

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

BRUNA KOVALSYKI

**ZONEAMENTO DE RISCO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS PARA O PARQUE
ESTADUAL DE VILA VELHA E SEU ENTORNO**

CURITIBA

2016

BRUNA KOVALSYKI

**ZONEAMENTO DE RISCO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS PARA O PARQUE
ESTADUAL DE VILA VELHA E SEU ENTORNO**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Florestal.

Orientador:
Prof. Dr. Alexandre França Tetto

Coorientadores:
Prof. Dr. Antonio Carlos Batista
Prof. Dr. Nilton José Sousa

CURITIBA

2016

Ficha catalográfica elaborada pela
Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira - UFPR

Kovalsyki, Bruna

Zoneamento de risco de incêndios florestais para o Parque Estadual de Vila Velha e seu entorno / Bruna Kovalsyki. – Curitiba, 2016.

73 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre França Tetto

Coorientadores: Prof. Dr. Antonio Carlos Batista

Prof. Dr. Nilton José Sousa

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 22/02/2016.

Área de concentração: Conservação da Natureza.

1. Parque Estadual de Vila Velha (PR). 2. Incêndios florestais – Prevenção e controle. 3. Conservação da natureza. 4. Teses. I. Tetto, Alexandre França. II. Batista, Antonio Carlos. III. Sousa, Nilton José. IV. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. V. Título.

CDD – 634.9

CDU – 634.0.43

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ENGENHARIA FLORESTAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **BRUNA KOVALSYKI**, intitulada: "**ZONEAMENTO DE RISCO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS PARA O PARQUE ESTADUAL DE VILA VELHA E SEU ENTORNO**", após terem inquirido a aluna e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua Aprovação.

Curitiba, 22 de Fevereiro de 2016.



Prof ALEXANDRE FRANÇA TETTO (UFPR)
(Presidente da Banca Examinadora)



Prof CELSO DARCI SEGER (AUT)



Prof RONALDO VIANA SOARES (UFPR)



À minha família

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Maria Ivone Hiurko Kovalsyki e Leonardo Antonio Kovalsyki, por todo o carinho e por sempre estarem ao meu lado. Aos meus irmãos, Cintia Kovalsyki e Guilherme Kovalsyki, pelo companheirismo, desabafos e risadas. Amo vocês!

Ao meu orientador, Prof. Dr. Alexandre França Tetto e aos meus Coorientadores, Prof. Dr. Antonio Carlos Batista e Prof. Dr. Nilton Jose Sousa, pelo conhecimento, auxílio e incentivo (Vamos lá?!). A vocês minha gratidão, admiração e respeito.

Aos meus amigos, recentes e de longa data, aos quais me proporcionaram momentos de alegria e descontração, muito obrigada pelo companheirismo e apoio. Em especial gostaria de agradecer à Camila de Paula Vieira, pela preciosa amizade, Ana Beatriz Schikowski, parceira desde o início desta jornada, Tatiane Lima Ho, pelos docinhos e companhia e auxílio, Igor Kiyoshi Takashina, por sempre me ajudar, Andressa Tres, pelas risadas e histórias e Ian Suguimati Pechnicki, pelos conselhos e auxílio.

Ao Dr. Celso Darci Seger, minha gratidão pelos ensinamentos em campo, pelo auxílio com a pesquisa e pelos conselhos.

Ao Prof. Dr. Ronaldo Viana Soares, pela contribuição e auxílio com a pesquisa.

Ao Instituto Ambiental do Paraná e aos funcionários do Parque Estadual de Vila Velha, em especial a Marilda, pela atenção e envolvimento com a pesquisa.

Ao Marciel Lohmann (SIMEPAR) e ao Prof. Jorim Sousa das Virgens Filho, pelo auxílio.

À Universidade Federal do Paraná, em especial ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal.

RESUMO

O Zoneamento de Risco de Incêndios Florestais (ZRIF) é uma ferramenta fundamental para o planejamento e tomada de decisões quanto à prevenção e ao combate de incêndios, assim como ao uso do fogo, uma vez que permite a visualização espacial de áreas com maior e menor probabilidade de ocorrências de incêndios. O presente estudo teve por objetivo elaborar um ZRIF para o Parque Estadual de Vila Velha e seu entorno, considerando um *buffer* de 1 km a partir do limite do parque, para o período de baixa incidência de incêndios e para o período de alta incidência de incêndios. Primeiramente foram identificadas as variáveis de risco e perigo da unidade, assim definidas: a) presença humana, para a qual foram atribuídos raios de influência a partir de estradas, aceiros e demais infraestruturas; b) zonas de uso, adaptadas do zoneamento apresentado no plano de manejo da unidade, c) características topográficas, com base no Modelo Digital de Elevação do terreno (MDE) da folha 25S51 (Topodata); d) cobertura e uso do solo, reclassificada com base em imagens *Rapideye* (2013); e e) condições meteorológicas, estabelecida por meio da Fórmula de Monte Alegre (FMA) ajustada para a região, para o período de baixa incidência de incêndios (de outubro a março) e para o período de alta incidência de incêndios (de abril a setembro). Os mapas para cada variável foram elaborados a partir da atribuição de coeficientes (de 0 a 5) que traduzem o grau de risco ou perigo de incêndios. A integração destes mapas, por meio de um modelo de ponderação, resultou no ZRIF do parque. A análise da presença humana demonstrou que 19,5% da área sofre influência antrópica. Quanto às zonas de uso, 57,7% da área abrangeu a classe muito alto, que corresponde principalmente a área do entorno do parque, e 36,1% abrangeu a classe alto, que representa 94,2% da área do parque. As características topográficas englobaram: declividade, onde 72,1% indicou grau de perigo baixo; altimetria, que apresentou as classes muito alto (74,7%) e alto (25,3%); e orientação de encostas, onde 44,2% apresentou grau de perigo baixo, seguido de muito alto (28,3%). Com relação à cobertura e uso do solo, 31,7% da área apresentou grau de perigo extremo, o qual está relacionado principalmente com a presença de estepe gramíneo lenhosa e cultivo de pinus. Com relação às condições climáticas, a FMA média obtida para o período de baixa incidência de incêndios foi de 6,5, que corresponde à classe de perigo moderado, enquanto que para o período de alta incidência de ocorrência de incêndios foi de 13,2, enquadrando-se na classe alto. Para o período de baixa incidência de incêndios, observou-se que 29,5% da área encontra-se na classe de risco de incêndio alto, 23,2% em muito alto, correspondendo às áreas de monocultura e de estepe, 16,2% em baixo, concentrando-se nas áreas pertencentes ao parque (93,3%), e 8,2% em extremo, referente às áreas de influência antrópica; enquanto para o período de alta incidência de incêndios, observou-se que 42,0% da área encontra-se na classe de risco muito alto, referente às monoculturas e áreas de estepe, 11,9% em extremo, observado na porção norte da área e em áreas de influência humana. Os ZRIFs representaram espacialmente os níveis de risco de incêndios da área, a partir dos quais pode-se identificar as áreas prioritárias para ações preventivas durante os dois períodos.

Palavras-chave: Proteção florestal, perigo e risco de incêndio, unidade de conservação, prevenção e combate aos incêndios.

ABSTRACT

The forest fire risk mapping is an essential instrument for planning and decision making regarding fire prevention and suppression, as well as fire management in general, since it allows the spatial viewing of areas with higher and lower ignition probability. This study aimed to develop a forest fire risk map for the Vila Velha State Park and its surroundings, considering a 1 km buffer from the unit limits, for the lower and higher fire occurrence seasons. Firstly, the fire risk and hazard variables were identified, as follows: a) human presence, along the roads, firebreaks and other infrastructure; b) usage zones, adapted from the zoning presented in the unit management plan; c) topographical features, based on the Digital Elevation Model (TOPODATA); d) soil coverage and land use, based on the RapidEye images classification (2013); and e) meteorological conditions, established by the Monte Alegre Formula (FMA), adjusted to the region for the lower (October to March) and higher (April to September) fire occurrence seasons. Coefficients (0 to 5) reflecting the fire risk or hazard degree were allocated to each variable in order to construct the maps. The integration of the plotted variable maps, through a weighting model, resulted in the final fire risk mapping. Human presence was an important factor in 19.5% of the area. Regarding the usage zones, 57,7% of the area was classified as very high risk, represented mainly by the buffer area, and 36,1% was classified as high risk. The topographical features included: slope, totalizing 72.1% of the area in the low risk class; altimetry, with 74.7 and 25.3% in the very high and high classes, respectively; and aspect, with 44.2 and 28.3% of the area classified as low and very high risk, respectively. Regarding the coverage and land use, 31.7% of the area presented extreme risk degree, which is mainly related to the presence of savanna and pine cultivation. The FMA calculation, indicative of climatic conditions, showed average values of 6.5 (moderate risk) and 13.2 (high risk) for the lower and higher fire occurrence seasons, respectively. For the lower fire incidence season, 29.5% of the analyzed area was classified as high fire risk category, 23.2% as very high risk, corresponding to the pine and savanna areas, 16.2 % as low risk, and 8.2% as extreme risk (areas with human influence); for the higher fire occurrence season, 42.0% of the area was classified as very high risk (pine and savanna areas), and 11.9% as extreme risk, in the northern part of the park and areas of human influence. The forest fire risk map spatially represents the levels of fire risk in the area, allowing the managers to identify the priority sectors for preventive actions in both fire seasons.

Keywords: Forest protection, fire hazard, conservation unit, prevention and suppression.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – LOCALIZAÇÃO DO PARQUE ESTADUAL DE VILA VELHA	21
FIGURA 2 – PONTOS DE REFERÊNCIA DO PARQUE ESTADUAL DE VILA VELHA	22
FIGURA 3 – MAPA HIDROGRÁFICO DO PARQUE ESTADUAL DE VILA VELHA	24
FIGURA 4 – MAPA ALTIMÉTRICO DO PARQUE ESTADUAL DE VILA VELHA ...	25
FIGURA 5 – MAPA DE DECLIVIDADE DO PARQUE ESTADUAL DE VILA VELHA	26
FIGURA 6 – MAPA DE COBERTURA VEGETAL DO PARQUE ESTADUAL DE VILA VELHA.....	27
FIGURA 7 – FORMAÇÕES VEGETACIONAIS DO PARQUE ESTADUAL DE VILA VELHA	28
FIGURA 8 – ZONEAMENTO DO PARQUE ESTADUAL DE VILA VELHA	29
FIGURA 9 – PARQUE ESTADUAL DE VILA VELHA E ÁREA DE INFLUÊNCIA ...	31
FIGURA 10 – COMPOSIÇÃO DO ZONEAMENTO DE RISCO DE INCÊNDIO	32
FIGURA 11 – RISCO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS EM FUNÇÃO DA INFRAESTRUTURA	41
FIGURA 12 – RISCO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS EM FUNÇÃO DAS ZONAS DE USO	43
FIGURA 13 – PERIGO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS EM FUNÇÃO DA DECLIVIDADE DO TERRENO	45
FIGURA 14 – PERIGO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS EM FUNÇÃO DA ALTITUDE DO TERRENO	46
FIGURA 15 – PERIGO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS EM FUNÇÃO DA ORIENTAÇÃO DAS ENCOSTAS	47
FIGURA 16 – COBERTURA E USO DO SOLO DA ÁREA DE ESTUDO	48
FIGURA 17 – PERIGO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS EM FUNÇÃO DA COBERTURA E USO DO SOLO	51
FIGURA 18 – CLASSES DE PERIGO DE INCÊNDIOS EM FUNÇÃO: (A) NÚMERO DE DIAS DA FMA ORIGINAL; (B) NÚMERO DE DIAS DA FMA AJUSTADA; (C) NÚMERO DE OCORRÊNCIAS DA FMA ORIGINAL; E (D) NÚMERO DE OCORRÊNCIAS DA FMA AJUSTADA	52

FIGURA 19 – DENDROGRAMA DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS E DE OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS	57
FIGURA 20 – PERIGO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS EM FUNÇÃO DA FMA PARA O PERÍODO DE BAIXA INCIDÊNCIA DE INCÊNDIOS (A) E PARA O PERÍODO NORMAL DE OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS (B).....	58
FIGURA 21 – ZONEAMENTO DE RISCO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS PARA O PERÍODO DE BAIXA INCIDÊNCIA DE INCÊNDIOS.....	61
FIGURA 22 – ZONEAMENTO DE RISCO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS PARA O PERÍODO DE ALTA INCIDÊNCIA DE INCÊNDIOS	62
FIGURA 23 – ZONEAMENTO DE RISCO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS PARA A ZONA PRIMITIVA	63

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO A INFRAESTRUTURA.....	32
TABELA 2 – CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO AS ZONAS DE USO	33
TABELA 3 – CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO A DECLIVIDADE DO TERRENO	33
TABELA 4 – CLASSIFICAÇÃO DA ALTIMETRIA	34
TABELA 5 – CLASSIFICAÇÃO DA ORIENTAÇÃO DAS ENCOSTAS	34
TABELA 6 – CLASSIFICAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL E USO DO SOLO ...	34
TABELA 7 – RESTRIÇÕES AO SOMATÓRIO DA FMA, DE ACORDO COM PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DO DIA	36
TABELA 8 – ESCALA DO GRAU DE PERIGO DE INCÊNDIO DA FÓRMULA DE MONTE ALEGRE.....	36
TABELA 9 – TABELA DE CONTINGÊNCIA.....	37
TABELA 10 – CÁLCULOS DA TABELA DE CONTINGÊNCIA	37
TABELA 11 – CLASSES DE RISCO PARA O ZONEAMENTO DO PARQUE ESTADUAL DE VILA VELHA.....	39
TABELA 12 – PRESENÇA HUMANA	40
TABELA 13 – REPRESENTATIVIDADE DAS CLASSES DE PERIGO DE INCÊNDIOS EM RELAÇÃO À ORIENTAÇÃO DAS ENCOSTAS	44
TABELA 14 – CLASSIFICAÇÃO E REPRESENTATIVIDADE DA COBERTURA E USO DO SOLO NO PARQUE ESTADUAL DE VILA VELHA E ENTORNO	49
TABELA 15 – CLASSIFICAÇÃO DO PERIGO DE INCÊNDIOS SEGUNDO A COBERTURA E USO DO SOLO	50
TABELA 16 – ESCALA DAS CLASSES DE PERIGO DE INCÊNDIOS DA FMA AJUSTADA	53
TABELA 17 – TABELA DE CONTINGÊNCIA E RESPECTIVOS CÁLCULOS	54
TABELA 18 – NÚMERO DE DIAS PARTICIPANTES DAS CLASSES DE PERIGO DE INCÊNDIOS	54
TABELA 19 – NÚMERO DE OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIO E REPRESENTATIVIDADE POR CLASSES DE PERIGO DA FMA.....	55
TABELA 20 – CLASSES DE TAMANHOS DE ÁREAS QUEIMADAS	56

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS	12
3	REVISÃO DE LITERATURA	13
3.1	INCÊNDIOS FLORESTAIS	13
3.2	ZONEAMENTO DE RISCOS DE INCÊNDIOS	14
3.2.1	Presença humana.....	15
3.2.2	Características topográficas	16
3.2.3	Cobertura vegetal	17
3.2.4	Condições meteorológicas e índice de perigo de incêndios	18
4	MATERIAL E MÉTODOS	21
4.1	ÁREA DE ESTUDO	21
4.1.1	Clima.....	23
4.1.2	Hidrografia	24
4.1.3	Topografia	25
4.1.4	Cobertura vegetal	26
4.1.5	Zonas de uso do parque	28
4.2	ZONEAMENTO DE RISCOS DE INCÊNDIOS	30
4.2.1	Elaboração dos mapas de risco e perigo de incêndios.....	32
4.2.2	Integração dos mapas de risco e perigo	39
4.3	RISCO EM FUNÇÃO DA PRESENÇA HUMANA.....	40
4.4	PERIGO EM FUNÇÃO DOS FATORES TOPOGRÁFICOS.....	44
4.5	PERIGO EM FUNÇÃO DA COBERTURA E USO DO SOLO	48
4.6	PERIGO EM FUNÇÃO DAS CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS	52
4.6.1	Ajuste do índice de perigo de incêndios	52
4.6.2	Perigo temporal de incêndios	54
4.7	ZONEAMENTO DE RISCO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS	59
5	CONCLUSÕES	65
	REFERÊNCIAS	66
	APÊNDICE 1 – VALORES DAS VARIÁVEIS CONSIDERADAS PARA A ELABORAÇÃO DA ANÁLISE DE CLUSTER	73

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, os incêndios florestais em áreas protegidas originam-se principalmente de atividades antrópicas e de áreas limítrofes. Dentre os impactos gerados por eles, observam-se: comprometimento da qualidade da água e do solo, interrupção de processos biológicos, descaracterização da paisagem, perda de biodiversidade, redução de fonte de alimento e abrigo para fauna. Neste contexto, a prevenção e o combate aos incêndios florestais deveriam ser considerados prioritários, a fim de garantir a conservação destas áreas, especialmente em tipologias de maior ocorrência de incêndios ou que estão sob maior pressão antrópica.

Um dos instrumentos fundamentais para a prevenção e controle dos incêndios florestais são os Zoneamentos de Risco de Incêndios Florestais (ZRIF), os quais permitem a visualização espacial de áreas com maior ou menor probabilidade de ocorrência de incêndios. Esta probabilidade depende de fatores que influenciam a propagação do fogo, como material combustível, características topográficas e condições meteorológicas, além da disponibilidade de fontes de ignição do material combustível, considerando principalmente a presença e as atividades humanas. Desta forma, o ZRIF oferece suporte para tomada de decisões e adequação de recursos e equipamentos de prevenção e combate.

Outra fonte essencial de informações para o planejamento de ações preventivas são as estatísticas referentes aos incêndios florestais. Estas englobam dados sobre local, data e causa das ocorrências, os quais podem ser obtidos por meio de um Registro de Ocorrência de Incêndios (ROI), que auxiliam na identificação de regiões de maior incidência, subsidiam a definição dos períodos críticos de ocorrência e permitem planejar os trabalhos de prevenção.

Atualmente, a maioria das unidades de conservação não apresenta esse registro, ou quando há, observam-se falhas ou falta de padronização no seu preenchimento, o que compromete a confiabilidade dos dados e o uso destes para o planejamento de ações preventivas. Outro fator importante a ser considerado é a ausência de planos de prevenção e combate aos incêndios florestais no plano de manejo das unidades.

A criação do Parque Estadual de Vila Velha teve como um dos principais objetivos a conservação de remanescentes de vegetação de Estepe Gramíneo Lenhosa. Tendo em vista que este ecossistema é dependente do fogo, o parque é

uma das poucas unidades de conservação que apresentam um programa de manejo da vegetação de campos com o uso do fogo para a restauração e conservação desta tipologia vegetal. Entretanto, para a execução de queimas controladas, são necessárias informações sobre material combustível, topografia e condições meteorológicas, a fim de elevar a eficiência e reduzir o risco de perda de controle do fogo no momento de sua execução. Neste sentido, o aprofundamento em estudos sobre o zoneamento de risco de incêndios, índices de perigo de incêndios e registros históricos da área são fundamentais para auxiliar no planejamento de atividades de prevenção e combate de incêndios e do uso do fogo.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Elaborar um zoneamento de risco de incêndios florestais para o Parque Estadual de Vila Velha e seu entorno, com o intuito de auxiliar nas ações dos programas de manejo da unidade de conservação.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- I. Identificar os fatores de risco e perigo de incêndios florestais do Parque Estadual de Vila Velha;
- II. Estabelecer os períodos críticos de ocorrências de incêndios florestais;
- III. Elaborar zoneamentos de risco de incêndios florestais para os períodos de baixa e alta incidência de incêndios;
- IV. Contribuir no planejamento de ações de combate e prevenção de incêndios previstas no plano de manejo do parque.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 INCÊNDIOS FLORESTAIS

Conforme Ramos (1995), incêndio florestal é todo fogo sem controle que incide sobre qualquer forma de vegetação, podendo ter sido provocado pelo homem (por intenção ou negligência) ou por fonte natural (raio).

Segundo Santos, Soares e Batista (2006), a maioria dos incêndios tem origem humana, porém são os fatores climáticos, e/ou o relevo do local que influenciam a sua propagação e determinam seus efeitos. Conforme os autores, essa situação vem se agravando em diversos países em consequência do acúmulo de material combustível e, principalmente, devido ao crescimento populacional.

Potencialmente todos os ecossistemas terrestres tem um regime do fogo, o qual é definido como um conjunto de condições recorrentes do fogo que caracterizam um determinado ecossistema e mantém a viabilidade, a estrutura, a composição e o funcionamento adequado deste. Essas condições podem ser resumidas como a variação específica dos seguintes elementos: frequência, comportamento e padrão de propagação do fogo, assim como, severidade, época, extensão e distribuição dos incêndios. Eliminar e aumentar os incêndios, ou alterar ou restringir um ou mais elementos, de uma forma que a variação destes já não seja mais compatível com a variabilidade de um dado ecossistema, pode resultar em transformações, além de afetar de maneira negativa a viabilidade dos ecossistemas desejáveis e a sustentabilidade dos produtos e serviços que esses ecossistemas oferecem (MYERS, 2006).

Segundo Soares (2009), o Brasil tem sido alvo recorrente de críticas de organizações conservacionistas, assim como instituições governamentais de outros países, com relação à carência de proteção de suas florestas contra o fogo.

De acordo com Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) (2016), no período de 1979 a 2005 ocorreram 2502 incêndios em Unidades de Conservação (UCs) federais, sendo observado um crescimento no número de ocorrências, o que indica, conforme Sampaio (2006), que as unidades de conservação estão ficando cada vez mais suscetíveis aos incêndios. Para Bontempo (2011), as UCs no Brasil são, em sua maioria, ilhas verdes circundadas por diversas pressões antrópicas, como o uso do fogo na agropecuária, que muitas vezes causa,

acidental ou intencionalmente, os incêndios florestais que atingem as UCs. Sampaio (2006) cita que esta situação se agrava ainda mais em decorrência da ausência de serviços estruturados de prevenção e de combate, e que não há políticas públicas de proteção contra incêndios florestais, ou quando há, são insuficientes para atender os objetivos e as diretrizes apresentadas no Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC).

Diversas estratégias tem sido utilizadas pelos órgão competentes para reduzir as ocorrências de incêndios nas UCs, como pesquisas a respeito dos impactos do fogo em diferentes biomas, a estruturação efetiva das unidades de conservação, a contratação temporária de brigadistas no período de estiagem e a implantação do Registro de Ocorrências de Incêndios (ROI) (BONTEMPO, 2011). Para Koproski (2010) os esforços dos programas de prevenção devem ser direcionados para se reduzir ou eliminar tanto as causas como os riscos, avaliando-os primeiramente durante o planejamento de atividades de prevenção.

3.2 ZONEAMENTO DE RISCOS DE INCÊNDIOS

Zoneamento de riscos de incêndios, ou mapeamento de risco, pode ser descrito como uma representação da superfície de interesse subdividida em áreas, em função do potencial de ocorrência e propagação de incêndios. Desta forma, os zoneamentos permitem uma visualização da distribuição espacial do risco em determinado local e possibilita uma melhor adequação de recursos e equipamentos de acordo com o nível de risco ou perigo de cada região, tornando-os assim, uma ferramenta fundamental no planejamento de recursos destinados à prevenção e pré-supressão dos incêndios florestais (OLIVEIRA *et al.*, 2004; RIBEIRO *et al.*, 2008).

Cabe destacar que risco de incêndio (*fire risk*) refere-se a possibilidade de um incêndio iniciar em função da presença e atividade de agentes causadores, enquanto perigo de incêndio (*fire hazard*) está relacionado às características dos combustíveis florestais, considerando arranjo, volume, condição e localização, de forma a predispor a ignição ou dificultar a extinção do incêndio (BROWN; DAVIS, 1973; NATIONAL WILDFIRE COORDINATING GROUP, 2015) e ainda pode contemplar as condições ambientais, como topografia, e condições meteorológicas, que permitem o início e a propagação do fogo (CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF), 2015).

Os mapas de risco partem da premissa de que diversos fatores contribuem para a ocorrência e propagação do fogo (BATISTA; OLIVEIRA; SOARES, 2002), sendo os principais: tipo de cobertura vegetal, características do material combustível, variáveis meteorológicas, topografia e atividades humanas geradoras de ignição (estradas, demografia e tipo de uso e ocupação da terra) (BATISTA *et al.*, 2014). Segundo Soares e Batista (2007) para cada um destes fatores adota-se níveis de risco ou perigo de incêndios, de acordo com a influência dessa variável sobre a ignição e a propagação do fogo em cada sítio, o que permite a confecção de diversos mapas temáticos para uma determinada região. A sobreposição destes mapas temáticos considera a delimitação de áreas de acordo com o nível de risco e perigo em função da ponderação dos riscos parciais de cada variável. Deste modo, desenvolve-se um algoritmo, ou um modelo matemático, que expresse numericamente a interação de todos os fatores analisados.

Diversos modelos têm sido utilizados para a elaboração de zoneamentos de risco de incêndios, Ferraz e Vettorazzi (1998); Batista, Oliveira e Soares (2002); Tetto, Batista e Soares (2012a); Mohammadi, Bavaghar e Shabaniyan (2014); e Batista *et al.* (2014). Para Oliveira (2002), o melhor modelo de integração é aquele definido conforme as condições de ocorrência dos incêndios locais e que considera a importância de cada variável em função das características de interesse.

3.2.1 Presença humana

Chuvieco *et al.* (2010) citam que na maioria dos países as ações antrópicas são as principais causas de incêndios florestais. De acordo com Vélez (2009a), a origem da maioria dos incêndios florestais provem do uso incorreto do fogo, por negligência ou com fins utilitários.

Em áreas protegidas no Brasil as principais causas evidenciadas são “incendiários” e “queimas para limpeza” no entorno. A primeira, tem origem na atuação dos agentes causadores durante todo o ano, mesmo quando as condições são desfavoráveis à propagação do fogo, enquanto a segunda pode estar relacionada a época em que essas atividades são realizadas, no inverno e início da primavera, a qual corresponde a estação seca e apresenta maior perigo de propagação dos incêndios (SANTOS, 2004).

Conforme Martínez, Vega-Garcia e Chuvieco (2009), atividades humanas são dinâmicas no tempo e espaço, o que dificulta a estimativa de padrões espaciais, como no caso de piromania ou outras motivações intencionais. Entretanto, causas ligadas à atividades recreativas ou agrícolas, por exemplo, tornam-se viáveis na implantação em modelos de risco, uma vez que podem ser relacionadas ao local no qual são desenvolvidas.

Fatores antropogênicos, como estradas e densidade rodoviária, são variáveis importantes que influenciam na ocorrência de incêndios, uma vez que são os elos que permitem a exploração mais eficiente de uma região, logo, podem ser um fator desencadeante de risco proeminente de incêndios florestais (RIBEIRO *et al.*, 2008; ADAB; KANNIAH; SOLAIMANI, 2013).

Deste modo, o mapa de risco segundo as influências humanas representa todas as atividades realizadas na área de estudo, considerando a infraestrutura existente na qual a vegetação sofre risco de ignição (KOPROSKI *et al.*, 2011), para qual se estabelece uma área de influência proporcional ao fluxo de pessoas e de veículos que nele transitam (FERRAZ; VETTORAZZI, 1998).

3.2.2 Características topográficas

A topografia é o mais constante dentre os componentes do triângulo do comportamento do fogo e apresenta grande influência sobre os outros dois (BOTELHO; SALGUEIRO, 1990; MÉRIDA, 2009a). De acordo com Batista (1990), a topografia dita o comportamento do fogo, uma vez que determina a localização de vários tipos de combustíveis, influenciando seu crescimento e inflamabilidade, devido os seus efeitos sobre o clima, além de afetar as características dos ventos, particularmente os ventos convectivos. Neste contexto, o autor considera três fatores topográficos importantes: altitude, exposição das encostas e declividade.

A configuração do relevo condiciona principalmente o microclima e influencia os regimes de vento, os quais incidem sobre o sentido e a velocidade de propagação do fogo. As cadeias montanhosas são um obstáculo para o movimento das massas de ar e, quando são suficientemente altas, determinam a existência de umidade relativa significativamente maior nas ladeiras de barlavento quando comparado as de sotavento (MÉRIDA, 2009a).

Tanto a elevação acima do nível do mar como a elevação relativa de regiões vizinhas apresentam efeitos sobre o comportamento do fogo, sendo que baixas elevações têm a tendência de apresentar estações de risco de incêndios mais longas, uma vez que com o aumento da altitude há um decréscimo da temperatura e, conseqüentemente, um valor de umidade relativa do ar mais elevado, reduzindo assim o perigo de incêndio. Por esta razão, o mapa de altitudes é integrado ao modelo de risco como uma variável negativa ou decrescente (BATISTA; OLIVEIRA; SOARES, 2002).

A exposição, ou posição das encostas das montanhas em relação ao ângulo de incidência dos raios solares, apresenta uma influência direta sobre a possibilidade de ignição do material combustível e comportamento deste durante o processo de queima (CLAR; CHATTEN, 1975). Soares (1985) descreve que ao sul do equador, a face das montanhas voltadas para o norte é a que recebe maior quantidade de energia, seguida da face oeste. Estas apresentam maior temperatura e menor umidade relativa em relação as faces leste e sul, logo os materiais combustíveis secam mais rapidamente e assim eleva o perigo de ocorrência e propagação de incêndios nessas exposições. O autor cita também que a face sul é a que menos se aquece, uma vez que recebe a menor quantidade de energia, sendo que em latitude superior a 23° 27' não recebe insolação direta, nem mesmo no verão, devido a inclinação da Terra em relação ao sol.

Conforme Mérida (2009a), o fator topográfico de maior importância é a declividade das encostas. Esta exerce influência nas formas de transmissão de energia, fazendo com que os fenômenos de convecção e radiação sejam mais eficientes em aclives, além do que, quanto maior for o grau de inclinação das ladeiras, maior será a velocidade de propagação do fogo.

3.2.3 Cobertura vegetal

A variação na cobertura vegetal implica em mudanças de diversos aspectos relacionados ao comportamento do fogo, principalmente do combustível e condições climáticas (SOARES; BATISTA; NUNES, 2008), uma vez que essa cobertura é responsável pelo fornecimento do material combustível para queima (BATISTA; OLIVEIRA; SOARES, 2002) e exerce acentuada influência no microclima (SOARES, 1985).

Segundo Beutling *et al.* (2005), este é o único fator efetivamente sujeito a alterações antrópicas e, por isso mesmo, passível de controle. De acordo com os autores, os principais fatores que regem o comportamento do fogo são a localização e as características dos combustíveis florestais, enquanto o clima, a topografia e o teor de umidade do material combustível influenciam na propagação dos incêndios.

O tipo do material combustível é classificado com base no diâmetro médio nos seguintes tipos: combustível perigoso, semi-perigoso e verde (BEUTLING, 2009). O material combustível perigoso é aquele que, sob condições naturais, se mostra de fácil e rápida combustão. Corresponde a um material fino que perde umidade rapidamente, apresenta menor temperatura de ignição e por isto facilita o início do fogo e acelera a propagação, queimando rapidamente. A classe do material semi-perigoso compreende galhos acima de 1,0 cm de diâmetro. Embora a ignição nestes materiais seja mais lenta e difícil, eles desenvolvem intenso calor e podem manter uma combustão latente, possibilitando assim, o reinício dos incêndios já considerados extintos. O combustível verde é constituído pela vegetação viva existente na floresta, a qual apresenta alto teor de umidade. Os materiais verdes, exceto as coníferas, são geralmente considerados não inflamáveis, porém o calor liberado pela combustão dos outros combustíveis pode secá-los, tornando-os inflamáveis (SOARES; BATISTA, 2007).

Conforme Soares (1985), quando o teor de umidade do material combustível está acima de 25%, a probabilidade de ignição é praticamente nula, sendo esta chamada de “umidade de extinção”. Porém, após longos períodos de estiagem, a umidade dos combustíveis mortos encontra-se abaixo deste valor, aumentando o perigo de ignição. Rigolot (1990) aponta que o valor de umidade de extinção para a maioria dos combustíveis vivos encontra-se entre 120 e 160%, enquanto que para a manta morta varia de 25 a 40% e para certas espécies herbáceas, 12%.

3.2.4 Condições meteorológicas e índice de perigo de incêndios

A meteorologia está associada ao estado médio da atmosfera em um certo período e em determinado lugar (SOARES; BATISTA; TETTO, 2015), sendo a temperatura do ar, a umidade relativa do ar, a precipitação e o vento, os principais fatores que influenciam o comportamento do fogo, sobretudo a ignição dos combustíveis e a propagação dos incêndios (BATISTA; OLIVEIRA; SOARES, 2002).

De acordo com Soares (1985), a temperatura do ar influi direta e indiretamente na combustão e na propagação dos incêndios florestais, porém, segundo Batista (1990), raramente este será o fator determinante para o início ou propagação do fogo.

Mérida (2009b) relata que além da influência sobre o teor de umidade dos materiais combustíveis, a umidade do ar influencia também na disponibilidade de oxigênio para o processo de combustão. Uma maior umidade relativa do ar implica em uma menor proporção de oxigênio no ambiente, o que significa um retardo no processo. Deste modo, conforme Soares (1985), a umidade relativa é um dos fatores fundamentais na propagação dos incêndios florestais e um elemento importante na avaliação do grau de dificuldade de combate aos incêndios.

Dentre as variáveis meteorológicas que afetam o comportamento do fogo, o vento é o elemento mais variável e menos previsível, sendo um parâmetro importante na taxa de propagação do fogo, uma vez que afeta o fornecimento de oxigênio e a inclinação das chamas, as quais ativam a fase de pré-aquecimento dos combustíveis ainda não queimados, além de afetar o sentido do fogo e o transporte de materiais incandescentes por meio das colunas de convecção, os quais podem originar focos secundários (BROWN; DAVIS, 1973; SOARES, 1985; BOTELHO; SALGUEIRO, 1990; MÉRIDA, 2009b).

O estado atmosférico é o principal regulador das temporadas de ocorrência de incêndios de forma que, para cada região, as condições meteorológicas, associadas às condições fisiológicas da vegetação, determinam o período do ano mais favorável para a ocorrência dos incêndios (MÉRIDA, 2009b).

Segundo Soares (1985), o período de maior perigo de incêndios em uma região pode ser determinado por meio do cálculo dos índices de perigo de incêndio, os quais estimam, por meio de escalas numéricas, o potencial de ignição ou de inflamabilidade da vegetação. Conforme Ferraz e Vettorazzi (1998) a aplicação de um índice de perigo adequa o zoneamento de risco às condições meteorológicas, permitindo um acompanhamento do risco de incêndio ao longo do ano.

De acordo com Soares (1971, p. 59), índice de perigo é descrito como: “os números que refletem antecipadamente a possibilidade de ocorrer um incêndio, assim como a facilidade deste se propagar, de acordo com as condições atmosféricas do dia”.

A estrutura dos índices está fundamentalmente baseada na medição direta ou indireta de certos fatores meteorológicos (VÉLEZ, 2009b). Os principais índices de

perigo de incêndios utilizados no Brasil são: Angstron, Nesterov, Fórmula de Monte Alegre (FMA) e Fórmula de Monte Alegre Alterada (FMA⁺) (SOARES; BATISTA, 2007).

A Fórmula de Monte Alegre (FMA) foi desenvolvido por Ronaldo Viana Soares em 1972, sendo este o primeiro índice de perigo de incêndios do Brasil, o qual indica a probabilidade de ocorrência de um incêndio, sendo o grau de perigo determinado por meio de uma escala própria. Este é um índice acumulativo e requer apenas duas variáveis meteorológicas: a umidade relativa do ar e a precipitação pluviométrica (SOARES, 1972).

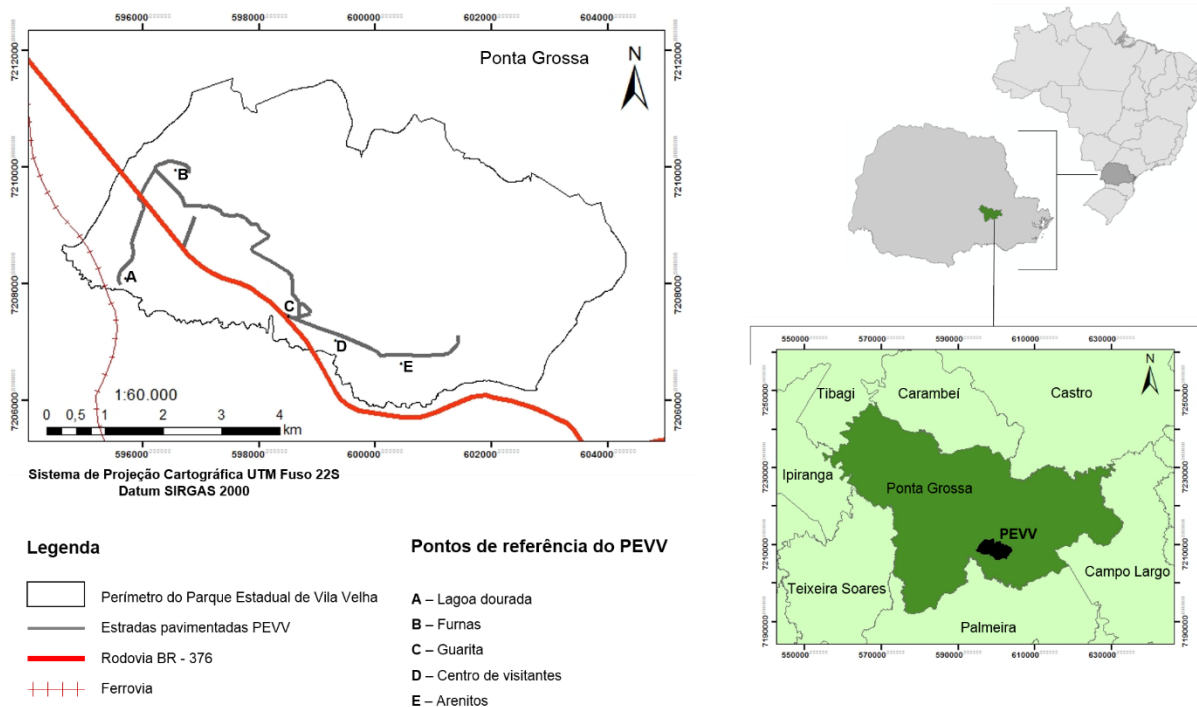
O conhecimento do grau de perigo de incêndio, assim como o uso de um índice confiável, são fatores fundamentais para o planejamento de medidas de prevenção e supervisão das atividades de controle dos incêndios florestais, tornando-os mais eficientes, o que resulta em redução de perdas e, conseqüentemente, dos prejuízos financeiros (VÉLEZ, 2009b; NUNES, 2005). Demais finalidades do índice de perigo são o dimensionamento de equipes e de infraestrutura, planejamento de ações de manutenção, vigilância e monitoramento de incêndios, permissão para queimas, estabelecimento de zonas de risco, advertência pública do grau de perigo, dentre outros (DEPPE *et al.*, 2004; NUNES, 2005).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado no Parque Estadual de Vila Velha (PEVV), localizado no segundo planalto paranaense, na região denominada de Campos Gerais, município de Ponta Grossa, entre as coordenadas 25° 12' 34" a 25° 15' 35" S (7211461,4 a 7205961,9) e 49° 58' 04" a 50° 03' 37" W (603987,6 a 594629,5) (FIGURA 1 e 2). O Parque está inserido na Área de Proteção Ambiental da Escarpa Devoniana (INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ (IAP), 2004).

FIGURA 1 – LOCALIZAÇÃO DO PARQUE ESTADUAL DE VILA VELHA



FONTE: IAP (2004); INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE, 2013), elaborado pela autora (2016).

FIGURA 2 – PONTOS DE REFERÊNCIA DO PARQUE ESTADUAL DE VILA VELHA



FONTE: A autora (2016).

NOTA: A) Lagoa dourada; B) Furnas; C) Guarita; D) Centro de visitantes; e e) Arenitos.

Vila Velha é um conjunto de formações areníticas de expressivo valor cênico, científico e ambiental, servindo de palco tanto para história natural como humana. Tendo isso em vista, assim como a necessidade de proteção do patrimônio natural, criou-se o Parque Estadual de Vila Velha. A princípio foi imposta pelo governo do estado do Paraná a desapropriação dos imóveis denominados Lagoa Dourada e Vila Velha, por meio do Decreto-Lei nº 86, em 16 de outubro de 1942, a fim de instalar nesta área um Parque Florestal (IAP, 2004).

O Parque Estadual de Vila Velha foi criado por meio da Lei nº 1.292, de 12 de outubro de 1953 (PARANÁ, 1953), com uma área de 3122,11 hectares (IAP, 2004).

Em 5 de junho de 2002, por meio do Decreto nº 5767, o Parque Estadual de Vila Velha passa a abranger uma área correspondente a 3803,28 hectares (PARANÁ, 2002).

De acordo com a Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000 (BRASIL, 2000), que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), a categoria Parque integra o grupo de Unidades de Proteção Integral, que tem por objetivo básico preservar a natureza, admitindo somente o uso indireto dos seus recursos naturais.

4.1.1 Clima

Segundo o sistema de classificação de Köppen, o clima da região é o Cfb – clima temperado, que se caracteriza pela temperatura média do mês mais frio inferior a 18 °C (mesotérmico), com verões frescos, no qual a temperatura média do mês mais quente é inferior a 22 °C e sem estação seca definida (INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ (IAPAR), 2000).

De acordo com o IAPAR (2015), considerando o período de vigência da estação, os meses de janeiro e fevereiro apresentaram as temperaturas mais elevadas, sendo a temperatura média do ar de 21,4 °C, enquanto os meses de junho e julho apresentaram as temperaturas médias mais baixas (13,8 °C).

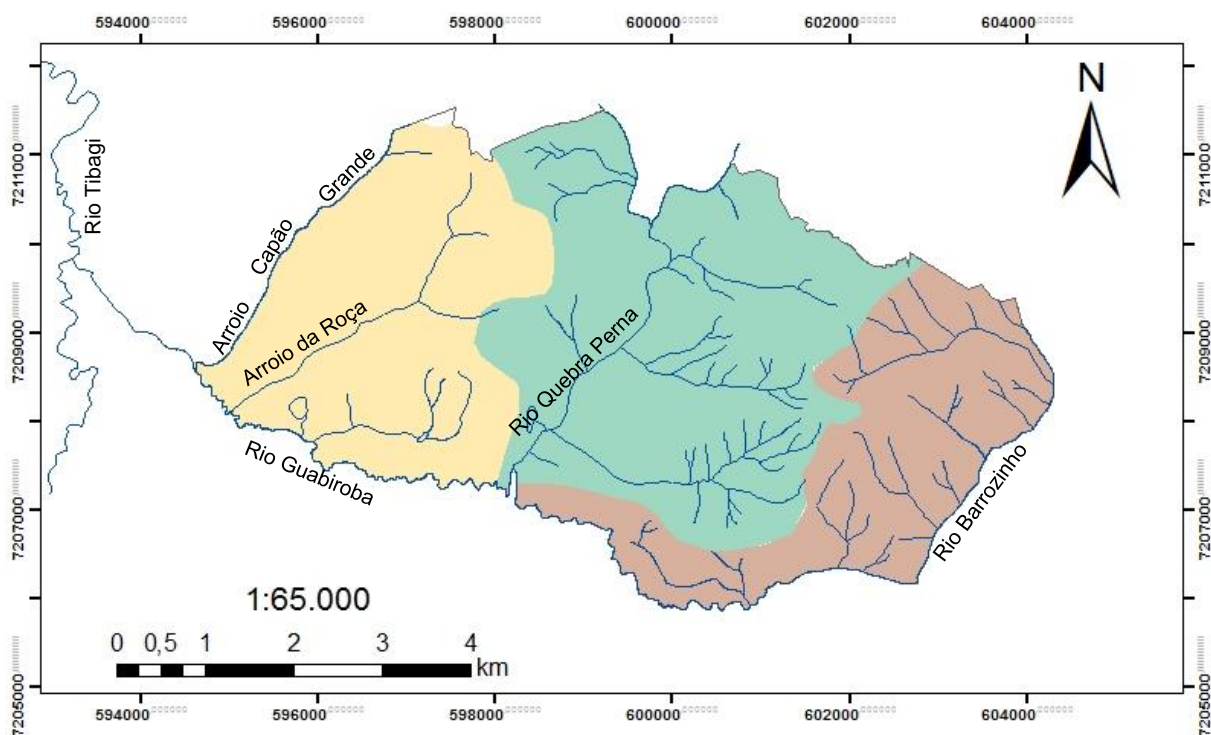
O regime pluviométrico da região do Parque Estadual de Vila Velha apresenta anualmente uma precipitação acumulada média de 1554 mm e, em média, 126 dias chuvosos (IAPAR, 2015). Segundo o IAP (2004), a estação chuvosa inicia-se em setembro, porém durante o mês de novembro e início de dezembro são frequentes as ocorrências de períodos secos de curta duração. Conforme o IAPAR (2015), o mês de janeiro apresenta maior precipitação, em média 186,5 mm, seguido de fevereiro (161,0 mm), enquanto agosto apresenta a menor precipitação, com média de 78,9 mm.

O sentido predominante do vento é nordeste (NE), com velocidade média dentre 3 a 4 m/s durante o ano (IAPAR, 2015). Quanto à ocorrência de geadas, estas concentram-se no período de maio a agosto, sendo que para maio e agosto são esperadas até 2 ocorrências por ano e para junho e julho de 3 a 4 ocorrências por ano (IAP, 2004).

4.1.2 Hidrografia

O Parque Estadual de Vila Velha localiza-se no trecho superior da bacia do rio Tibagi, havendo nascentes de rios tributários deste na área do parque (CAMPOS; DALCOMUNE, 2011). O parque situa-se na bacia de drenagem do rio Guabiroba, que tem origem na confluência dos rios Quebra Perna e Barrozinho. O rio Guabiroba deságua no rio Tibagi a aproximadamente 5 km a sudoeste do Parque. Outros cursos de água tributários do rio Guabiroba são os arroios Capão Grande e Córrego da Roça (IAP, 2004) (FIGURA 3).

FIGURA 3 – MAPA HIDROGRÁFICO DO PARQUE ESTADUAL DE VILA VELHA



Legenda

- Hidrografia
- Perímetro Parque Estadual de Vila Velha

Sub-bacias

- Rio Guabiroba
- Rio Barrozinho
- Rio Quebra perna

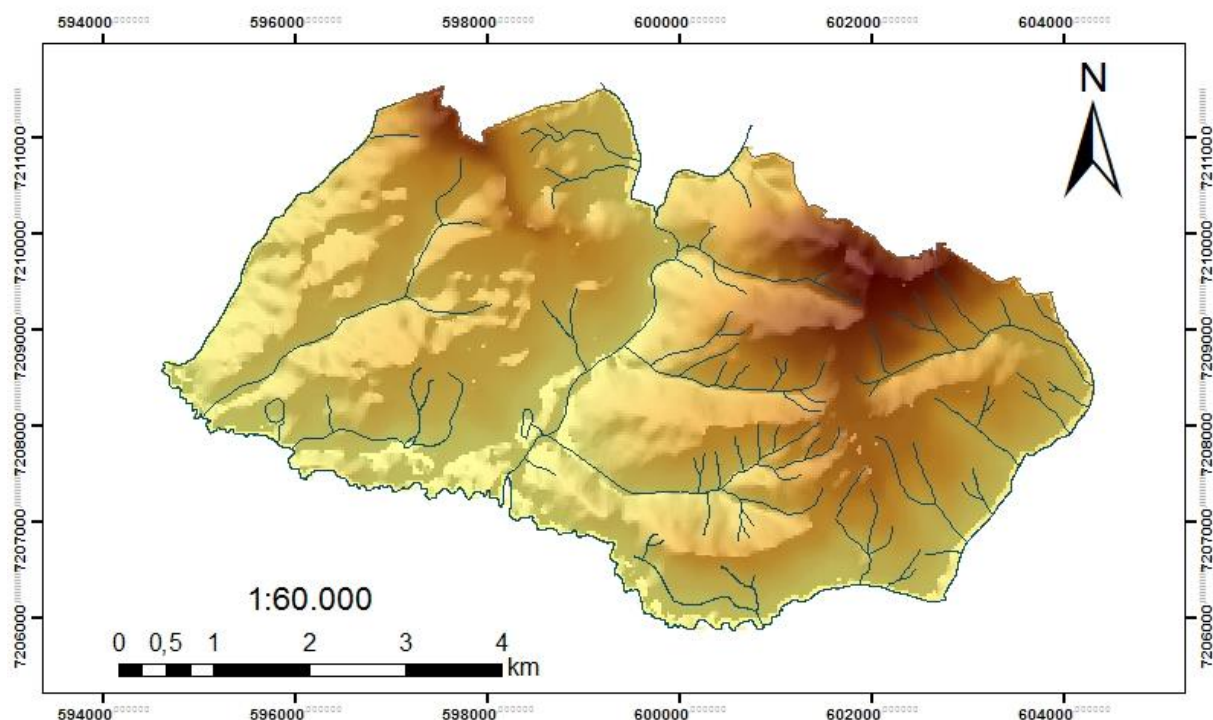
Sistema de Projeção Cartográfica UTM Fuso 22S
Datum SIRGAS 2000

Fonte: Adaptado de IAP (2004).



4.1.3 Topografia

A altitude do parque varia entre 786 a 1066 m (FIGURA 4).

FIGURA 4 – MAPA ALTIMÉTRICO DO PARQUE ESTADUAL DE VILA VELHA



Legenda

-  Perímetro Parque Estadual de Vila Velha
-  Hidrografia

Altimetria

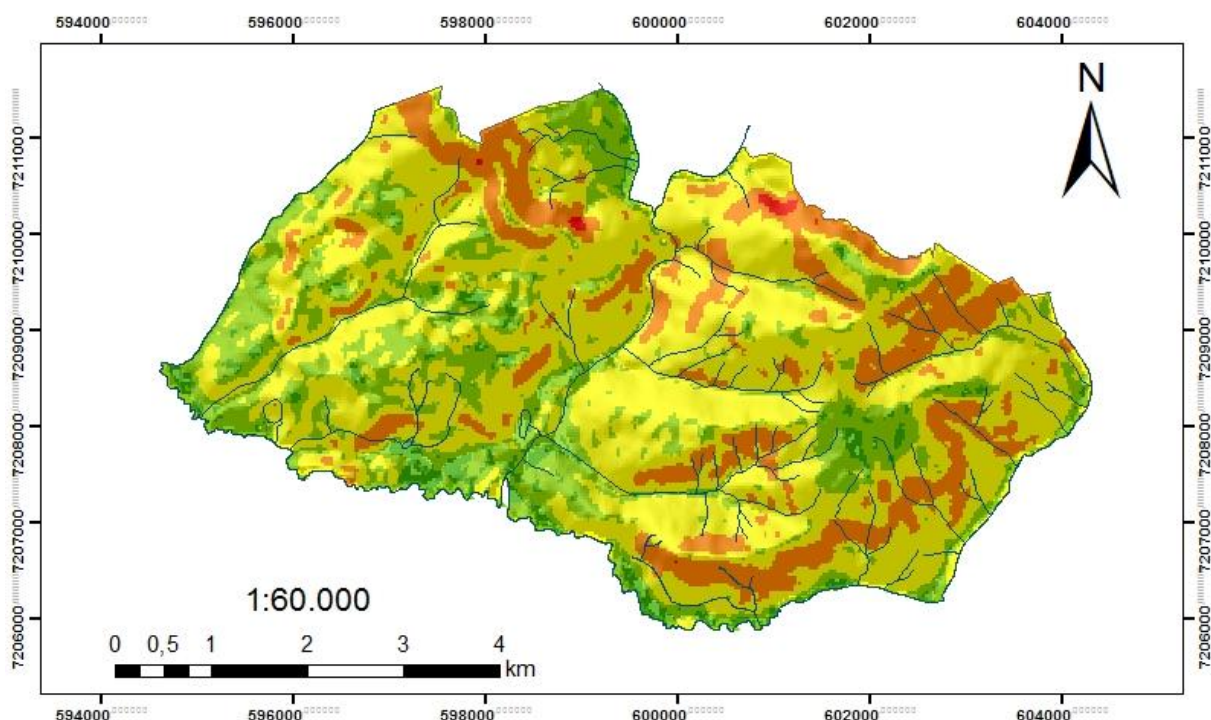
-  High : 1066
- Medium : 926
- Low : 786

Sistema de Projeção Cartográfica UTM Fuso 22S
Datum SIRGAS 2000



FONTE: INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE) (2011), elaborado pela autora (2016).

As rochas e as estruturas geológicas influenciam marcadamente os principais traços do relevo, encaixando a drenagem, controlando a distribuição de setores homogêneos, condicionando feições de relevo particulares em diversas escalas de tamanho (MELO *et al.*, 2004). Conforme a classificação de declividade citada por Pereira e Lombardi-Neto (2004), aproximadamente 61,8% da área do Parque Estadual de Vila Velha enquadra-se na classe ondulado (8 a 20% de declividade), sendo ausente a classe escarpado (> 75%) (FIGURA 5).

FIGURA 5 – MAPA DE DECLIVIDADE DO PARQUE ESTADUAL DE VILA VELHA








Legenda

-  Perímetro Parque Estadual de Vila Velha
-  Hidrografia

Sistema de Projeção Cartográfica UTM Fuso 22S
Datum SIRGAS 2000

Declividade

-  Plano (0 a 3,00%)
-  Suave ondulado (3,01 - 8,00%)
-  Ondulado (8,01 - 20,00%)
-  Forte ondulado (20,01 - 45,00%)
-  Montanhoso (45,01 - 75,00%)

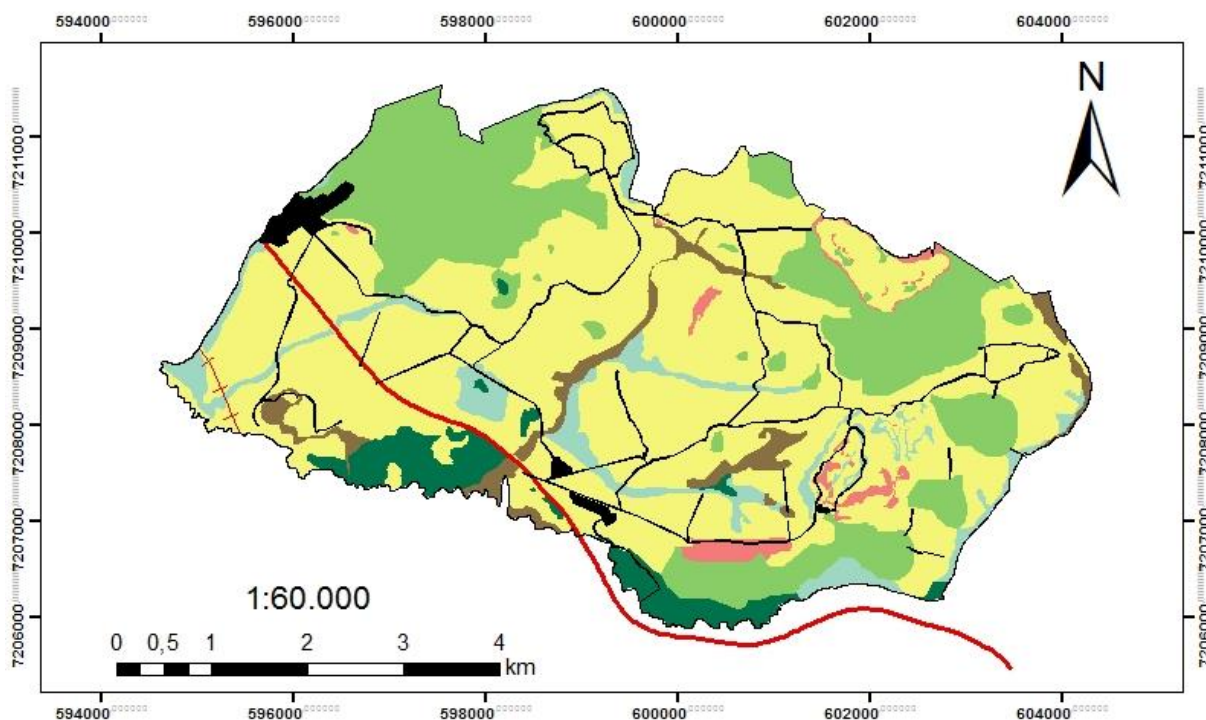
FONTE: INPE (2011), elaborado pela autora (2016).

4.1.4 Cobertura vegetal

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2012), no domínio planalto das araucárias, a Estepe coexiste com a Floresta Ombrófila Mista, compondo a paisagem capões e florestas de galeria. De acordo com Roderjan *et al.* (2002), a origem da Estepe remonta ao início do atual período pós-glacial, sendo sua manutenção garantida devido a ocorrência do fogo, seja este de causa natural ou antrópica. Ziller (2000) classificou a vegetação nessa região em seis formações, as quais, segundo IAP (2004), são identificadas no Parque Estadual de Vila Velha: a) Estepe *stricto sensu* (campo seco e limpo); b) Estepe higrófila (campo úmido); c)

Formação pioneira de influência fluvial (brejo e várzeas); d) Refúgios vegetacionais rupestres (caracterizando a vegetação especializada a afloramentos de arenitos); e) Floresta Ombrófila Mista Montana (capões com araucárias); e f) Floresta Ombrófila Mista Aluvial (floresta de galeria) (FIGURAS 6 e 7).

FIGURA 6 – MAPA DE COBERTURA VEGETAL DO PARQUE ESTADUAL DE VILA VELHA



Legenda

	Perímetro Parque Estadual de Vila Velha	Vegetação	
	Infraestrutura		Estepe
	Rodovia BR - 376		Estepe Higrófila
	Ferrovia		Floresta Ombrófila Mista Aluvial
			Floresta Ombrófila Mista Montana
			Formações Pioneiras de Influência Fluvial
			Refúgios Vegetacionais Rupestres

Sistema de Projeção Cartográfica UTM Fuso 22S
Datum SIRGAS 2000

FONTE: Adaptado de IAP (2004).

FIGURA 7 – FORMAÇÕES VEGETACIONAIS DO PARQUE ESTADUAL DE VILA VELHA



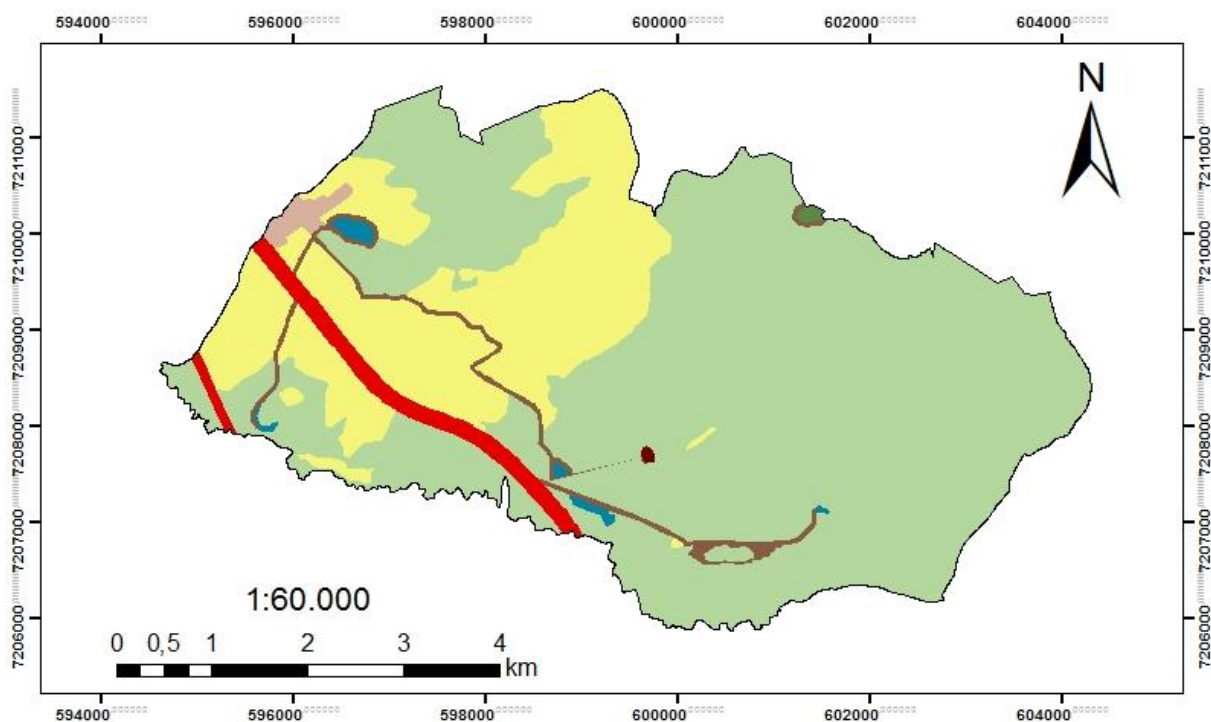
FONTE: A autora (2016).

NOTA: A) Estepe; B) Estepe higrófila; C) Floresta Ombrófila Mista Aluvial; D) Floresta Ombrófila Mista Montana; E) Formações Pioneiras de Influência Fluvial e F) Refúgios Vegetacionais Rupestres

4.1.5 Zonas de uso do parque

O zoneamento do Parque Estadual de Vila Velha apresenta 8 zonas de uso, que são: zona primitiva, de uso temporário, de recuperação, de uso conflitante, de uso especial, de uso intensivo, de uso extensivo e zona histórico-cultural (FIGURA 8).

FIGURA 8 – ZONEAMENTO DO PARQUE ESTADUAL DE VILA VELHA



Legenda

Perímetro Parque Estadual de Vila Velha

Sistema de Projeção Cartográfica UTM Fuso 22S
Datum SIRGAS 2000

Zonas de uso

- Zona Primitiva
- Zona de uso temporário
- Zona de recuperação
- Zona de uso conflitante
- Zona de uso especial
- Zona de uso extensivo
- Zona de uso intensivo
- Zona histórico-cultural

FONTE: Adaptado de IAP (2004)

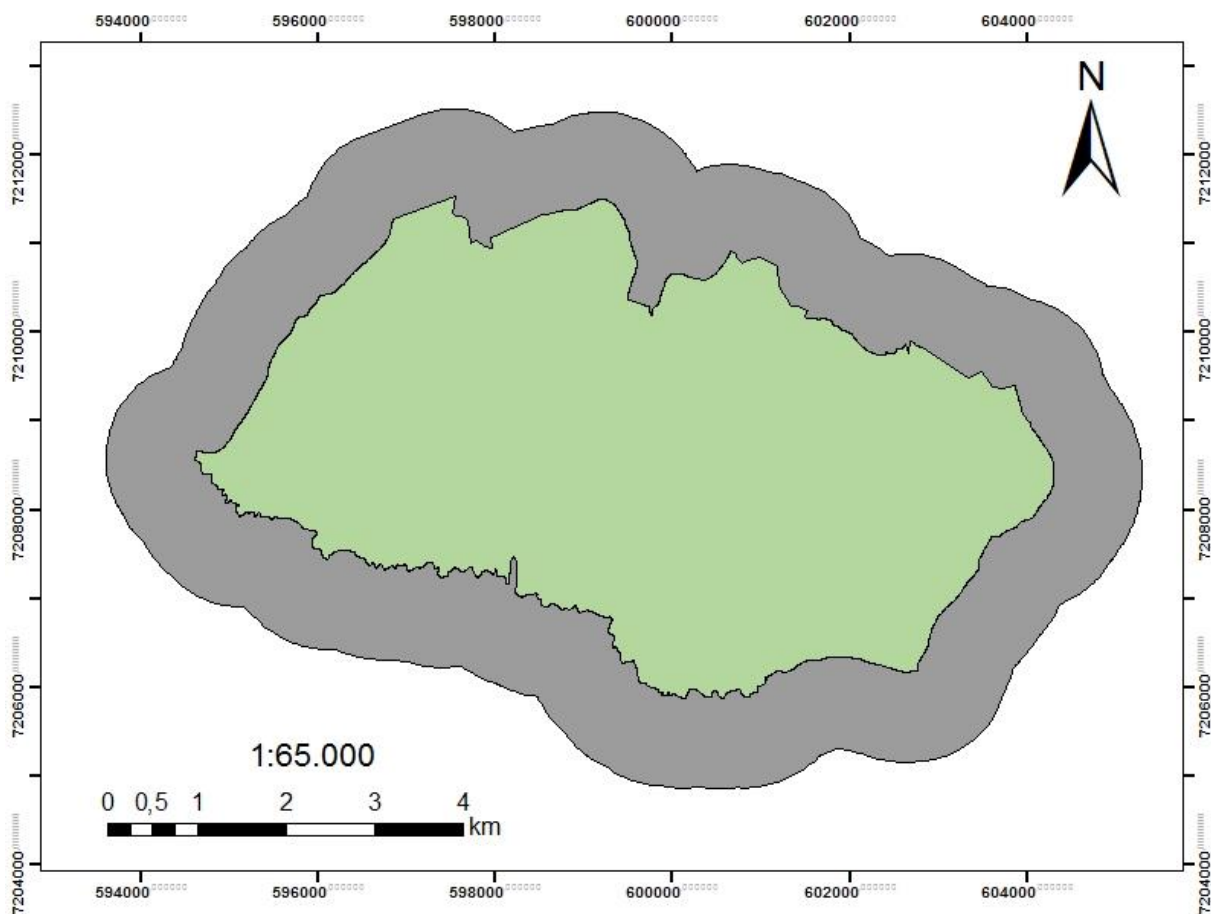
A zona primitiva representa aproximadamente 70,0% da área do parque e refere-se a locais onde ocorreram pequena intervenção antrópica, ou então que contenham ambientes sensíveis ou vulneráveis, sendo que estas áreas apresentam maior grau de conservação, naturalidade e importância ecológica, comparada com as demais zonas. A zona de uso temporário são áreas nas quais encontram-se ocupações antrópicas incompatíveis com os objetivos da UC e que está previsto a retirada das mesmas. No caso do PEVV, esta zona refere-se ao local onde foi construída uma igreja e um acesso, representando cerca de 0,1% da área do parque.

A zona de recuperação tem por objetivo conter a degradação dos recursos e/ou restaurar a área. Para o PEVV, esta zona representa aproximadamente 24,1% da área e compreende áreas que pertenciam ao IAPAR, nas quais eram realizados plantios agrícolas e florestais voltados à pesquisa. A zona de uso conflitante compreende os espaços e atividades realizadas dentro do perímetro do parque e que estejam em conflito com os objetivos da unidade, como faixas próximas ao domínio da rodovia e ferrovia. A zona de uso especial contém as áreas correspondentes as instalações de administração, manutenção e serviços do parque (alojamento, oficina e laboratório, por exemplo). A zona de uso intensivo está destinada a receber maior fluxo de visitação, compreendendo áreas próximas às furnas, lagoa dourada, centro de visitantes, quiosques, estradas e trilhas, enquanto a zona de uso extensivo está relacionada a faixas ao longo dessas áreas, caracterizando-se como uma zona de transição entre a zona uso intensivo e as demais. A zona histórico-cultural é aquela onde são encontradas manifestações históricas, culturais ou arqueológicas, visando à proteção dos mesmos, e para o parque essa representa aproximadamente 0,1% da área (IAP, 2004).

4.2 ZONEAMENTO DE RISCOS DE INCÊNDIOS

Para o Parque Estadual de Vila Velha foram confeccionados dois zoneamentos de risco de incêndios, para o período de baixa e alta incidência de incêndios. Para a elaboração destes zoneamentos considerou-se uma área de influência no entorno do parque (2909,4 ha), que foi determinada por meio de um *buffer* de 1 km a partir do perímetro do mesmo, uma vez que esta área apresenta potencialidade em iniciar um incêndio que pode atingir o parque. Nesta etapa foi constatado, por meio do *shapefile* referente ao limite territorial do parque em 2004 (IAP, 2004), uma área de 3269,4 ha, aproximadamente 147,3 ha a mais do mencionado no ato de criação. Deste modo, a área de estudo abrangeu 6178,8 ha (FIGURA 9).

FIGURA 9 – PARQUE ESTADUAL DE VILA VELHA E ÁREA DE INFLUÊNCIA



Legenda

- Perímetro Parque Estadual de Vila Velha
- Área de influência

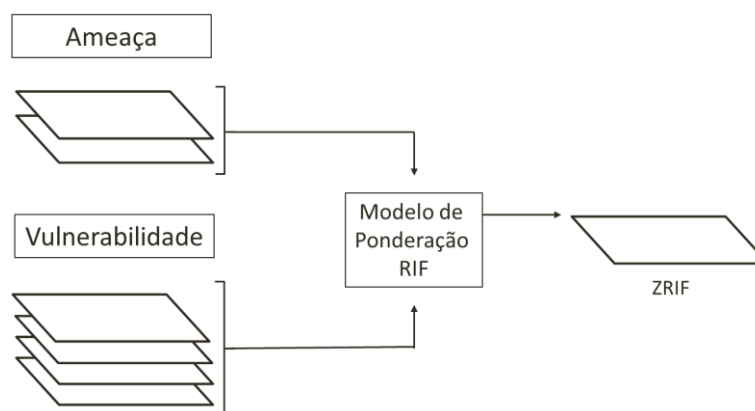
Sistema de Projeção Cartográfica UTM Fuso 22S
Datum SIRGAS 2000

FONTE: A autora (2016).

A fragilidade do parque em relação aos incêndios florestais foi quantificada e qualificada analisando-se os seguintes parâmetros: presença humana (infraestrutura e zonas de uso), declividade, altimetria, orientação de encostas, cobertura vegetal e condições meteorológicas. Para cada parâmetro foi confeccionado um mapa temático de risco/perigo de incêndios.

O Zoneamento de Risco de Incêndios Florestais (ZRIF) para os dois períodos foi obtido por meio da superposição dos mapas temáticos em função de um modelo de ponderação para Risco de Incêndio Florestal (RIF) (FIGURA 10). Todas as análises espaciais e a produção cartográfica foram processadas por meio de um sistema de informação geográfica integrante do *software* ArcGIS 10.

FIGURA 10 – COMPOSIÇÃO DO ZONEAMENTO DE RISCO DE INCÊNDIO



FONTE: OLIVEIRA (2002).

4.2.1 Elaboração dos mapas de risco e perigo de incêndios

O mapa temático de risco segundo a infraestrutura foi elaborado conforme informações contidas no plano de manejo do parque e por meio de imagens *RapidEye*, disponibilizadas pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2013). Foram considerados os seguintes fatores: rodovia, ferrovia, estradas, acessos, aceiros e edificações. Para estes estipulou-se raios de influência, para os quais foram atribuídos coeficientes que traduzem o nível de risco de incêndios, embasada na literatura, como apresentado na Tabela 1.

TABELA 1 – CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO A INFRAESTRUTURA

INFRAESTRUTURA	RAIO DE INFLUÊNCIA (m)	RISCO	COEFICIENTE	OBSERVAÇÃO
Rodovia	50	Extremo	5	Tráfego intenso de veículos e pessoas
	100	Muito alto	4	
	150	Alto	3	
Ferrovia	60	Muito alto	4	-
Estradas principais	80	Muito alto	4	Estradas pavimentadas de uso restrito ao parque e exclusivo de visitantes e funcionários
Estradas secundárias	50	Muito alto	4	Estradas sem pavimentação de uso restrito ao parque e exclusivo de funcionários
Edificações	50	Alto	3	-
Acessos/aceiros	50	Baixo	1	Uso exclusivo de funcionários do parque

FONTE: Adaptado de FERRAZ; VETORAZZI (1998); RIBEIRO *et al.* (2008); KOPROSKI *et al.* (2011).

Para o mapa temático de risco, segundo as zonas de uso, foram adaptadas as classes estabelecidas no mapa de zoneamento da unidade e conferidos valores

que refletem o nível de risco de incêndios, sendo estes baseados na classificação elaborada por Tetto, Batista e Soares (2012a) (TABELA 2).

TABELA 2 – CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO AS ZONAS DE USO

ZONAS DE USO	RISCO	COEFICIENTES
Zona de uso temporário	Moderado	2
Zona primitiva	Alto	3
Zona histórico-cultural Zona de recuperação		
Área de influência Zona de uso especial	Muito alto	4
Uso intensivo	Extremo	5
Uso extensivo		
Uso conflitante		

FONTE: Adaptado de TETTO; BATISTA; SOARES (2012a).

Foram analisados os aspectos relacionados à declividade do terreno, altimetria e orientação das encostas a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE), da folha 25S51, disponibilizado por meio do projeto TOPODATA (INPE, 2011), os quais apresentam resolução espacial de 30 metros.

Para o mapa temático relacionado a declividade, utilizou-se a classificação do perigo de incêndio florestal efetuada por Batista, Oliveira e Soares (2002), que relacionam o grau de inclinação do terreno com a influência na taxa de propagação, proposta por Soares (1985). Deste modo, os valores de declividade do terreno foram distribuídos em cinco classes que correspondem aos perigos: baixo, moderado, alto, muito alto e extremo, sendo atribuído para cada classe um coeficiente que traduz o nível de perigos de incêndio, como apresentado na Tabela 3.

TABELA 3 – CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO A DECLIVIDADE DO TERRENO

INCLINAÇÃO (%)	PERIGO	COEFICIENTES
Até 15	Baixo	1
16 – 25	Moderado	2
26 – 35	Alto	3
36 - 45	Muito alto	4
≥ 46	Extremo	5

FONTE: Adaptado de BATISTA; OLIVEIRA; SOARES (2002).

O mapa temático de perigo conforme a altimetria também foi elaborado de acordo com a classificação sugerida por Batista, Oliveira e Soares (2002), a qual apresenta cinco classes de perigo: baixo, moderado, alto, muito alto e extremo, com seus respectivos coeficientes de perigo (TABELA 4).

TABELA 4 – CLASSIFICAÇÃO DA ALTIMETRIA

CLASSE ALTIMÉTRICA (m)	PERIGO	COEFICIENTES
Até 600,00	Extremo	5
600,01 – 900,00	Muito alto	4
900,01 – 1200,00	Alto	3
1200,01 – 1500,00	Moderado	2
Acima de 1500,00	Baixo	1

FONTE: BATISTA; OLIVEIRA; SOARES (2002).

O perigo de incêndios de acordo com a orientação das encostas foi elaborado segundo a classificação apresentada por Batista, Oliveira e Soares (2002), conforme apresentado na Tabela 5.

TABELA 5 – CLASSIFICAÇÃO DA ORIENTAÇÃO DAS ENCOSTAS

ÂNGULO DE ORIENTAÇÃO	EXPOSIÇÃO	PERIGO	COEFICIENTE
112,51° a 247,50°	SE / S / SW	Baixo	1
67,51° a 112,50°	E	Moderado	2
22,51° a 67,50°	NE	Alto	3
247,51° a 337,50°	NW / W	Muito alto	4
337,51° a 22,50°	N	Extremo	5

FONTE: BATISTA; OLIVEIRA; SOARES (2002).

Para a cobertura vegetal e uso do solo, foi realizada uma reclassificação por meio de informações contidas no plano de manejo do parque e de imagens *RapidEye*, disponibilizadas pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2013). Após esta etapa, a cobertura vegetal e uso do solo foi dividida em seis classes de perigo de incêndio: nulo, baixo, moderado, alto, muito alto e extremo, com seus respectivos coeficientes (TABELA 6). Nesta classificação foi atribuído um perigo nulo tanto para a categoria água, como para as infraestruturas (ferrovia, rodovia, estradas e edificações).

TABELA 6 – CLASSIFICAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL E USO DO SOLO

COBERTURA E USO DO SOLO	PERIGO	COEFICIENTE
Água		
Fornas		
Estradas		
Rodovia	Nulo	0
Ferrovia		
Edificações		
Campo roçado e aceiros	Baixo	1
Refúgio vegetacional rupestre		
Estepe higrófila		
Floreta Ombrófila Mista Aluvial		
Floreta Ombrófila Mista Montana	Alto	3
Formação de influência fluvial		
Eucalipto		

continua

TABELA 6 – CLASSIFICAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL E USO DO SOLO

COBERTURA E USO DO SOLO	PERIGO	conclusão
		COEFICIENTE
Plantio removido Várzea	Alto	3
Agricultura/pastagem Agricultura abandonada Estágio inicial de floresta Adensamento com araucária Araucária e eucalipto Araucária e pinus	Muito alto	4
Estepe Pinus Adensamento de arbustivas	Extremo	5

FONTE: Adaptado de FERRAZ; VETORAZZI (1998); BATISTA; SOARES; OLIVEIRA (2002); RIBEIRO *et al.* (2008); KOPROSKI *et al.* (2011); TETTO; BATISTA; SOARES (2012a).

As condições meteorológicas foram representadas por meio da Fórmula de Monte Alegre, uma vez que esta reflete a probabilidade de ocorrência, assim como a facilidade de propagação do fogo, com base nas condições atmosféricas. Para tanto, avaliou-se a eficiência da FMA e verificou-se a necessidade de ajuste do índice para a região. Após esta etapa foram definidos dois cenários temporais de perigo de incêndio: a) meses que abrangem o período normal de ocorrência de incêndio; e b) meses que abrangem o período de baixa incidência de incêndios. Para cada cenário foi obtido o valor médio e, conforme este, atribuiu-se o respectivo coeficiente de perigo de incêndios que serviu de base para a geração de um *shapefile*, o qual foi considerado como uma variável para o zoneamento de risco de incêndios florestais.

Para o cálculo da FMA foram obtidos dados diários de umidade relativa e precipitação pluviométrica referentes ao período de 2006 a 2014, da estação meteorológica do Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR), situada nas coordenadas 25° 12' 59,8" S e 50° 00' 59,8" W (Ponta Grossa).

O índice FMA, proposto por Soares (1972), é acumulativo e utiliza as variáveis meteorológicas umidade relativa do ar de forma direta, e a precipitação pluviométrica, como fator restritivo ao cálculo (TABELA 7). A equação para determinação do índice é:

$$FMA = \sum_{i=1}^n \left(\frac{100}{H_i} \right)$$

Em que:

FMA = Fórmula de Monte Alegre;

H = umidade relativa do ar (%), medida às 13 horas;

n = número de “i” dias sem chuva maior ou igual a 13,0 mm.

TABELA 7 – RESTRIÇÕES AO SOMATÓRIO DA FMA, DE ACORDO COM PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DO DIA

PRECIPITAÇÃO DO DIA (mm)	MODIFICAÇÃO NO CÁLCULO
≤ 2,4	Nenhuma.
2,5 a 4,9	Abater 30% na FMA calculada na véspera e soma (100/H) do dia.
5,0 a 9,9	Abater 60% na FMA calculada na véspera e soma (100/H) do dia.
10,0 a 12,9	Abater 80% na FMA calculada na véspera e soma (100/H) do dia.
> 12,9	Interromper a somatória (FMA = 0) e recomeçar o cálculo no dia seguinte ou quando a chuva cessar.

FONTE: SOARES (1972).

A interpretação do grau de perigo de incêndio é realizada por meio da escala apresentada na Tabela 8.

TABELA 8 – ESCALA DO GRAU DE PERIGO DE INCÊNDIO DA FÓRMULA DE MONTE ALEGRE

VALOR DE FMA	GRAU DE PERIGO
≤ 1	Nulo
1,1 a 3,0	Pequeno
3,1 a 8,0	Médio
8,1 a 20,0	Alto
> 20,0	Muito alto

FONTE: SOARES (1972).

Para a avaliação da eficiência da FMA foram considerados os dados referentes ao município de Ponta Grossa, devido a pequena quantidade de ocorrências de incêndios registradas para o parque. Utilizou-se, para a avaliação, a metodologia apresentada por Sampaio (1999) denominada *Skill Score* (SS) ou desempenho dos índices. Este método baseia-se em uma tabela de contingência, que contém os valores observados e os previstos para um evento, como apresentado nas Tabelas 9 e 10. Conforme Nunes (2005), consideram-se como não indicativo da probabilidade de ocorrência de incêndios as classes de perigo “nulo” e “pequeno” somadas e como indicativo da probabilidade de ocorrência de incêndios as classes “médio”, “alto” e “muito alto” somadas.

Os dados referentes às ocorrências de incêndios observados foram adquiridos por meio do Sistema de Registro e Estatística de Ocorrências (SysBM -

versão 3.31) (2015) do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Paraná, para o período de 2006 a 2014. Foram considerados os dias com ocorrências de incêndios florestais referentes às seguintes classes de vegetação e/ou local de incidência: caatinga, capoeira, cerrado, cultura agrícola, estrada rural, ferrovia, mata e/ou floresta, meio agropecuário, parque, pasto, reflorestamento, rodovia e vegetação rasteira.

TABELA 9 – TABELA DE CONTINGÊNCIA

Evento		Observado		Total previsto
		Incêndio	Não incêndio	
Previsto	Incêndio	a	b	N2 = a + b
	Não incêndio	c	d	N4 = c + d
Total observado		N1 = a + c	N3 = b + d	N = a + b + c + d

FONTE: SAMPAIO (1999).

TABELA 10 – CÁLCULOS DA TABELA DE CONTINGÊNCIA

Evento		Observado		Total previsto
		Incêndio	Não incêndio	
Previsto	Incêndio	a / (a + c)	b / (b + d)	1
	Não incêndio	c / (a + c)	d / (b + d)	1
Total observado		1	1	2

FONTE: SAMPAIO (1999).

As variáveis necessárias para o cálculo são:

N: número total de observações

$$N = a + b + c + d$$

G: número de acertos na previsão

$$G = a + d$$

H: número esperado de acertos

$$H = N \times (1 - p) \times (1 - q) + N \times p \times q$$

Em que:

$$p = N1 / N \text{ e } q = N2 / N$$

SS: *skill score*

$$SS = (G - H) / (N - H)$$

PS: porcentagem de sucesso

$$PS = G / N$$

Além do desempenho do índice, analisou-se o comportamento das classes de perigo de incêndio, assim como, a distribuição do número de dias com ocorrências de incêndios em relação às classes de perigo, a fim de verificar a necessidade de ajuste da FMA para o município de Ponta Grossa. Para esta etapa considerou-se as seguintes premissas:

- a) O comportamento esperado das classes de perigo de incêndios é a que apresenta uma quantidade maior de dias na classe “médio”, decrescendo gradualmente esses valores para as classes mais extremas (TETTO, 2012); e
- b) A distribuição de dias com ocorrência de incêndios apresenta um comportamento crescente da classe “nulo” para a “muito alto” (TETTO *et al.*, 2010), ou seja, apresenta relação direta entre o número de dias com incêndios registrados e o grau de perigo (NUNES, 2009).

O ajuste da Fórmula de Monte Alegre foi elaborado a partir da reclassificação dos valores da escala de grau de perigo (SOARES; BATISTA, 2007; NUNES, 2009; TETTO *et al.*, 2010), sendo o seu desempenho (*Skill Score*) recalculado.

Para a determinação dos dois cenários temporais de perigo de incêndio, foram analisados os seguintes dados mensais:

- Número de dias que correspondem às classes de perigo da FMA;
- Quantidade de ocorrências de incêndios que abrange as classes da FMA;
- Tamanho da área queimada, conforme a classificação proposta por Ramsey e Higgins (1981): I) $\leq 0,09$ ha; II) de 0,1 a 4,0 ha; III) de 4,1 a 40,0 ha; IV) de 40,1 a 200,0 ha; e V) $> 200,0$ ha;

Paralelamente, as variáveis: soma dos dias com chuva ($P_p \geq 2,5$ mm), precipitação acumulada média (mm), umidade relativa média (%), temperatura média do ar ($^{\circ}\text{C}$), soma dos dias com ocorrência de incêndios, soma do número de ocorrência de incêndios e valor médio da FMA, distribuídos mensalmente, foram submetidas a análise *cluster*, por meio do método Centróide, utilizando distância Euclidiana ao quadrado. Considerou-se “dias com chuva” quando a precipitação pluviométrica foi maior e igual a 2,5 mm, tendo em vista as restrições impostas ao cálculo da FMA.

4.2.2 Integração dos mapas de risco e perigo

O zoneamento de risco de incêndio do Parque Estadual de Vila Velha para os dois períodos foi elaborado a partir da superposição dos mapas temáticos confeccionados na etapa anterior, por meio da seguinte equação, adaptada de Batista, Oliveira e Soares (2002):

$$(0,655*IF+0,655*ZU)+[(0,29*D\%+0,11*OE+0,1*AL)+(0,61*FMA)+0,8*CV]$$

Em que:

IF = infraestrutura;

ZU = zoneamento de uso;

D% = declividade;

OE = orientação das encostas;

AL = altimetria;

FMA = grau de perigo de incêndio;

CV = cobertura vegetal.

O modelo de ponderação utilizado é indicado para elaboração de zoneamentos de risco de incêndios no estado do Paraná, devido o número de variáveis utilizadas e por ter sido elaborado a partir de condições climáticas similares às da área de estudo.

A classificação atribuída ao zoneamento abrangeu seis classes, tendo sido estabelecida pelo método *Natural Breaks (Jenks)*, baseada no período de baixa ocorrência de incêndios florestais, conforme a Tabela 11.

TABELA 11 – CLASSES DE RISCO PARA O ZONEAMENTO DO PARQUE ESTADUAL DE VILA VELHA

CLASSE	RISCO	COEFICIENTE
0,00	Nulo	0
0,01 a 6,82	Baixo	1
6,83 a 7,63	Moderado	2
7,64 a 8,51	Alto	3
8,52 a 9,86	Muito alto	4
> 9,86	Extremo	5

FONTE: A autora (2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3 RISCO EM FUNÇÃO DA PRESENÇA HUMANA

As infraestruturas abrangem uma área total de 238,7 ha (3,9% da área de estudo), com a citação dos módulos e representatividade apresentadas na Tabela 12.

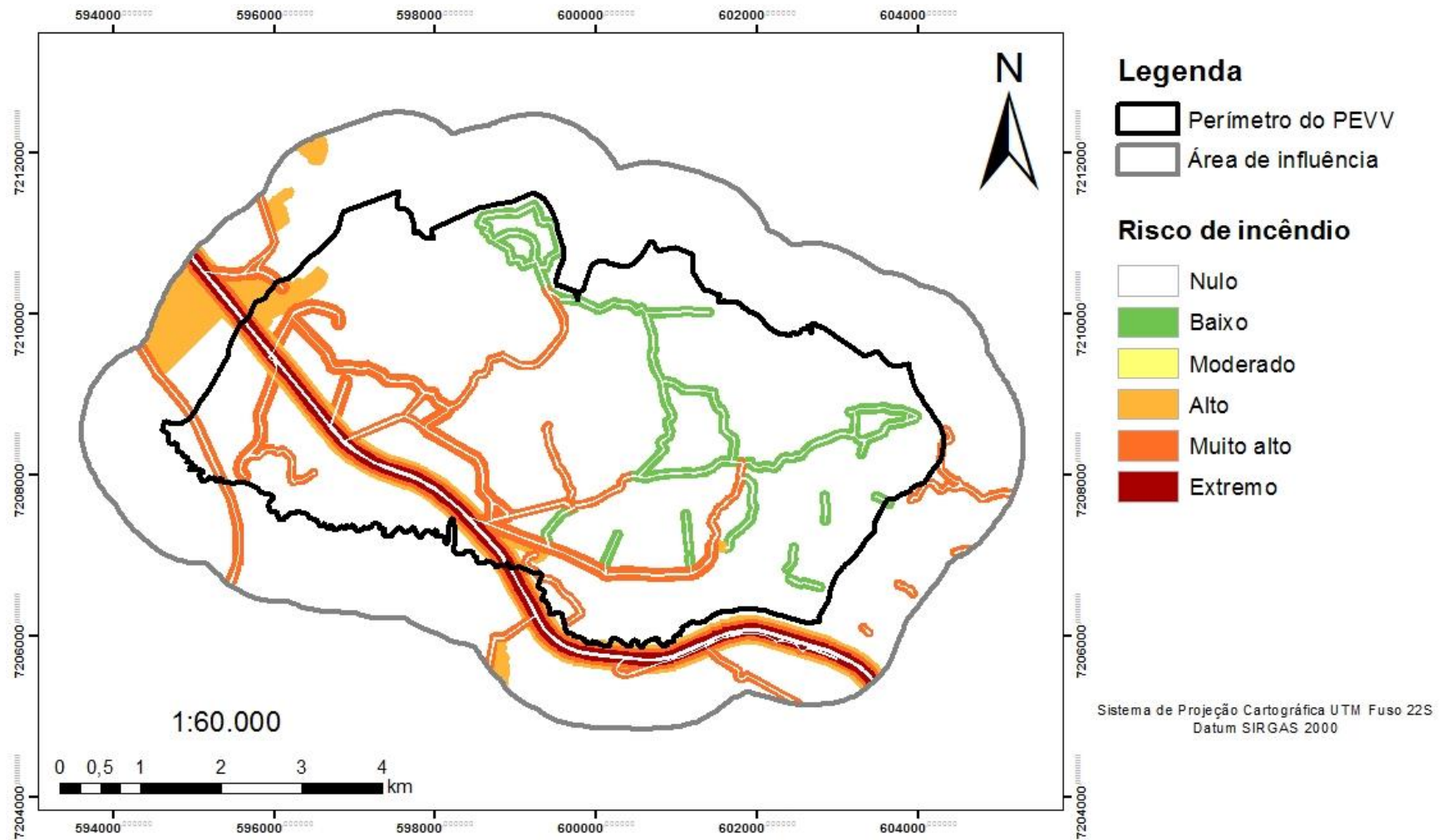
TABELA 12 – PRESENÇA HUMANA

INFRAESTRUTURA	ÁREA (ha)	%
Aceiro	15,8	6,6
Edificação/área urbana	161,3	67,6
Ferrovia	2,0	0,8
Estradas pavimentadas	10,1	4,2
Rodovia	32,8	13,7
Estradas não pavimentadas	16,6	7,0
Total	238,7	100,0

FONTE: A autora (2016).

A Figura 11 apresenta o grau de risco de incêndio de acordo com a influência das atividades humanas em função da infraestrutura, sendo observado que 19,5% da área de estudo sofre influência humana. Conforme Ferraz e Vettorazzi (1998) essas infraestruturas apresentam uma área de influência proporcional ao fluxo de pessoas e de veículos que nele transitam. Foram evidenciados para a área de estudo os graus de risco baixo (3,4%), alto (3,8%), muito alto (8,8%) e extremo (2,3%), sendo que este último refere-se à área de influência mais próxima à rodovia, a qual é ponderada por Ferraz e Vettorazzi (1998) como acesso de maior risco devido ao tráfego intenso de veículos. Para o grau de risco nulo observou-se que 81,8% da área de estudo enquadra-se nesta classe, que corresponde às áreas que não sofrem influência humana, como também àquelas correspondentes ao domínio de estradas e aceiros, uma vez que estes podem vir a se tornarem barreiras à progressão do fogo, como mencionado por Freire, Carrão e Caetano (2002).

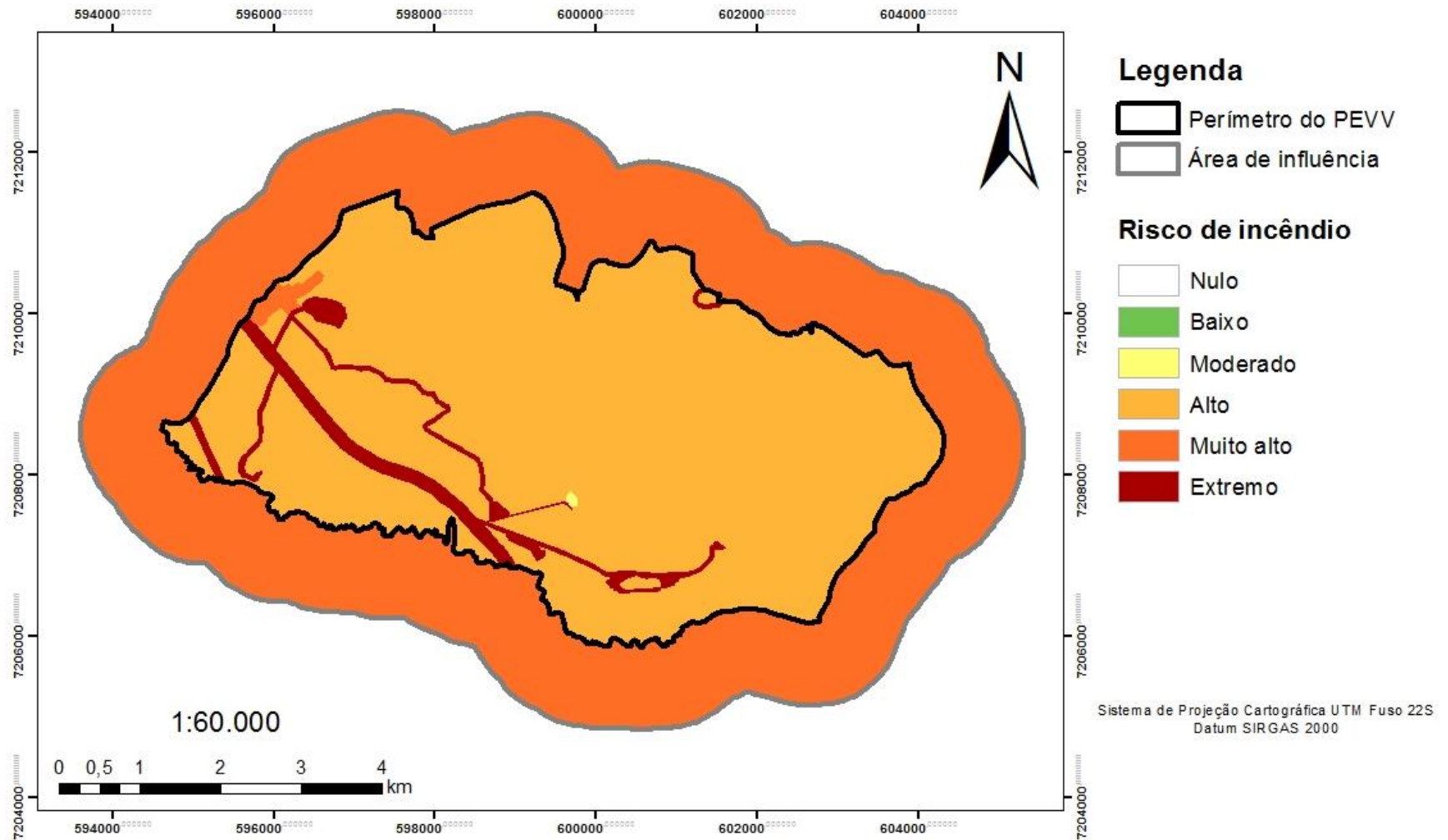
FIGURA 11 – RISCO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS EM FUNÇÃO DA INFRAESTRUTURA



FONTE: IAP (2004); MMA (2013), elaborado pela autora (2016).

A Figura 12 apresenta o grau de risco de incêndio de acordo com a influência das atividades humanas em função das zonas de uso do parque e entorno. A classe alto representa 49,8% da área (3080,4 ha), a qual engloba as áreas de recuperação, zonas primitivas e a zona histórico-cultural do parque. De acordo com IAP (2004) o acesso nestas áreas é restrito e previamente autorizado, não permitindo a visitação do público em geral. A classe muito alto representa 47,5% e abrange as áreas de influência e as zona de uso especial do parque. As propriedades contidas na área de influência do parque apresentam atividades agrícolas, florestais (ao sul do parque) e área urbana (ao oeste do parque), enquanto a zona de uso especial refere-se a edificações voltadas para alojamento de funcionários e pesquisadores, administração e manutenção. O grau de risco de incêndio moderado totaliza 0,03%, referente a zona de uso temporário onde edificações ainda se fazem presente, enquanto o grau extremo totaliza 2,6%, abrangendo as zonas de uso conflitante, as quais segundo o IAP (2004) são os espaços e atividades executadas dentro do perímetro do parque que estão em conflito com os objetivos da unidade, e as zonas de uso intensivo e extensivo, que compreendem os acessos e áreas de influência para os principais pontos atrativos do parque.

FIGURA 12 – RISCO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS EM FUNÇÃO DAS ZONAS DE USO



FONTE: IAP (2004), elaborado pela autora (2016).

4.4 PERIGO EM FUNÇÃO DOS FATORES TOPOGRÁFICOS

A Figura 13 apresenta o perigo de incêndios em decorrência da declividade. A maior porção da área de estudo, equivalente a 4451,7 ha (72,1%), possui até 15% de declividade, que corresponde a classe de perigo baixo, seguido de perigo moderado, com 21,9% da área. As demais classes de perigo - alto, muito alto e extremo - correspondem a 4,2%, 1,0% e 0,2%, respectivamente, sendo esta última observada na porção norte da área de estudo. Conforme Batista *et al.* (2014) a taxa de propagação do fogo pode aumentar nas encostas mais íngremes, devido à proximidade do fogo a superfície do solo e o processo de convecção de calor, o qual pode ser elevado pela ação do vento.

Observa-se para a área de estudo uma variação da altitude de 784 a 1066 m. Deste modo, o perigo de incêndio abrangeu as classes alto (25,3%) e muito alto (74,7%), representadas na Figura 14.

A espacialização das classes de perigo de incêndios em função da orientação das encostas está apresentada na Figura 15, com a representatividade das classes de perigo de incêndios apresentadas na Tabela 13.

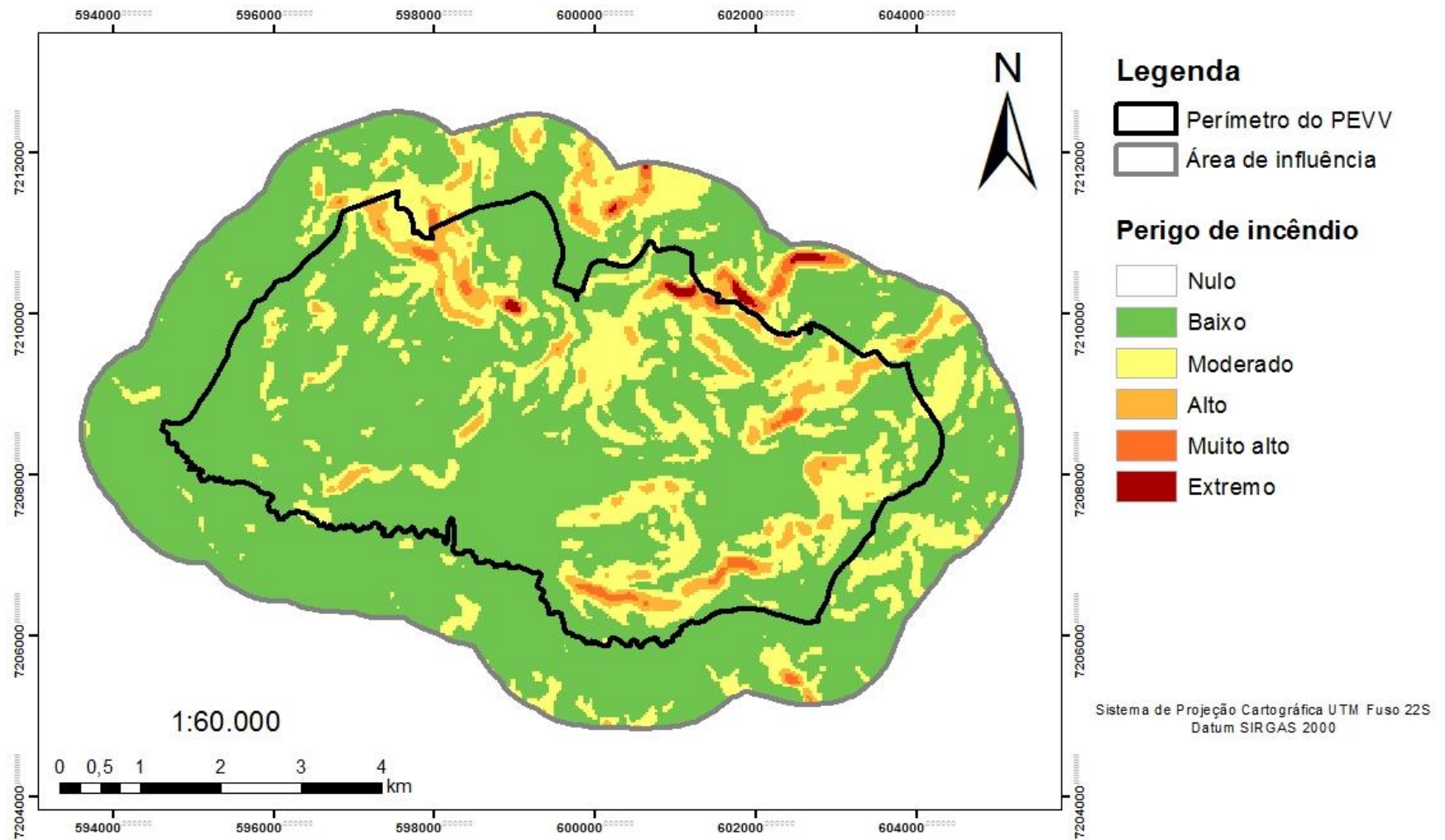
TABELA 13 – REPRESENTATIVIDADE DAS CLASSES DE PERIGO DE INCÊNDIOS EM RELAÇÃO À ORIENTAÇÃO DAS ENCOSTAS

PERIGO DE INCÊNDIO	PARQUE		ENTORNO		TOTAL	
	ÁREA (ha)	%	ÁREA (ha)	%	ÁREA (ha)	%
Baixo	1750,7	53,6	991,8	34,1	2742,5	44,4
Moderado	277,8	8,5	266,5	9,2	544,4	8,8
Alto	174,8	5,3	383,7	13,2	558,5	9,0
Muito alto	846,1	25,9	896,7	30,8	1742,8	28,2
Extremo	220,0	6,7	370,6	12,7	590,6	9,6
Total	3269,4	100,0	2909,4	100,0	6178,8	100,0

FONTE: A autora (2016).

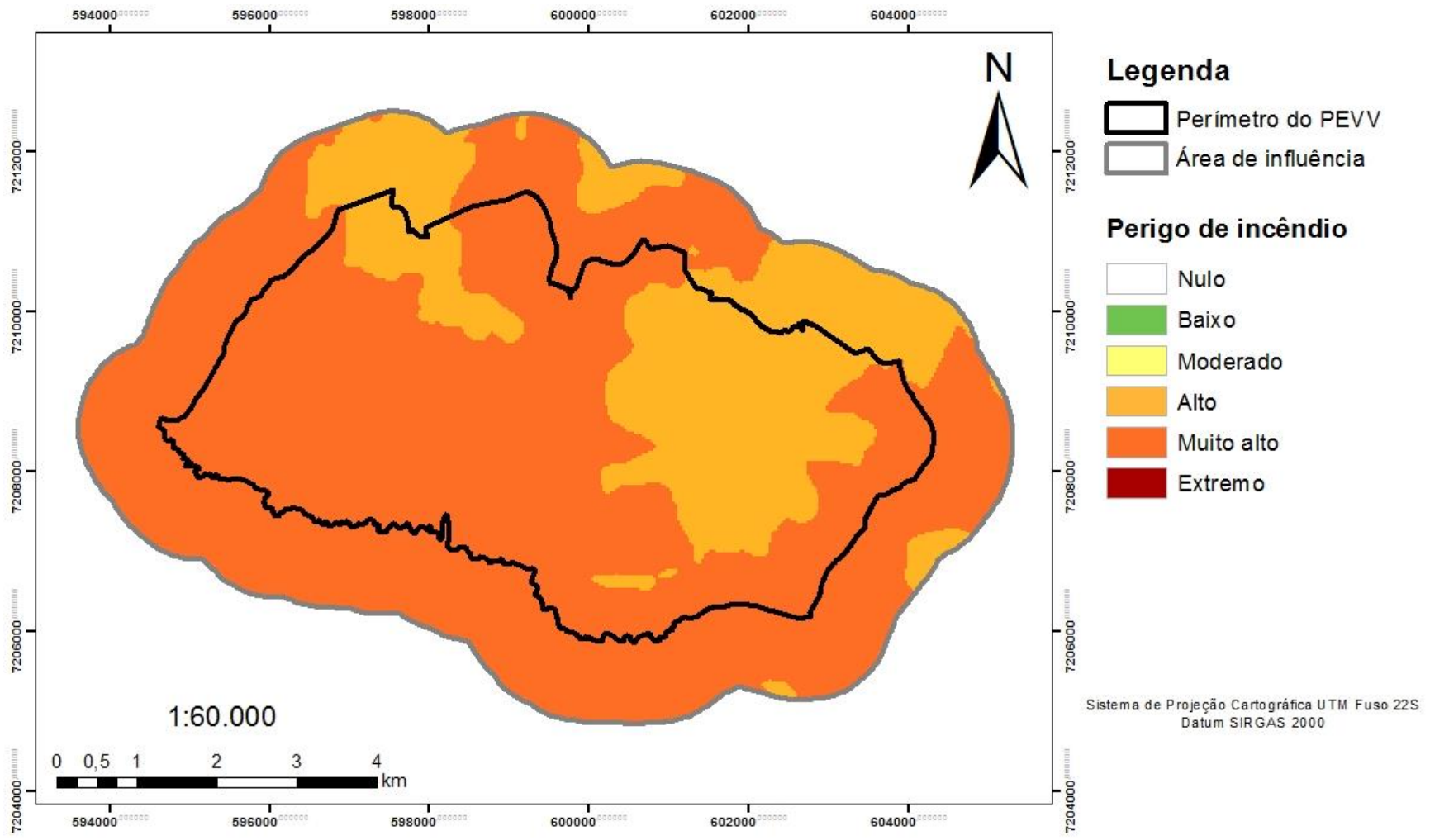
Conforme mostrado na Tabela 13, observa-se que 44,4% da área encontra-se com perigo baixo (faces sudoeste, sul e sudeste), enquanto 28,2% apresenta perigo muito alto. As classes moderado, alto e extremo abrangem 8,8%, 9,0% e 9,6% da área, respectivamente. Segundo Soares e Batista (2007) no hemisfério sul as faces voltadas para o norte recebem mais radiação solar e apresentam elevadas temperaturas, ventos fortes, baixa umidade relativa do ar e baixo teor de umidade dos combustíveis, deste modo a vegetação é tipicamente mais seca e menos densa nas encostas norte do que as voltadas para o sul.

FIGURA 13 – PERIGO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS EM FUNÇÃO DA DECLIVIDADE DO TERRENO



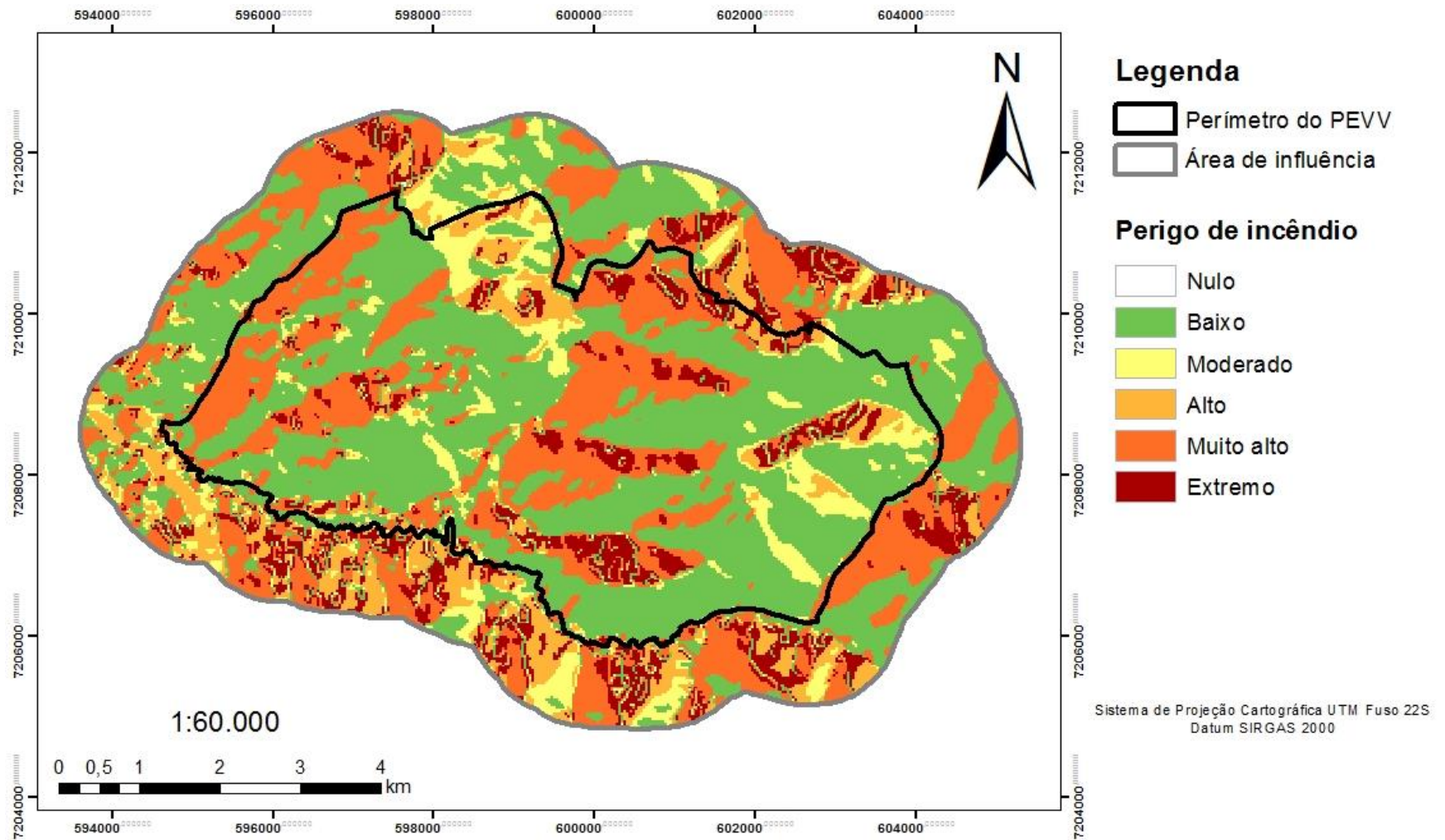
FONTE: INPE (2011), elaborado pela autora (2016).

FIGURA 14 – PERIGO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS EM FUNÇÃO DA ALTITUDE DO TERRENO



FONTE: INPE (2011), elaborado pela autora (2016).

FIGURA 15 – PERIGO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS EM FUNÇÃO DA ORIENTAÇÃO DAS ENCOSTAS

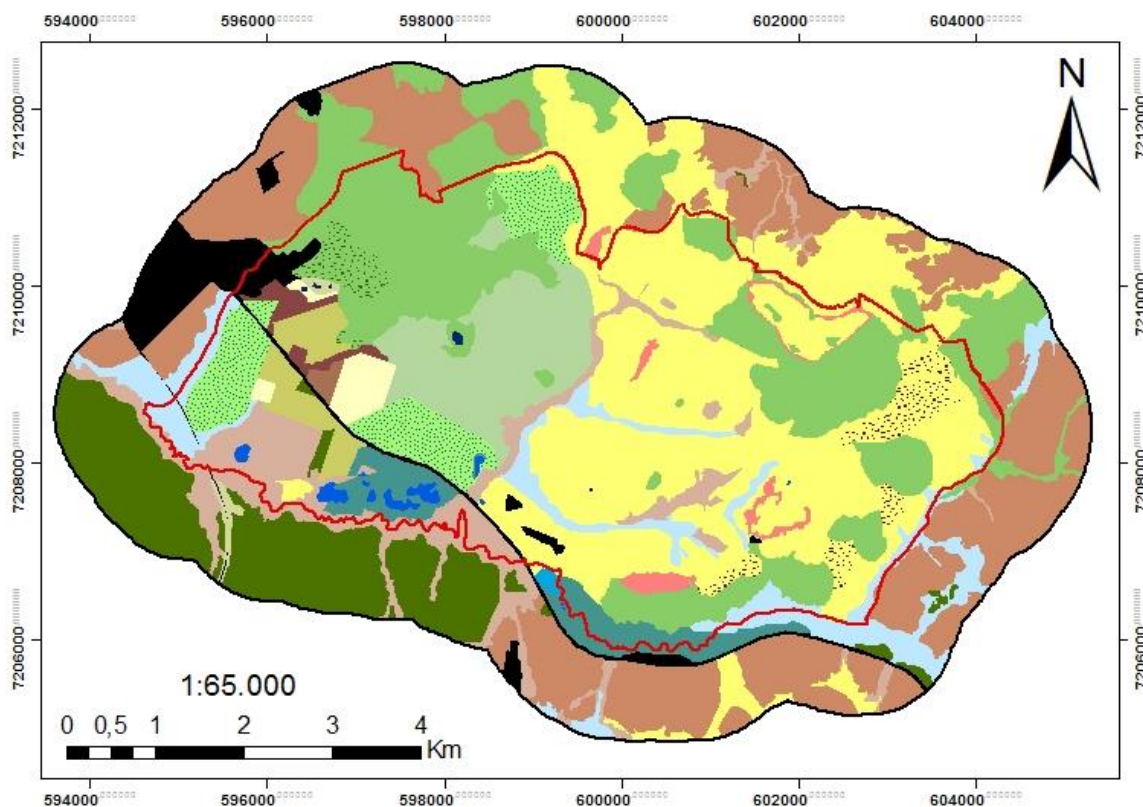


FONTE: INPE (2011), elaborado pela autora (2016).

4.5 PERIGO EM FUNÇÃO DA COBERTURA E USO DO SOLO

A Figura 16 apresenta a espacialização da cobertura e uso do solo da área de estudo e a Tabela 14 a sua representatividade.

FIGURA 16 – COBERTURA E USO DO SOLO DA ÁREA DE ESTUDO



Legenda

- Área de influência
- Perímetro do Parque Estadual de Vila Velha

Cobertura e uso do solo

- | | | |
|--|---|---|
| Estágio inicial de floresta | Floresta Ombrófila Mista Aluvial | Plantio de pinus |
| Adensamento de araucária | Floresta Ombrófila Mista Montana | Plantio misto de pinus e araucária |
| Adensamento de arbustivas | Formação de influência fluvial | Plantio removido |
| Agricultura | Furnas | Refúgios vegetacionais rupestres |
| Agricultura abandonada | Infraestrutura | Várzea |
| Campo roçado | Plantio de eucalipto | Água |
| Estepe | Plantio misto de araucária e eucalipto | |
| Estepe higrófila | | |

Sistema de Projeção Cartográfica UTM Fuso 22S
Datum SIRGAS 2000

FONTE: Adaptado de IAP (2004).

TABELA 14 – CLASSIFICAÇÃO E REPRESENTATIVIDADE DA COBERTURA E USO DO SOLO NO PARQUE ESTADUAL DE VILA VELHA E ENTORNO

COBERTURA DO SOLO	PARQUE		ENTORNO		TOTAL	
	ÁREA (ha)	%	ÁREA (ha)	%	ÁREA (ha)	%
Estepe	1050,2	32,1	394,1	13,5	1444,4	23,4
Agricultura	7,6	0,2	1110,9	38,2	1118,6	18,1
Floresta Ombrófila Mista Montana	711,7	21,8	321,2	11,0	1032,9	16,7
Plantio de Pinus	8,2	0,3	503,0	17,3	511,3	8,3
Floresta Ombrófila Mista Aluvial	219,9	6,7	182,7	6,3	402,6	6,5
Estepe Higrófila	160,5	4,9	165,3	5,7	325,8	5,3
Estágio Inicial de Floresta	294,3	9,0	-	-	294,3	4,8
Infraestrutura	70,6	2,2	165,3	5,7	235,9	3,8
Agricultura abandonada	228,1	7,0	-	-	228,1	3,7
Formação de Influência Fluvial	108,5	3,3	44,1	1,5	152,6	2,5
Plantio removido	91,6	2,8	-	-	91,6	1,5
Adensamento de arbustivas	88,0	2,7	0,3	0,0	88,3	1,4
Adensamento de araucária	51,4	1,6	-	-	51,4	0,8
Refúgios Vegetacionais Rupestres	41,5	1,3	5,0	0,2	46,4	0,8
Plantio misto de Araucária e Eucalipto	48,3	1,5	-	-	48,3	0,8
Campo Roçado	20,8	0,6	11,8	0,4	32,6	0,5
Plantio de Eucalipto	33,2	1,0	-	-	33,2	0,5
Água	21,9	0,7	0,2	0,0	22,1	0,4
Plantio misto de Pinus e Araucária	10,5	0,3	-	-	10,5	0,2
Várzea	0,1	0,0	5,4	0,2	5,5	0,1
Furnas	2,3	0,1	-	-	2,3	0,0
Total	3269,4	100,0	2909,4	100,0	6178,8	100,0

FONTE: A autora (2016).

As áreas referentes ao estágio inicial de floresta apresentam um histórico de uso de 35 anos voltados para experimentação agrícola, enquanto as áreas de cultivos florestais foram implantadas em 1964 pelo IAPAR, sendo compostos principalmente por pinus, eucalipto e araucária. Estas atividades resultaram na conversão do ambiente campestre e, com a finalidade de restaurá-lo, houve intervenção em algumas áreas de plantios (IAP, 2004).

A cobertura vegetal de maior representatividade na área do Parque Estadual de Vila Velha é a Estepe (32,1%), a qual apresenta elevado perigo de ignição devido ao seu arranjo e proporção de material fino (SEGER *et al.*, 2013), seguida da Floresta Ombrófila Mista Montana (21,8 %), que por sua vez é menos suscetível aos incêndios, em função do microclima, das características e maior umidade do material vegetal (RIBEIRO *et al.*, 2008).

No entorno do parque, a agricultura representou 38,2% da área, seguida de cultivo de pinus (17,3%). A suscetibilidade ao fogo nesta área está centrada nos plantios de pinus, devido a elevada quantidade de acículas depositadas sobre o solo (RIBEIRO *et al.*, 2008), a qual pode variar de 7,4 a 12,2 t/ha (BEUTLING *et al.*, 2012), sendo este material classificado como perigoso (SOARES, 1985).

A representatividade das classes de perigo de incêndios em função da cobertura e uso do solo está apresentado na Tabela 15.

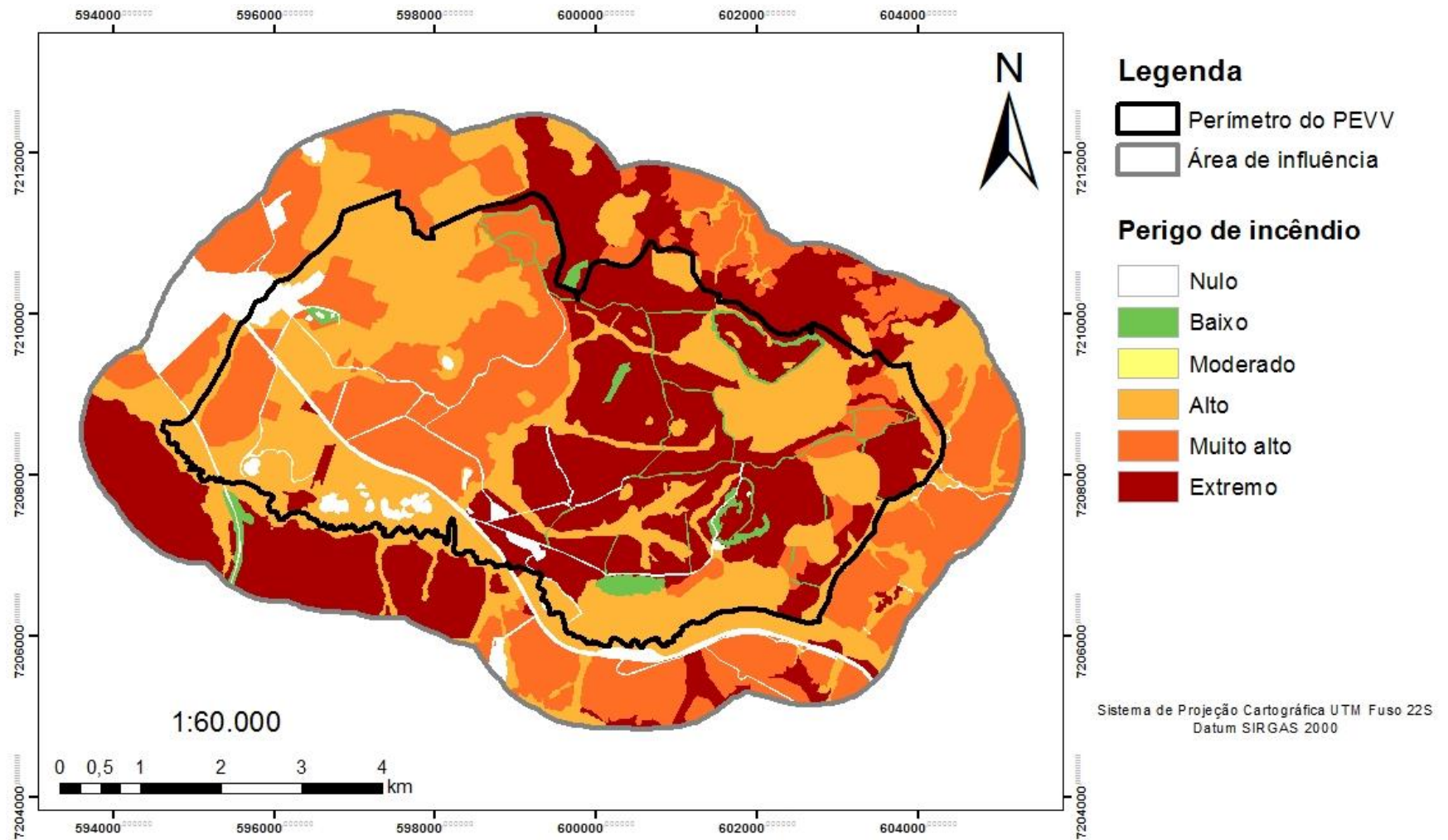
TABELA 15 – CLASSIFICAÇÃO DO PERIGO DE INCÊNDIOS SEGUNDO A COBERTURA E USO DO SOLO

PERIGO DE INCÊNDIO	PARQUE		ENTORNO		TOTAL	
	ÁREA (ha)	%	ÁREA (ha)	%	ÁREA (ha)	%
Nulo	94,9	2,9	165,5	5,7	260,4	4,2
Baixo	62,2	1,9	16,8	0,6	79,0	1,3
Moderado	-	-	-	-	-	-
Alto	1325,6	40,5	718,7	24,7	2044,3	33,1
Muito alto	728,3	22,3	1111,2	38,2	1839,5	29,8
Extremo	1058,4	32,4	897,2	30,8	1955,6	31,6
Total	3269,4	100,0	2909,4	100,0	6178,8	100,0

FONTE: A autora (2016).

Observa-se que em relação à cobertura e uso do solo, 33,1% da área de estudo encontra-se com perigo alto de incêndio, 31,6% sob perigo extremo, abrangendo principalmente áreas com cultivo de pinus e vegetação campestre, e 29,8% sob perigo muito alto. Apenas 4,2% da área encontra-se com perigo nulo, a qual refere-se a infraestruturas e estradas, e 1,3% com perigo baixo, que abrange áreas com refúgio vegetacional rupestre e campo roçado, incluindo os aceiros (FIGURA 17). Considerando apenas a área do parque, observa-se que 95,2% abrange as classes de perigo alto, muito alto e extremo.

FIGURA 17 – PERIGO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS EM FUNÇÃO DA COBERTURA E USO DO SOLO



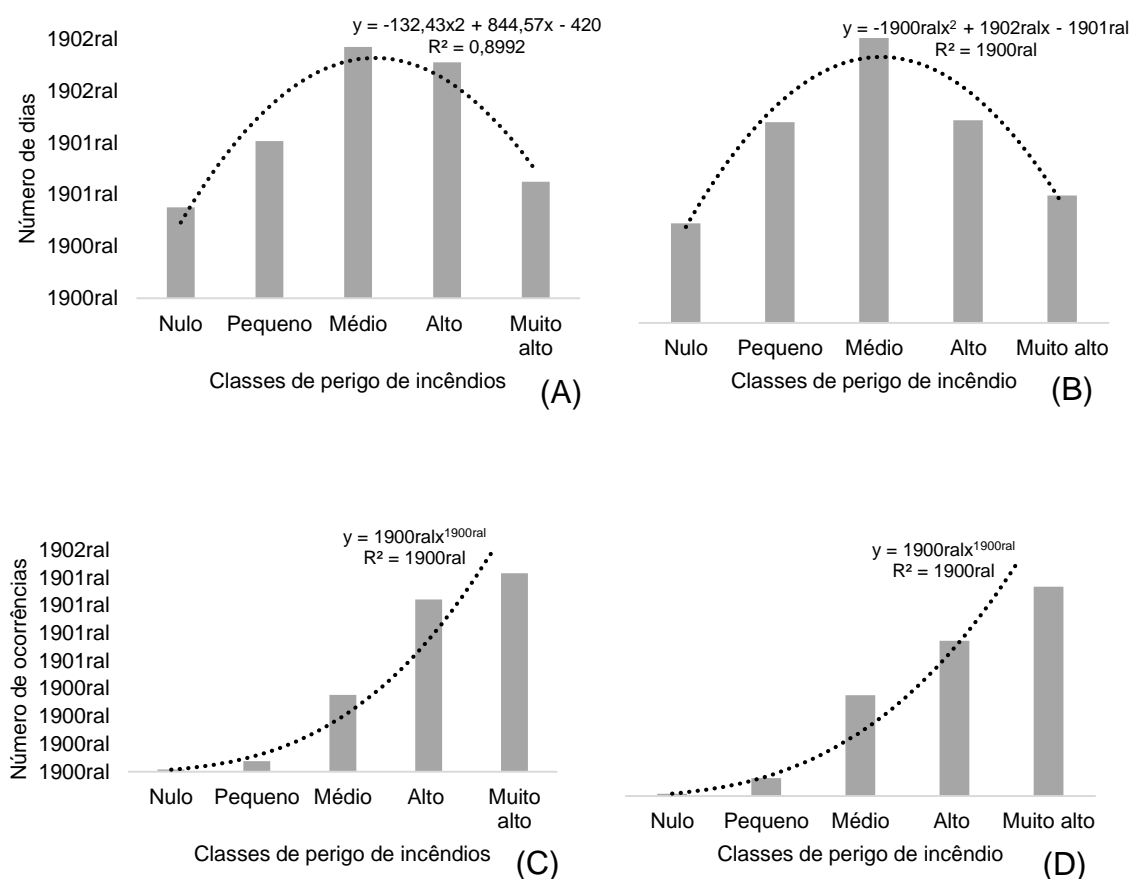
FONTE: IAP (2004); MMA (2013), elaborado pela autora (2016).

4.6 PERIGO EM FUNÇÃO DAS CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS

4.6.1 Ajuste do índice de perigo de incêndios

Foram considerados na análise 3285 dias, dos quais em 1661 (50,56%) ocorreram incêndios em Ponta Grossa – PR, no período de 2006 a 2014 (SysBM, 2015). A distribuição do número de dias pelas classes de perigo (FIGURA 18A e 18B), bem como do número de ocorrências em função das classes de perigo (FIGURA 18C e 18D), são apresentadas a seguir para a FMA original e ajustada, respectivamente, para o município.

FIGURA 18 – CLASSES DE PERIGO DE INCÊNDIOS EM FUNÇÃO: (A) NÚMERO DE DIAS DA FMA ORIGINAL; (B) NÚMERO DE DIAS DA FMA AJUSTADA; (C) NÚMERO DE OCORRÊNCIAS DA FMA ORIGINAL; E (D) NÚMERO DE OCORRÊNCIAS DA FMA AJUSTADA



FONTE: SIMEPAR (2015); SYSBM (2015), elaborado pela autora (2016).

Ao se alterar os limites inferior e superior das classes de perigo de incêndios, objetivou-se (FIGURA 18B) uma distribuição em que um maior número de dias é agrupado na classe médio, decrescendo gradualmente para as classes nulo e muito alto, conforme recomendado por Tetto (2012). Apesar deste comportamento ser evidenciado para a FMA original, observou-se que 70,9% dos dias abrangeram as classes “médio”, “alto” e “muito alto”, concentrando-se na classe “médio” (29,5%) e “alto” (27,7%). Tendo isto em vista, procurou-se otimizar o índice por meio do incremento de dias nas classes “pequeno” (21,5%) e “médio” (32,4%) e decréscimo da classe “alto” (21,7%).

A distribuição das classes de perigo da FMA original apresentou um comportamento crescente. Segundo Tetto *et al.* (2010), este comportamento é o esperado para índices ajustados, para os quais consideram viável a distribuição de aproximadamente 23% das ocorrências para a classe “médio”, 29% para “alto” e 45% para “muito alto”. Porém observou-se para a FMA original uma concentração 37,4% das ocorrências na classe “alto” e 16,7% na classe “médio”, indicando que o índice poderia ser melhor aferido para a região (FIGURA 18C).

Segundo a distribuição das ocorrências de incêndios observadas nas classes de perigo ajustadas, 21,2% dos registros encontram-se na classe “médio”, 31,7% na classe “alto” e 42,1% na classe “muito alto”, assemelhando-se ao obtido por Tetto *et al.* (2010) para o município de Fernandes Pinheiro – PR, maximizando assim a correlação entre as ocorrências de incêndios e as classes de perigo.

Tendo-se atingido a distribuição desejada para os dados, novos limites para as classes de perigo foram fixados, como mostra a Tabela 16.

TABELA 16 – ESCALA DAS CLASSES DE PERIGO DE INCÊNDIOS DA FMA AJUSTADA

VALOR DA FMA AJUSTADA	GRAU DE PERIGO
≤ 1,0	Nulo
1,1 a 3,5	Pequeno
3,6 a 9,5	Médio
9,6 a 20,0	Alto
> 20,0	Muito alto

FONTE: A autora (2016).

A Tabela 17 apresenta os cálculos de desempenho da FMA original e da FMA ajustada para o município de Ponta Grossa com base na avaliação *Skill Score* (SS).

TABELA 17 – TABELA DE CONTIGÊNCIA E RESPECTIVOS CÁLCULOS

ÍNDICE	PREVISTO	OBSERVADO				TOTAL PREVISTO	
		INCÊNDIO		NÃO INCÊNDIO		N	%
		N	%	N	%		
FMA original	Incêndio	792	0,9474	1536	0,6272	2328	1,5746
	Não incêndio	44	0,0526	913	0,3728	957	0,4254
	Total observado	836	1	2449	1	3285	2
FMA ajustada	Incêndio	780	0,933	1447	0,5909	2227	1,5239
	Não incêndio	56	0,067	1002	0,4091	1058	0,4761
	Total observado	836	1	2449	1	3285	2

FONTE: SIMEPAR (2015); SYSBM (2015), elaborado pela autora (2016).

A partir dos dados apresentados na Tabela 18 foram calculados o *Skill Score* (SS) e a Porcentagem de Sucesso (PS). Para a FMA original constatou-se um SS de 0,2017 e um PS de 51,9, enquanto para a FMA ajustada o SS obtido foi de 0,2210 e a PS de 54,2. Estes valores são considerados elevados quando comparados aos obtidos por demais trabalhos como: Tetto (2012) (SS 0,0663; PS 39,58) e por Nunes *et al.* (2010) (SS 0,0517; PS 34,32) para o município de Telêmaco Borba e Borges *et al.* (2011) (SS 0,0946; PS 38,54) para a região norte do Espírito Santo.

4.6.2 Perigo temporal de incêndios

A Tabela 18 apresenta mensalmente o número de dias que compõem as classes nulo e pequeno (previsão de não ocorrência de incêndio) e as classes médio, alto e muito alto (previsão de ocorrência de incêndio).

TABELA 18 – NÚMERO DE DIAS PARTICIPANTES DAS CLASSES DE PERIGO DE INCÊNDIOS

MÊS	NULO + PEQUENO		MÉDIO + ALTO + MUITO ALTO		TOTAL DE DIAS
	Nº DE DIAS	%	Nº DE DIAS	%	
Janeiro	134	48,4	143	51,6	277
Fevereiro	122	48,0	132	52,0	254
Março	75	26,9	204	73,1	279
Abril	76	28,1	194	71,9	270
Maio	60	21,5	219	78,5	279
Junho	84	31,1	186	68,9	270
Julho	93	33,3	186	66,7	279
Agosto	48	17,2	231	82,8	279
Setembro	79	29,3	191	70,7	270
Outubro	99	35,5	180	64,5	279
Novembro	88	32,6	182	67,4	270
Dezembro	100	35,8	179	64,2	279
Total	1058		2227		3285

FONTE: SIMEPAR (2015), elaborado pela autora (2016).

O mês de agosto apresentou maior participação de dias das nas classes “médio”, “alto” e “muito alto” (82,8%), seguido do mês de maio, com 78,5%. Com relação às estações do ano, em 73,9% dos dias de inverno (22 junho até 23 setembro) estão previstas ocorrências de incêndios, enquanto para o verão (22 de dezembro até 21 março) este valor se reduz para 58,6%. De acordo com o IAPAR (2015) agosto apresenta a menor precipitação, em média (78,9 mm) distribuídos em 7 dias com chuva, enquanto janeiro e fevereiro são os meses mais chuvosos (186,5 e 161 mm, respectivamente) e apresentam aproximadamente 15 dias com chuva, o que reduz a probabilidade de ignição nestes meses, uma vez que a precipitação influi diretamente na umidade relativa do ar e dos combustíveis mortos e, dias depois, dos combustíveis vivos (MÉRIDA, 2009b).

A Tabela 19 apresenta mensalmente o número de ocorrências de incêndios distribuído nas classes de perigo.

TABELA 19 – NÚMERO DE OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIO E REPRESENTATIVIDADE POR CLASSES DE PERIGO DA FMA

MÊS	NULO + PEQUENO		MÉDIO + ALTO + MUITO ALTO		TOTAL DE OCORRÊNCIAS	%
	Nº DE OCORRÊNCIAS	%	Nº DE OCORRÊNCIAS	%		
Janeiro	6	19,4	25	80,6	31	1,9
Fevereiro	3	7,3	38	92,7	41	2,5
Março	2	3,8	50	96,2	52	3,1
Abril	9	7,3	114	92,7	123	7,4
Maio	1	0,8	128	99,2	129	7,8
Junho	3	1,4	208	98,6	211	12,7
Julho	12	4,9	235	95,1	247	14,8
Agosto	2	0,6	345	99,4	347	20,9
Setembro	8	4,2	184	95,8	192	11,5
Outubro	8	6,1	123	93,9	131	7,9
Novembro	12	14,0	74	86,0	86	5,2
Dezembro	3	4,2	68	95,8	71	4,3
Total	69		1592		1661	100

FONTE: SYSBM (2015), elaborado pela autora (2016).

Observou-se para a estação de verão 15,8% das ocorrências, enquanto para o inverno 49,4%. Além da precipitação, outro fator que pode contribuir para a maior incidência de incêndios no período de inverno são as geadas, que segundo o IAP (2004), concentram-se entre maio a agosto. Os meses com menos ocorrências de incêndio registradas foram janeiro e fevereiro, com 1,9 e 2,5%, respectivamente, enquanto agosto apresentou 20,9% dos registros. Entretanto, a maior área queimada ocorreu em setembro (final de inverno), como apresentado na Tabela 20, elaborada

conforme a classificação de tamanho estabelecida pelo Serviço Florestal do Canadá (RAMSEY; HIGGINS, 1981).

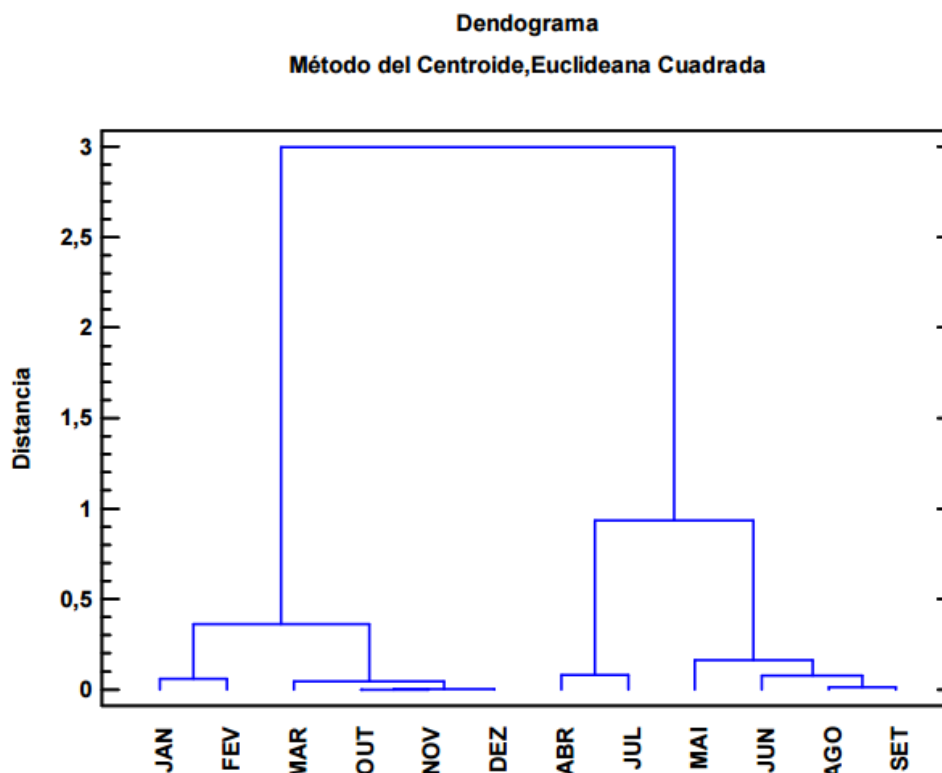
TABELA 20 – CLASSES DE TAMANHOS DE ÁREAS QUEIMADAS

MÊS	CLASSES DE TAMANHO								TOTAL	
	I (< 0,1 ha)		II (0,1 - 4,0 ha)		III (4,1 - 40,0 ha)		IV (40,1 - 200,0 ha)			
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Janeiro	0,5	3,8	6,8	50,9	6,0	45,3	-	-	13,3	0,8
Fevereiro	0,5	6,1	2,4	30,5	5,0	63,5	-	-	7,9	0,5
Março	0,5	10,8	4,5	89,2	-	-	-	-	5,1	0,3
Abril	1,9	3,4	19,4	34,4	35,0	62,1	-	-	56,3	3,2
Mai	1,6	0,6	32,9	12,8	23,0	8,9	200,0	77,7	257,4	14,8
Junho	2,7	1,1	37,5	15,5	101,0	41,9	100,0	41,5	241,2	13,8
Julho	3,3	1,3	68,5	27,8	174,5	70,8	-	-	246,3	14,1
Agosto	4,9	2,0	65,3	26,9	172,2	71,1	-	-	242,4	13,9
Setembro	2,7	0,8	37,9	11,7	158,8	48,9	125,0	38,5	324,5	18,6
Outubro	0,8	0,8	37,6	37,4	62,0	61,7	-	-	100,4	5,8
Novembro	0,5	0,3	25,7	16,7	84,1	54,8	43,2	28,1	153,6	8,8
Dezembro	0,7	0,8	15,7	16,7	77,6	82,5	-	-	94,1	5,4
Total	20,8	1,2	354,1	20,3	899,2	51,6	468,2	26,9	1742,3	100,0

FONTE: SYSBM (2015), elaborado pela autora (2016).

A área total atingida pelos incêndios florestais no período de 2006 a 2014 para o município de Ponta Grossa foi de 1742,3 hectares, dos quais 75,2% ocorreram nos meses de maio a setembro. Além deste último mês, destacaram-se também maio e junho, devido a representatividade da classe IV. Paralelamente a estas informações, foi observado por meio da análise de *cluster* que o período de alta incidência de incêndios compreende os meses de abril a setembro (FIGURA 19), considerando as variáveis apresentadas no Apêndice 1.

FIGURA 19 – DENDROGRAMA DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS E DE OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS



FONTE: A autora (2016).

As informações observadas vão de encontro com as apresentadas por Vosgerau *et al.* (2006) e Tetto, Batista e Soares (2012b), que relatam que o período com maior número de ocorrências de incêndios no estado do Paraná é entre julho e setembro, com concentração no mês de agosto. Para o mesmo período do ano, Tetto, Batista e Soares (2012b) também observaram a maior área afetada, porém concentrando-se em setembro. Deppe *et al.* (2004) descrevem que a maioria dos incêndios florestais no estado ocorre nos meses de outono, inverno e primavera, normalmente entre os meses de maio a outubro. De acordo com os autores, este período coincide com os baixos índices pluviométricos e ocorrência de geadas, o que reduz a umidade do material combustível, assim como o vigor vegetativo, elevando a combustibilidade da vegetação, propiciando desta forma o início e a propagação do fogo.

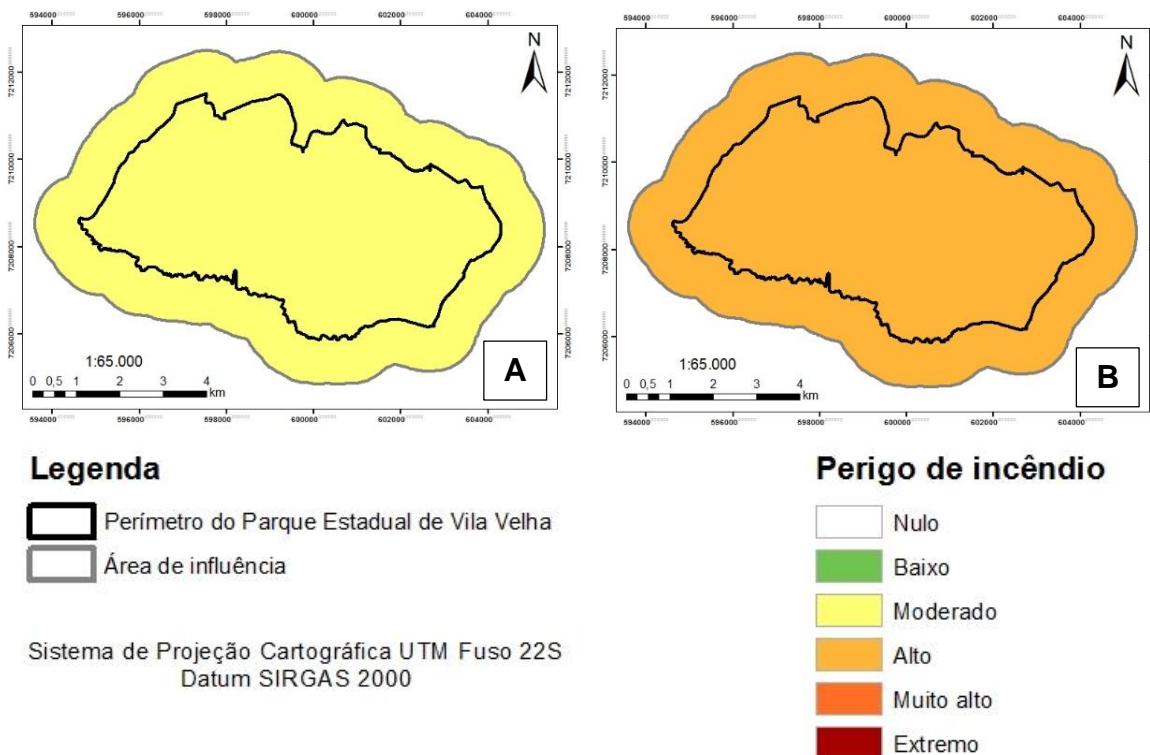
Com relação à estação de ocorrência de incêndios no Brasil, Santos, Soares e Batista (2006) apontam o período de junho a outubro, enquanto Soares e Santos (2002) indicam o período de julho a novembro, destacando-se o mês de agosto em

ambas as pesquisas. Soares (1985) afirma que o período crítico de ocorrências de incêndios no país corresponde ao final do inverno e início da primavera, coincidindo com a época de limpeza e preparo do solo para o plantio agrícola.

Com base nas informações obtidas pelo índice de perigo de incêndios e pela análise temporal de perigo de incêndios foram elaborados os mapas de perigo em função das condições meteorológicas.

Para o período de baixa incidência de incêndios (de outubro a março) obteve-se um valor médio da FMA de 6,5, enquadrando-se na classe de perigo moderado (FIGURA 20A), enquanto para o período de alta incidência de incêndios (de abril a setembro), obteve-se um valor médio da FMA de 13,2, enquadrando-se como grau de perigo alto (FIGURA 20B).

FIGURA 20 – PERIGO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS EM FUNÇÃO DA FMA PARA O PERÍODO DE BAIXA INCIDÊNCIA DE INCÊNDIOS (A) E PARA O PERÍODO NORMAL DE OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS (B)



FONTE: SIMEPAR (2015), elaborado pela autora (2016).

4.7 ZONEAMENTO DE RISCO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS

O Zoneamento de Risco de Incêndios Florestais (ZRIF), do Parque Estadual de Vila Velha e seu entorno, possibilitou a visualização espacial das áreas de maior risco de origem de incêndios em face das vulnerabilidades destas áreas. A Figura 21 apresenta o ZRIF para o período de baixa incidência de incêndios, enquanto a Figura 22 apresenta o ZRIF para o período de alta incidência de incêndios.

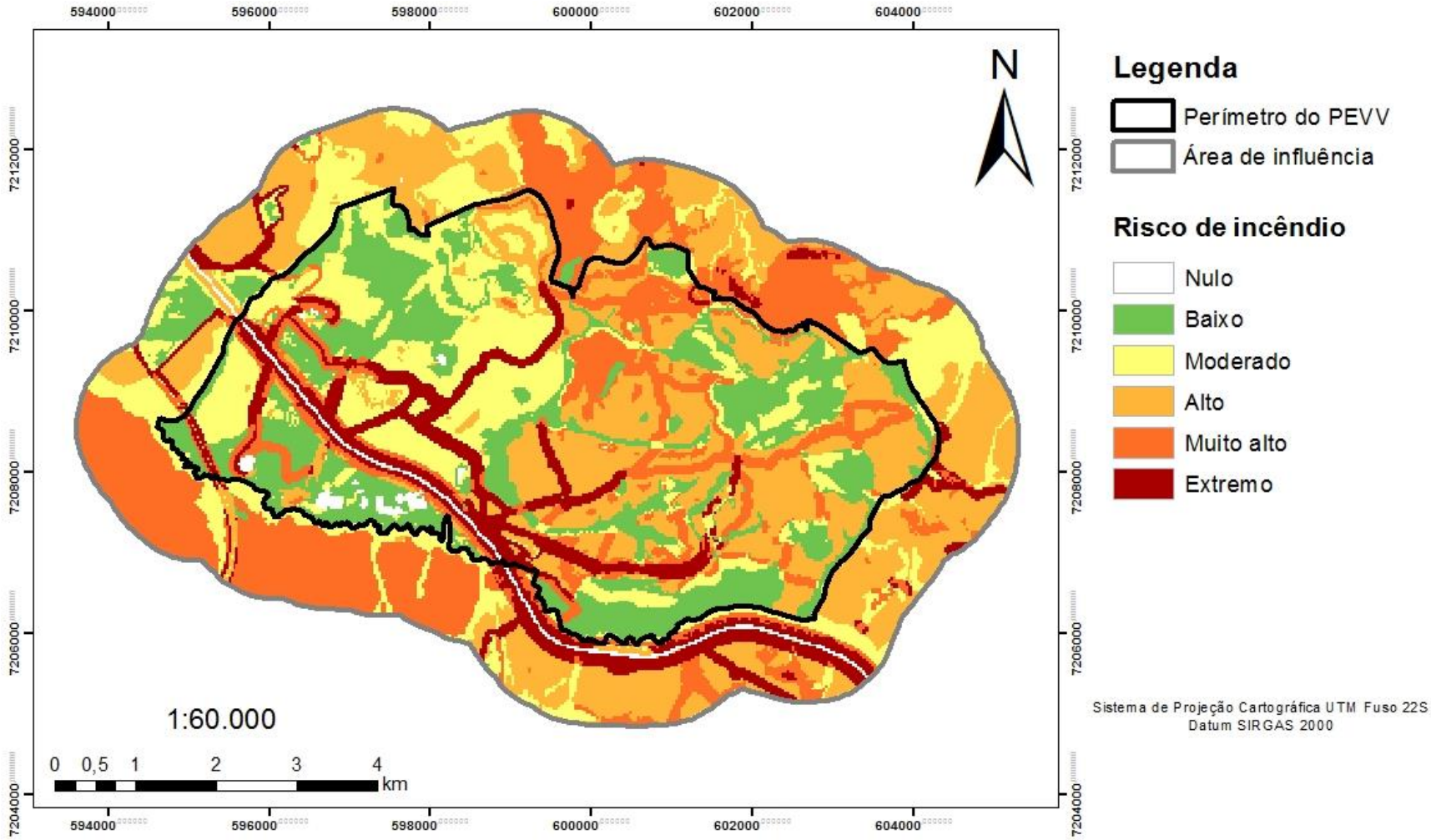
Para os meses de baixa incidência de incêndios, as classes de risco de incêndios tiveram para área de estudo as seguintes representatividades: nulo (1,4%), baixo (16,2%), moderado (21,5%), alto (29,5%), muito alto (23,2%) e extremo (8,2%). Considerando apenas a área do parque para o mesmo período, 28,6% abrangeu a classe baixo, que correspondeu às áreas mais úmidas, como a Floresta Ombrófila Mista Montana, Floresta Ombrófila Mista Aluvial, formação pioneira de influência fluvial, estepe higrófila, além de áreas com formações rochosas; 25,0% em alto, que correspondeu sobretudo às áreas de estepe; 21,7% em moderado, a qual correspondeu principalmente às áreas com estágio inicial de floresta; 14,9% em muito alto, correspondendo às zonas de influência de vias de acessos secundários; 8,5% em extremo, correspondendo às zonas de influência da rodovia, ferrovia e via de acessos primários e 1,3% em nulo, referente as áreas da rodovia, lagoas e furnas.

Com relação ao período de alta incidência de incêndios, 42,0% da área de estudo foi enquadrada na classe de risco muito alto, apresentando um aumento de 18,8% quando comparada com o período baixa incidência de incêndios. Foram incluídos nesta classe as monoculturas do entorno da unidade e as áreas de estepe para a região interna do parque. A classe alto abrangeu 24,2% da área, a qual corresponde principalmente às áreas de estágio inicial de floresta; moderado 19,9%, concentrando-se na parte interna do parque (89,5%); extremo 11,9%, apresentando uma elevação em 3,6% em relação ao período anterior; baixo 0,6%, apresentando uma redução em 15,6% e a classe nulo abrangeu 1,4%. Em relação a área do parque, 33,7% foi incluída na classe moderado; 31,8% na classe muito alto; 20,7% na classe alto; 11,7% na classe extremo, 0,9% na classe baixo e 1,3% na classe nulo.

O fator que mais influenciou o risco de incêndio foi a presença humana, relacionada à infraestrutura e zonas de uso. Outros estudos apresentam como resultado o comportamento de grau de risco muito alto ou extremo em áreas de influência das estradas e rodovias, como observado por Ferraz e Vettorazzi (1998),

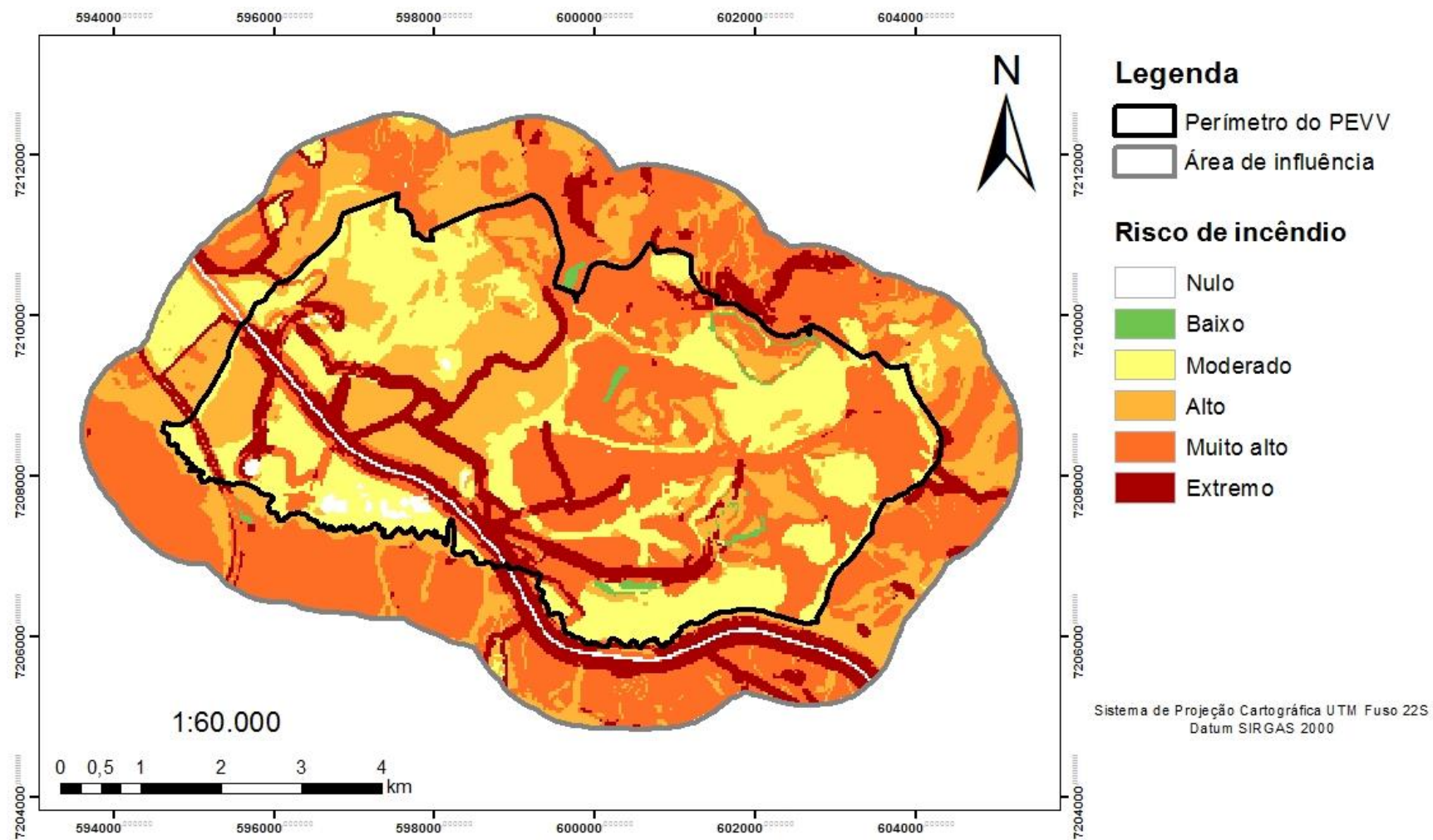
Koproski *et al.* (2011), Tetto, Batista e Soares (2012a), Ribeiro, Soares e Beppler (2012) e Aguiar *et al.* (2015). Prudente (2010) menciona que, além da possibilidade de estradas e demais acessos atuarem como barreiras a propagação do fogo, também podem atuar como um fator desencadeante do risco. Conforme a autora, nessas áreas é mais propícia a ocorrência de incêndios criminosos, assim como focos de incêndios causados por cigarros, práticas de cultos religiosos, fogueiras, entre outros. De acordo com Tetto, Batista e Soares (2012a), recomenda-se, principalmente nas áreas com maior fluxo de pessoas, atividades de prevenção, como: silvicultura preventiva e campanhas de sensibilização na estação de alta incidência de incêndios.

FIGURA 21 – ZONEAMENTO DE RISCO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS PARA O PERÍODO DE BAIXA INCIDÊNCIA DE INCÊNDIOS



FONTE: A autora (2016).

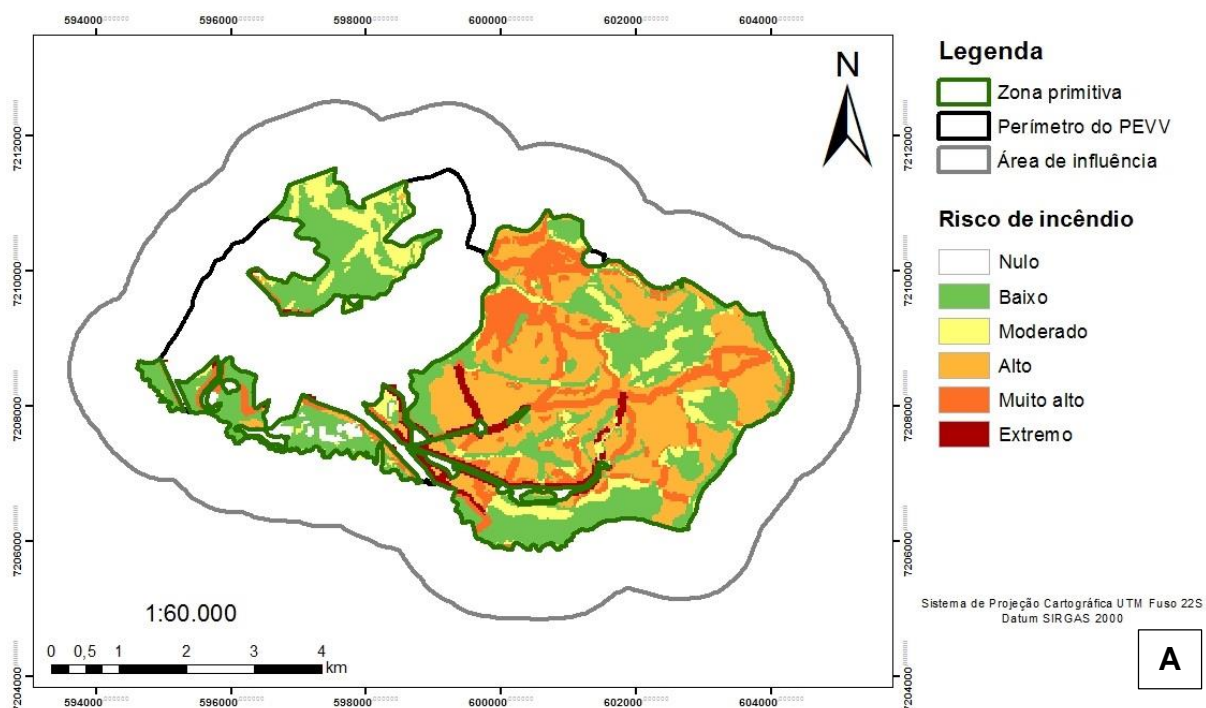
FIGURA 22 – ZONEAMENTO DE RISCO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS PARA O PERÍODO DE ALTA INCIDÊNCIA DE INCÊNDIOS



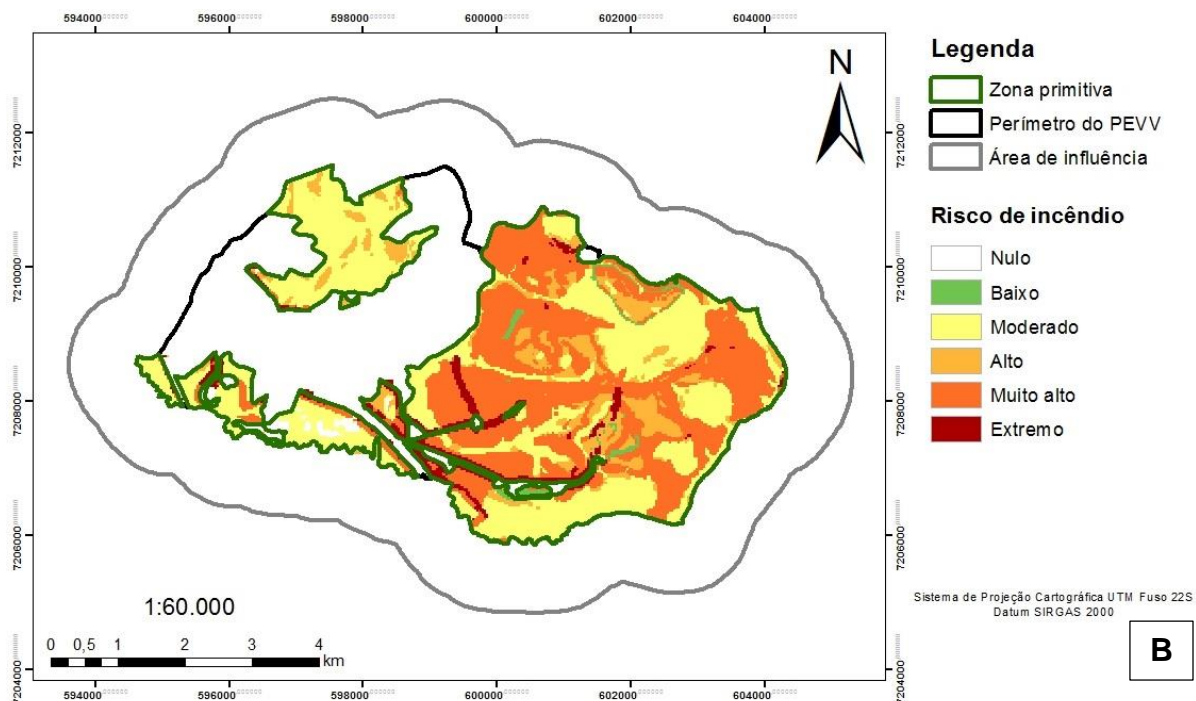
FONTE: A autora (2016).

A zona primitiva definida no plano de manejo, refere-se às áreas com maior grau de conservação, naturalidade e importância ecológica (IAP, 2004). Com base neste conceito, analisou-se a representatividade das classes de risco de incêndios para essa zona de uso no período de baixa incidência de incêndios (FIGURA 23A) e para o período de alta incidência de incêndios (FIGURA 23B). Esta zona abrange aproximadamente 2294,0 ha (70,2% da área do parque), dos quais 43,9% são campos, e tem como objetivo garantir a manutenção da biodiversidade e a integridade das formações areníticas, assim como, favorecer a evolução natural das espécies e ecossistemas (IAP, 2004).

FIGURA 23 – ZONEAMENTO DE RISCO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS PARA A ZONA PRIMITIVA



FONTE: A autora (2016).



FONTE: A autora (2016).

Para o período de baixa incidência de incêndios, a zona primitiva apresentou 35,6% de sua área na classe baixo, seguido de 30,5% na classe alto. Enquanto para o período de alta incidência de incêndios destacou-se a classe moderado (40,3%) e muito alto (39,7%). As classes mais extremas de risco são observadas na porção metade leste, sendo então considerada como zona prioritária para ações de prevenção, combate e manejo da vegetação. Atualmente as principais atividades de prevenção desenvolvidas nesta área são a construção e manutenção de aceiros e a execução de queimas controladas.

Outras áreas prioritárias para adoção de medidas preventivas são as zonas de influência ao longo das estradas principais do parque, da ferrovia e da rodovia, por apresentarem grande fluxo de pessoas e a facilidade de acesso as demais áreas. Conforme Ferraz e Vettorazzi (1998), o acesso de pessoas e veículos aumenta o risco de incêndios por fatores como: incêndios criminosos, prática de cultos religiosos, incêndios causados por cigarro, fogueiras, dentre outros. Para Ribeiro, Soares e Beppler (2012), além de rotas já existentes, podem existir carreadores feitos pelos próprios moradores, que logo tornam-se estradas extraoficiais.

5 CONCLUSÕES

As variáveis de risco e perigo identificadas para o Parque Estadual de Vila Velha foram suficientes para a representação espacial da probabilidade de ocorrência de incêndios florestais na unidade.

O período de alta incidência de incêndios se estendeu de abril a setembro, enquanto o período de baixa incidência foi de outubro a março.

Os zoneamentos de risco de incêndios florestais representaram espacialmente os níveis de risco de incêndios do Parque, a partir dos quais se pode identificar as áreas prioritárias para ações preventivas ao longo dos dois períodos.

Para o período de baixa incidência de incêndios, 29,5% da área de estudo (1822,7 ha) foi classificada como risco alto, enquanto para o período de alta incidência de incêndios, 42% da área (2595,1 ha) correspondeu ao grau de risco muito alto.

As áreas prioritárias para ações preventivas foram as campestres e as áreas de influência das estradas, rodovia e ferrovia.

REFERÊNCIAS

- ADAB, H.; KANNIAH, K. D.; SOLAIMANI, K. Modeling forest fire risk in the northeast of Iran using remote sensing and GIS techniques. **Natural Hazards**, v. 65, n. 3, p. 1723 – 1743, 2013.
- AGUIAR, R. D.; SANTOS, L. F. M.; MATRICARDI, E. A. T.; BATISTA, I. X. Zoneamento de risco de incêndios florestais no Parque nacional da Chapada dos Veadeiros – GO. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 11, n. 21, p. 1943 – 1957, 2015.
- BATISTA, A. C. **Incêndios florestais**. Recife: Imprensa Universitária da UFRPE, 1990. 115 p.
- BATISTA, A. C.; OLIVEIRA, D. S.; SOARES, R. V. **Zoneamento de risco de incêndios florestais para o estado do Paraná**. Curitiba: FUPEF, 2002. 86 p. (Série técnica n. 2).
- BATISTA, A. C.; TETTO, A. F.; DEPPE, F.; GRODZKI, L.; GRASSI, J. T. Análise dos impactos das mudanças climáticas sobre o risco de incêndios florestais no estado do Paraná. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 104, p. 491 – 501, 2014.
- BEUTLING, A. Combustíveis florestais. In: SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; NUNES, J. R. S. (Ed.) **Incêndios florestais no Brasil: o estado da arte**. Curitiba: UFPR, 2009. p. 21 - 34.
- BEUTLING, A.; BATISTA, A. C.; SOARES, R. V.; VITORINO, M. D. Quantificação de material combustível superficial em reflorestamentos de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. **Floresta**, Curitiba, v. 35, n. 3, p. 465 - 472, 2005.
- BEUTLING, A.; BATISTA, A. C.; STOLLE, L.; TETTO, A. F.; ALVES, M. V. G. Caracterização e modelagem de material combustível superficial em povoamentos de *Pinus elliottii*. **Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 3, p. 443 - 452, 2012.
- BONTEMPO, G. S. **Impactos e realidade dos incêndios florestais nas unidades de conservação brasileiras**. 142f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.
- BORGES, T. S.; FIEDLER, N. C.; SANTOS, A. R.; LOUREIRO, E. B.; MAFIA, R. G. Desempenho de alguns índices de risco de incêndios em plantios de eucalipto no norte do Espírito Santo. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 18, n. 2, p. 153 – 159, 2011.
- BOTELHO, H.; SALGUEIRO, A. Aspectos meteorológicos e topográficos com influência no comportamento do fogo. In: REGO, F. C.; BOTELHO, H. S. (Ed.). **A técnica do fogo controlado**. Portugal: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 1990. p. 27 - 33.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 19 jul. 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/CCivil_03/LEIS/L9985.htm>. Acesso em: 7 jul. 2015.

BROWN, A. A.; DAVIS, K. P. **Forest fire: control and use**. 2. ed. New York: McGRAW-HILL, 1973. 686 p.

CAMPOS, J. B.; DALCOMUNE, M. A. O Parque Estadual de Vila Velha. In: CARPANEZZI, O. T. B.; CAMPOS, J. B. (Org.). **Coletânea de pesquisas: Parques Estaduais de Vila Velha, Cerrado e Guartelá**. Curitiba: IAP, 2011. p. 15 - 22.

CHUVIECO, E.; AGUADO, I.; YEBRA, M.; NIETO, H.; JAVIER SALAS, J.; MARTÍN, M. P.; VILAR, L.; MARTÍNEZ, J.; MARTÍN, S.; IBARRA, P.; LA RIVA, J.; BAEZA, J.; RODRÍGUEZ, F.; MOLINA, J. R.; HERRERA, M. A.; ZAMORA, M. Development of a framework for fire risk assessment using remote sensing and geographic information system technologies. **Ecological Modelling**, Kidlington, v. 221, n. 1, p. 46 – 58, 2010.

CLAR, C. R.; CHATTEN, L. R. **Principles of forest fire management**. California: Office of Procurement. 1975. 274 p.

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF). **Pronóstico del grado de peligro**. 2015. Disponível em: <<http://www.conaf.cl/incendios-forestales/combate-de-incendios-forestales/pronostico-del-grado-de-peligro/>>. Acesso em: 25 mar. 2015.

DEPPE, F.; PAULA, E. V.; MENEGHETTE, C. R.; VOSGERAU, J. Comparação dos índices de risco de incêndio florestal com focos de calor no estado do Paraná. **Floresta**, Curitiba, v. 34, n. 2, p. 119 – 124, ago. 2004.

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

FREIRE, S. H.; CARRÃO, H.; CAETANO, M. R. **Produção de cartografia de risco de incêndio florestal com recurso a imagens de satélite e dados auxiliares**. Lisboa: IGP, 2002.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ (IAPAR). **Cartas climáticas**. Londrina: IAPAR, 2000. Disponível em: <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677>>. Acesso em: 7 ago. 2015.

_____. **Estações meteorológicas: médias históricas**. Londrina: IAPAR, 2015. Disponível em: http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias_Historicas/Ponta_Grossa.htm>. Acesso em: 7 ago. 2015.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ (IAP). **Plano de manejo do Parque Estadual de Vila Velha**. Curitiba, 2004. Disponível em:

<<http://www.iap.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1255>>. Acesso em: 9 jul. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2 ed., revista e ampliada. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 275 p.

_____. **Brasil**: shapefile. 2013. Disponível em: <<http://mapas.ibge.gov.br/interativos/arquivos.html>>. Acesso em: 7 ago. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). Anexo do Relatório (1979 a 2005). Brasília, 2016. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/documentos/ocorrencias-de-incendios-em-ucs-federais>>. Acesso em: 4 abr 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Topodata**: banco de dados geomorfométricos do Brasil. São José dos Campos: INPE, 2011. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/index.php>>. Acesso em: 5 set. 2015.

KOPROSKI, L. P. **Risco de incêndio e suas correlações com a diversidade biológica no Parque Estadual do Cerrado (Paraná, Brasil)**. 226 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

KOPROSKI, L. P.; FERREIRA, M. P.; GOLDAMMER, J. G. BATISTA, A. C. Modelo de zoneamento de risco de incêndios para unidades de conservação brasileiras: o caso do Parque Estadual do Cerrado (PR). **Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 3, p. 551 – 562, 2011.

MARTÍNEZ, J.; VEGA-GARCIA, C.; CHUVIECO, E. Human-caused wildfire risk rating for prevention planning in Spain. *Journal of Environmental Management*, v. 90, n. 2, p. 1241 – 1252, 2009.

MELO, M; S.; GODOY, L. C.; MENEGUZZO, P. M.; SILVA, D. J. P da. A geologia no plano de manejo do Parque Estadual de Vila Velha, PR. **Revista Brasileira da Geociências**, v. 24, n. 4, p. 561 – 570, 2004.

MÉRIDA, J. C. F. Factores ambientales: factores topográficos. In: VÉLEZ, R. M. (Coord.). **La defensa contra incendios forestales**: fundamentos y experiencias. Madrid: McGRAW-HILL, 2009a. p. 150 – 151.

_____. Factores ambientales: factores meteorológicos. In: VÉLEZ, R. M. (Coord.). **La defensa contra incendios forestales**: fundamentos y experiencias. Madrid: McGRAW-HILL, 2009b. p.145 – 149.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Catálogo de imagens de satélite Rapideye**. Brasília: MMA, 2013. Disponível em: <<http://geocatalogo.ibama.gov.br/>>. Acesso em: 1 set. 2015.

MOHAMMADI, F.; BAVAGHAR.; SHABANIAN, N. Forest fire risk zone modeling using logistic regression and GIS: an Iranian case study. **Small-scale Forestry**, v. 13, n. 1, p. 117 – 125, 2014.

MYERS, R. L. **Convivendo com o fogo**: manutenção dos ecossistemas e subsistência com o manejo integrado do fogo. USA: TNC, 2006. 28 p.

NATIONAL WILDFIRE COORDINATING GROUP (NWCG). **Glossary of wildland fire terminology**, 2015. Disponível em:
<<http://www.nwccg.gov/pms/pubs/glossary/changes.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2015.

NUNES, J. R. S. **FMA+ - um novo índice de perigo de incêndios florestais para o estado do Paraná – Brasil**. 150 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

_____. Índice de perigo de incêndios florestais: a experiência paranaense. In: SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; NUNES, J. R. S. **Incêndios florestais no Brasil: o estado da arte**. Curitiba: UFPR, 2009. p. 53 - 108.

NUNES, J. R. S.; FIER, I. S. N.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. Desempenho da Fórmula de Monte Alegre (FMA) e da Fórmula de Monte Alegre Alterada (FMA+) no Distrito Florestal de Monte Alegre. **Floresta**, Curitiba, v. 40, n. 2, p. 319 – 326, 2010.

OLIVEIRA, D. S. **Zoneamento de risco de incêndios em povoados florestais no norte de Santa Catarina**. 124 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

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

PARANÁ. Lei nº 1.292 de 12 de outubro de 1953. Cria, no município de Ponta Grossa, nas terras denominadas "VILA VELHA" e "LAGÔA DOURADA", um parque estadual. **Diário Oficial do Estado**, Curitiba, PR, 16 out. 1953. Disponível em:
<<http://www.legislacao.pr.gov.br/legislacao/pesquisarAto.do?action=exibir&codAto=15059&indice=1&totalRegistros=1>>. Acesso em: 7 jul. 2015.

_____. Decreto nº 5.767 de 05 de junho de 2002. Amplia a área do Parque Estadual de Vila Velha. **Diário Oficial do Estado**, Curitiba, PR, 05 jun. 2002. Disponível em:
<<http://www.legislacao.pr.gov.br/legislacao/pesquisarAto.do?action=exibir&codAto=33129&indice=1&totalRegistros=5>>. Acesso em: 03 ago. 2015.

PEREIRA, C. L.; LOMBARDI NETO, F. **Avaliação da aptidão agrícola das terras**: proposta metodológica. Jaguariúna: Embrapa, 2004. 36 p. (Documentos n. 43).

PRUDENTE, T. D. **Geotecnologias aplicadas ao mapeamento de risco de incêndio florestal no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros e áreas de entorno**. 116 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2010.

RAMOS, P. C. M. Sistema nacional de prevenção e combate aos incêndios florestais. In: FÓRUM NACIONAL SOBRE INCÊNDIOS FLORESTAIS, 1.; REUNIÃO CONJUNTA IPEF-FUPEF-SIF, 3., 1995. **Anais...** Piracicaba: IPEF, 1995, p. 29 - 38.

RAMSEY, G. S.; HIGGINS, D. G. **Canadian forest fire statistics**. Ontario: Canadian Forestry Service, 1981. 71 p. (Information Report PIX9).

RIBEIRO, L.; KOPROSKI, L. P.; STOLLE, L.; LINGNAU, C.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. Zoneamento de risco de incêndios florestais para a fazenda experimental do Canguiri, Pinhais (PR). **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 3, p. 561 - 572, 2008.

RIBEIRO, L.; SOARES, R. V.; BEPLLER, M. Mapeamento de risco de incêndios florestais no município de Novo Mundo, Mato Grosso, Brasil. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 1, p. 117 - 126, 2012.

RIGOLOT, E. Combustíveis. In: REGO, F. C.; BOTELHO, H. S. (Ed.). **A técnica do fogo controlado**. Portugal: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 1990. p. 35 - 48.

RODERJAN, C. V.; KUNIYOSHI, Y. S.; GALVÃO, F.; HATSCHBACH, G. G. As unidades fitogeográficas do estado do Paraná. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, n. 24, p. 75 - 42, 2002.

SAMPAIO, O. B. **Análise da eficiência de quatro índices, na previsão de incêndios florestais para a região de Agudos – SP**. 157 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 1999.

_____. **O impacto dos incêndios florestais nas unidades de conservação brasileiras**. In: Unidades de conservação: ações para valorização da biodiversidade. IAP (Instituto Ambiental do Paraná), 348 p., 2006. p. 138 – 162.

SANTOS, J. F. **Estatística de incêndios florestais em áreas protegidas no período de 1998 a 2002**. 76 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

SANTOS, J. F.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. Perfil dos incêndios florestais no Brasil em áreas protegidas no período de 1998 a 2002. **Floresta**, Curitiba, v. 36, n. 1, p. 93 – 100, 2006.

SEGER, C. D.; BATISTA, A. C.; TETTO, A. F.; SOARES, R. V. Comportamento do fogo em queimas controladas de vegetação de estepe no município de Palmeira, Paraná, Brasil. **Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 4, p. 547 – 588, 2013.

SISTEMA METEOROLÓGICO DO PARANÁ (SIMEPAR). **Dados meteorológicos de Ponta Grossa**: 2006 a 2014. Curitiba: SIMEPAR, 2015. (Banco de dados).

SOARES, R. V. **Proteção florestal**. Curitiba, 1971. 177 p.

_____. **Determinação de um índice de perigo de incêndio para a região centro-paranaense, Brasil.** 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Centro Tropical de Ensino e Investigação, Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas OEA, Turrialba, Costa Rica, 1972.

_____. **Incêndios florestais:** controle e uso do fogo. Curitiba: FUPEF, 1985. 213 p.

_____. Estatísticas dos incêndios florestais no Brasil. In: SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; NUNES, J. R. S. **Incêndios florestais no Brasil:** o estado da arte. Curitiba: UFPR, 2009. p. 1 - 20.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Incêndios florestais:** controle, efeitos e uso do fogo. Curitiba, 2007. 250 p.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C., TETTO, A. F. **Meteorologia e climatologia florestal.** Curitiba, 2015. 215 p.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; NUNES, J. R. **Manual de prevenção e combate a incêndios florestais.** 2. ed. Curitiba, 2008. 55 p.

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

SYSBM - CCB. Cascavel: Corpo de Bombeiros Cascavel. 2006 – 2014. Disponível em: <<http://www.bombeiroscascavel.com.br/registroccb/imprensa.php>>. Acesso em: 14 set. 2015.

TETTO, A. F. **Comportamento histórico dos incêndios florestais na Fazenda Monte Alegre no período de 1965 a 2009.** 114 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

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

_____. Ocorrência de incêndios florestais no estado do Paraná, no período de 2005 a 2010. **Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 2, p. 391 – 398, 2012b.

TETTO, A. F.; BATISTA, A. C.; SOARES, R. V.; NUNES, J. R. S. Comportamento e ajuste da Fórmula de Monte Alegre na Floresta Nacional de Irati, estado do Paraná. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 87, p. 409 – 417, set. 2010.

VÉLEZ, R. M. Perspectiva regional: los incendios forestales en la Cuenca Mediterránea. In: VÉLEZ, R. M. (Coord.). **La defensa contra incendios forestales:** fundamentos y experiencias. 2 ed. Madrid: McGRAW-HILL, 2009a. p. 19 – 50.

_____. Factores ambientales: los índices meteorológicos de peligro. In: VÉLEZ, R. M. (Coord.). **La defensa contra incendios forestales:** fundamentos y experiencias. 2 ed. Madrid: McGRAW-HILL, 2009b. p. 151 – 161.

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

ZILLER, S. R. A **Estepe gramíneo-lenhosa no segundo planalto do Paraná:** diagnóstico ambiental com enfoque à contaminação biológica. 277 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

APÊNDICE 1 – VALORES DAS VARIÁVEIS CONSIDERADAS PARA A ELABORAÇÃO DA ANÁLISE DE CLUSTER

MÊS	DIAS COM Pp	Pp ACUMULADA (mm)	UR (%)	T (°C)	DIA COM OCORRÊNCIA DE INCÊNDIO	Nº DE OCORRÊNCIA DE INCÊNDIO	VALOR MÉDIO FMA
Janeiro	98,0	168,5	79,1	22,2	25,0	31,0	4,5
Fevereiro	93,0	183,4	78,5	22,7	28,0	41,0	5,5
Março	62,0	104,5	77,8	21,5	40,0	52,0	7,9
Abril	51,0	107,1	78,6	19,2	79,0	123,0	11,3
Maio	42,0	75,4	82,9	15,6	68,0	129,0	15,7
Junho	50,0	138,3	85,2	14,0	80,0	211,0	13,4
Julho	57,0	113,6	83,8	14,0	99,0	247,0	10,2
Agosto	42,0	89,4	76,8	15,5	141,0	347,0	14,7
Setembro	68,0	118,5	75,4	17,2	84,0	192,0	14,2
Outubro	74,0	120,4	73,6	19,7	88,0	131,0	7,1
Novembro	65,0	117,4	71,1	21,1	61,0	86,0	7,1
Dezembro	84,0	147,5	73,9	22,4	43,0	71,0	7,2

FONTE: SIMEPAR (2015); SYSBM (2015), elaborado pela autora (2016).