64	5,5%
Campo Alagado e Área Pantanosa	8,69	1,0%
Afloramento Rochoso	0,44	0,1%
Apicum	0,04	0,0%
Outras Formações não Florestais	0,12	0,0%
Agropecuária	263,04	30,9%
Pastagem	154,49	18,2%
Agricultura	55,72	6,6%
Lavoura Temporária	9,36	6,35%
Soja	35,55	4,18%
Cana	9,36	1,10%
Arroz (beta)	1,51	0,18%
Outras Lavouras Temporárias	7,54	0,89%
Lavoura Perene	1,76	0,21%
Café (beta)	0,80	0,04%
Citrus (beta)	0,31	0,09%
Outras Lavouras Perenes	0,65	0,08%

Silvicultura (monocultura)	7,50	0,9%
Mosaico de Agricultura e Pastagem	45,34	5,3%
Área não Vegetada	5,89	0,7%
Praia, Duna e Areal	0,38	0,0%
Área Urbanizada	4,13	0,5%
Mineração	0,21	0,0%
Outras Áreas não Vegetadas	1,16	0,1%
Corpo D'água	18,06	2,1%
Rio, Lago e Oceano	18,00	2,1%
Aquicultura	0,06	0,0%
Não observado	0,02	0,0%
Total	850,63	

Fonte: adaptado de Projeto MapBiomas (2021)

Figura 96 - Uso e cobertura da terra no Brasil em 1985 e em 2020



Fonte: adaptado de Projeto MapBiomas (2021)

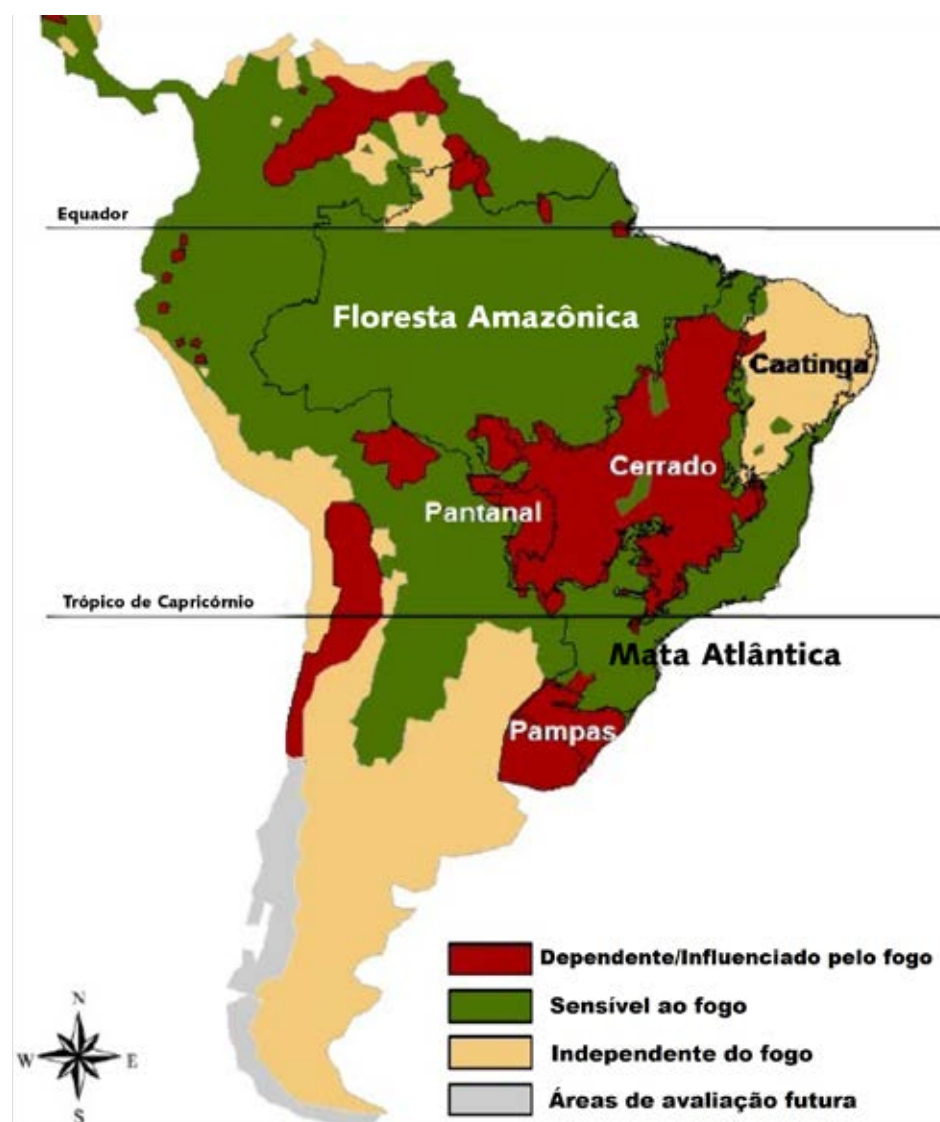
Tabela 3 - Variação de uso e cobertura da terra de 1985 a 2020

	1985 (Mha)	2020 (Mha)	Variação	Variação
Floresta Natural	582	508	-74	-12,8%
Floresta Natural não Florestal	64	56	-8	-12,2%
Agropecuária	182	263	81	44,6%
Área não Vegetada	4	6	2	37,7%
Corpo D'água	19	18	-1	-3,8%
Total		851		

Fonte: adaptado de Projeto MapBiomas (2021)

Os ecossistemas pertencentes aos biomas brasileiros possuem maior ou menor sensibilidade à ocorrência de incêndios, bem como há os ecossistemas que são dependentes do fogo, conforme apresenta a Figura 97. De acordo com Robinne et al. (2018), “no Brasil, a Amazônia e o Cerrado são os ecossistemas com maior ocorrência de incêndios devido em parte à seca, mas também puramente fatores econômicos como o preço das commodities no mercado internacional” (op. cit., p. 24).

Figura 97 - Relação dos biomas brasileiros com o fogo



Fonte: adaptado de Pivello (2011)

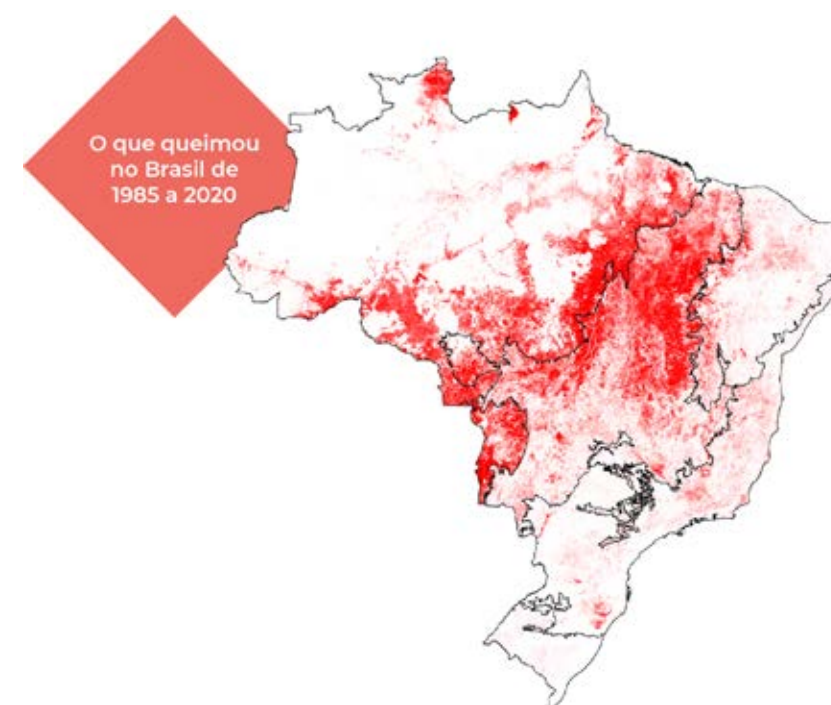
As florestas tropicais da Amazônia e Mata Atlântica são sensíveis ao fogo, nas quais as ocorrências de incêndio florestal produzem significativo impacto nos processos ecológicos, com perda de espécies de fauna e flora que não são adaptadas ao evento. Por outro lado, os ecossistemas presentes no bioma Cerrado, como as savanas abertas e campos bem drenados, são adaptados ao fogo e dependentes, sendo algumas ocorrências de incêndio naturais e, eventualmente,

necessárias para manter as relações ecológicas. Nos biomas Pampas e Pantanal os ecossistemas são influenciados pela atividade de fogo e possuem regiões propensas à ocorrência de incêndios (PIVELLO, 2011). Segundo Custódio,

O incêndio natural ocorre muito em biomas como em determinada variação de cerrado e na caatinga onde o clima é muito seco e quente gerando combustão espontânea, ou por raios em chuvas de curta duração que não duram o suficiente para garantir a umidade do solo. O cerrado, nesta questão dos incêndios, é um bioma interessante e vem sendo muito estudado no Brasil, pois tem uma recuperação muito rápida - que pode ser de semanas, em relação a outros biomas (CUSTÓDIO, 2006, p. 7).

De acordo com a coleção 1 Mapbiomas (2021b), referente às cicatrizes de queimadas e incêndios florestais no território, compiladas entre 1985 e 2020, aproximadamente 20% do Brasil já queimou alguma vez durante esse período (Figura 98), com uma média anual de área queimada equivalente a 150.957 km².

Figura 98 - Cicatrizes de queimadas e incêndios florestais no Brasil (1985 a 2020)



Fonte: modificado de MAPBIOMAS (2021b)

Segundo a entidade, o pico de incêndio verificado compreende os meses de julho e outubro, os quais respondem por 83% das áreas queimadas no território. Ainda, 85% da área total queimada no país se concentra na Amazônia (41%) e no Cerrado (44%). Adicionalmente:

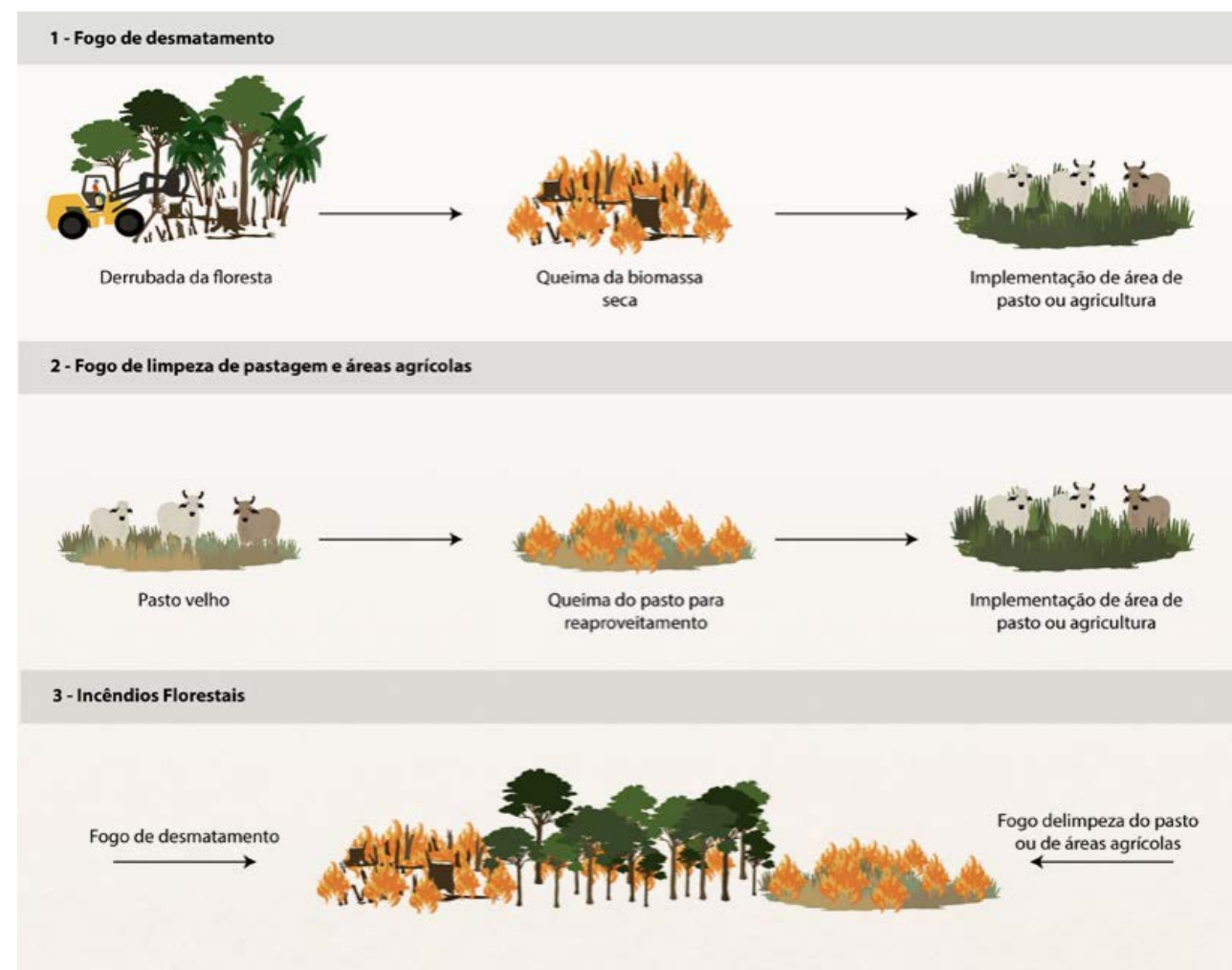
- 65% do total de área queimada foi de vegetação nativa e 61% já sofreu recorrência de incêndios;
- as formações savânicas foram o tipo de uso e cobertura natural com mais ocorrência de fogo e as pastagens foram o tipo de uso antrópico com mais ocorrência de fogo;
- o Pantanal é o bioma que mais queimou no Brasil em 36 anos; e
- das áreas queimadas 60,4% ocorreu em áreas privadas (40,2% Imóveis privados e 20% em CAR) e 8,2% em assentamentos.

As principais causas de incêndios florestais e focos de incêndio no Pantanal estão relacionadas às atividades agropastoris, como: uso incorreto do fogo para desmatamento, renovação de pastagens para agricultura extensiva, trabalho pioneiro, caça, controle de pragas, produção de carvão e negligência humana (FIEDLER et al., 2006 apud VIGANÓ et al., 2018).

Na região amazônica as ocorrências de incêndios florestais são relacionadas, quase exclusivamente, às ações antrópicas, uma vez que tempestades tropicais são acompanhadas por fortes chuvas, geralmente impedindo a ignição por raios (FAO, 2006 apud HIRSCHBERGER, 2016). Ameaças ao longo dos anos, o desmatamento (para queimadas e conversão de terras para agricultura), a ocupação desordenada da terra, o uso inadequado do solo e intervenções estruturais (estradas, barragens, usinas etc.), sem a devida minimização de

impactos, contribuíram para degradação do bioma, bem como para o favorecimento de ocorrências de incêndios florestais (CUSTÓDIO, 2006). A Figura 99 apresenta os principais tipos de fogo registrados na Amazônia.

Figura 99 - (1) Fogo de desmatamento; (2) Fogo de limpeza de pastagem e áreas agrícolas; (3) Incêndios florestais



Fonte: Alencar; Rodrigues; Castro (2020)

Altas quantidades de ocorrências de incêndios florestais na Amazônia são verificadas em períodos de extrema seca, principalmente com a atuação do El Niño na região, combinado com as atividades agropastoris e desmatamento, conforme apresentado. Exemplo dessas combinações que resultaram em diversas ocorrências foram verificadas

nos anos de 1998, 2003, 2005, 2010 e 2015/2016 (BARBOSA; FEARNside, 2000; BARBOSA et al., 2003; VASCONCELOS et al., 2015; SILVA JUNIOR et al., 2019). Esses incêndios florestais contribuíram para a estagnação da redução de emissões de CO₂ do desmatamento na Amazônia neste século (ARAGÃO et al., 2018).

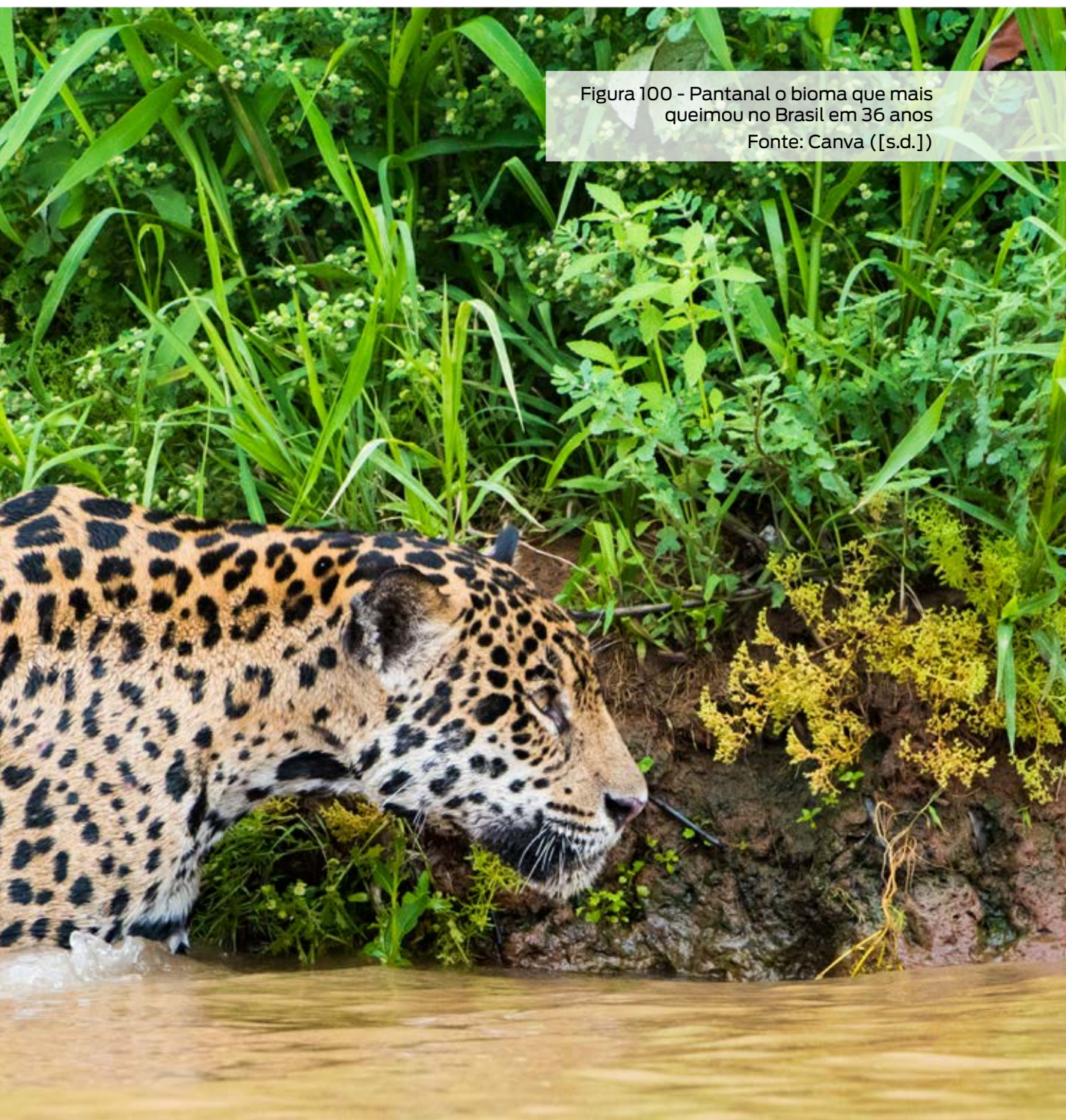


Figura 100 - Pantanal o bioma que mais queimou no Brasil em 36 anos
Fonte: Canva ([s.d.])

Referências bibliográficas

ALBERTI, M. Portugal's wildfire that broke a community. **BBC News**, 15 jun. 2018.

ALENCAR, A.; RODRIGUES, L.; CASTRO, I. **AMAZÔNIA EM CHAMAS: O QUE QUEIMA - E ONDE**. [s.l.] Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, ago. 2020.

ARAGÃO, L. E. O. C. et al. 21st Century drought-related fires counteract the decline of Amazon deforestation carbon emissions. **Nature Communications**, v. 9, n. 1, p. 536, dez. 2018.

ARTÉS, T. et al. A global wildfire dataset for the analysis of fire regimes and fire behaviour. **Scientific Data**, v. 6, n. 1, p. 296, 29 nov. 2019.

BARBOSA, R. I. et al. **Forest Fires in Roraima, Brazilian Amazonia** (January – June 2003): INTERNATIONAL FOREST FIRE NEWS (IFFN). [s.l.] Global Fire Monitoring Center, 2003. Disponível em: <<https://gfmcc.org/wp-content/uploads/Brazil-2-1.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2021.

BARBOSA, R. I.; FEARNside, P. M. As lições do fogo. **Ciência Hoje**, v. 27, n. 157, p. 10–14, fev. 2000.

BENTO-GONÇALVES, A. et al. Wildland Fires. In: **Wildland fires: a worldwide reality**. Environmental remediation technologies, regulations, and safety. Nova York: nova science publishers, 2015. p. 3–14.

BROWN, T. et al. The Extreme 2018 Northern California Fire Season. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 101, n. 1, p. S1–S4, jan. 2020.

CALIFORNIA DEPARTMENT OF FORESTRY AND FIRE PROTECTION. **CAL FIRE Investigators Determine Cause of the Camp Fire**. Sacramento, EUA: California Department of Forestry and Fire Protection, 15 maio 2019.

CARMO, I. O papel dos Instrumentos de Gestão Territorial na prevenção e mitigação dos incêndios florestais: o caso do incêndio de Pedrogão Grande (2017). p. 213, nov. 2020.

CIFFC. **Canada Report 2016**. Canadá: Canadian Interagency Forest Fire Centre INC., 2017.

CTI-COMISSÃO TÉCNICA INDEPENDENTE. **Análise e apuramento dos factos relativos aos incêndios que ocorreram em Pedrogão Grande, Castanheira de Pera, Ansião, Alvaiázere, Figueiró dos Vinhos, Arganil, Góis, Penela, Pampilhosa da Serra, Oleiros e Sertão, entre 17 e 24 de junho de 2017**. Portugal: Assembleia da República, mar. 2017.

CUSTÓDIO, M. M. Incêndios Florestais no Brasil. p. 13, out. 2006.

DE ARAÚJO, P. **Biomass**. Disponível em: <<https://antigo.mma.gov.br/biomass.html>>. Acesso em: 9 nov. 2021.

FERREIRA-LEITE, F. et al. Mega-Fires Around the World. In: **Wildland fires: a worldwide reality**. Environmental remediation technologies, regulations, and safety. Nova York: nova science publishers, 2015a. p. 15–33.

FERREIRA-LEITE, F. et al. Forest Fires in Portugal - Brief Characterization. In: **Wildland fires: a worldwide reality**. Environmental remediation technologies, regulations, and safety. Nova York: nova science publishers, 2015b. p. 115–125.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **GAEZ: Global Agro-Ecological Zones**. Disponível em: <<https://www.fao.org/nr/gaez/en/>>. Acesso em: 9 nov. 2021.

GIBSON, L. et al. Primary forests are irreplaceable for sustaining tropical biodiversity. **Nature**, v. 478, n. 7369, p. 378–381, out. 2011.

Global Forest Watch. “Perda de cobertura arbórea anual global”. Acessado em 17/11/2021 em www.globalforestwatch.org.

GOOD, P. et al. An objective tropical Atlantic sea surface temperature

gradient index for studies of south Amazon dry-season climate variability and change. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 363, n. 1498, p. 1761–1766, 27 maio 2008.

HARDESTY, J.; MYERS, R.; FULKS, W. Fire, Ecosystems and People: A Preliminary Assessment of Fire as a Global Conservation Issue. **The George Wright Forum**, v. 22, n. 4, p. 10, 2005.

HIRSCHBERGER, P. **Forests Ablaze: causes and effects of global forest fires**. Berlim, Alemanha: WWF Deutschland, out. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Biomass e sistema costeiro-marinho do Brasil: compatível com a escala 1:250 000**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.

JPL CALLTECH; NASA. **NASA's ARIA Maps California Wildfires from Space NASA Jet Propulsion Laboratory (JPL)**, 12 nov. 2018. Disponível em: <<https://www.jpl.nasa.gov/news/nasas-aria-maps-california-wildfires-from-space>>. Acesso em: 17 nov. 2021

LIU, Z.; BALLANTYNE, A. P.; COOPER, L. A. Biophysical feedback of global forest fires on surface temperature. **Nature Communications**, v. 10, n. 1, p. 214, dez. 2019.

MADITINOS, Z.; VASSILIADIS, C. Mega fires: can they be managed effectively? **Disaster Prevention and Management: an International Journal**, v. 20, n. 1, p. 41–52, 22 fev. 2011.

MARTINS, G. et al. Dinâmica Espaço-Temporal das Queimadas no Brasil no Período de 2003 a 2018. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 4, p. 1558–1569, 13 jun. 2020.

MASS, C. F.; OVENS, D. The Synoptic and Mesoscale Evolution Accompanying the 2018 Camp Fire of Northern California. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 102, n. 1, p. E168–E192, 1 jan. 2021.

MCCARTHY, M.; TAYLOR, M. **Animal emergency management**

in South Australia: a case study of the Sampson Flat bushfire, 25 set. 2017. Disponível em: <<https://search.informit.org/doi/epdf/10.3316/ielapa.589185942191005>>. Acesso em: 19 out. 2021

MCGEE, T. K. Preparedness and Experiences of Evacuees from the 2016 Fort McMurray Horse River Wildfire. **Fire**, v. 2, n. 1, p. 13, mar. 2019.

MNP LLP. **A Review of the 2016 Horse River Wildfire**. Edmonton, Canadá: Alberta Agriculture and Forestry Preparedness and Response, jun. 2017.

PIVELLO, V. R. The Use of Fire in the Cerrado and Amazonian Rainforests of Brazil: past and Present. **Fire Ecology**, v. 7, n. 1, p. 24–39, abr. 2011.

PORTER, T. W.; CROWFOOT, W.; NEWSOM, G. 2018 Wildfire Activity Statistics. p. 51, 2018.

Projeto MapBiomas – Mapeamento Anual de Cobertura e Uso da Terra no Brasil - Coleção 6, acessado em 18/11/2021 através do link: https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/Fact_Sheet_Colec%CC%A7a%CC%83o_6_Agosto_2021_27082021_OK_ALTA.pdf

Projeto MapBiomas – Mapeamento das áreas queimadas no Brasil (Coleção 1), acessado em 18/11/2021 através do link: https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/Fact_Sheet.pdf

RAPID RESPONSE TEAM. **Fires in Greece. Earth Observatory**. NASA Earth Observatory, 27 ago. 2007. Disponível em: <<https://earthobservatory.nasa.gov/images/18939/fires-in-greece>>. Acesso em: 22 out. 2021.

REBELO, F. Florestas e grandes incêndios florestais no mundo. **Territorium**, n. 3, p. 5–10, 21 set. 1996.

ROBINNE, F.-N. et al. **GLOBAL FIRE CHALLENGES IN A WARMING WORLD**. Viena, Áustria: IUFRO, dez. 2018.

ROSSIELLO, M. R.; SZEMA, A. Health Effects of Climate Change-induced Wildfires and Heatwaves. **Cureus**, v. 11, n. 5, p. e4771, 28 maio 2019.

SANTIAGO, G. DA S. **Comunicação Interagencial em Resposta de Emergência: Os Incêndios Florestais Ocorridos em Portugal no Período entre 2015-2019**. Mestrado—Porto, Portugal: Universidade Fernando Pessoa, 2020.

SCHLEUSS, J.; KRISHNAKUMAR, P. **Here’s where the Woolsey fire burned through the hills of Southern California**. Disponível em: <<https://www.latimes.com/projects/la-me-woolsey-fire-progression/>>. Acesso em: 19 out. 2021.

SCHMALTZ, J. **Wildfire on the Kamchatka Peninsula. Earth Observatory**. NASA Earth Observatory, 8 jun. 2016. Disponível em: <<https://earthobservatory.nasa.gov/images/88175/wildfire-on-the-kamchatka-peninsula>>. Acesso em: 20 out. 2021

SERNA, J. **Attempt to plug a wasp nest sparked the biggest wildfire in California history. Los Angeles Times**, 6 jun. 2019. Disponível em: <<https://www.latimes.com/local/lanow/la-me-ln-mendocino-complex-cause-california-fire-20190606-story.html>>. Acesso em: 19 out. 2021

SILVA JUNIOR, C. H. L. et al. Fire Responses to the 2010 and 2015/2016 Amazonian Droughts. **Frontiers in Earth Science**, v. 7, p. 97, 2019.

THE SUSTAINABILITY CONSORTIUM, WORLD RESOURCES INSTITUTE; UNIVERSITY OF MARYLAND. “Perda de cobertura arbórea anual global por causador dominante.” Acessado por meio do Global Forest Watch. Disponível em: < www.globalforestwatch.org>. Acessado em 17/11/2021.

TSIBART, A. et al. Wildfires in Russia: Features, regimes and consequences. In: **Wildland fires: a worldwide reality**. Environmental remediation technologies, regulations, and safety. Nova York: nova science publishers, 2015. p. 199–210.

UNIVERSITY OF MARYLAND E WORLD RESOURCES INSTITUTE. “Perda de floresta primária global”. Acessado por meio do Global Forest Watch. Disponível: <www.globalforestwatch.org> Acessado em 17/11/2021.

U.S. GEOLOGICAL SURVEY’S EARTH RESOURCES AND SCIENCE CENTER. **Woolsey Fire, Southern California**. Disponível em: <<https://climate.nasa.gov/images-of-change?id=681>>. Acesso em: 19 out. 2021a.

U.S. GEOLOGICAL SURVEY’S EARTH RESOURCES AND SCIENCE CENTER. **Camp Fire, Northern California**. Disponível em: <<https://climate.nasa.gov/images-of-change?id=682>>. Acesso em: 19 out. 2021b.

U.S. GEOLOGICAL SURVEY’S EARTH RESOURCES AND SCIENCE CENTER. **Mendocino Complex: California’s Largest Wildfire**. Disponível em: <<https://climate.nasa.gov/images-of-change?id=677>>. Acesso em: 19 out. 2021c.

U.S. GEOLOGICAL SURVEY’S EARTH RESOURCES AND SCIENCE CENTER. **Fort McMurray wildfire aftermath in Alberta, Canada**. Disponível em: <<https://climate.nasa.gov/images-of-change?id=578>>. Acesso em: 19 out. 2021d.

U.S. GEOLOGICAL SURVEY’S EARTH RESOURCES AND SCIENCE CENTER. **Wildfires near Fort McMurray in Alberta, Canada**. Disponível em: <<https://climate.nasa.gov/images-of-change?id=576>>. Acesso em: 19 out. 2021e.

U.S. GEOLOGICAL SURVEY’S EARTH RESOURCES AND SCIENCE CENTER. **Boreal forest wildfire on Kamchatka Peninsula, Russia**. Disponível em: <<https://climate.nasa.gov/images-of-change?id=580>>. Acesso em: 19 out. 2021f.

U.S. GEOLOGICAL SURVEY’S EARTH RESOURCES AND SCIENCE CENTER. **Peloponnesus fires, Greece**. Disponível em: <<https://climate.nasa.gov/images-of-change?id=366>>. Acesso em: 19 out. 2021g.

nasa.gov/images-of-change?id=366>. Acesso em: 19 out. 2021g.

U.S. GEOLOGICAL SURVEY’S EARTH RESOURCES AND SCIENCE CENTER. **Sampson Flat Fire, Australia**. Disponível em: <<https://climate.nasa.gov/images-of-change?id=539>>. Acesso em: 19 out. 2021h.

VASCONCELOS, S. S. DE et al. Susceptibilidade da vegetação ao fogo no sul do Amazonas sob condições meteorológicas atípicas durante a seca de 2005. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, p. 134–144, jun. 2015.

VIGANÓ, H. H. DA G. et al. Previsão e Modelagem das Ocorrências de Incêndios no Pantanal. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, p. 306–316, jun. 2018.

WONG, S. D.; BROADER, J. C.; SHAHEEN, S. A. Review of California Wildfire Evacuations from 2017 to 2019. 1 mar. 2020.

XANTHOPOULOS, G. Forest Fires in Greece: Past, Present and Future. In: **Wildland fires: a worldwide reality**. Environmental remediation technologies, regulations, and safety. Nova York: nova science publishers, 2015. p. 141–151.

Capítulo 7

**Legislação voltada
para as Q&IF**



7. Legislação voltada para as Q&IF

O Brasil possui uma legislação abrangente no que diz respeito à questão dos incêndios florestais e queimadas ao que compete à proteção legal do meio ambiente. No entanto, mesmo com a legislação existente, a falta de controle e fiscalização ainda permite que os incêndios florestais se alastrem e destruam a flora e a fauna.

A pauta meio ambiente foi ressaltada na legislação brasileira através da Constituição Federal de 1988, no Artigo nº 225, em que foi elucidado que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações, como segue o Parágrafo 1 do Art. 225 da Constituição Federal de 1988:

§ 1º Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao Poder Público:

I - preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas;

II - preservar a diversidade e a integridade do patrimônio genético do País e fiscalizar as entidades dedicadas à pesquisa e manipulação de material genético;

III - definir, em todas as unidades da Federação, espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos, sendo a alteração e a supressão permitidas somente através de lei, vedada qualquer utilização que comprometa a integridade dos atributos que justifiquem sua proteção;

IV - exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade;

V - controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente;

VI - promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente;

VII - proteger a fauna e a flora, vedadas, na forma da lei, as práticas que coloquem em risco sua função ecológica, provoquem a extinção de espécies ou submetam os animais à crueldade.

É entendido pelo artigo em questão a responsabilidade do poder público em regulamentar, preservar e concretizar os processos ecológicos, bem como promover campanhas educativas sobre esse assunto (BRASIL, 1988).

7.1 Políticas Públicas

Devido aos diversos acontecimentos ocorridos ao longo da década de 1990, as Nações Unidas (ONU) a declararam como a Década Internacional para Redução de Desastres Naturais (International Decade for Natural Disaster Reduction — IDNDR). Por sua vez, a abordagem pertinente às ações, no que condiz sobre redução de riscos de desastres e recuperação, tornaram-se mais proativas, considerando todas as etapas do ciclo do desastre — prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, 2014).

Em 1994, foi realizada uma conferência na qual lideranças mundiais propuseram estratégias para a identificação e redução de riscos que permitissem a vulnerabilidade a ocorrências de desastres naturais (BORGIO; SILVA, 2014).

Já em 1999 foi criado na estrutura da ONU o Escritório das Nações Unidas para a Redução de Riscos de Desastres (EIRD e UNISDR, em inglês), com propósito de buscar e desenvolver uma abordagem sistêmica para fomentar uma cultura global que proponha soluções para redução do risco de desastres, assim como o fortalecimento de programas de prevenção e mitigação de catástrofes (BORGIO; SILVA, 2014).

A 2ª conferência internacional sobre o tema aconteceu em 2005 e resultou no Marco de Ação de Hyogo 2005-2015 (MAH), cujo objetivo é aumentar a resiliência das nações frente aos desastres naturais. O MAH apresenta diretrizes prioritárias para auxiliar a tomada de decisões que visem aumentar a resiliência da sociedade quanto à situação de vulnerabilidade em relação aos bens sociais, econômicos e ambientais diante dos desastres e dessa maneira favorecer o desenvolvimento sustentável (ESTRATÉGIA INTERNACIONAL PARA A REDUÇÃO DE DESASTRES, [s.d.]).

De modo geral, o Marco de Ação de Hyogo, além de possibilitar predisposições destinadas à adoção de medidas de tomadas de decisão para a redução de risco de desastres, contribuiu para que as lideranças mundiais pudessem construir metas a fim de atingir os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM) (ESTRATÉGIA INTERNACIONAL PARA A REDUÇÃO DE DESASTRES, [s.d.]).

Os ODM surgiram em 2000 e consistem em um conjunto de medidas e metas elaborado pela ONU. Fomenta uma agenda global em prol de soluções adaptadas às condições e potencialidades de cada sociedade, a fim de promover o desenvolvimento econômico, social e ambiental até 2015 (CAL, 2017).

Em 2015 ocorreu a 3ª conferência mundial sobre a Redução de Riscos e Desastres, resultando no “Marco de Sendai — 2015-2030”, avançando ainda mais na pauta da redução de riscos a partir das observações da implementação das metas do Marco de Hyogo. Esse novo marco adota quatro áreas prioritárias: 1) compreensão do risco de desastres; 2) fortalecimento da governança para a gestão do risco de desastres; 3) investimento na redução do risco de desastres para resiliência; e 4) melhoria na preparação para desastres

visando a melhoria da resposta e uma melhor reconstrução nas etapas de recuperação e reabilitação (UNDRR, 2015).

Dentre os aspectos destacados pelo Marco de Sendai, destaca-se a importância de fortalecer as instituições que atuam nas escalas regional, nacional e global, fomentando o envolvimento de diferentes segmentos e setores da sociedade no processo de implementação de redução de riscos de desastres. Tendo em vista assim promover as parcerias internacionais, visando a resiliência a desastres em todos os níveis e a garantir meios adequados de execução (UNDRR, 2015).

A efetivação do Marco de Ação de Hyogo permitiu a identificação de elementos na execução de programas e projetos que não foram possíveis de serem cumpridos. Logo, foram elencados os fatores que levaram a ineficiência do MAH como os aspectos subjacentes à vulnerabilidade e características dos perigos (POZZER; COHEN; COSTAM, 2014).

O Marco de Sendai proporcionou que fossem elucidadas novas diretrizes para orientar novas ações para a execução da gestão de riscos, juntamente com os governos e as partes interessadas. Visava promover a prevenção e mitigação dos impactos negativos oriundos de todos os níveis de desastres, dimensões de vulnerabilidade, capacidade, exposição de pessoas e bens, características dos perigos e meio ambiente (UNDRR, 2015).

Os riscos de desastres e o aumento da resiliência fazem parte dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) e suas respectivas metas previstas na Agenda 2030 da ONU. Esses Objetivos, elaborados em 2015 pelos 193 Estados-Membros da ONU, são um conjunto de 17 propostas, formando um total de 169 metas associadas que constituem a Agenda 2030. Os ODS possuem o objetivo de erradicar a pobreza e possibilitar vida digna a todos dentro dos limites do planeta (IPEA, 2018).

O 13º objetivo do ODS, “Ação contra a mudança global do clima”, perpassa pelos objetivos e instrumentos da Lei nº 12.187 de 29 de dezembro de 2009, que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), que possui como uma de suas diretrizes garantir o desenvolvimento econômico e social concomitante a proteção do sistema climático global (BRASIL, 2009).

A constituição da Agenda 2030 é reconhecida como um marco internacional, visto que afirma a responsabilidade dos governos a implementarem ações e medidas assertivas de preservação ambiental e controle de queimadas e incêndios que ocorrem, não só no Brasil, mas em todo o planeta (ROSA, 2020), buscando garantir que o desenvolvimento econômico e social contribua para a proteção do sistema climático global.

Ainda segundo Rosa (2020), as formas de adaptação aos riscos de desastres relacionados ao clima e às mudanças climáticas, assim como o compromisso de operacionalizar programas e de promover mecanismos de planejamento apontados no ODS nº 13, fomentam o compromisso que os órgãos e entidades governamentais possuem com o meio ambiente.

7.2 Esfera Federal

Neste item serão apresentadas as normas relacionadas à importância da consolidação da Legislação Federal para o território nacional, visando estabelecer critérios para o manejo do fogo.

7.2.1 Evolução Histórica

A ação prejudicial do homem sobre o meio ambiente decorrente do uso inadequado do fogo demandou novas regulamentações para esse manejo com o propósito de

conservar e preservar os recursos naturais, ocasionando uma evolução na legislação ambiental brasileira.

No que tange à proteção jurídica ao meio ambiente acerca de incêndios e queimadas no Brasil, a evolução da legislação ambiental ocorreu paulatinamente ao longo dos anos.

Em 1934, por meio do Decreto Federal nº 23.793, foi instituído o primeiro Código Florestal brasileiro, que definia — através de práticas conservacionistas — os princípios necessários para proteger o meio ambiente. Nesse código era proibida qualquer atividade com o uso do fogo (BRASIL, 1934).

A primeira norma regulamentar que aponta o uso do fogo como um elemento essencial em práticas agrícolas foi o Código Florestal, Lei nº 4.771/1965. Ele citava a proibição do uso do fogo nas florestas e demais formas de vegetação, porém permitia o manejo do fogo em práticas agropastoris ou florestais, desde que houvesse a autorização do Poder Público.

Como podemos ver nos artigos abaixo:

Art. 26 Constituem contravenções penais, puníveis com três meses a um ano de prisão simples ou multa de uma a cem vezes o salário-mínimo mensal, do lugar e da data da infração ou ambas as penas cumulativamente:

- e) fazer fogo, por qualquer modo, em florestas e demais formas de vegetação, sem tomar as precauções adequadas;
- f) fabricar, vender, transportar ou soltar balões que possam provocar incêndios nas florestas e demais formas de vegetação;
- l) empregar, como combustível, produtos florestais ou hulha, sem uso de dispositivo que impeça a difusão de fagulhas, suscetíveis de provocar incêndios nas florestas.

Art. 27 É proibido o uso de fogo nas florestas e demais formas de vegetação.

Parágrafo único. Se peculiaridades locais ou regionais justificarem o emprego do fogo, em práticas agropastoris ou florestais, a permissão será estabelecida em ato, do Poder Público, circunscrevendo as áreas e estabelecendo normas de precaução (BRASIL, 1965).

Com o propósito de estabelecer critérios para o controle do manejo do fogo, assim como o combate e prevenção de queimadas e incêndios florestais, em 25 de agosto de 1988 foi criada por meio da Portaria nº 254 no antigo Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF), a Comissão Nacional de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais (Conacif) para lidar com essa problemática (SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL, 2018).

A respeito do uso do fogo em Unidades de Conservação, foi estabelecida a Resolução do CONAMA nº 011 de 14 de dezembro de 1988, que delibera sobre procedimentos e medidas preventivas referentes a incêndios florestais em Unidades de Conservação (BRASIL, 1988).

A iminência de implementar um sistema de gestão nacional para gerenciar o uso do fogo em território nacional durante todo o ano, fez com que o governo federal criasse em 1989, por meio do decreto de nº 97.635, o Sistema Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais (PREVFOGO), atribuindo ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Renováveis (IBAMA) as competências para estabelecer as condições do uso do fogo, sob a forma de Queima Controlada. O PREVFOGO é um programa que desenvolve atividades relacionadas ao monitoramento de focos de calor, bem como prevenção, controle e combate a incêndios florestais. Além da capacitação de produtores rurais e brigadistas

relacionados ao manejo do fogo (BRASIL, 1989).

A Constituição Federal Brasileira de 1988, em seu capítulo VI destinado ao meio ambiente, afirma que

Art. 225 Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 1998).

Estabelece ainda que a reparação de danos ambientais provocados pelas condutas e atividades lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores às responsabilidades civil, penal e administrativa feitas de forma independente à obrigação de reparação aos danos causados (BRASIL, 1988).

O estabelecimento do Decreto 2.661/98 publicado em 08 de julho de 1998, revogou o Decreto de nº. 97.635, regulamentando o art. 27 do Código Florestal, Lei nº4.771/65, referente à proibição e permissão do uso do fogo, também chamada de Queima Controlada (BRASIL, 1998).

De acordo com o Decreto 2.661/98, Queima Controlada é o emprego do fogo como fator de produção e manejo em atividades agropastoris ou florestais, e para fins de pesquisa científica e tecnológica, em áreas com limites físicos previamente definidos (BRASIL, 1998). Atualmente o PREVFOGO é regido pelo Decreto Federal nº 6.099/2007 (BRASIL, 2007).

Em conformidade com a atuação do PREVFOGO, foi desenvolvido o Sistema Nacional de Informações sobre o Fogo (SISFOGO). O SISFOGO é um sistema de dados que agrega informações sobre incêndios e queimadas florestais (IBRAM, 2009).

Contudo, no ano de 2021, o Presidente Jair Bolsonaro, tendo em vista o alto índice de focos de queimadas segundo dados do INPE, assinou o Decreto nº 10.735, de 28 de junho de 2021, que determina a suspensão do emprego do fogo em práticas agropastoris mediante Queima Controlada em todo o território nacional pelo prazo de 120 (cento e vinte) dias a fim de reduzir os incêndios florestais no período da seca (BRASIL, 2021).

Com o objetivo de designar sanções penais e administrativas para os responsáveis por danos ambientais, foi promulgada a Lei nº 9.605/98 que dispõe a Lei de Crimes Ambientais, que estabelece multas para ações lesivas ao meio ambiente ao fazer uso indiscriminado do fogo (BRASIL, 1998).

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), criado através da Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000 instituiu no Art. 27 que “as unidades de conservação devem dispor de um Plano de Manejo” (BRASIL, 2000).

Segundo o Manual Anual de Prevenção e Combate de Incêndios Florestais (TORRES et al., 2020), a elaboração de um Plano de Manejo busca prevenir e combater os incêndios florestais nas Unidades de Conservação, dessa forma implica diretamente na proteção da biodiversidade e na manutenção de processos ecossistêmicos.

A Lei 12.651/2012 estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação nativa, citando o controle e a prevenção dos incêndios florestais, bem como prevê instrumentos econômicos e financeiros para o alcance dos seus objetivos (BRASIL, 2012). Essa lei cita os seguintes artigos:

Art. 38. É proibido o uso de fogo na vegetação, exceto nas seguintes situações:

I - em locais ou regiões cujas peculiaridades justifiquem o emprego do fogo em práticas agropastoris ou florestais, mediante prévia aprovação do órgão estadual ambiental competente do SISNAMA, para cada imóvel rural ou de forma regionalizada, que estabelecerá os critérios de monitoramento e controle;

II - emprego da Queima Controlada em Unidades de Conservação, em conformidade com o respectivo plano de manejo e mediante prévia aprovação do órgão gestor da Unidade de Conservação, visando ao manejo conservacionista da vegetação nativa, cujas características ecológicas estejam associadas evolutivamente à ocorrência do fogo;

III - atividades de pesquisa científica vinculada a projeto de pesquisa devidamente aprovado pelos órgãos competentes e realizada por instituição de pesquisa reconhecida, mediante prévia aprovação do órgão ambiental competente do Sisnama (BRASIL, 2012);

Os incêndios florestais também são considerados “Desastres”, segundo a Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE), mesmo que iniciados de forma espontânea ou por consequência de ações humanas (UNIVERSIDADE DE SANTA CATARINA, 2012). Dessa maneira, é previsto na Lei Federal nº 12.608 de 10 de abril de 2012 a implementação da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC). Tal lei obriga a União, estados e Distrito Federal a instituírem e implementarem seus Planos de Proteção e Defesa Civil ou Planos Estaduais de Emergência (BRASIL, 2012).

Esse Plano é a principal estratégia nacional para incentivar os entes estaduais a promoverem a integração, a articulação, o controle e o desenvolvimento de um protocolo oficial para a governança para atuarem em situações de emergência, assim como na prevenção e combate de queimadas e incêndios florestais (BRASIL, 2012). A seguir é apresentado o Quadro 18, com as Legislações Federais abordadas.

Quadro 18 - Legislações Federais abordadas

Decreto de Lei nº 2.848/1940	Dispõe sobre o Código Penal, capítulo I: Crimes de perigo comum (art. 250) - Causar incêndio, expondo a perigo a vida, a integridade física ou o patrimônio.
Lei nº 9.605/1998	Lei de Crimes Ambientais - Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.
Decreto nº 6.514/2008	Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências.
Lei Federal nº 12.651/ 2012	Dispõe o Código Florestal sobre a proteção da vegetação nativa e estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação nativa.
Portaria nº 254/1988	Criação da Comissão Nacional de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais (Conacif).
Decreto de nº 97.635/1988	Dispõe sobre a criação do PREVFOGO.
Decreto 2.661/98 publicado em 08 de julho de 1998	Dispõe sobre a Queima Controlada, no qual diz que é o emprego do fogo como fator de produção e manejo em atividades agropastoris ou florestais, e para fins de pesquisa científica e tecnológica, em áreas com limites físicos previamente definidos.
Decreto nº 10.735/ 2021	Dispõe sobre a suspensão do emprego do fogo em práticas agropastoris mediante Queima Controlada em todo o território nacional pelo prazo de 120 (cento e vinte) dias a fim de reduzir os incêndios florestais no período da seca.
Lei nº 9.985 /2000	Dispõe sobre a criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC).
Lei nº 12.608/2012	Dispõe sobre a implementação da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC).
Lei nº 6.938/1981	Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.
Constituição Federativa do Brasil de 1988	Dispõe que as condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores a sanções penais e administrativas (art. 225 § 3º).

Fonte: próprio autor

7.2.2 Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA) e Lei de Crimes Ambientais

A Lei 6.938 de 31 de agosto de 1981 dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), marco na legislação ambiental brasileira, uma vez que menciona o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, assim como o dever de responsabilidade civil quando uma atividade gerar dano ambiental (BRASIL, 1981).

Segundo o Art. 2º desta Lei, a Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar no país, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e a proteção da dignidade humana (BRASIL, 1981).

Sendo assim, entende-se que esta lei possui normas regulamentadoras que auxiliam a gestão ambiental, uma vez que prevê a obrigatoriedade de órgãos competentes executarem planos, programas e projetos que devem prevenir a origem de queimadas, bem como efetivar ações fiscalizatórias, penalizando os possíveis responsáveis por impactos ambientais oriundos do fogo. Como é possível ver no Art. 4º, inciso VII, que trata sobre a obrigação que é atribuída ao poluidor “à imposição, ao poluidor e ao predador, da obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados e, ao usuário, da contribuição pela utilização de recursos os danos causados e, ao usuário, da contribuição pela utilização de recursos ambientais com fins econômicos” (BRASIL, 1981).

A construção do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) descrito no Art. 6º incube aos órgãos e entidades da União, dos estados, do Distrito Federal, dos territórios e dos municípios a melhorar a qualidade ambiental e

manter o equilíbrio ecológico. Dessa maneira, entre outros deveres, esses órgãos devem otimizar as medidas e recursos para prevenção e combate a queimadas e incêndios florestais (BRASIL, 1981).

A promulgação desta Lei também infere o Princípio do Poluidor – Pagador, que:

Preconiza que os custos decorrentes da prevenção da poluição e controle do uso dos recursos naturais assim como os custos da reparação dos danos ambientais não evitados, sejam suportados integralmente pelo condutor da atividade econômica potencial ou efetivamente degradadora, que, portanto, internalizará os custos da poluição ao invés de externalizá-los para o estado e consequentemente a sociedade (BECHARA, 2020).

No que se refere às normas regulamentares a respeito do uso do fogo, a Lei 9.605/98, Lei de Crimes Ambientais, dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente (BRASIL, 1998). Essa Lei especifica em seu Art. 41º os atos de queimadas contra flora, mencionando a pena de reclusão de dois a quatro anos, e multa. Se o crime for considerado culposos, a pena é de detenção de seis meses a um ano, e multa. Acrescenta ainda, em seu Art. 42º, fabricar, vender, transportar ou soltar balões que possam provocar incêndios nas florestas e demais formas de vegetação, em áreas urbanas ou qualquer tipo de assentamento humano (BRASIL, 1998).

No que diz respeito às penalidades, também podemos utilizar como instrumento para condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente o Código Penal, o Decreto-Lei nº 2.848, de 7 de dezembro de 1940. Nele, são citados os crimes contra a incolumidade pública, conforme abaixo:

Art. 250 - Causar incêndio, expondo a perigo a vida, a integridade física ou o patrimônio de outrem:

Pena - reclusão, de três a seis anos, e multa.

Aumento de pena

§ 1º - As penas aumentam-se de um terço:

I - se o crime é cometido com intuito de obter vantagem pecuniária em proveito próprio ou alheio;

II - se o incêndio é:

a) em casa habitada ou destinada a habitação;

b) em edifício público ou destinado a uso público ou a obra de assistência social ou de cultura;

c) em embarcação, aeronave, comboio ou veículo de transporte coletivo;

d) em estação ferroviária ou aeródromo;

e) em estaleiro, fábrica ou oficina;

f) em depósito de explosivo, combustível ou inflamável;

g) em poço petrolífero ou galeria de mineração;

h) em lavoura, pastagem, mata ou floresta.

Incêndio culposo

§ 2º - Se culposo o incêndio, é pena de detenção, de 6 (seis) meses a 2 (dois) anos (BRASIL, 1940).

7.2.3 Política Nacional De Proteção e Defesa Civil — PNPDEC

A Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012, institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), que dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC) e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil (CONPDEC), além de autorizar a criação

de um sistema de informações e monitoramento de desastres e alterar a Lei nº 12.340, de 1º de dezembro de 2010 (BRASIL, 2012).

A implementação dessa Lei torna os entes federativos responsáveis pela elaboração do plano de gerenciamento de riscos, já que estabelece a obrigação da União, dos estados, do Distrito Federal e dos municípios em adotar as medidas necessárias à redução dos riscos de desastre, como os incêndios florestais. Ainda segundo o Art. 3º, a PNPDEC abrange as ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação voltadas à proteção e defesa civil (BRASIL, 2012).

Com o aprimoramento da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, surgiu a necessidade de criar um fundo financeiro, reunindo recursos que seriam destinados à recuperação de situações que fossem definidas como calamidades públicas. O estado de calamidade pública pode ser definido pela ocorrência de uma situação anormal provocada por desastre que causa danos e prejuízos que impliquem o comprometimento substancial da capacidade de resposta do Poder Público do ente federativo atingido ou que demande a adoção de medidas administrativas excepcionais para a resposta e recuperação (BRASIL, 2020).

A Lei nº 12.983 de 02 de junho de 2014 dispõe sobre a transferência de recursos da União aos órgãos e entidades dos estados, Distrito Federal e Municípios para a execução de ações de prevenção em áreas de risco e de resposta e recuperação em áreas atingidas por desastres e sobre o Fundo Nacional para Calamidades Públicas, Proteção e Defesa Civil e as Leis nº 10.257, 10 de julho de 2001, e 12.409, de 25 de 9 maio de 2001, e revoga dispositivos da Lei nº 12.340, de 1º de dezembro de 2010 (BRASIL, 2014).

Essa Lei outorgou a distribuição de competências para a União, estado e municípios, permitindo assim a descentralização no gerenciamento do risco de desastres naturais. Uma vez que propicia possibilidades de formação de capacidades dos governos locais para lidar com riscos ao definir contrapartidas financeiras para a prevenção e mitigação dos danos causados pelos desastres naturais (BACK, 2016).

7.3 Esfera Estadual

Neste item são apresentadas as legislações específicas ao estado do Rio de Janeiro que versam sobre ou tem interface com a temática das Q&IF, com o propósito de prevenir e reduzir sua incidência e seus danos. O quadro a seguir (Quadro 19) apresenta uma síntese dessas leis.

Quadro 19 - Legislação Estadual referente à Queimadas

Lei Estadual nº 2.049/1992	Proibição de Queimadas da Vegetação	Dispõe sobre a proibição de queimada da vegetação em áreas e locais especificados no estado do Rio de Janeiro.
Lei nº 3.467 de 2000	Sanções administrativas derivadas de infrações ao meio ambiente	Dispõe sobre as sanções administrativas derivadas de condutas lesivas ao meio ambiente no estado do Rio de Janeiro.
Lei estadual nº 5.990/11	Proibição de queimadas da vegetação em áreas e locais específicos	Dispõe sobre a eliminação gradativa da queima da cana-de-açúcar.
Lei nº 9.001/ 2020	Semana Estadual de Conscientização	Dispõe sobre a inclusão da Semana Estadual de Conscientização, prevenção e combate a queimadas urbanas no calendário oficial de comemorações do estado do Rio de Janeiro.
Lei nº 5.100/ 2007	ICMS Ecológico	Dispõe sobre os critérios para o repasse do produto da arrecadação do ICMS aos municípios destinados à conservação ambiental.

Fonte: próprio autor

7.3.1 A proibição de queimadas da vegetação

A Lei Estadual nº 2.049, de 22 de dezembro de 1992, dispõe sobre a proibição da queima da vegetação em áreas de relevância ambiental como nascentes, ao longo do curso d´água, topos de morros, florestas e outros (RIO DE JANEIRO, 1992).

Essa Lei também proíbe a queima da vegetação em áreas paisagísticas, históricas, culturais, científicas e áreas que podem ocasionar risco à segurança de pessoas e

patrimônios (RIO DE JANEIRO, 1992). Busca-se através da implementação dessa Lei disciplinar a proibição da realização de queimadas da vegetação em diversas localidades do estado a fim de prevenir focos de incêndio (RIO DE JANEIRO, 1992)

Segundo o Art.4º, a fiscalização do cumprimento dessa legislação estadual será executada através da Comissão Estadual de Controle Ambiental (CECA), considerando que as penalidades incidirão sobre os autores da infração ambiental (RIO DE JANEIRO, 1992).

Embora a Lei nº 2.049/1992 seja a única lei estadual pertinente a queimadas, é utilizada como instrumento legal para a implementação do controle ambiental no estado a Lei nº 3.467 de 14 de setembro de 2000, que se refere a crimes e infrações ambientais, na qual é possível encontrar os procedimentos administrativos a serem adotados (RIO DE JANEIRO, 2000).

7.3.2 A Lei Estadual de Crimes Ambientais

A Lei nº 3.467 de 14 de setembro de 2000 dispõe sobre as sanções administrativas derivadas de condutas lesivas ao meio ambiente no estado do Rio de Janeiro. De acordo com o Art. 1º, é considerado infração administrativa ambiental toda ação ou omissão dolosa ou culposa que viole as regras jurídicas de uso, gozo, promoção, proteção e recuperação do meio ambiente (RIO DE JANEIRO, 2000).

Essa lei aponta como crime ambiental cinco tipos de ações discriminadas e classificadas como: I) crimes contra a fauna; II) crimes contra a flora; III) poluição e outros crimes ambientais; IV) crimes contra o ordenamento urbano e patrimônio cultural e V) crimes contra a administração ambiental e infrações administrativas (RIO DE JANEIRO, 2000).

No que tange os crimes ambientais provocados pelo uso do fogo podemos elencar os Art. 47 e Art. 48, além do Art. 60 e Art. 90, como pode ser visto no Quadro 20, a seguir.

Quadro 20 - Dispositivo x Penalidade

Dispositivo	Penalidade
Art. 47 - Provocar incêndio em mata ou floresta	Multa de R\$ 1.500,00 (mil e quinhentos reais), por hectare ou fração queimada
Art. 48 - Fabricar, vender, transportar ou soltar balões que possam provocar incêndios nas florestas e demais formas de vegetação, em áreas urbanas ou qualquer tipo de assentamento humano	Multa de R\$ 1.000,00 (mil reais) a R\$ 10.000,00 (dez mil reais), por unidade
Art. 60 - Fazer uso de fogo em áreas agropastoris sem autorização do órgão competente ou em desacordo com a obtida	Multa de R\$ 1.000,00 (mil reais), por hectare ou fração
Art. 90. Poluir o ar por queima de material de qualquer natureza ao ar livre	Multa de R\$ 100,00 (cem reais) a R\$ 10.000 (dez mil reais)

Fonte: Rio de Janeiro (2000).

No estado do Rio de Janeiro, as normas regulamentadoras proíbem a técnica do uso do fogo para suprimir a vegetação, atribuindo penalidades a qualquer tipo de atividade que seja usado o manejo do fogo (RIO DE JANEIRO, 2011).

Em locais ou regiões cujas singularidades justifiquem o emprego do fogo em práticas agropastoris ou florestais, se faz necessário buscar autorização do órgão ambiental competente para que seja possível a realização da Queima Controlada. Segundo o Decreto 2.661/98, o mesmo ocorre em relação à utilização do fogo em unidades de conservação e para a atividade de pesquisa científica (BRASIL, 1998).

7.3.3 A Lei nº 9.001/2020: Semana Estadual de Conscientização, Prevenção e Combate à Prática de Queimadas Urbanas

A respeito do surgimento de incêndios na área urbana, foi elaborada a Lei nº 9.001 de 10 de setembro de 2020, que altera o anexo da Lei estadual nº 5.646 de 06 de janeiro de 2010, incluindo no calendário oficial de comemorações do estado do Rio de Janeiro a “Semana Estadual de Conscientização Prevenção e Combate a prática de queimadas urbanas” (RIO DE JANEIRO, 2020).

Essa Semana deve ser realizada anualmente na segunda semana de maio pela Administração Pública, por meio da mobilização dos órgãos estaduais para a execução de ações através de dispositivos como: campanhas por meio de veículos de comunicação, emissão de boletins sobre o monitoramento de focos de queimadas, implantação de sistemas de alertas de incêndios e adoção de medidas que venham a reduzir os focos de incêndios (RIO DE JANEIRO, 2020).

De acordo com o Art. 2º, deve-se realizar o desenvolvimento de campanhas educativas em escolas estaduais, bem como orientar os servidores públicos estaduais sobre os riscos provocados por queimadas que podem gerar impactos negativos ao ambiente e à saúde humana (RIO DE JANEIRO, 2020).

Para dar cumprimento ao disposto nesta Lei, a Administração Estadual poderá mobilizar órgãos do estado para que juntos possam atuar no patrulhamento ambiental a fim de potencializar a ação fiscalizatória do estado com o intuito de diminuir a incidência de incêndios (RIO DE JANEIRO, 2020).

7.3.4 Eliminação Gradativa da Queima da palha da cana-de-açúcar

A Lei estadual nº 5.990 de 20 de junho de 2011 determina prazos para a eliminação gradativa do emprego do fogo para a queima da palha da cana-de-açúcar. A implementação dessa Lei é de grande relevância tanto no cenário agrícola como no ecológico, uma vez que propõe a atenuação do impacto ambiental ocasionado pelos poluentes oriundos do processo de queimadas no cultivo da cultura da cana-de-açúcar (RIO DE JANEIRO, 2011).

Essa legislação determina a adoção de medidas para quem utiliza a prática de queimadas como método despalhador e facilitador do corte da cana-de-açúcar, ficando instituído que a queima da vegetação não pode ser realizada em locais que possam gerar riscos a pessoas ou ao patrimônio, bem como em locais que possuem vegetação expressiva (RIO DE JANEIRO, 2011).

A legislação ambiental nº 5.990/2011 estabelece que a prática de queimada como método despalhador e facilitador de corte da cultura de cana-de-açúcar só poderá ser executada após a comunicação a ser protocolada no Instituto Ambiental do Ambiente (Inea) com antecedência mínima de 05 (cinco) dias úteis, a data, horário e local da queima (RIO DE JANEIRO, 2011).

7.3.5 ICMS Ecológico

Segundo Ribeiro (2008), o ICMS (Imposto sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e Comunicação) surgiu a partir do ICM (Imposto sobre Circulação de Mercadorias), com as alterações no Sistema Tributário e a promulgação da

Constituição de 1988. É o principal imposto dentre os impostos estaduais previstos pela Constituição Federativa do Brasil (BRASIL, 1988).

Tendo em vista a necessidade de realizar o cumprimento das normas legais que visam à proteção das florestas e recursos naturais dos municípios, consoante as necessidade dos municípios de ampliarem suas receitas reduzidas pela restrição do uso solo por possuírem mananciais de abastecimento e/ou Unidades de Conservação, foi estabelecido o ICMS Ecológico, possibilitando que os municípios protejam e preservem o meio ambiente sem que isso prejudique sua economia (RIBEIRO, 2008).

Nesse sentido, o ICMS Ecológico representa um mecanismo de incentivo econômico para a gestão e conservação das Unidades de Conservação. Vem sendo considerado uma alternativa inovadora em políticas públicas dirigidas à preservação da natureza (CONTI; IRVING; ANTUNES, 2015).

No que diz respeito às queimadas, vê-se claramente que as florestas tropicais são vistas como um emblema da biodiversidade e as queimadas como um dos principais fatores na contribuição para emissão dos gases produtores do efeito estufa (FEARNSIDE, 2006). A implementação do ICMS Ecológico promove o financiamento de ações que podem coibir o índice de incêndios florestais, assim como queimadas não autorizadas, através da adoção de medidas que visam a conservação ambiental, atreladas ao desenvolvimento econômico (SCAFF; TUPIASSU, 2004).

O ICMS Ecológico no estado do Rio de Janeiro foi criado a partir da Lei Estadual nº 5.100, de 04 de outubro de 2007, que apresenta os critérios definidos para o repasse

do produto da arrecadação do ICMS aos municípios destinados à conservação ambiental. Considera em seu cálculo as áreas pertencentes às unidades de conservação ambiental, a qualidade ambiental dos recursos hídricos, além de outros critérios referentes ao saneamento básico (CEPERJ, [s.d.]).

Logo, o ICMS ecológico é um benefício financeiro que vem a compensar os municípios por proteger áreas legalmente destinadas à unidade de conservação ambiental em parte do seu território, configurando um instrumento eficaz de viabilização de políticas públicas ambientais e na redução de impactos negativos ambientais negativos (TERCEIRO; DANTAS, 2020).

7.4 Esfera Municipal

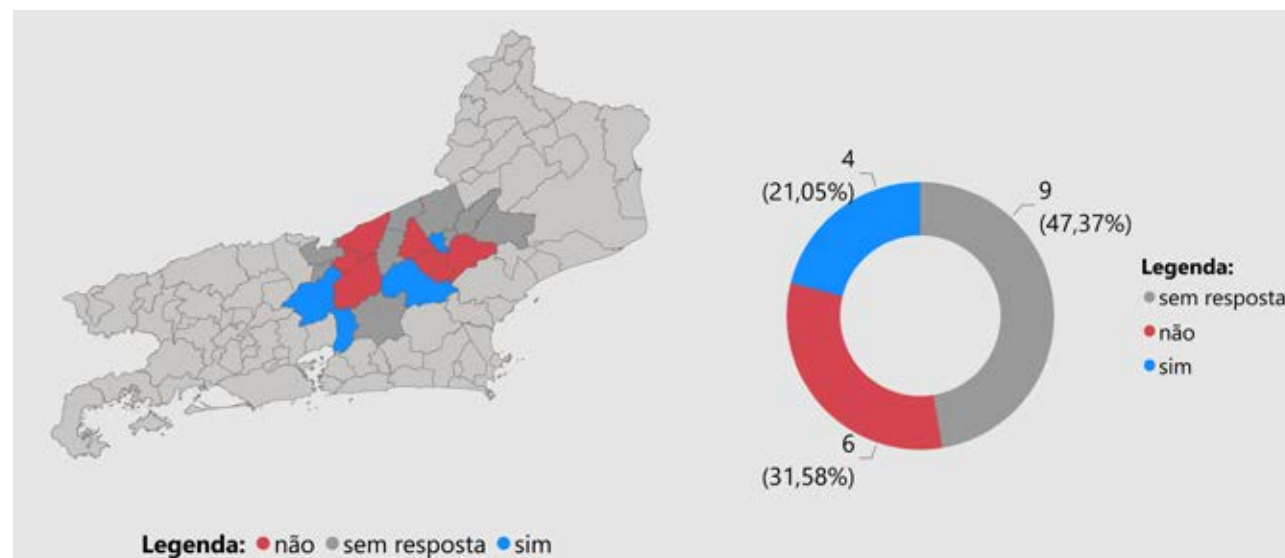
Durante a realização dos estudos para o projeto Análise e Monitoramento de Queimadas e Incêndios Florestais no estado do Rio de Janeiro, foi realizada uma pesquisa pela Fundação Ceperj nos seguintes municípios: Teresópolis, Petrópolis, Carmo, Sapucaia, São José do Vale do Rio Preto, Areal, Três Rios, Guapimirim, Sumidouro, Nova Friburgo, Duas Barras, Santa Maria Madalena, Cordeiro, Cantagalo, Cachoeira de Macacu, Macuco, Trajano de Moraes e Bom Jardim; a fim de verificar se os mesmos possuíam uma legislação ambiental própria.

Essa pesquisa foi feita através do envio de um formulário Google Forms da plataforma Google com perguntas elaboradas pela equipe do projeto Análise e Monitoramento de Queimadas e Incêndios Florestais no Estado do Rio de Janeiro (Projeto Queimadas), que deveriam ser preenchidas pelas Secretarias Municipais de Meio Ambiente das prefeituras ou qualquer órgão competente dos municípios citados anteriormente. Todos os dados abaixo foram

resultados da pesquisa mencionada acima. Os municípios Santa Maria Madalena, Três Rios, Areal, Cachoeira de Macacu, Carmo, Macuco, Cantagalo e São Sebastião do Alto não enviaram respostas.

De acordo com as respostas obtidas pela pesquisa, foi verificado que os seguintes municípios não possuem legislação ambiental direcionada a respeito da prevenção de incêndios: Sapucaia, Trajano de Moraes, Duas Barras e São José do Vale do Rio Preto (Gráfico 7). Os municípios Cordeiro, Petrópolis, Nova Friburgo e Guapimirim possuem legislação ambiental municipal que determina ações para a prevenção e combate de queimadas e incêndios florestais. Apenas o município de Petrópolis possui Semana Municipal ou Dia de Conscientização sobre Queimadas e Incêndios Florestais.

Gráfico 7 - Legislação ambiental municipal pertinente à prevenção de queimadas
Fonte: próprio autor



Segundo as respostas do formulário, os municípios de Sapucaia, Trajano de Moraes, Teresópolis, Guapimirim, Cordeiro, Duas Barras e Nova Friburgo não possuem manuais ou guias para elaboração de documentos pertinentes aos registros de incêndios florestais. Os municípios de Petrópolis e Teresópolis possuem um guia que orienta o preenchimento

de documentos pertinentes ao registro de incêndios ou queimadas. A seguir, o Gráfico 8 aponta os índices dos municípios que não possuem um guia ou manual que oriente o preenchimento de registros de incêndios.

Gráfico 8 - Guia para preenchimento de registro de incêndios
Fonte: próprio autor

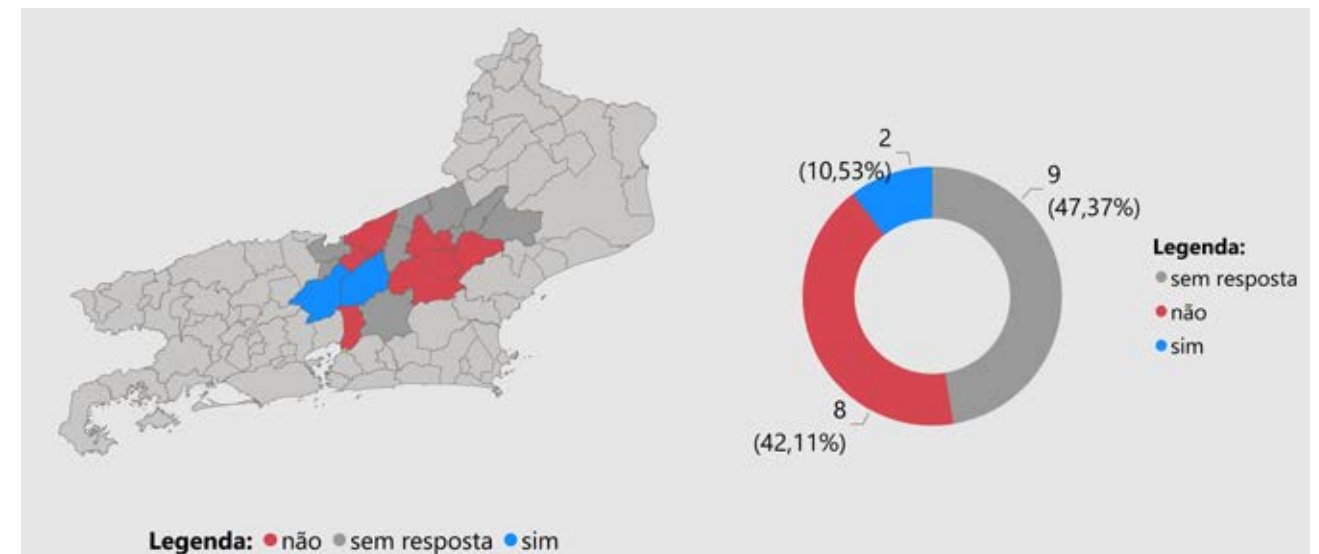


Figura 101 - Yuri Maia, coordenador de políticas regionais, urbanas e ambientais da Fundação CEPERJ, apresentando o ICMS Ecológico e o Projeto Queimadas
Fonte: acervo CEPERJ, 2021



Referências Bibliográficas

BACK, A. G. Política Nacional de Proteção e Defesa Civil: avanços e limites na prevenção de desastres. **Agenda Política**, [s. l.], v. 4, n. 1, p. 85-111, dez. 2016.

BECHARA, E. Princípio do poluidor pagador. Enciclopédia jurídica da PUC-SP. Celso Fernandes Campilongo, Alvaro de Azevedo Gonzaga e André Luiz Freire (coords.). Tomo: Direitos Difusos e Coletivos. Nelson Nery Jr., Georges Abboud, André Luiz Freire (coord. de tomo). 1. ed. São Paulo: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2017. Disponível em: <https://enciclopediajuridica.pucsp.br/verbete/334/edicao-1/principio-do-poluidor-pagador>. Acessado em: 1 nov. 2021

BORGIO, R. L.; SILVA, D. H. DA. Redução de riscos de desastres. As conferências regionais da UNISDR em 2014 e as perspectivas de cooperação internacional em ciências e tecnologias. **Revista Terceiro Incluído**, v. 4, n. 1, p. 83-96, 30 jun. 2014.

BRASIL. (Constituição [1988]). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, Presidência da República, 1998. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 28 set. 2021.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 11, de 14 de dezembro de 1988**. Dispõe sobre as unidades de conservação, quando atingidas pela ação do fogo, 14 dez. 1988. Disponível em: <https://www.tjpa.jus.br/CMSPortal/VisualizarArquivo?idArquivo=8449>. Acesso em: 25 out. 2021.

BRASIL. **Decreto - Lei nº 2.848, de 07 de dezembro de 1940**. Código Penal. Rio de Janeiro, RJ, 07 nov. 1940. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del2848.htm. Acesso em: 28 set. 2021.

BRASIL. **Decreto nº 2.661, de 08 de julho de 1998**. Regulamenta o parágrafo único do art. 27 da lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965

(Código Florestal), mediante o estabelecimento de normas de precaução relativas ao emprego do fogo em práticas agropastoris e florestais, e dá outras providências. Brasília, DF, 08 jul. 1998. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d2661.htm. Acesso em: 18 ago. 2021.

BRASIL. **Decreto nº 6.099, de 26 de abril de 2007**. Aprova a estrutura regimental e o quadro demonstrativo dos cargos em comissão do instituto brasileiro do meio ambiente e dos recursos naturais renováveis - IBAMA, e dá outras providências. Brasília, DF, 2 abr. 2009. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/decreto/d6099.htm. Acesso em: 26 out. 2021.

BRASIL. **Decreto nº 10.735, de 2021**. Determina a suspensão da permissão do emprego do fogo de que trata o Decreto nº 2.661, de 8 de julho de 1998, no território nacional pelo prazo de cento e vinte dias. Brasília, DF, 21 jun. 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.735-de-28-de-junho-de-2021-328568984>. Acesso em: 13 nov. 2021.

BRASIL. **Decreto nº 23.793, de 23 de janeiro de 1934**. Aprova o Código Florestal. Rio de Janeiro, RJ, 23 jan. 1934. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1930-1949/d23793.htm. Acesso em: 19 ago. 2021.

BRASIL. **Decreto nº 97.635, de 10 de abril de 1989**. Regula o artigo 27 do Código Florestal e dispõe sobre a prevenção e combate a incêndio florestal, e dá outras providências. Brasília, DF, 10 de abr. 1989. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/D97635.htm. Acesso em: 23 ago. 2021.

BRASIL. **Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965**. Institui o novo Código Florestal. Brasília, DF, 08 jul. 1998. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4771.htm. Acesso em: 18 ago. 2021.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a

Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, DF, 31 ago. 1981. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso em: 21 ago. 2021

BRASIL. **Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998**. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. 1. ed. Brasília, DF, Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9605.htm. Acesso em: 20 ago. 2021.

BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília, DF, 18 jul. 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm. Acesso em: 13 nov. 2021.

BRASIL. **Lei nº 10.593, de 24 de dezembro de 2020**. Dispõe sobre a organização e o funcionamento do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil e do Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil e sobre o Plano Nacional de Proteção e Defesa Civil e o Sistema Nacional de Informações sobre Desastres. Brasília, DF, Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2020/Decreto/D10593.htm#art44. Acesso em: 23 ago. 2021.

BRASIL. **Lei nº 12.187, de 29 de dezembro 2009**. Institui a Política Nacional Sobre Mudança do Clima - PNMC. 1. ed. Brasília, DF, 29 dez. 2009. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm. Acesso em: 26 out. 2021.

BRASIL. **Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012**. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil e dá outras providências. Brasília, DF, Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12608.htm#art31. Acesso em: 23 ago. 2021.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio 2012**. Dispõe sobre a proteção

da vegetação nativa e dá outras providências. Brasília, DF, 29 dez. 2009. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm. Acesso em: 26 out. 2021.

BRASIL. **Lei nº 12.983, de 02 de junho de 2014**. Dispõe sobre as transferências de recursos da União aos órgãos e entidades dos Estados, Distrito Federal e Municípios para a execução de ações de prevenção em áreas de risco e de resposta e recuperação em áreas atingidas por desastres e sobre o Fundo Nacional para Calamidades Públicas, Proteção e Defesa Civil. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2014/lei/l12983.htm. Acesso em: 08 out. 2021.

CAL, C. M. **Histórico ODM — Objetivos de Desenvolvimento Sustentável ODS. Planalto.gov**, 28 jun. 2017. Disponível em: http://www4.planalto.gov.br/ods/assuntos/copy_of_historico-odm. Acesso em: 7 dez. 2021.

Ceperj. **ICMS ECOLÓGICO 2021: (ano fiscal 2022) — Resultado Final**. Disponível em: https://www.Ceperj.rj.gov.br/?page_id=74. Acesso em: 6 dez. 2021.

CONTI, B. R.; IRVING, M. D. A.; ANTUNES, D. D. C. O ICMS-Ecológico e as Unidades de Conservação no Estado do Rio de Janeiro. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 35, 24 dez. 2015.

ESTRATÉGIA INTERNACIONAL PARA A REDUÇÃO DE DESASTRES. **Marco de Ação de Hyogo 2005-2015**: aumento da resiliência das nações e das comunidades frente aos desastres. UNISDR, [s.d.]. Disponível em: <https://urbanismo.mppr.mp.br/arquivos/File/MarcodeAcaodeHyogoCidadesResilientes20052015.pdf>. Acesso em: 1 dez. 2021.

FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. **Acta Amazonica**, v. 36, n. 3, p. 395–400, 2006.

IBRAM. **Incêndios Florestais**: causas, consequências e como evitar. Instituto Brasília Ambiental, 2009. Disponível em: <https://>

www.ibram.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/02/Cartilha-Inc%C3%AAndios-Florestais-Causas-Consequ%C3%AAncias-e-Como-Evitar.pdf>. Acesso em: 6 out. 2021.

IPEA. **AGENDA 2030 - ODS – Metas Nacionais dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. [s.l.] Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2018.

POZZER, C. P.; COHEN, S. C.; COSTA, F. DA S. O marco de ação de Hyogo aplicado à gestão de risco de inundação no Brasil e em Portugal. **Territorium**, Portugal, p. 49-70, 21 dez. 2014.

RIBEIRO, Vinicius Duarte. **ICMS Ecológico como Instrumento de Política Florestal**. 2008. 44 f. Monografia—Seropédica, Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, fev. 2008.

RIO DE JANEIRO. **Lei nº 2.049, de 22 de dezembro de 1992**. Dispõe sobre a proibição de queimadas da vegetação no estado do Rio de Janeiro em áreas e locais que especifica e dá outras providências. Rio de Janeiro, RJ, 22 dez. 1992. Disponível em: <http://alerjln1.alerj.rj.gov.br/CONTLEI.NSF/d4bf2/485fe39fc6e8451e0325651b0068e926?OpenDocument>. Acesso em: 15 set. 2021.

RIO DE JANEIRO. **Lei nº 3.467, de 14 de agosto de 2000**. Dispõe sobre as sanções administrativas derivadas de condutas lesivas ao meio ambiente no estado do Rio de Janeiro, e dá outras providências. Rio de Janeiro, RJ, 14 ago. 2000. Disponível em: <http://alerjln1.alerj.rj.gov.br/CONTLEI.NSF/bff0b82192929c2303256bc30052cb1c/f6e323ae55f376bf03256960006a0dde?OpenDocument>. Acesso em: 15 set. 2021.

RIO DE JANEIRO. Poder Executivo. **Lei nº 5.990, de 20 de junho de 2011**. Dispõe sobre a eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar e dá outras providências. Rio de Janeiro, RJ, 20 jun. 2011. Disponível em: <https://gov-rj.jusbrasil.com.br/legislacao/1028058/lei-5990-11>. Acesso em: 25 set. 2021.

RIO DE JANEIRO. **Lei nº 9.001, de 10 de setembro de 2020**. Semana Estadual de Conscientização Prevenção e Combate à prática de queimadas urbanas. Rio de Janeiro, RJ, 20 set. 2020. Disponível em: <https://gov-rj.jusbrasil.com.br/legislacao/926409468/lei-9001-20-rio-de-janeiro-rj>. Acesso em: 27 set. 2021.

ROSA, B. R. da. **Políticas públicas de preservação ambiental no controle de queimadas e incêndios florestais: um estudo dos governos Dilma e Bolsonaro**. 2020. 49 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Administrativas, Departamento de Ciências Administrativas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020.

SCAFF, F. F.; TUPIASSU, L. V. DA C. Tributação e políticas públicas: o ICMS ecológico. **VERBA JURIS - Anuário da Pós-Graduação em Direito**, v. 3, n. no 3, 1 dez. 2004.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL. **Fogo: prevenção e controle no meio rural**. Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. – Brasília: Senar, 2018. 88 p.; il. 21 cm.

TERCEIRO, M. H. F.; DANTAS, F. A. S. O. **Gestão de Políticas Públicas Ambientais Através do ICMS Ecológico**. 2020. 23 f. TCC (Graduação), Faculdade Metropolitana da Grande Fortaleza, Fortaleza, 2020. Disponível em: http://repositorio.unifametro.edu.br/bitstream/123456789/815/1/MARIA%20HULLY%20FREIRE%20TERCEIRO%20e%20FRANCISCO%20ANTONIO%20SIDNEY%20DE%20OLIVEIRA%20DANTAS_TCC.pdf. Acesso em: 11 nov. 2021.

TORRES, F. T. P. et al. **Manual de Prevenção e Combate de Incêndios Florestais**. Viçosa, MG: Os Editores, 2020.

UNDRR. **Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres 2015- 2030 (Português)**, 2015. Disponível em: <https://www.ceped.ufsc.br/wp-content/uploads/2015/05/MarcodeSendaiPortugues.pdf>>. Acesso em: 7 dez. 2021.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas Sobre Desastres. **Curso de Capacitação dos Gestores de Defesa Civil para uso do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres**. Florianópolis: CEPED UFSC, 2012. 114 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Centro Universitário de Pesquisa e Estudos sobre Desastres. **Gestão de desastres e ações de recuperação** Florianópolis: CEPED UFSC, 2014. 242 p.

Capítulo 8

Panorama

8. Panorama

8.1 Estrutura Governamental em áreas de atuação na prevenção e combate aos focos de incêndio

O capítulo que se inicia trata das organizações estaduais fundamentais para o planejamento e a implementação de ações, bem como sistemas de alerta e gestão dos riscos associados a incêndios florestais.

A definição de desastre é o resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem sobre um cenário vulnerável, causando grave perturbação ao funcionamento de uma sociedade. Envolvem extensivas perdas e danos humanos, materiais, econômicos ou ambientais, excedendo sua capacidade de lidar com o problema usando meios próprios (BRASIL, 2012).

A Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE), instituída por meio da Instrução Normativa nº 01 de 24 de agosto de 2012, surge em substituição à Classificação dos Desastres (CODAR) e foi elaborada a partir da classificação utilizada pelo Banco de Dados Internacional de Desastres (EM-DAT) do Centro para Pesquisa sobre Epidemiologia de Desastres (CRED) e da Organização Mundial de Saúde (OMS/ONU). Ela visa adequar a classificação brasileira às normas internacionais. Além disso, a COBRADE considera apenas duas categorias de desastres, sendo elas do tipo Natural ou Tecnológico. As categorias se estruturam da seguinte forma: Categoria; Grupo; Subgrupo; Tipo; e Subtipo (BRASIL, 2012).

Conforme a COBRADE, os incêndios florestais são caracterizados como Desastres Naturais, pois geram decretação de Situação de Emergência ou Estado de

Calamidade Pública e podem afetar grande parcela da população. Ainda segundo a COBRADE, incêndios florestais se classificam como: Grupo: Climatológico, Subgrupo: 1 - Seca, Tipo: 3 - Incêndio Florestal, Subtipo: 1 - Incêndios em Parques, Áreas de Proteção Ambiental e Áreas de Preservação Permanente Nacionais, Estaduais ou Municipais, Definição: Propagação de fogo sem controle, em qualquer tipo de vegetação situada em áreas legalmente protegidas (BRASIL, 2012), conforme Figura 103.

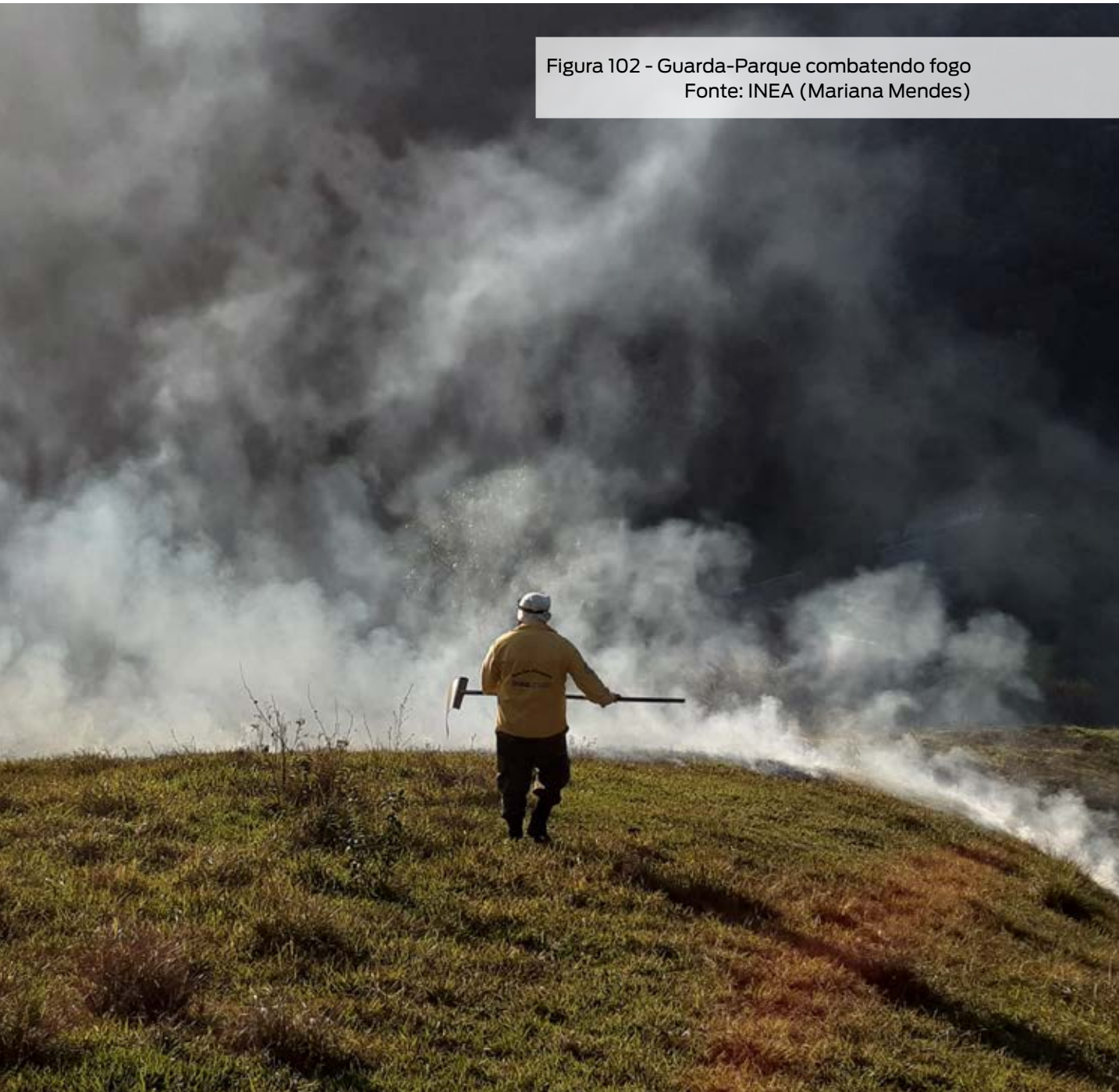


Figura 102 - Guarda-Parque combatendo fogo
Fonte: INEA (Mariana Mendes)

Figura 103 - Classificação de incêndio florestal conforme a COBRADE

1. NATURAIS	GRUPO	SUBGRUPO	TIPO	SUBTIPO	DEFINIÇÃO	COBRADE	SIMBOLOGIA
	3. Meteorológico		2. Onda de frio	1. Friagem	Período de tempo que dura, no mínimo, de três a quatro dias, e os valores de temperatura mínima do ar ficam abaixo dos valores esperados para determinada região em um período do ano.	1.3.3.2.1	
				2. Geadas	Formação de uma camada de cristais de gelo na superfície ou na folhagem exposta.	1.3.3.2.2	
	4. Climatológico	1. Seca	1. Estiagem	0	Período prolongado de baixa ou nenhuma pluviosidade, em que a perda de umidade do solo é superior à sua reposição.	1.4.1.1.0	
			2. Seca	0	A seca é uma estiagem prolongada, durante o período de tempo suficiente para que a falta de precipitação provoque grave desequilíbrio hidrológico.	1.4.1.2.0	
			3. Incêndio florestal	1. Incêndios em parques, áreas de proteção ambiental e áreas de preservação permanente nacionais, estaduais ou municipais	Propagação de fogo sem controle, em qualquer tipo de vegetação situada em áreas legalmente protegidas.	1.4.1.3.1	
				2. Incêndios em áreas não protegidas, com reflexos na qualidade do ar	Propagação de fogo sem controle, em qualquer tipo de vegetação que não se encontre em áreas sob proteção legal, acarretando queda da qualidade do ar.	1.4.1.3.2	
			4. Baixa umidade do ar	0	Queda da taxa de vapor de água suspensa na atmosfera para níveis abaixo de 20%.	1.4.1.4.0	
	5. Biológico	1. Epidemias	1. Doenças infecciosas virais	0	Aumento brusco, significativo e transitório da ocorrência de doenças infecciosas geradas por vírus.	1.5.1.1.0	
			2. Doenças infecciosas bacterianas	0	Aumento brusco, significativo e transitório da ocorrência de doenças infecciosas geradas por bactérias.	1.5.1.2.0	
			3. Doenças infecciosas parasíticas	0	Aumento brusco, significativo e transitório da ocorrência de doenças infecciosas geradas por parasitas.	1.5.1.3.0	
			4. Doenças infecciosas fúngicas	0	Aumento brusco, significativo e transitório da ocorrência de doenças infecciosas geradas por fungos.	1.5.1.4.0	

Fonte: adaptado de Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (s.d.).

A classificação da COBRADE favorece a gestão dos Desastres Naturais, já que possibilita o fomento de políticas públicas que implementem medidas preventivas para atenuar a vulnerabilidade de regiões suscetíveis. O reconhecimento de incêndios florestais como Desastres Naturais pela COBRADE possibilita a geração de capacidades dos governos municipais e estaduais no sentido de efetuar a construção de plano de gerenciamento de riscos que propõe a prevenção e combate a queimadas (BRASIL, 2012).

No estado do Rio de Janeiro, os entes competentes para execuções de políticas públicas de prevenção e combate aos incêndios florestais são o Instituto Estadual do Ambiente (Inea), o Corpo de Bombeiros Militar (CBMERJ) e as Secretarias Estadual e Municipais de Defesa Civil.

8.1.1 Defesa civil

Segundo o site da Defesa Civil, a mesma se organiza em sistemas abertos, nos quais a população e os municípios locais participam de ações que visam tanto as ações preventivas quanto as de resposta aos desastres, seguindo o princípio da Defesa Comunitária. Dessa forma, a Defesa Civil busca evitar ou minimizar os impactos decorrentes dos desastres naturais, nos quais as medidas adotadas dependem do reconhecimento e avaliação do risco (RIO DE JANEIRO, 2021).

A Secretaria de Estado de Defesa Civil (SEDEC) é um órgão central do Sistema Estadual de Proteção e Defesa Civil (SIEPDEC) do estado do Rio de Janeiro. O Decreto Estadual nº 46.935 de 12 de fevereiro de 2020 institui a Política Estadual de Proteção e Defesa Civil e reorganiza o Sistema Estadual de Proteção e Defesa Civil e o Conselho Estadual de Proteção e Defesa Civil. Esse órgão é responsável por abranger as ações de prevenção,

mitigação, preparação, resposta e recuperação voltadas à proteção, assim como a redução dos riscos de desastres no âmbito do território do estado do Rio de Janeiro (RIO DE JANEIRO, 2020).

A SEDEC, ainda possui o Centro de Estudos e Pesquisas em Defesa Civil, criado pelo Decreto nº 36, de 14 de dezembro de 2018 e possui como um dos objetivos o planejamento com base em pesquisas e estudos sobre área de risco e incidência de desastres no território (RIO DE JANEIRO, 2018).

O CEPEDEC desenvolve planos e estudos para auxiliar órgãos como a Defesa Civil e o Corpo de Bombeiros (CBMERJ) na tomada de decisões a respeito da prevenção de danos e respostas aos impactos oriundos de desastres naturais. Ademais, o CEPEDEC realiza palestras com temas como inundações e queimadas em unidades da Defesa Civil municipal (DEFESA CIVIL RIO DE JANEIRO, [s.d.]).

No tocante a incêndios florestais, o CEPEDEC elaborou um mapa de susceptibilidade à ocorrência de fogo, demonstrando a distribuição de focos de calor no estado do Rio de Janeiro. O mapa é construído em três cenários, a saber: atual, trimestral seco e úmido, apontando as regiões mais vulneráveis à ocorrência de incêndio, com base em análises geoespaciais (CBMERJ, 2019). O Mapa de Susceptibilidade à Ocorrência de Fogo possui a finalidade de corroborar com gestores públicos na adoção de medidas para a prevenção e redução de riscos de focos de incêndio (CBMERJ, 2019).

O Plano de Emergência do estado do Rio de Janeiro (PEM/RJ)

O Plano de Emergência do estado do Rio de Janeiro (PEM/RJ) é o Plano Estadual de Proteção e Defesa Civil. Criado como uma estratégia para ser utilizado em ocasiões de riscos de desastres e gestão de crises, serve como instrumento para conduzir o retorno à normalidade (RIO DE JANEIRO, 2020). Segundo Ferreira (2007), Plano de Emergência é um documento que deverá descrever todas as possíveis situações de emergência que requerem uma atuação imediata e organizada de um grupo de pessoas com formação e informação específica para o efeito.

Esse documento objetiva a integração, a articulação, o controle e o desenvolvimento de um protocolo oficial para a governança; bem como a definição dos recursos humanos e suas respectivas competências, dos recursos materiais e seu emprego, com vista à otimização das ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e reconstrução às emergências e desastres ocorridos no estado do Rio de Janeiro, com o intuito de minimizar os efeitos, superar os obstáculos e suportar a pressão das situações adversas, com base na resiliência (RIO DE JANEIRO, 2020).

O PEM/RJ, conforme mencionado anteriormente, foi fundamentado pela Lei Federal nº 12.608, de 10 de abril de 2012, que institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC) e dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC) e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil (CONPDEC) (RIO DE JANEIRO, 2020).

No que tange incêndios florestais, com a finalidade de estabelecer a uniformidade de linguagem para a realização

do cumprimento de procedimentos operacionais, o PEM/RJ institui diretrizes a respeito da prevenção e controle de focos de calor.

Nesse plano também foi elaborando uma Matriz de Atividades x Responsabilidades para determinar as ações e responsabilidades a serem adotadas pelos órgãos envolvidos na resposta às emergências e desastres, a fim de reduzir os danos e prejuízos decorrentes desse evento, assim como restabelecer a normalidade no menor prazo possível (RIO DE JANEIRO, 2020).

De acordo com o PEM/RJ, a rapidez e a eficiência na detecção e no monitoramento dos incêndios florestais são fundamentais para a redução dos custos nas operações de combate e para a atenuação dos danos. Assim sendo, a promoção da fiscalização em áreas prioritárias, por meio de sistemas de vigilância e detecção, busca evitar que agentes externos possam, propositalmente, ou por negligência, desencadear o início de um incêndio (RIO DE JANEIRO, 2020).

Conforme PEM/RJ, os sistemas de vigilância e detecção de Incêndios Florestais são divididos em terrestre, aéreo e on-line, conforme abaixo:

Terrestre: Este costuma ser o modelo de vigilância mais eficaz para a rápida identificação de Incêndios Florestais. Cada região crítica deve ter um modelo específico de rotina e recursos para realizar a vigilância terrestre, definidos em função das características locais. Ainda segundo o PEM/RJ, sistema de vigilância terrestre configura-se em três categorias como podemos ver a seguir:

Terrestre Fixo: Esse sistema de vigilância é baseado na utilização de postos fixos no terreno para efetuar o monitoramento da área. A boa escolha dos postos de observação é fundamental. Devem-se identificar pontos que

possuam grande campo de visão, principalmente na direção onde a incidência de incêndios é maior. Deve-se utilizar mais de um ponto para facilitar a localização da coluna de fumaça no mapa. Podem ser construídas torres metálicas em terrenos planos ou com relevo pouco acidentado e pequenos abrigos nos pontos mais altos do terreno em áreas com relevo acidentado. Em geral este sistema é integrado ao uso de tecnologias como goniômetros, mapas específicos e Sistema de Informações Geográficas (SIG), para facilitar a localização dos focos de incêndio.

Terrestre Móvel: Este sistema baseia-se na vigilância da área pelo por meio de rondas. No deslocamento, podem-se utilizar variados meios de transporte, motorizados ou não, tais como: automóveis, motos, bicicletas, cavalos, etc. Além de proporcionar a detecção, é um método muito eficaz para inibir a ação de incendiários, desde que as rondas contemplem os locais, datas e horários em que suas ações ocorrem. A definição da rotina de vigilância móvel local deve complementar a vigilância fixa, em especial, as “sombras” de observação visual. Em momentos de maior incidência de incêndios, o ideal é que as rondas utilizem viaturas que possibilitem o transporte de uma equipe mínima, ferramentas e equipamentos de combate necessários para se efetuar o primeiro ataque a um eventual foco de incêndio.

Vigilância Complementar: É a vigilância comunitária, que dá o aviso de incêndio às autoridades locais. Essa vigilância costuma ser muito importante, porém, para melhor aproveitamento desse meio de vigilância, é necessária a melhoria da qualidade da informação repassada. Assim, se a comunidade participa na vigilância auxiliar, o planejamento deve identificar os colaboradores que possuam meios de comunicação e de locomoção. Em comunidades pequenas, recomenda-se identificar postos de telefone públicos.

Vigilância Aérea: Apesar de se tratar de um tipo de vigilância muito onerosa e pouco tradicional no Brasil, o estudo da possibilidade do aproveitamento de voos domésticos (comercial, táxi aéreo, aviação agrícola etc.) para a vigilância

local seria de grande valia, visando ao estabelecimento de rotina para aviso imediato de fogo.

Vigilância On-line: Atualmente, existe uma constelação de satélites com sensores de luz e calor de distintas resoluções espaciais e temporais que oferecem cerca de aproximadamente 16 leituras diárias de possíveis focos de incêndios, em todo território nacional. Após o tratamento técnico das imagens, no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), a existência de focos de calor no interior de unidades de conservação, ou nas suas vizinhas, é informada em coordenadas geográficas às unidades de conservação para checagem de campo. Isso ocorre porque ainda persiste certo grau de incerteza nas leituras dos sensores e nas análises das imagens. Portanto, a validação de campo pela brigada é imprescindível para a confirmação do incêndio e essa informação deve ser repassada à origem do alerta. Mesmo nos casos em que ele não se confirma, deve ser informado o que se encontra nas coordenadas passadas. (RIO DE JANEIRO, 2020, p. 119)

Nesse contexto, um dos pilares para a implantação do PEM/RJ é a articulação integrada de órgãos capacitados para combater as queimadas e incêndios florestais de forma ágil e eficiente, com a utilização de técnicas e sistemas de controle. Assim como incentivar a realização de campanhas de cunho educacional, como a distribuição de cartilhas para a população e informações no próprio website da Defesa Civil, com o objetivo de prevenir o surgimento de focos de calor e dessa maneira o aparecimento de novas queimadas.

CEMADEN-RJ - Centro Estadual de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais

O CEMADEN (Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais) foi criado a partir do

Decreto 7.513/11, de 1º de julho de 2011 e está vinculado à Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisas e Desenvolvimento (SEPED) do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), fazendo parte do Sistema Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais e também do MCTI (BRASIL, 2011).

A proposta do CEMADEN é monitorar as áreas de risco previamente mapeadas em municípios, fornecendo informações para que a Defesa Civil possa conduzir soluções a emergências ocasionadas por desastres naturais de forma mais rápida e eficiente (SAITO, 2013).

O Centro possui uma estrutura técnico-científica especializada para fomentar o desenvolvimento científico, tecnológico e de inovação, de modo a aprimorar os alertas de desastres naturais. Os resultados das pesquisas e ferramentas desenvolvidas no CEMADEN são disponibilizados para instituições federais e estaduais, que após avaliados por profissionais, realizam o envio antecipado de alertas de desastres naturais para áreas de risco (CEMADEN, s.d).

No estado do Rio de Janeiro, o CEMADEN-RJ foi concebido para compor o Centro Integrado de Comando e Controle do Estado (CICC), tendo em vista a necessidade da Defesa Civil de aprimorar as demais ações com o propósito reduzir os riscos de desastres naturais (DEFESA CIVIL, s.d).

Sendo a principal proposta do CEMADEN-RJ, integrar e desenvolver os dados recebidos através do CEMADEN-Nacional e o Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos (CENAD), associando ainda aos dados dos governos estadual e municipal, de modo que sejam transformados em informações e possam auxiliar a tomada de decisão dos órgãos estaduais e municipais

referente ao gerenciamento de riscos e Desastres Naturais (DEFESA CIVIL, s.d).

No tocante à redução dos focos de queimadas, o CEMADEN-RJ realiza estudos meteorológicos e hidrológicos por região do estado do Rio de Janeiro. Após análise e compilação, esses dados geram um Índice de Riscos de Incêndios Florestais, que podem ser elucidados em: i) Muito Baixo; ii) Baixo; iii) Moderado; iv) Alto; e v) Muito Alto. Através do Índice de Riscos de Incêndios Florestais é possível verificar quais são as regiões do estado que possuem susceptibilidades à incêndios florestais (Inea, 2017).

Além do mais, o Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (CBMERJ) utiliza as informações geradas pelo CEMADEN como instrumentos para o monitoramento de focos de queimadas, assim como para realizar o planejamento das ações do CBMERJ durante o período de estiagem (Inea, 2017).

8.1.1.1 Programa Linha Verde

Pretendendo estabelecer um canal de comunicação entre a sociedade civil e as autoridades públicas para que pudessem ser realizadas denúncias a respeito de infrações e crimes ambientais, o Programa Linha Verde foi criado em 2013 pelo Programa Disque Denúncia, em parceria com a Secretaria de Estado do Ambiente do Rio de Janeiro (SEAS) (CBH-BIG, 2018).

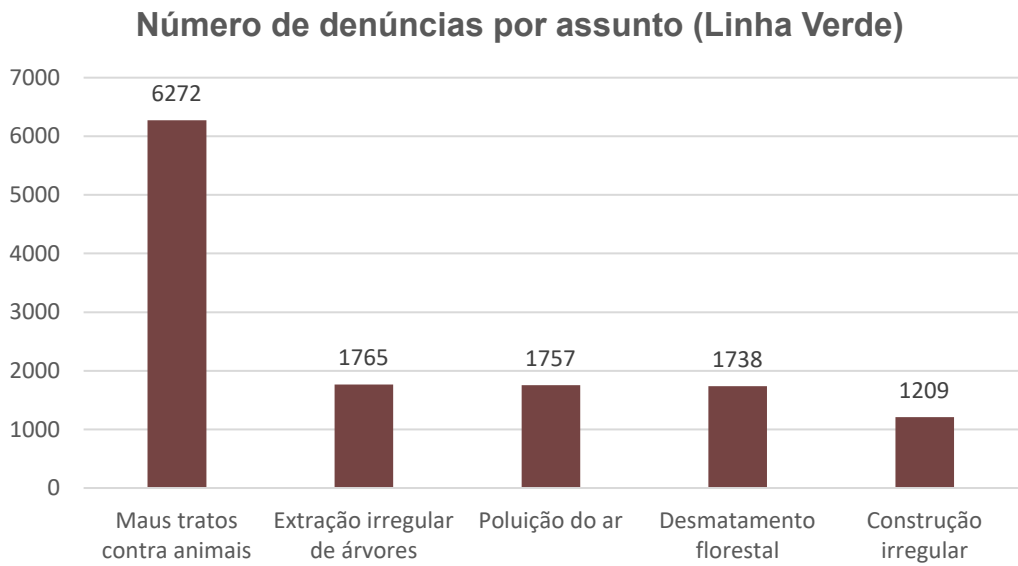
O Programa possui um número de telefone para ligações (0300 253 1177 — interior do estado e (21) 2253-1177 — capital e adjacências) e o aplicativo Disque Denúncia Rio, no qual usuários com sistema operacional Android ou IOS podem realizar sua

denúncia anexando fotos e vídeos, com a mesma garantia de anonimato conferida no atendimento pelo telefone. Os relatos recebidos através das ligações anônimas são repassados às autoridades competentes com rapidez e eficácia. Após o encaminhamento das denúncias, a equipe do Programa Linha Verde fica responsável por cobrar as respostas dos órgãos ambientais. No caso de queimadas, as denúncias são repassadas para o Corpo de Bombeiros Militar do Rio de Janeiro (CBH-BIG, 2018).

Em 2020, o Programa Linha Verde recebeu 14.498 denúncias sobre ilícitos cometidos contra o Meio Ambiente em todo o estado do Rio de Janeiro, apontado um aumento de 18% comparado a 2019, demonstrando que o Programa tem ganhado popularidade na sociedade e já representa pouco mais de 16% de todas as informações chegadas à central do Disque Denúncia (TRIBUNA DE PETRÓPOLIS, 2021).

Realizando uma análise a respeito dos tipos de assuntos denunciados no Programa Linha Verde é possível observar que “maus-tratos contra animais” está relacionado ao maior número de denúncias recebidos pelo Programa, como é apresentado no gráfico a seguir (Gráfico 9).

Gráfico 9 - Número de denúncias por categoria



Fonte: Disque Denúncia (2021)

No que se refere a queimadas e incêndios florestais, no ano de 2021, o Programa Linha Verde recebeu 124 denúncias pertinentes a queimadas em todo o estado do Rio de Janeiro, indicando um decréscimo no número de denúncias entre os anos de 2020 e 2021. Um resultado das ações institucionais do estado sobre prevenção e combate a queimadas, visto que no ano de 2020 foram registradas 481 denúncias de focos de fogo no estado. Desde 2018, o Programa Linha Verde já contabilizou 1.130 denúncias sobre queimadas e incêndios florestais (DIÁRIO DO VALE, 2021).

Foi realizado um levantamento do Programa Linha Verde no ano de 2021, no qual foram identificados os municípios do estado do Rio de Janeiro com maior índice de denúncias de focos de incêndio, sendo eles respectivamente: Rio de Janeiro (137), Petrópolis (22) e Maricá (16) (DIÁRIO DO VALE, 2021).

No tocante às denúncias feitas ao Linha Verde sobre queimadas, é possível identificar que a principal causa de queimadas é a queima de resíduos verdes em quintais, isto é, de troncos, galhos e mato seco, geralmente com o objetivo de realizar uma “limpeza de terreno” (TRIBUNA DE PETRÓPOLIS, 2021).

O Programa Linha Verde realiza desde do ano de 2013 a Campanha Disque-Balão, criada inicialmente em 1999 pelo Disque-Denúncia com o propósito de incentivar a população a denunciar a ação de baloeiros, como a realização de festivais de balões, a soltura e os locais de confecção e comercialização de balões (DISQUE DENÚNCIA, 2019).

Em 2020, o programa registrou 151 denúncias envolvendo grupos de baloeiros, locais de comercialização, fabricação ou soltura de balões. Até o mês de junho de 2021, o Linha Verde já contabilizou 54 denúncias relativas a soltura de balões (DISQUE DENÚNCIA, 2021).

8.1.2 Corpo de Bombeiros

Conforme a Lei nº 250 de 02 de julho de 1979, o Corpo de Bombeiros é a instituição responsável diretamente pelo combate aos incêndios florestais, dentre outras atribuições destinadas aos serviços de busca e salvamento, prestar socorros nos casos de inundações, desabamentos ou catástrofes, sempre que haja vítima em iminente perigo de vida ou ameaça de destruição de haveres (BRASIL, 1979).

Segundo o Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (2020), o estado foi fragmentado em 9 áreas operacionais denominadas Comando de Bombeiros de Área (CBA) com o objetivo de atender com

prestabilidade todas as regiões. O CBMERJ opera com 9 CBA, assim definidos:

- 1 - Comando de Bombeiros de Área I Capital (CBA I);
- 2 - Comando de Bombeiros de Área II Serrana (CBA II);
- 3 - Comando de Bombeiros de Área III Sul (CBA III);
- 4 - Comando de Bombeiros de Área IV Norte-Noroeste (CBA IV);
- 5 - Comando de Bombeiros de Área V Baixadas Litorâneas (CBA V);
- 6 - Comando de Bombeiros de Área VI Baixada Fluminense (CBA VI);
- 7 - Comando de Bombeiros de Área VII Costa Verde (CBA VII);
- 8 - Comando de Bombeiros de Área IX Metropolitana (CBA IX);
- 9 - Comando de Bombeiros de Área X Capital II (CBA X)

O número de socorros atendidos pelo CBMERJ foi contabilizado em 171.361 eventos no ano de 2020, o que representou um decréscimo de cerca de 34% com relação ao ano de 2019 (CBMERJ, 2020).

As denúncias ao CBMERJ são realizadas pelo número 193, no qual são direcionadas para os Destacamentos do Corpo de Bombeiros de acordo com sua abrangência e posteriormente um Sistema de Registro Interno online verifica a dimensão do incêndio e define o quantitativo operacional para ação de combate ao fogo (AMARAL, 2020).

O Programa Linha Verde, do Disque-Denúncia, também recebe denúncias referentes a focos de fogo, através de

ligações telefônicas e pelo aplicativo Disque Denúncia Rio. Essas denúncias são enviadas para o Corpo de Bombeiros Militar do Rio de Janeiro da região mais próxima do território do evento (CBH-BIG, 2018).

No que tange aos incêndios florestais, o Comando de Bombeiros de Área III Sul — CBA VIII, voltado especificamente para socorros florestais, é encarregado pelas atividades especializadas de busca e salvamento, além de operações com produtos perigosos, de suprimento e abastecimento de água para incêndio e de operações aéreas e salvamento em montanhas em todo o território do estado do Rio de Janeiro (CBMERJ, 2020). Ainda a respeito de Unidades Especializadas a prevenção e combate de incêndios florestais temos o Grupamento de Socorro Aéreo (GOA) e o 2º Grupamento de Socorro Florestal e Meio Ambiente (GSFMA). Tais unidades influenciam diretamente nos atendimentos às ocorrências de fogo em vegetação (SILVA et al., 2018).

De acordo com CBMERJ (2020), os quartéis referentes ao CBV III, embora tenham uma amplitude estadual, têm suas áreas operacionais específicas situadas nos municípios de Magé e Duque de Caxias. Contudo, essas unidades também atendem ao chamado da população de municípios vizinhos.

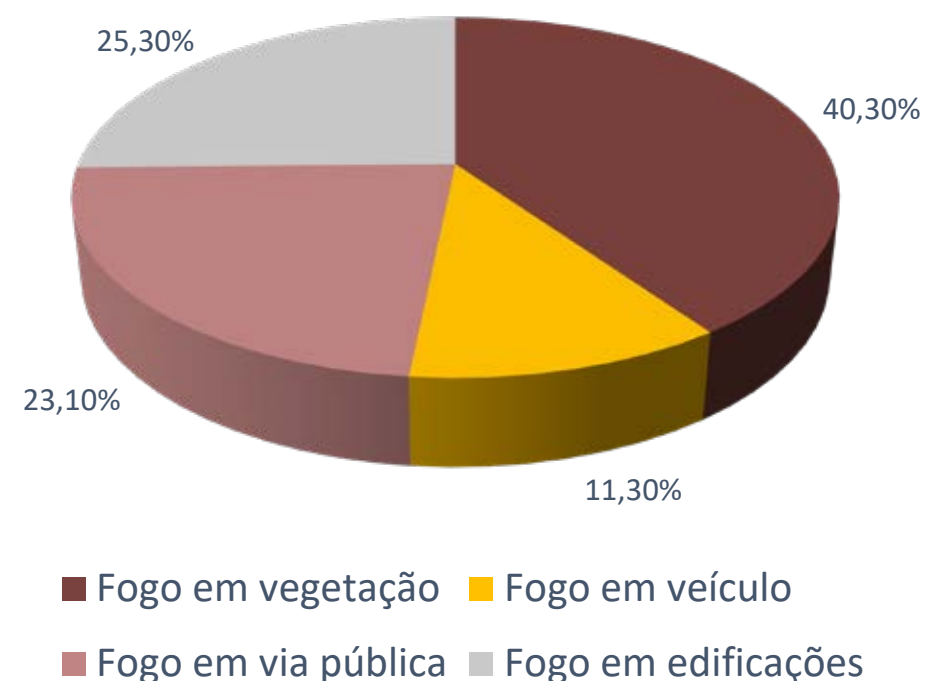
No tocante ao planejamento estratégico sobre a mitigação de ocorrências e impacto a respeito do combate a incêndios florestais em todo o estado, o CBMERJ realiza um acompanhamento diário dos dados fornecidos pelo CEMADEN-RJ, da Secretaria de Defesa Civil com a finalidade de melhorar o desempenho nas ações de prevenção, preparação, mitigação e resposta a respeito da susceptibilidade de incêndios florestais (Inea, 2017).

Acerca de unidades especializadas, o GOA-CBMERJ

possui uma guarnição composta por aeronaves ultraleves, aeronaves de asas rotativas, bem como aeronaves remotamente pilotadas, ou seja, Veículos Aéreos Não Tripulados (COVANT), além de um efetivo de militares capacitados para atuar em operações críticas. Entretanto, é possível identificar um déficit de recursos humanos, assim como de materiais e equipamentos nas unidades operacionais direcionadas ao combate de incêndio e outras atividades especiais (CBMERJ, 2020).

Em 2020, o CBMERJ recebeu 26.661 chamados sobre incêndio, considerando todos os subtipos de incêndio. O Gráfico 10 mostra a distribuição de incêndios por subtipo em 2020.

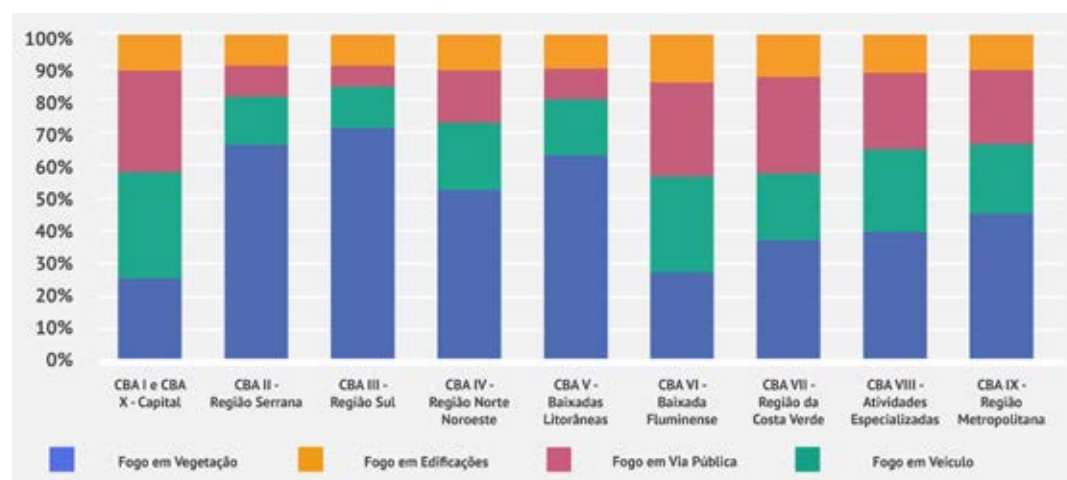
Gráfico 10 - Distribuição de incêndios por subtipo em 2020



Fonte: Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (2020)

Segundo o CBMERJ (2020), em 2020 as regiões Sul Fluminense, Serrana e das Baixadas Litorâneas foram as que apresentaram a maior proporção de fogo em vegetação como é possível observar no Gráfico 11:

Gráfico 11 - Distribuição de incêndios por subtipo e região do Estado (CBA) em 2020



Fonte: Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (2020)

O CBMERJ anunciou no dia 07 de junho de 2021 a Operação Extinctus que, pelo quarto ano consecutivo, atuou de forma preventiva no combate aos incêndios florestais no estado. A Operação Extinctus conta com a participação de agentes das Regionais de Defesa Civil (Sedec-RJ/REDEC), além de possuir uma guarnição específica e o apoio de militares treinados para atuar em incêndios florestais (GBNEWS, 2021).

Essa Operação possui a finalidade de combater os incêndios florestais no período de estiagem. A Operação Extinctus possui um caráter pedagógico, no sentido de prevenir a população a evitar incêndios através da sensibilização por meio de palestras, apontando as principais causas que originam as queimadas, como a queima de resíduos verdes e a limpeza de terrenos através de queimadas sem a autorização de um órgão ambiental competente. Ademais, a Operação também busca orientar a população sobre os danos ambientais oriundos do fogo, bem como as consequências judiciais (GBNEWS, 2021).

8.1.3 Inea

O efetivo de pessoal destinado às ações de prevenção e combate aos incêndios não é suficiente para atender toda a demanda atualmente existente. Por conta desse cenário, o Inea promove importantes ações de prevenção aos incêndios e educação ambiental, principalmente nas Unidades de Conservação do estado do Rio de Janeiro.

O Inea administra 23 Unidades de Conservação de Proteção Integral e 16 Unidades de Conservação de Uso Sustentável, cobrindo mais de 200 hectares do território fluminense (Inea, sd). A prevenção e combate a incêndios florestais da Gerência de Guarda-Parques (GERGPARG) é planejado e executado no âmbito desta gerência conjuntamente com as equipes lotadas nas Unidades de Conservação (UCs).

A GERGPARG mantém, coordena e capacita um efetivo atual de 273 guarda-parques que atuam diariamente nas Unidades de Conservação administradas pelo Inea. Eles são profissionais capacitados para atuar diretamente nas Unidades de Conservação de proteção integral estaduais e suas respectivas zonas de amortecimento. Esses profissionais atuam em campo tanto no combate direto aos incêndios florestais, como em ações preventivas e de planejamento.

As ações realizadas pelos guarda-parques enumeradas abaixo têm como objetivo mitigar e prevenir a ocorrência de incêndios florestais (Inea, [s.d]):

- Monitoramento diário de focos de queimadas baseado em informações de satélites disponibilizado pelo programa queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE);

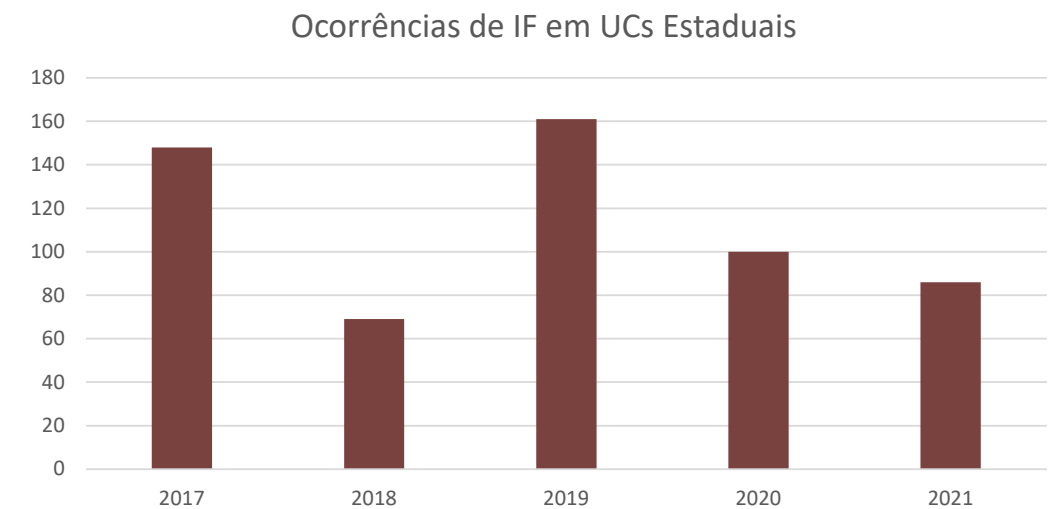
- Monitoramento em campo realizado pelos guarda-parques lotados nas Unidades de Conservação;
- Elaboração e atualização dos Planos de Contingência contendo informações operacionais das UCs para a utilização em momentos de sinistro;
- Construção e manutenção de aceiros em áreas estratégicas e/ou de vulnerabilidade nas Unidades de Conservação;
- Aplicação de Notificações Preventivas de Incêndios Florestais (NPIF) nas comunidades localizadas no entorno das Unidades de Conservação visando a conscientização e educação ambiental;
- Realização de eventos e palestras de educação ambiental nas UCs e em escolas do entorno buscando uma conscientização e aproximação das comunidades do entorno das UCs.

Rotineiramente, os GPs (Guarda-Parques) realizam ações preventivas com emissão de Notificações Preventivas contra Incêndios (NPIs), além de palestras e treinamentos de prevenção aos incêndios florestais. As atividades preventivas

contemplam rondas para monitoramento de focos e áreas suscetíveis, abordagem da comunidade local, fixação de placas informativas e confecção de aceiros (MIGLIARI; AXIMOFF; BOVINI, 2020).

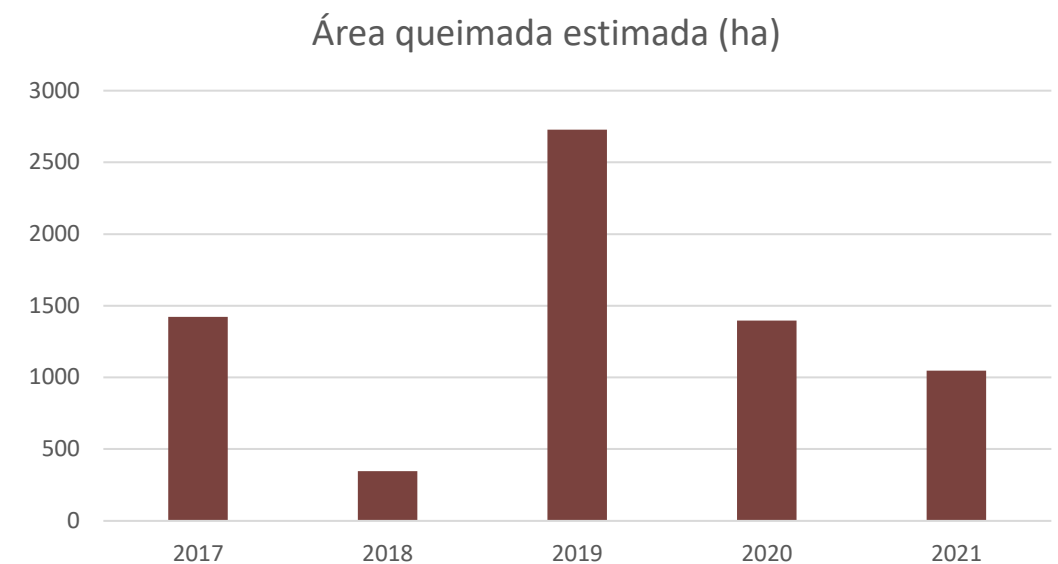
No período de 2017 a novembro de 2021, o Inea combateu 564 ocorrências de incêndios florestais nas suas Unidades de Conservação, conforme é apresentado no Gráfico 12. O total de ocorrências no período representam quase 7 mil hectares, ou aproximadamente 8 mil campos de futebol, de acordo com o Gráfico 13.

Gráfico 12 - Incêndios Florestais combatidos pelos GPs nas UCs do estado do Rio de Janeiro, de 2017 a novembro de 2021



Fonte: próprio autor

Gráfico 13 - área estimada queimada em hectares conforme ocorrências de incêndios atendidas pelo Gergpar, de 2017 a novembro de 2021



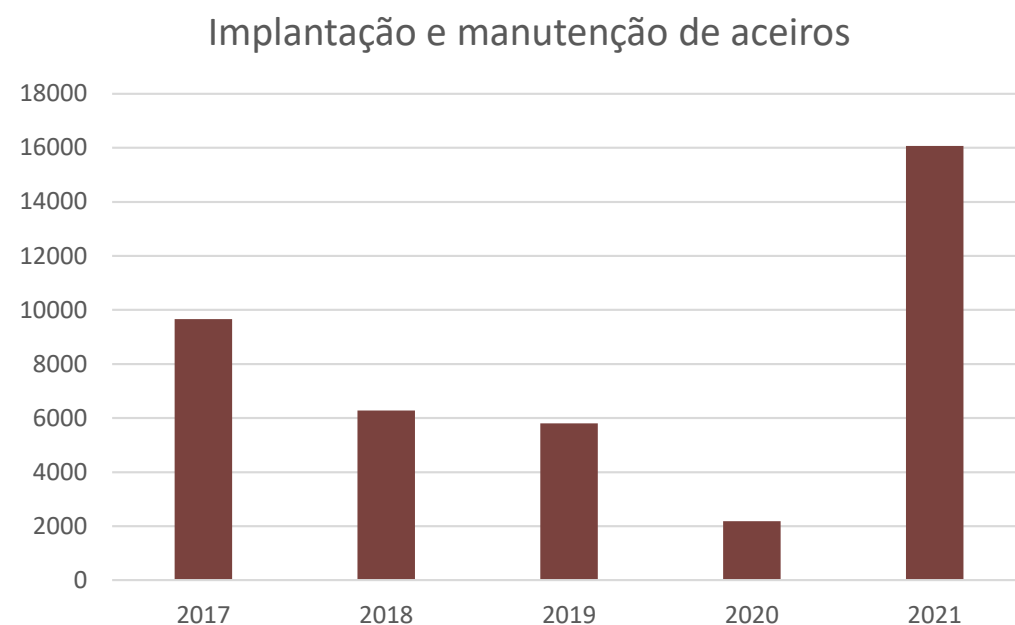
Fonte: próprio autor

Embora, de forma geral, os focos de incêndio apresentem aumento, nas Unidades de Conservação estaduais, essas ocorrências tem diminuído em relação a 2019 (Gráfico

12 e Gráfico 13). Esse fator pode ser atribuído às ações de prevenção e fiscalização realizadas nas UCs ou à pandemia de covid-19.

No mesmo período, foram construídos 30.342 metros lineares de aceiro, conforme Gráfico 14. A implantação e manutenção dos aceiros faz parte da estratégia de proteção das áreas florestadas das UCs como atividade preventiva ao fogo. O aceiro funciona como uma barreira ao avanço das chamas, impedindo que o fogo se alastre para áreas de importante interesse de conservação. Os locais onde serão implantados os aceiros são determinados conforme as características da vegetação do entorno da área na qual se pretende preservar e das condições do terreno.

Gráfico 14 - Metros lineares de aceiros construídos nas UCs do Inea, de 2017 a novembro de 2021

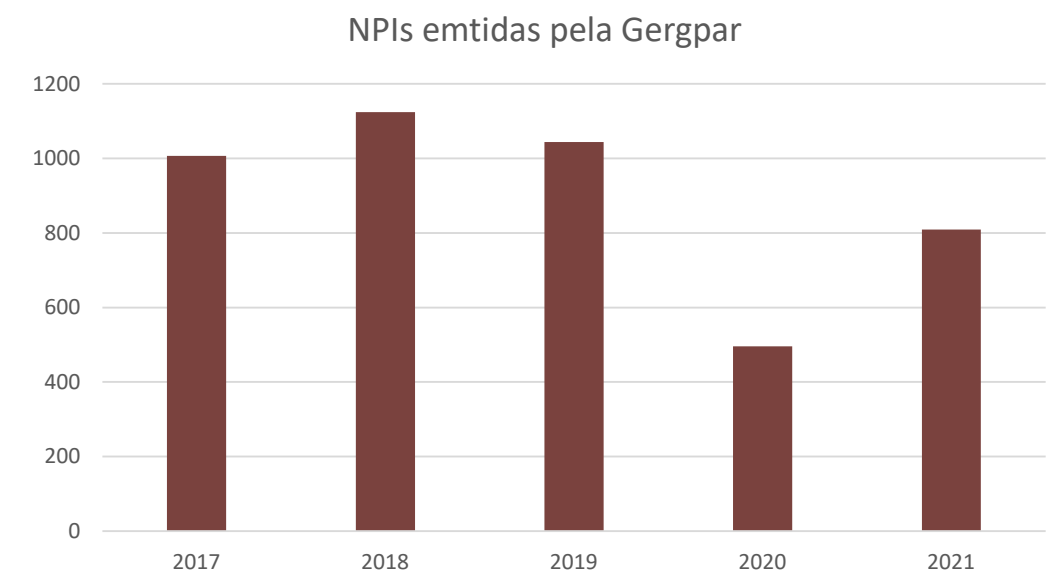


Fonte: próprio autor

A emissão de Notificações Preventivas de Incêndios (NPIs) tem um importante papel na prevenção de incêndios florestais. Nessa ocasião, a equipe do GPs

realiza o contato direto com a população, informando dos riscos das queimadas para o meio ambiente, para a UC e para saúde e bem-estar humano. De 2017 a novembro de 2021, foram emitidas pela Gergpar 4.477 NPIs nas UCs do estado do Rio de Janeiro, conforme Gráfico 15. Observa-se que as restrições impostas pela pandemia de covid-19 impactaram diretamente das atividades do Inea.

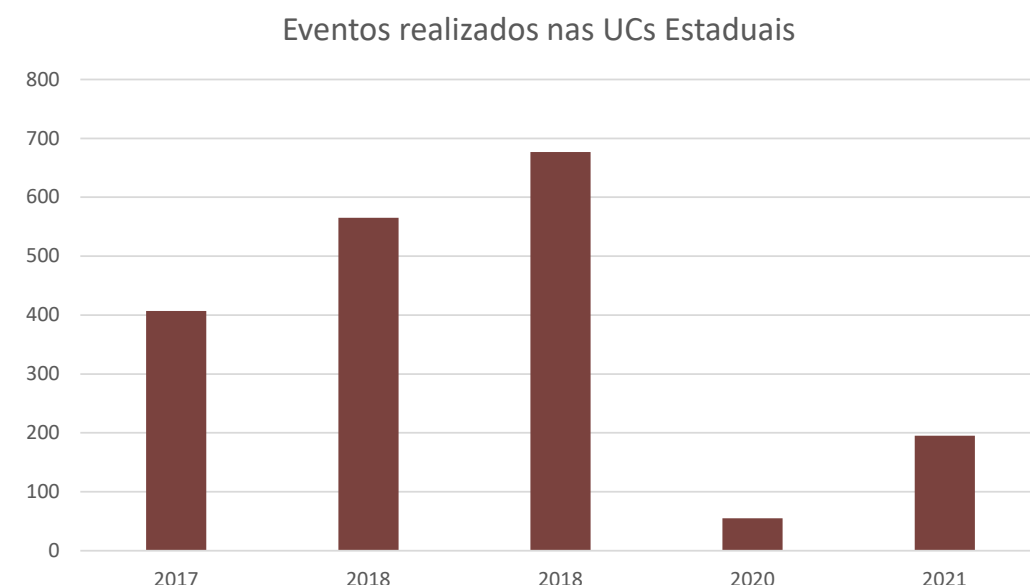
Gráfico 15 - Quantidade de Notificações Preventivas de IF – NPIs emitidas pela Gergpar nas UCs do estado do Rio de Janeiro, de 2017 a novembro de 2021



Fonte: próprio autor

Como parte da programação preventiva, os eventos de Educação Ambiental são realizados pelos GPs, tendo como público-alvo a comunidade presente nas UCs estaduais. As ações ocorrem em escolas, praças e locais públicos e na própria Unidade de Conservação. Com as limitações em virtude da pandemia de covid-19, em 2020 e 2021, alguns eventos foram realizados de forma on-line. O Gráfico 16 demonstra o quantitativo de eventos realizados pelas UCs do estado do Rio de Janeiro, no período de 2017 a novembro de 2021

Gráfico 16 - Quantidade de eventos realizados nas Unidades de Conservação Estaduais, no período de 2017 a novembro de 2021.



Fonte: próprio autor

Operação Fumaça Zero: Gênese

A história da Operação Fumaça Zero começa em 2020, quando o oficial do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro, Paulo Vyctor Salgueira Miranda, de 34 anos, recebe a missão do comandante para assumir o comando interino do destacamento 2/16 - Bonsucesso que fica no 3º Distrito da cidade de Teresópolis/RJ, região muito atingida pelos Incêndios Florestais no período de estiagem. Apesar dos entraves burocráticos exigidos em uma operação militar, o comando conseguiu vencê-los de imediato e conquistaram a autorização das autoridades para dar início ao que o oficial denominou na ocasião de “Operação Visibilidade”.

A partir dos dados estatísticos dos últimos 10 anos de incêndios florestais naquela área operacional foi feito um estudo de casos minucioso onde foi constatado que muitos desses eventos eram corriqueiros na mesma localidade. Dessa forma, foi levado ao comandante

imediatamente a ordem de serviço para dar início ao patrulhamento ambiental ostensivo da Operação Visibilidade.

A Operação consistia num planejamento estratégico para que os militares realizassem um patrulhamento ambiental ostensivo diário, posicionando as visitas em locais de maior incidência dos incêndios de forma que pudessem chegar no foco bem no seu início, diminuindo o tempo resposta. Com o sucesso dessa estratégia, eles começaram a fazer abordagem de pessoas que realizavam queimadas de folhagens, resto de lavoura e até mesmo de lixo, com um potencial para se tornar um grande incêndio florestal. A educação ambiental se deu de forma prática, explicando os riscos daquela atitude infracional do cidadão e solicitando que o mesmo extinguisse aquele foco. Rapidamente a comunidade do 3º distrito de Teresópolis tomou conhecimento da nova atuação do Corpo de Bombeiros e denúncias começaram a surgir.

No dia 22 de julho de 2020 foi realizado o Dia “D” contra as queimadas ilegais - Operação Fumaça Zero. O evento contou com a participação de 26 agentes públicos de diversos órgãos, tais como: INEA, Fundação CEPERJ, Polícia Militar Ambiental, Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Secretaria Municipal de Defesa Civil e Polícia Militar. Esse dia entrou pra história, consolidando o modo operante na prevenção aos incêndios florestais na região Serrana do Rio de Janeiro.

Tendo em vista a situação vivida naquele período, pandemia do COVID-19, um dos fatores que levou o enfrentamento das queimadas de forma preventiva e proativa foi a necessidade de diminuição da fumaça na atmosfera para que não fosse um agravador das doenças

respiratórias, já que os hospitais estavam lotados por conta da pandemia.

Com o sucesso do Dia “D” contra as queimadas ilegais, o Comando da Corporação da época determinou que o projeto fosse expandido para toda região Serrana do Rio de Janeiro, abrangendo os municípios de Teresópolis, Carmo, Sumidouro, Sapucaia, Nova Friburgo, Duas Barra, Bom Jardim, Santa M^a Madalena, Cachoeiras de Macacu, Petrópolis e São José do Vale do Rio Preto.

Os resultados da Operação Fumaça Zero no ano de 2020 foram consolidados e apresentados ao presidente do Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro que de imediato determinou a institucionalização do Programa que conta com a parceria da Fundação CEPERJ.

A Operação Fumaça Zero

Como complementação das medidas preventivas implementadas pelo Inea, no ano de 2020 foi criada a Operação Fumaça Zero na Região Serrana do estado do Rio de Janeiro — municípios de Teresópolis, Carmo, Sumidouro, Sapucaia, Nova Friburgo, Duas Barra, Bom Jardim, Santa M^a Madalena, Cachoeiras de Macacu, Petrópolis e São José do Vale do Rio Preto. Ela surgiu como iniciativa conjunta de diversos órgãos públicos estaduais e municipais para patrulhamento ambiental ordinário integrado, com objetivo de coibir o uso irregular do fogo e diminuir os impactos ambientais decorrentes da prática de queimada. A Operação visa ampliar as atividades de prevenção às áreas não inseridas nas Unidades de Conservação do estado do Rio de Janeiro que igualmente sofrem com os prejuízos das queimadas.

No período de 22 de julho de 2020 a 15 de outubro de 2020, equipes de agentes públicos estaduais e municipais realizaram rondas semanais, visando o patrulhamento ordinário para identificação de focos e levantamento de áreas suscetíveis a incêndios florestais, além de conscientizar a população. A metodologia das operações nesse ano considerou o levantamento das ocorrências de incêndios nos anos de 2019 e 2020 e o uso do fogo na região. Foi verificado durante a operação que as principais causas de uso do fogo que geram incêndios e queimadas de grandes proporções se relacionam às práticas agrícolas convencionais adotadas por pequenos e médios proprietários rurais, para renovação de pastagens, limpeza de terreno para cultivo e queima de resíduo domiciliar residencial e resíduos de poda. Como resultado, em 2020 houve a redução de aproximadamente 50% no número de focos, nos meses de julho a outubro, em comparação com o mesmo período do ano de 2019,

Figura 104 - Guardas-parque em operação
Fonte: INEA



ao contrário dos dados referentes ao estado do Rio de Janeiro, onde as ocorrências de incêndios em vegetação se apresentam constantes em 2019 (Coordenação Operação Fumaça Zero).

Em 2021, a Operação Fumaça Zero foi institucionalizada pelo Inea. A Portaria Inea PRES Nº 1032 de 27 de abril de 2021, criou o Grupo de Trabalho para planejamento da Operação Fumaça Zero 2021, visando a prevenção aos incêndios florestais e integração do trabalho de prevenção já realizado pelas Unidades de Conservação estadual à fiscalização ambiental exercida pelas Superintendências Regionais.

O Inea, por intermédio da Operação, buscou atender aos dispositivos da Lei Estadual nº 9.001 de 10 de setembro de 2020 (RIO DE JANEIRO, 2020). Essa norma cria a Semana Estadual de conscientização, prevenção e combate à prática de queimadas urbanas e direciona as ações que devem ser adotadas pelos entes públicos estaduais. Entre as finalidades da Semana Estadual está conscientizar os servidores, promover campanhas educativas em escolas e associações de moradores, intensificar a fiscalização ambiental, reduzir a emissão de poluentes e fumaça, diminuir o número de pacientes atendidos pelo SUS, promover capacitações e emitir notificações preventivas.

Com o apoio da Fundação Ceperj e diversos parceiros, no ano de 2021, a Operação executou ações de educação ambiental e fiscalização com foco na redução das ocorrências de incêndios florestais nos Municípios da Região Serrana e Centro Sul do estado do Rio de Janeiro: Teresópolis, Petrópolis, Carmo, Sapucaia, São José do Vale do Rio Preto, Areal, Três Rios, Guapimirim, Sumidouro, Nova Friburgo, Duas Barras, Santa Maria Madalena e Cachoeiras de Macacu.

A primeira ação prevista na Operação foi o aperfeiçoamento técnico profissional de 100 guarda-parques e agentes municipais, sendo ministrado o curso de operações aéreas pelo Gabinete de Segurança Institucional do Governo do Estado do Rio de Janeiro (GSI), com organização da Universidade do Ambiente entre os dias 17 a 26 de maio.



Figura 105 - Capacitação em operações aéreas
Fonte: imagem cedida pelo Inea

Foram realizados eventos de educação ambiental nas áreas críticas suscetíveis à grandes ocorrências de incêndios florestais. Essas ações visam o desenvolvimento da cidadania participativa na população local, engajamento ambiental e desenvolvimento de técnicas agroflorestais sustentáveis. Outros órgãos

públicos foram convidados a integrar as ações conjuntas de educação ambiental e fiscalização. Em 2021 os seguintes parceiros estão trabalhando em conjunto na Operação: Gabinete de Segurança Institucional do Estado do Rio de Janeiro, Fundação Ceperj, PMERJ, 1ª ROC/DER, 4ª Delegacia PRF, CEASA, Prefeituras e Defesa Civil Municipais das cidades da Região Serrana e Centro Sul, Associações de moradores, Concer, CRT (Concessionária Rio-Teresópolis), Rota 116, Light, Viação Dedo de Deus, Pedro Ita, Turp Transporte, Rede Saraiva, Cervejaria Cidade Imperial, Água Teresópolis, Grupo Águas, SOS Vida Silvestre e a Cooperativa de Eletrificação Rural (CERCI).

Além dos eventos de educação ambiental, foram realizadas semanalmente operações conjuntas (Figura 106 e Figura 107) visando o monitoramento e a repressão aos incêndios florestais e queimadas. Participaram das operações conjuntas agentes do Inea, da Polícia Militar, do Corpo de Bombeiros, da Polícia Rodoviária Federal e das Prefeituras Municipais. As operações conjuntas são grandes ações de fiscalização com viés educativo. Os agentes públicos podem interagir com a população, ouvir suas demandas e negociar medidas individuais que irão reduzir o número de focos na localidade e, por consequência, a ocorrências das queimadas e incêndios. Além disso, a presença dos agentes públicos de diversos níveis institucionais (municipal, estadual e federal) aumenta a seriedade da Operação e o impacto da presença do setor público na população local. No dia 22 de julho de 2021 foi realizado o Dia “D” de Prevenção dos Incêndios (Figura 108 e Figura 109), com uma grande mobilização, na qual participaram das ações mais de 30 agentes públicos, que percorreram todos os municípios contemplados na operação.



Figura 106 - Operação conjunta
Fonte: imagem cedida pelo Inea



Figura 107- Presidente da Fundação CEPERJ,
Gabriel Lopes, discursando no evento
Fonte: imagem cedida pelo Inea



Figura 108- Dia D de prevenção dos incêndios
Fonte: imagem cedida pelo Inea



Figura 109- Equipe CEPERJ presente no evento Dia D de prevenção dos incêndios
Fonte: imagem cedida pelo Inea

Foram realizadas diversas ações de publicidade com foco na redução do uso do fogo na região: publicações nas redes sociais, jornais locais, fixação de placas nas áreas rurais e cartazes em linhas de ônibus (Figura 110 e Figura 111), distribuição de adesivos, panfletos, além da fixação de letreiros luminosos e banners nas principais rodovias da região (BR 040; BR 116 e RJ 116).

A equipe de educação ambiental da Superintendência Regional do Piabanha, em conjunto com as equipes das Unidades de Conservação, realizou ações de educação ambiental (Figura 112 e Figura 113). Foram feitas visitas à CEASA de Friburgo, ações em escolas, participação em palestras online e eventos em associações de moradores. A Gergpar organizou o primeiro Seminário Estadual de Contingência para Estiagens e Incêndios Florestais, no dia 30 de julho de 2021.

Além das notificações preventivas emitidas pelas Unidades de Conservação estaduais, foram emitidas cerca de 1300 notificações preventivas aos proprietários de imóveis rurais acima de 4 módulos fiscais (médias e grandes propriedades). As propriedades citadas foram identificadas conforme os dados cadastrados no Cadastro Ambiental Rural. Dessas notificações, até o presente momento foram entregues 368 notificações. As entregas foram realizadas pessoalmente pela equipe do Inea e das Prefeituras nas propriedades e enviadas pelos Correios com aviso de recebimento. A entrega dessas notificações será constante, mesmo nos períodos fora da estiagem. No período de maio de 2021 a novembro de 2021 foram entregues 410 Notificações Preventivas da Operação com o seguinte conteúdo:

“Nos termos da legislação estadual de controle ambiental, fica V. Sa. NOTIFICADO PREVENTIVAMENTE, que o uso do fogo pode caracterizar infração administrativa ambiental, respondendo o proprietário do imóvel nas esferas administrativa, civis e penais. Com base nas Leis Estaduais nº 9.001/2020 e nº 3.467/2000, fica estabelecido:

PROIBIDO: Fazer uso do fogo em áreas agropastoris sem autorização do órgão competente ou em desacordo com a obtida; provocar incêndio em mata ou floresta, poluir o ar por queima de material de qualquer natureza, inclusive lixo ou qualquer tipo de resíduo e soltar balões (Lei Estadual nº 3467/2000) Queimar vegetação em perímetros urbanos, canteiros centrais e ao longo de rodovias, ferrovias, linhas de transmissão de energia elétrica, subestações, gasodutos nas margens de rios, no contorno de lagoas, das nascentes e Unidades de Conservação (Lei Estadual nº 2049/1992).

PROVIDÊNCIAS: Promover medidas anti-incêndio, com a implantação e manutenção de aceiros, manter as trilhas, acessos e margens das ruas e estradas limpas e livres de vegetação seca, diminuindo o material combustível, bem como acionar o Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro e o Inea assim que identificar o primeiro indício de queimada.

SANÇÕES: O não atendimento dessa notificação sujeita o notificado as sanções previstas na Lei Estadual nº 3.467/2000. De acordo com a Lei Estadual nº 9.001/2020, que institui a Semana Estadual de conscientização, prevenção e combate a prática de queimadas urbanas, compete ao órgão de fiscalização ambiental inibir as queimadas com a intensificação das ações de fiscalização; preservar o meio ambiente e promover campanhas de conscientização.” (Coordenação da Operação Fumaça Zero)



Figura 110 - Busdoor fixado no transporte público
Fonte: imagem cedida pelo Inea



Figura 111 - Fixação de cartazes nas linhas de ônibus
Fonte: imagem cedida pelo Inea



Figura 112 - Ação de Educação Ambiental realizada na CEASA de Nova Friburgo
Fonte: imagem cedida pelo Inea



Figura 113 - Evento da Operação Fumaça Zero na Associação de Moradores do Vale das Videiras
Fonte: imagem cedida pelo Inea

A Tabela 4 demonstra os resultados alcançados em 2021.

Tabela 4 - Resultados alcançados na Operação Fumaça Zero em 2021

Resultados	Quantidade	Descrição
Abrangência	13 Municípios	Teresópolis, SJVRP, Petrópolis, Areal, Três Rios, Carmo, Sapucaia, Nova Friburgo, Sta Mª Madalena, Duas Barras, Cachoeiras, Guapi e Sumidouro
Dias de Operação	121 dias	maio a setembro
Envolvidos	32	18 Órgãos Públicos e 14 Entidades Privadas
Eventos	6	Dia “D” de Prevenção aos IFs; Educação Ambiental na Escola George Marcha; Exposição na Rebio Araras; Educação Ambiental na CEASA
NPI	688	Fumaça Zero 410. NPI 243
Notificações	6	Uso do fogo e gerais
Auto de Constatação	11	Uso do fogo

Fonte: próprio autor

O Inea promove ações rotineiras de prevenção dos incêndios florestais. A pandemia provocada pelo novo coronavírus alterou as rotinas sociais e econômicas da sociedade fluminense. Com isso, foi necessária a adoção de novos mecanismos preventivos, adaptados às restrições impostas pelo isolamento social. Dessa forma, aumentaram as ações de divulgação e educação ambiental nas mídias sociais e locais, por intermédio de Lives e postagens nas redes sociais do Inea, SEAS e Ceperj. Esses fatores contribuíram para os números apresentados em 2020 de quantidades de eventos realizados pelo Inea e na quantidade de NPIS entregues. No ano de 2021, a Operação Fumaça Zero, além de realizar a entrega de NPIS presencialmente, com abordagem direta na população, realizou o envio das notificações pelos

Correios, com aviso de recebimento, procedimento idêntico ao envio das comunicações oficiais do Inea. Ao mesclarmos estratégias de marketing digital, marketing tradicional (placas e cartazes), abordagem direta da população e o envolvimento de diversos atores sociais (sociedade civil, entidades estatais e privadas), conseguimos ampliar o público-alvo das ações de conscientização ambiental.

O que se pretende é obter a redução dos focos de IFs através da conscientização da população e pela atuação conjunta dos órgãos públicos federais, estaduais e municipais, de forma que a parceria das instituições caracterize melhoria nos sistemas de governança e otimização na aplicação dos recursos humanos e de materiais e insumos. A Operação Fumaça Zero pretende ampliar o seu escopo em 2022 para que novos municípios sejam contemplados pela ação.

Figura 114 - Folder do Seminário Estadual de Contingência para Estiagens e Incêndios Florestais, em 30 de julho de 2021



PROGRAMAÇÃO **30/07**

SEMINÁRIO ONLINE VIA ZOOM 

O Instituto Estadual do Ambiente (INEA) promove seu primeiro seminário para apresentar e debater o plano de contingência estadual e técnicas de combate a incêndios. O evento terá participação de representantes das Secretarias Municipais de Meio Ambiente, Defesa Civil, Corpo de Bombeiros e outros órgãos ligados ao meio ambiente. Confira a seguir a programação prevista:

- 10H30 ABERTURA**
Autoridades presentes
- 10H45 PALESTRAS COM CONVIDADOS**
A IMPORTÂNCIA DE UM PLANO DE CONTINGÊNCIA NAS ESTIAGENS
Andrei Veiga (Biólogo - Gerente das Unidades de Conservação do INEA)
TÉCNICAS E TÁTICAS DE COMBATES A INCÊNDIOS FLORESTAIS
Ten Cel Feliciano Suassuna (Cmt do 1 GSFMA - Corpo de Bombeiros)
- 11H30 ABERTURA DE SALAS DE DEBATES**
Divisão em salas sobre os temas apresentados com debates e mediação
- 12H30 AÇÕES DO INEA NO PERÍODO DE ESTIAGEM E AJUDA AOS MUNICÍPIOS**
Ten Cel Alex Alves (Gerente dos Guarda-Parques do INEA)
- 13H00 ENCERRAMENTO**

Fonte: Inea (s.d)

8.2 Atuações Municipais para prevenção e combate de Q&IF

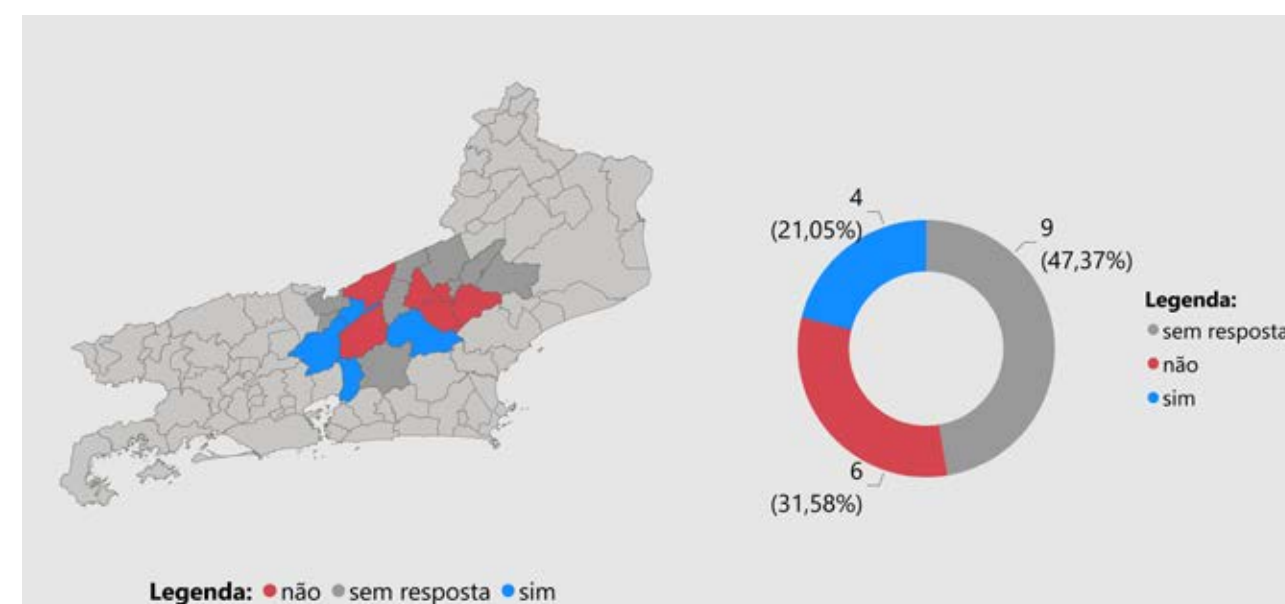
Foram averiguadas ações municipais pertinentes à prevenção e ao combate de incêndios florestais que estão sendo realizadas pelos seguintes municípios: Teresópolis, Petrópolis, Carmo, Sapucaia, São José do Vale do Rio Preto, Areal, Três Rios, Guapimirim, Sumidouro, Nova Friburgo, Duas Barras, Santa Maria Madalena, Cordeiro, Cantagalo, Cachoeiras de Macacu, Macuco, Trajano de Moraes e Bom Jardim.

Para averiguar as ações municipais pertinentes à prevenção e combate de incêndios florestais que estão sendo realizadas pelos municípios estudados (Teresópolis, Petrópolis, Carmo, Sapucaia, São José do Vale do Rio Preto, Areal, Três Rios, Guapimirim, Sumidouro, Nova Friburgo, Duas Barras, Santa Maria Madalena, Cordeiro, Cantagalo, Cachoeiras de Macacu, Macuco, Trajano de Moraes e Bom Jardim), foi realizada uma pesquisa pela Fundação Centro Estadual de Estatísticas, Pesquisas e Formação de Servidores Públicos do Rio de Janeiro (CEPERJ) através do envio de um formulário Google Forms da plataforma Google para as Secretarias Municipais de Meio Ambiente dos municípios citados anteriormente, para que fossem respondidas as perguntas a respeito das ações efetivas desenvolvidas por esses órgãos para prevenção e combate de queimadas e incêndios florestais. Os municípios Santa Maria Madalena, Três Rios, Areal, Cachoeira de Macacu, Carmo, Macuco, Cantagalo e São Sebastião do Alto não responderam essa pesquisa.

De acordo com a pesquisa realizada nos municípios da Região Serrana e Centro Sul do estado do Rio de Janeiro, apenas Petrópolis, São José do Vale do Rio Preto, Guapimirim e Nova Friburgo possuem Plano de Gerenciamento de Risco (Gráfico 17) que estabelece os procedimentos a serem adotados pelos órgãos envolvidos direta ou indiretamente na resposta a emergências e desastres ocasionados por eventos naturais e ações antrópicas.

Gráfico 17 - Municípios que possuem Plano de Gerenciamento de risco

Fonte: próprio autor



A respeito da fiscalização ambiental com a finalidade de coibir os focos de incêndio, as Secretarias de Meio Ambiente dos municípios de Trajano de Moraes, Sapucaia, Petrópolis, Cordeiro, Teresópolis, Guapimirim e São José do Vale do Rio Preto totalizaram 36,84 % das Prefeituras das regiões Serrana e Centro-Sul que atuam com equipes treinadas para realizar a fiscalização, cujo objetivo é prevenir e combater incêndios florestais, como é apresentado no Gráfico 18:

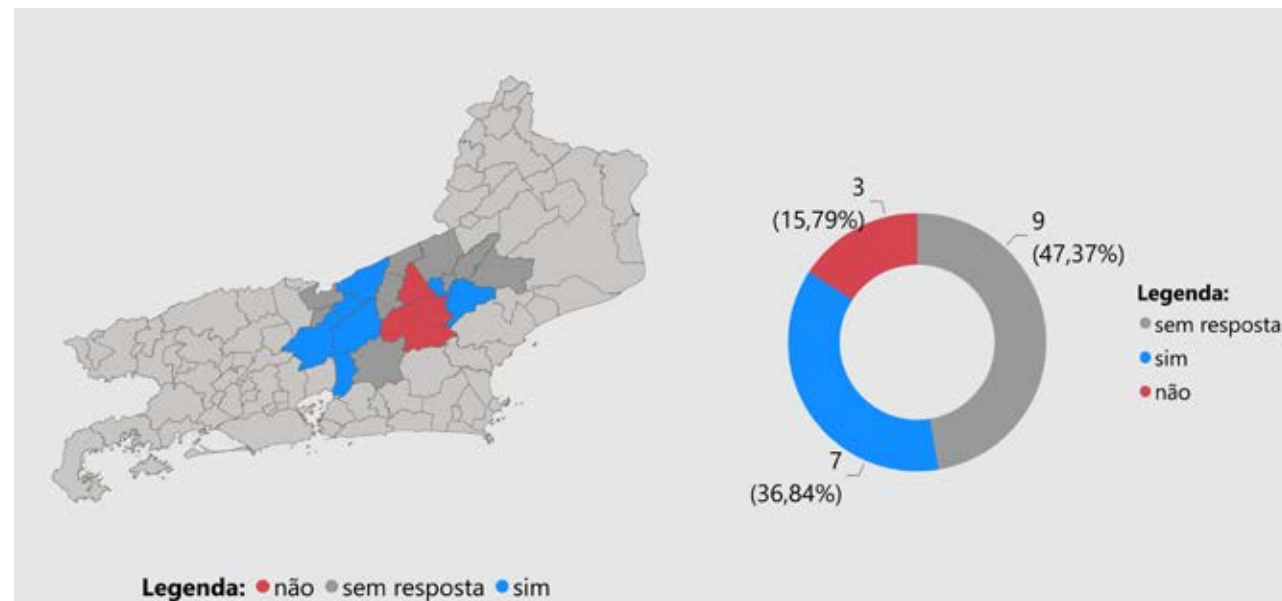


Gráfico 18 - Municípios que possuem fiscalização ambiental

Fonte: próprio autor

Alguns municípios como: Trajano de Moraes, Nova Friburgo, Petrópolis, Cordeiro, Teresópolis, São José do Vale do Rio Preto e Guapimirim tem uma estrutura direcionada para prevenção e combate a incêndios florestais. Essa estrutura pode variar entre Agentes de Defesa Ambiental (Guarda Municipal ou Agentes de Defesa Civil) e equipamento de prevenção para o combate a incêndio florestais e automóveis. No entanto, Sapucaia, Duas Barras e Bom Jardim não possuem qualquer tipo de estrutura relacionada à prevenção e combate de incêndios e contam com o apoio do CBMRJ mais próximo da região. O Gráfico 19 mostra a estrutura disponível para o município atuar com ações de prevenção e combate aos incêndios florestais:

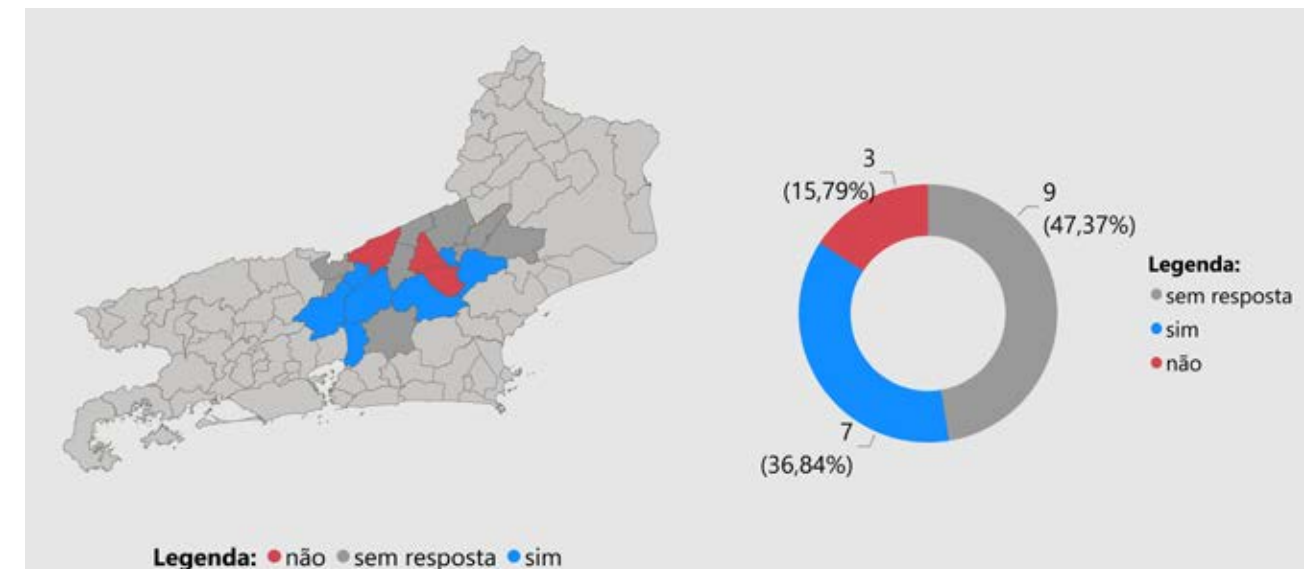


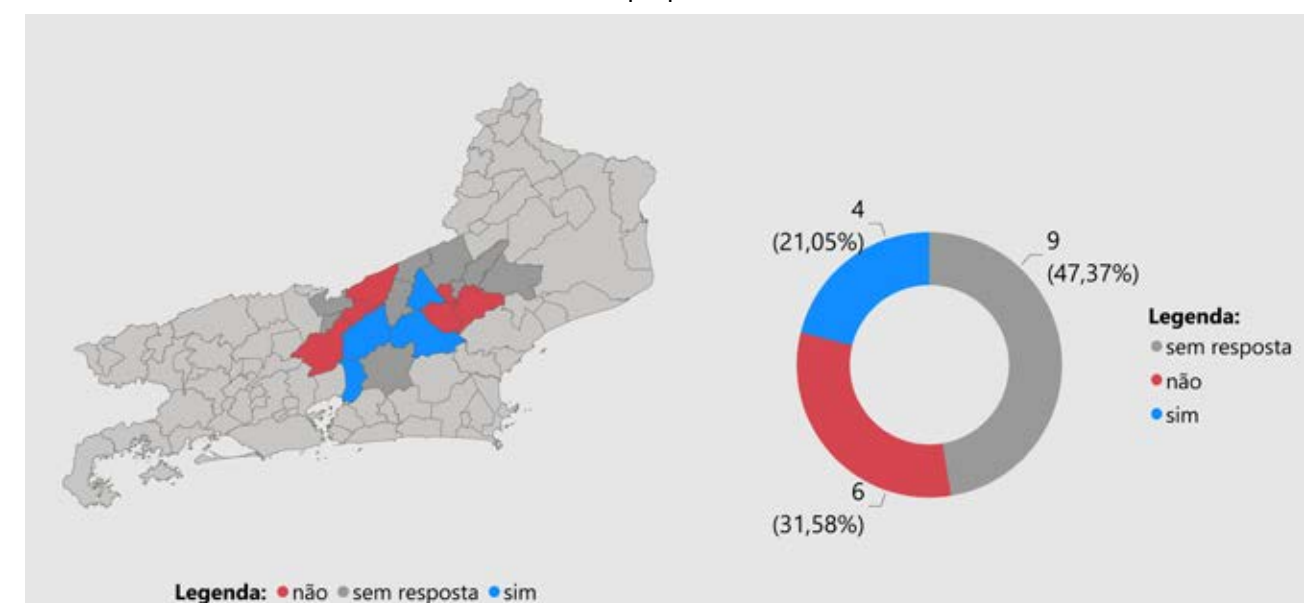
Gráfico 19 - estrutura disponível para o município para ações de prevenção e combate aos incêndios florestais

Fonte: próprio autor

Os seguintes municípios registram as ocorrências de queimadas e incêndios florestais: Sapucaia, Trajano de Moraes, Petrópolis, Cordeiro, Nova Friburgo, Guapimirim, Duas Barras, Teresópolis e São José do Vale do Rio Preto. Em contrapartida, Duas Barras, Petrópolis, Guapimirim e Teresópolis possuem um banco de dados que organiza as informações geradas sobre queimadas e incêndios florestais em âmbito municipal.

Gráfico 20 - Banco de dados

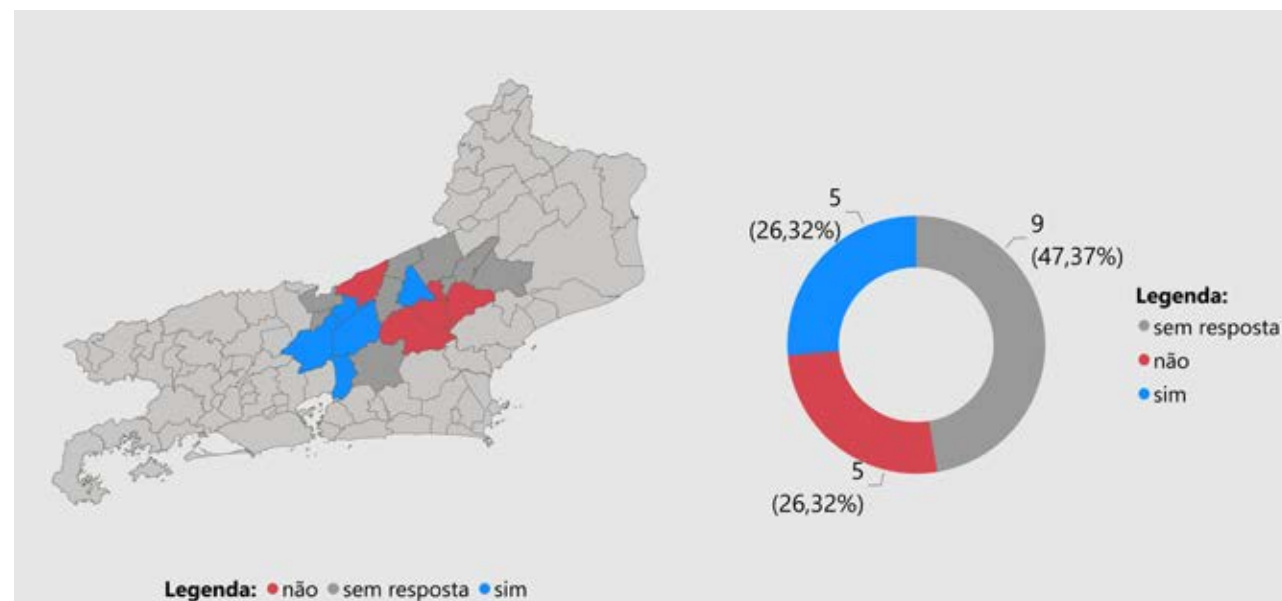
Fonte: próprio autor



Os municípios como Cordeiro, Sapucaia, Nova Friburgo e Trajano de Moraes, não aplicam as sanções administrativas de controle ambiental pertinentes à fiscalização de prevenção e combate ao fogo — como notificação, auto de constatação ou notificações preventivas. Todavia, os municípios de Guapimirim, Duas Barras, Teresópolis, Petrópolis e São José do Vale do Rio Preto aplicam sanções administrativas de controle ambiental referentes a infrações ocasionadas pelo fogo, representando 26,32% dos municípios (Gráfico 21).

Gráfico 21 - Municípios que aplicam Sanções Administrativas

Fonte: próprio autor



No que tange às denúncias recebidas sobre queimadas e incêndios florestais, 36,84% das Secretarias responderam que as ocorrências são parcialmente atendidas devido à dificuldade de infraestrutura qualificada, como automóveis apropriados, equipe treinada e a distância do local onde houve a ocorrência (Gráfico 22). Devido a esses fatores tais órgãos solicitam o apoio do Corpo de Bombeiro Militar do Rio de Janeiro (CBMERJ). Foi verificado que nenhum município realizou Queima Controlada.

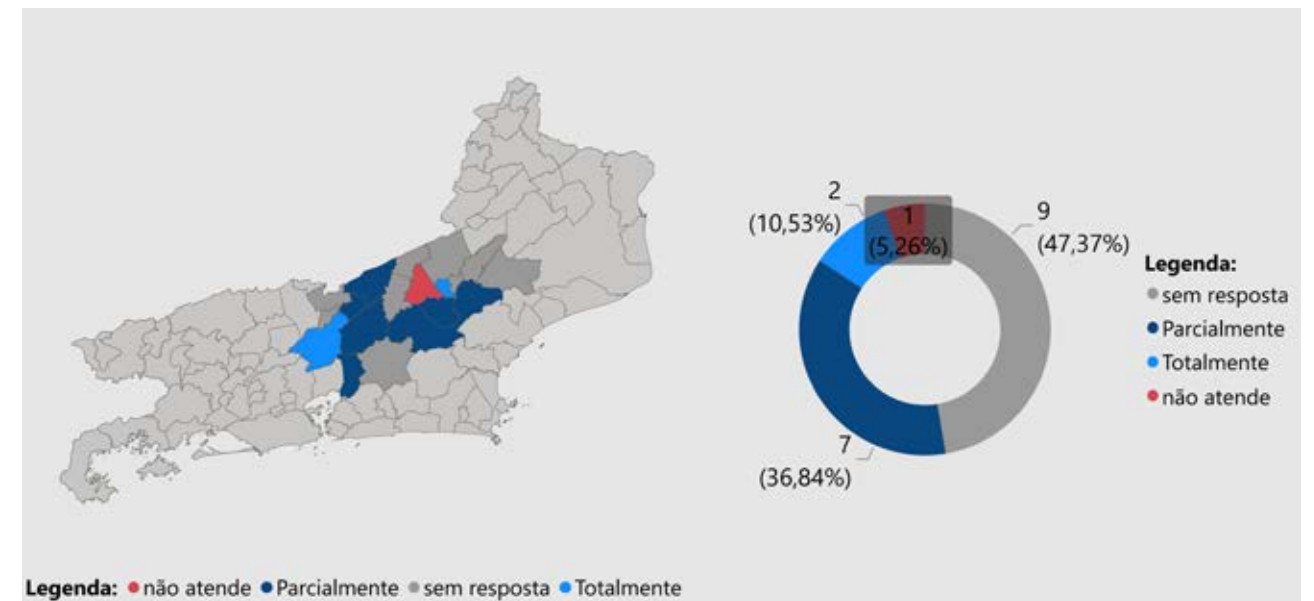


Gráfico 22 - - Municípios que atendem a ocorrências de incêndios

Fonte: próprio autor

As Secretarias foram questionadas no tocante à geração de documentos técnicos referentes aos incêndios florestais, como Talão de Ocorrência, Relatório Técnico e Ficha Técnica. Os municípios de Sapucaia, Nova Friburgo, Petrópolis, Guapimirim, Cordeiro, Duas Barras e Teresópolis executam Relatório Técnico após realizar vistoria no local de ocorrência. Já Trajano de Moraes utiliza o Talão de Ocorrências, enquanto os outros municípios não descreveram qual formato de documento técnico é utilizado.

No que diz respeito ao combate aos incêndios florestais, além do Corpo de Bombeiros, alguns municípios possuem Brigada de Incêndio voluntária, como: Petrópolis, São José do Vale do Rio Preto e Guapimirim.

Municípios como: Sapucaia, Trajano de Moraes, Petrópolis, Teresópolis, São José do Vale do Rio Preto e Guapimirim ministram educação ambiental como forma preventiva para reduzir focos de incêndio.

No que tange sobre brigada civil voluntária para prevenção e combate aos incêndios florestais, os procedimentos adotados para o atendimento das ocorrências de queimadas e incêndios florestais geralmente seguem o mesmo protocolo em todas as Prefeituras dessas duas regiões. As ocorrências são recebidas através do telefone de emergência da Defesa Civil 199 ou pelo canal de denúncias da Secretaria do Ambiente, no qual é gerado o acionamento de uma equipe da Defesa Civil e/ou Guarda Civil Ambiental para identificar as dimensões do incêndio e o risco para residências, fauna e flora. No local, as equipes tentam identificar o infrator, caso exista indícios de ação antrópica, ainda no local é feito o registro das coordenadas geográficas para posterior abertura do procedimento administrativo para as devidas apurações da Fiscalização Ambiental. Considerando as proporções do incêndio, em caso de necessidade o CBMERJ, é acionado.

As medidas e ações adotadas para a prevenção e combate às queimadas e incêndios em matas e florestas também são semelhantes em todos os municípios partícipes do projeto. O patrulhamento ambiental é realizado através de rondas no qual há a aplicação de notificações preventivas para a orientação da população sobre os riscos e danos oriundos das queimadas, bem como a elucidação de maneiras de como coibir focos de incêndio. O patrulhamento ambiental nesses municípios, muitas vezes é realizado em parceria com a Defesa Civil e o Instituto Ambiental do Ambiente - INEA/Operação Fumaça Zero.

No que tange à educação ambiental as Secretarias de Meio Ambiente dos municípios de Teresópolis, Guapimirim, Petrópolis, Cordeiro, Trajano de Moraes, São José do Vale do Rio Preto e Sapucaia promovem campanhas com palestras educativas em escolas, espaços públicos e informes em programas de rádios locais orientando sobre as causas, as consequências e as formas de evitar incêndios, os outros

municípios não realizam educação ambiental ou não responderam (Gráfico 23).

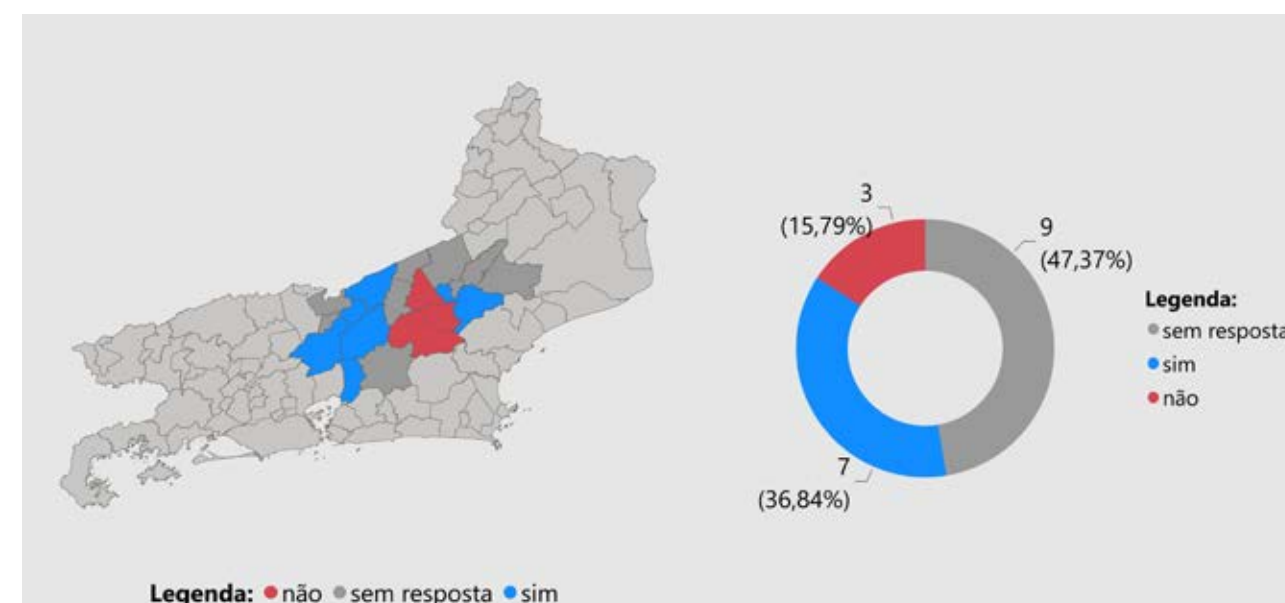


Gráfico 23 - Educação Ambiental

Fonte: próprio autor

Referências Bibliográficas

AMARAL, G. D. S. **Análise das ocorrências de queimadas e incêndios em matas e florestas no município de Três Rios, RJ.** Bacharelado—Três Rios, RJ: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2020.

BRASIL. Congresso. Senado. **Decreto nº 7.513**, de 2011. Altera o Decreto nº 5.886, de 6 de setembro de 2006, que aprova a Estrutura Regimental e o Quadro Demonstrativo dos Cargos em Comissão e das Funções Gratificadas do Ministério da Ciência e Tecnologia, e dispõe sobre o remanejamento de cargos em comissão. Brasília, DF, 01 jul. 2011. Disponível em: <https://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/1028255/decreto-7513-11>. Acesso em: 17 nov. 2021.

BRASIL. Congresso. Senado. **Instrução Normativa nº 1, de 24 de agosto de 2012.** Instrução normativa nº 1. Brasília, DF, 24 ago. 2012. Disponível em: https://www.cnm.org.br/cms/images/stories/Links/09062014_Instrucao_normativa_de_01_de_agosto_de_2012.pdf. Acesso em: 10 out. 2021.

RIO DE JANEIRO (Estado). **Lei nº 250, de 02 de julho de 1979.** Dispõe sobre a organização básica do Corpo de Bombeiros do Estado do Rio de Janeiro e dá outras providências. Rio de Janeiro, RJ, 02 jul. 1979. Disponível em: <https://gov-rj.jusbrasil.com.br/legislacao/150341/lei-250-79>. Acesso em: 30 out. 2021.

CBH-BIG. **Relatório sobre Políticas, Planos, Programas e Projetos Setoriais que incidem sobre a Gestão dos Recursos Hídricos. Rio de Janeiro: Comitê de Bacias Hidrográficas da Baía da Ilha Grande, 2018.** Disponível em: <http://www.cbhbig.org.br/plano/produtos/05%20-%20Relato%CC%81rio%20sobre%20Poli%CC%81ticas,%20Planos,%20Programas%20e%20Projetos%20Setoriais%20que%20incidem%20sobre%20a%20Gesta%CC%83o%20dos%20Recursos%20Hi%CC%81dricos%20-%20RD05.pdf>. Acesso em: 2 dez. 2021.

CEMADEN. **Apresentação – Cemaden.** Cemaden, [s.d.]. Disponível em: <http://www2.cemaden.gov.br/apresentacao/>. Acesso em: 2 dez. 2021

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (CBMERJ). Secretaria Estadual da Defesa Civil (org.). **Anuário Estatístico do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro.** 2020. Disponível em: https://www.cbmerj.rj.gov.br/anuarios/anuario_2020.pdf. Acesso em: 14 nov. 2021

CORPO DE BOMBEIRO MILITAR DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (CBMERJ). **Sedec-RJ apresenta Mapa de Susceptibilidade à ocorrência de fogo em vegetação no Estado.** Cbmerj, 2 abr. 2019. Disponível em: <https://www.cbmerj.rj.gov.br/institucional/item/1379-sedec-rj-apresenta-mapa-de-susceptibilidade-a-ocorrencia-de-fogo-em-vegetacao-no-estado>. Acesso em: 3 dez. 2021

CORPO DE BOMBEIRO MILITAR DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (CBMERJ). **Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro.** Disponível em: <https://www.cbmerj.rj.gov.br/>. Acesso em: 3 dez. 2021.

CLASSIFICAÇÃO E CODIFICAÇÃO BRASILEIRA DE DESASTRES. **Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (Cobrade)** Defesa Civil RJ, [s.d.]. Disponível em: <http://www.defesacivil.rj.gov.br/images/formularios/COBRADE.pdf>

DIÁRIO DO VALE. **Linha Verde lança campanha para conscientizar sobre o perigo das queimadas nessa época do ano - Diário do Vale.** Diário do Vale, 21 jun. 2021. Disponível em: <https://diariodovale.com.br/plantao-da-redacao/linha-verde-lanca-campanha-para-conscientizar-sobre-o-perigo-das-queimadas-nessa-epoca-do-ano/>. Acesso em: 2 dez. 2021

DISQUE DENÚNCIA. **Linha Verde divulga balanço de denúncias sobre Meio Ambiente no ano de 2020.** Disponível em: <https://www.disquedenuncia.org.br/programas/Linha-Verde>. Acesso em: 2 dez. 2021.

DISQUE DENÚNCIA. **Linha Verde lança mais uma edição da Campanha Disque Balão.** 2019. Disponível em: <https://www.disquedenuncia.org.br/noticia.php?id=1944>. Acesso em: 18 nov.

DISQUE DENÚNCIA. **Programa Linha Verde faz campanha para combater soltura de balões.** 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/2021/06/08/programa-linha-verde-faz-campanha-para-combater-soltura-de-baloos.ghtml>. Acesso em: 18 nov. 2021.

DEFESA CIVIL. **Conheça o CEMADEN-RJ.** Disponível em: <http://www.defesacivil.rj.gov.br/index.php/institucional-cemaden-rj/cemaden-conheca>>. Acesso em: 2 dez. 2021.

DEFESA CIVIL RIO DE JANEIRO. **Redec Serrana I realiza palestra sobre queimadas em Carmo-RJ.** Disponível em: <http://www.defesacivil.rj.gov.br/index.php/noticias-da-defesa-civil/421-redec-serrana-i-realiza-palestra-sobre-queimadas-em-carmo-rj>>. Acesso em: 3 dez. 2021.

FERREIRA, Isabel Cristina Guimarães. **O Plano de Emergência: sua importância.** 2007. 78 f. Monografia (Especialização) - Curso de Gestão de Empresas, Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2007. Disponível em: <https://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/759/1/monografia.pdf>. Acesso em: 21 set. 2021.

GBNEWS. **Corpo de Bombeiros lança “Operação Extinctus” com investimentos de R\$ 12 milhões do Estado.** *gbnews*, 4 jun. 2021. Disponível em: <https://www.gbnews.com.br/single-post/corpo-de-bombeiros-lanca-operacao-extinctus-com-investimentos-de-r-12-milhoes-do-estado>>. Acesso em: 3 dez. 2021

Inea. **Conheça as Unidades de Conservação.** Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/biodiversidade-territorio/conheca-as-unidades-de-conservacao/inea.rj.gov.br>>. Acesso em: 3 dez. 2021.

Inea. **Guarda-Parque.** Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/biodiversidade-territorio/guarda-parque/inea.rj.gov.br>>. Acesso em: 3 dez. 2021b.

Inea. **Monitoramento auxilia no combate a incêndios florestais.** *Inea.rj.gov.br*, 25 ago. 2017. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/monitoramento-auxilia-no-combate-a-incendios-florestais/>>. Acesso em: 2 dez. 2021

Inea. **Seas e Inea realizam seminário estadual de prevenção e contenção de incêndios florestais.** Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/seas-e-inea-realizam-seminario-estadual-de-prevencao-e-contencao-de-incendios-florestais/>>. Acesso em: 3 dez. 2021.

MIGLIARI, F. T.; AXIMOFF, I.; BOVINI, M. G. Redução de Incêndios Florestais na Reserva Biológica de Araras, Rio de Janeiro, Sudeste do Brasil. **Biodiversidade Brasileira - BioBrasil**, n. 2, p. 87–95, 13 ago. 2020.

RIO DE JANEIRO. Secretaria de Estado de Defesa Civil. **Emergência do Estado do Rio de Janeiro.** 2020. Disponível em: <http://www.prodec.defesacivil.rj.gov.br/pem2020/PEM%202020%203.1.pdf>. Acesso em: 27 set. 2021.

RIO DE JANEIRO. **Lei no 9.001/2020, 10 set. 2020.** Altera o anexo da lei estadual nº 5.646, de 06 de janeiro de 2010, incluindo no calendário oficial do estado do rio de janeiro, a semana estadual de conscientização, prevenção e combate a prática de queimadas urbanas e dá outras providências. Disponível em: <https://gov-rj.jusbrasil.com.br/legislacao/926409468/lei-9001-20-rio-de-janeiro-rj>. Acesso em: 03 dez. 2021.

RIO DE JANEIRO (Estado). Constituição (2020). **Decreto nº 46.935, de 2020.** Institui a Política Estadual De Proteção e Defesa Civil, reorganiza o Sistema Civil e o Conselho Estadual de Proteção e Defesa Civil, sem a aumento de despesa, e dá outras providências. Rio de Janeiro, DF, 12 fev. 2020. Disponível em: <http://defesacivil.rj.gov.br/images/biblioteca/POLITICA-ESTADUAL-DE-PROTECAO-E-DEFESA-CIVIL.pdf>. Acesso em: 04 nov. 2021.

RIO DE JANEIRO (Estado). Constituição (2018). **Decreto nº 36, de 2018**. Altera, sem aumento de despesas, a estrutura organizacional da secretaria de estado de Defesa Civil (SEDEC), e dá outras providências. Rio de Janeiro, RJ, 10 dez. 2018. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/diarios/222100712/doerj-poder-executivo-14-12-2018-pg-14>. Acesso em: 19 nov. 2021.

RIO DE JANEIRO. Sedec. Secretaria Estadual de Defesa Civil (org.). **Redec Serrana I realiza palestra sobre queimadas em Carmo-RJ**. [2021]. Disponível em: <http://www.defesacivil.rj.gov.br/index.php/noticias-da-defesa-civil/421-redec-serrana-i-realiza-palestra-sobre-queimadas-em-carmo-rj>. Acesso em: 19 nov. 2021.

RIO DE JANEIRO. Sedec. Secretaria Estadual de Defesa Civil (org.). **Sedec-RJ apresenta Mapa de Susceptibilidade à ocorrência de fogo em vegetação no Estado**. 2019. Disponível em: <https://www.cbmerj.rj.gov.br/institucional/item/1379-sedec-rj-apresenta-mapa-de-susceptibilidade-a-ocorrencia-de-fogo-em-vegetacao-no-estado>. Acesso em: 19 nov. 2021.

SAITO, S. M; SOUZA, D. O. **Sistema de monitoramento e alerta de desastres naturais**: práticas e desafios. Eventos extremos no Rio Grande do Sul: inundações e movimentos de massa. 1ed. Porto Alegre: Evangraf (2013): 1. Disponível em: https://www.academia.edu/11848527/SISTEMA_DE_MONITORAMENTO_E_ALERTA_DE_DESASTRES_NATURAIS_PRA_TICAS_E_DESAFIOS._In_Eventos_Extremos_no_Rio_Grande_do_Sul_inundac_o_es_e_movimentos_de_massa._ISBN_978-85-7727-619-6. Acesso em: 25 out. 2021.

TRIBUNA DE PETRÓPOLIS. **Petrópolis lidera denúncias de queimadas feitas ao programa Linha Verde | Tribuna de Petrópolis**. Tribuna de Petrópolis, 20 jun. 2021. Disponível em: <https://tribunadepetropolis.com.br/noticias/petropolis-lidera-denuncias-de-queimadas-feitas-ao-programa-linha-verde/>. Acesso em: 2 dez. 2021

SILVA, M. P. D. DA et al. **Estudo dos registros das ocorrências de incêndios florestais/vegetação no CBMERJ**. XVIII Senabom.

Anais... In: SEMINÁRIO NACIONAL DE BOMBEIROS. Foz do Iguaçu, PR: 21 nov. 2018. Disponível em: <http://www.defesacivil.rj.gov.br/images/sedec-arquivos/Estudo-dos-registros-das-ocorrncias-de-incndios-florestais---vegetao-no-CBMERJ.pdf>>. Acesso em: 3 dez. 2021

Capítulo 9

Materiais e Métodos



9 Materiais e Métodos

O capítulo em questão é subdividido em dois momentos. No primeiro, (subtópico 9.1), são apresentados os fatores levados em conta para a elaboração das análises finais, comparando e avaliando diferentes momentos para o estudo das variações ambientais ocorridas na região. Já em um segundo momento, no subtópico 9.2, são apresentadas as discussões metodológicas utilizadas para a elaboração desses primeiros produtos cartográficos.

9.1 Caracterização da Área de Estudo

Diversos produtos foram gerados para a etapa de caracterização da área de estudo. Esses produtos têm por objetivo final não apenas descrever a área, como também apresentar fatores que corroborem para o mapeamento geoecológico da região, conforme metodologias propostas por Menezes (2000), Sousa et al. (2010), entre outros, que fazem uso de ferramentas geotecnológicas como forma de possibilitar a “geografia e a outras ciências uma observação mais aprofundada da paisagem à medida que esta é estudada a partir da integração de diversas variáveis (análise geoecológica), através do geoprocessamento” (TOMZHINSKI, 2012).

As metodologias aqui propostas consideram o caráter integrativo dos fatores ambientais, articulando elementos da geotecnologia como a cartografia, o geoprocessamento e o sensoriamento remoto com elementos ambientais. Esse caráter integrativo da análise pode ser descrito como geoecológico, cuja interpretação é voltada principalmente à “inter-relação dos aspectos estrutural-espacial e dinâmico-funcional das paisagens e a integração em uma mesma direção científica (Geoecologia ou Ecogeografia) das concepções biológicas ou geográficas sobre as paisagens”

(ROUGERIE; BEROUTCHATCHVILI, 1991 apud. MATEO RODRIGUEZ, 2017).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (IBAMA, 2009), longos períodos de estiagem, baixa umidade relativa do ar, temperaturas elevadas, ventos fortes, vegetação ressecada e uso do fogo nas práticas agrícolas podem provocar queimadas que, quando fogem do controle, geram grandes incêndios florestais.

Gomes et al. (2020) consideraram que a intensidade e velocidade de determinado foco de calor é inversamente proporcional à umidade presente no ambiente, temperatura do ar e a velocidade dos ventos, destacando a importância das informações climatológicas para o desenvolvimento de medidas de prevenção e combate às queimadas.

Portanto, à medida que as condições locais se tornam mais secas e com temperaturas médias elevadas, o ambiente se torna cada vez mais propício à ocorrência dos incêndios, expondo o mesmo à situação vulnerável. Segundo Martin et al. (2017), a combinação desses elementos gera um ciclo vicioso, possibilitando a ocorrência de novos incêndios em áreas que já tenham sofrido a ação do fogo.

Esses aspectos foram levados em consideração para determinar quais parâmetros seriam estudados para a caracterização da área.

9.1.1 Localização

As análises de ocorrência de incêndios foram elaboradas tendo como recorte espacial a área de atuação da Operação Fumaça Zero. Esse recorte espacial equivale a 19 municípios de 92 ao todo no estado e está representado a seguir, no Mapa 1.



Mapa 1 - Localização dos 19 municípios que representam a área de estudo do Projeto, limites administrativos
Fonte: IBGE (2020)

No mapa acima estão destacados os municípios da Região Serrana e de parte das regiões Centro Sul e Metropolitana do estado do Rio de Janeiro, sendo eles: Teresópolis, Petrópolis, Carmo, Sapucaia, São José do Vale do Rio Preto, Areal, Três Rios, Guapimirim, Sumidouro, Nova Friburgo, Duas Barras, Santa Maria Madalena, Cordeiro, Cantagalo, Cachoeiras de Macacu, Bom Jardim, Macuco, Trajano de Moraes e São Sebastião do Alto.

Deve-se destacar que, como será apresentado nos capítulos seguintes, a área possui altitude e declividade elevadas, o que contribui para a propagação do fogo na região, em caso de incêndios.

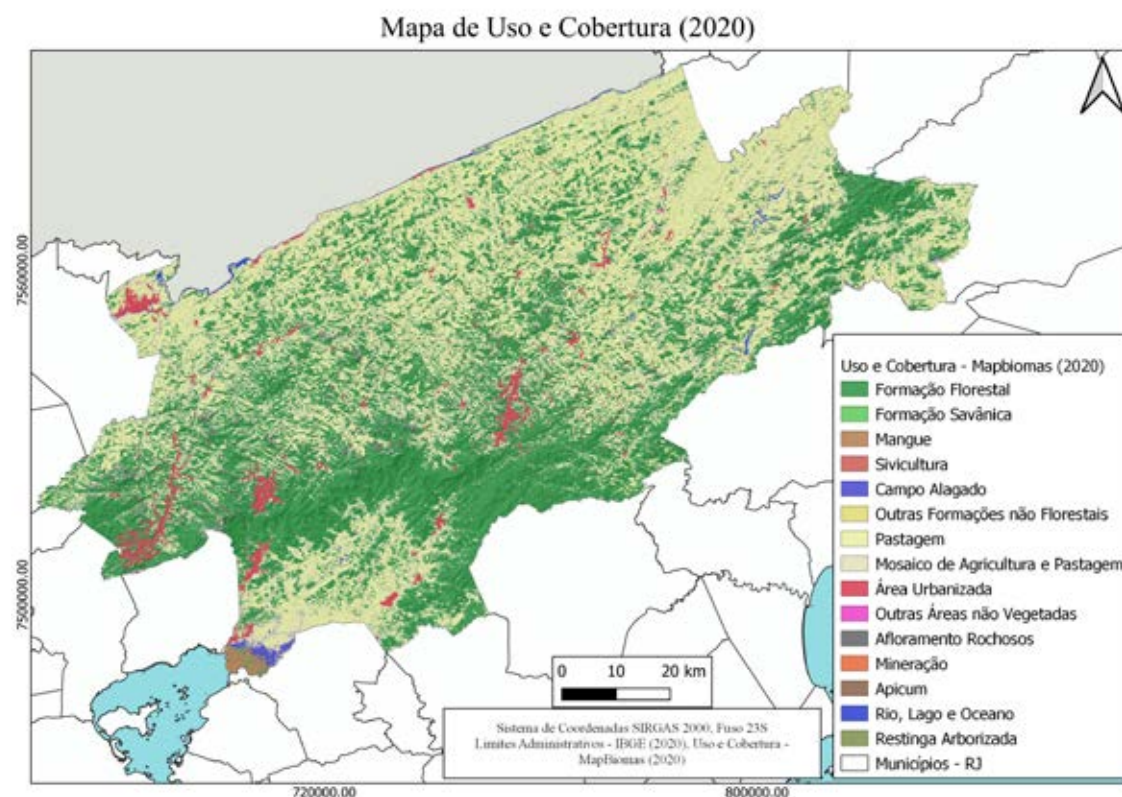
Sendo um objetivo do projeto o fortalecimento do Programa Estadual Operação Fumaça Zero, a escolha da área para a aplicação da metodologia foi feita de acordo com a área de atuação do programa.

9.1.2 Uso e Ocupação do Solo

Como representação da dinâmica de uso e cobertura na área de estudo, foram espacializadas as informações do projeto de monitoramento brasileiro Mapbiomas referentes ao ano de 2020.

Existem 13 classes distribuídas na área, sendo elas: Formação Florestal (414.660 há), Formação Savânica (34,88 ha), Mangue (1.980 ha), Sivicultura (3.193 ha), Campo Algado (1.296 ha), Pastagem (321.976 ha), Mosaico de Agricultura e Pastagem (162.154 ha), Área Urbanizada (12.773 ha), Outras Áreas não Vegetadas (1.1176 ha), Afloramentos Rochosos (447 ha), Mineração (160 ha), Apicum (3,8 ha), Rio, Lago e Oceano (3.083 ha) e Lavouras Temporárias (415 ha), conforme Mapa 2.

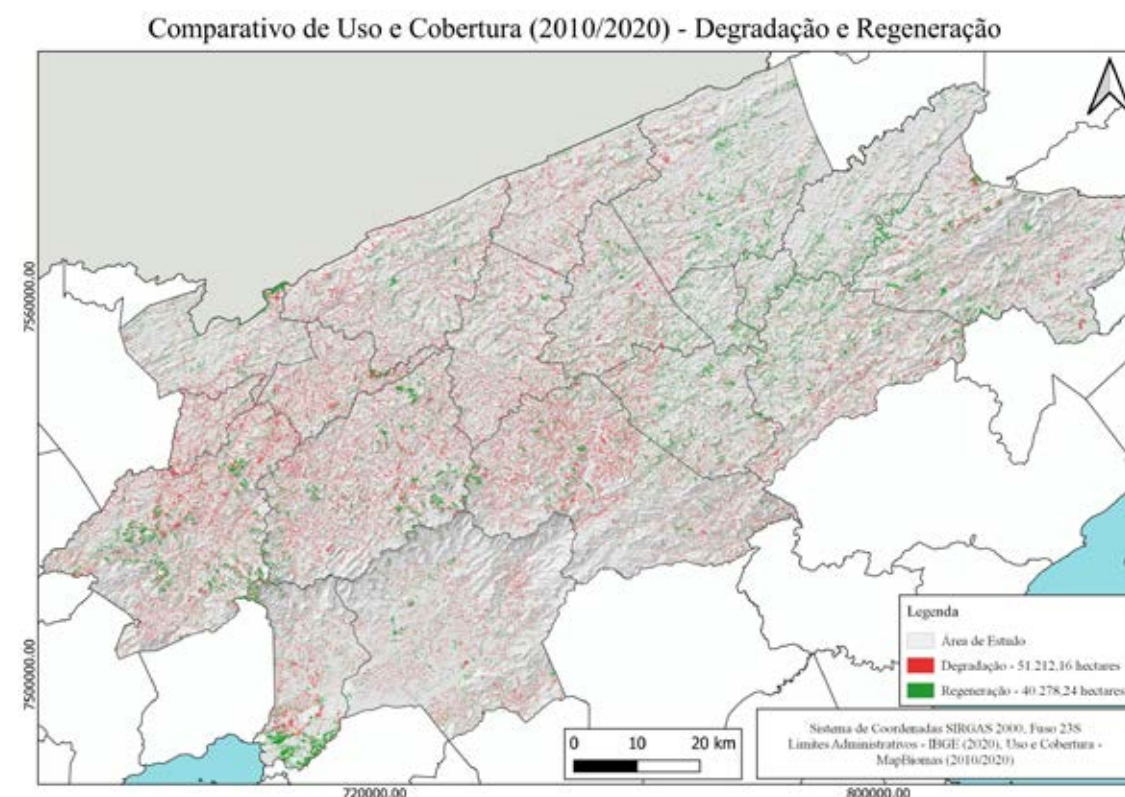
Mapa 2 - Uso e cobertura do solo da região de estudo
Fonte: próprio autor



Usando esta classificação, foram sobrepostos 207 pontos de ocorrências da Operação Fumaça Zero referentes ao ano de 2021 e dentro dos 19 municípios de área de estudo. Como resultado foi averiguado que grande maioria das ocorrências, 78,74% (163), se encontram em áreas antrópicas (Pastagem, Lavouras, Infraestrutura Urbana etc.) e que apenas 21,25% (44) foram em áreas naturais (Formação Florestal e Formação Savânica).

Foi feita uma comparação entre os dados de 2010 e 2020 do projeto MapBiomas para identificar mudanças entre classes naturais e classes antrópicas ou o retorno de uma classe antrópica para uma classe natural. O resultado foi de 51.212,16 hectares de degradação e 40.278,24 hectares de regeneração de classes relativas à flora (Mapa 3). Não há uma correlação direta entre os incêndios e a perda de classes naturais, porém essa análise agrega como um indicador em termos de monitoramento de padrões na dinâmica de uso e ocupação na área de estudo.

Mapa 3 – Comparativo de uso e cobertura do solo entre os anos 2010 e 2020 da região de estudo
Fonte: próprio autor



9.1.3 Hipsometria

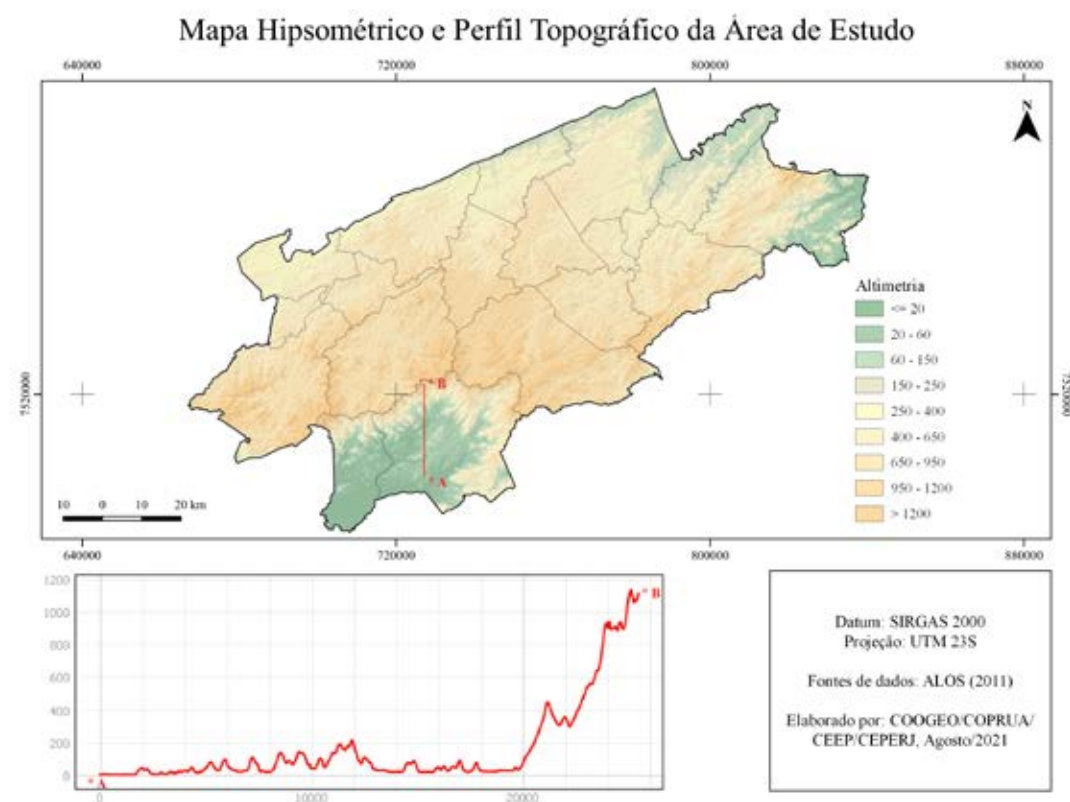
A hipsometria da região pode ser observada no Mapa 4. Os dados de altimetria foram gerados a partir de informações do satélite ALOS, que tem como uma de suas principais aplicações a elaboração de Modelos Digitais de Elevação (MDE). Para este trabalho, foi gerado o MDE e suas informações de altitude foram extraídas em ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas).

As áreas de coloração mais esverdeada indicam menor altitude e são observadas no canto direito e no canto esquerdo, ao sul da imagem.

É notório que a maior parte da região possui altitudes elevadas e que a região entre os municípios de Teresópolis, Nova Friburgo, Cachoeiras de Macacu e Guapimirim possuem diferenças consideráveis de altitude.

Mapa 4 – Hipsometria e perfil topográfico da região de estudo

Fonte: próprio autor



9.1.4 Declividade

A análise da declividade das vertentes possibilita evidenciar a distribuição das inclinações de uma superfície do terreno (PINHEIRO, 2017).

As classes de declividade foram extraídas das informações do satélite Alos Palsar (2011), com resolução espacial de 12,5 metros, sendo o intervalo de valores separado segundo os parâmetros da EMBRAPA (1979). A área de estudo possui uma predominância de declividades Ondulado, Forte Ondulado e Montanhoso, o que em geral dificulta o acesso e o combate a áreas de queimadas em prosseguimento (Mapa 5). Outras informações que corroboram com essas afirmações são os mapas seguintes de compartimentação de relevo (Mapa 6) e vegetação potencial (Mapa 7), utilizando o banco de dados das Cartas de Padrões de Relevo Municipais (CPRM, 2017) e Inea (2010), respectivamente.

A maior parte das áreas em baixadas estão ocupadas por aglomerações urbanas, enquanto as classes florestais se concentram em áreas de maior altimetria em serras e morros. Existem cerca de 414.660 hectares de classe de floresta de Mata Atlântica na área de estudo, de acordo com o mapeamento do MapBiomas (2021).

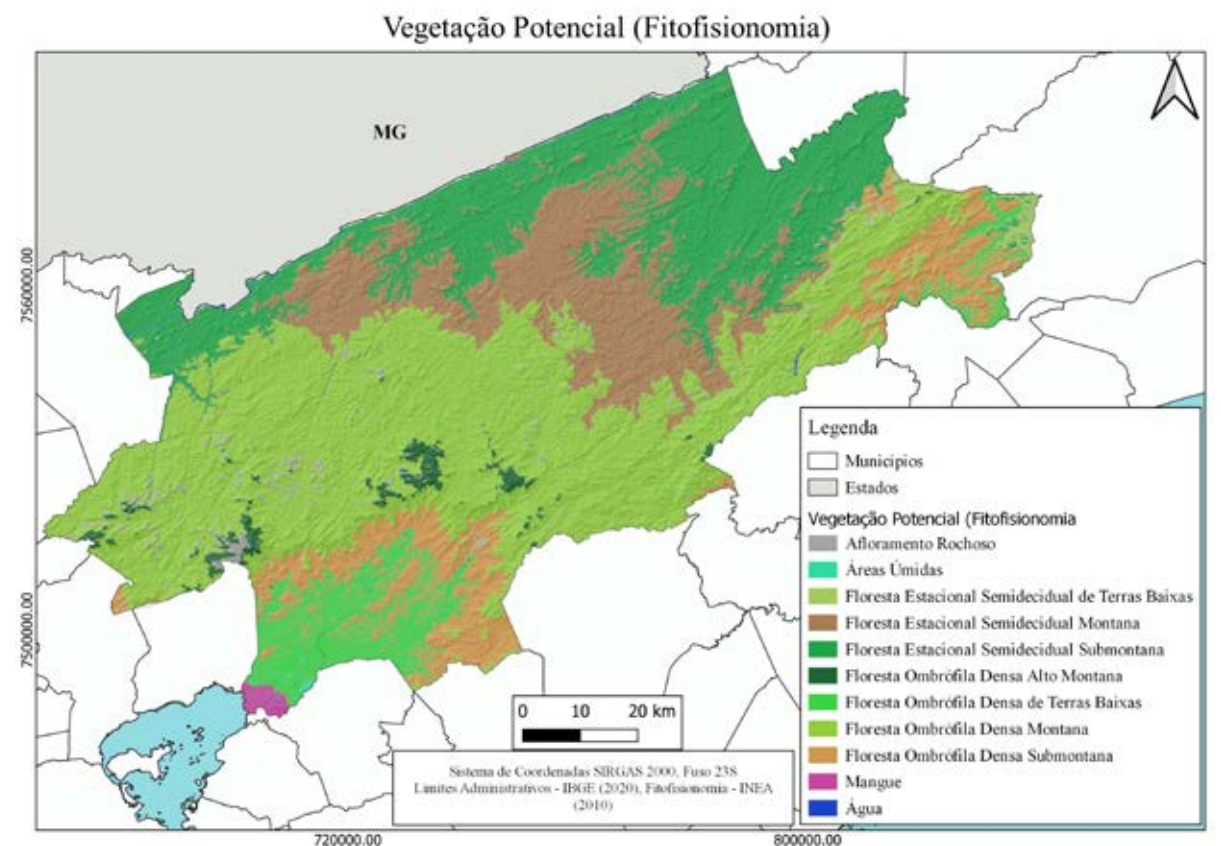
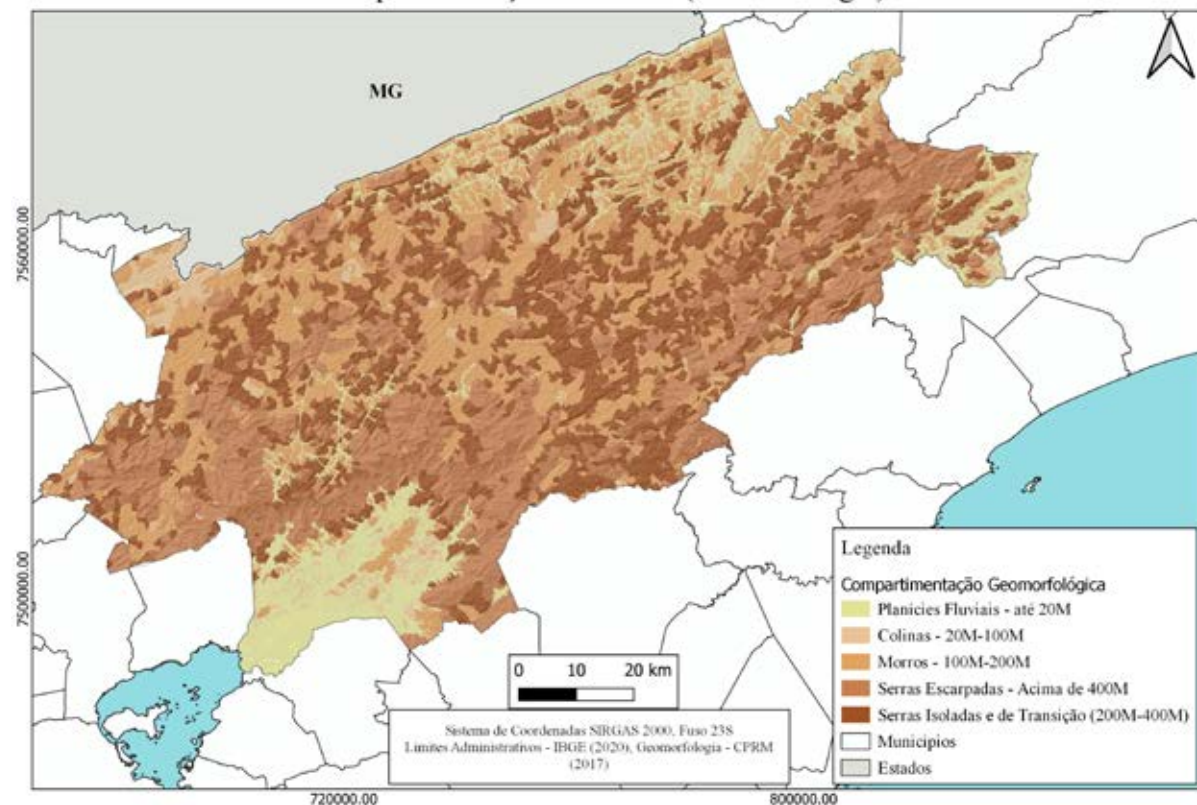


Mapa 5 - Declividade da região de estudo

Fonte: próprio autor

Mapa 6 - Compartimentações da região

Compartimentação do Relevo (Geomorfologia)



Mapa 7 - Vegetação potencial da região

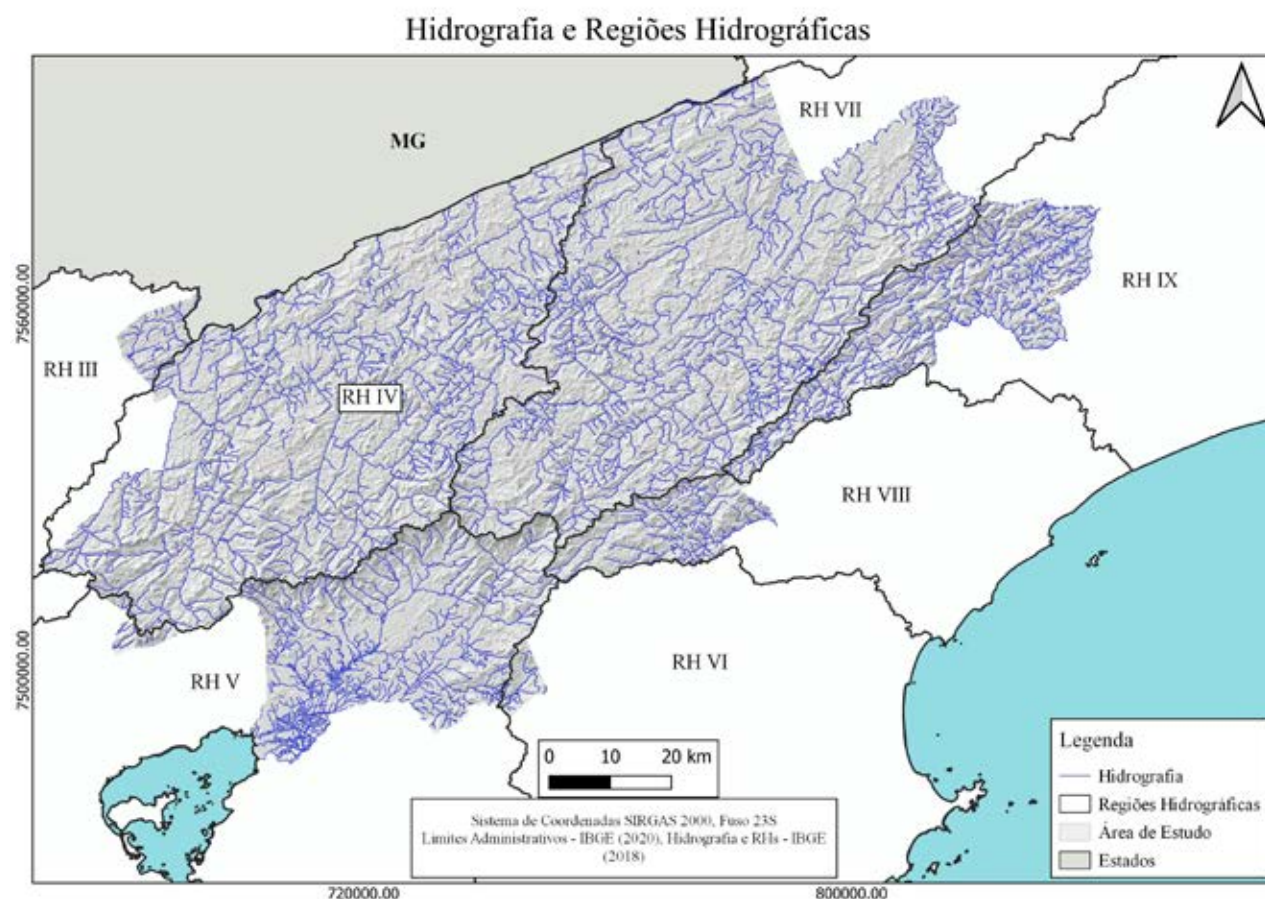
Fonte: próprio autor

A maior parte das áreas em baixadas estão ocupadas por aglomerações urbanas, enquanto as classes florestais se concentram em áreas de maior altimetria em serras e morros. Existem cerca de 414.660 hectares de classe de floresta de Mata Atlântica na área de estudo, de acordo com o mapeamento do MapBiomas (2021).

9.1.5. Hidrografia

A maior rede de drenagem presente na área de estudo equivale aos Rios Piabanha e Paraíba do Sul. Os 19 municípios se distribuem entre 4 das 9 Regiões Hidrográficas do estado, sendo elas: RH V, RH VI, RH VII e RH VIII, como ilustra o Mapa 8, abaixo. É importante salientar que o recorte não pega nenhuma região hidrográfica como um todo, do montante à jusante. Há uma boa parcela das áreas de nascentes dos rios locais e poucas áreas de foz além de informações relativas à

Minas Gerais que seriam necessárias para uma análise mais completa dos sistemas fluviais ao do Projeto Queimadas Fumaça Zero.

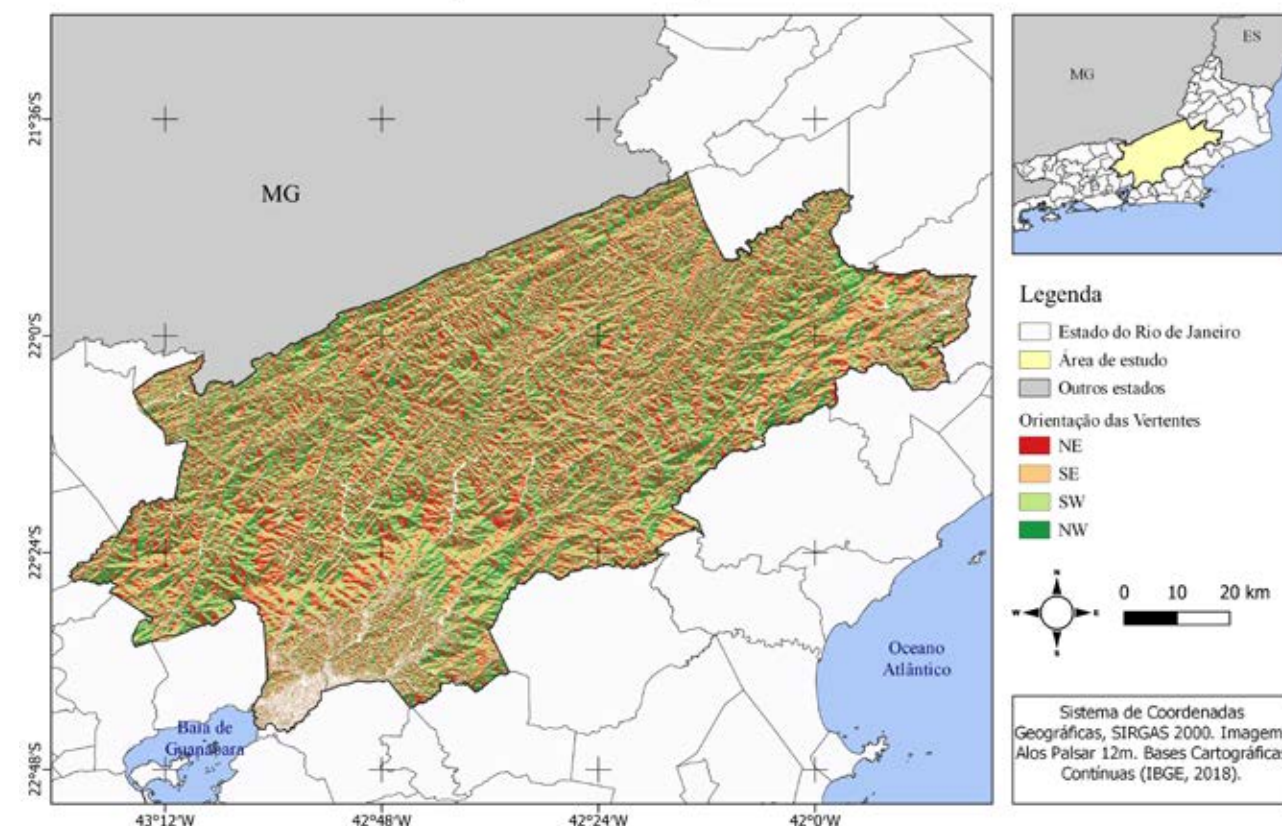


Mapa 8 - Hidrografia na região de estudo
Fonte: próprio autor

9.1.6. Orientação ou aspecto de encosta

O mapa de orientação de encostas apresenta as vertentes do relevo da região, separadas em quatro classes diferentes, cuja coloração representa diferentes pontos colaterais, seguindo a orientação da rosa dos ventos, como apresentado no Mapa 9.

Mapa de Orientação de Encosta



Mapa 9 - Orientação de encosta
Fonte: próprio autor

As vertentes voltadas para nordeste são representadas na legenda e no mapa pela cor vermelha, enquanto as encostas voltadas para Sudeste, pela coloração de tonalidade alaranjada. Já as cores verde-claro e verde-escuro representam, respectivamente, as orientações Sudoeste e Noroeste.

A orientação das encostas é importante para a definição dos cálculos de incidência de radiação solar, uma importante variável para a construção do mapa de susceptibilidade, uma vez que os raios solares podem impulsionar a ocorrência de incêndios, juntamente com outras variáveis ambientais.

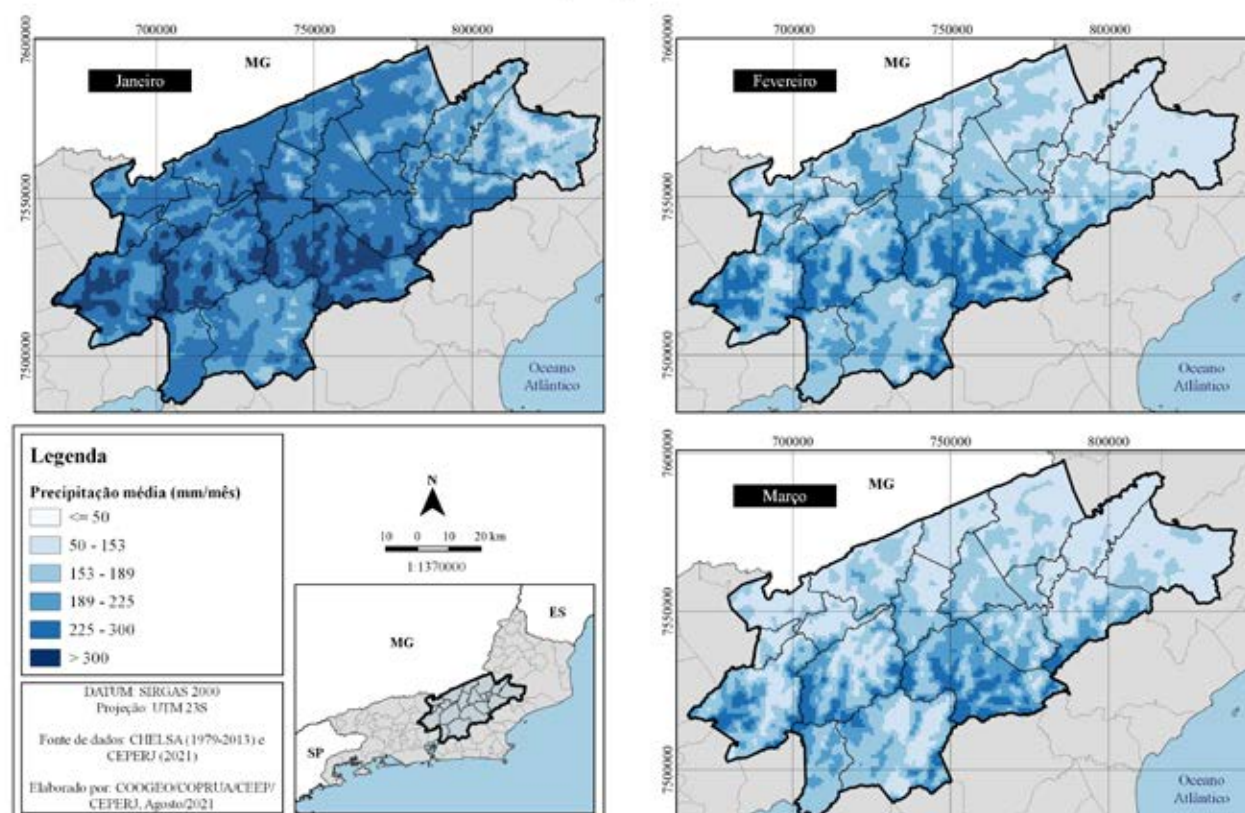
9.1.7. Pluviometria

O Mapa 10 mostra a precipitação média na extensão da área de estudo por estação (verão, outono, inverno e primavera). Essa separação contribui para uma visualização mais clara em relação ao comportamento da precipitação em cada período ao longo do ano.

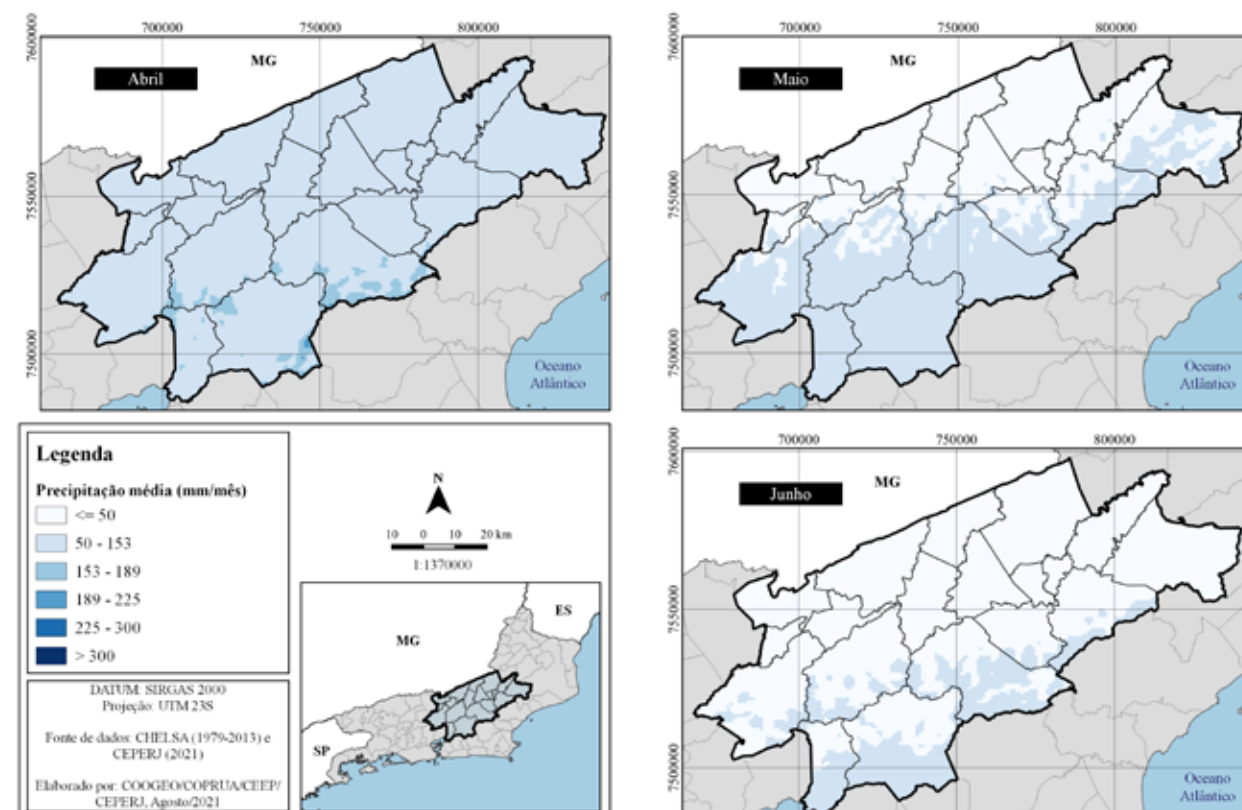
Mapa 10 - Mapas da média mensal de precipitação na área de estudo nas estações (a) verão (b) outono (c) inverno (d) primavera

Fonte: próprio autor

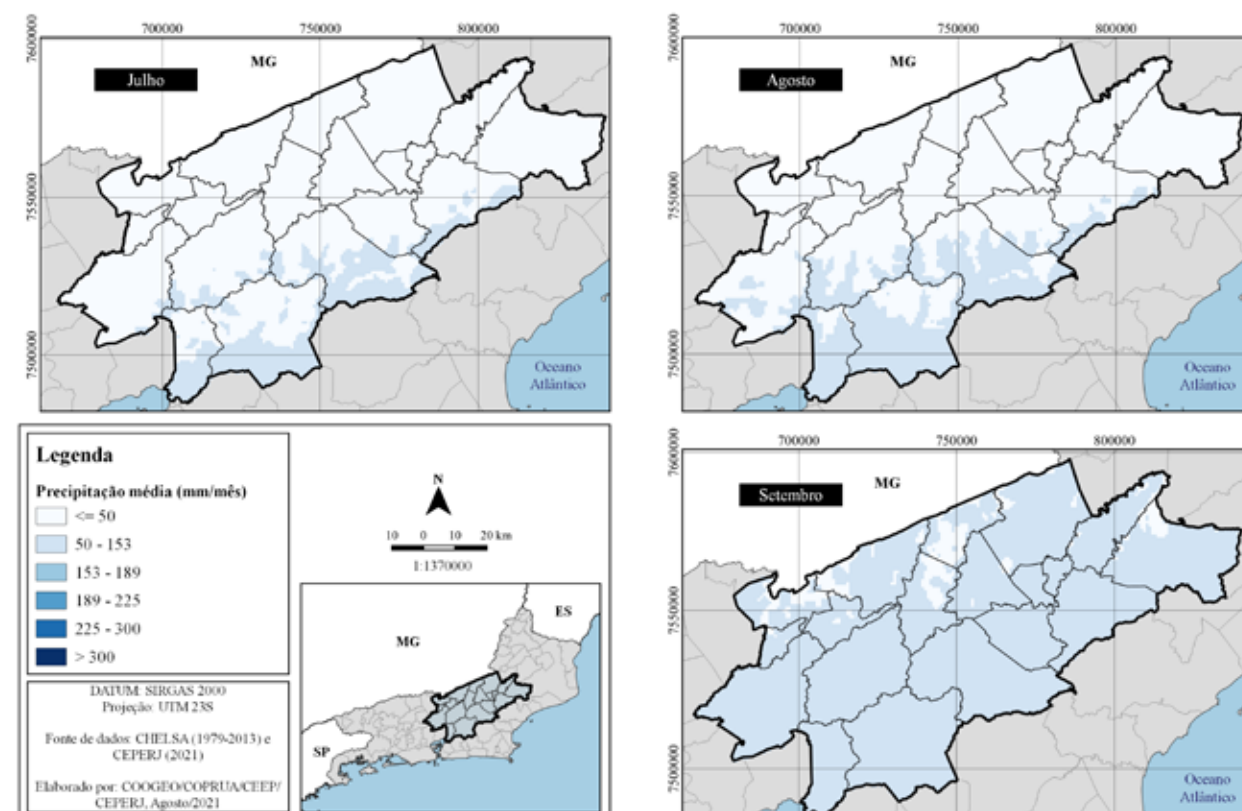
Média Mensal da Precipitação na Área de Estudo - Verão



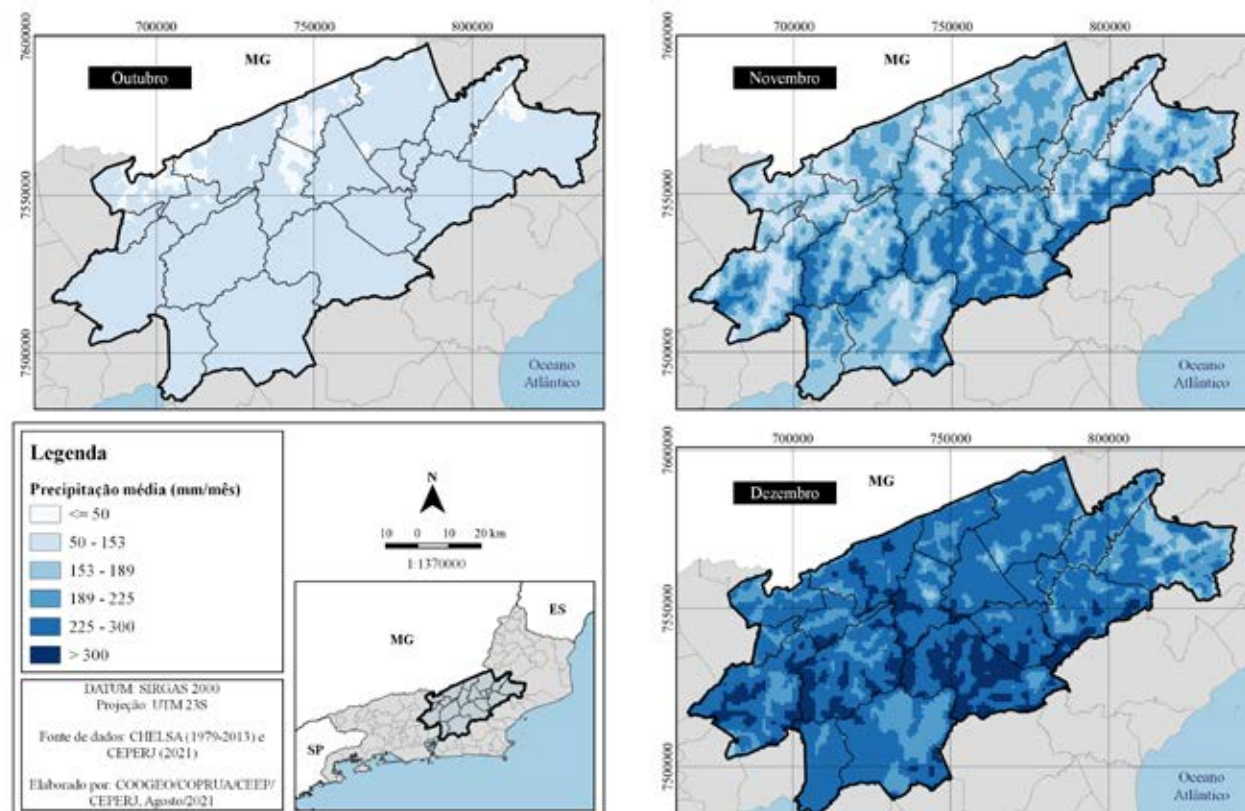
Média Mensal da Precipitação na Área de Estudo - Outono



Média Mensal da Precipitação na Área de Estudo - Inverno



Média Mensal da Precipitação na Área de Estudo - Primavera



de precipitação). Esse resultado é bem representativo, uma vez que as estações do verão e primavera são estações mais chuvosas, enquanto o outono e o inverno, mais secas.

Outro ponto notado é a maior precipitação em áreas de maior altitude (presentes na parte sudoeste da área de estudo). O Mapa 4 mostra a hipsometria (altitude) da região com um perfil topográfico que vai do ponto A ao B, sendo possível identificar a maior altitude nas áreas com cores mais próximas do amarelo.

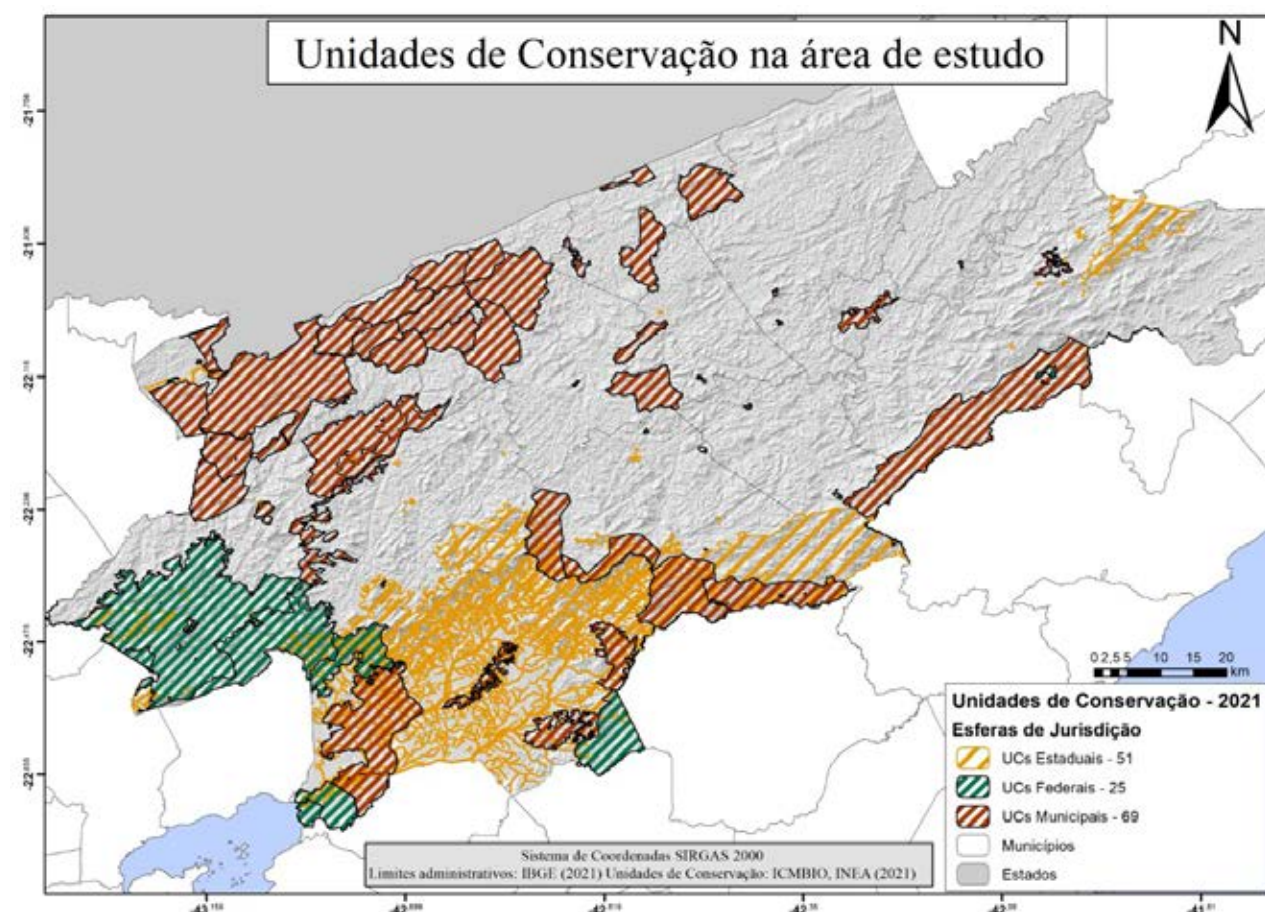
Tendo em vista os pontos levantados, a estação do inverno se revela interessante na investigação de focos de queimadas. Devido à baixa ocorrência de precipitações, a estação propicia um ambiente mais favorável para a propagação do fogo e para o surgimento de cicatrizes de queimadas.

Para a geração das imagens anteriores, foram utilizadas imagens raster do conjunto de dados do CHELSA (Climatologies at High resolution for the Earth's Land Surface Areas), que detém informações climatológicas de todo o globo terrestre. O CHELSA disponibiliza valores médios de temperatura e precipitação para cada mês do ano, levando em consideração uma série histórica de 34 anos (1979-2013), sendo uma fonte de dados muito representativa das características climatológicas da região em estudo (KARGER et al. 2017).

Observando os mapas apresentados, notam-se manchas mais escuras (valores mais altos de precipitação) nos meses que constituem as estações do verão e da primavera. Já nos meses entre abril e setembro — que representam as estações do outono e inverno — exibem cores mais claras (valores mais baixos

9.1.8. Unidade de Conservação

A área de estudo possui 145 Unidades de Conservação ao todo. Sendo 51 da esfera estadual, 25 da esfera federal e 69 da esfera municipal, (INEA, 2021; IBGE, 2021) conforme sinalizado no Mapa 11.



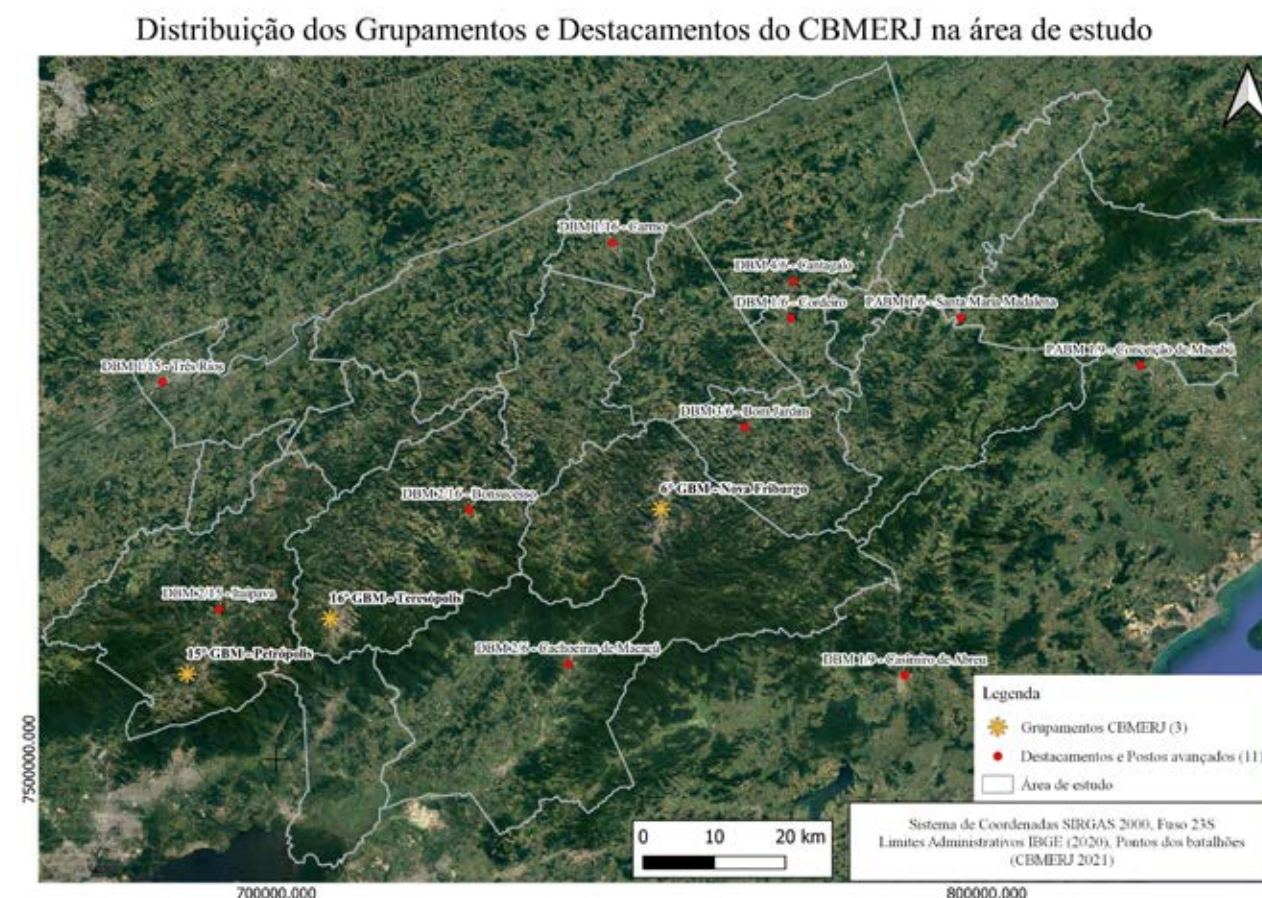
Mapa 11 - Unidades de Conservação na área de estudo

Fonte: próprio autor

9.1.9. Áreas de Atuação — Bombeiros

O CBMERJ possui Comandos de Bombeiros de Área (CBA) distribuídos em Grupamentos de Bombeiro Militar (GBM), podendo contar ou não com unidades menores, Destacamentos de Bombeiro Militar (DBM) e os Postos Avançados de Bombeiro Militar (PABM).

A distribuição de Unidades Operacionais nos 19 municípios de estudo são apresentados no Mapa 12, a seguir. Os símbolos em formato de estrelas amarelas são os GBMs e totalizam 3 na área de estudo. Já os pontos em vermelho são unidades menores, DBM ou PABM e totalizam ao todo 11.



Mapa 12 - Distribuição dos Grupamentos e Destacamentos do CBMERJ na área de estudo

Fonte: próprio autor

9.2 Metodologia

Silva & Baptista (2015) e Sousa et al. (2015) relataram que através de ferramentas de geoprocessamento, como a mineração de dados e o Sensoriamento Remoto, é possível analisar diretamente o grau de degradação ambiental e os efeitos posteriores causados por queimadas. Estes dados são capazes de fornecer informações espaço-temporais

que possibilitam a caracterização dos efeitos ecológicos, climáticos e químicos da atmosfera gerados por tal evento (FERNANDES et al., 2016).

Para a execução do trabalho foram utilizadas imagens do satélite Landsat 8 publicadas no site do Serviço Geológico dos Estados Unidos (United States Geological Survey) (USGS, [s.d]). Para cobrir a extensão da área inteira foi realizado um mosaico com quatro cenas diferentes: 216_075, 216_076, 217_075 e 217_076.

Para a identificação do período mensal mais seco do ano (aquele que apresentaria um maior potencial para eventos de queimadas), seguiu-se a metodologia de Júnior et al., além da utilização de dados de precipitação mensal.

Na Tabela 5 se encontram as datas das imagens utilizadas para a montagem do mosaico. Como o período de maior incidência de incêndios ocorre no inverno, as imagens se encontram no período entre 21 de junho e 21 de setembro.

Tabela 5 - Datas das imagens utilizadas no mosaico

Ano	Datas das cenas			
	216_075	216_076	217_075	217_076
2015	18/09/2015	18/09/2018	24/08/2015	08/08/2015
2016	02/07/2016	02/07/2016	25/07/2016	26/08/2016
2017	21/07/2017	21/07/2017	28/07/2017	14/09/2017
2018	08/07/2018	22/06/2018	01/09/2018	01/09/2018
2019	11/07/2019	13/09/2019	20/09/2019	20/09/2019
2020	30/08/2020	14/08/2020	06/09/2020	06/09/2020
2021	17/08/2021	17/08/2021	24/08/2021	24/08/2021

Fonte: próprio autor

Após o pré-processamento das imagens, prosseguiu-se com a elaboração das composições RGB em Cores Reais, com as bandas 4-3-2, e falsa-cor, com as bandas 7-5-2 e 7-5-4, todas presentes no sensor OLI/LANDSAT-8. Foram gerados também os índices NDVI de saúde da vegetação.

9.2.1 Série Histórica Focos de Queimadas (2010-2020)

O IBAMA (2009) caracteriza “foco de calor” como um registro detectado por sensores orbitais dos satélites ambientais de monitoramento de calor na superfície do solo. O INPE faz uso de satélites ambientais para detecção operacional e monitoramento de focos de calor, além do cálculo e previsão do risco de fogo da vegetação dos biomas brasileiros por meio de satélites que operam na faixa termal-média de 4 µm (ANTUNES, 2000; INPE, 2021).

O sensor Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) registra qualquer temperatura acima de 47°C e a interpreta como foco de calor. Porém, é importante ressaltar que nem todo foco de calor é uma queimada, visto que alguns podem ser identificados como carvoarias, indústrias e diversas outras fontes de calor (ANTUNES, 2000; CAÚLA et al., 2015).

Segundo Figueira et al. (2019), os satélites que registram os focos de calor são meteorológicos. Mesmo com um número considerável de satélites, de acordo com o INPE, alguns focos de calor não são detectados se:

- Ocorrerem frentes de fogo com menos de 30 metros;
- Fogo apenas no chão de uma floresta densa, sem afetar a copa das árvores;
- Nuvens cobrindo a região (nuvens de fumaça não atrapalham);
- Queimada de pequena duração ocorrendo entre as imagens disponíveis;

- Fogo em uma encosta de montanha, enquanto que o satélite só observou o outro lado;
- Imprecisão na localização do foco de queima, que no melhor caso é de cerca de 1 km, mas podendo chegar a 6 km. (INPE, [s.d.])

Segundo Clemente et al. (2017), as maiores ocorrências de focos de calor do estado são nas regiões Centro-Sul Fluminense e Médio Paraíba, sendo a região Centro-Sul Fluminense com o maior registro, de acordo com teste de Pettitt (1979) e na avaliação espacial.

No Brasil, a detecção e o monitoramento operacional dos focos de queimadas e de incêndios florestais detectados orbitalmente por satélites, o cálculo e a previsão do risco de fogo da vegetação são realizados através do Programa Queimadas sob desenvolvimento e responsabilidade do INPE.

Para avaliar as ocorrências dentro da região de atuação da Operação Fumaça Zero, foram adquiridos os dados do Banco de Dados Queimadas do INPE, com registros dos anos de 2010 a 2020. Essas ocorrências foram processadas no software QGIS, gerando uma estimativa de densidade de pontos, produzindo manchas de calor nas áreas de maior concentração. Esse método foi aplicado para visualizar o comportamento da concentração dos focos ao longo dos anos na região, gerando mapas que podem ser comparados.

A concentração de focos foi gerada a partir da ferramenta “estimativa de densidade de Kernel” do software QGIS. Essa ferramenta estatística funciona desenhando

uma vizinhança circular ao redor de cada ponto da amostra, correspondendo ao raio de influência, e então é aplicada uma função matemática de 1, na posição do ponto, a 0, na fronteira

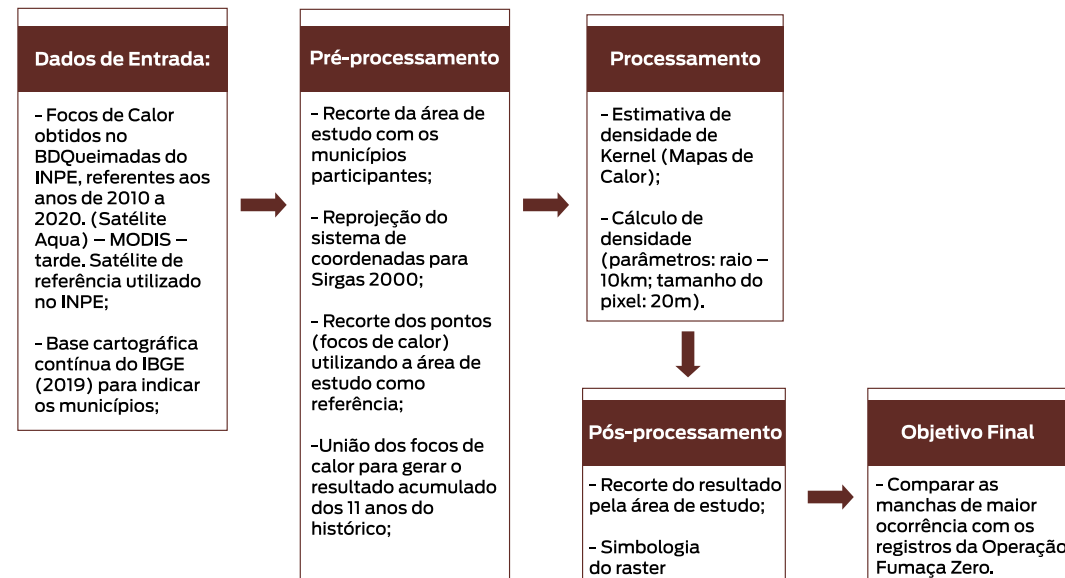
da vizinhança. O valor para a célula é a soma dos valores Kernel sobrepostos, e divididos pela área de cada raio de pesquisa (SILVERMAN, 1986 apud. SOUZA, et. al, 2013).

Os valores associados a essa estimativa de densidade foram um raio de 10km por pixel com resolução de 20m. Os valores resultantes foram classificados em uma hierarquização da menor à maior concentração, com os menores valores tendendo sempre a zero.

Para a elaboração desse estudo, inicialmente foram utilizados os focos de calor obtidos no BDQueimadas como dados de entrada, registrados pelo sensor MODIS do satélite Aqua, que tem passagem pela tarde e são referentes aos anos de 2010 a 2020. Esse satélite é usado como referência pelo INPE para os estudos de históricos de ocorrência. Os focos foram sobrepostos às bases cartográficas do IBGE, que representam os municípios pertencentes à área de estudo. Para os pontos registrados como focos de calor dentro da área de estudo, foi realizado um processamento visando obter a estimativa de densidade de focos dentro da área. Os resultados obtidos apresentaram manchas de calor concentradas em algumas áreas específicas distribuídas dentro dos municípios.

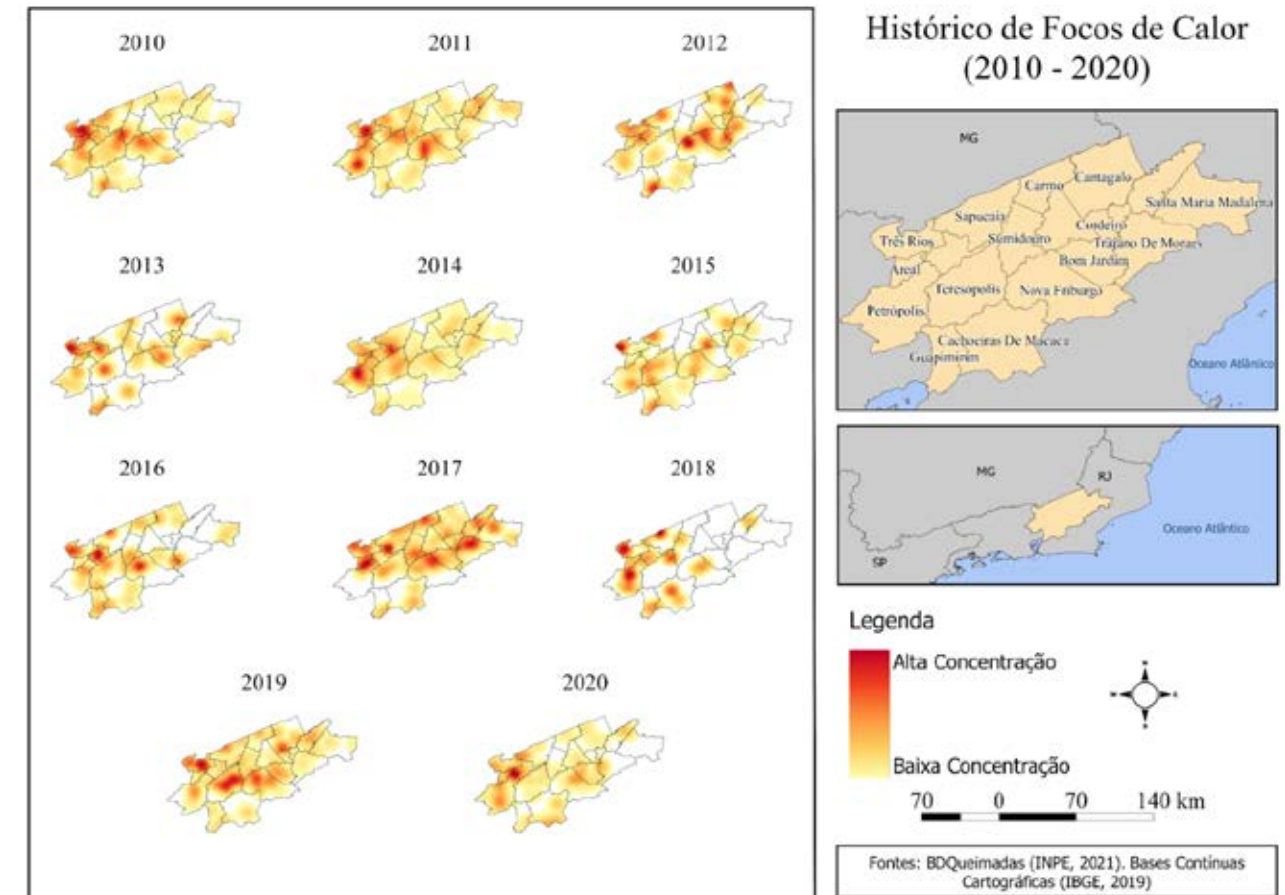
Foi desenvolvido um método de processamento, análise visual e auditoria dos produtos, de forma a gerar o melhor resultado possível, resumido no Fluxograma 1 abaixo.

Fluxograma 1 - Método de processamento para criação dos produtos



Fonte: próprio autor

Como resultados iniciais, foram obtidos os mapas de manchas de calor que representam as áreas de maior concentração, como pode ser observado no Mapa 13, que traz informações sobre a década entre os anos de 2010 e 2020. Os níveis de maior e menor concentração são relativos à densidade de focos registrados dentro de um 10km, e seus valores variam conforme a quantidade anual de registros, sendo, no entanto, a baixa concentração sempre tendendo a zero.



Mapa 13 - Histórico dos focos de calor

Fonte: próprio autor

9.2.2. Série Histórica Cicatrizes (2015-2021)

O conhecimento da distribuição espacial do fogo — como a sua extensão — possibilita a elaboração de mapas temáticos, permitindo localizar regiões com maiores e menores riscos de ocorrências de incêndios de maiores dimensões, ao longo das diferentes paisagens e tipos de ecossistemas florestais. Os mapas temáticos fornecem também informações importantes para o planejamento das ações de prevenção e combate. Dessa forma, minimizam os efeitos negativos causados pelo fogo por meio da gestão dos elementos que compõem a paisagem, priorizando técnicas que reduzam o perigo de incêndio em nível de mancha, diminuam a conectividade entre coberturas inflamáveis e aumentem a heterogeneidade da paisagem (MAGALHÃES et al., 2017).

A detecção de cicatrizes é feita a partir de imagens Landsat 8 e Sentinel 2, adquiridas, respectivamente, nas plataformas Earth Explorer da USGS e da Divisão de Geração de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (DGI-INPE). Devido ao tamanho e posicionamento da região, foram utilizadas partes de 4 cenas, agrupadas para formar a região de interesse.

As cenas selecionadas possuíam a menor taxa de cobertura de nuvens possível dentro do período de tempo analisado. Adaptando-se a metodologia de Cândido (2014) para o mapeamento de cicatrizes de queimadas para o presente caso, a interpretação das imagens foi realizada com a composição colorida de índices espectrais, a partir da qual é feito um processo de segmentação, gerando vetores que delimitam as feições na cena e, dessa forma, é possível identificar a forma das cicatrizes originárias de queimadas. Os procedimentos são realizados no software QGIS 3.16.8 com GRASS 7.8.5. O processamento dessa etapa pode ser visto no Fluxograma 2, a seguir.

Fluxograma 2 - Processo de extração de áreas queimadas



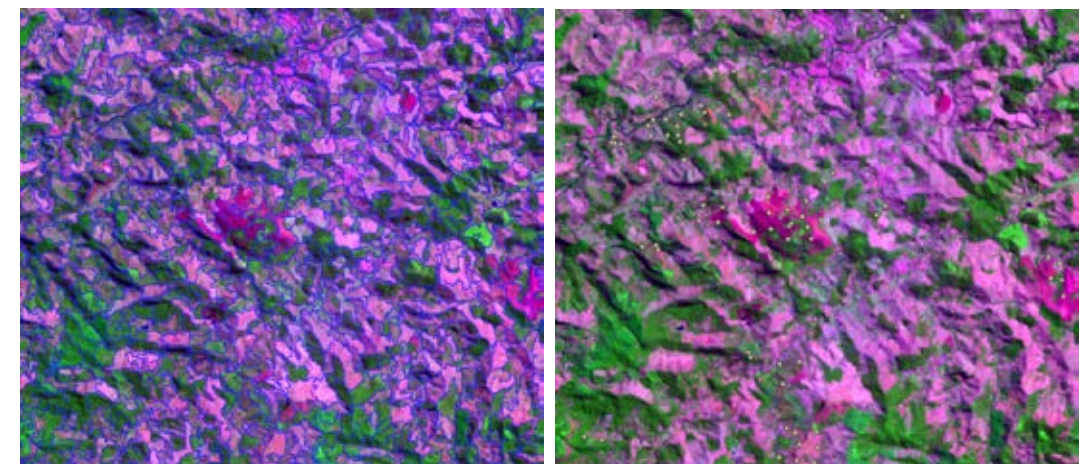
Fonte: próprio autor

A análise de cicatrizes de queimadas permite a identificação de áreas atingidas pelo fogo, bem como o cálculo de área total e os tipos de vegetação mais afetadas. Algumas metodologias vêm sendo desenvolvidas como em Tomzhinski (2012), Rodrigues et al. (2018) e Libonati (2015). Neste trabalho, buscou-se articular diferentes metodologias, fazendo uso de imagens do satélite Landsat 8 e registros de focos de calor do sensor VIIRS presentes no satélite NPP-375, disponibilizados pelo BDQueimadas do INPE. Foram utilizadas técnicas de processamento digital de imagens, por meio do software QGIS e alguns de seus complementos.

Foram utilizadas imagens de satélite Landsat 8, utilizando-se as composições de falsa-cor e cores reais, mencionadas em tópicos anteriores.

As imagens foram segmentadas por meio do plugin Orfeo Toolbox (OTB) no software QGIS 3.16, gerando feições separadas por características similares de pixel da imagem, facilitando a diferenciação de cicatrizes de áreas queimadas das demais áreas, como pode ser observado na Figura 115, abaixo.

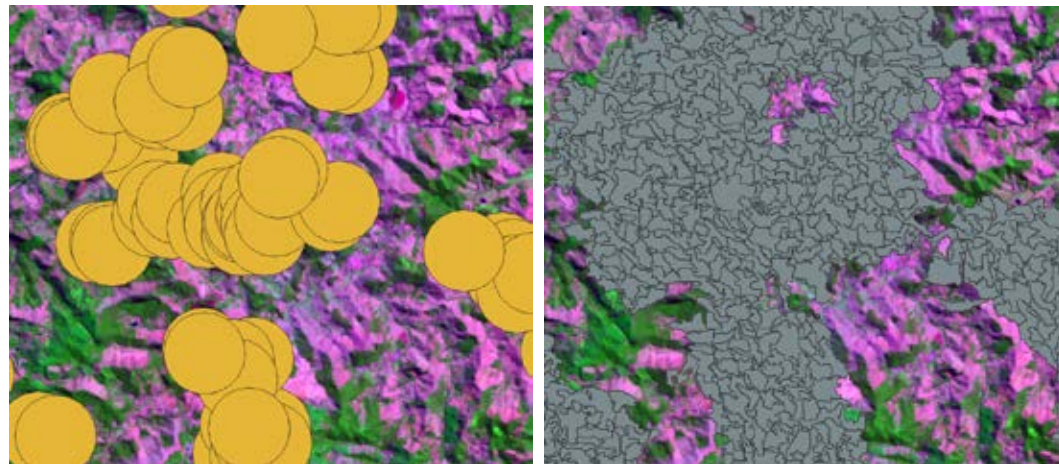
Figura 115 - Processo de segmentação das imagens



Fonte: próprio autor

Em seguida, foram gerados buffers com raios de 1 km em cima dos dados de focos de calor do sensor VIIRS/ satélite NPP-375, exibidos na Figura 116. Como primeira filtragem de dados, esses buffers foram sobrepostos às feições geradas, permitindo a localização das áreas queimadas e posteriormente a seleção dos polígonos presentes dentro dos raios.

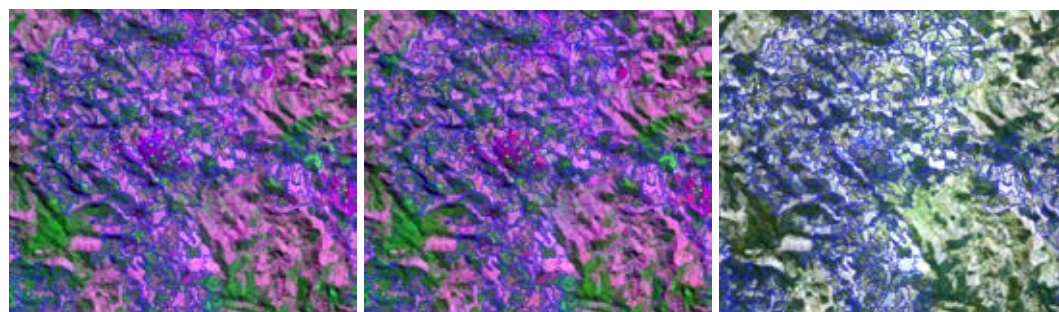
Figura 116 - Processo de segmentação das imagens



Fonte: próprio autor

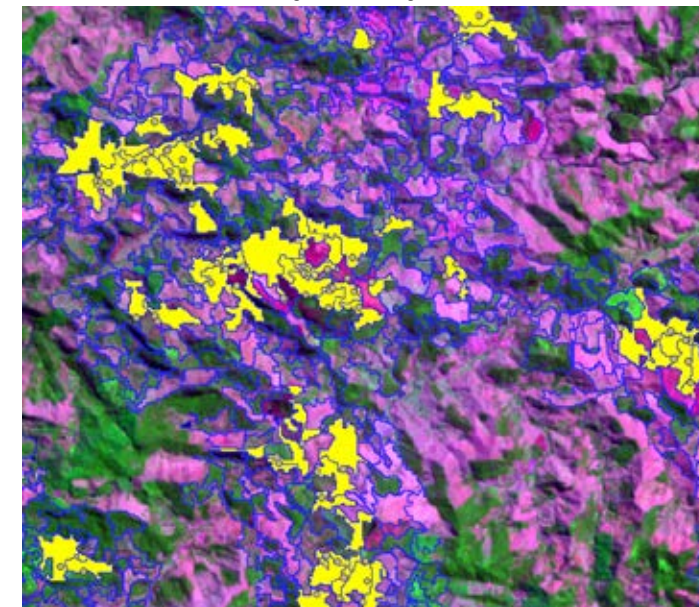
Após essa etapa, as feições selecionadas pelos raios foram comparadas com outras composições coloridas, como 752, 754 e 432 (Figura 117). Em seguida uma nova filtragem foi realizada, com a seleção das feições por localizações, utilizando os focos de calor sem buffer, como mostra a Figura 118

Figura 117 - Comparação das feições com diferentes composições coloridas, sendo elas: a) 752, b) 754 e c) 432, respectivamente



Fonte: próprio autor

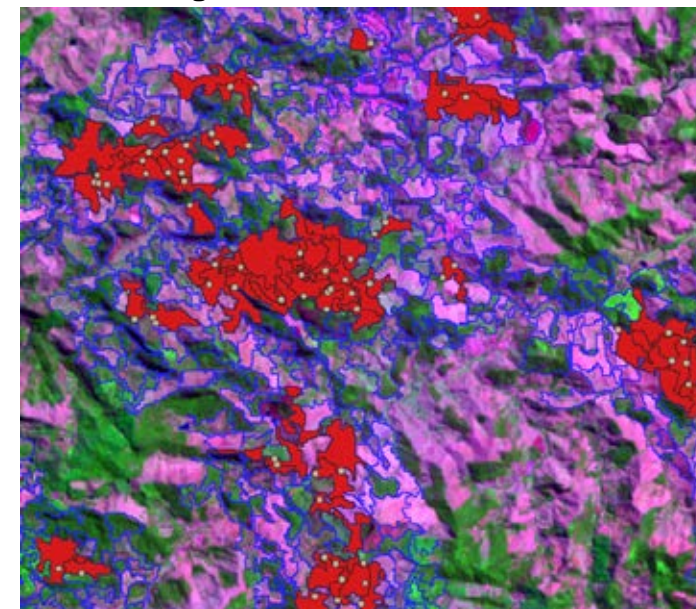
Figura 118 - Seleção de feições de cicatrizes



Fonte: próprio autor

Por fim, a seleção foi analisada por fotointerpretação, ajustando as seleções às cicatrizes presentes nas composições, gerando assim as cicatrizes de calor, com as quais é possível obter a extensão das queimadas, conforme a Figura 119, a seguir, que exhibe as cicatrizes extraídas. 9.2.3.

Figura 119 - Cicatrizes extraídas



Fonte: próprio autor

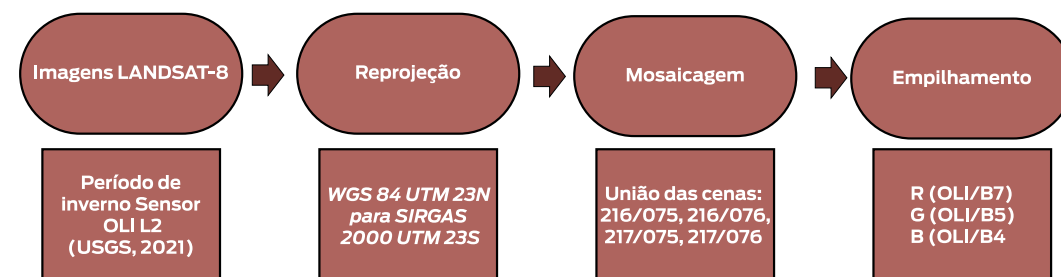
Composições RGB Cores Reais e Falsa-cor

Em geral, as imagens obtidas de satélites através de sensoriamento remoto estão separadas em diversas bandas, de acordo com o comprimento de onda de cada sensor. A combinação dessas bandas deve ser feita de acordo com o estudo a ser realizado e as características da superfície terrestre que precisam ser destacadas.

Para identificar as principais feições encontradas na área de estudo foi utilizada a composição RGB Cores Reais. No Landsat 8 as bandas do vermelho, verde e azul são, respectivamente, 4, 3 e 2. Além disso, a composição também proporcionou a visualização da evolução espaço temporal na área.

Devido ao fato de que as áreas de cicatrizes de queimadas e classes de uso e cobertura como “afloramentos rochosos” podem ser confundidas nas análises de satélites com composição RGB 432 (cores reais) e pelos índices de vegetação, foi necessária a utilização de uma segunda composição para os diferenciar. Uma das composições mais utilizadas para a identificação de áreas queimadas é a RGB 754 (RODRIGUES et al., 2018), considerando respectivamente as bandas do Infravermelho médio 2 (Banda 7), infravermelho próximo (Banda 5) e vermelho (Banda 4), presentes no sensor OLI do satélite Landsat 8. Além disso, a composição RGB 752 se assemelha à primeira, por considerar duas bandas do infravermelho, trocando, no entanto, a última faixa pelo azul, em oposição ao vermelho apresentado na RGB 754. A metodologia para a composição RGB 754 é descrita no Fluxograma 3, a seguir.

Fluxograma 3 - Metodologia de composições coloridas com Landsat 8



Fonte: próprio autor

9.2.4. Índice NBR

Grande parte do mapeamento das cicatrizes de queimadas no Brasil tem sido realizada a partir da análise da fração sombra derivada do modelo linear de mistura espectral (ANDERSON et al., 2005; LIMA, 2013). Entretanto, como ressaltou Rosan e Alcantara (2015), estudos têm demonstrado grande potencial da utilização do índice espectral NBR (Índice de Queimada Normalizada) para a detecção das cicatrizes de queimadas e avaliação da severidade do fogo, uma vez que na composição do índice são utilizadas as regiões do espectro eletromagnético que sofrem alterações após a queima. Cardozo et al. (2011) e Escuin et al. (2008) avaliaram os índices NBR e NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) para o mapeamento de queimadas, concluindo que o NBR é mais sensível para a detecção de queimadas e severidade do fogo do que o NDVI.

O mapeamento das áreas queimadas por meio do NBR foi desenvolvido a partir do conhecimento do comportamento da resposta espectral de áreas queimadas nas regiões do infravermelho próximo e infravermelho médio por Koutsias e Karteris (1998).

A distribuição espacial dos incêndios e sua intensidade não ocorre de forma homogênea e a análise da intensidade da queima pode oferecer uma perspectiva a respeito dos efeitos do fogo na paisagem (KEY; BENSON, 2006). Experimentos realizados nos ecossistemas florestais do ocidente dos Estados Unidos mostraram que a análise temporal por meio do comportamento da reflectância das bandas do infravermelho próximo e infravermelho médio permite evidenciar as áreas queimadas em relação às superfícies vegetais não queimadas (KEY; BENSON, 2006).

A banda Infravermelho possui baixa reflectância para a matéria orgânica queimada, como galhos e folhas (matéria morta), mas tem alta refletância para a vegetação verde (viva). Em contrapartida, a banda do Infravermelho Médio reflete a matéria orgânica independente de sua condição, o que permite utilizar as diferentes respostas espectrais de cada banda para normalizar os valores e realçar as áreas queimadas (SILVA; PESTANA; MARTINS, 2019).

O índice NBR é dado pela equação (1):

$$NBR = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{MIR}}{\rho_{NIR} + \rho_{MIR}} \quad (1)$$

Onde ρ_{NIR} é a banda do Infravermelho Próximo ρ_{MIR} é a do Infravermelho Médio.

No Landsat 8 as bandas do Infravermelho Próximo e do Infravermelho Médio são, respectivamente, bandas 5 e 7. Ambas possuem resolução espectral de 30 metros e são amplamente utilizadas na análise de incêndios, seja por meio de composições coloridas ou cálculo de índices. O

NBR foi realizado para cada ano de 2015 a 2021, a partir da ferramenta Calculadora Raster no QGIS.

9.2.5. Índice NDVI

A utilização dos índices espectrais busca relacionar o potencial de monitoramento em função da continuidade e da disponibilidade do produto. A metodologia simplificada, o desempenho computacional positivo, a minimização da subjetividade da interpretação visual de áreas queimadas e a redução do tempo de processamento impulsionaram assim o uso dos índices de vegetação (BENEDETTI et al., 2013).

Na região do visível, os pigmentos das plantas absorvem energia para a fotossíntese. Por outro lado, no infravermelho a energia é dissipada na estrutura interna da folha, promovendo a reflectância. Dessa maneira o infravermelho realça as variáveis biofísicas dos vegetais, tais como: índice de área foliar, biomassa, nível de cobertura vegetal, produtividade e atividade fotossintética (GONG et al., 2015; HUTCHINSON et al., 2015; SEDDON et al., 2016).

NDVI, do inglês *Normalized Difference Vegetation Index*, traduzido livremente para Índice de Vegetação com Diferença Normalizada, é um índice que permite identificar a presença de vegetação verde sadia e caracterizar sua distribuição espacial, como também a evolução no decorrer do tempo (LOBATO et al., 2010).

Conforme proposto por Rouse et al. (1974), foi utilizado também o QGIS com a ferramenta Calculadora Raster para o cálculo do NDVI em cada um dos anos de análise.

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)} \quad (2)$$

Onde:

NDVI = índice de vegetação por diferença normalizada;
NIR = reflectância no topo da atmosfera na banda do infravermelho próximo (0,76 a 0,90 μm); RED = reflectância no topo da atmosfera na banda do vermelho (0,63 a 0,69 μm).

As imagens utilizadas foram geradas pelo satélite Landsat 8. Por consequência, as bandas correspondentes ao Vermelho e ao Infravermelho Próximo são, respectivamente, 4 e 5, que possuem resolução espacial de 30 metros, resolução temporal de 16 dias e resolução radiométrica de 16 bits. Dessa forma, a fórmula utilizada na ferramenta do QGIS foi:

$$NDVI_{Landsat8} = \frac{(Banda\ 5 - Banda\ 4)}{(Banda\ 5 + Banda\ 4)} \quad (3)$$

O shapefile dos limites administrativos dos estados e dos municípios foi baixado do IBGE e corresponde ao ano de 2020. A classificação dos valores de NDVI adotou o método quantil, para facilitar a visualização, e as cores variaram de vermelho a azul.

O cálculo de NDVI apresenta o índice de saúde da vegetação, podendo ser usado também para classificar a cobertura da vegetação e mapear a capacidade de uso do solo. Seus valores variam de -1 a 1, sendo os valores negativos referentes à unidade da vegetação mais estressada (menos saudável) e os valores positivos referentes à vegetação mais saudável.

Esse indicador também pode ser utilizado para monitoramento de áreas degradadas, através da comparação de diferentes momentos para análise

ambientais. A evolução temporal pode ser feita a partir do uso de ferramentas de geoprocessamento e algoritmos personalizados, comparando as características de antes e depois de sua cobertura vegetal, estimando o percentual de áreas devastadas e proporcionando o monitoramento por atividades de fotointerpretação, juntamente com comparações sazonais e variações anuais (BEZERRA; SILVA; BEZERRA, 2011; PONZONI; SHIMABUKURO, 2007).

Quanto menor o valor do índice, espera-se que o impacto provocado pelas queimadas esteja atuando na redução da taxa fotossintética e transpiração. Assim, o oposto se refere à plena condição da vegetação.

9.2.5.1. Delta NDVI

Segundo Neta; Bias (2021) o índice NDVI pode ser usado para classificar cobertura vegetal e mapear a capacidade de uso da terra. Ainda assim, existem estudos que utilizam o indicador para monitoramento de degradação de áreas, bem como para detecção de mudanças ambientais.

Com o auxílio de ferramentas de geoprocessamento é possível realizar a análise da evolução temporal para região, comparando duas épocas distintas. Dessa maneira, estima-se a porcentagem de áreas devastadas e é útil no monitoramento de atividades fotossintéticas, além de comparações de sazonais e variações interanuais.

Após gerados os valores de NDVI para os anos de 2018, 2019, 2020 e 2021, foi feito o delta NDVI para verificar se houve ou não diferença entre os índices de vegetação. As variações foram entre os anos 2018-2019, 2019-2020, 2020-2021 e 2018-2021.

A fórmula utilizada por Neta; Bias (2021) foi a seguinte:

$$\Delta NDVI = NDVI_{final} - NDVI_{inicial} \quad (4)$$

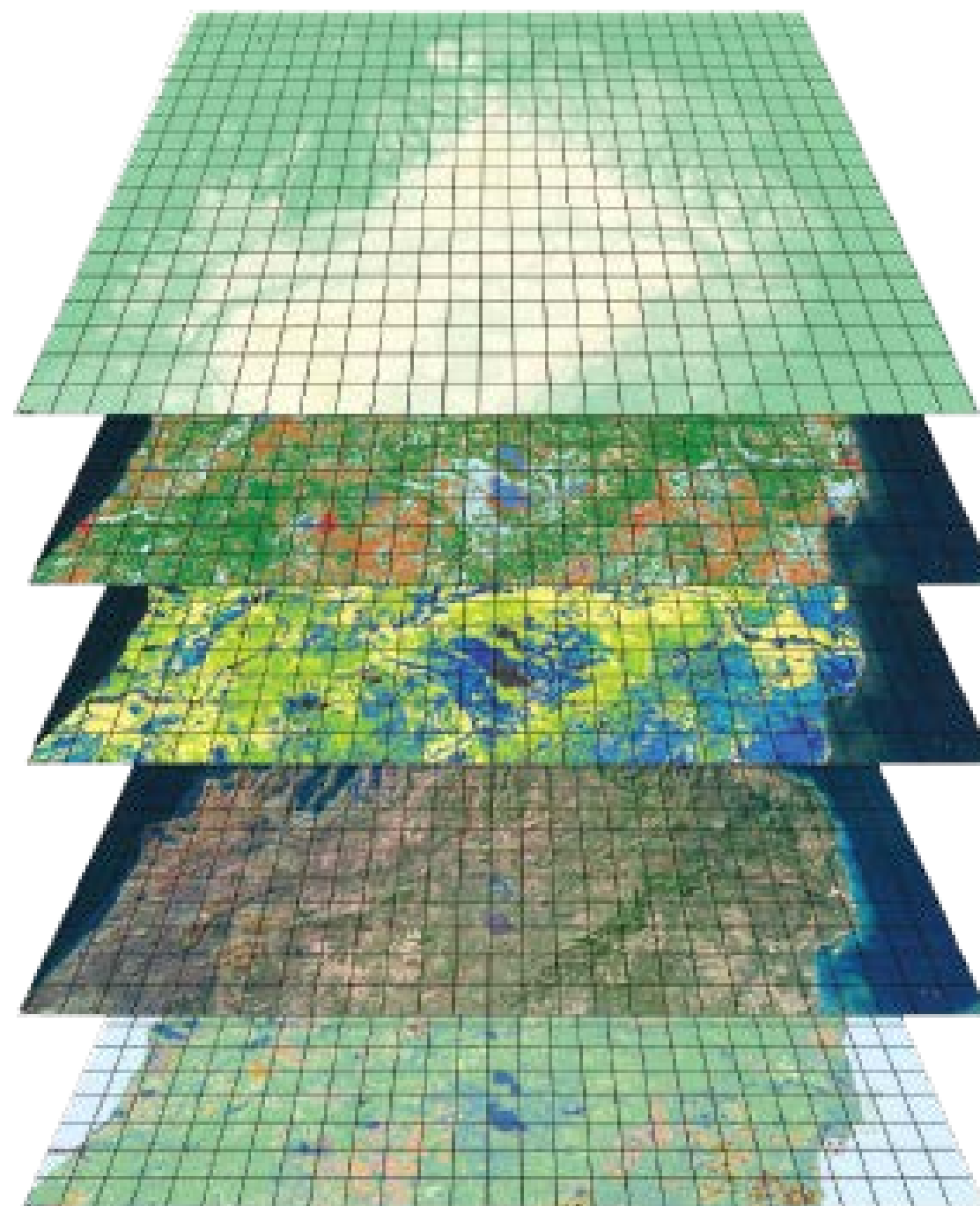
De forma análoga ao feito para os valores de NDVI, o shapefile dos limites administrativos dos estados e dos municípios foram baixados do IBGE e correspondem ao ano de 2020. A classificação dos valores de NDVI adotou o método quantil, para facilitar a visualização, e as cores variaram de vermelho a azul.

9.2.6. Cruzamento de Dados

A etapa a ser descrita consiste na comparação entre composições de banda, indicadores e bases de dados temáticos compilados ao longo do projeto. A seguir, a Figura 120 representa visualmente esse processo.

É importante mencionar que os dados utilizados no cruzamento compartilham do mesmo sistema de coordenadas (SIRGAS 2000, UTM fuso 23S) e possuem escalas comparáveis e não discrepantes umas das outras. Dessa forma é possível verificar a coerência de informações entre múltiplas camadas e chegar a conclusões sobre os processamentos realizados. O procedimento foi realizado com frequência em ambiente SIG no software QGIS 3.16 unindo na mesma visualização arquivos Raster e Vetoriais.

Figura 120 - Representação temática do cruzamento de dados



Fonte: próprio autor

9.2.7. Mapas de Susceptibilidade e Risco

Na temática de incêndios florestais e queimadas, algumas metodologias de análise foram levantadas.

No estado do Rio de Janeiro, Sousa et al. (2010) trabalharam com a ideia de potencialidade a incêndios, numa escala 1:10.000, tendo como recorte espacial o maciço da Pedra Branca, localizado no município do Rio de Janeiro. Tratando-se de mapeamento de susceptibilidade, Fernandes et al. (2011) tomaram como recorte espacial todo o estado do Rio de Janeiro, mapeando as zonas mais suscetíveis a incêndios, tendo como variáveis alguns fatores como radiação solar, combustibilidade e precipitação.

Tomzhinski (2012) traz como análise as ocorrências de incêndio no Parque Nacional de Itatiaia, utilizando como metodologia o mapeamento geoecológico, integrando os elementos que compõem a paisagem do Parque. Além disso, utilizou como base para analisar as principais ocorrências os chamados ROI (Relatórios de Ocorrência de Incêndios), baseados em polígonos vetoriais delimitados dentro do Parque, obtidos a partir de análises de campo e vetorização de imagens de satélite.

De modo geral, outro fator para o estudo de queimadas é a severidade da ocorrência, definida como o grau de intensidade do fogo e seu impacto no ecossistema. Um panorama geral da severidade do fogo pode ser obtido por meio do sensoriamento remoto, uma vez que, após a queima há uma série de mudanças na resposta espectral da superfície afetada. Em áreas queimadas, por exemplo, ocorre a diminuição da clorofila na vegetação, resultando em um aumento da reflectância no espectro visível e diminuição na região do infravermelho próximo. Com a diminuição da umidade no dossel da vegetação e do solo,

há um aumento da reflectância na região do infravermelho médio (LOBODA et al., 2007).

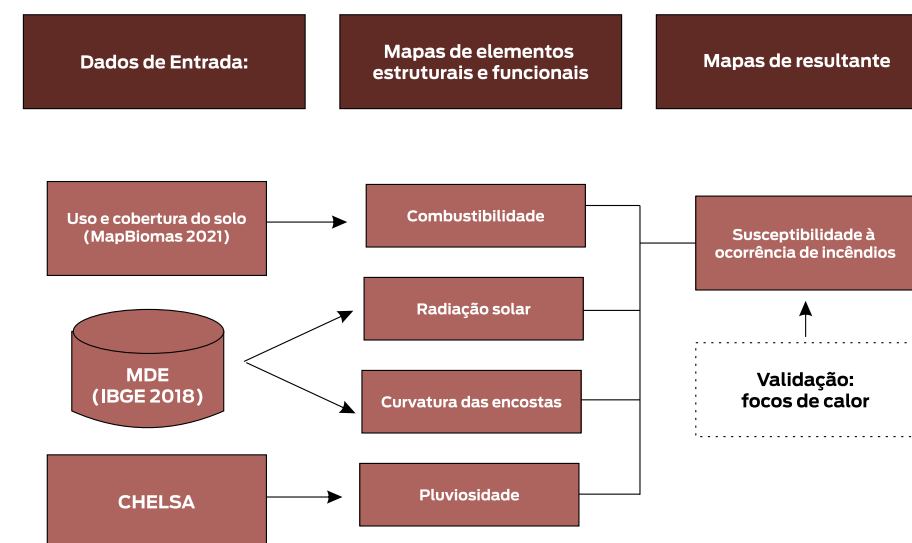
A integração de dados e informações relacionadas à susceptibilidade e ao risco propicia a identificação de áreas com diferentes potencialidades na ocorrência de incêndios.

Mapa de Susceptibilidade

Assim como realizado por Sousa et al. (2010), a variável de susceptibilidade foi obtida através do mapa de radiação solar e forma das encostas, gerado a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE). O MDE é proveniente de elementos extraídos das bases cartográficas (hidrografia, curvas de nível e pontos cotados) e sobreposto ao mapa de combustibilidade construído a partir de dados do uso e cobertura do solo Mapbiomas (2021), proveniente da interpretação das ortofotos e de idas a campo.

A construção dos mapas de susceptibilidade à ocorrência de incêndios seguiu o procedimento descrito a seguir, no Fluxograma 4.

Fluxograma 4 - Procedimentos para construção do mapa de susceptibilidade



Fonte: próprio autor

A primeira etapa se refere à definição e aquisição dos dados de entrada. Os elementos utilizados como dados de entrada foram: o uso e cobertura do solo extraído do MapBiomas 2021, o MDE e o CHELSA.

O Modelo Digital de Elevação (MDE) foi gerado por interpolação através dos dados do IBGE 2018. Ele representa as altitudes da superfície topográfica e é agregado aos elementos geográficos existentes sobre ela, como cobertura vegetal e edificações. Para sua confecção foi utilizado a ferramenta Topo to Raster, utilizando como dados de entrada a Hidrografia, Pontos Cotados e Curvas de Nível (isolinhas). O resultado foi o MDE com 10 metros de resolução espacial.

Já os dados de uso e cobertura do solo são fornecidos pelo Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil (MapBiomas), do Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Observatório do Clima. Todos os mapas anuais de cobertura e uso do solo do MapBiomas são produzidos a partir da classificação pixel a pixel de imagens dos satélites Landsat, conforme explicado no site do MapBiomas. Foi utilizada a Coleção 6, que cobre o período de 1985 a 2020, publicada em agosto de 2021.

Os dados de pluviosidade foram retirados do CHELSA, um conjunto de dados climáticos globais de alta resolução, do Instituto Federal Suíço para Pesquisa de Floresta, Neve e Paisagem. Foi construído para fornecer acesso gratuito a dados climáticos de alta resolução para pesquisa e aplicação e inclui camadas climáticas para vários períodos de tempo e variáveis.

As notas geradas seguiram a metodologia de análise multicritérios, seguindo orientações do método de Processo de Análise Hierárquica – AHP (SAATY, 1973),

como realizado por Falcão (2013). As variáveis foram comparadas de acordo com seu nível de importância, sendo atribuídas notas ímpares de 1 a 9, variando respectivamente de “igual importância” a “importância absoluta”, enquanto notas pares representam classes intermediárias. Esses fatores são representados abaixo, nos Quadros 21 e 22.

Quadro 21 - Classificação dos valores de importância em cada variável

1	Igual importância
3	Fraca importância
5	Forte importância
7	Muito forte importância
9	Importância absoluta

Fonte: adaptado de FALCÃO (2013).

Quadro 22 - Notas atribuídas a cada variável

	Combustibilidade	Precipitação	Radiação	Curvatura
Combustibilidade	1	3	5	5
Precipitação	0,33	1	4	4
Radiação	0,2	0,25	1	4
Curvatura	0,2	0,25	0,25	1

Fonte: próprio autor

Combustibilidade

O mapa de combustibilidade foi definido a partir da aglutinação das classes do mapa de uso e cobertura do solo de 2020, de acordo com a combustão da biomassa existente, como definido por Silva et al. (2009) e Sousa et al. (2010). Segundo Sousa, et al (2010), o mapa de combustibilidade representa a realidade da área de estudo através do uso e cobertura do solo existente, refletindo a capacidade do mesmo em se apresentar apropriado à combustão, possibilitando incêndios florestais.

Foram classificadas as classes do MapBiomas Coleção 6 em seis categorias de combustibilidade, sendo elas: muito alta, alta, média, baixa, muito baixa e área não-vegetada, como pode ser visto na Tabela 6.

Tabela 6 - Classes de uso e cobertura do solo de acordo com sua combustibilidade

Classificação de combustibilidade	"Uso e Cobertura do solo (código da Coleção 6 do MapBiomas)"
Muito Alta	Pastagem (15)
Alta	Formação Savânica (4); Outras Formações não Florestais (13)
Média	Silvicultura (9); Restinga Arborizada (49); Mosaico de Agricultura e Pastagem (21)
Baixa	Formação Florestal (3); Apicum (32)
Muito Baixa	Mangue (5); Campo Alagado e Área Pantanosa (11)
Área Não-Vegetada	Afloramento Rochoso (29); Mineração (30); Área Urbanizada (24); Outras Áreas não Vegetadas (25); Rio, Lago e Oceano (33)

Fonte: próprio autor

Vale destacar a existência da classe de áreas não suscetíveis à ocorrência de incêndios, classificada aqui como “área não vegetada”. Essa classe foi criada em função da presença de áreas sem cobertura vegetal, como por exemplo áreas urbanas, de água e de solo exposto, entre outras.

Já nas áreas úmidas, como mangues e campos alagados, foi dada a classificação de muito baixa combustibilidade.

Curvatura de encostas e radiação solar

O mapa de encostas tem como objetivo discriminar áreas com acúmulo e dispersão de fluxos, indicativas de maior e menor concentração de umidade, segundo Fernandes et al. (2011). Essas áreas foram definidas, respectivamente,

como côncavo, plano e convexo. O mapa é derivado do MDE, que utiliza como base as formas do relevo em que são consideradas as informações de concavidade e convexidade topográficas. Essa relação de formas está diretamente associada à presença de umidade. Isto é, essa é maior em áreas de convergência de fluxos (côncavas) e menor em áreas de divergência de fluxos (convexas). Tal condição é muito importante na deflagração e propagação de incêndios.

O segundo produto advindo do MDE é o mapa total de radiação solar. A variável obtida pelo mapa de radiação solar é o total de radiação direta e difusa em watt por hora por metro quadrado (Wh.m²). Os valores de radiação foram classificados em alta, média e baixa radiação solar, de acordo com a quebra natural dos valores do histograma de frequência.

Essa variável é importante, visto que aponta áreas com maior incidência de radiação, o que afeta diretamente o grau de umidade do sistema. De acordo com Coura et al. (2009), essa variável apresenta resultados mais consistentes do que a variável orientação das encostas utilizadas nos métodos de definição de mapas geoecológicos de potencialidade à ocorrência de incêndios apresentados por Fernandes (1998) e Silva et al. (2009).

Segundo Mota (1977), a radiação que incide na superfície horizontal é constituída de uma componente direta, e uma componente difusa, resultante da interação da radiação solar com gases e partículas existentes na atmosfera.

O total de radiação solar (radiação solar global) gerado por meio do MDE considera a posição das encostas e a posição do sol. Dessa forma, quanto maior a radiação total, menor a quantidade de umidade se relacionando diretamente

com a susceptibilidade à ocorrência de incêndios.

Por último, após a conclusão dos mapeamentos e da elaboração do mapa de susceptibilidade, os dados gerados foram validados a partir dos focos de calor.

Susceptibilidade

A susceptibilidade foi considerada nesse trabalho como decorrente das características biogeofísicas da paisagem. As classes de susceptibilidade foram definidas por meio da combinação dos mapas de forma de encosta, radiação solar e combustibilidade. Essa combinação foi realizada a partir da ferramenta Calculadora Raster no QGIS, atribuindo notas a cada uma das variáveis, conforme o peso de influência na ocorrência de incêndios. Foram considerados dois modelos de susceptibilidade diferentes.

O primeiro foi um mapa de susceptibilidade gerado a partir das variáveis combustibilidade, forma da encosta e radiação solar, conforme Sousa et al. (2010), obtidos para cada um dos municípios localizados na área de atuação da OFZ. O segundo modelo foi gerado adicionando a variável “pluviosidade” na equação da combinação entre as imagens. O processo para elaboração dos mapas de susceptibilidade está descrito a seguir, no Fluxograma 5.

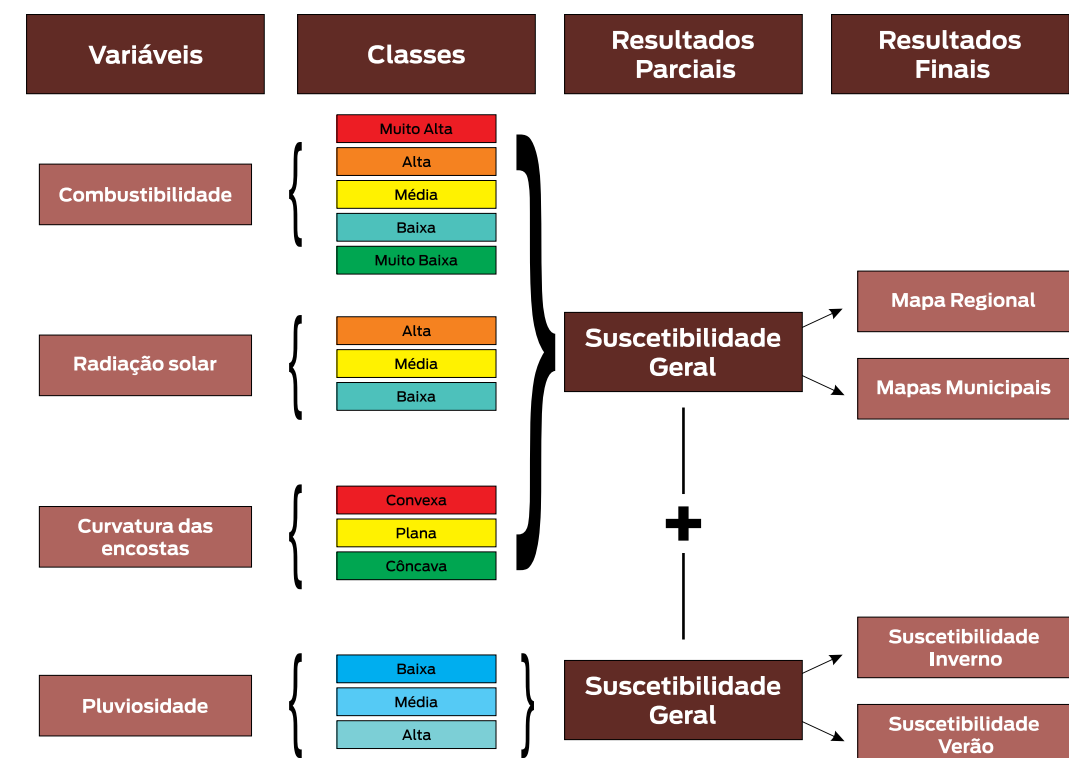
A susceptibilidade apresenta o modo como a paisagem é influenciada por inúmeros fatores biogeofísicos, que analisados em conjunto permitem identificar áreas cujas características apresentam maior probabilidade de propagarem o fogo, facilitando a ocorrência de incêndios.

Potencialidade

Como descrito anteriormente, os incêndios florestais, sobretudo em áreas de Mata Atlântica, não costumam

ocorrer provenientes da ação humana e também de diversas variáveis relacionadas à paisagem. Dessa forma, para delinear a potencialidade à ocorrência de incêndios da região foram utilizados os registros de focos de calor, a partir dos mapas de densidade de ocorrências. A potencialidade, dessa forma, é apresentada como as áreas de maior ocorrência. Essa classe de potencialidade, utilizando os dados de densidade de focos, será acrescida ao mapa de susceptibilidade, unindo as áreas mais suscetíveis às áreas de maiores registros, gerando no fim o mapa de áreas de risco.

Fluxograma 5 - Processo de elaboração dos mapas de susceptibilidade



Fonte: próprio autor

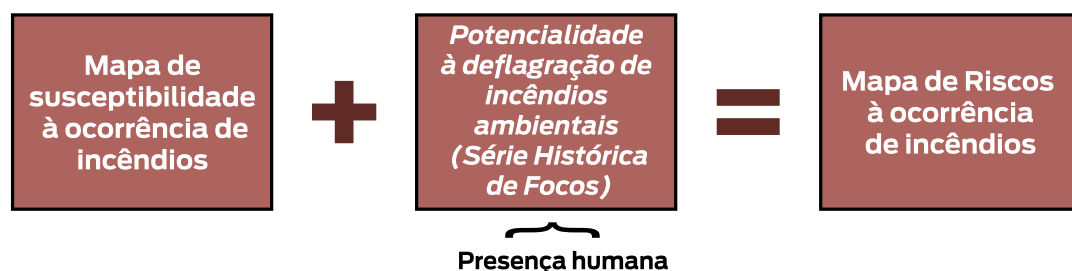
Assim como Sousa et al. (2010) algumas classes de susceptibilidade foram indicadas como “Área não suscetível”. por se tratarem de áreas urbanas, áreas rochosas ou pedreiras que não apresentam características de ocorrência de incêndios florestais. Tal classe está estritamente ligada com a classificação de combustibilidade “área não-vegetada”.

Mapa de risco

O risco foi abordado por meio da integração entre os fatores mencionados. O risco final foi obtido a partir da adição das manchas de densidade de ocorrência de incêndios apresentados como potencialidade, na equação da susceptibilidade.

A susceptibilidade e a potencialidade analisadas na série histórica de ocorrência de incêndios, em conjunto, possibilitaram atingir ao objetivo do estudo, que é o mapeamento do risco para os 19 municípios estudados. O mapeamento foi validado por meio de informações registrados de incêndios ocorridos na área de estudo e por outras identificadas através de fotografias aéreas. A seguir, o Fluxograma 6 apresenta a síntese da metodologia aplicada.

Fluxograma 6 - Metodologia para construção do mapa de risco originário os mapas de susceptibilidade e de deflagração ambiental



Fonte: próprio autor

Assim como para Egler (1996), o risco ambiental está relacionado à incerteza e ao desconhecimento das verdadeiras dimensões do problema ambiental.

Referências Bibliográficas

ANDERSON, L. O.; et al. Detecção de cicatrizes de áreas queimadas baseada no modelo linear de mistura espectral e imagens índice de vegetação utilizando dados multitemporais do sensor MODIS/TERRA no estado do Mato Grosso, Amazônia brasileira. **ACTA Amazônica**, v. 35 n.4, p. 445- 456, 2005.

ANTUNES, M.A.H. Uso de satélites para detecção de queimadas e para avaliação do risco de fogo. **Ação Ambiental**, Viçosa, v. 12, p. 24-27, 2000.

BENEDETTI, A. C. P. et al. 2013. Uso do produto MOD13Q1 do sensor Modis para análise temporal e mapeamento das florestas nas Serras do Sudeste e Campanha Meridional do Rio Grande do Sul. **Revista Árvore**, 37(3):459-467.

BEZERRA, M. V. C.; SILVA, B. B. DA; BEZERRA, B. G. Avaliação dos efeitos atmosféricos no albedo e NDVI obtidos com imagens de satélite. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 7, p. 709–717, jul. 2011.

INPE. **Perguntas Frequentes — Programa Queimadas**. Disponível em: <<https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal/informacoes/perguntas-frequentes>>. Acesso em: 18 nov. 2021.

CÂNDIDO, P.A; **Mapeamento de cicatrizes de queimadas na região do Parque Estadual do Jalapão em 2007, 2008 e 2009**. 2014. Prevenção, controle e monitoramento de queimadas irregulares e incêndios florestais no Cerrado. INPE – São José dos Campos.

CARDOZO, F. S.; et al. Avaliação de áreas queimadas a partir dos índices espectrais NDVI e NDBR. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR)**, 15, 2011, Curitiba. Anais... São José dos Campos: INPE, 2011. Artigos, p. 7950-7957.

CPRM. **Geodiversidade do estado do Rio de Janeiro**. 2017.

Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/20479>. Acesso em: 24 de nov. 2021

CAÚLA, R.H.; et al. Overview of fire foci causes and locations in Brazil based on meteorological satellite data from 1998 to 2011. **Environmental Earth Sciences, Melbourne**, v. 74, n. 2, p. 1497-1508, 2015.

CLEMENTE, S. DOS SANTOS; JÚNIOR, J. F. DE O.; LOUZADA, M. A. P. Focos de Calor na Mata Atlântica do Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 4, p. 669-677, dez. 2017.

COURA, P.H.F.; et al. Mapeamento geoecológico da susceptibilidade à ocorrência de incêndios no maciço da Pedra Branca. In.: **Anuário do Instituto de Geociências/UFRJ**, Vol. 32 (2), p. 14-25, 2009.

EGLER, C.A.G. Risco ambiental como critério de gestão do território. **Território**, 1:31-41, 1996.

EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de Solos**. 1979. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/213515/1/Manual-de-metodos-de-analise-de-solo-1979.pdf>. Acessado em: 24 de nov. 2021

ESCUIN, S.; Navarro, R.; Fernández, P. Fire severity assessment by using NBR (Normalized Burn Ratio) and NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) derived from LANDSAT TM/ETM images. **International Journal of Remote Sensing**, v. 29 n.4, p.1053-1073, 2008.

FALCÃO, E. **Análise de Riscos à degradação Ambiental Utilizando Avaliação Multicritério Espacial, no Município de Boa Vista-PB**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, março de 2013. 126 pp.

FERNANDESM.C.; et al. Avaliação Geoecológica de Susceptibilidade à Ocorrência de Incêndios no Estado do Rio de Janeiro, Brasil.

Revista Floresta e Ambiente. Volume 18, nº 3. pp. 299-309. 2011.

FERNANDES, A. C. G. et al. Utilização de intervalos de índices de vegetação e temperatura da superfície para detecção de queimadas. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 2, p. 30-40, 31 ago. 2016.

GOMES, L. et al. Effects and behaviour of experimental fires in grasslands, savannas and forests of the Brazilian Cerrado. **Forest Ecology and Management**, v. 458, p. 117804, fev. 2020.

GONG, Z. et al. MODIS normalized difference vegetation index (NDVI) and vegetation phenology dynamics in the Inner Mongolia grassland. **Solid Earth**, v. 6, n. 4, p. 1185-1194, 3 nov. 2015.

HUTCHINSON, J. M. S. et al. Monitoring vegetation change and dynamics on U.S. Army training lands using satellite image time series analysis. **Journal of Environmental Management**, 150:355-366, 2015.

IBGE. **Bases Cartográficas Contínuas**. Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/bases-cartograficas-continuas/15759-brasil.html?=&t=downloads>> Acesso em: 19 de ago. 2021.

Inea. **O estado do ambiente - Indicadores Ambientais do Rio de Janeiro 2010**. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zwew/mde1/~edisp/inea0015448.pdf>. Acesso em: 24 de nov. de 2021

Inea. **Unidades de Conservação Estaduais, Federais e Municipais - DIBAPE**. 2021. Disponível em: <https://inea.maps.arcgis.com/>. Acesso em: 24 de nov. 2021.

INPE. **Banco de Dados de Queimadas**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: <<https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas/>>. Acesso em 19 de 07 de dez. 2021.

KARGER, D. N. et al. Climatologies at high resolution for the earth's

land surface areas. **Scientific Data**, v. 4, n. 1, p. 170122, 19 dez. 2017.

KEY, C.; BENSON, N. Landscape Assessment: Ground measure of severity, the Composite Burn Index; and Remote sensing of severity, the Normalized Burn Ratio. In: **FIREMON: Fire Effects Monitoring and Inventory System**. [s.l.] Createspace, 2016. p. 412.

KOUTSIAS, N.; KARTERIS, M. Logistic regression modelling of multitemporal Thematic Mapper data for burned area mapping. **International Journal of Remote Sensing**, v. 19, p. 3499–3514, 1998

LIBONATI, R. et al. An Algorithm for Burned Area Detection in the Brazilian Cerrado Using 4 µm MODIS Imagery. **Remote Sensing**, v. 7, n. 11, p. 15782–15803, 24 nov. 2015.

LIMA, A. **Influência da cobertura da terra na extensão e configuração espacial de áreas queimadas em anos de seca extrema na Amazônia Oriental**. São José dos Campos. 2013. 82p. (INPE-17259-TDI/2084) Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2013.

LOBATO, R.; MENEZES, J.; DE LIMA, L. A.; SAPIENZA, J. A. Índice de Vegetação por diferença normalizada para análise da redução da Mata Atlântica na região costeira do Distrito de Tamoios, Cabo Frio/RJ. **Caderno de Estudos Geoambientais - CADEGEO**, Niterói, v. 1, n. 1, p.14-22, 2010.

LOBODA, T.; O'Neal, K. J.; Csiszar, I. Regionally adaptable dNBR based algorithm for burned area mapping from MODIS data. **Remote Sensing of Environment**. V. 109, p.429-442, 2007.

QGIS Geographic Information System. **Open Source Geospatial Foundation Project**. Disponível em: <<http://qgis.osgeo.org>>. Acesso em 22 de jun. 2021.

FERNANDES, M.C. **Geoecologia do Maciço da Tijuca - RJ: Uma Abordagem GeoHidroecológica**. 1998. 141 p. Dissertação

de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

FIGUEIRA, L.; SCHROTH, G.; MONTEIRO, W. Esforços tecnológicos empregados no combate às queimadas no Brasil. In: **Meio Ambiente em Foco**. [s.l.] Editora Poisson, 2019. v. 7p. 50–57.

MAGALHÃES, S. R. et al. Comportamento do fogo em diferentes períodos e configurações de uma paisagem no nordeste de Portugal. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 457-469, abr.-jun. 2017.

SEDDON, A. W. et al. 2016. Sensitivity of global terrestrial ecosystems to climate variability. **Nature**, 531(7593):229-232.

MAPBIOMAS. **Mapbiomas Brasil | Coleção 6.0**. Banco de dados. Disponível em: <https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR>. Acesso em: 9 jun. 2021.

MATEO RODRIGUEZ, J. M.; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. P. B., 2017. **Geoecologia das Paisagens: uma visão sistêmica da análise ambiental**. Edições UFC, Fortaleza, CE, 2ª Ed., 222p.

MATIN, M. et al. 2017. Understanding forest fire patterns and risk in Nepal using remote sensing, geographic information system and historical fire data. **International Journal of Wildland Fire**, 109(2007):429-442.

MENEZES, P.M.L. **A interface Cartografia-Geoecologia nos estudos diagnósticos e prognósticos da paisagem: um modelo de avaliação de procedimentos analítico-integrativos**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Depto. de Geografia, IGEO/UFRJ, 208 f., 2000.

IBAMA. Relatório de ocorrências de incêndios em Unidades de Conservação Federais 2005-2008; Prevfogo – Brasília: Ibama, 2009. 31p.; il. color.

MOTA, F.S. **Meteorologia agrícola**. São Paulo: Nobel, 375 p. 1977.

NETA, S.R.A., BIAS, E.S., Remote Sensing for Risk Mitigation in Agricultural Financings: Multitemporal Change Detections in Agricultural Areas using the Delta NIR and Delta NDVI Models, **International Journal of Advanced Engineering Research and Science** (IJAERS), Vol-8, Issue-8; Aug, 2021.

PETTITT, A.N. A non-parametric approach to the change-point problem. Applied Statistics. **Journal of the Royal Statistical Society**. Series C (Applied Statistics), Reino Unido, v. 28, n. 1, p.126-135, 1979.

PINHEIRO, M. A. Cálculos de declividade no QGIS. 2017. Disponível em: <https://www.researchgate.net/project/Geotecnologias-aplicada-ao-estudo-do-Sistema-Clima-Urbano-SCU-da-zona-urbana-do-Municipio-do-Crato-Ceara>. Acesso em: 24 de nov. 2021

RODRIGUES, J. A., et al. Mapeamento de Áreas Queimadas em Unidades de Conservação da Região Serrana do Rio de Janeiro Utilizando o Satélite Landsat-8 Durante a Seca de 2014. **Anuário do Instituto de Geociências**, vol. 41, no 1, 2018, p. 318–27. revistas.ufrj.br.

ROSAN, T.M.; ALCÂNTARA, E. Detecção de áreas queimadas e severidade a partir do índice espectral fNBR. **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, João Pessoa-PB, Brasil, 2015.

GABRIEL ROUGERIE; NICOLAS BEROUTCHACHVILI. Géosystèmes et paysages. Bilan et méthodes. **Annales de géographie**, p. 685–686, 1992.

ROUSE, J. et al. Monitoring the Vernal Advancement and Retrogradation (Green Wave Effect) of Natural Vegetation. 1974.

USGS. Serviço Geológico dos Estados Unidos (United States Geological Survey). Disponível em: <https://www.usgs.gov/>. Acesso em: 24 de nov. 2021.

SOUZA, N. P. de; et al. Aplicação do Estimador de Densidade kernel

em Unidades de Conservação na Bacia do Rio São Francisco para análise de focos de desmatamento e focos de calor. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE

SILVA, S. L.; BAPTISTA, G. M. M. Análise do grau de severidade de áreas queimadas na Estação Ecológica de Águas Emendadas por meio de dados do Landsat 8. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 8, n. 2, p. 431-438, jul. 2015.

SOUZA, G.M.; FERNANDES, M.C.; COSTA, G.A.O.P. da. Classificação da susceptibilidade à ocorrência de incêndios através de mineração de dados e GEOBIA. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v. 67, n.3, p. 555-567, maio/jun. 2015.

SILVERMAN, B. W. **Density Estimation for Statistics and Data Analysis**. London: Chapman and Hall, 1986.

SILVA, F.; PESTANA, A.; MARTINS, L. Sensoriamento remoto para detecção de queimadas no cerrado maranhense: uma aplicação no Parque Estadual do Mirador. **Revista Geográfica Acadêmica**. v.13, n.2, 2019. pp. 90-105.

SILVA, L.C.V.; FERNANDES, M.C.; ARGENTO, M.S.F. Mapa geoecológico de potencialidade a ocorrência de incêndios no Parque Nacional do Itatiaia/RJ. In.: **Revista Brasileira de Cartografia** – RBC, no 61/3, outubro, pp. 285-292, 2009.

SOUZA, G.M.; COURA, P.H.F.; FERNANDES, M.C. Cartografia geoecológica da potencialidade à ocorrência de incêndios: Uma proposta metodológica. In.: **Revista Brasileira de Cartografia** – RBC, nº 62 Edição Especial 1 – Geotecnologias, pp. 277-289. Julho, 2010.

TOMZHINSKI, G.W. **Análise Geoecológica dos Incêndios Florestais no Parque Nacional do Itatiaia**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Geografia – PPGG/ UFRJ. 137 f., 2012.

BROWN, C.; HARDER, C. (EDS.). **The ArcGIS imagery book**: new view, new vision. Redlands, California: Esri Press, 2016.

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

Capítulo 10

Resultados e discussão

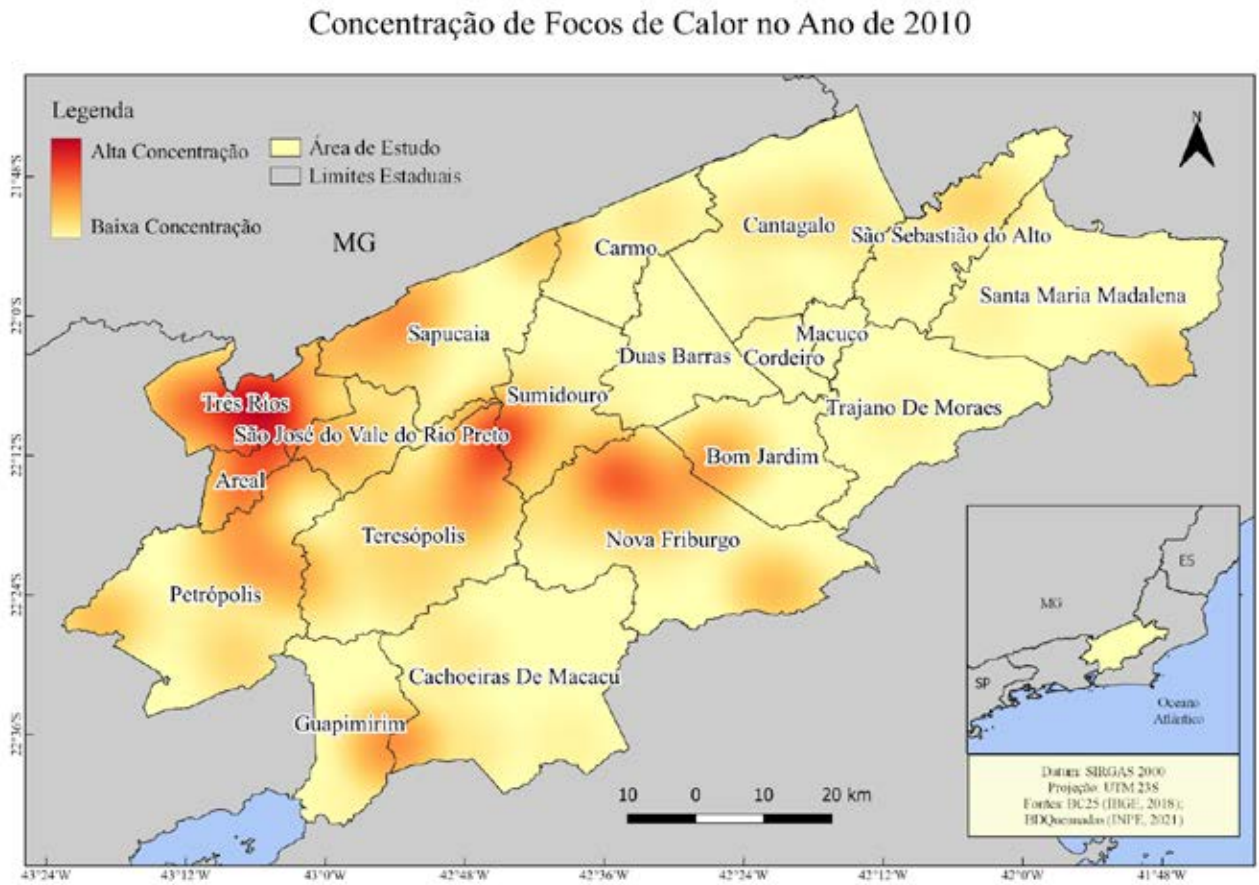
10. Resultados e discussão

Após todos os processamentos e procedimentos adotados para o mapeamento de cicatrizes de queimadas, tem-se como resultado principal a detecção dos focos de incêndio e a quantificação de área queimada no período estudado.

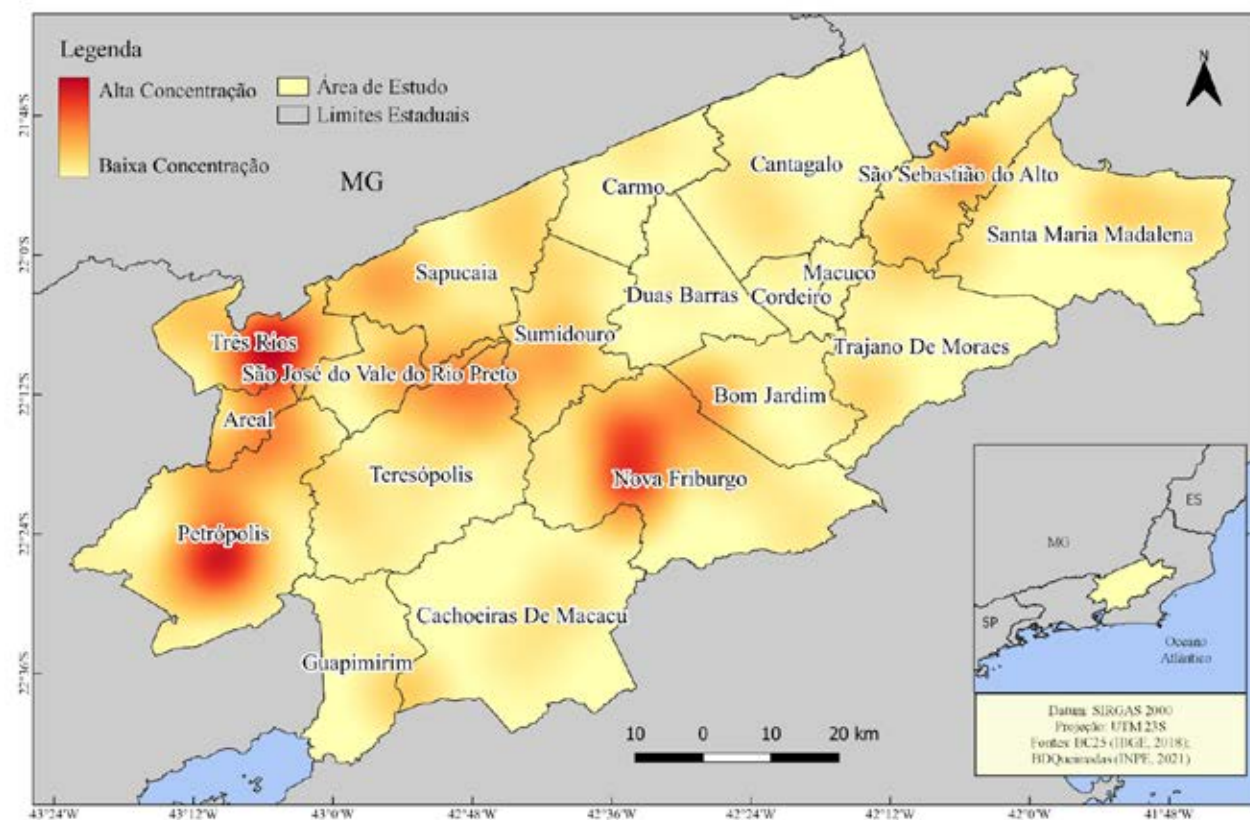
10.1. Focos de Queimadas (2010-2020)

O monitoramento realizado no período de estudo contabilizou um total de 1.706 focos de calor em todo o estado do Rio de Janeiro dentro do recorte temporal de 10 anos, distribuídos entre os 19 municípios da área de estudo. A seguir, é apresentada a concentração de focos de calor para o período (Mapa 14), sendo analisada na seção 10.1.1.

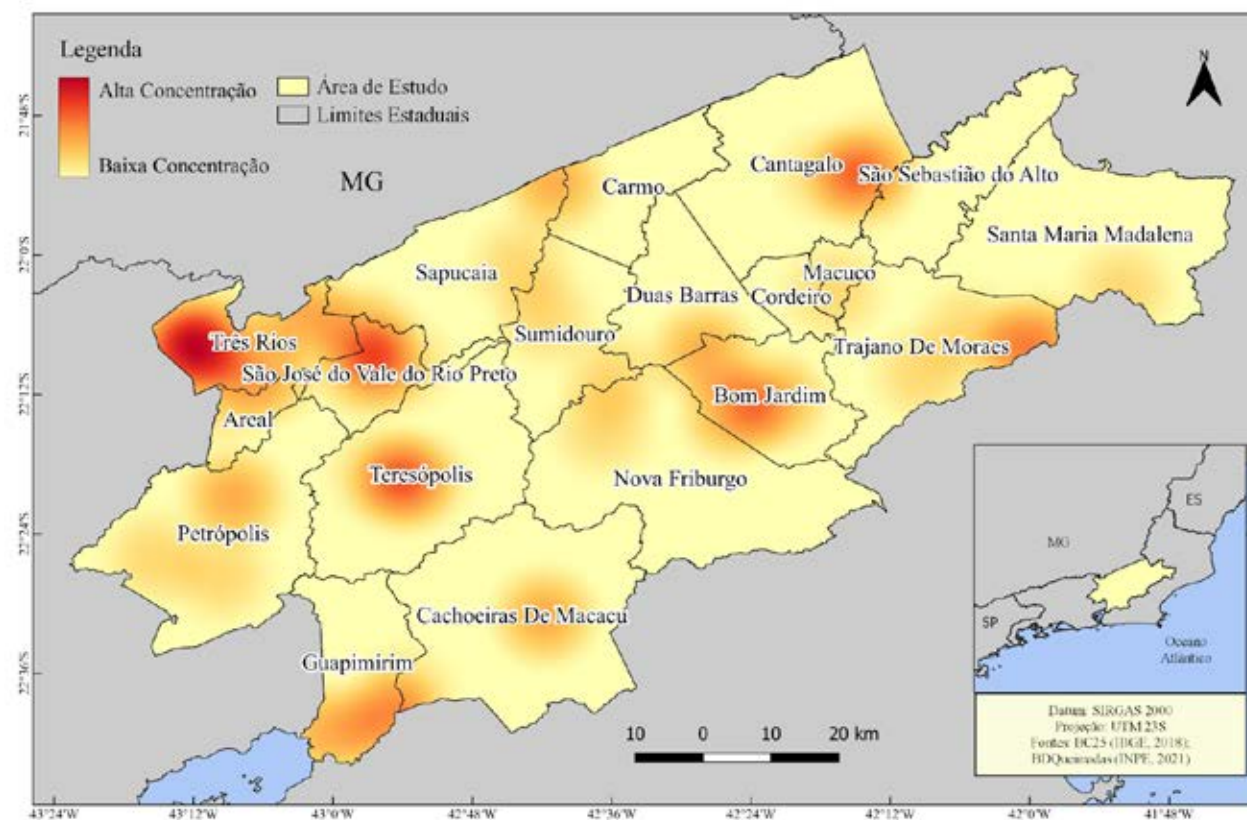
Mapa 14 - Concentração de focos de calor por ano de 2010 até 2020
Fonte: próprio autor



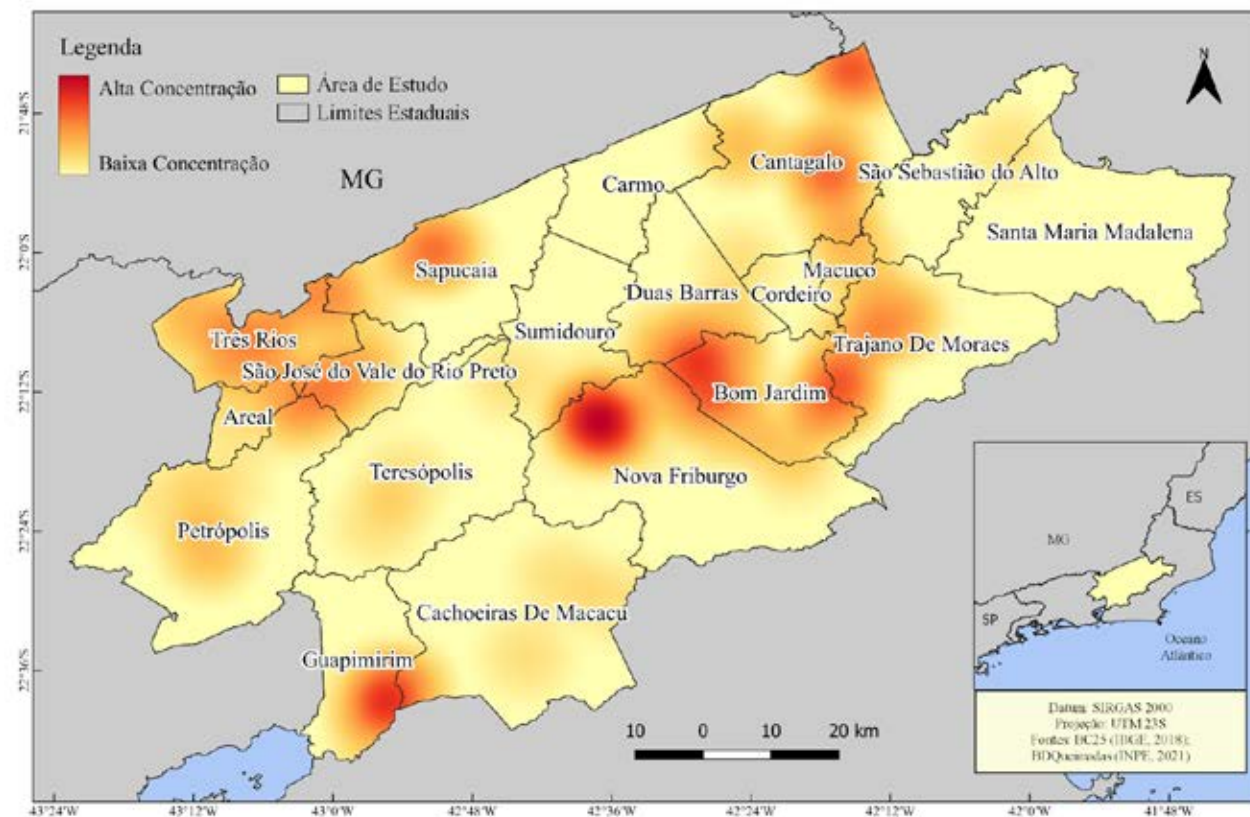
Concentração de Focos de Calor no Ano de 2011



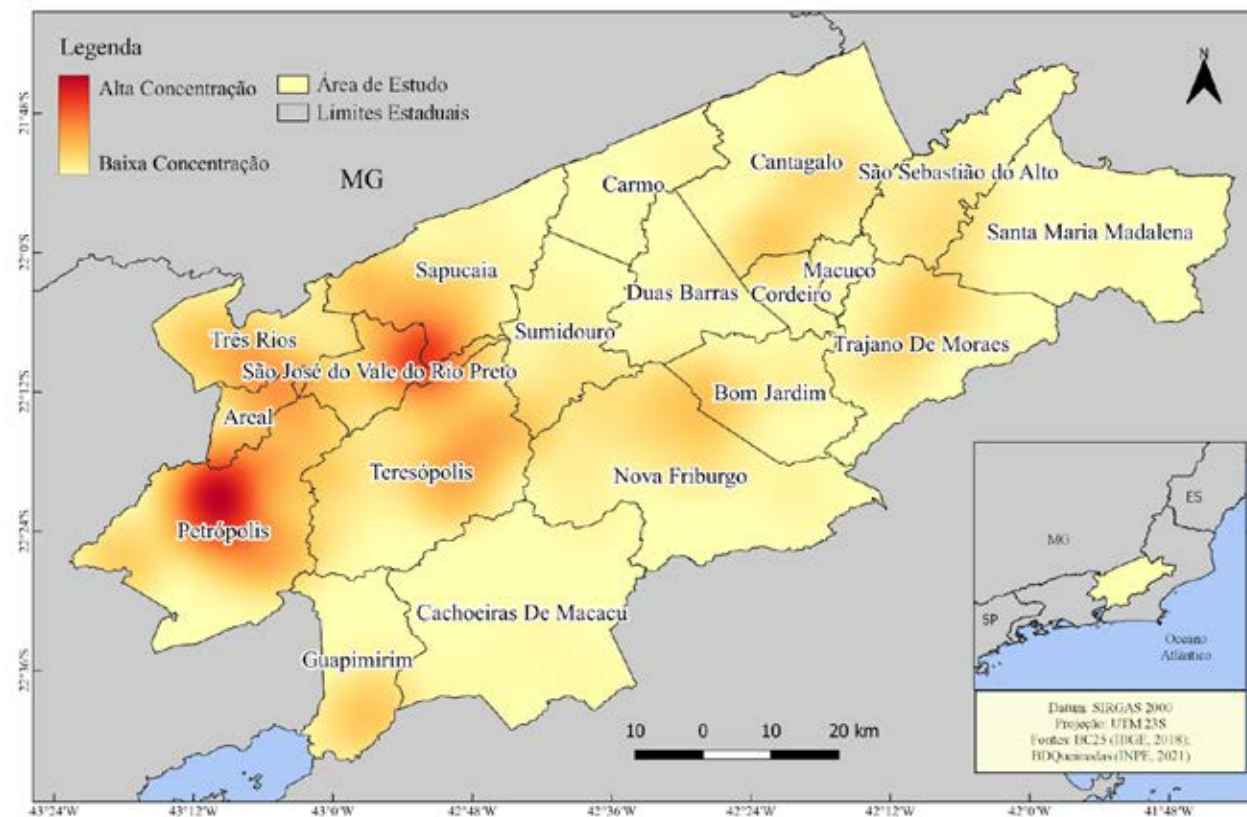
Concentração de Focos de Calor no Ano de 2013



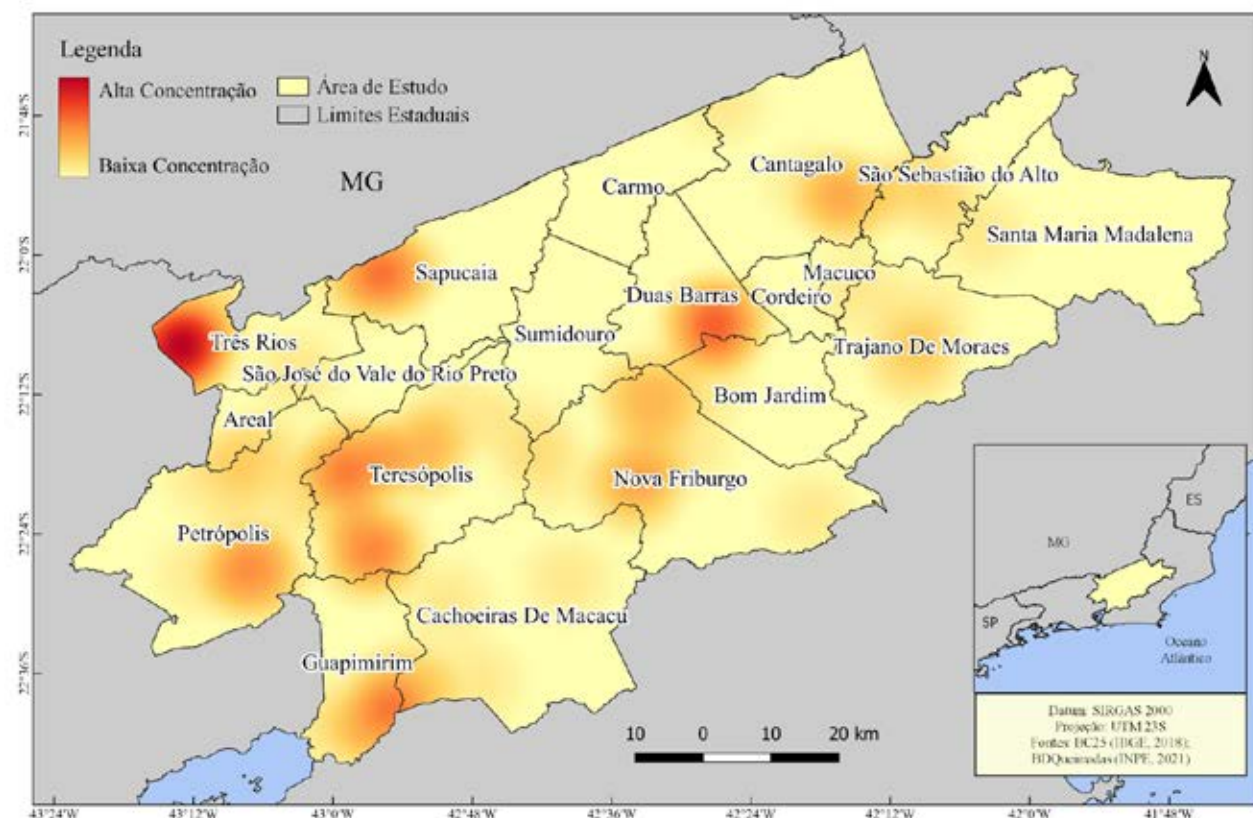
Concentração de Focos de Calor no Ano de 2012



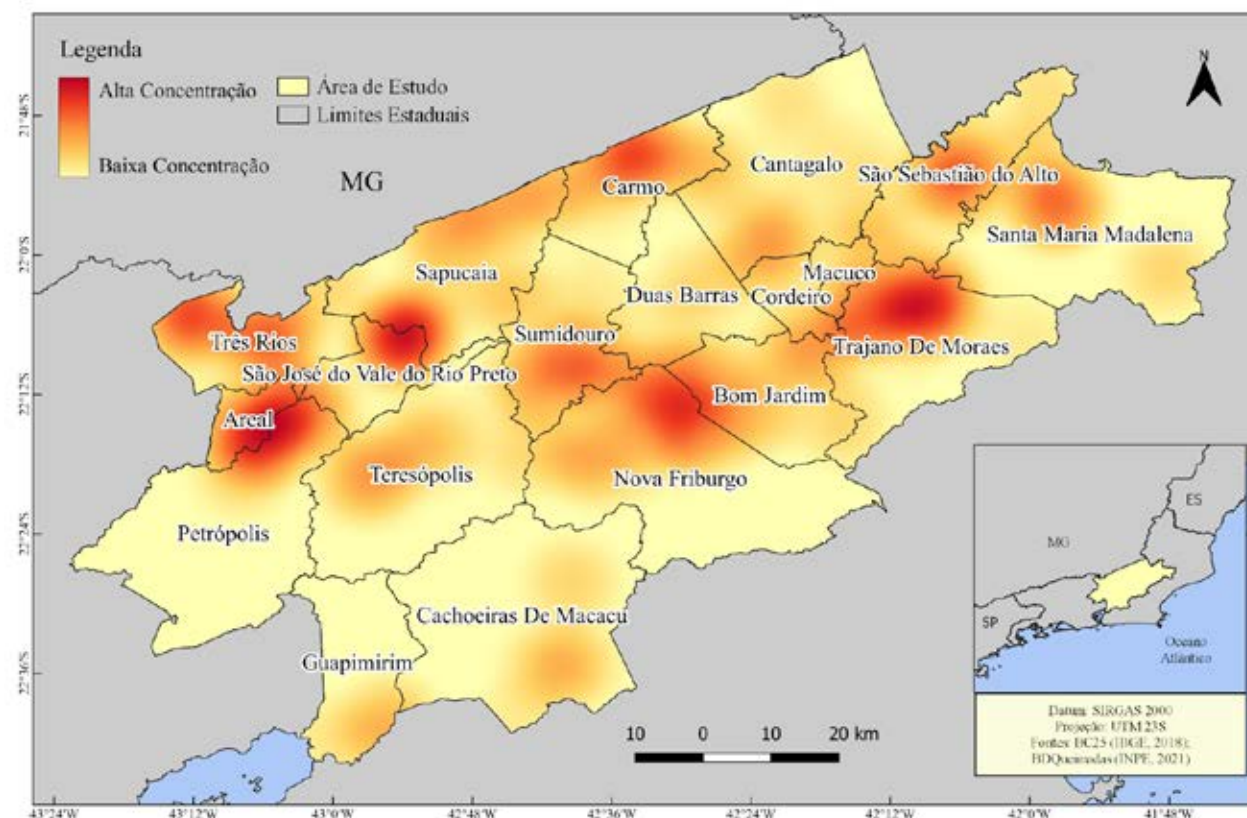
Concentração de Focos de Calor no Ano de 2014



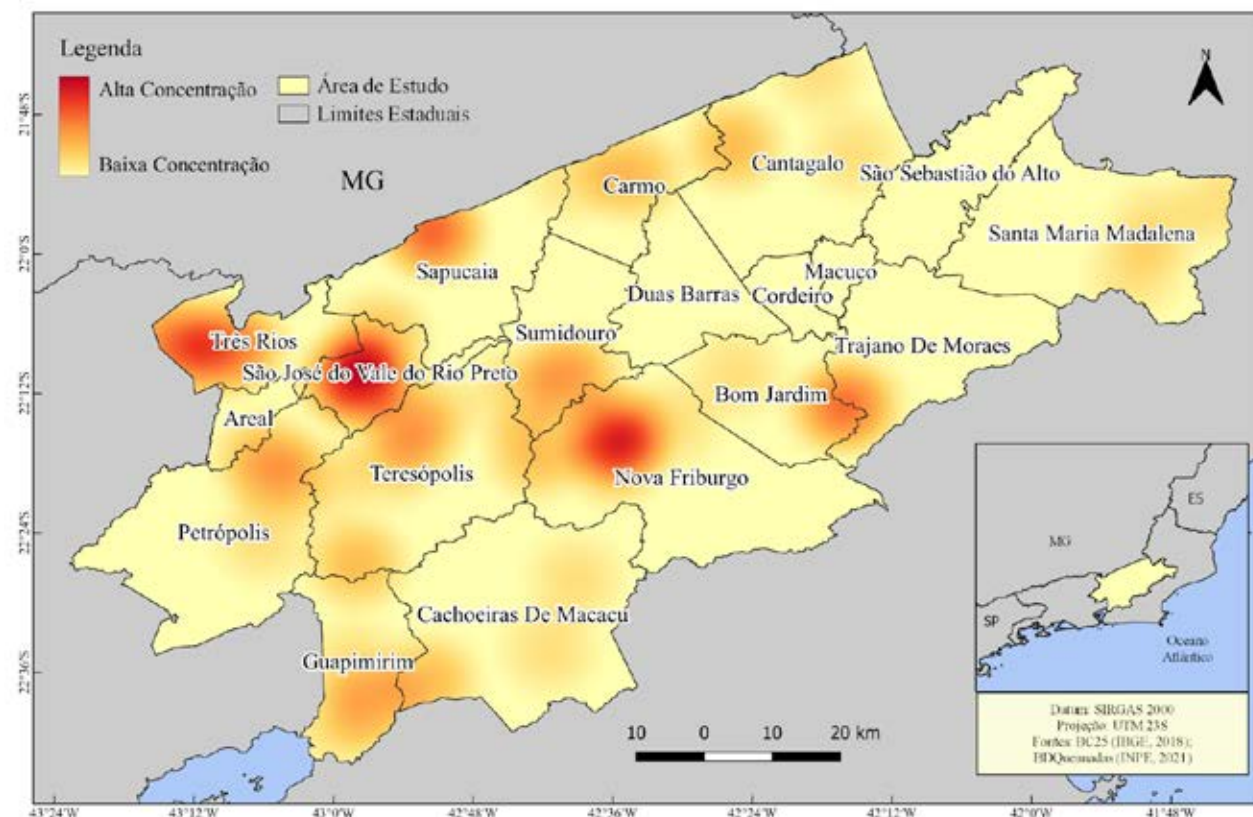
Concentração de Focos de Calor no Ano de 2015



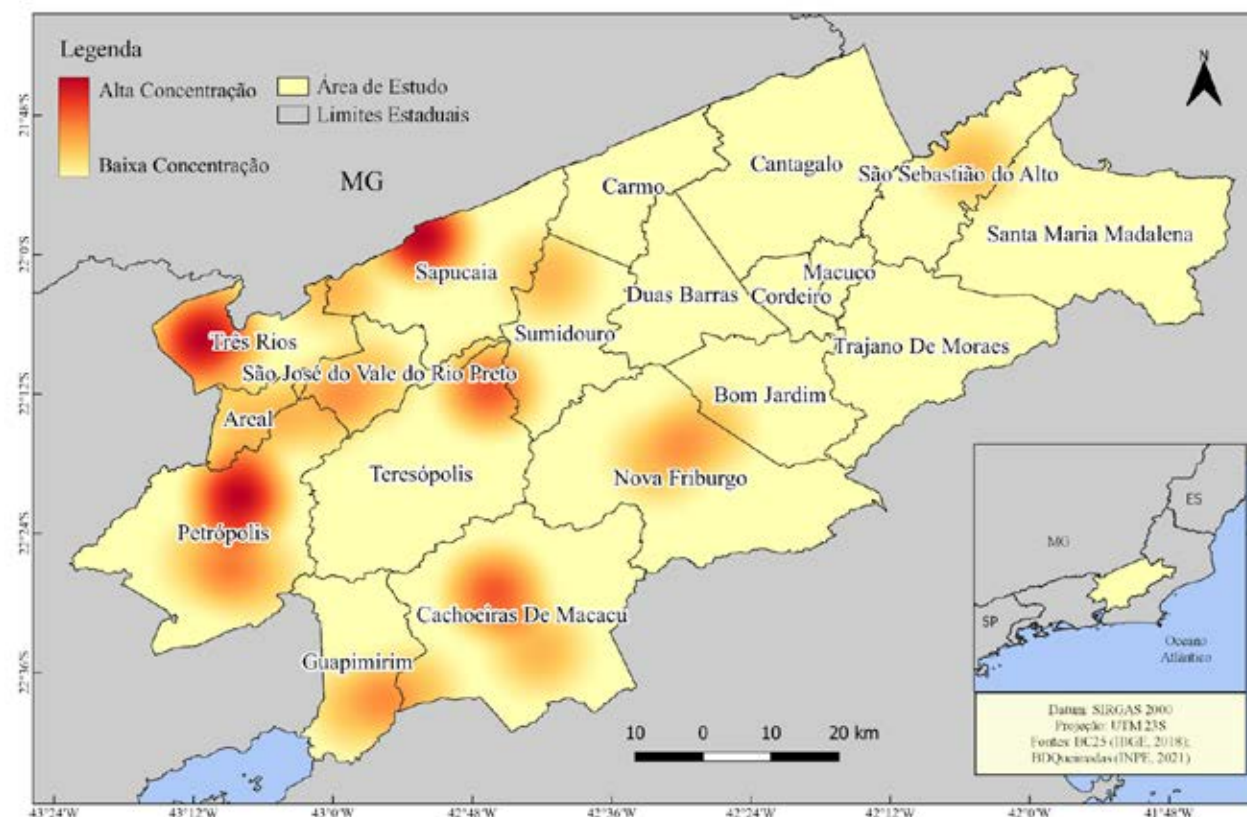
Concentração de Focos de Calor no Ano de 2017



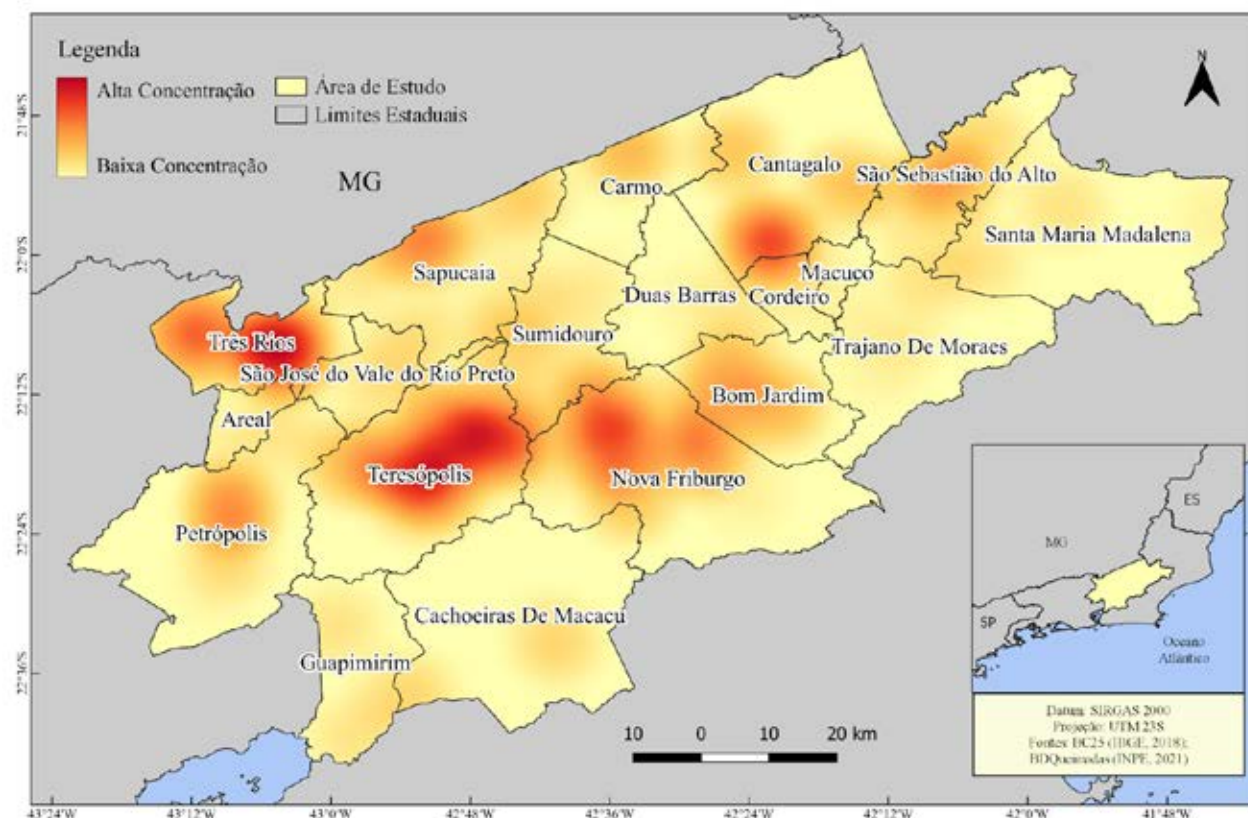
Concentração de Focos de Calor no Ano de 2016



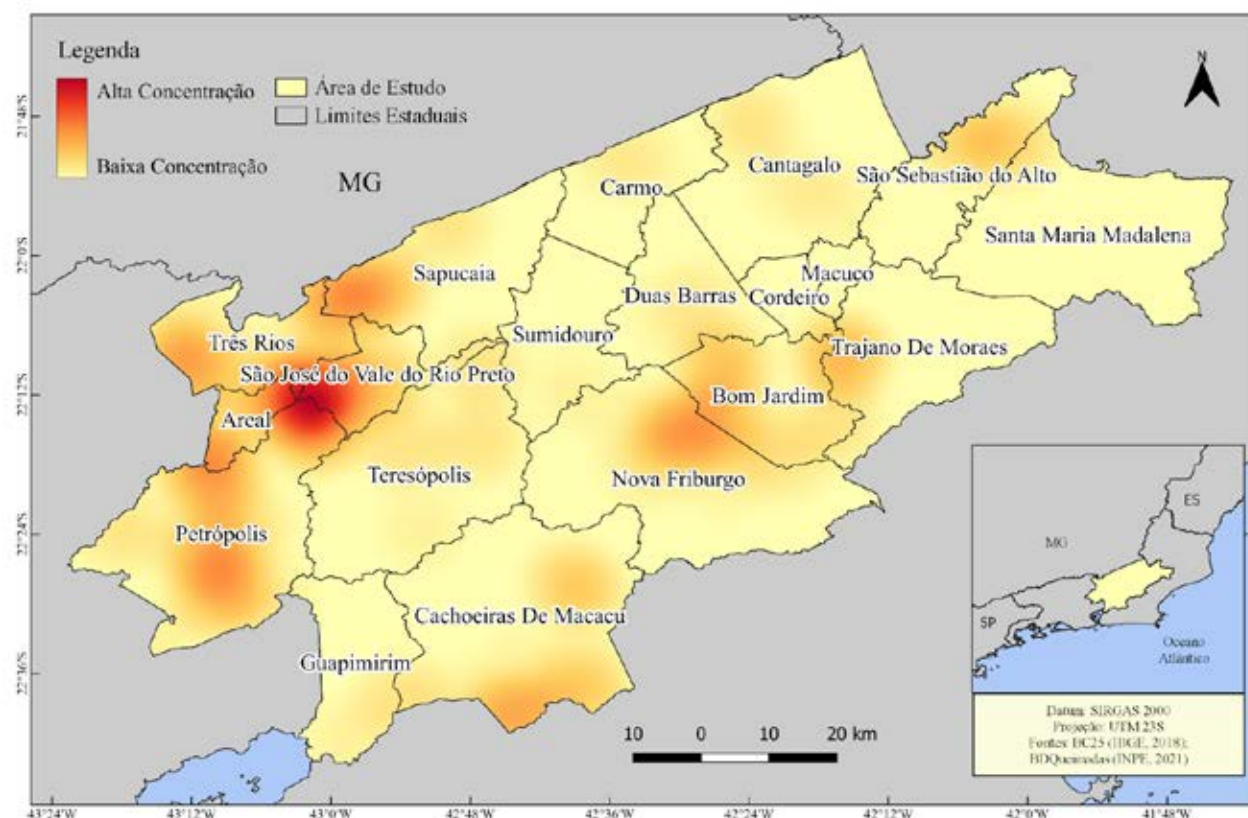
Concentração de Focos de Calor no Ano de 2018



Concentração de Focos de Calor no Ano de 2019



Concentração de Focos de Calor no Ano de 2020



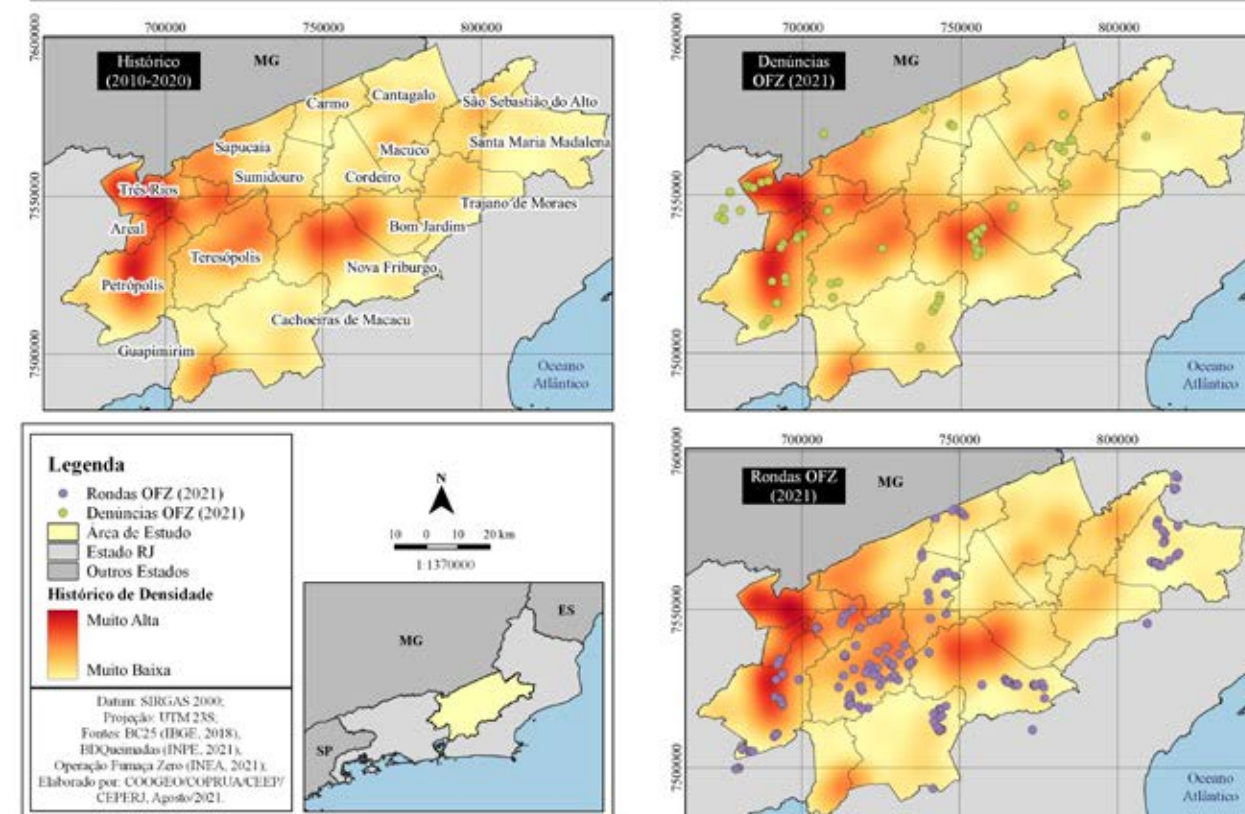
10.1.1 Análise da série histórica de fogo

Os mapas de análise de focos de calor, representados na Figura 121, foram elaborados a partir dos dados extraídos do Banco de Dados de Queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, [s.d.]), tendo como base o satélite Aqua, com passagem pela tarde, usado como referência para as análises do INPE. Os registros foram utilizados para estimar a densidade de presença de focos, nos quais foram estabelecidos raios de 10km a partir de cada foco, gerando uma classificação que varia de “muito baixa” (apresentada em amarelo) até “muito alta” (em vermelho).

Figura 121 - Comparativo entre histórico de densidade de focos do INPE e registros atuais da OFZ (Operação Fumaça Zero)

Fonte: próprio autor

Comparativo entre Histórico de Densidade de Focos do INPE e Registros Atuais da OFZ



As manchas de tonalidade mais avermelhada representam o grau de densidade “muito alta”, isto é, uma propensão de concentração que tende a 78 focos em uma área de 10km. Já as áreas de tonalidade amarelada representam o grau de densidade “muito baixa” com uma maior dispersão de focos, tendendo a 0. A partir desses estudos, é possível ter uma noção sobre o comportamento do padrão do fogo na região, apresentando uma concentração maior nos municípios da porção oeste da área (Três Rios, Areal, Petrópolis, Teresópolis) além de uma mancha na região mais central (Nova Friburgo e Bom Jardim) e ao sul de Guapimirim.

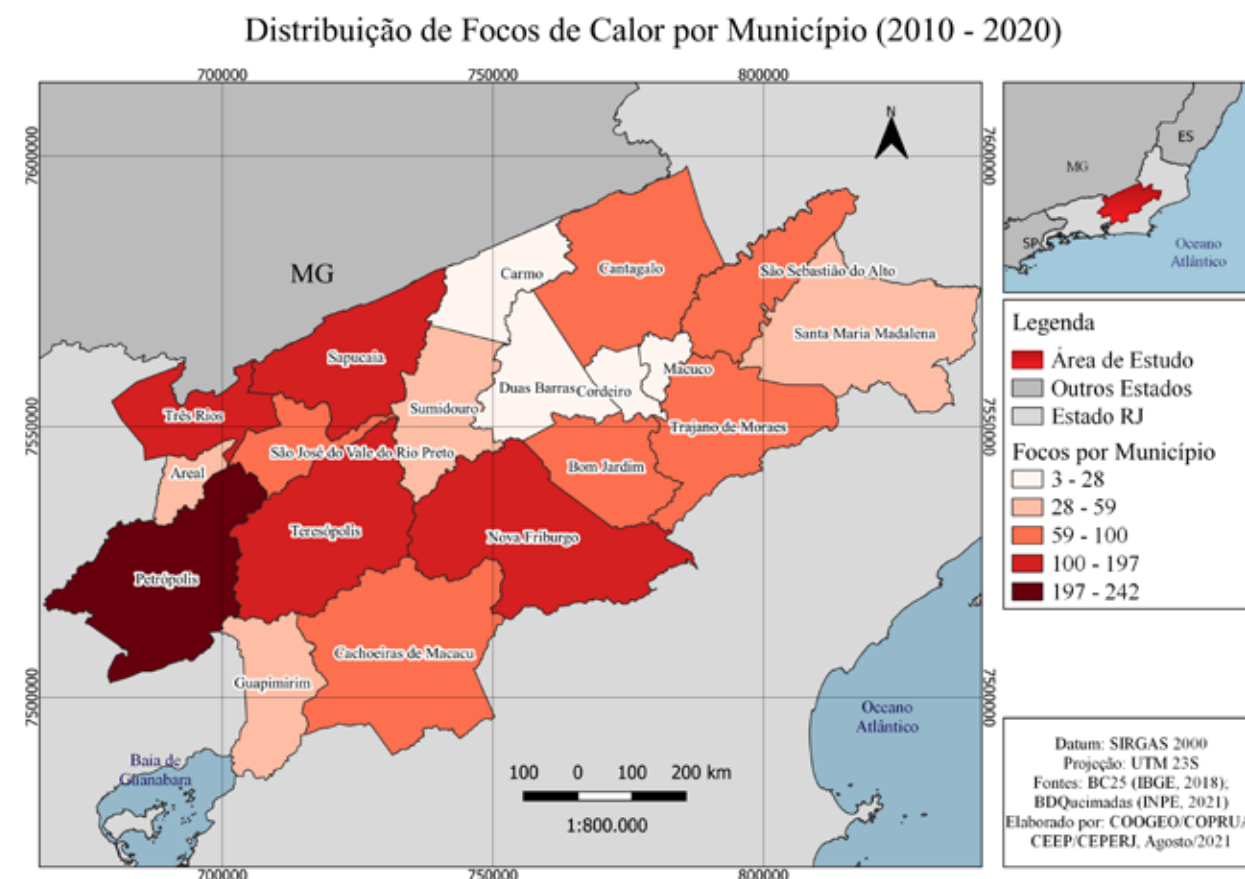
Os registros de denúncia estão representados no segundo mapa da Figura 123 com os pontos verdes, que aparentam representar uma relação coerente com a distribuição das manchas de calor.

Já os pontos na cor roxa são referentes às rondas da Operação Fumaça Zero, realizadas no ano de 2021, dispersas sobre o mapa de calor, representando também uma coerência com relação às áreas mais afetadas do ano de 2010 até 2020.

Adiante, o Mapa 15 ilustra a distribuição de focos de calor. Ele apresenta, por município, o total acumulado de focos de calor registrados pelo satélite Aqua entre os anos de 2010 e 2020. Os focos estão classificados em 5 classes de quebras naturais, dispostas na legenda, mostrando que o município de Petrópolis foi o que apresentou a maior quantidade.

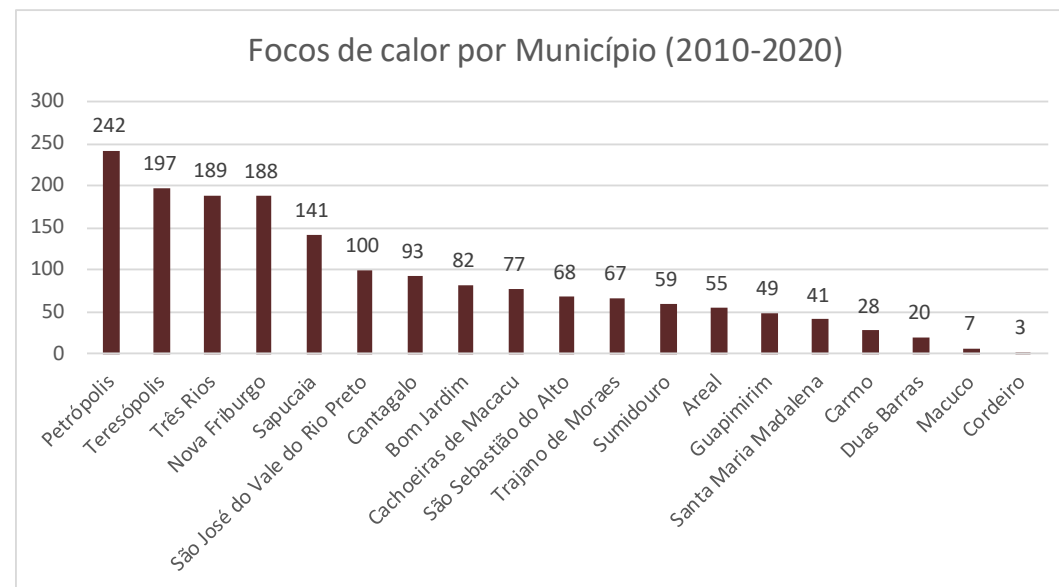
Mapa 15 - Distribuição de focos de calor por município para os anos de 2010 a 2020

Fonte: próprio autor



O Gráfico 24 exibe o número de focos registrados, distribuídos pelos municípios de maior ocorrência aos de menor ocorrência. Nele, Petrópolis aparece em primeiro lugar, seguido por Teresópolis e Três Rios, enquanto o município de Cordeiro se encontra em última posição, com três focos.

Gráfico 24 - Focos de calor em cada município estudado do estado do Rio de Janeiro dos anos 2010 a 2020



Fonte: próprio autor

Já o Mapa 16 e o Gráfico 25 tratam da concentração de focos de calor por km² entre os municípios. Ele demonstra a proporcionalidade de ocorrências por extensão da área. A classificação também foi dividida em 5 classes de intervalos de quebras naturais. No entanto, a informação transmitida é a comparação entre o número de focos de calor registrados e o tamanho do município. Dessa forma, destaca-se Três Rios por concentrar um grande número de focos para uma menor extensão territorial, apresentando cerca de 0,56 focos por km².

Mapa 16 - Concentração de focos de calor por km² em cada município para os anos de 2010 a 2020

Fonte: próprio autor

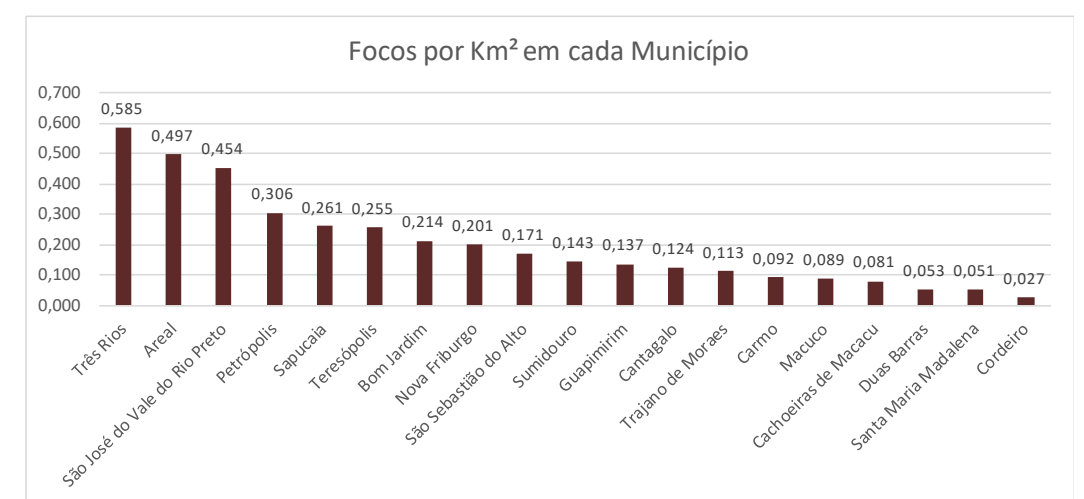
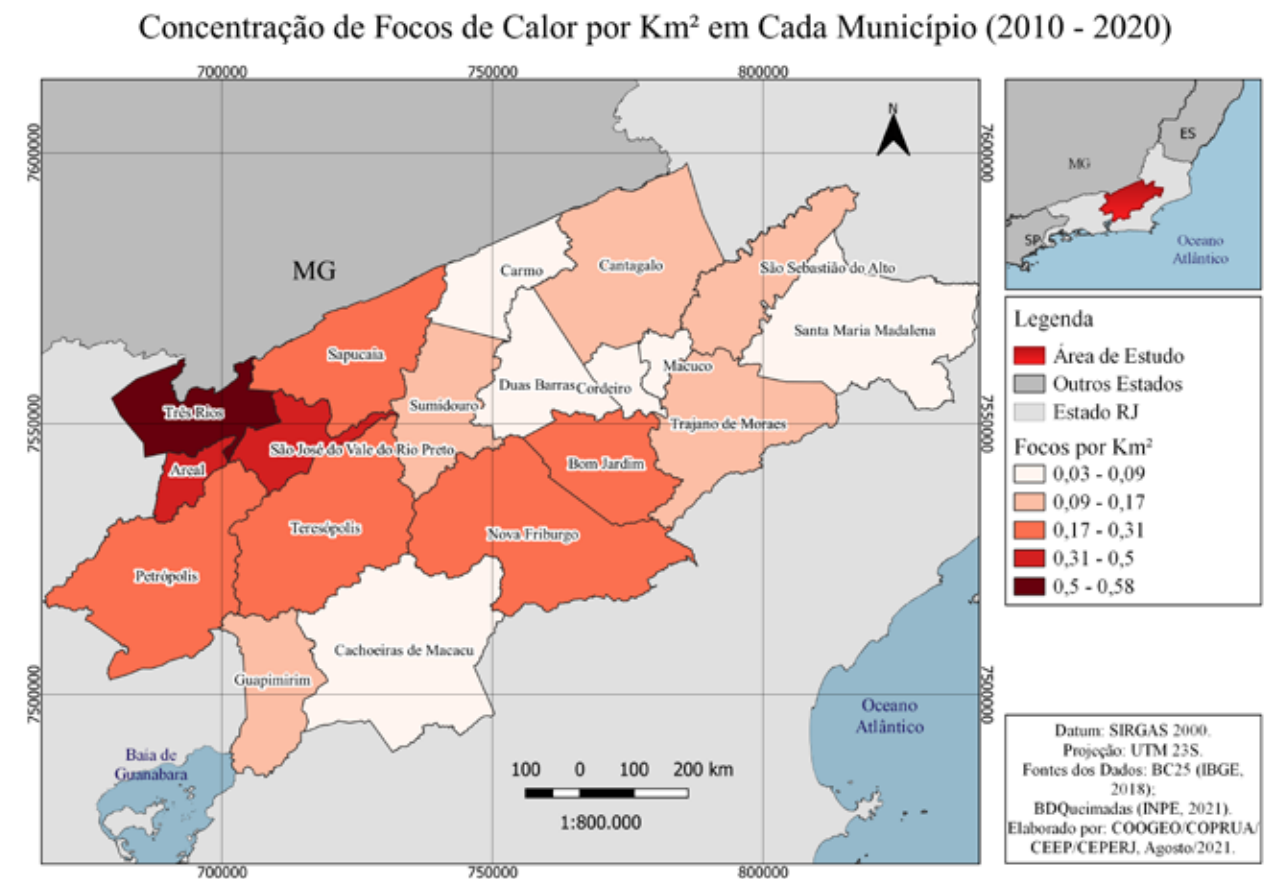


Gráfico 25 - Focos por km² em cada município estudado do estado do Rio de Janeiro

Fonte: próprio autor

A Tabela 7 dispõe os dados utilizados para a composição dos mapas e gráficos. Nela estão distribuídos os focos de calor, a extensão territorial de cada município, a quantidade de focos por Km² e os registros de denúncias e rondas da OFZ referentes ao ano de 2021

Tabela 7 - Dados para composição de mapas e gráficos

Municípios	Focos (2010 - 2020)	Área (Km²)	Focos por Km² (2010 - 2021)	Denúncias (2021)	Rondas (2021)
Areal	55	110,724	0,497	1	-
Bom Jardim	82	382,43	0,214	4	-
Cachoeiras de Macacu	77	954,749	0,081	5	26
Cantagalo	93	747,21	0,124	3	-
Carmo	28	305,749	0,092	3	7
Cordeiro	3	113,048	0,027	3	-
Duas Barras	20	379,619	0,053	-	-
Guapimirim	49	358,443	0,137	-	-
Macuco	7	78,364	0,089	3	-
Nova Friburgo	188	935,429	0,201	14	26
Petrópolis	242	791,144	0,306	13	40
Santa Maria Madalena	41	810,963	0,051	2	23
São José do Vale do Rio Preto	100	220,178	0,454	2	9
São Sebastião do Alto	68	397,214	0,171	-	-
Sapucaia	141	540,673	0,261	1	-
Sumidouro	59	413,407	0,143	-	13
Teresópolis	197	773,338	0,255	4	68
Trajano de Moraes	67	591,151	0,113	-	-
Três Rios	189	322,843	0,585	5	-

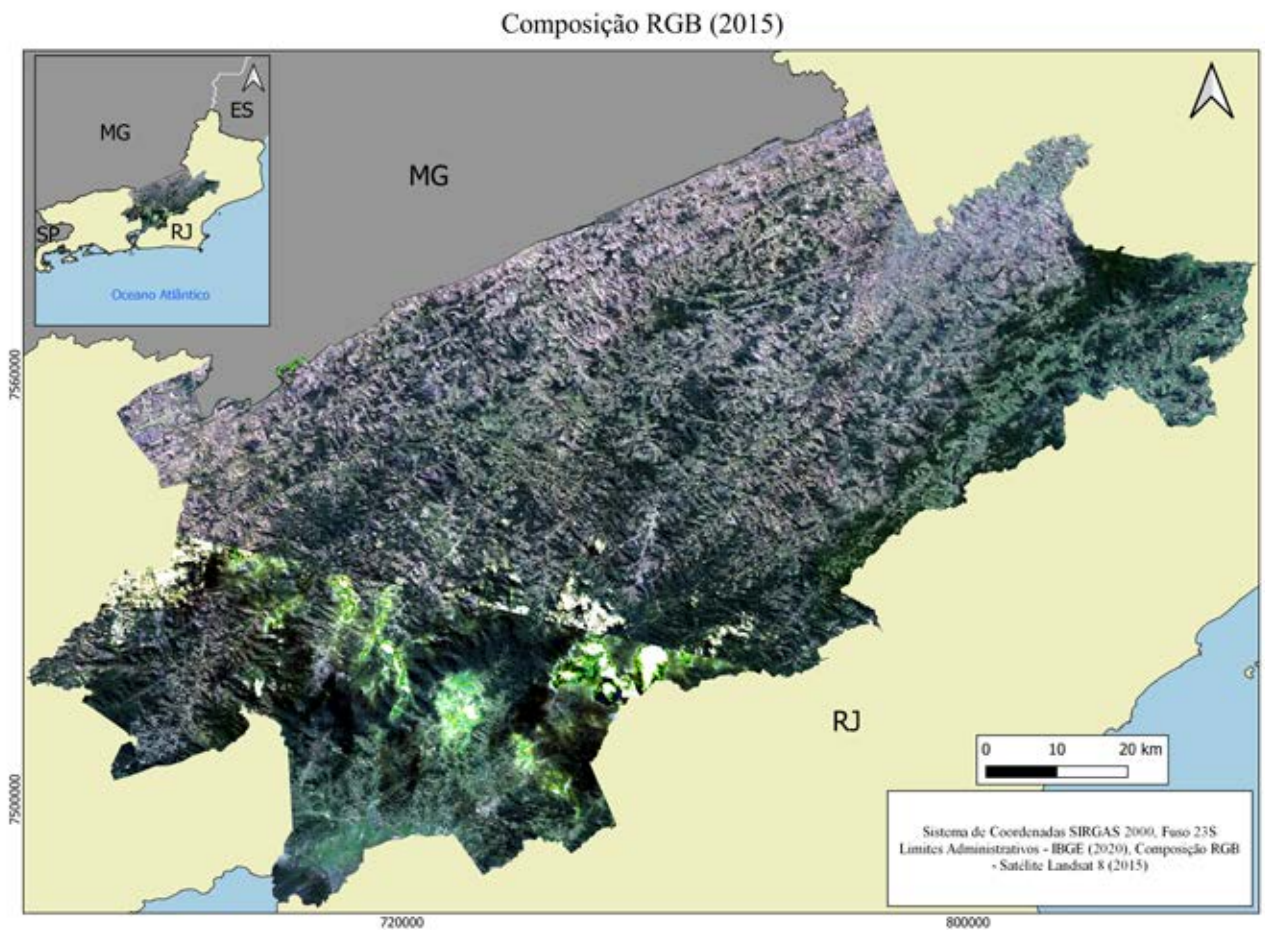
Fonte: próprio autor

10.2. Composições de Cores Reais

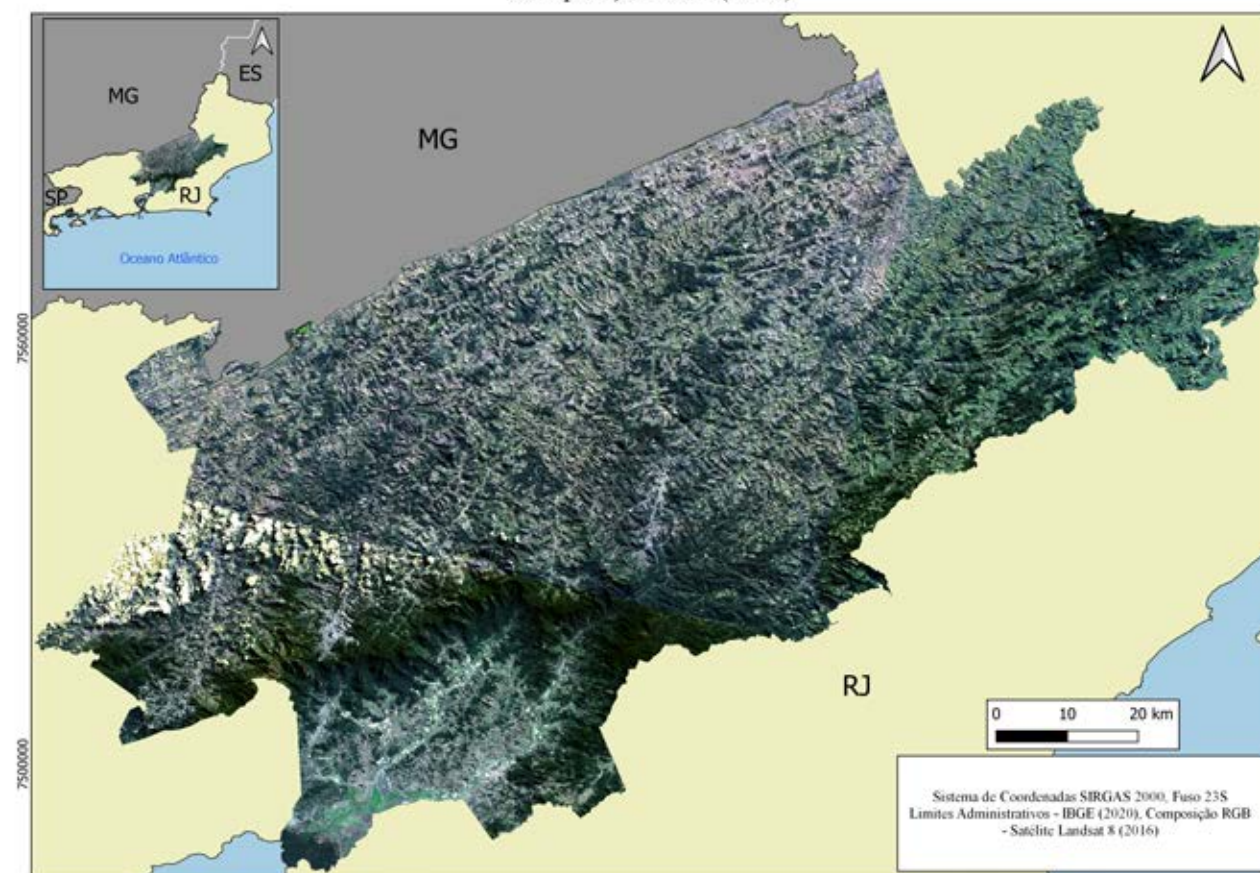
Composição com as bandas 432

As composições RGB (Red, Green e Blue) são resultado da combinação entre as bandas vermelhas (red), verde (green) e azul (blue), formando uma imagem de cor real da região. Para a análise atual foram criadas as composições desde o ano de 2015 até 2021, como representado a seguir (Mapa 17). Dessa maneira, e através de interpretação visual em ambiente SIG, é possível identificar as mudanças que ocorreram ao longo dos anos na região.

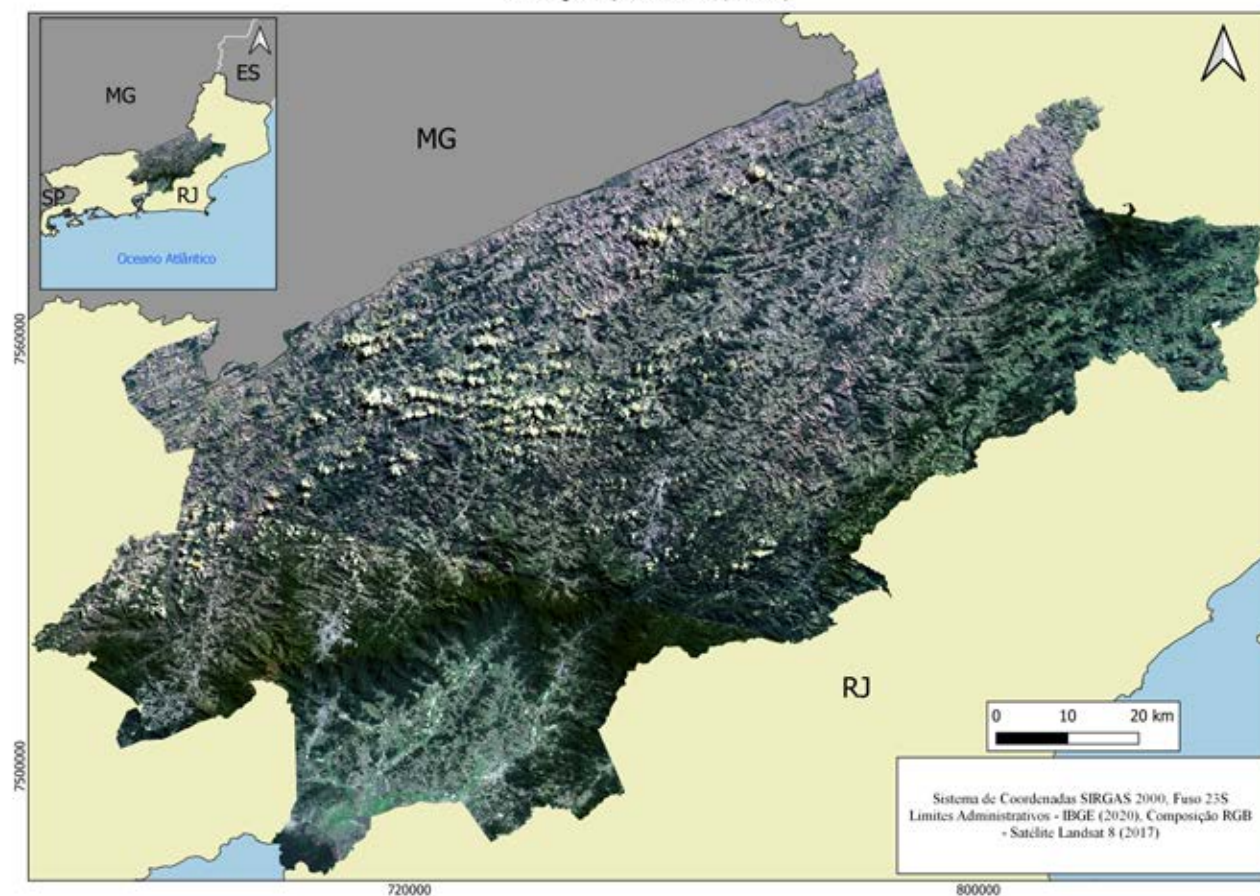
Mapa 17 Composição RGB (2015 – 2021)
Fonte: próprio autor



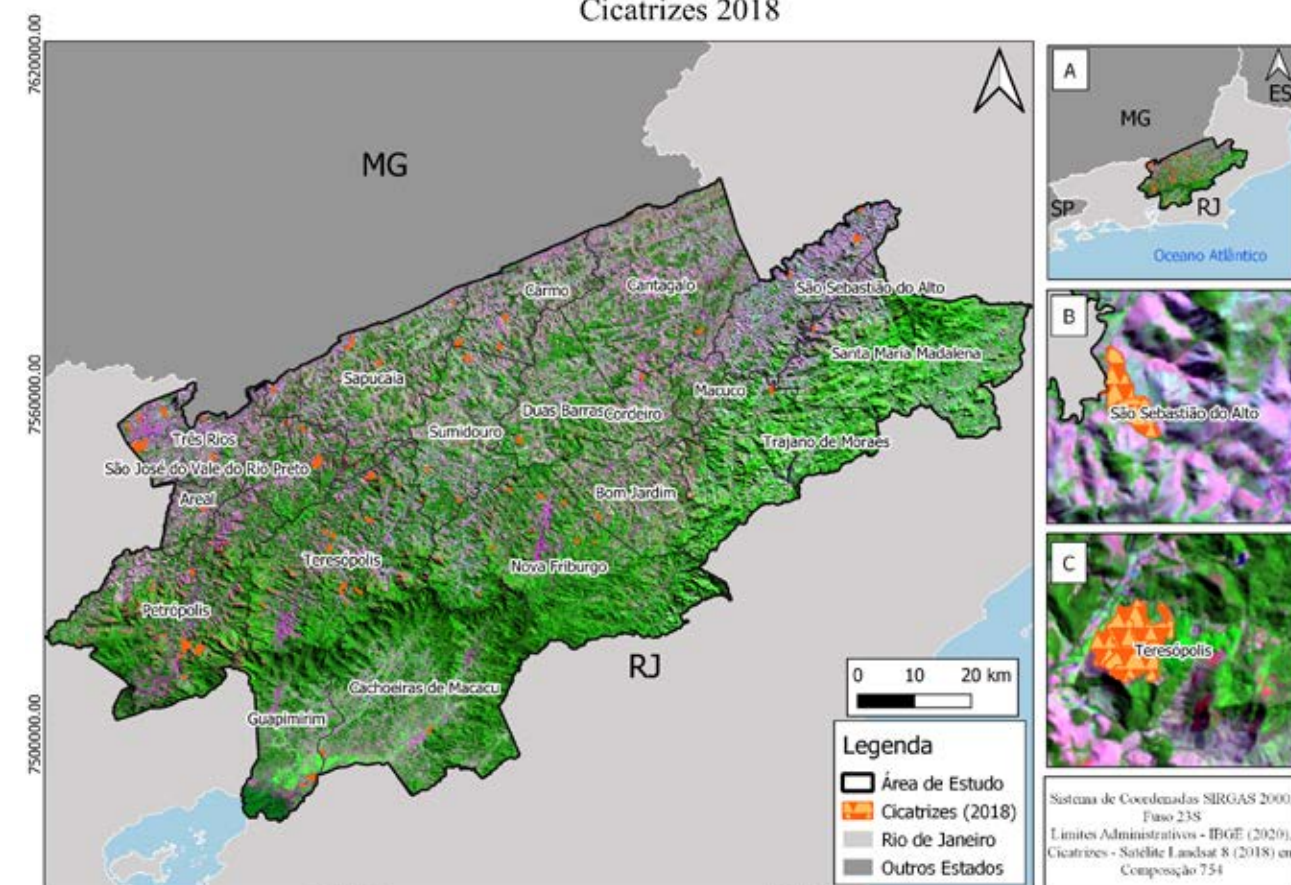
Composição RGB (2016)



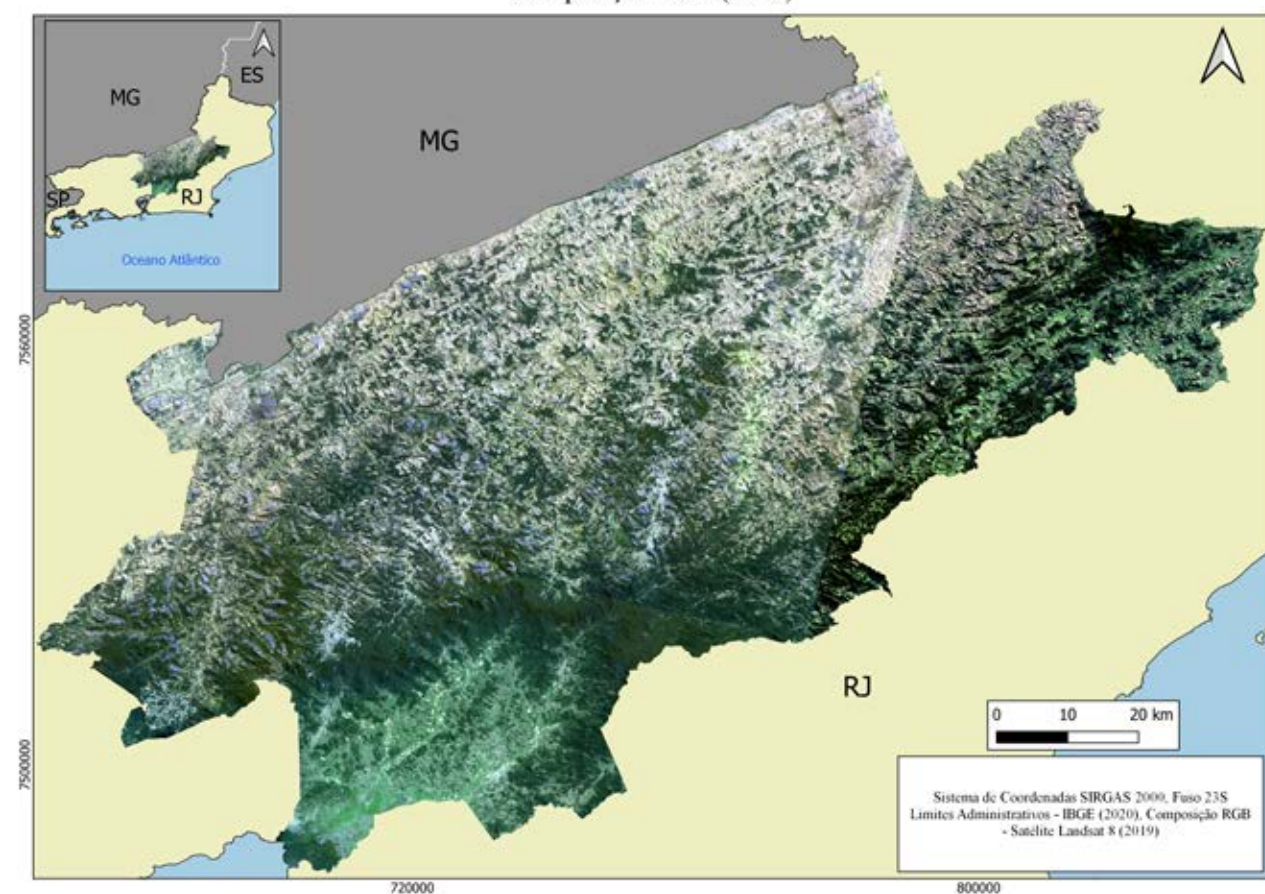
Composição RGB (2017)



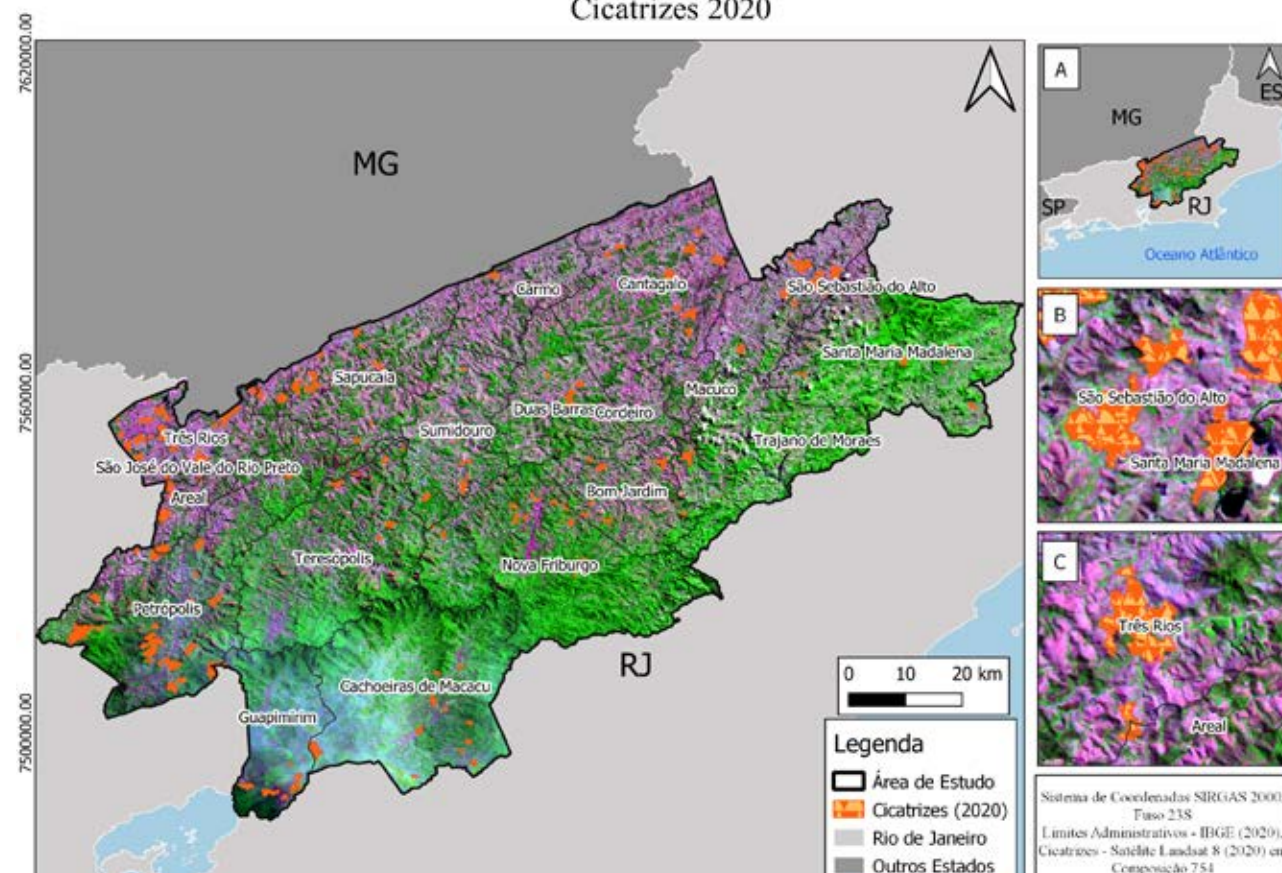
Cicatrizes 2018



Composição RGB (2019)



Cicatrizes 2020



Composição com as bandas 752

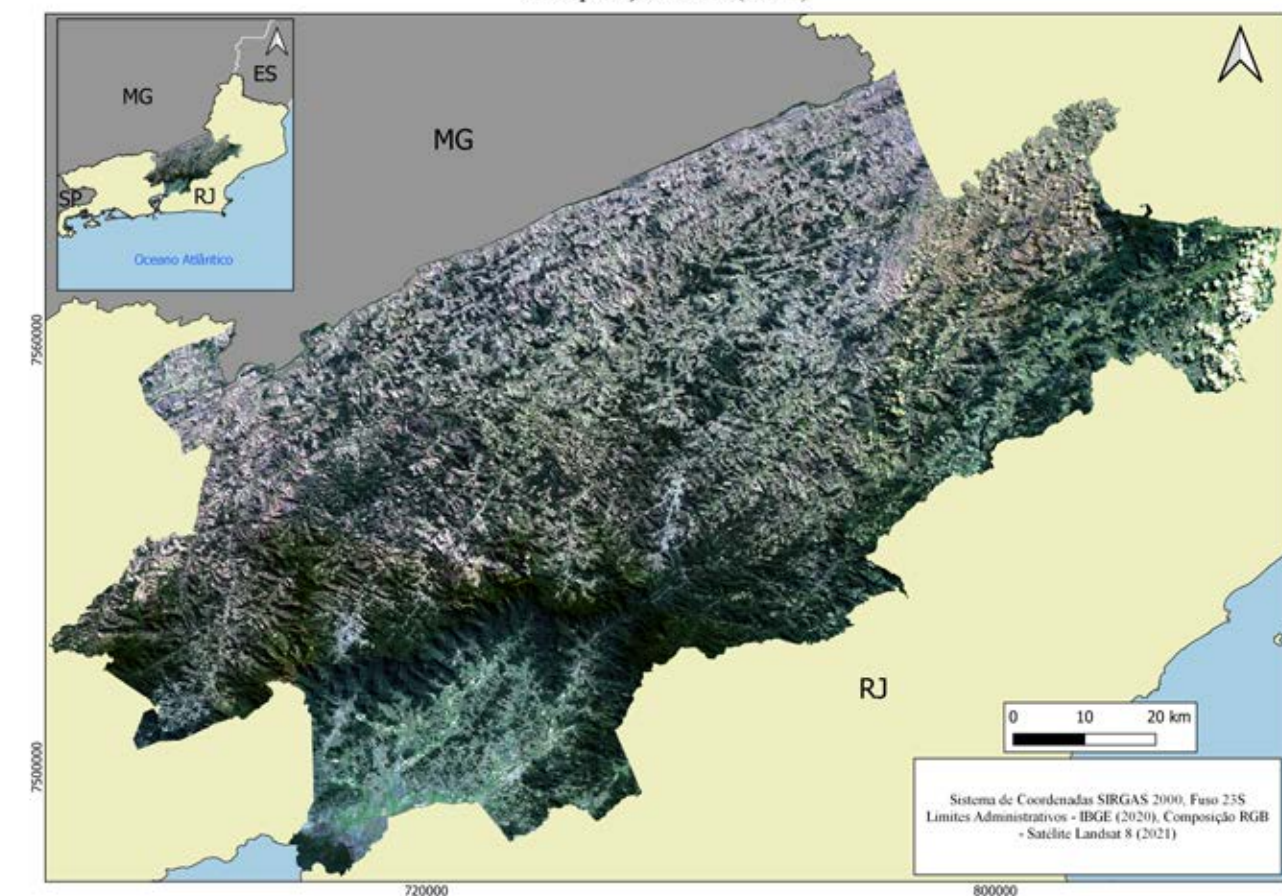
Essa combinação, também conhecida como falsa-cor, realça em roxo a regiões de solo exposto, indicativas de cicatrizes de queimadas ou afloramentos rochosos. Os mapas abaixo representam composição 752 em conjunto com os focos de calor, fornecidos pelo BDQueimadas (INPE, [s.d.]) e simbolizados pelos pontos amarelos no Mapa 18. É possível observar uma indicação da localização de incêndios na área.

Os mapas de nomenclatura “A” apresentam uma visão ampliada da região, para a mais fácil localização no panorama geral brasileiro. Já os mapas “B” e “C” são exemplos de localizações, segundo o critério acima, apontando as áreas de prováveis ocorrências de incêndios, como pode ser observado a seguir.

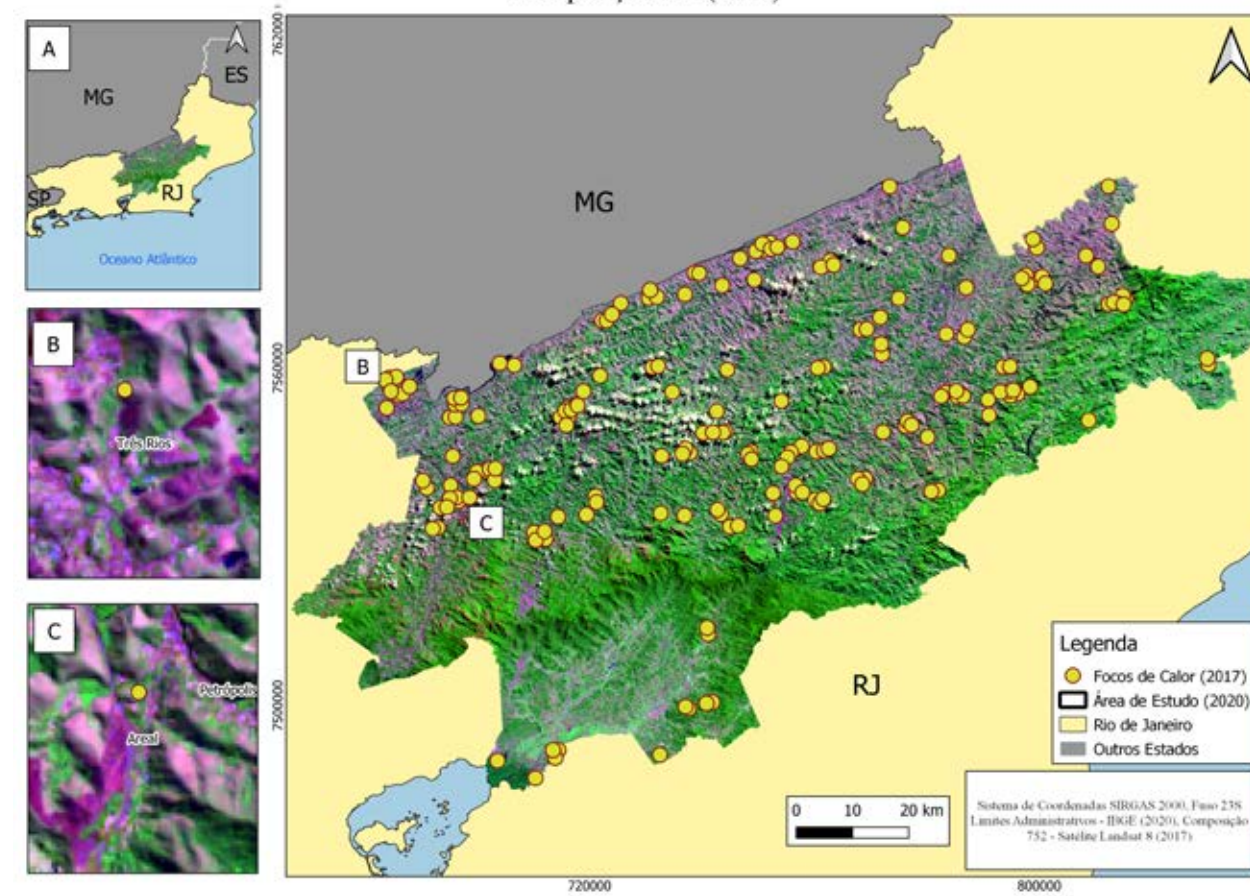
Mapa 18 - Composição 752 (2017 – 2021)

Fonte: próprio autor

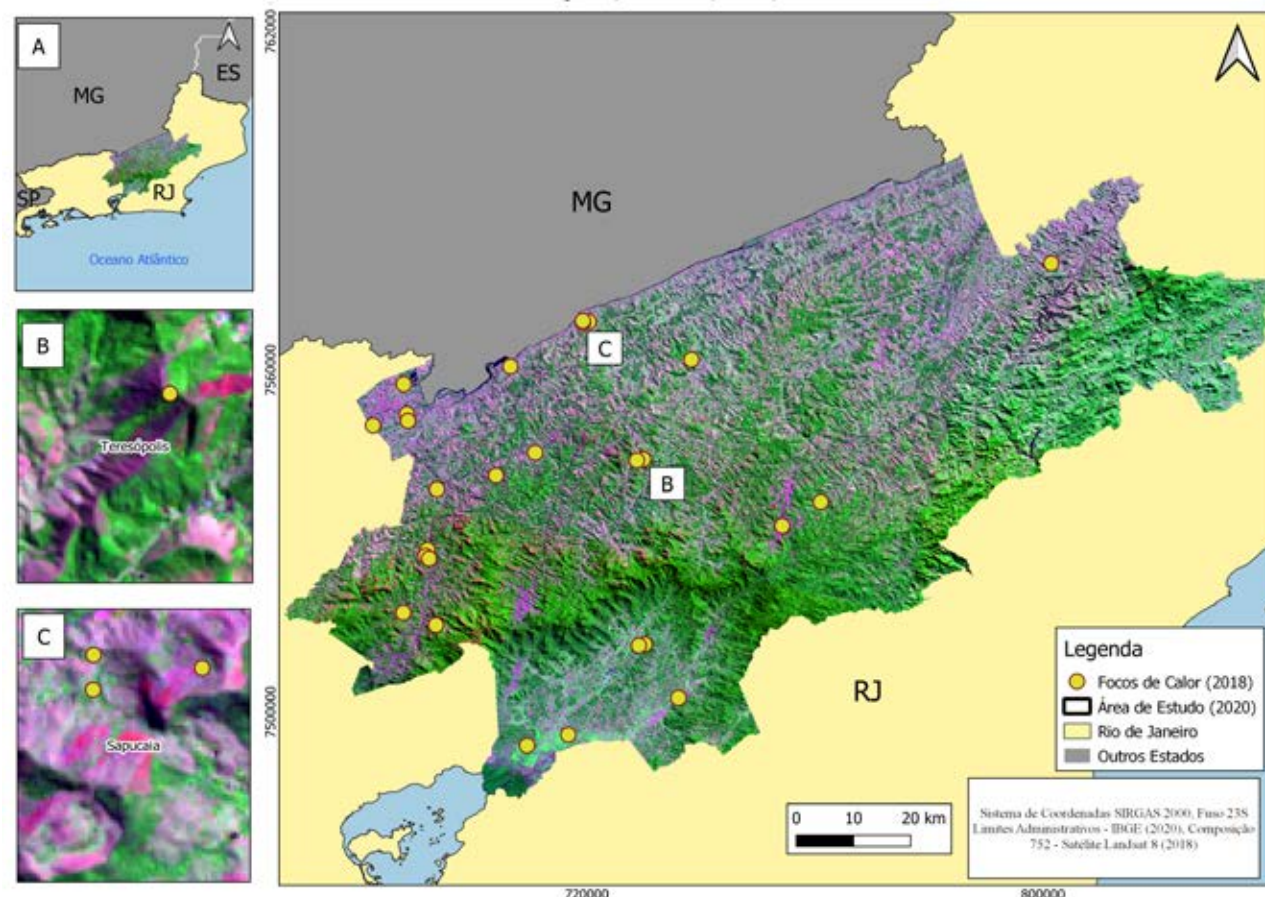
Composição RGB (2021)



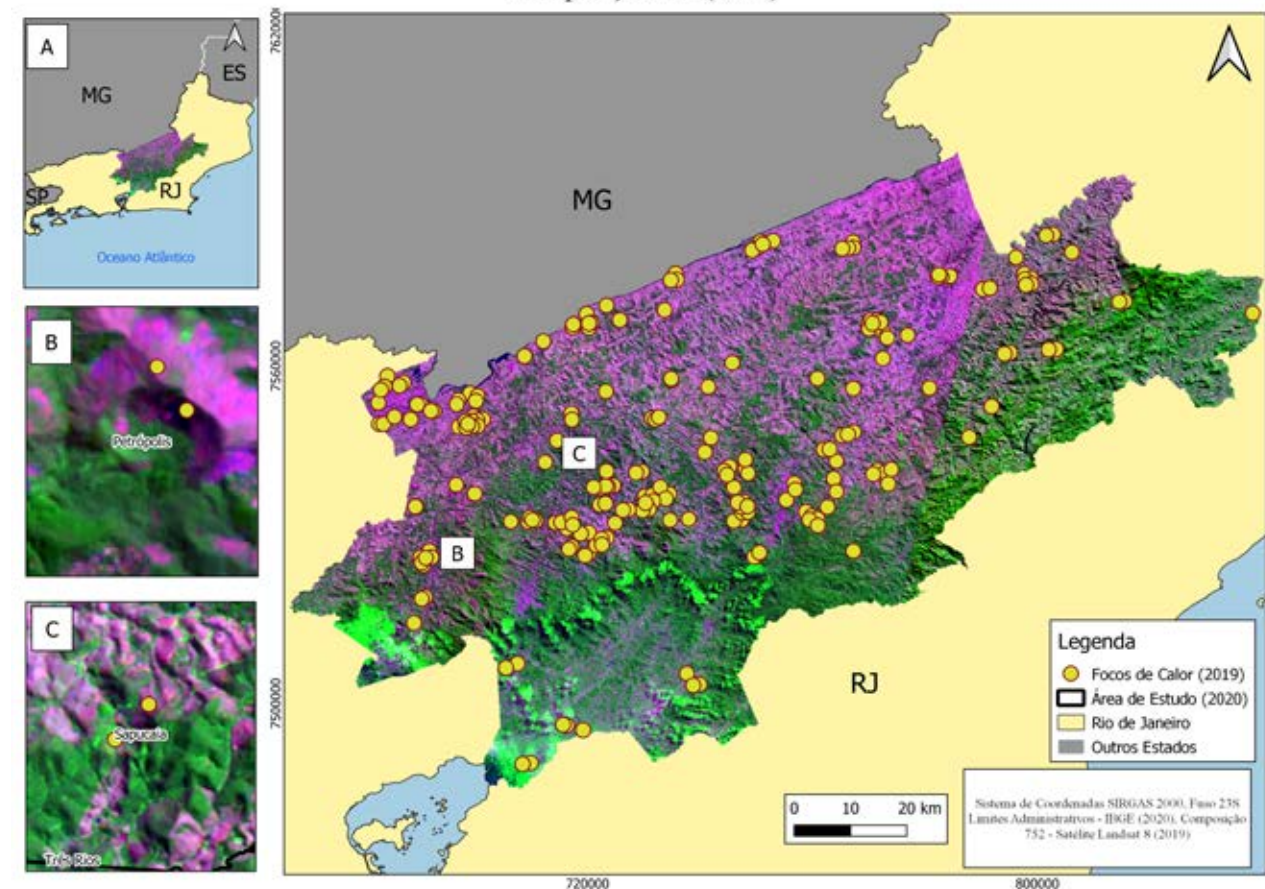
Composição 752 (2017)



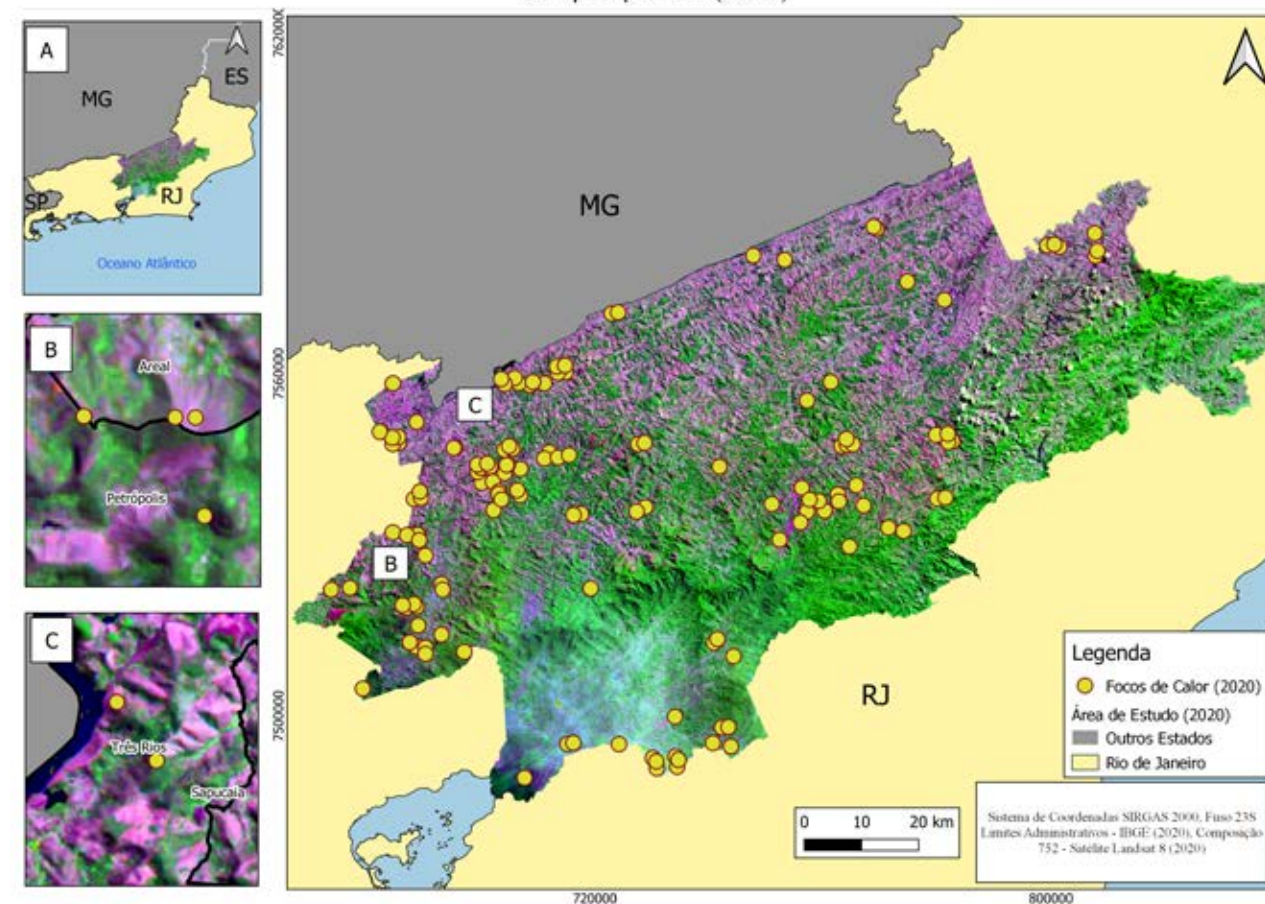
Composição 752 (2018)



Composição 752 (2019)



Composição 752 (2020)



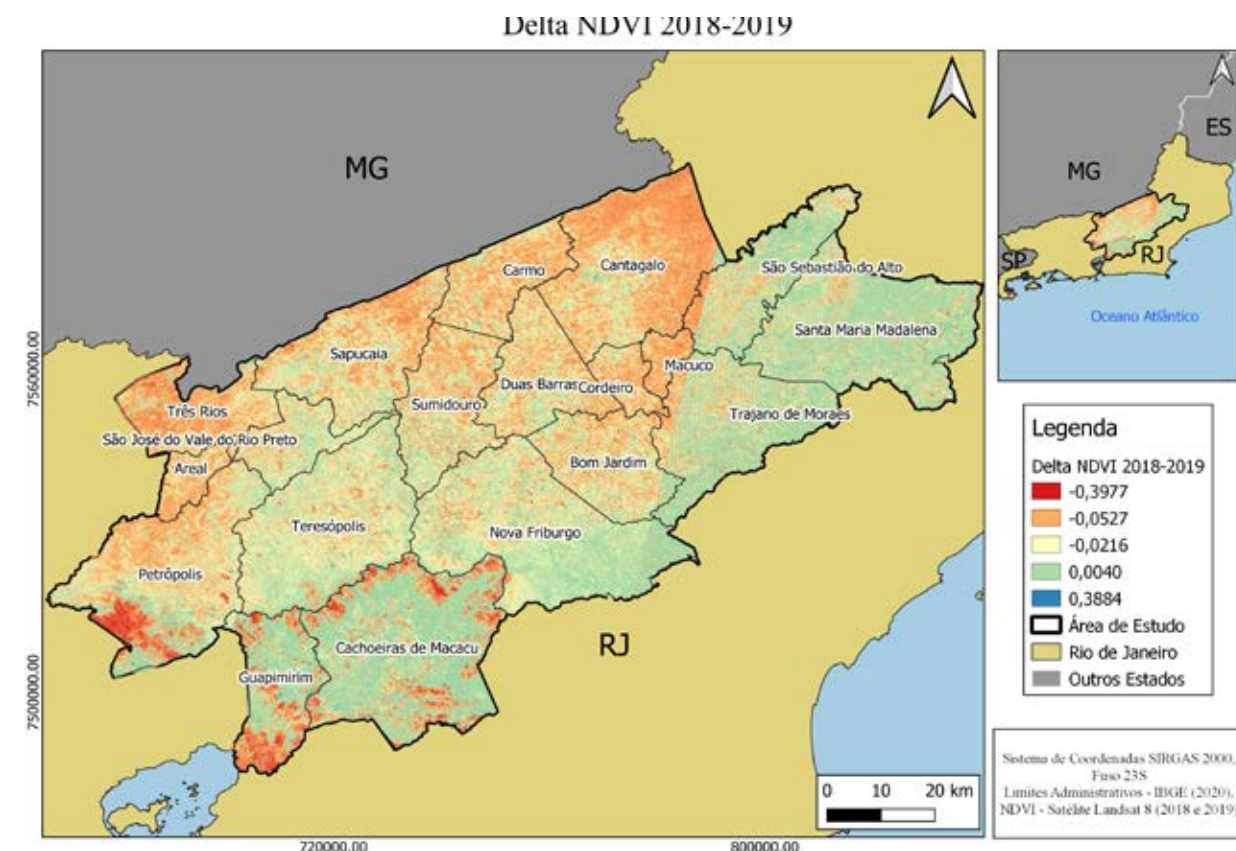
A validação dos incêndios foi realizada a partir dos dados de focos de calor sobrepostos às composições RGB das imagens do satélite Landsat 8, sendo elas 4-3-2 (cores reais), que indica a imagem com a coloração natural, 7-5-2 (falsa-cor 1) e 7-5-4 (falsa-cor 2), cujas respostas espectrais facilitam a localização por fotointerpretação das áreas queimadas.

10.3. Delta NDVI

Analisando a equação 4 e o significado dos valores do NDVI, sabemos que os valores ΔNDVI negativos significam que $\text{NDVI}_{\text{inicial}} > \text{NDVI}_{\text{final}}$ ou então ambos os valores de NDVI já eram negativos, delatando uma perda de biomassa vegetativa nessa região para esse horizonte de tempo ou uma manutenção de regiões onde já não havia biomassa de vegetação. Quanto mais negativo, e, portanto, mais perto do vermelho, menor a detecção de vegetação.

Já ΔNDVI positivos são derivados de $\text{NDVI}_{\text{inicial}} < \text{NDVI}_{\text{final}}$, demonstrando um ganho de biomassa naquela região ou manutenção de áreas com NDVI positivo, que já possuíam vegetação sadia, nas áreas em verde e principalmente nas em azul.

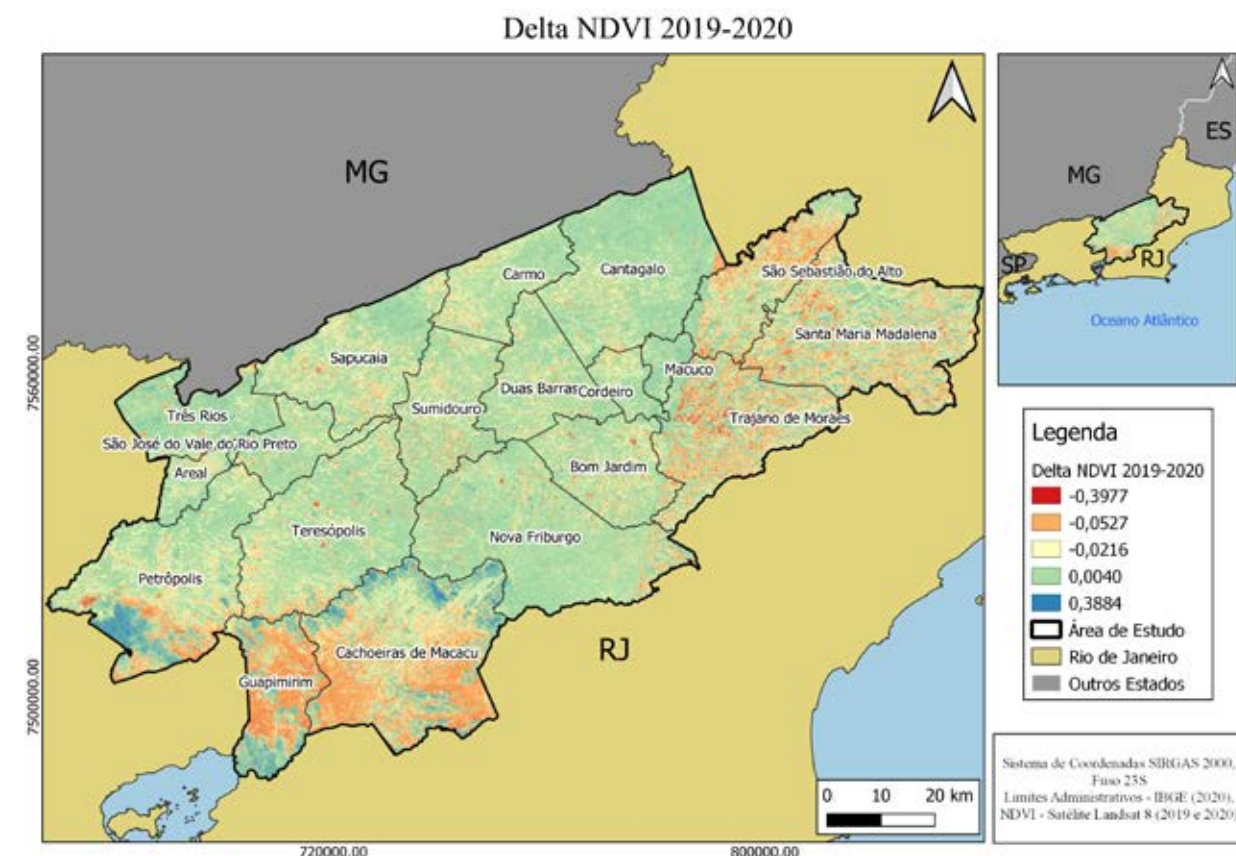
Como é exibido abaixo, nos Mapas 19, 20, 21 e 22, os municípios mais a noroeste da região de estudo (na divisa com Minas Gerais) apresentaram NDVI mais negativos, comparados aos municípios do centro do estado em todos os anos da análise.

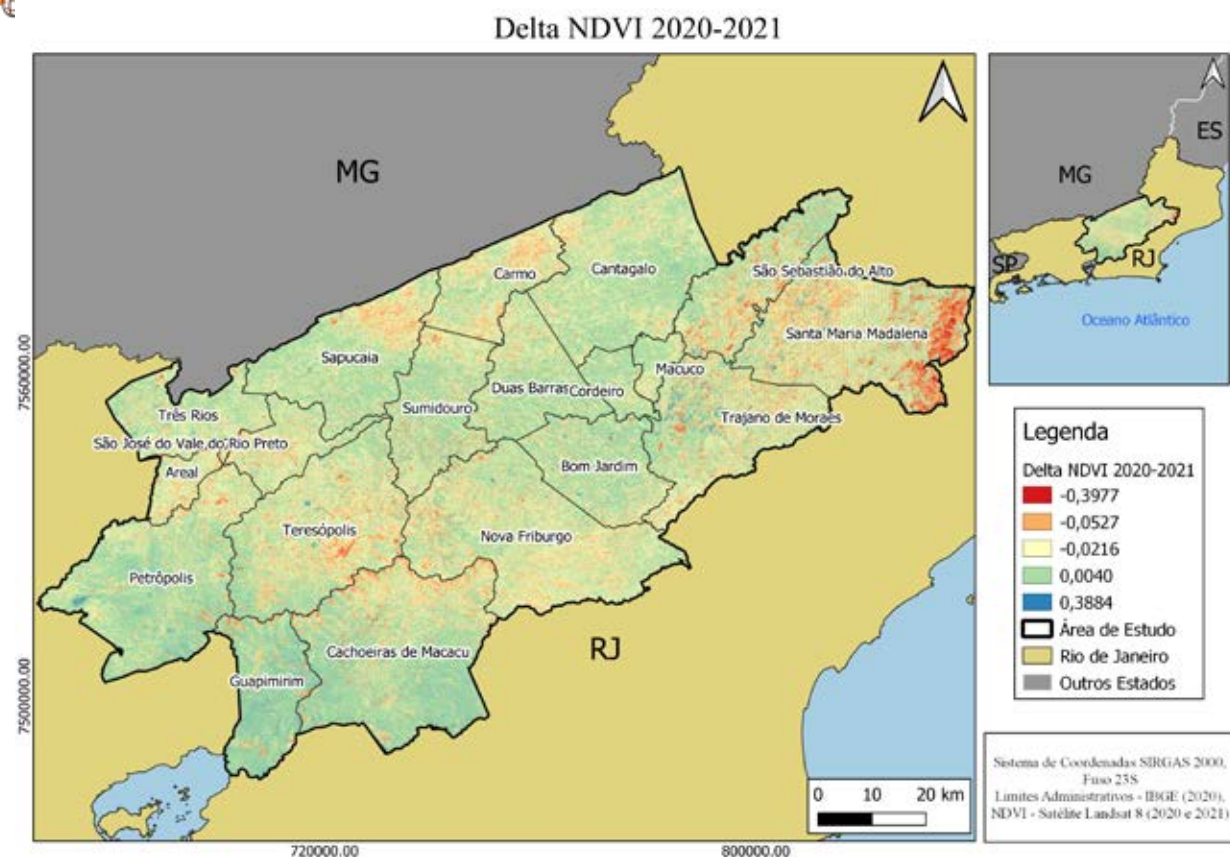


Mapa 19 - Delta NDVI entre os anos 2018 e 2019

Fonte: próprio autor

Mapa 20 - Delta NDVI entre os anos 2019 e 2020

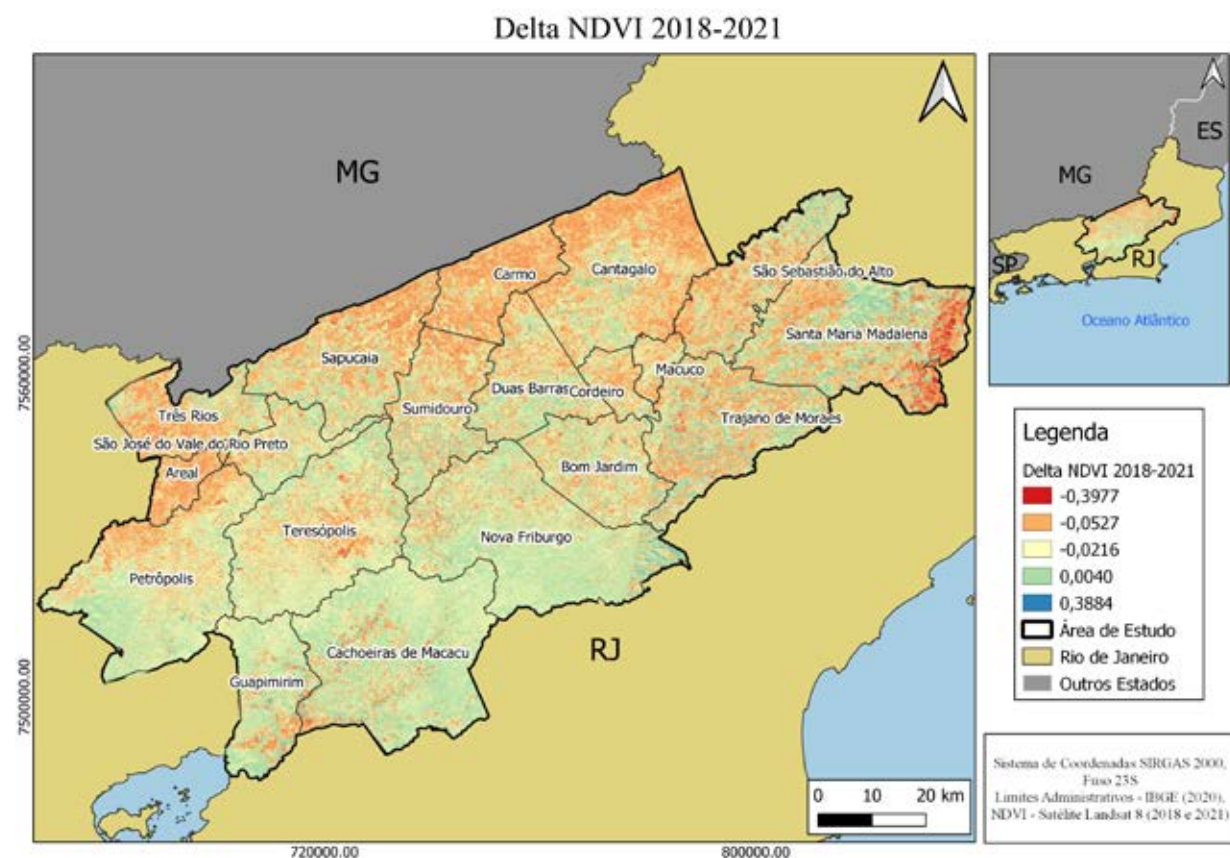




Mapa 21 - Delta NDVI entre os anos 2020 e 2021

Fonte: próprio autor

Mapa 22 - Delta NDVI entre os anos 2018-2021

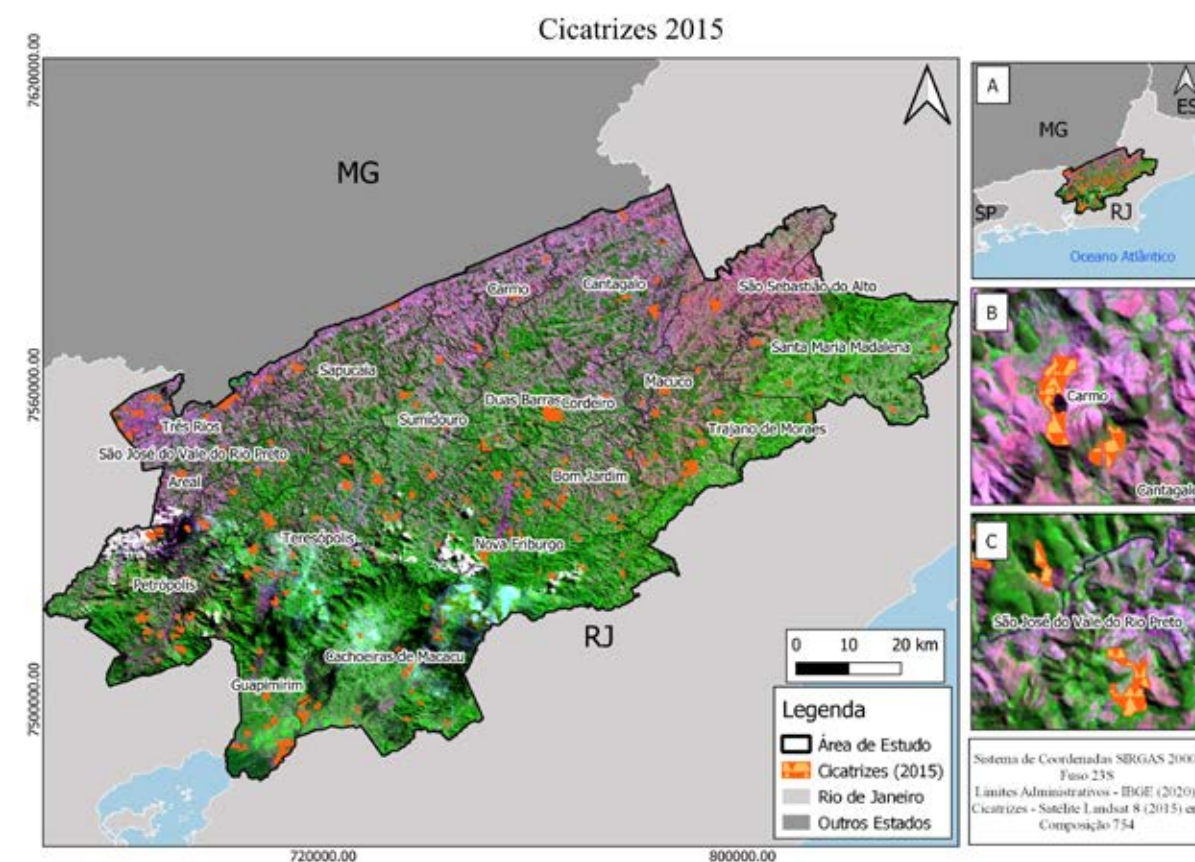


10.4. Cicatrizes (2015-2020)

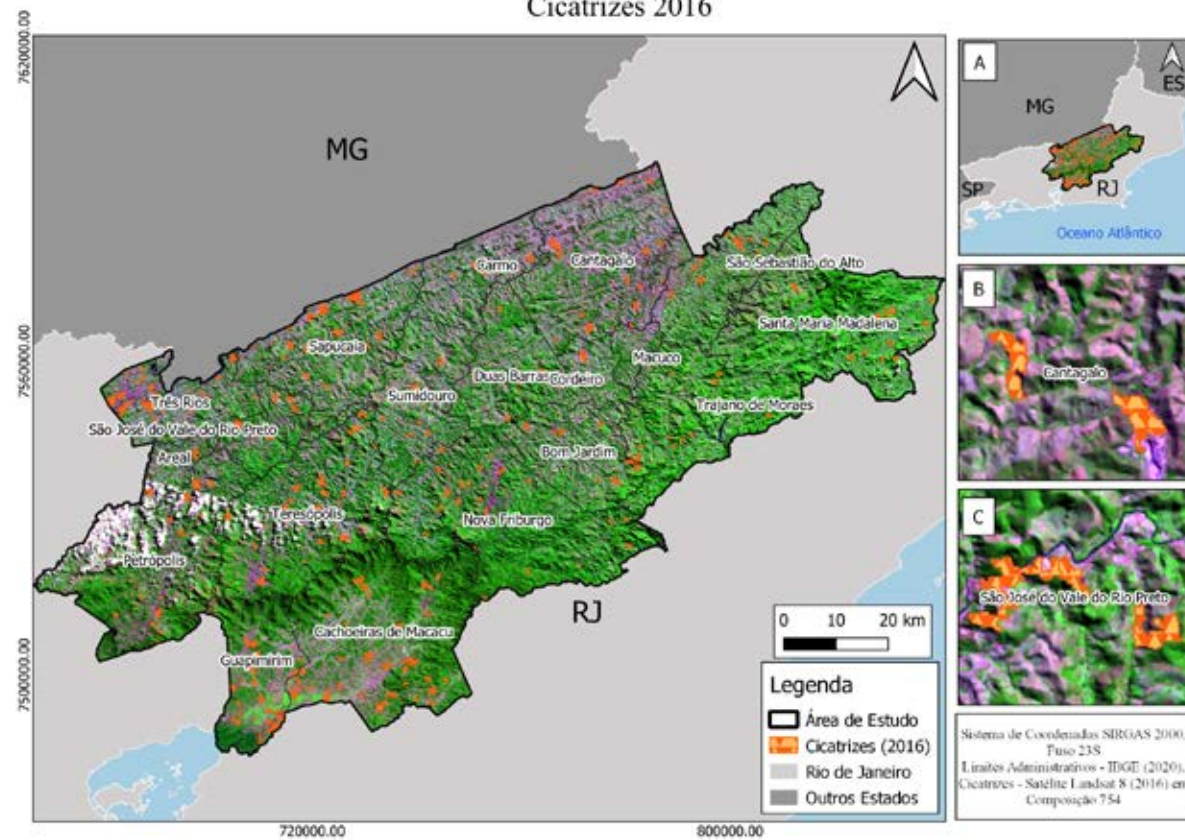
Nos mapas abaixo se encontram as cicatrizes dos anos 2015 a 2020 e o período de seca de 2021. Os mapas nomeados de “A” são uma visualização em menor escala para melhor localização da área. Já os mapas “B” e “C” são exemplos com uma escala cartográfica maior, para os respectivos anos, de cicatrizes na região de estudo.

Mapa 23 - Mapas de cicatrizes (2015-2021)

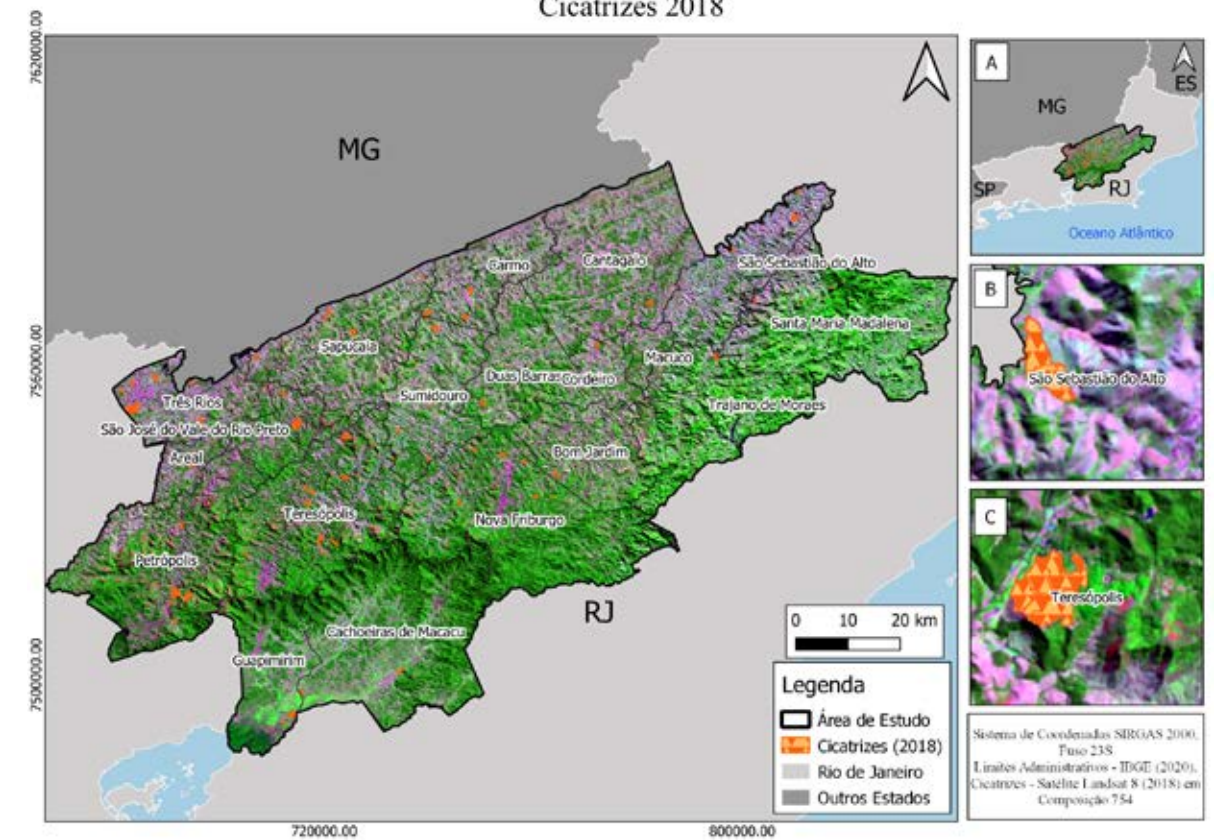
Fonte: próprio autor



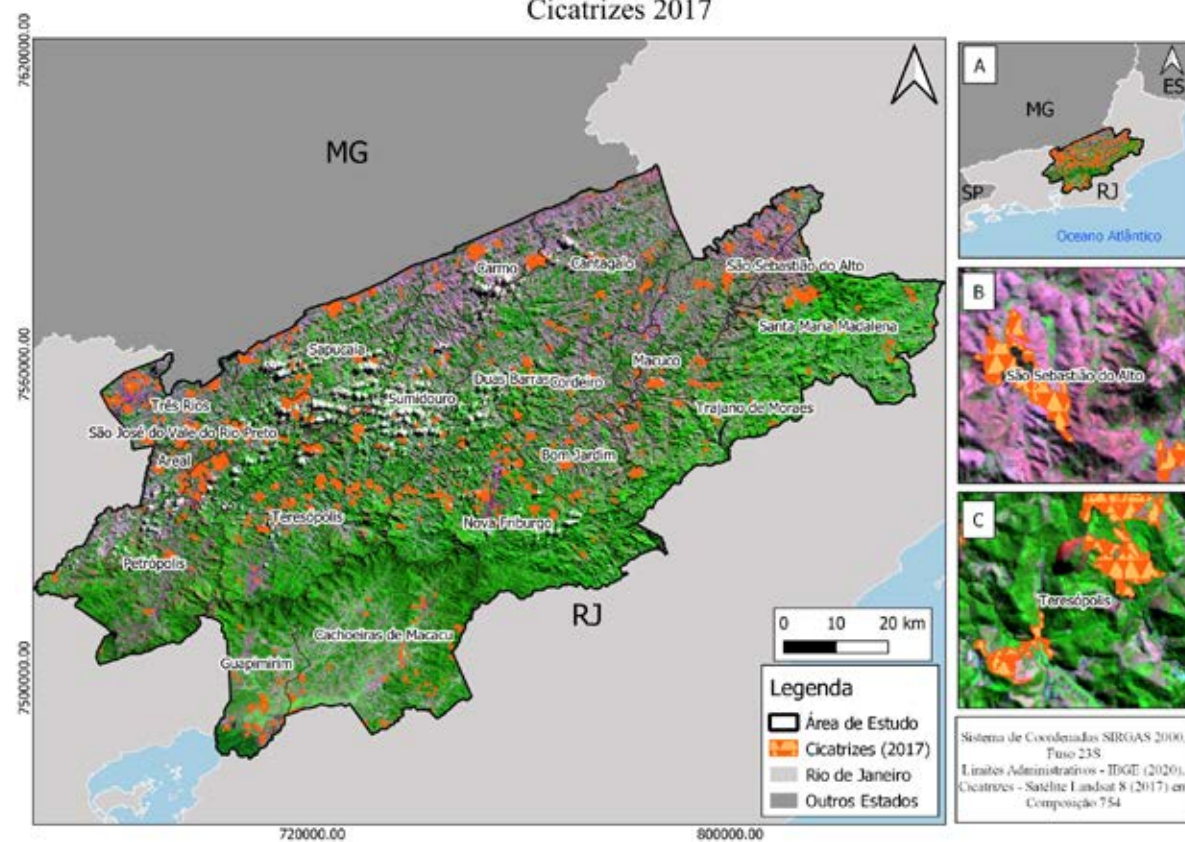
Cicatriz 2016



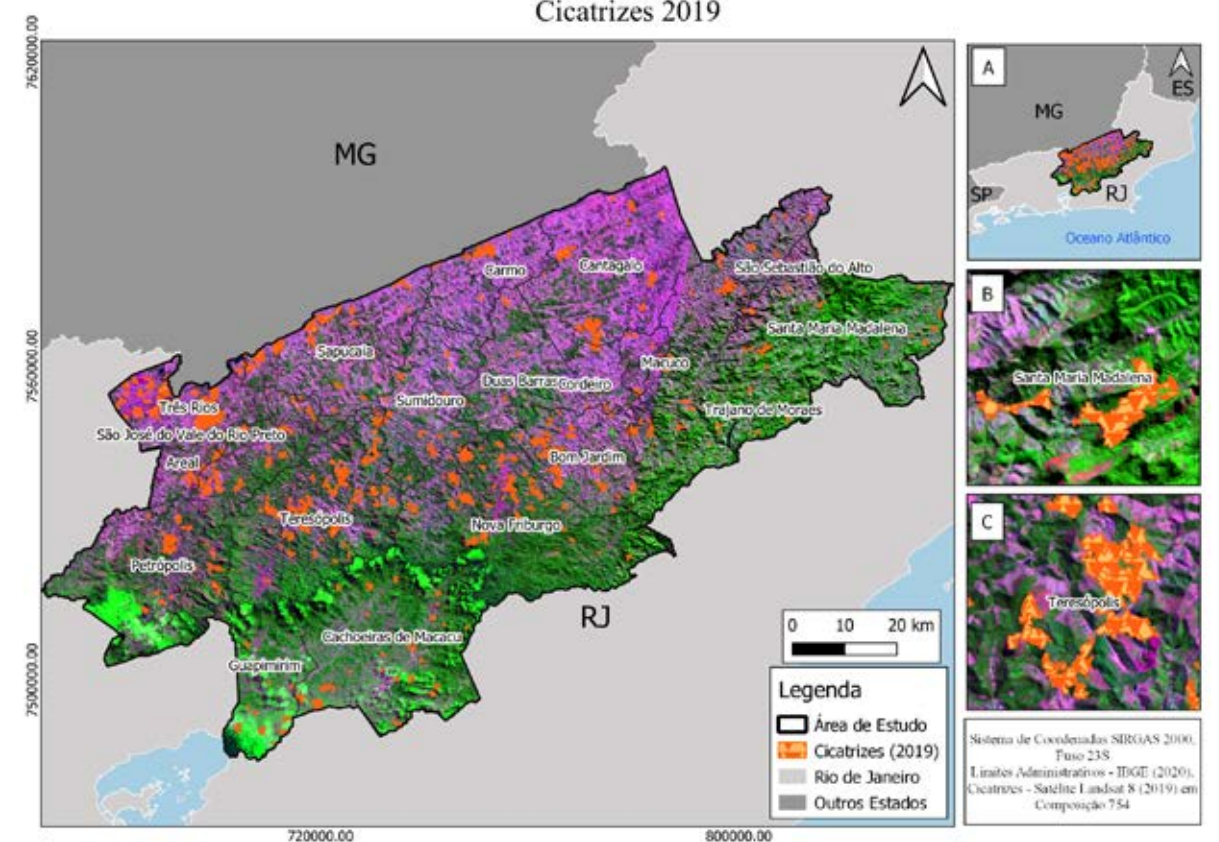
Cicatriz 2018

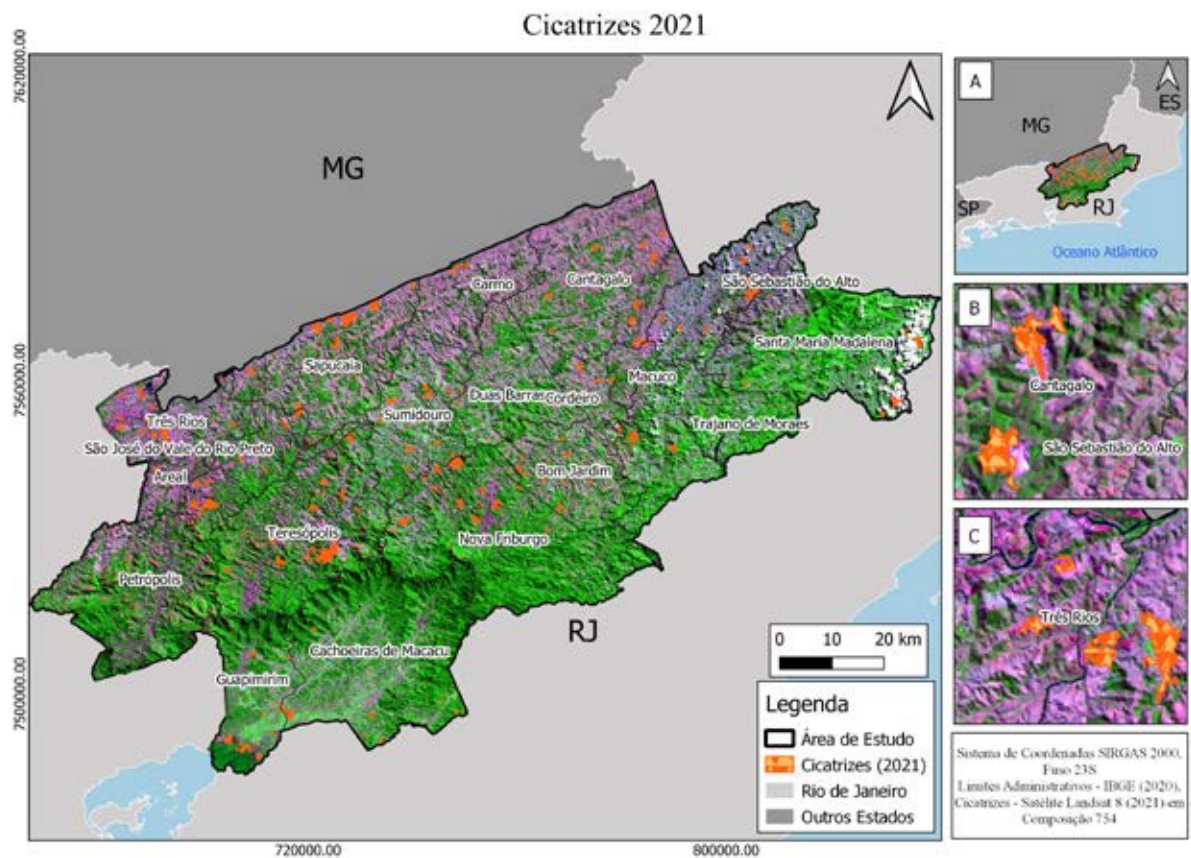
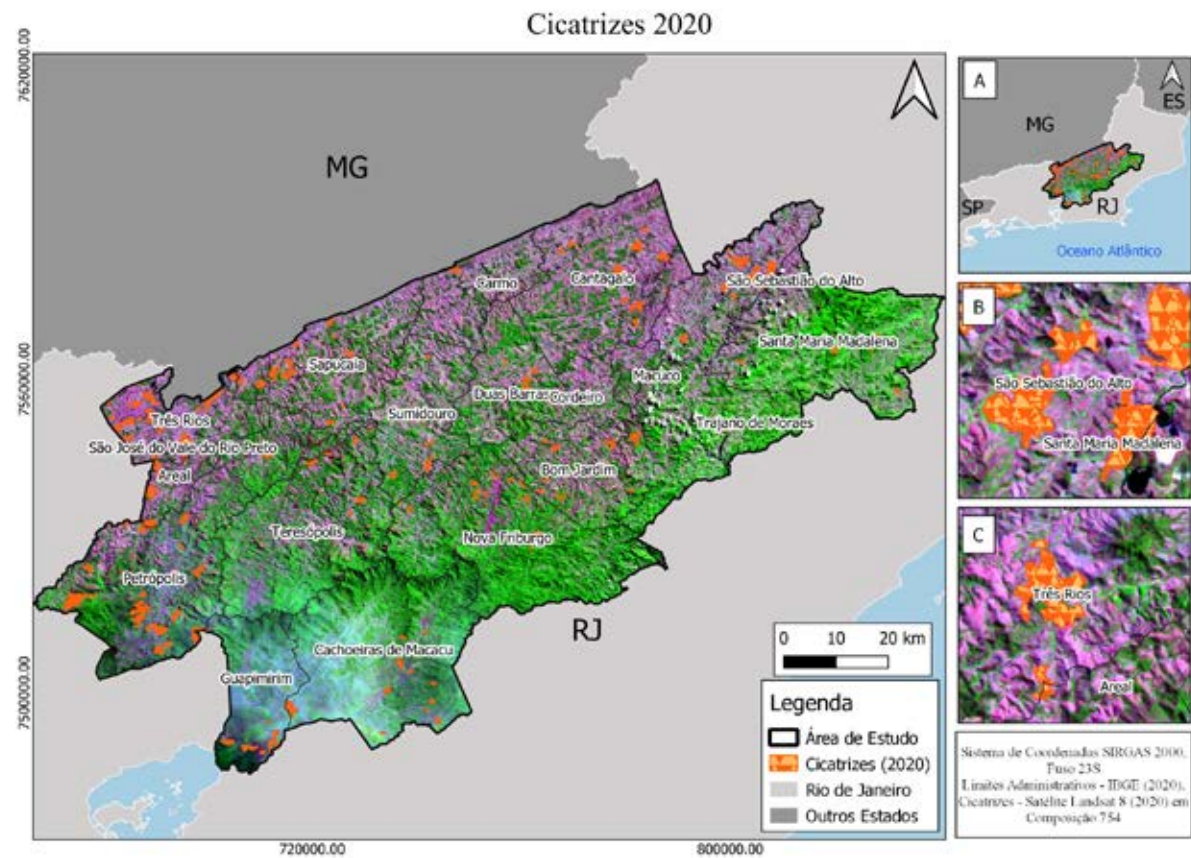


Cicatriz 2017



Cicatriz 2019





Através do cálculo das áreas das cicatrizes é possível saber a progressão das queimadas na região. O ano com maior pico de queimadas e com maior área queimada dentro de Unidades de Conservação (UCs), segundo a análise desse trabalho, foi 2019, seguido por 2017 e 2020, como é demonstrado abaixo, na Tabela 8.

Tabela 8 - Áreas de cicatrizes por ano total e dentro de UCs

Ano	Área Queimada (em hectares)	
	Total	Dentro de UCs
2015	11739,51	3996,44
2016	10615,95	3303,77
2017	24895,98	6028,96
2018	2884,50	1215,46
2019	25199,10	7510,42
2020	12010,34	5825,67
2021	8389,71	2437,10

Fonte: próprio autor

Ao todo são estimados 95.735 mil hectares de áreas foram queimadas em um intervalo de 7 anos (2015-2021) na área de estudo de 19 municípios analisados. Do total, 30.317 mil hectares, ou 31,66%, se encontram em Unidades de Conservação no estado do Rio de Janeiro. Ao todo, 79 UCs de diferentes esferas administrativas foram impactadas.

Das áreas queimadas em UCs foram identificadas as classes de vegetação natural referentes a formação florestal. Desse modo, foi possível identificar um total de 8.343,82 hectares de floresta queimadas dentro das Unidades de Uso Sustentável,

bem como 701,98 hectares de floresta queimadas em Unidades de Proteção Integral.

10.5. Análise do Cruzamento de Dados

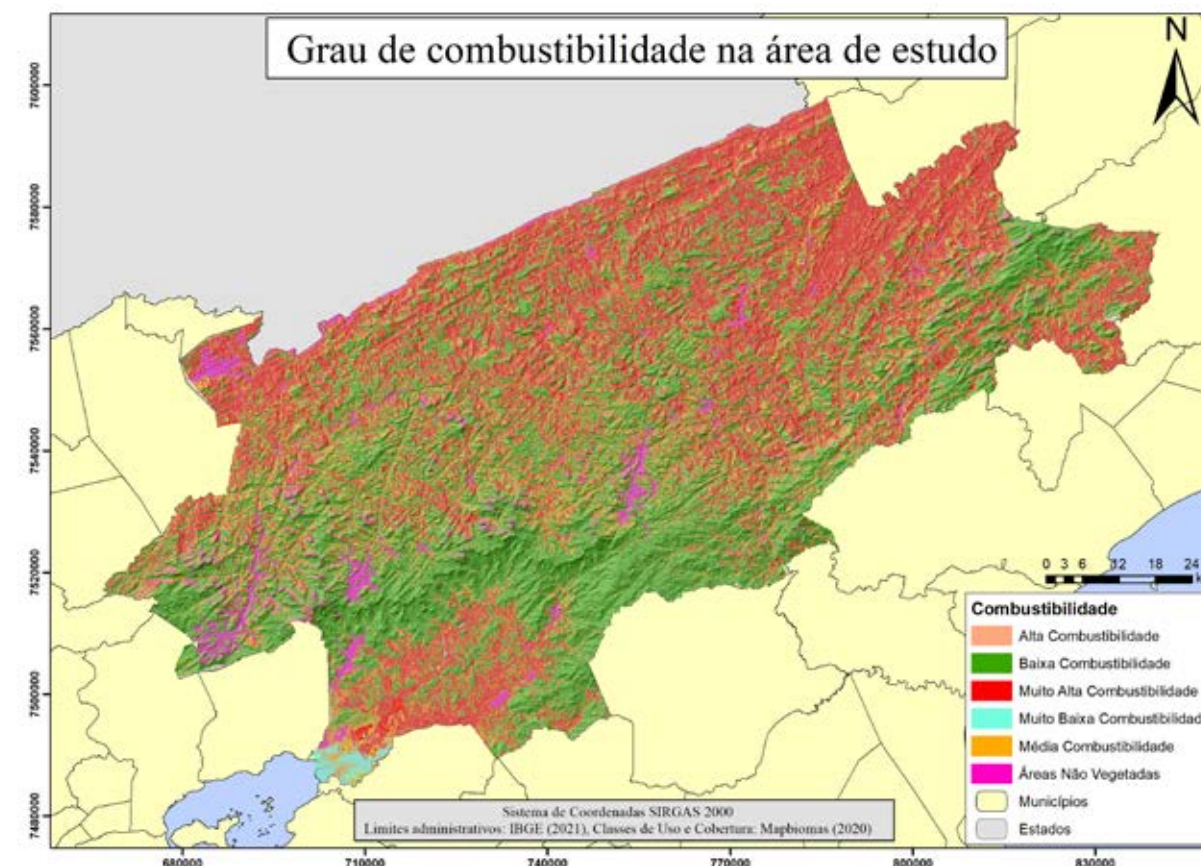
Como mencionado no Capítulo 9 deste relatório, o cruzamento de dados permeou a duração do projeto inteiro, corroborando fortemente na validação e interpretação final dos resultados apresentados neste capítulo.

Um exemplo válido a ser mencionado é o de análises das áreas queimadas. Neles, a junção entre Imagem Falsa Cor (754) + Imagem de Cor Real + Focos de Incêndio VIIRS\ NPP + Segmentação sobrepostos em ambiente SIG (software QGIS 3.16) permitiram a extração com grau alto de confiança do total de áreas impactadas pelo fogo dentro de um período de 7 anos.

10.6. Mapas combustibilidade, susceptibilidade e risco

Combustibilidade

No Mapa 24 é possível observar o grau de combustibilidade de toda a área de estudo. Percebe-se que grande parte da área possui combustibilidade muito alta (em vermelho) ou baixa (em verde), com algumas regiões em rosa, que constituem as regiões de áreas não vegetadas.



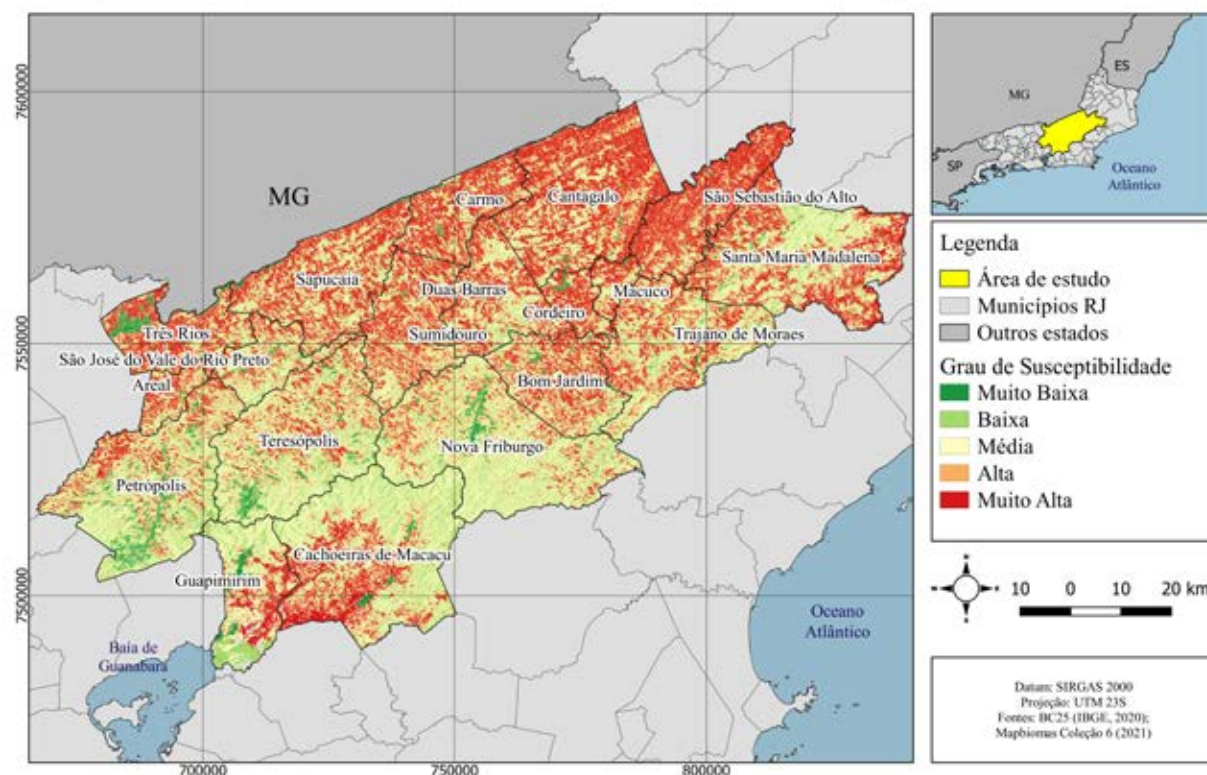
Mapa 24 - Grau de combustibilidade na área de estudo

Fonte: próprio autor

Susceptibilidade

A coloração vermelha no Mapa 25 representa as áreas mais suscetíveis à ocorrência de queimadas, enquanto nas áreas em verde a susceptibilidade é menor. Já as em amarelo possuem os valores intermediários. É possível perceber que a área da região de estudo mais suscetível a incêndio se encontra mais ao norte da região de estudo, principalmente nos municípios de Cantagalo, São Sebastião do Alto, Cordeiro e Carmo.

Mapa de Susceptibilidade à Ocorrência de Incêndios nos Municípios da Área de Estudo

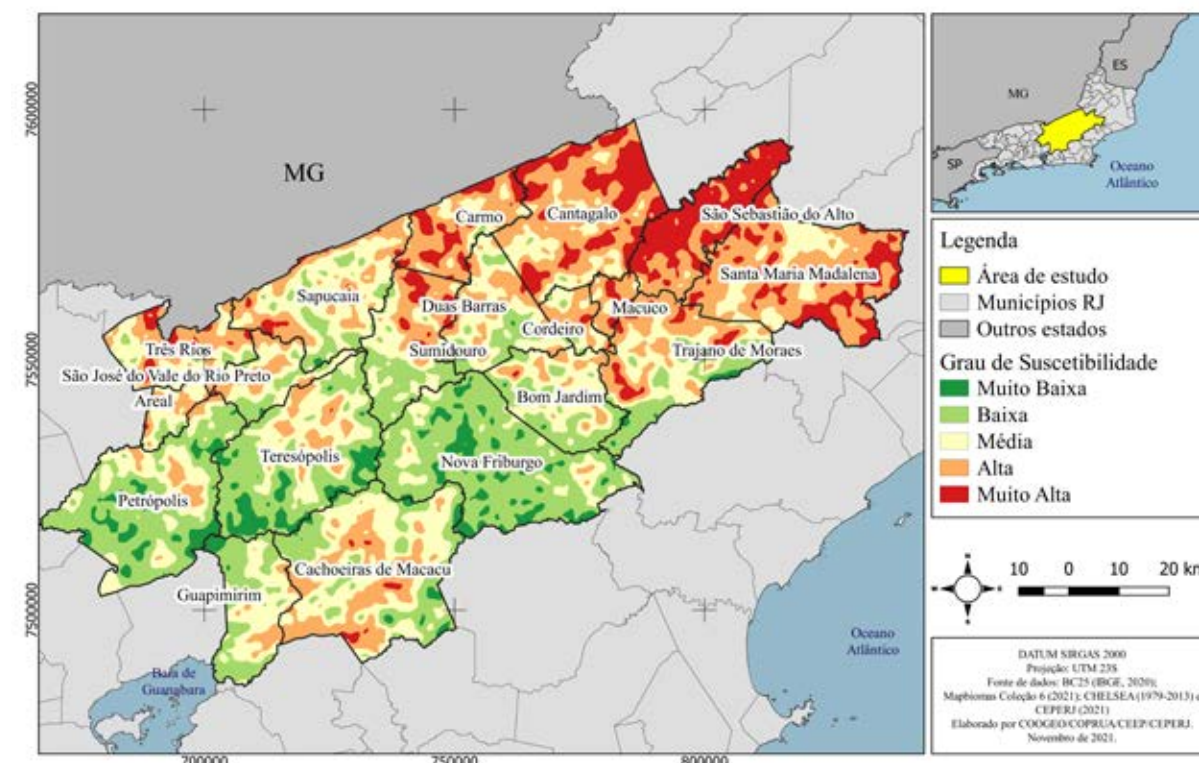


Mapa 25 - Susceptibilidade de acordo com a ocorrência de incêndios na área de estudo
Fonte: próprio autor

Os municípios que possuem grau de susceptibilidade mais baixa foram Petrópolis, Teresópolis e Nova Friburgo. É possível perceber que a região que toca a Baía de Guanabara e que possui mangue tem baixos graus de susceptibilidade a incêndios, uma vez que o habitat alagado diminui a probabilidade de ocorrências.

Além disso, considerando os dados de pluviosidade do banco de dados CHELSA, foram gerados também mapas sazonais de susceptibilidade (Mapa 26), representando as estações verão e inverno, respectivamente períodos úmidos e secos.

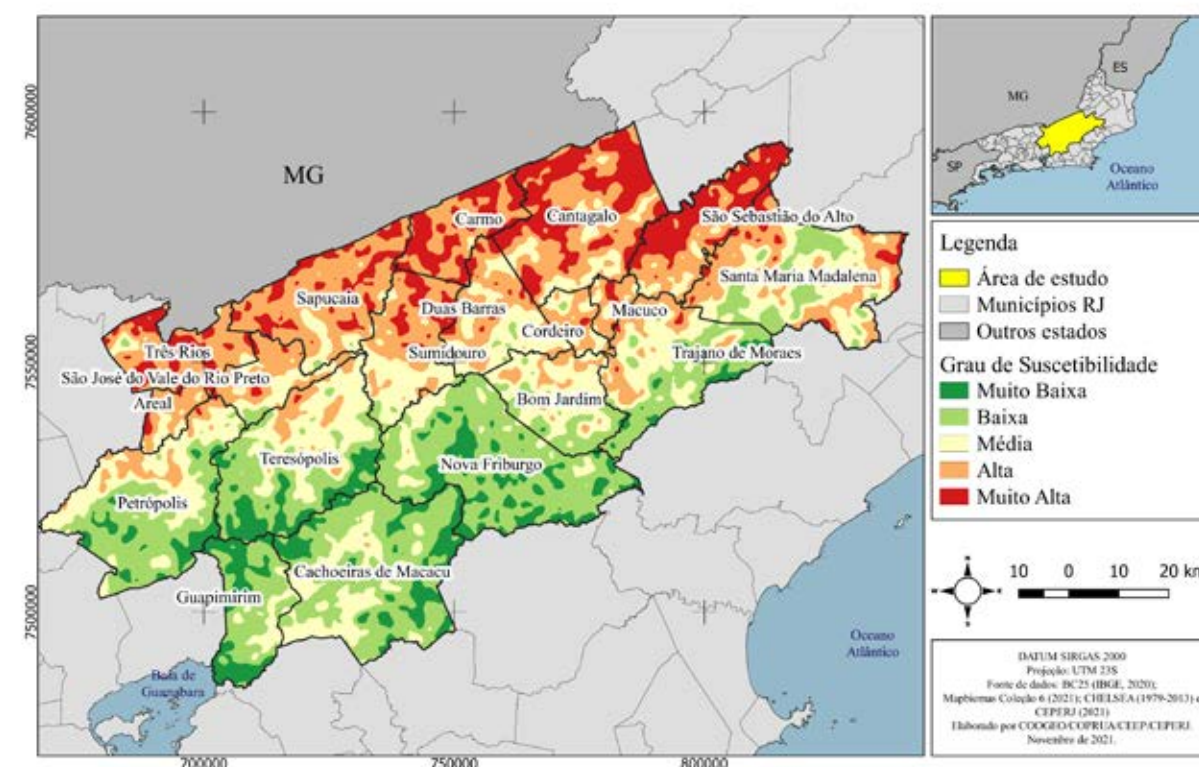
Suscetibilidade à Ocorrência de Incêndios no Período de Verão



Mapa 26 – Susceptibilidade à ocorrência de incêndios no verão
Fonte: próprio autor

Mapa 27 – Susceptibilidade à ocorrência de incêndios no inverno

Suscetibilidade à Ocorrência de Incêndios no Período de Inverno

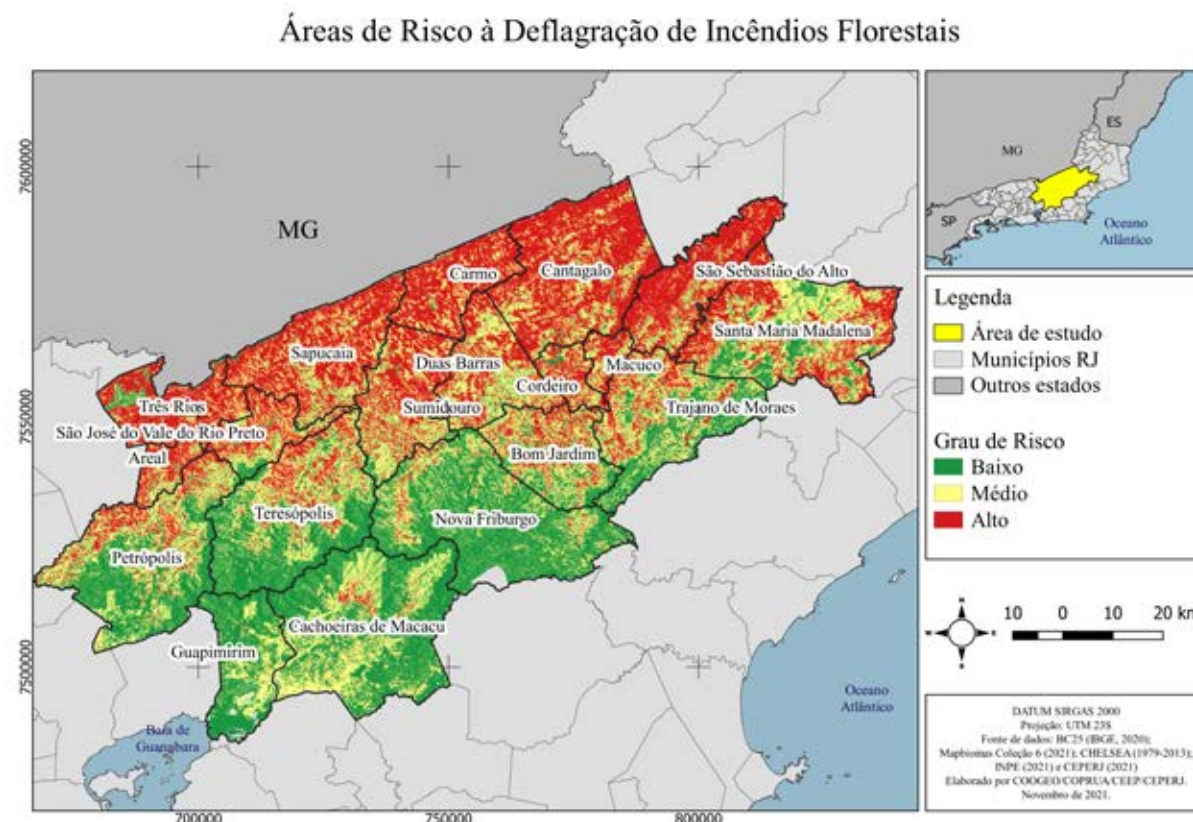


Ambos os mapas apresentam as áreas de maior ou menor susceptibilidade, considerando os dados pluviométricos do CHELSA. Os dois modelos apresentam índices similares. Entretanto, o inverno aparece como um período cujas áreas mais suscetíveis são observadas de maneira mais uniforme, localizadas especialmente na orientação norte.

Já no período de verão, essa susceptibilidade se concentra principalmente na orientação nordeste. Levando-se em consideração as características climáticas da região, naturalmente tropical, a umidade interfere em ambos os casos, ainda que o período de inverno menos úmido faça com que a susceptibilidade seja maior e mais uniformemente distribuída.

Mapa de Risco

No mapa de risco à deflagração de incêndios florestais, três categorias são consideradas: alto, médio e baixo risco, representadas, respectivamente, pelas cores verde, amarelo e vermelho. Tem-se aqui um resultado parecido com o mapa de susceptibilidade. Contudo, a consideração de áreas de maiores registros de focos de calor destacou categoricamente o oeste da região de estudo, principalmente os municípios de Três Rios, Sapucaia, São José do Vale do Rio Preto e Areal, como evidencia o Mapa 28.



Mapa 28 - Áreas de risco à deflagração de incêndios florestais

Fonte: próprio autor

O resultado entra de acordo com o que foi encontrado com os focos de incêndio NPP e as cicatrizes elaboradas por este estudo. Assim como feito para o caso da análise de susceptibilidade, também foram realizados mapas de risco para cada município. A escala de visualização municipal está disponível na seção de anexo.

10.7. Estudos de Caso

10.7.1. O caso de Teresópolis

Tendo em vista os incêndios que se iniciaram no final do mês de agosto na cidade de Teresópolis, o presente relatório apresenta os danos causados na região e uma avaliação técnica tendo como base ferramentas e técnicas de sensoriamento remoto.

Avaliação da área queimada de acordo com a saúde da vegetação local - índice NDVI

O índice NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) mede a saúde da vegetação de uma localidade, utilizando imagens de sensores remotos. Seus valores variam de -1 —edificações, descampado e vegetação estressada, isto é, área com pouca ou nenhuma atividade vegetativa — a 1 — vegetação saudável, com maior atividade vegetativa.

O mapa da Figura 124 mostra a aplicação do índice NDVI à imagens do satélite Landsat 8, comparando os dias 23 de julho de 2021 e 24 de agosto de 2021. A escolha das datas foi feita de acordo com o período de revisita do satélite a um mesmo ponto do globo. Sendo assim, a imagem do dia 23 de julho de 2021 é a imagem mais próxima anterior ao início dos incêndios, enquanto a imagem do dia 24 de agosto de 2021, mais próxima após os primeiros focos.

Essa primeira análise foi realizada ainda no início das primeiras ocorrências e visou mostrar a alteração da área queimada com base na composição do solo em relação à presença de vegetação.

No mapa da Figura 122 é possível observar a área queimada da cidade de Teresópolis (tracejado) no dia 24 de agosto de 2021 e uma coloração que vai do vermelho (-1) para o verde (1). Na primeira imagem, observa-se pequenas manchas avermelhadas e bem claras dentro da área tracejada. Em contrapartida, na segunda imagem, de dias após o início das queimadas na região, é possível ver um tom de vermelho bem escuro, indicando que aquele solo passou por um estresse e que não há ou há pouquíssima atividade vegetativa.

A seguir, será apresentado o histórico da progressão da área queimada utilizando imagens do satélite Landsat 8 e Sentinel 2.

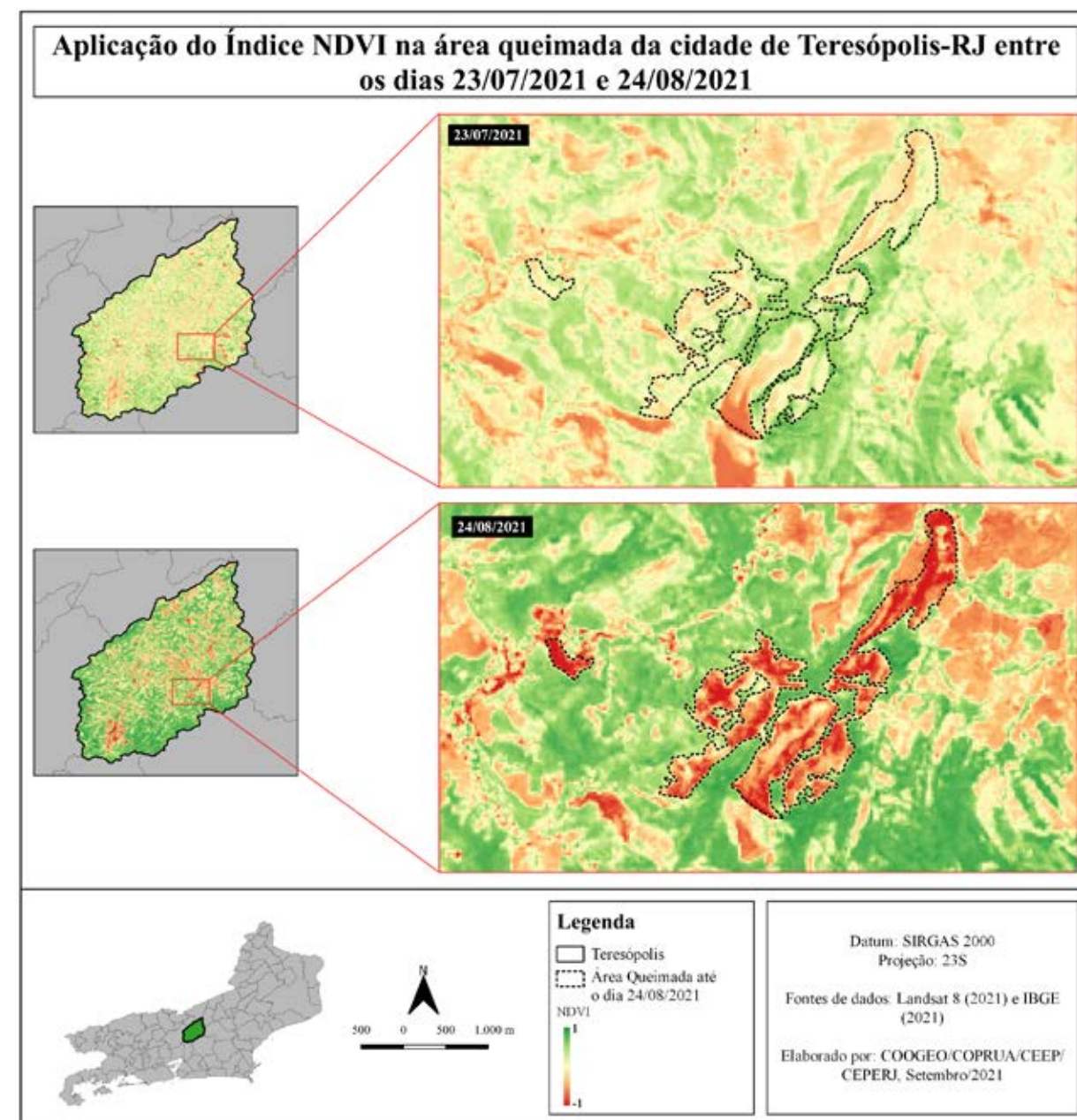


Figura 122 - Aplicação do Índice NDVI na área queimada da cidade de Teresópolis-RJ utilizando o satélite Landsat 8

Progressão do incêndio

Para a elaboração do estudo da progressão do fogo, foram utilizados os focos de calor obtidos por todos os satélites disponíveis no catálogo do Banco de Dados de Queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, [s.d]), para datar a cronologia das ocorrências diariamente, bem como imagens Landsat 8 e Sentinel 2 para a realização da fotointerpretação das informações.

A partir dos focos de calor foi possível averiguar o momento inicial aproximado do incêndio — dia 21 de agosto —, uma vez que os registros não apontam para outros focos na área nos dias anteriores. O primeiro foco foi registrado pelo satélite NOAA 20, durante a madrugada do dia 21 de agosto de 2021, às 03:21. A relação entre a quantidade de focos por dia, captados pelos satélites disponíveis, está representada na Tabela 9:

Tabela 9 - Registros de focos de calor pelos satélites a cada dia

	21/ago	22/ago	23/ago	24/ago	25/ago	26/ago
AQUA	2	3	2	4	-	1
GOES-16	8	-	2	-	2	-
NOAA-20	5	13	11	3	5	1
NPP-375	4	11	9	2	8	-
TERRA	-	2	5	-	-	-
TOTAL	19	29	29	9	15	2

Fonte: próprio autor

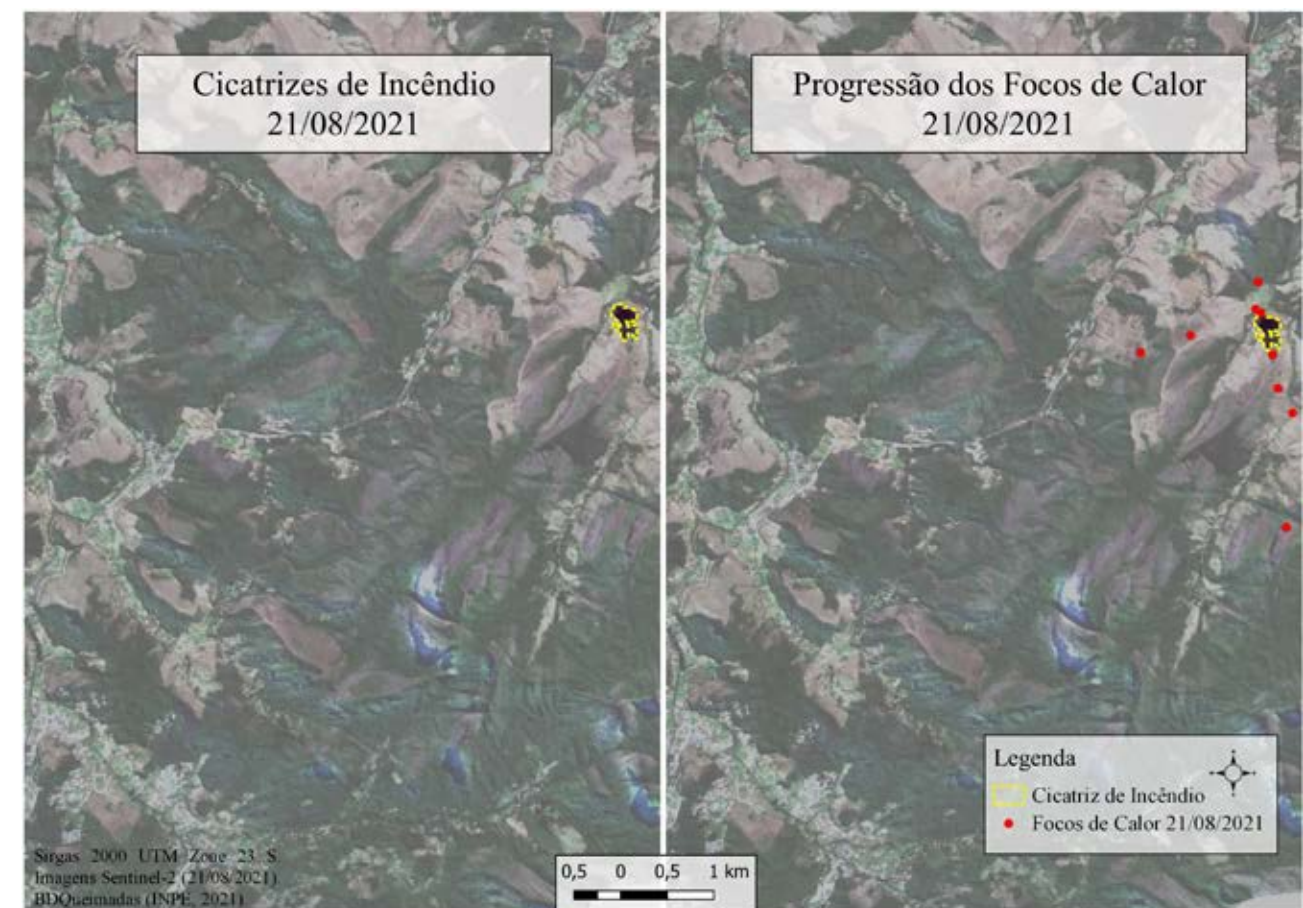
As imagens foram reprojetadas para o Datum SIRGAS 2000 UTM Zona 23 S e recortadas para o município de Teresópolis. Os focos de calor foram categorizados seguindo a ordem cronológica dos dias. Após essa etapa, foram feitas duas composições coloridas com as imagens: uma em falsa-cor, ressaltando a área queimada para a delimitação das cicatrizes, e outra em cores reais

para visualização e interpretação das imagens nos mapas. A elaboração dos mapas ocorreu conforme a seguinte orientação de imagens e datas:

- Imagem Sentinel 2: 21/08/2021.
- Imagem Landsat 8: 24/08/2021.
- Imagem Sentinel 2: 26/08/2021.

Foi verificado que, na região, os maiores focos começaram a partir do dia 21 de agosto, progredindo até o dia 25 do mesmo mês, de forma que as imagens obtidas contemplem o início e o fim da ocorrência do incêndio. Abaixo, o Mapa 29 apresenta as informações referentes ao dia 21.

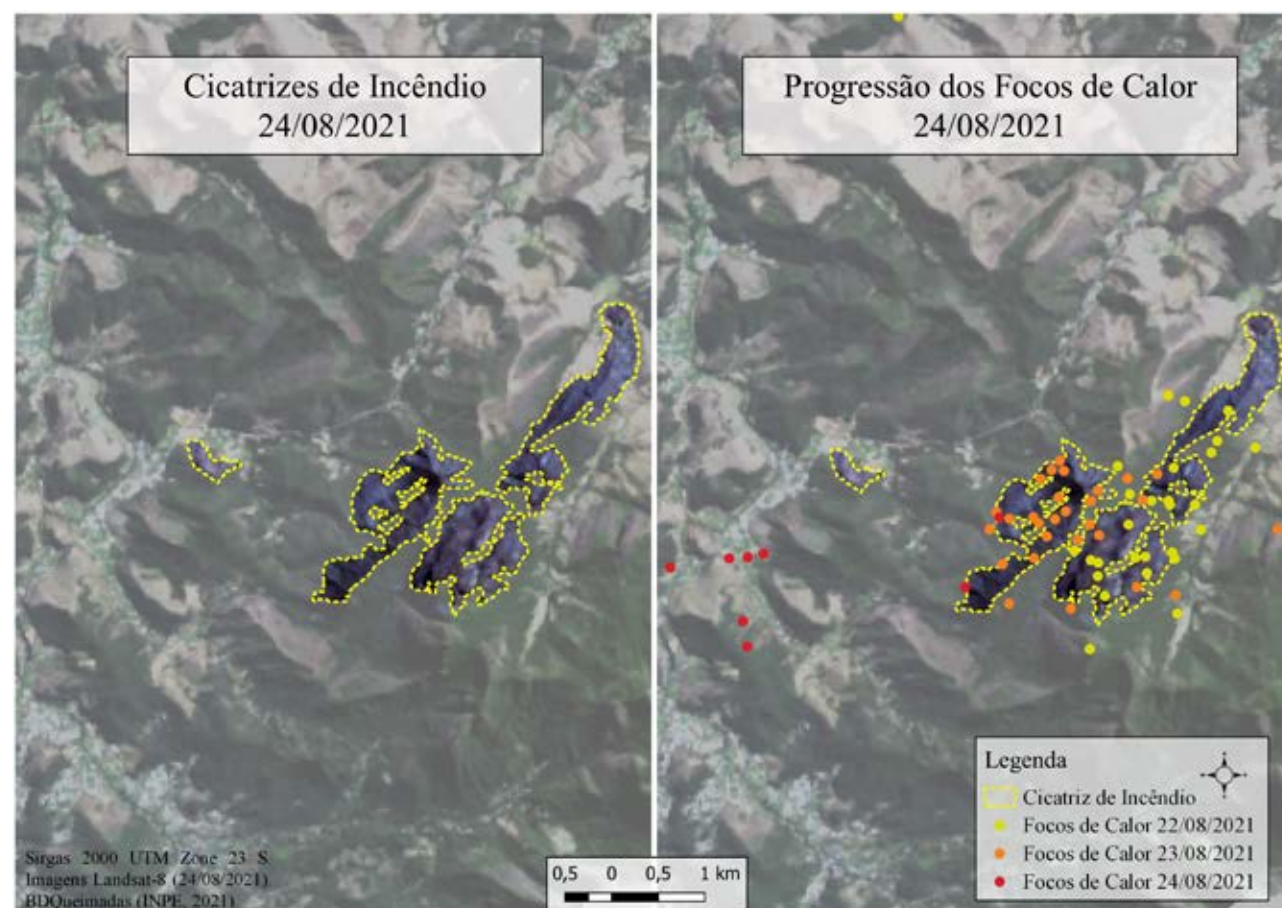
Mapa 29 - Cicatrizes e progressão dos focos de calor no dia 21 de agosto de 2021



Fonte: próprio autor

No dia 21 de agosto foram registrados os primeiros focos de incêndio da região. A passagem do satélite Sentinel 2 captou a primeira cicatriz deixada pelos focos (Mapa 29). Na comparação, é possível ver que os focos de calor estão distribuídos em áreas próximas à cicatriz, indicando o início da ocorrência. O avanço dos focos de calor e a expansão da área queimada podem ser vistos ainda na Mapa 30, referente ao dia 24 de agosto.

Mapa 30 – Cicatrizes e progressão dos focos de calor no dia 24 de agosto de 2021

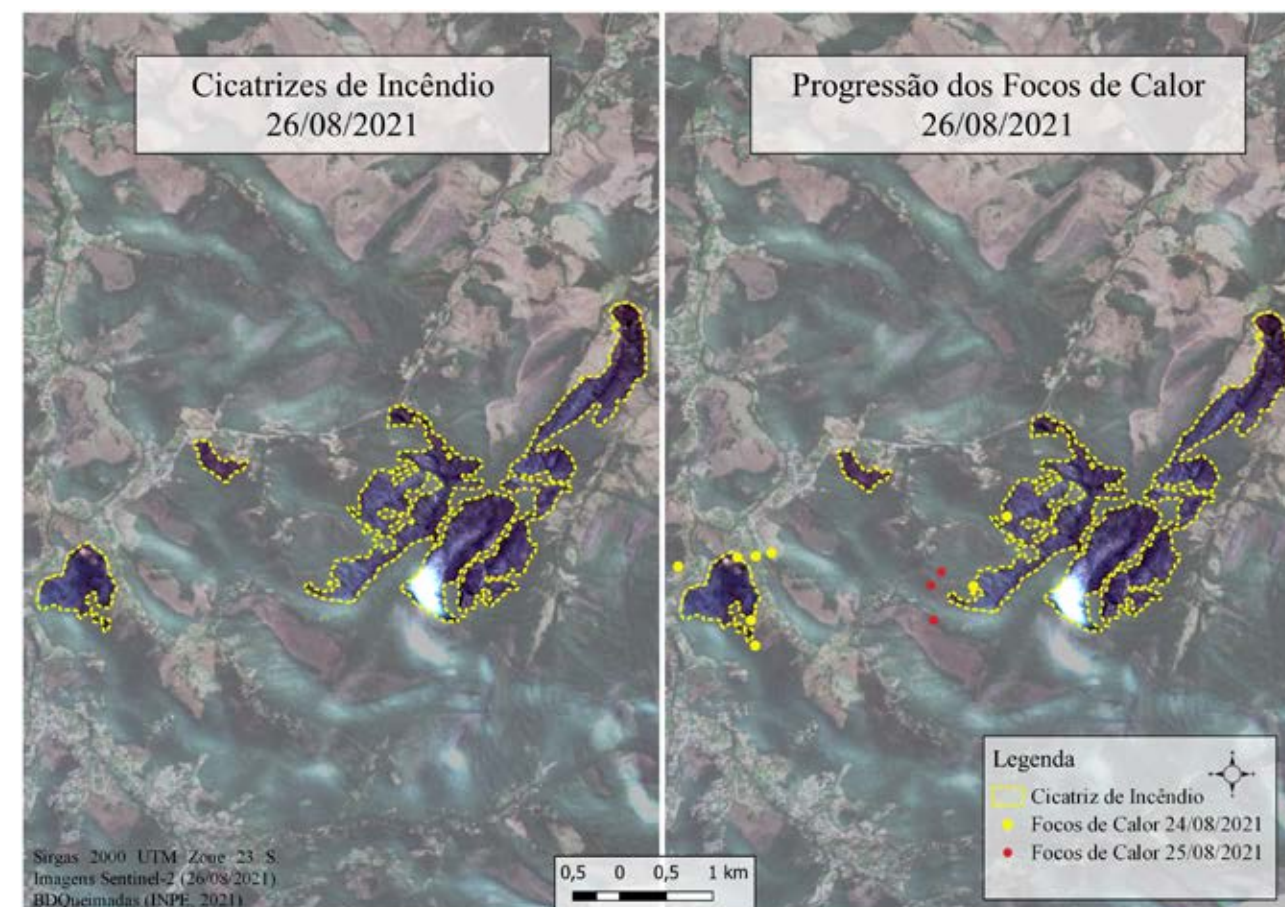


Fonte: próprio autor

No dia 24 de agosto de 2021, três dias após os primeiros registros de focos, a cicatriz já havia se expandido. Na imagem, é visível a progressão da extensão da cicatriz em comparação com os focos referentes aos dias 22,

23 e 24 do mês de referência, conforme representado na legenda, apresentando espacialmente a trajetória do fogo. Nesse dia também há novos focos de calor em uma área próxima ao primeiro incêndio, representados pelos focos de coloração vermelha. Entretanto, a área queimada só pôde ser captada pelas imagens do dia 26, como demonstra a seguir, o Mapa 31.

Mapa 31 – Cicatrizes e progressão dos focos de calor no dia 26 de agosto de 2021



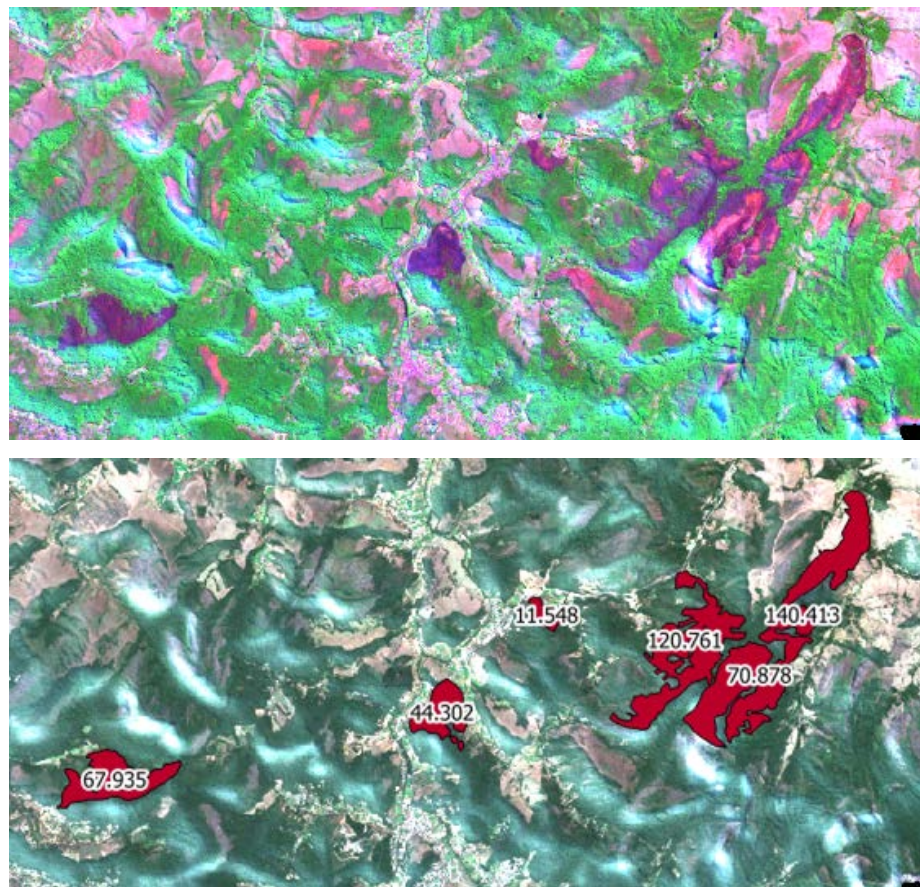
Fonte: próprio autor

Na imagem do dia 26 de agosto é possível visualizar toda a área deixada pelos incêndios. Os focos são referentes aos dias 24 e 25 de agosto. Nesse dia, já é possível visualizar a cicatriz deixada pela queimada ocorrida no dia 24, representada aqui pelos pontos de coloração amarela, conforme indicado na imagem e na legenda.

Quantificação de área queimada

Ao todo, no município de Teresópolis, foram identificados aproximadamente 643,46 hectares de cicatrizes recentes de queimadas, entre os dias 21 e 26 de agosto de 2021. Mais de 56% das queimadas se concentraram em três Unidades de Conservação, sendo elas: Parque Estadual dos Três Picos, APA da Bacia dos Frades e Parque Natural Municipal Montanhas de Teresópolis, sendo a primeira a mais afetada. 31% das cicatrizes foram em propriedades registradas no SICAR (Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural) e 11,84% em outras áreas públicas (Figura 123).

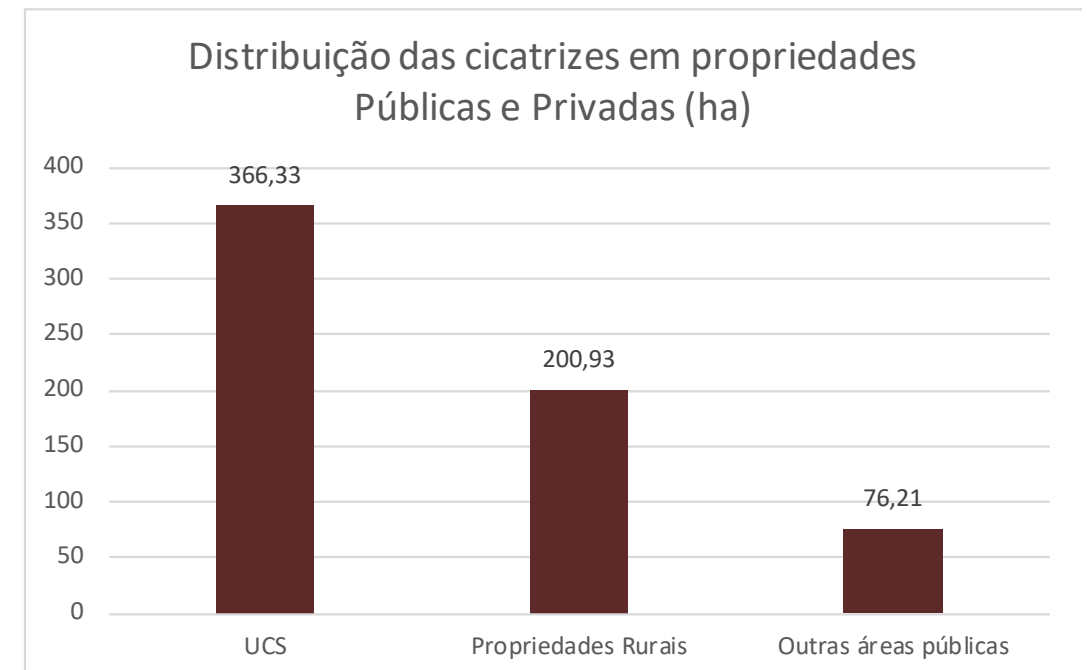
Figura 123 - Principais cicatrizes de queimadas em Teresópolis, referentes aos dias 21 a 26 de agosto.



Fonte: adaptado de satélite Sentinel 2, falsa cor e cores reais, estimativa de área das cicatrizes feita através de vetorização

Por fim, em termos de quais classes de Uso do Solo foram queimadas, foram utilizadas as informações do projeto Mapbiomas Coleção 6 para o ano de 2020.

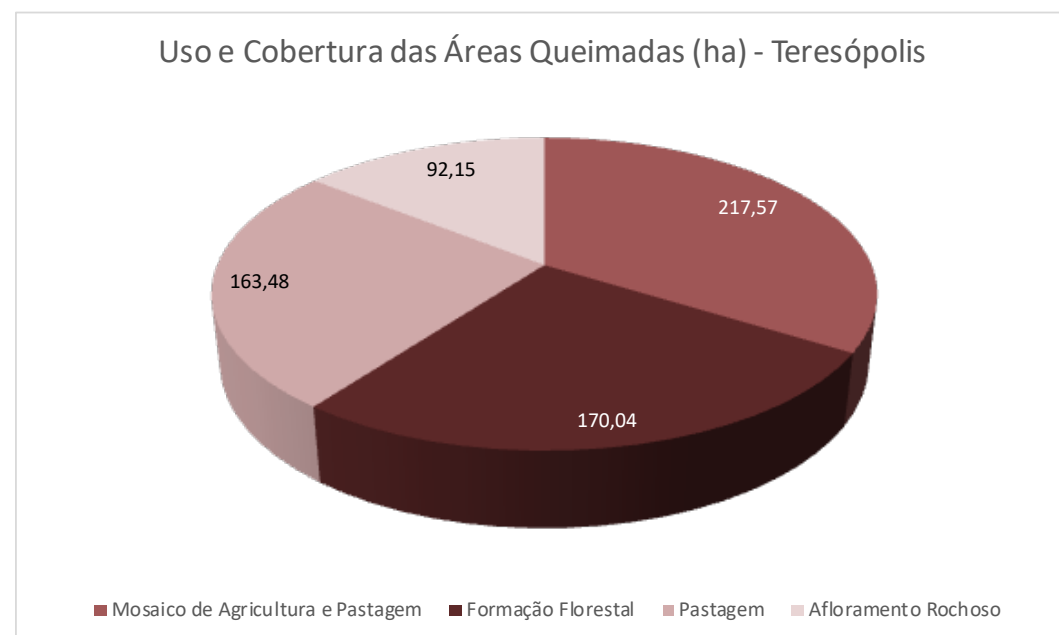
Gráfico 26 - Distribuição das cicatrizes em propriedades públicas e privadas



Fonte: adaptado dos limites do Inea (2021) e SICAR (2020).

Agricultura e Pastagem somam 59,24% (381 hectares) do total de áreas que foram queimadas na região. Ainda assim, 26,44% (170 hectares) de Floresta foi queimada também, sendo essa fitofisionomia do bioma da Mata Atlântica sensível a incêndios de forma geral. A classe de Afloramento Rochoso representa vegetação arbustiva, do tipo Rupícola, comum em áreas de grande altimetria dentro do estado do Rio de Janeiro. Os resultados estão expressos visualmente a seguir, pelo Gráfico 27. 10.8.2. O caso de Petrópolis

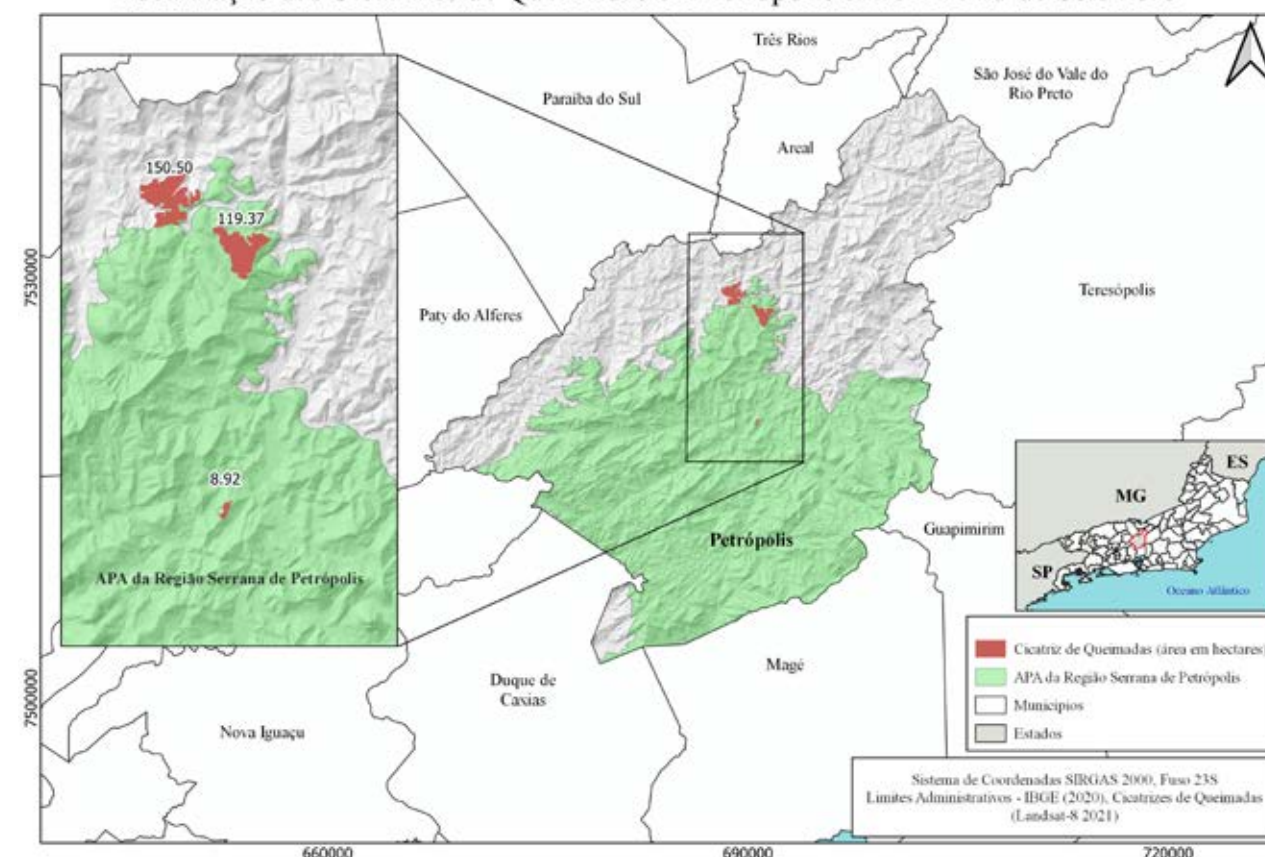
Gráfico 27 - Distribuição em classes do Uso e Cobertura



10.8.2. O caso de Petrópolis

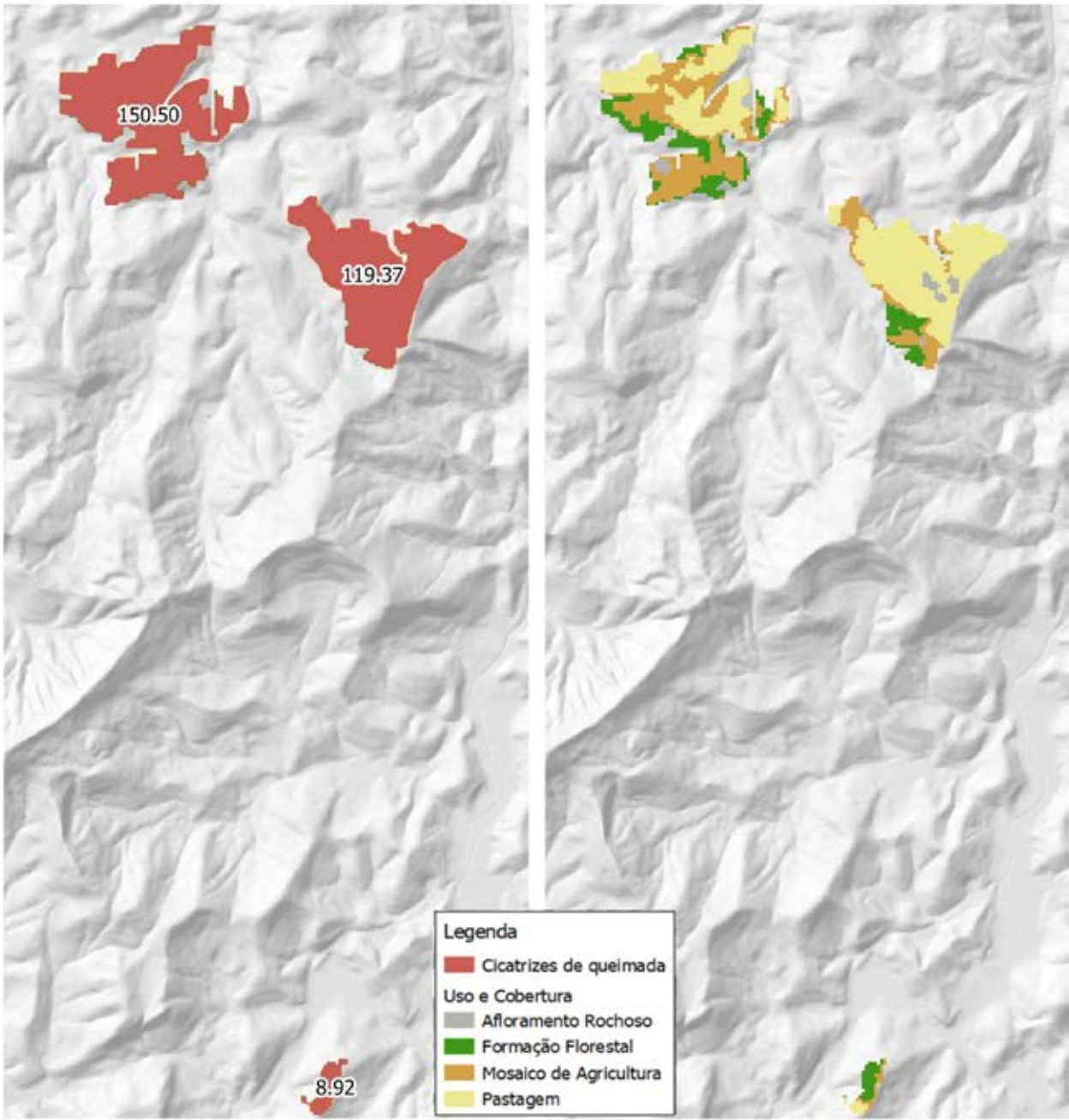
Durante a temporada da seca, ao longo do inverno, são registrados diversos focos de calor. É durante esse período que a ocorrência de queimadas tende a aumentar, podendo sair do controle, gerando grandes incêndios. Durante o mês de setembro, um dos principais incêndios ocorreu no município de Petrópolis, atingindo uma área considerável (Mapa 32). Este relatório técnico tem o objetivo de analisar essas ocorrências e levantar as principais características do comportamento do fogo nessa área.

Localização das Cicatrizes de Queimadas em Petrópolis entre 24 e 25 de Setembro



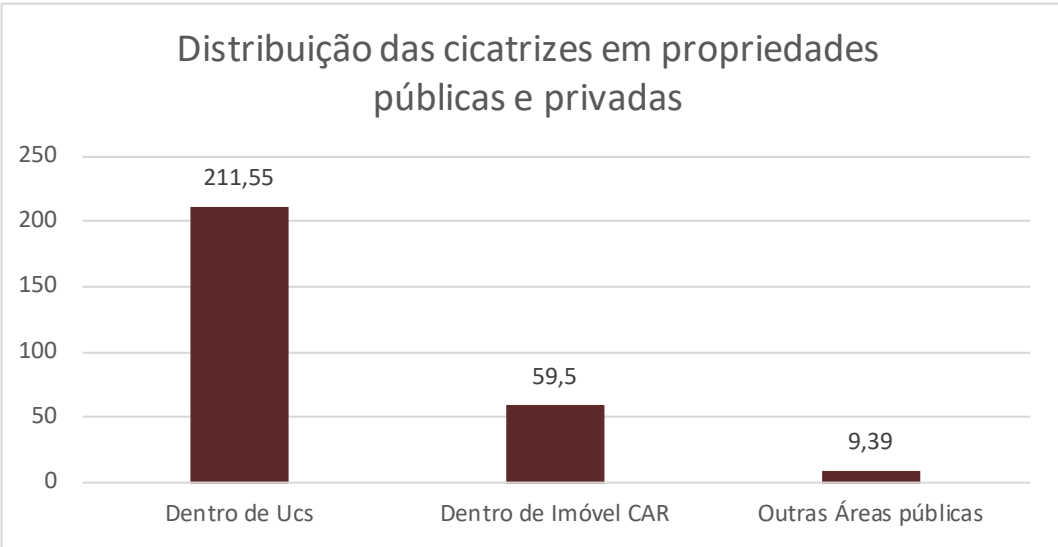
Ao todo, no município de Petrópolis foram identificados aproximadamente 280,42 hectares de cicatrizes recentes de queimadas dentro do intervalo do dia 24 e 25 de setembro de 2021 (Mapa 33). Mais de 75,43% (211,54 ha) das queimadas se concentraram na Unidade de Conservação APA da Região Serrana de Petrópolis. 31% das cicatrizes foram em propriedades CAR (Cadastro Ambiental Rural), em outras áreas públicas.

Mapa 33 – Mapa de cicatrizes de queimadas em Petrópolis, referentes aos dias 25 de setembro



Fonte: satélite Landsat 8 e Uso e Cobertura Mapbiomas (2020), estimativa de área das cicatrizes feita através de vetorização

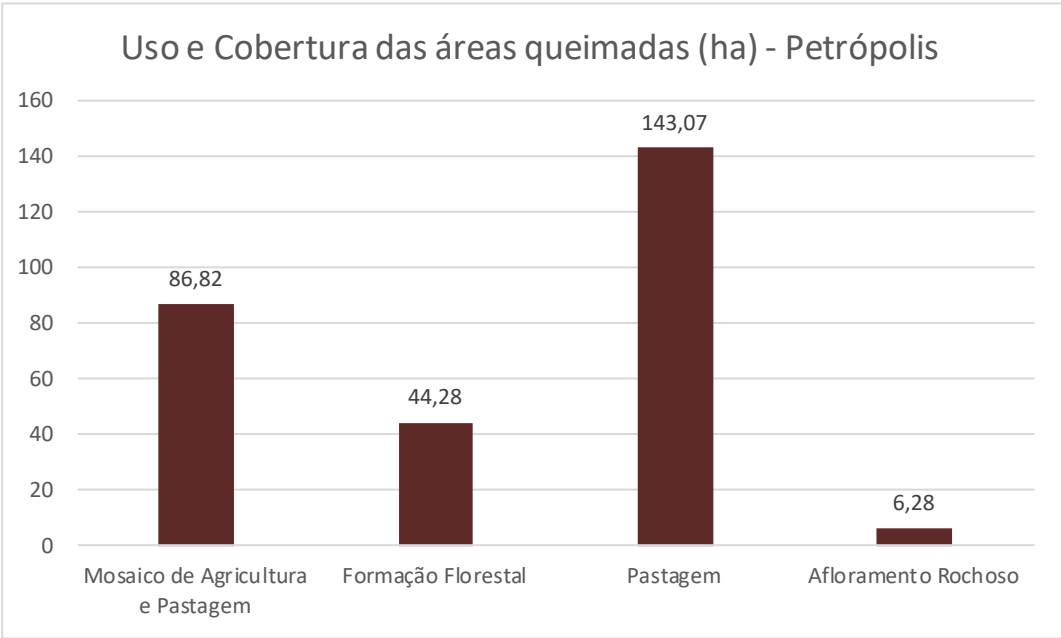
Gráfico 28 - Distribuição das cicatrizes em propriedades públicas e privadas



Fonte: adaptado de Inea (2021) e SICAR (2020).

Por fim, em termos de quais classes do Uso do Solo foram queimadas, foram utilizadas as informações do projeto Mapbiomas Coleção 6 para o ano de 2020. Do total de áreas queimadas na região, Pastagem e Agricultura somam 81,97%, ou 229,88 hectares. De classes naturais, foram queimadas 18,03% (50,55 hectares) também, visto que o bioma da Mata Atlântica é vulnerável à incêndios. A classe de Afloramento Rochoso representa vegetação arbustiva, do tipo Rupícola, habitual em áreas de grande altimetria no estado. Os resultados estão expressos visualmente abaixo, pelo Gráfico 29 e pelo Quadro 23.

Gráfico 29 - Distribuição em classes do Uso e Cobertura



Fonte: adaptado de Mapbiomas (2020)

Quadro 23 - Classes naturais queimadas

Classes naturais queimadas em UC	
Classe	Área em hectares
Formação Florestal	32,46
Afloramento Rochoso	4,8
Total	37,26

Fonte: próprio autor

Progressão dos focos de calor

Os primeiros focos encontrados foram extraídos de imagens dos satélites NOAA 20 e NPP 375. O registro foi realizado na madrugada do dia 24 e disponibilizado pelo Banco de Dados de Queimadas (BDQueimadas) do INPE. A quantidade de focos e registros obtidos por cada satélite disponível no catálogo do BDQueimadas é exibida no quadro a seguir:

Quadro 24 - Registros de focos de calor obtidos por satélite

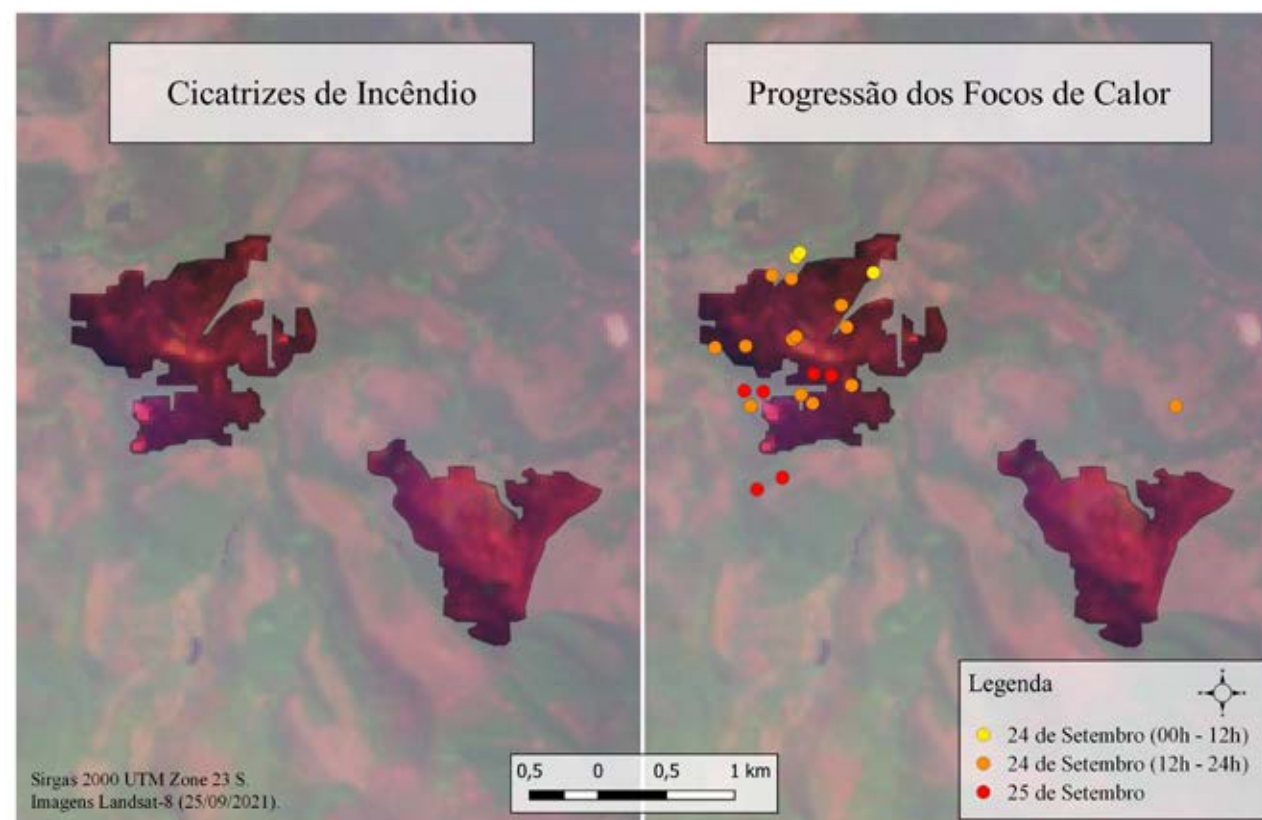
	24/set	24/set	25/set
AQUA	(00 – 12h)	(12 – 24h)	
AQUA	-	1	1
GOES-16	-	2	-
NOAA-20	1	8	
NPP-375	2	4	5
TERRA	-	1	-
NOAA-19	-	1	-
TOTAL	3	17	6

Fonte: adaptado de BDQueimadas (INPE, [s.d.])

Os focos se encontram retratados no Mapa 34, que também demonstra visualmente as cicatrizes de incêndio, ou seja, a extensão de área afetada pelo fogo, além da progressão cronológica dos focos de calor.

Mapa 34 - Progressão temporal dos focos de calor
Fonte: próprio autor

Cicatrizes e progressão dos focos de calor no dia 25 de Setembro de 2021



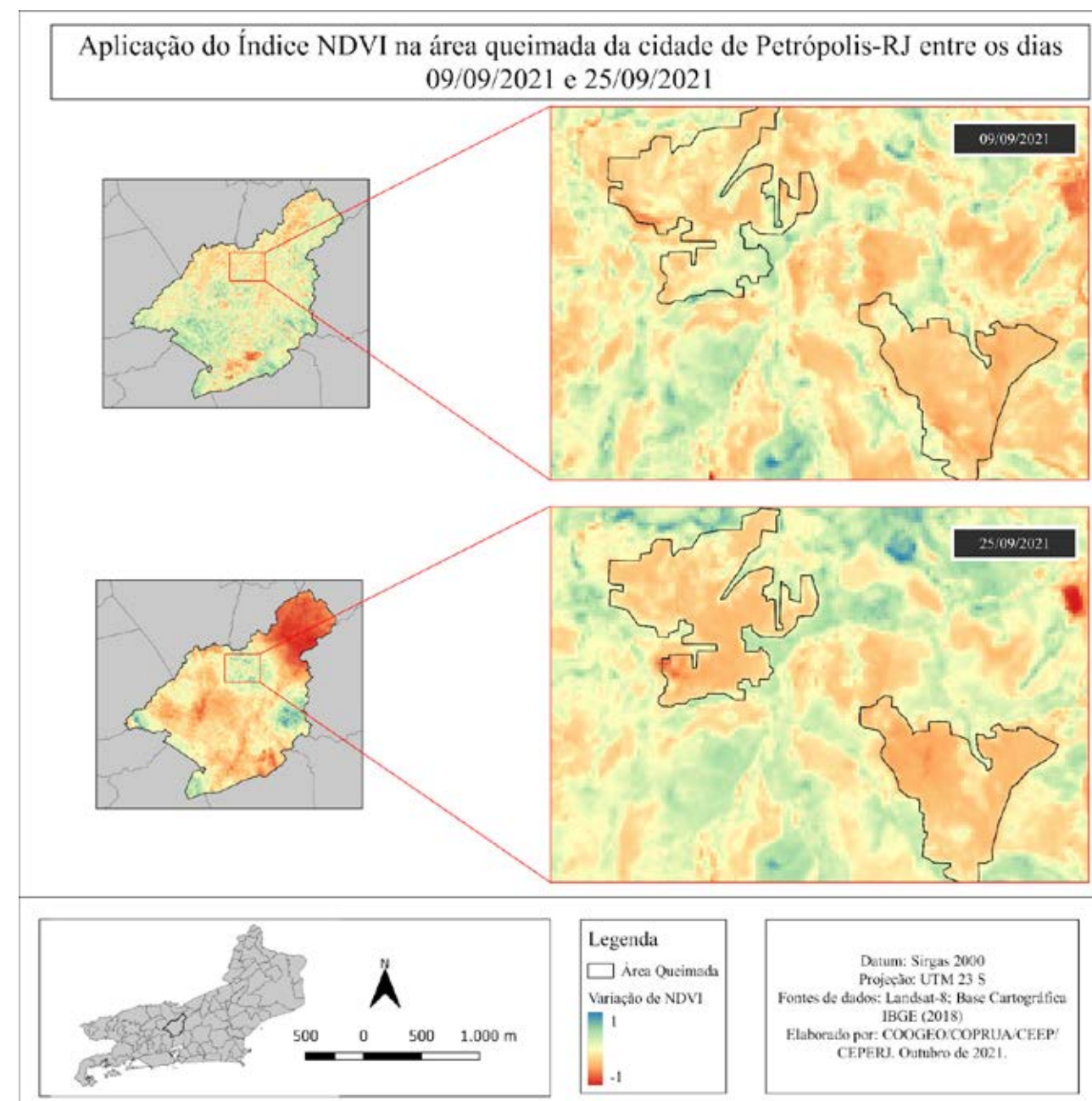
A progressão é classificada em três tempos diferentes: os focos ocorridos no dia 24 de setembro até às 12h (representados em amarelo), os focos do dia 24 entre 12h e 24h (representados em laranja) e os focos do dia 25 de setembro — os mais recentes, representados em vermelho.

É possível verificar ainda que o momento de maior ocorrência de focos segundo os registros foi durante a segunda metade do dia 24 de setembro de 2021.

Resultado NDVI

Os resultados podem ser analisados a seguir, na Figura 124, a partir da comparação dos dados mencionados.

Figura 124 - índice NDVI antes e após a ocorrência



Fonte: próprio autor

Os valores foram obtidos a partir do cálculo entre valores de imagens do satélite Landsat 8, com imagens dos dias 9 de setembro de 2021 (antes da ocorrência dos incêndios) e 25 de setembro de 2021 (a imagem após-incêndio mais próxima à ocorrência). É válido ressaltar que nas imagens do dia 25 o fogo ainda estava ativo, embora com menor intensidade.

Na imagem do dia 25 de setembro há um aumento de áreas de tonalidade alaranjada nos limites da cicatriz deixada pelos incêndios, apontando um deterioramento da saúde da vegetação. Essa comparação permite analisar o momento antes e depois do auge da ocorrência.

A partir da Figura 126 também é possível observar a ocorrência do NDVI para todo o município de Petrópolis, nas mesmas datas. As imagens exibem grandes manchas vermelhas ao longo dos limites municipais: interferências de nuvem na imagem obtida, datada do dia 25 de setembro. Apesar da ocorrência das nuvens, a imagem ainda é capaz de representar de forma satisfatória a saúde da vegetação na escala aumentada para as cicatrizes.

Referências Bibliográficas

AMAPBIOMAS. **Mapbiomas Brasil | Coleção 6.0**. Banco de dados. Disponível em: <https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR>. Acesso em: 9 jun. 2021.

SICAR. **Registro Geral de Propriedades Rurais**. 2020. Disponível em: <https://www.car.gov.br/>. Acesso em: 24 de nov de 2021

Inea. **Unidades de Conservação Estaduais, Federais e Municipais - DIBAPE**. 2021. Disponível em: <https://inea.maps.arcgis.com/>. Acesso em: 24 de nov. 2021.

INPE. **BDQueimadas - Programa Queimadas - INPE**. Banco de dados. Disponível em: <<http://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas/>>. Acesso em: 6 dez. 2021.



Anexo

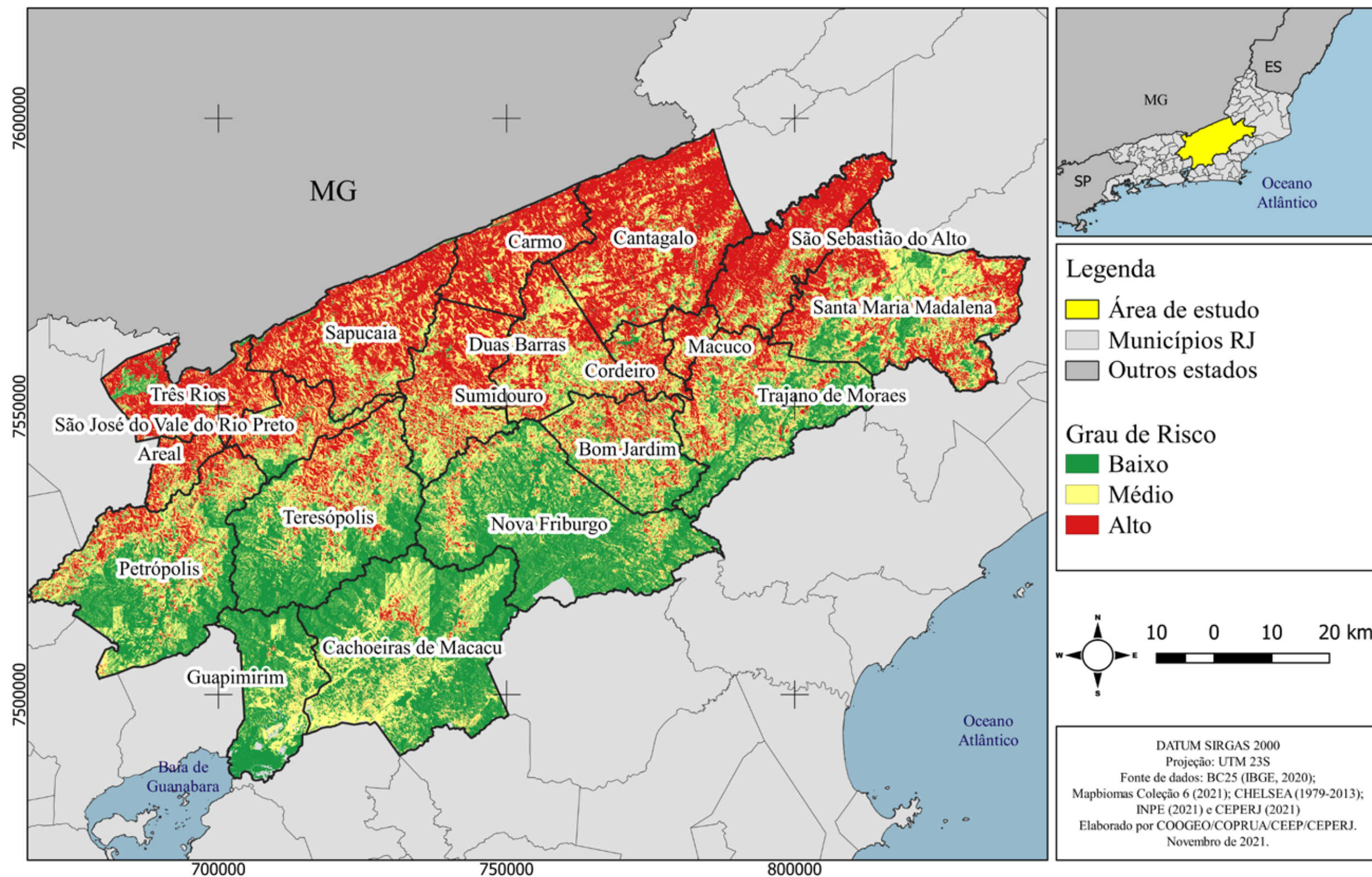
Mapas de Risco por Município

Anexo — Mapas de Risco por Município

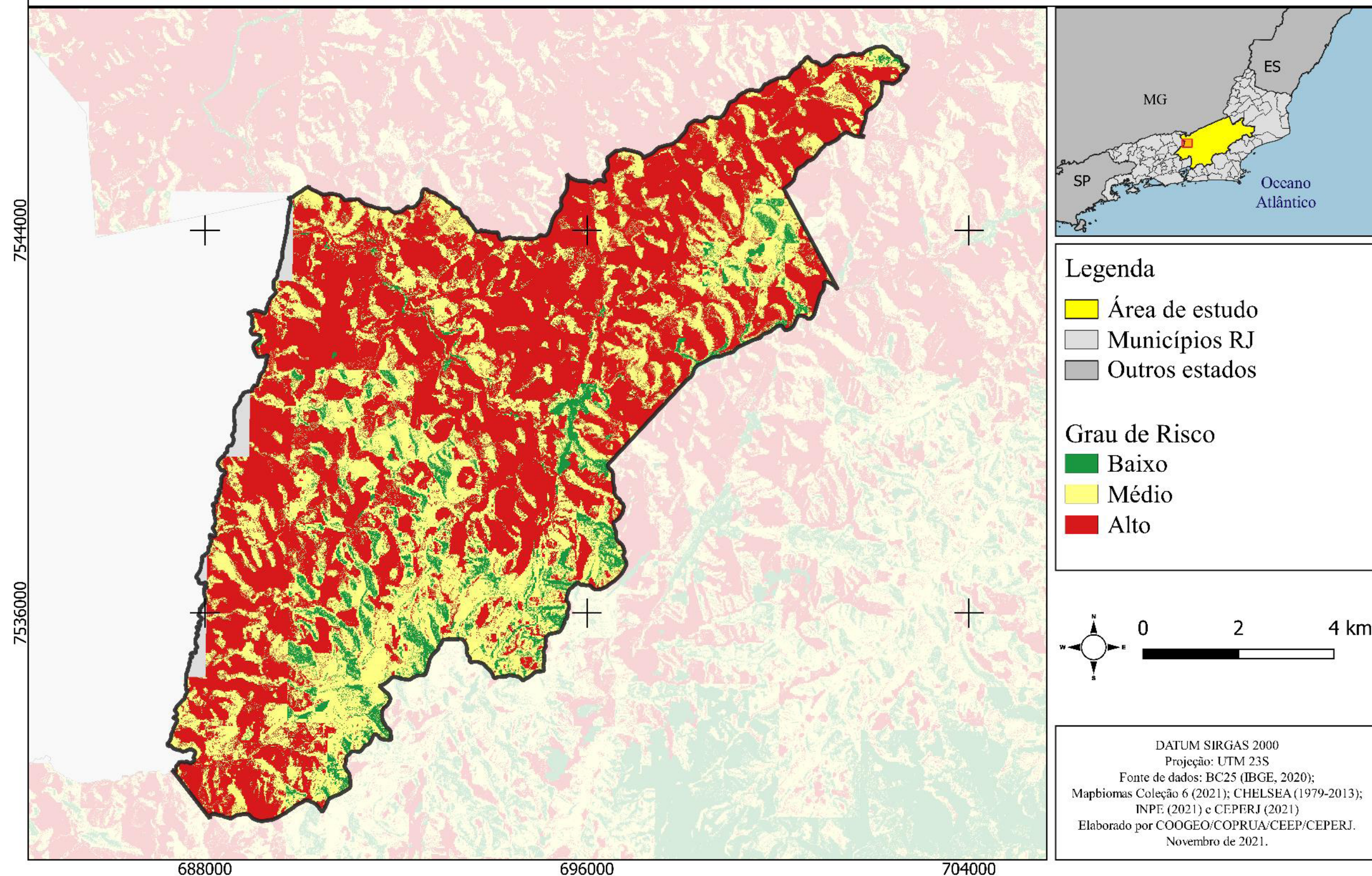
Mapa 35 - áreas de risco à deflagração de incêndios florestais

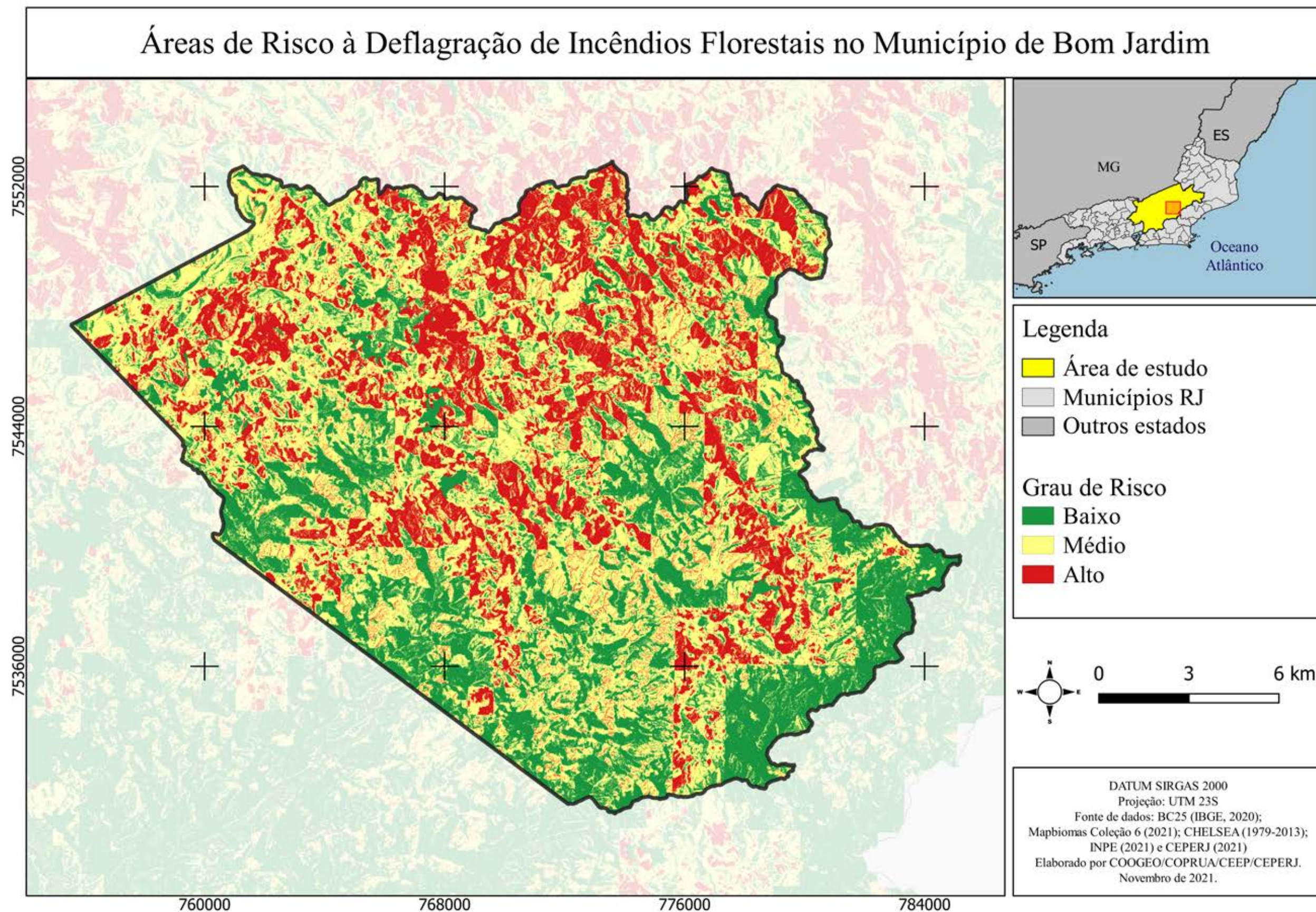
Fonte: próprio autor

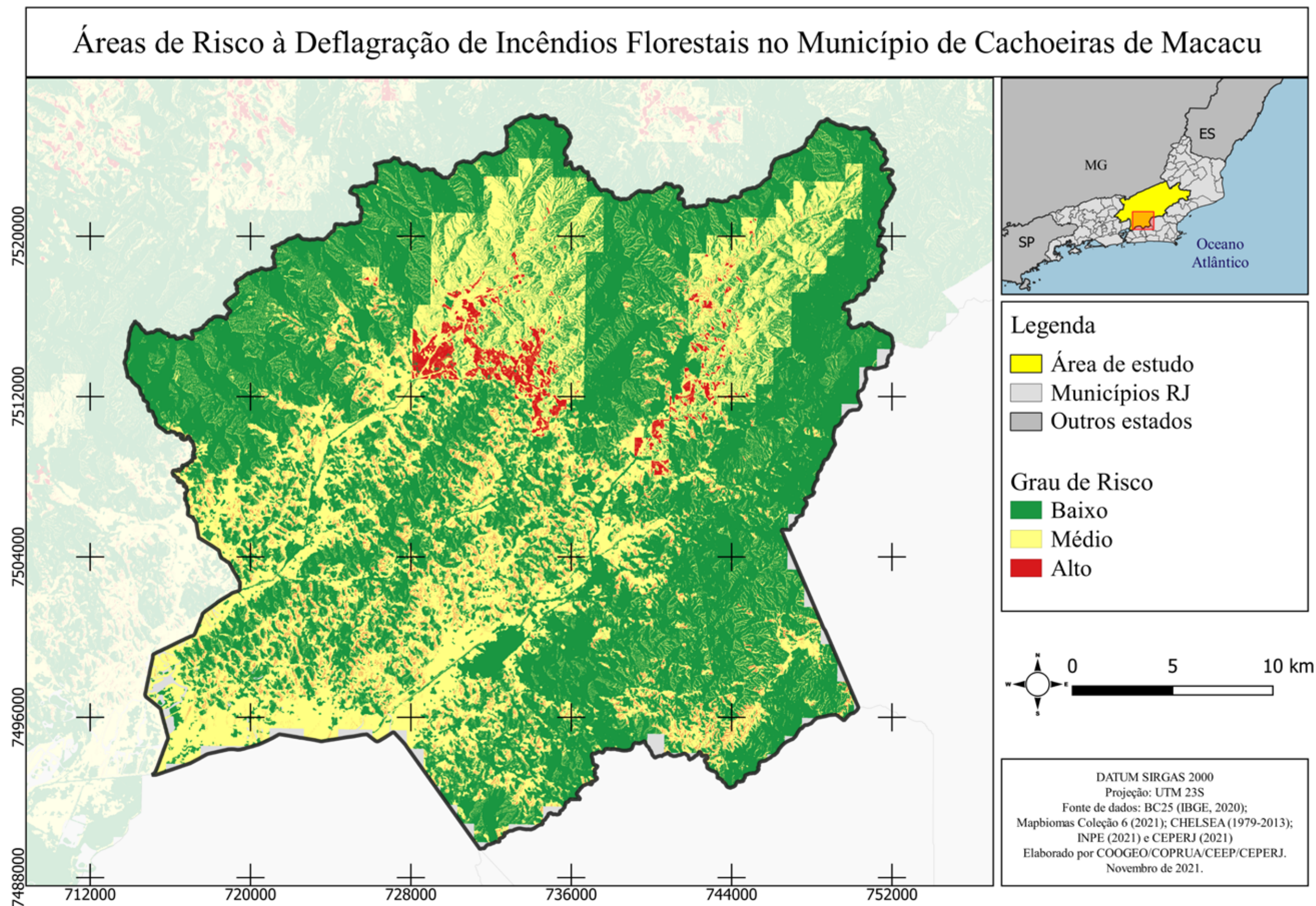
Áreas de Risco à Deflagração de Incêndios Florestais

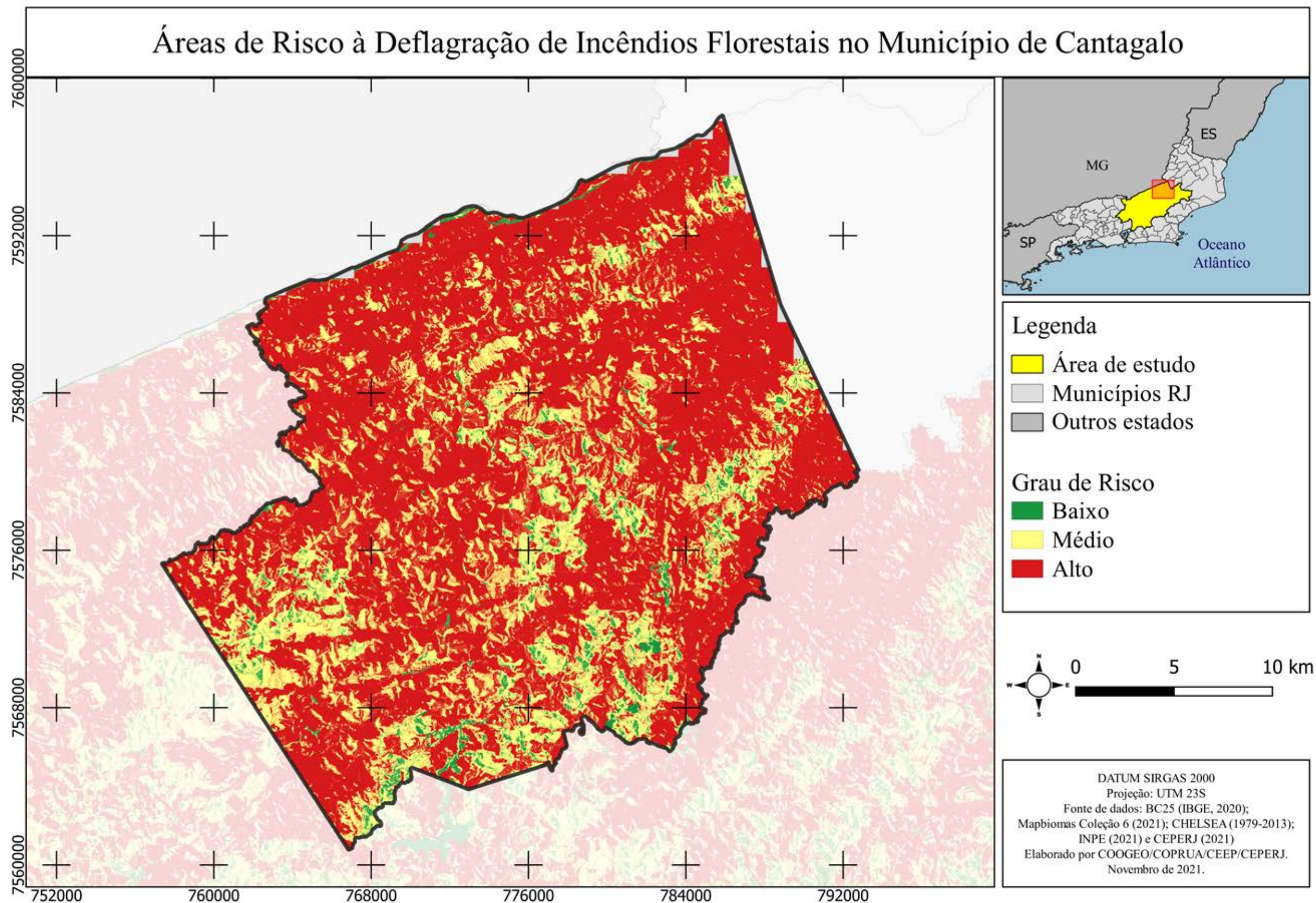


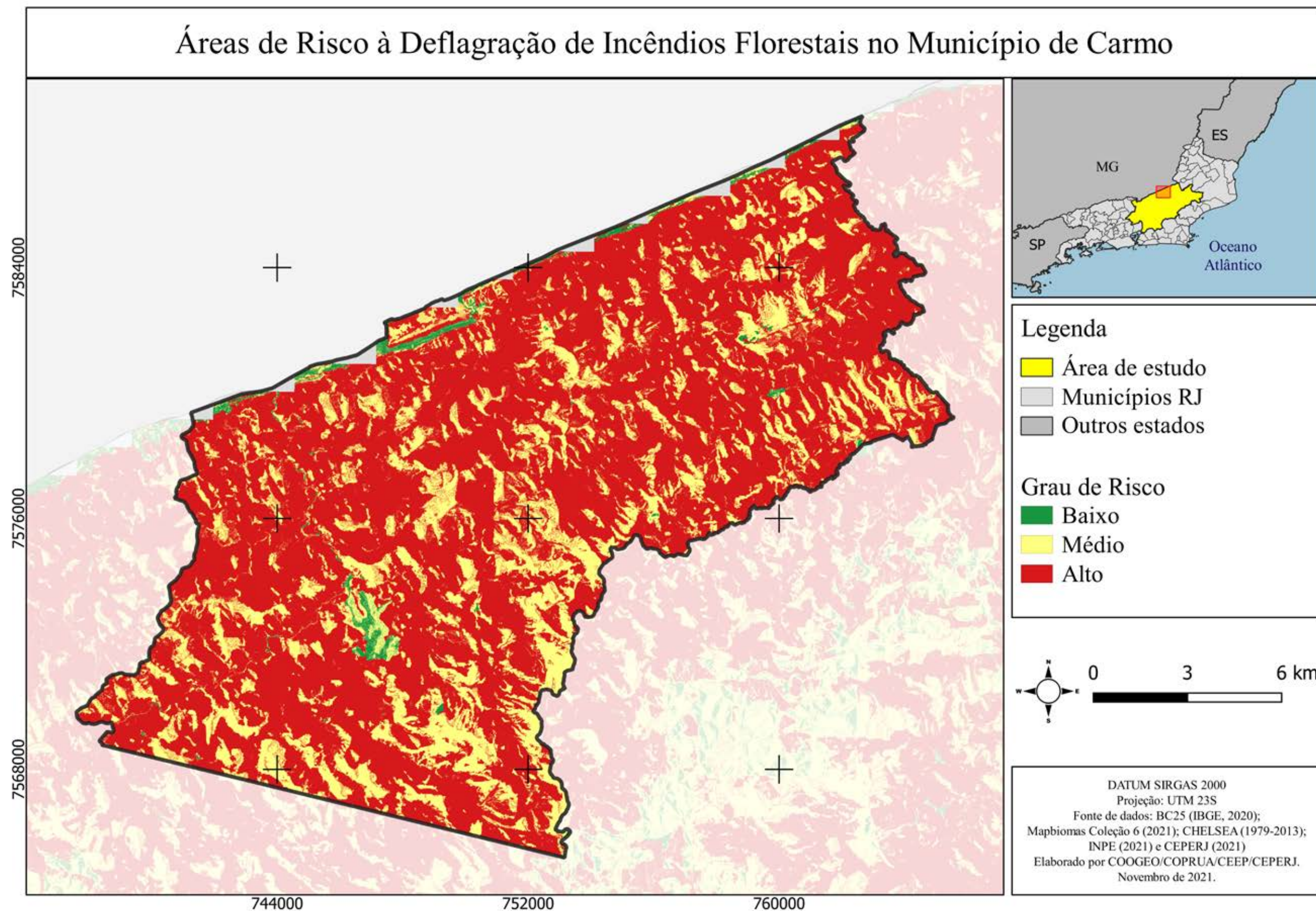
Áreas de Risco à Deflagração de Incêndios Florestais no Município de Areal

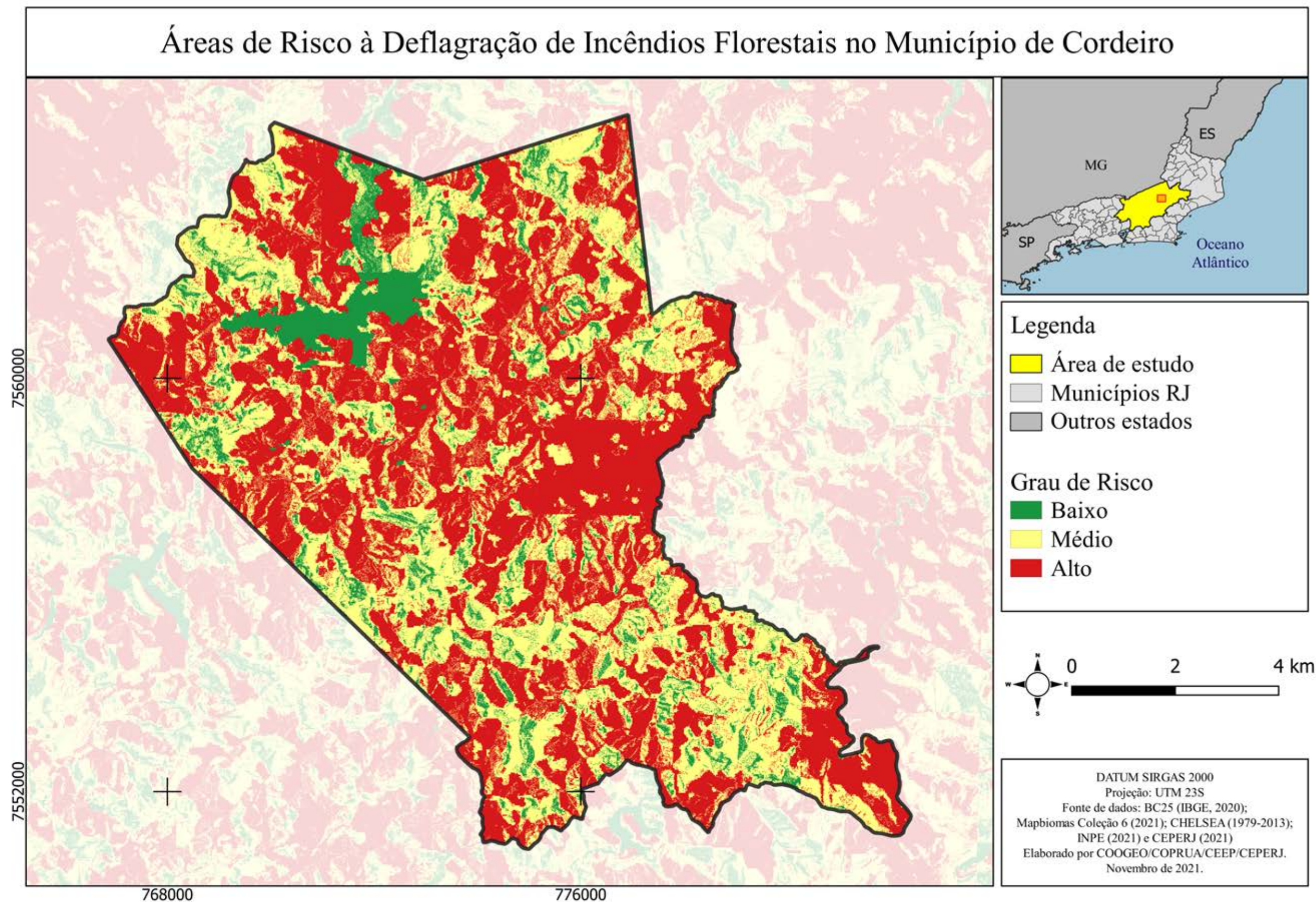


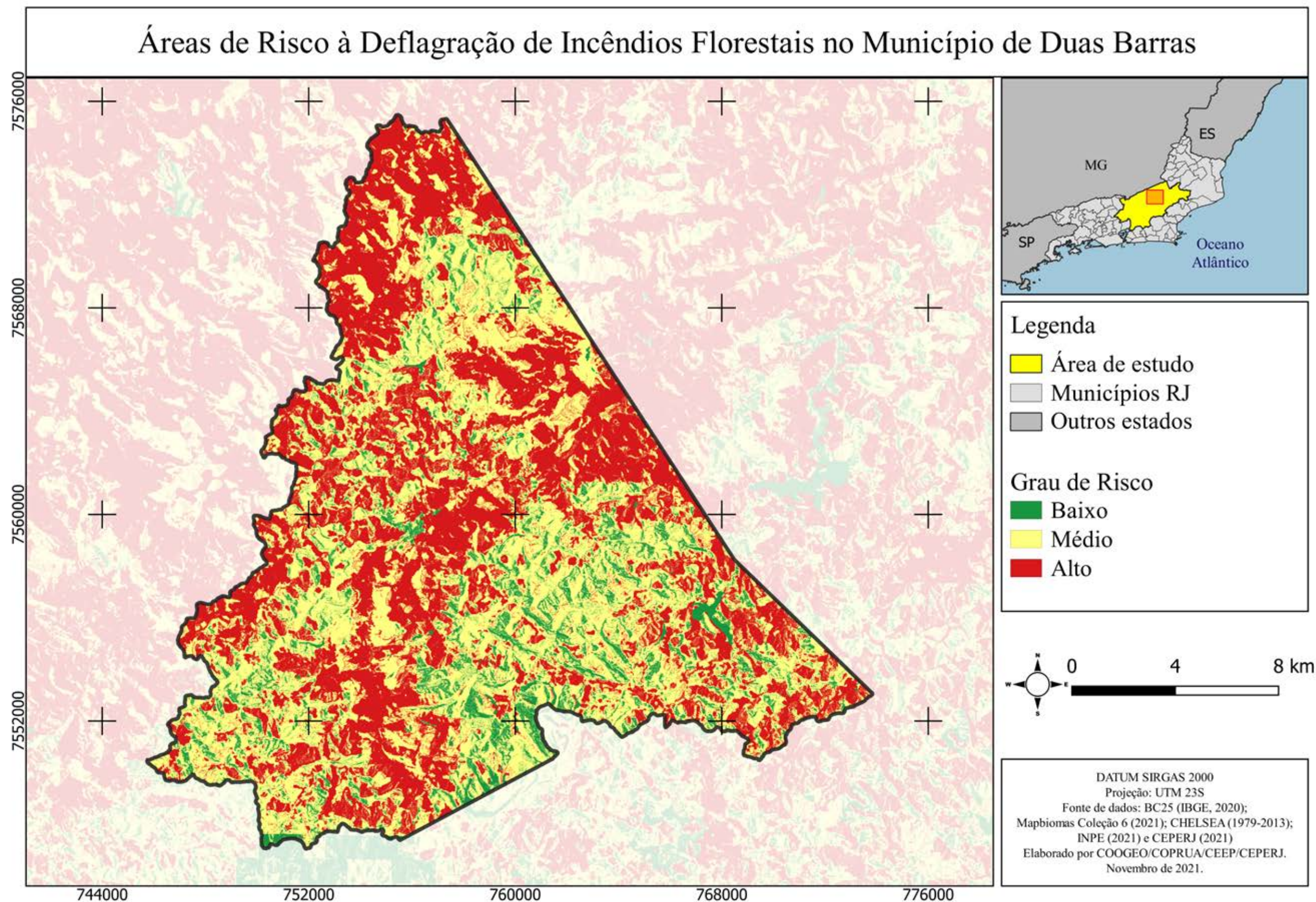


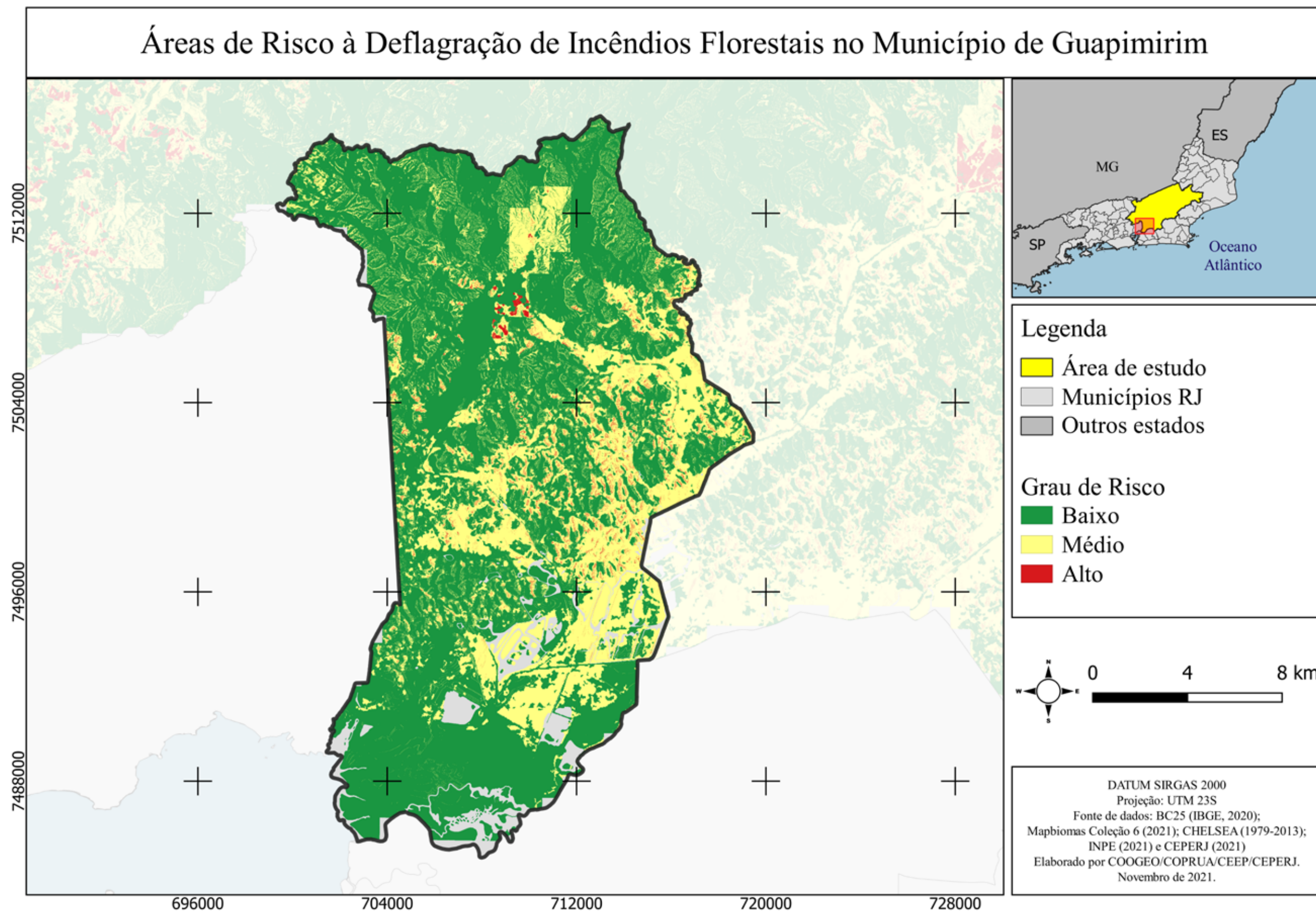


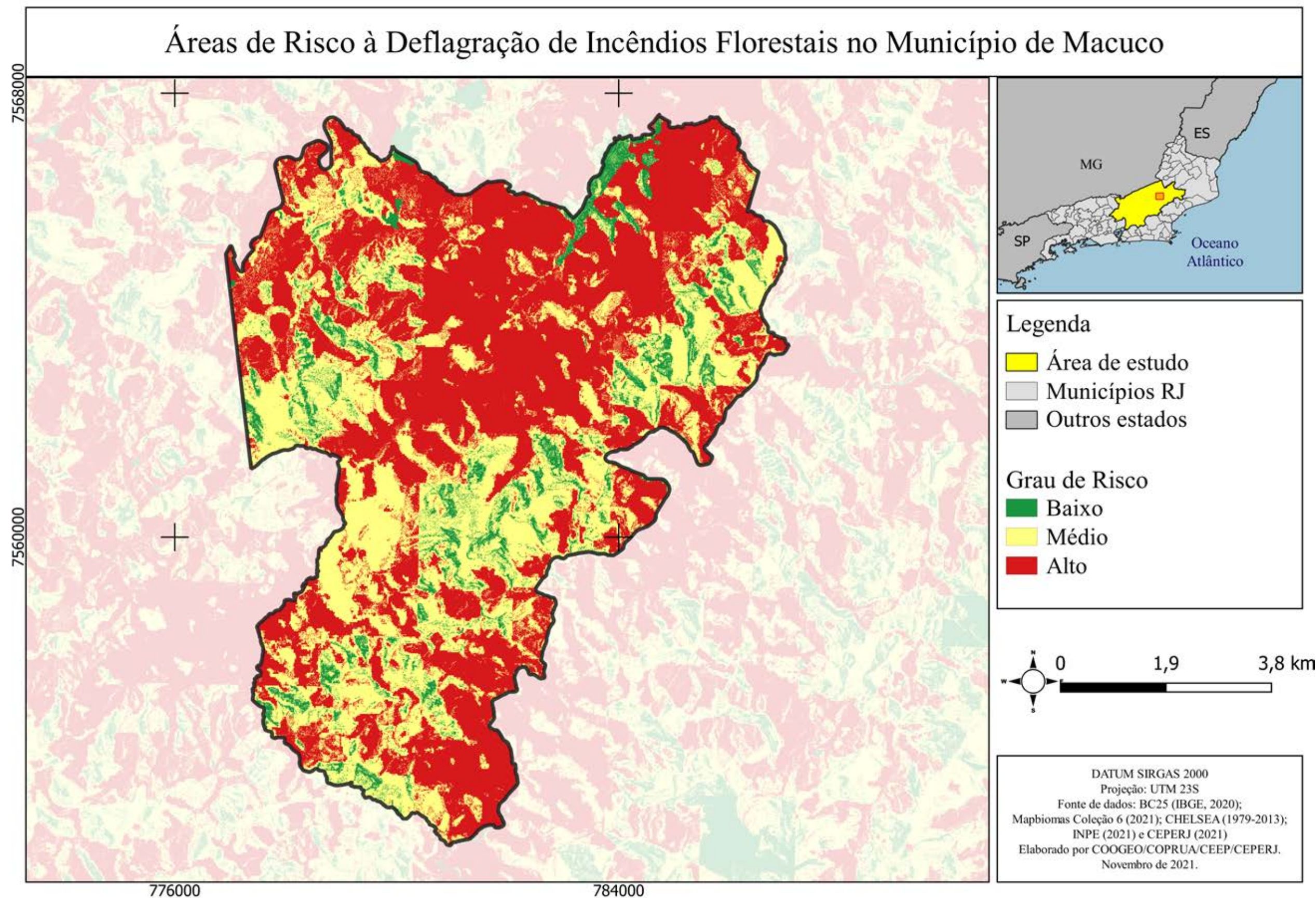


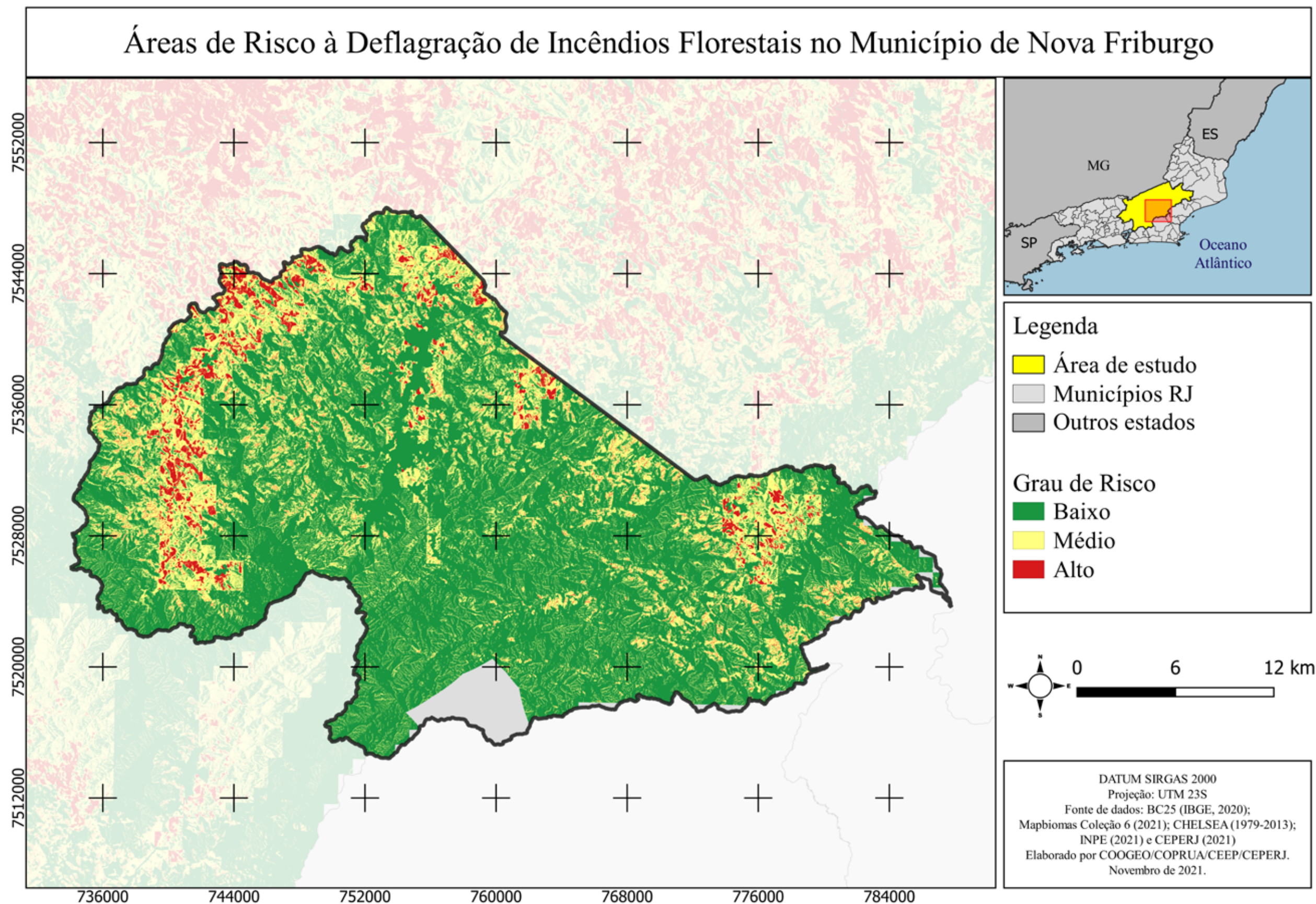


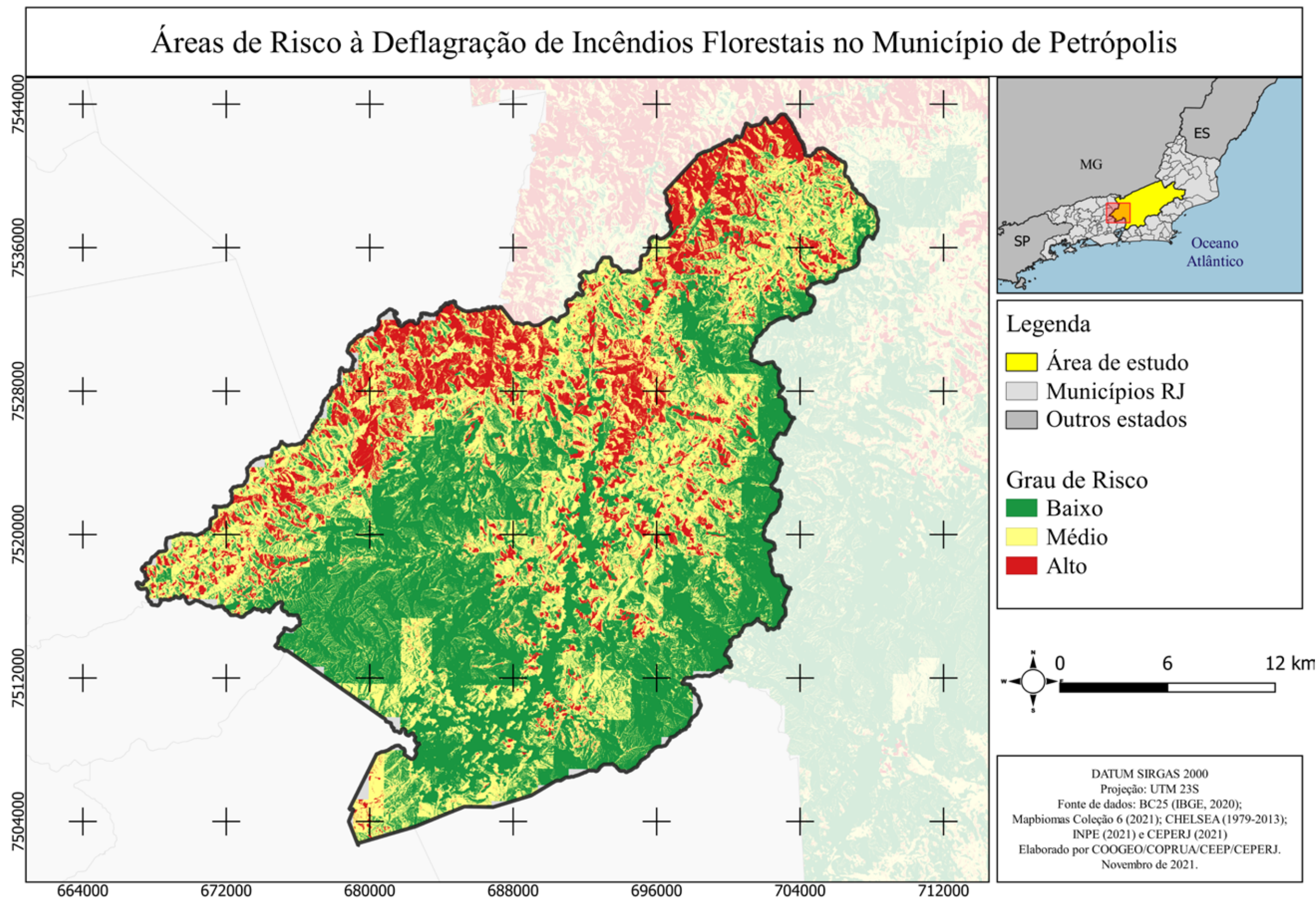


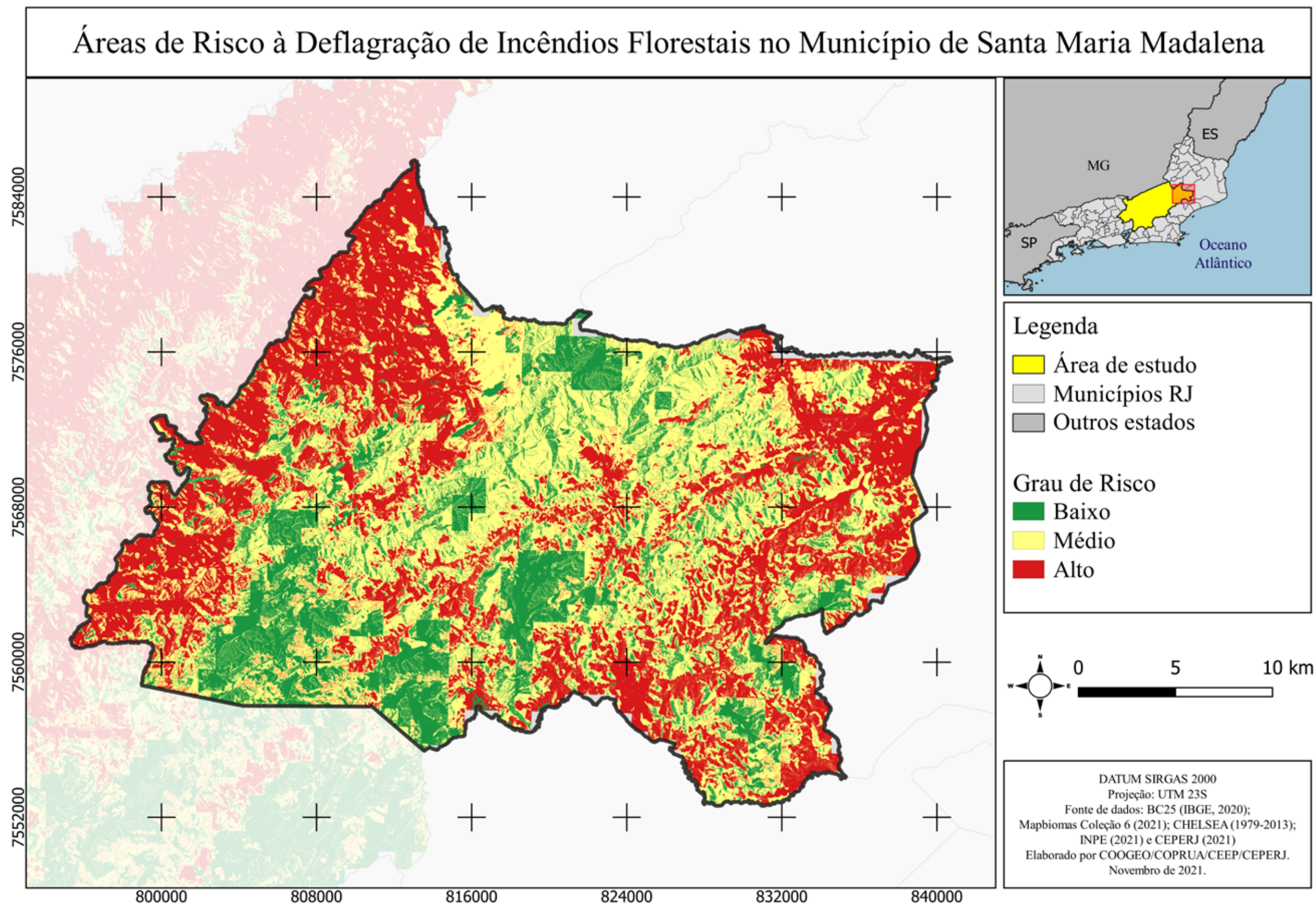


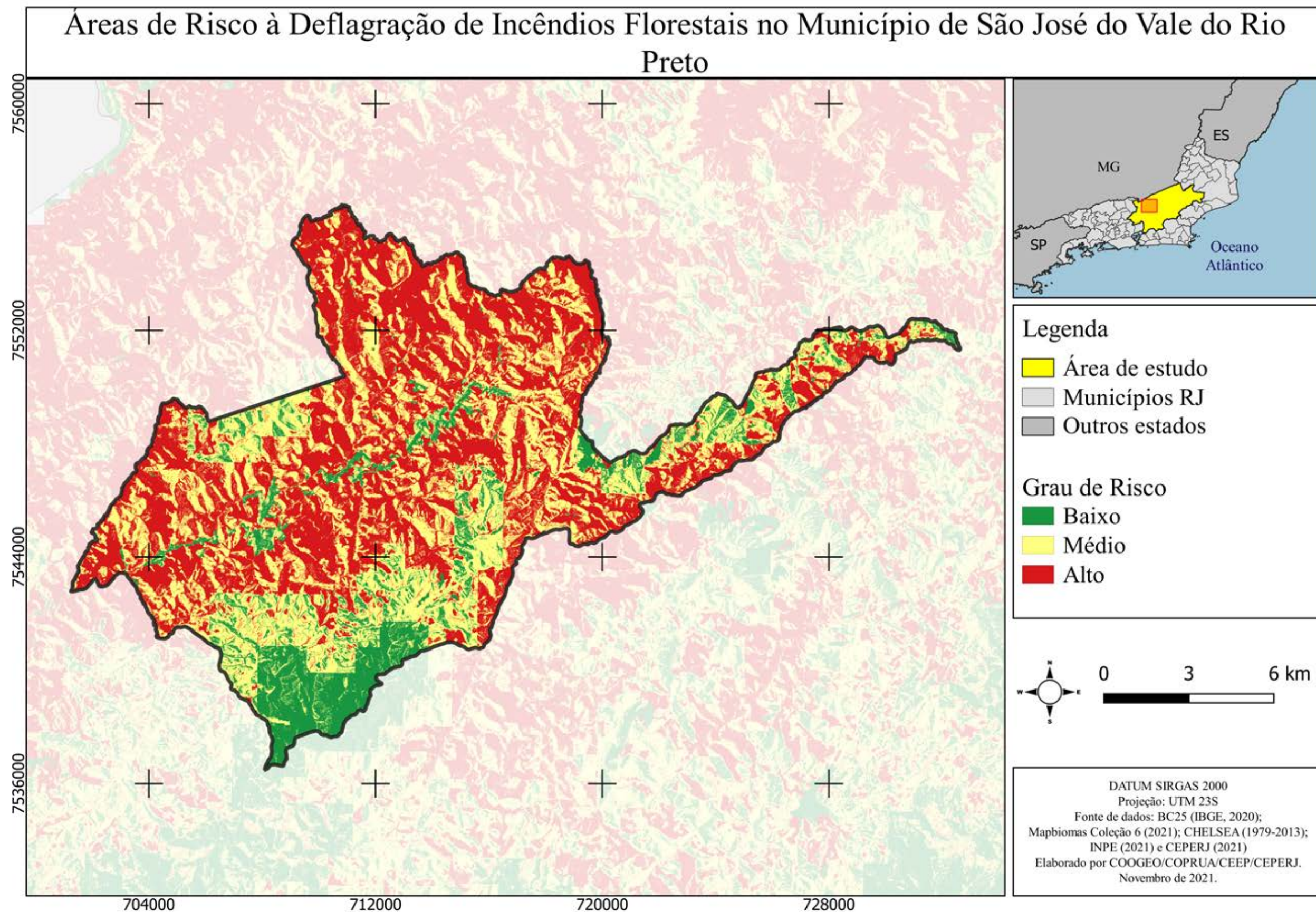


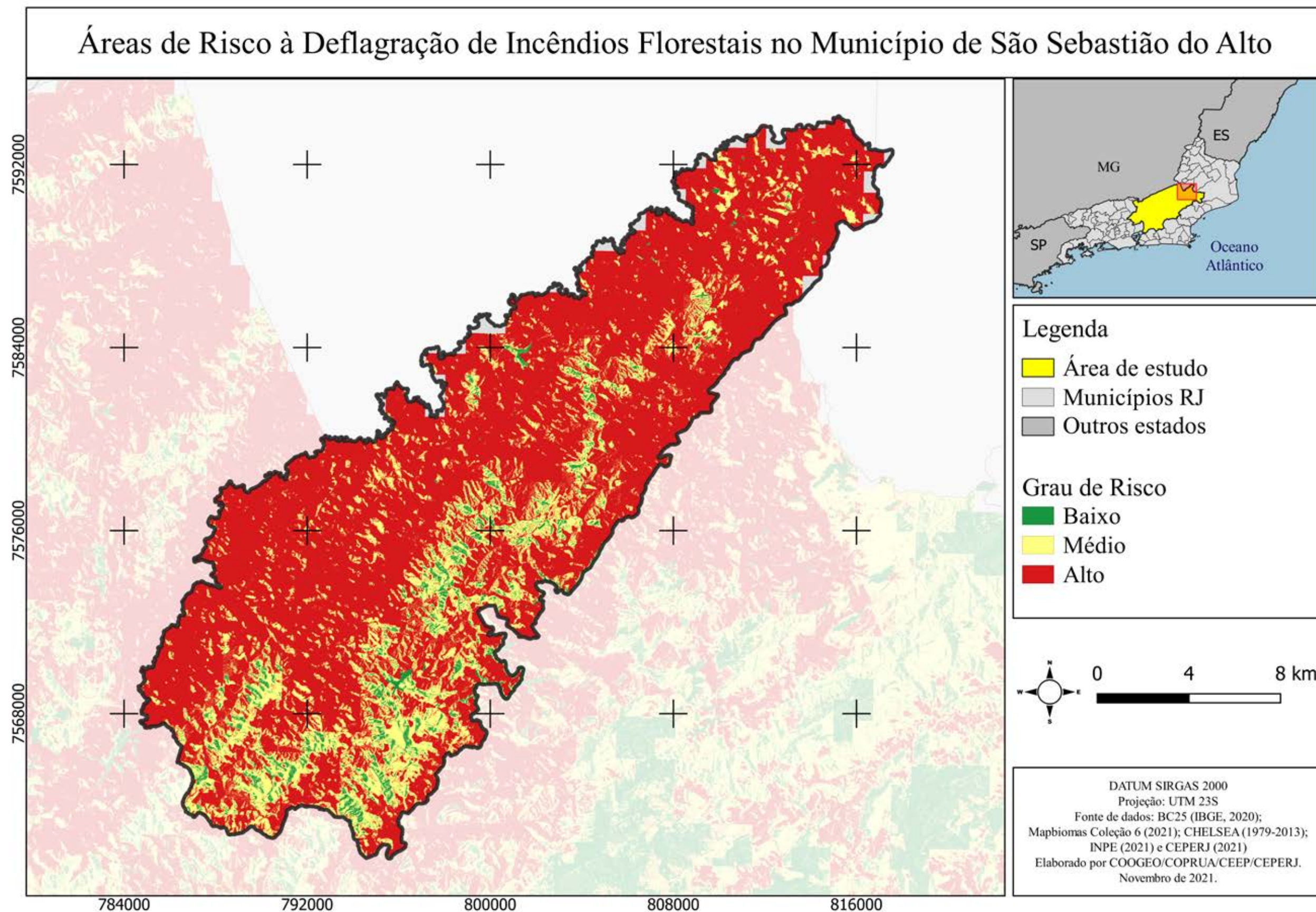


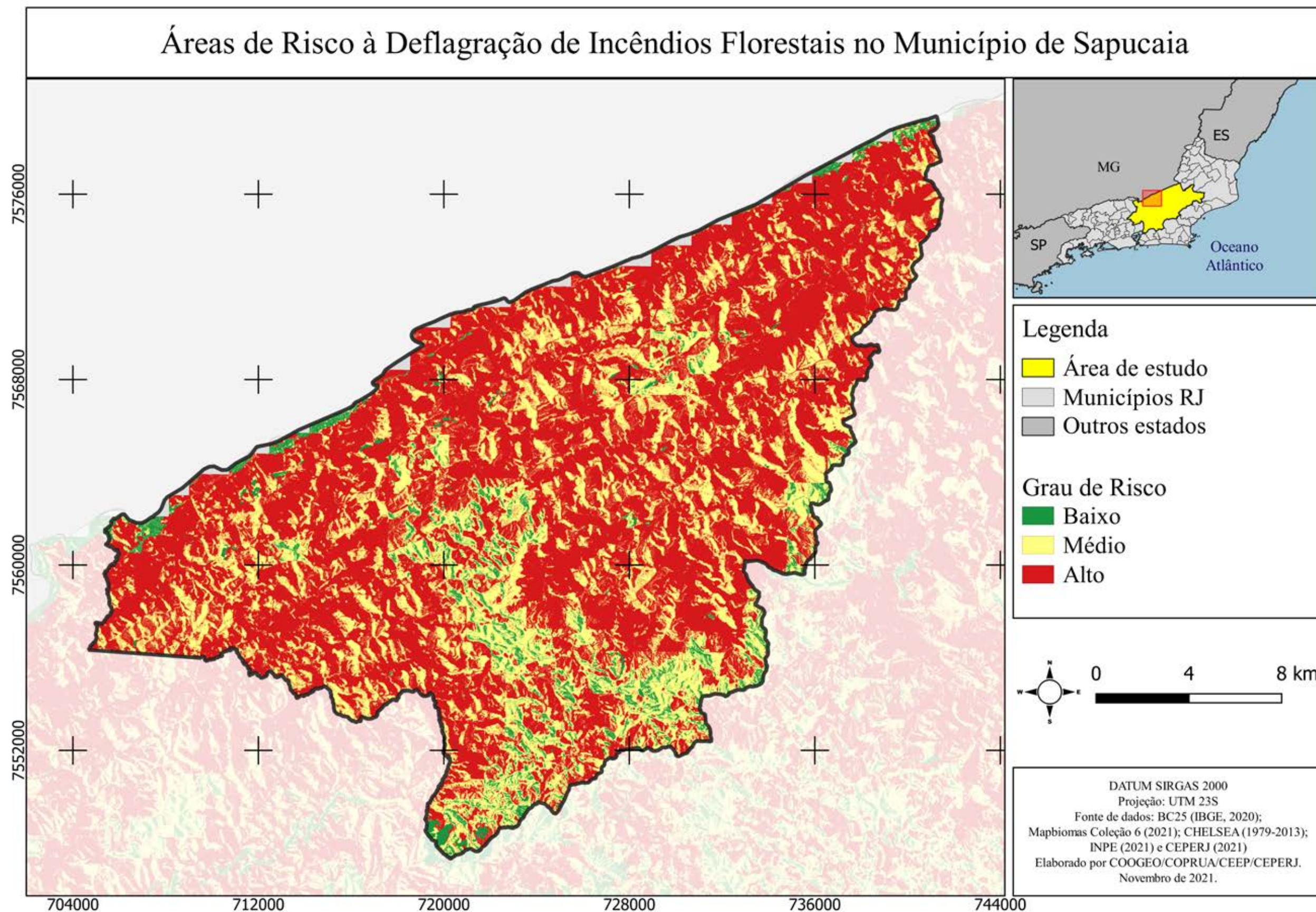


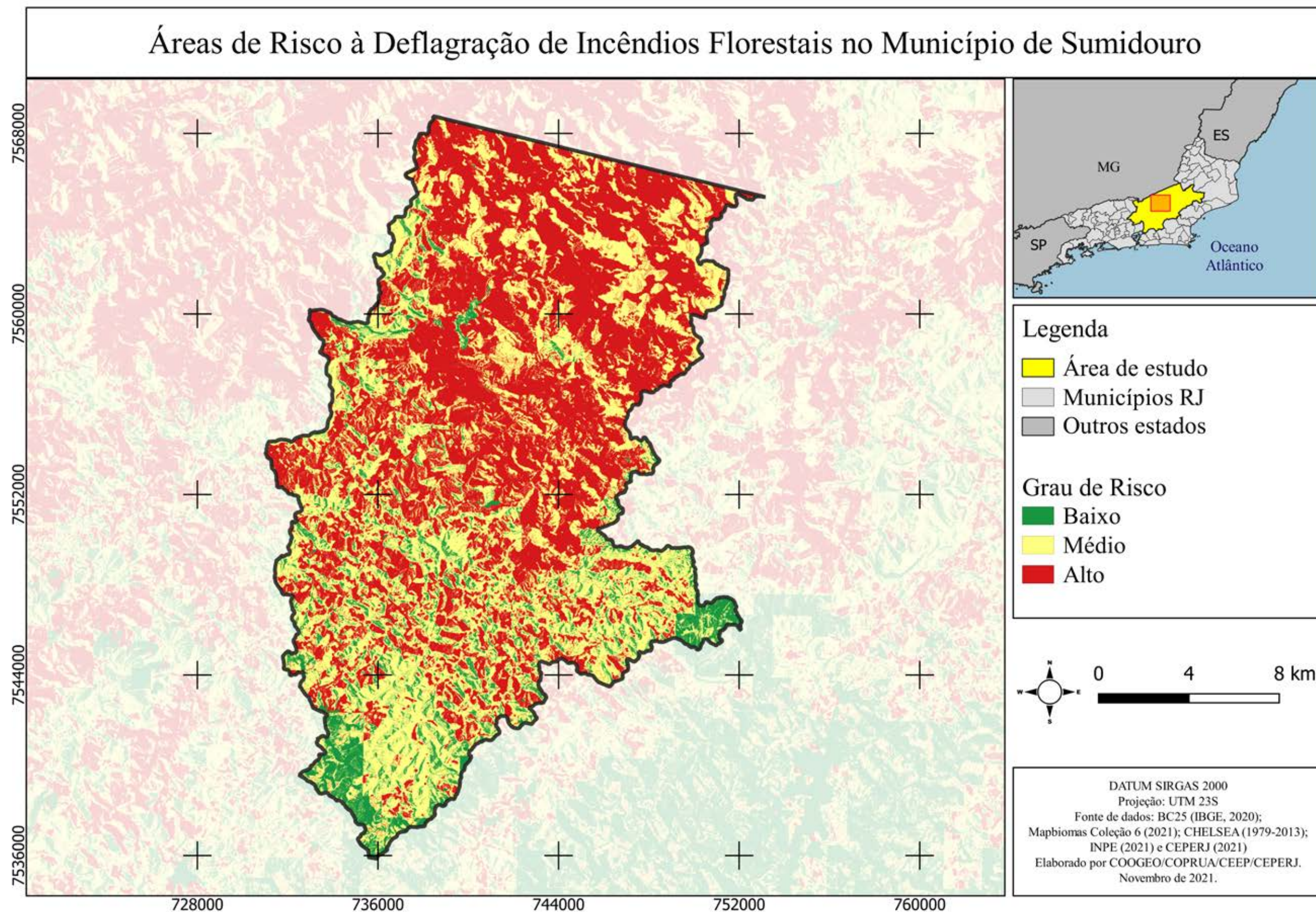


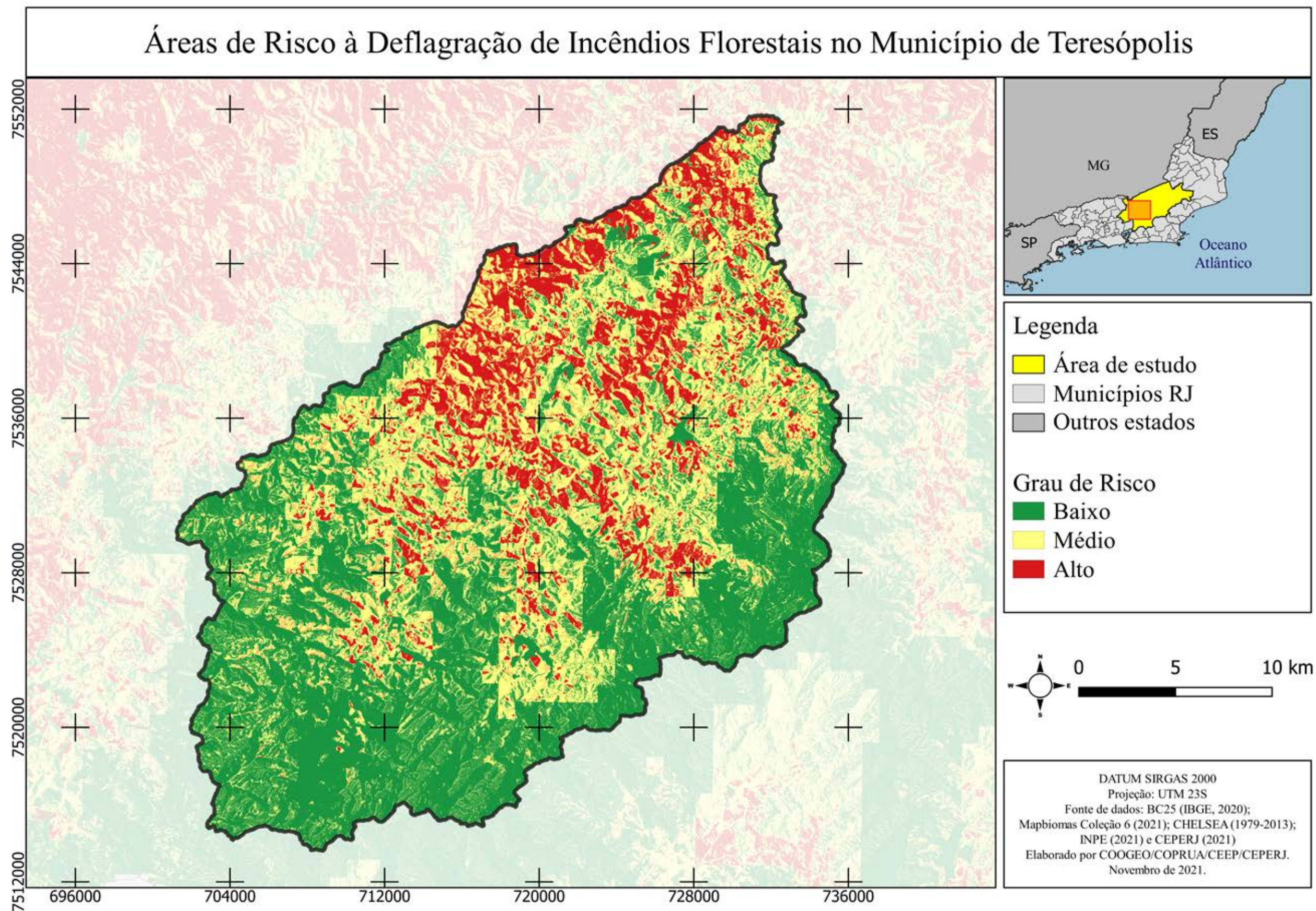


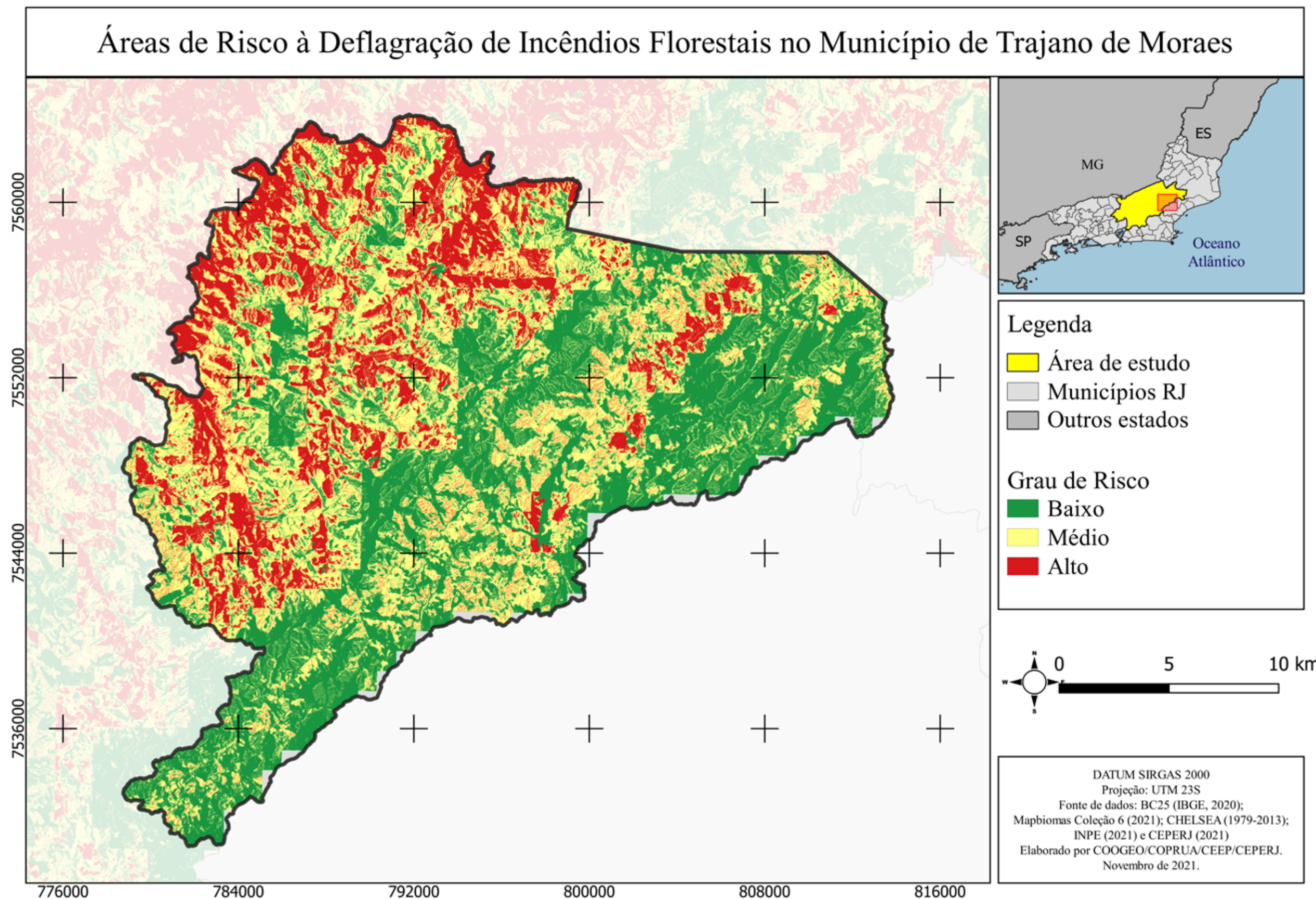


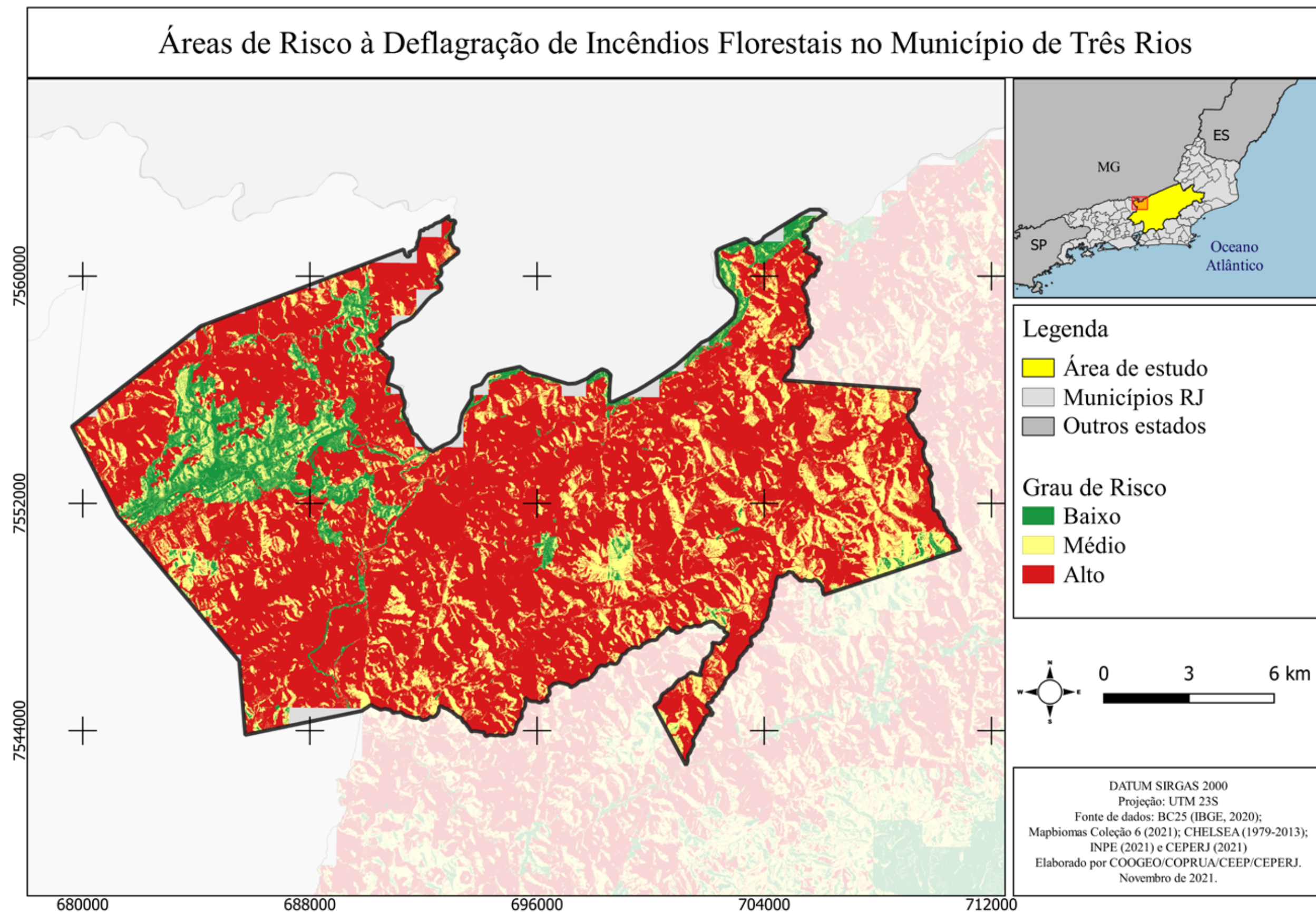














Políticas Regionais,
Urbanas e Ambientais



GOVERNO DO ESTADO
RIO DE JANEIRO

