



**MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE
INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE
PARQUE NACIONAL DE SÃO JOAQUIM (PNSJ)**

**Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do Instituto Chico
Mendes de Conservação da Biodiversidade - PIBIC/ICMBio**

Relatório de Final

(2018-2019)

**ELABORAÇÃO DE MAPA DE ZONEAMENTO DE RISCO DE
INCÊNDIOS FLORESTAIS E FRAGMENTAÇÃO DA PAISAGEM
NO PARQUE NACIONAL DE SÃO JOAQUIM (PNSJ), SANTA
CATARINA.**

Julia de Farias

Orientadores: Ana Luiza Castelo Branco Figueiredo

Michel Tadeu R. N. de Omena

Lages, agosto de 2019

Resumo

O presente trabalho foi desenvolvido no Parque Nacional de São Joaquim, localizado no estado de Santa Catarina, região sul do Brasil. Considerada uma Unidade Conservação Federal. O PNSJ tem 49.672 hectares e protege a maior área contínua de floresta ombrófila mista (FOM) do país. Abriga áreas de campos de altitude e floresta ombrófila densa (FOD). Em 2016, com a sanção da Lei nº 13.323 os limites do PNSJ foram alterados, assim o objetivo do estudo foi obter de forma rápida e prática, uma atualização do mapa temático de risco de incêndios para o parque, considerando o efeito integrado das seguintes variáveis para a determinação do risco de incêndio: presença humana (ph), cobertura vegetal (cv), ventos predominantes (vp), declividade (decl), orientação de encostas (oe) e carga de material combustível (w). Para o processamento dessas variáveis espaciais utilizou-se um Sistema de Informações Geográficas (GIS). Foram produzidos sete mapas temáticos classificando-se a área do parque em seis classes de risco de incêndio florestais. Também como subproduto foi produzido o mapa de cobertura do solo, que identifica a fragmentação de paisagens no PNSJ. A sobreposição dessas informações gerou então o mapa de zoneamento de riscos de incêndios florestais, cujo os resultados indicam que 43,91% da área do PNSJ está sob risco muito alto, e que 2,54% sob risco extremo. Recomenda-se que a administração da unidade de conservação busque monitorar as áreas críticas e proponham medidas que evitem a ocorrência de incêndios no parque.

Palavras chaves: PNSJ; Fogo; SIG

Abstract

The present work was developed in the São Joaquim National Park (PNSJ), located in the state of Santa Catarina, southern region of Brazil. It is a Federal Protected Natural Area. The PNSJ has 49,672 hectares and protects the largest continuous area of mixed ombrophilous forest (FOM) in the country. It houses areas of altitude fields and dense ombrophilous forest (FOD). In 2016, with the sanction of Law n ° 13.323 the limits of the PNSJ were altered, so the aim of the study was to obtain in a quick and practical way, an update of the thematic map of fire hazard to the park, considering the integrated effect of the following variables for the determination of the risk of fire: human presence (PH), vegetation cover (CV), prevailing winds (VP), slope (DECL), slope orientation (OE) and load of combustible material (W). For the processing of these spatial variables, a geographic information system (GIS) was used. Seven thematic maps were produced, classifying the park area into six classes of forest fire risk. Also as a byproduct the soil cover map was produced, which identifies the fragmentation of landscapes in the PNSJ. The overlap of this information then generated the map of forest fire risk zoning, whose results indicate that 43.91% of the PNSJ area is at very high risk, and that 2.54% at extreme risk. We recommended that the management of the Park seeks to monitor the critical areas and propose measures that avoid the occurrence of fires in the park.

Keywords: PNSJ; Fire; SIG

Lista de Figuras

Figura 1 – Mapa ilustrativo da localização do PNSJ.....	13
Figura 2 – Mapa de Cobertura Vegetal e uso do solo do PNSJ.....	18
Figura 3 – Mapa Temático da Declividade do PNSJ.....	24
Figura 4 – Mapa Temático da Orientação de Encostas.....	26
Figura 5 – Mapa Temático dos Ventos Predominantes de São Joaquim – SC	28
.Figura 6 – Mapa do zoneamento de risco para cobertura vegetal do PNSJ....	30
Figura 7 – Mapa do zoneamento de risco para material combustível.....	32
Figura 8- Mapa de zoneamento de risco da presença humana.....	35
Figura 9 – Mapa de zoneamento de riscos de incêndios florestais – ZRIF.....	36

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Classificação do risco de incêndio florestal em função da declividade.* ¹	15
Tabela 2 – Classificação do risco de incêndio florestal em função da orientação das encostas* ¹	16
Tabela 3 – Classificação e características dos ventos predominantes* ¹	16
Tabela 4 – Classificação e características dos ventos predominantes* ¹	17
Tabela 5 – Classificação do risco de incêndio florestal de acordo com a carga de material combustível* ¹	19
Tabela 6 – Raios de influência para malha viária, hidrografia e divisas do PNSJ* ¹	20
Tabela 7 – Coeficientes conforme o grau de risco de incêndio.....	22
Tabela 8 – Representatividade (%) em função de cada classe de risco da declividade	23
Tabela 9 – Representatividade (%) em função de cada classe de risco da orientação das encostas	25
Tabela 10 – Representatividade (%) em função das características dos ventos predominantes	27
Tabela 11 – Representatividade (%) em função do risco para cada tipo de formação vegetal	29
Tabela 12 – Representatividade (%) em função do risco para carga de material combustível	31
Tabela 13 – Representatividade (%) de acordo com a presença humana ou ausência do risco antrópico	33
Tabela 14 – Representatividade (%) de cada classe de risco de incêndio florestal para o PNSJ	35

*Tabelas adaptadas de Oliveira (2002)

Abreviaturas e Siglas, Símbolos.

FOD	Floresta Ombrófila Densa
FOM	Floresta Ombrófila Mista
Cfb	Clima temperado, com verão ameno.
Cfa	Clima subtropical húmido
UCs	Unidades de Conservação
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
MDT	Modelo Digital do Terreno
PNSJ	Parque Nacional de São Joaquim
SIG	Sistema de Informações Geográficas
UDESC	Universidade do Estado de Santa Catarina
ZRIF	Zoneamento de Risco de Incêndio

Sumário

INTRODUÇÃO	8
OBJETIVOS	12
MATERIAL E MÉTODOS	13
RESULTADOS	22
DISCUSSÃO E CONCLUSÃO	37
AGRADECIMENTOS	38
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

Introdução

Um dos biomas mais ameaçados do mundo a Mata Atlântica possui apenas 11,7% de sua cobertura vegetal original remanescente e na sua maioria em áreas compostas de remanescentes florestais altamente perturbados (RIBEIRO et al., 2009). Infelizmente a história de desflorestamento desse bioma e outros tropicais remonta a mais de cinco séculos de imigração europeia na América do Sul (JOLY et al., 2014).

Muitas dessas áreas remanescentes encontram-se protegidas por Unidades de Conservação (UC). No Brasil, o termo Unidade de Conservação, refere-se as áreas protegidas naturais (*Protected Natural Areas*), excluindo-se, portanto, terras indígenas ou quilombolas. A Lei nº 9.985 de 18/07/2000, que criou o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC (BRASIL, 2000), estabeleceu as características e categorias das UC, diferenciando-as das demais áreas protegidas.

As UCs foram definidas, quando a criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), como: “o espaço territorial e seus recursos ambientais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção” (Brasil 2000).

Por estarem inseridas em diferentes biomas do país, e possuírem, em geral, grandes extensões territoriais, as UCs necessitam de planos de prevenção capazes de alertar os gestores sobre possíveis prejuízos financeiros e ecológicos causados por incêndios florestais, visto que o combate aos mesmos é complicado e custoso. O que torna também importante a identificação e fragmentação de paisagens dentro da UC.

O Parque Nacional de São Joaquim (PNSJ), localizado no estado de Santa Catarina, abrange remanescentes florestais do bioma Mata Atlântica, como: as Matas de Araucárias (Floresta Ombrófila Mista – FOM), os Campos de Altitude, as Matinhas Nebulares e as Matas de Encosta (Floresta Ombrófila Densa – FOD). Criado em 06/07/1961 pelo Decreto nº 50.922 (BRASIL, 1961), o PNSJ possui atualmente cerca de 49.800 ha, dos quais aproximadamente de 50% está regularizado, nesse percentual incluídas as propriedades particulares desapropriadas e as áreas devolutas, próprias do estado.

Durante anos a cobertura vegetal do PNSJ sofreu com a degradação, inicialmente pela fúria das empresas madeireiras (MATTOS, 1957) e mais recentemente com o desenvolvimento da pecuária extensiva. Nesses dois momentos históricos a vegetação do PNSJ foi sendo transformada de floresta para campo antropizado, e mantida assim pela ação das queimadas.

Os efeitos negativos das queimadas podem ser medidos de várias formas, Redin e colaboradores (2011) listam em sua revisão os impactos negativos do fogo junto ao solo: diminuição porosidade e da umidade do solo, aumento da resistência do solo à penetração de raízes, maior susceptibilidade a erosão pela remoção da cobertura vegetal, alteração no ciclo de carbono e consequente emissão de gases do efeito estufa e diminuição da disponibilidade de alimentos para micro-organismos

Pode-se citar ainda: perda de diversidade biológica, pois só espécies adaptadas ao regime de queima permaneceriam; efeito de borda nas matas, ou seja, as matas próximas aos locais de queimadas sofrem danos na região de contato com o campo; prejuízos diretos a herpetofauna – répteis e anfíbios – estas espécies ficam mais expostas ao fogo e até de avifauna, pois não é incomum, aves que nidifiquem em áreas de campo.

A prática de queima controlada para renovação ou limpeza de áreas de pastoreio é muito comum na região sul do país, principalmente no planalto catarinense. Proprietários rurais queimam áreas de campo em ciclos bianuais. Até o ano de 2006, o PNSJ não possuía áreas desapropriadas e a prática ocorria ciclicamente. A partir de então, as desapropriações e consequentemente o polígono de áreas próprias do Parque foi aumentando e o risco de incêndios tornou-se uma preocupação para a equipe da UC.

Os danos gerados pelos incêndios florestais podem ser de caráter ambiental ou socioeconômico. Danos às árvores, ao solo, ao caráter protetor da floresta, à fauna, ao aspecto recreativo, ao planejamento florestal, às propriedades e à vida humana. Estes danos dependem das condições existentes, principalmente da tipologia da floresta, combustível e clima (SOARES & BATISTA, 2007).

O ambiente possui diversas características de forte influência sobre a ignição, intensidade dos incêndios (KOPROSKI, 2010). Os fatores mais comumente associados ao risco de incêndios são: cobertura vegetal, material combustível, relevo e condições

climáticas. Assim como as características do ambiente, as atividades humanas têm forte influência sobre o risco de incêndio (OLIVEIRA, 2002).

O risco de incêndio está relacionado não somente com um fator de ameaça, mas também com a vulnerabilidade do ecossistema. O fator de ameaça está associado à existência de agentes naturais e antrópicos que podem dar início ao processo de ignição, e a vulnerabilidade do ecossistema está relacionada com as características ambientais que proporcionam condições favoráveis a manutenção do fogo (CASTAÑEDA, 1997).

Os incêndios florestais são afetados pelas complexas interações entre vegetação, clima, relevo e atividades antrópicas ao longo do tempo. Em escala regional o clima determina o teor de umidade do material combustível e a quantidade de biomassa, em função disso é o principal controlador das características dominantes dos incêndios, bem como do tipo de vegetação encontrado. Além disso, uso do solo e o relevo afetam a frequência, velocidade de propagação e tamanho das áreas queimadas. Por outro lado, as atividades humanas têm influências sobre as características dos incêndios, também alterando frequência, área queimada e padrão de distribuição das ocorrências (WANG, et al., 2015).

Segundo (OLIVEIRA, 2002), os zoneamentos de risco de incêndios são elementos básicos para o planejamento da proteção de áreas florestais. Eles proporcionam uma visualização da distribuição espacial do risco em toda a área protegida e possibilitam uma adequação dos recursos e equipamentos destinados a prevenção e combate de acordo com o nível de perigo de cada região.

A análise criteriosa de cada variável associada ao risco de incêndios permite o estabelecimento de graus de risco de acordo com a sua influência sobre a ignição e propagação do fogo. A definição dos níveis de risco para cada variável é a parte mais importante e de maior dificuldade na elaboração dos mapas. A etapa final do zoneamento é a superposição dos diversos mapas elaborados para a delimitação de áreas de acordo com o nível de risco em função da somatória ponderada dos riscos parciais de cada variável previamente analisada (BATISTA, 2000).

Diversos pesquisadores têm utilizado metodologias diversificadas no desenvolvimento de zoneamento de riscos de incêndios florestais, possibilitando o mapeamento de risco potencial de incêndios em função da sensibilidade dos fatores analisados em relação ao fogo. O melhor modelo de ponderação é aquele definido de

acordo com as condições de ocorrência dos incêndios locais e que considera a importância de cada variável em função da área de estudo (OLIVEIRA, 2002).

O ZRIF, é um dos instrumentos importantes para o planejamento da proteção florestal, pois o ZRIF aponta zonas perigosas que necessitam de atenção especial, podendo ser direcionado as diferentes estações ano e as variações das condições meteorológicas.

Ao utilizarmos um ambiente GIS – *Geographic System Information* (Sistema de Informações Geográficas), se torna capaz de armazenar, processar e associar uma grande quantidade de dados e informações ao mesmo tempo, o planejamento e execução do ZRIF pode ser estendido a uma grande área, de forma mais rápida e ao mesmo tempo tão confiável quanto ações a campo, demoradas e por vezes onerosas (CHUVIECO & CONGALTON, 1989). Possibilitando também a criação de mapas de fragilidades ambientais, bem como de riscos de incêndios florestais.

No ano de 2013 foi feito o primeiro mapa de risco de incêndios para o PNSJ, buscando otimizar as ações da brigada de prevenção e combate a incêndios florestais. Porém com a alteração dos limites da UC, ocorrida em 2016 (BRASIL, 2016), este documento ficou desatualizado.

Assim o objetivo principal desse projeto é refazer o mapa de zoneamento de risco de incêndio do PNSJ e como produto secundário ter também um mapa de cobertura vegetal. Este outro documento, servirá para a equipe da UC analisar a fragmentação da paisagem e proponha ações de recuperação ou reconexão de habitats.

Objetivo

Elaborar o mapa de zoneamento de risco de incêndios florestais para o Parque Nacional de São Joaquim, considerando o efeito integrado das seguintes variáveis para a determinação do risco de incêndio: presença humana (PH), cobertura vegetal (CV) (Mapa de cobertura do solo: fragmentação), ventos predominantes (VP), declividade (DECL), orientação de encostas (OE) e carga de material combustível (W).

Objetivos específicos:

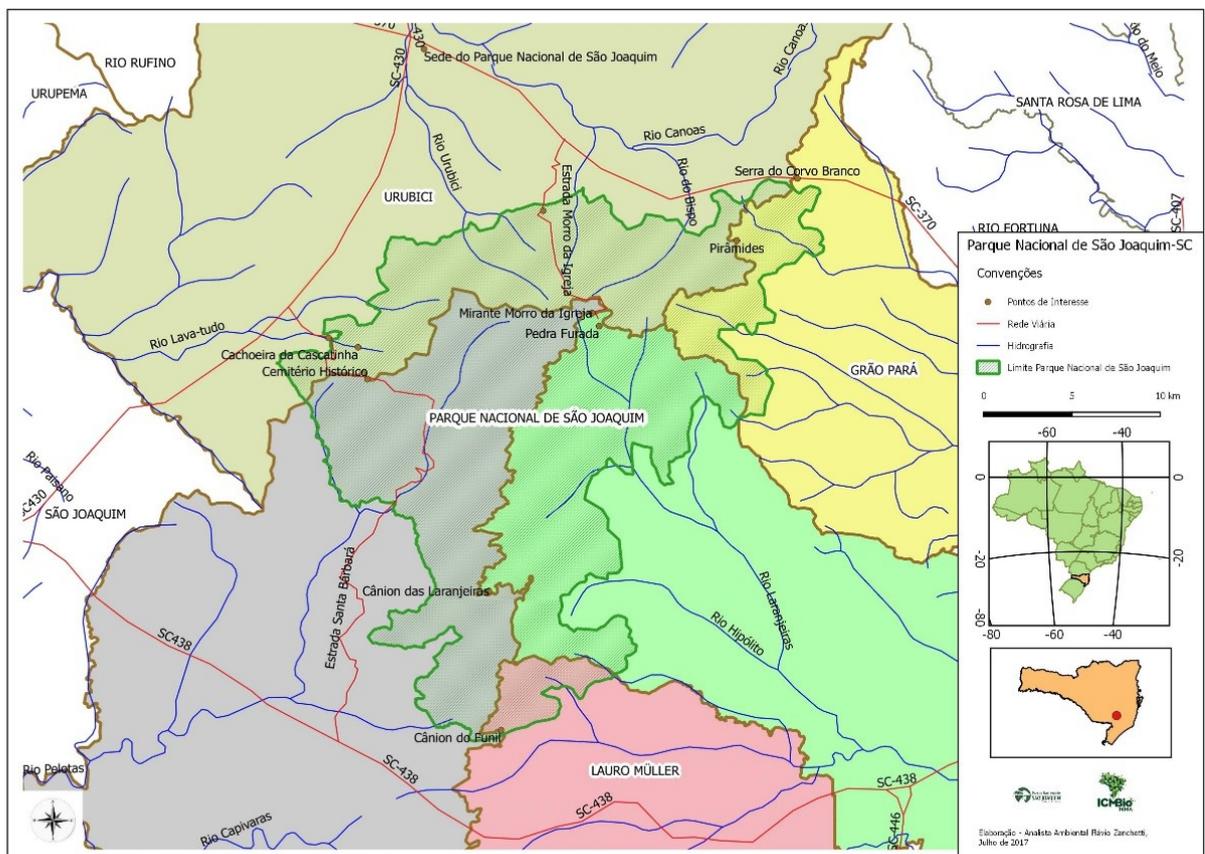
- Elaborar mapa de zoneamento de risco de incêndios florestais (ZRIF) do PNSJ;
- Comparar mapa de ZRIF atual com o de 2012;
- Auxiliar através da elaboração do mapa de cobertura do solo, os gestores a identificar possibilidades de conexão de fragmentos;
- Avaliar conjuntamente os resultados dos mapas de ZRIF e fragmentação.

Material e Métodos

Área de estudo

O PNSJ está localizado na encosta da serra catarinense e abrange os municípios de Urubici, Grão Pará, Lauro Muller, Orleans e Bom Jardim da Serra (Figura 1). Tem 49.672 hectares de área. As altitudes encontradas no parque variam entre 350 e 1822 metros acima do nível do mar. Possui dois tipos de clima segundo Koppen: temperado marítimo úmido (Cfb) nas áreas de maior altitude, e temperado úmido (Cfa) nas áreas de menor altitude.

Figura 1 – Mapa ilustrativo da localização do PNSJ.



Fonte: Plano de manejo do PNSJ.

Historicamente nos municípios de Urubici e Bom Jardim da Serra concentram-se a maioria dos focos de incêndios e queimas de campo.

Materiais

Para a elaboração do Zoneamento de Risco de Incêndios Florestais para o Parque Nacional de São Joaquim foram utilizados os seguintes dados e materiais:

- Modelos Digitais do Terreno – MDT obtidos a partir das autoimagens digitais derivadas do recobrimento aéreo do estado de Santa Catarina realizados nos anos de 2010 e 2011. Os MDT foram baixados do banco de dados da Secretaria Estadual de Desenvolvimento Sustentável/SC;
- Registros meteorológicos mensais de direção e velocidade dos ventos da estação Automática de Lages, no período entre 30/04/2009 a 31/10/2011, baixados do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET);
- Limites do Parque Nacional de São Joaquim, fornecido no site do ICMBio PNSJ em formato vetorial shapefile;
- Limites do município obtido das malhas digitais municipais do IBGE;
- Mapa cursos d'água e nascentes disponibilizados pelo ICMBio/PNSJ em formato vetorial shapefile;
- Mapa de estradas internas e externas disponibilizados em formato vetorial Shapefile, fornecidos pelo ICMBio PNSJ;
- Computador de mesa com Licença do ArcMap 10.5 e com extensão Spatial Analyst, 3D Analyst.

Procedimentos utilizados para a elaboração do ZRIF

Após a obtenção dos dados, foram criados mapas temáticos preliminares de risco de incêndio para cada parâmetro considerado no zoneamento seguindo a metodologia proposta por Oliveira (2002). Foram confeccionados mapas de risco de incêndios referentes as variáveis presença humana – PH, ventos predominantes – VP, material combustível – MC, declividade – D%, uso e cobertura do solo – CS e orientação das encostas – OE. Estes mapas de risco foram integrados por meio de uma soma ponderada com o uso da técnica de álgebra de mapas, onde cada variável teve um peso arbitrado

corresponde ao grau de influência no risco de incêndio florestal. Foram utilizados um modelo para a soma das variáveis, proposto por Oliveira (2002).

Os PI declividade do terreno, orientação das encostas e ventos predominantes foram avaliados a partir do modelo digital do terreno (DTM), para os municípios que entraram dentro do Limite do parque foi obtido as imagens aerofotogramétricas referentes a município de Urubici, Bom Jardim da Serra, Lauro Muller, Grão Pará, retirados do site *sig.sc*. Na sequência foi elaborado o mosaico para as imagens e o clip do mesmo.

A Tabela 1 mostra a avaliação do risco de incêndio levando em conta a inclinação do terreno do PNSJ, relacionando o grau de inclinação do terreno com a propagação do fogo. Para cada valor de declividade foi atribuído um risco de incêndio florestal e um coeficiente de acordo com Oliveira (2002). Posteriormente foi elaborado um mapa de risco da declividade para essa análise.

Tabela 1 – Classificação do risco de incêndio florestal em função da declividade.

Declividade (%)	Risco	Coeficiente
0-4	Nulo	0
5-15	Baixo	1
16-25	Moderado	2
26-35	Alto	3
36-45	Muito Alto	4
≥ 46	Extremo	5

Fonte: Elaborado pela autora, 2019. Adaptado de (OLIVEIRA, 2002).

A Tabela 2 apresenta o risco de incêndio em função da orientação das encostas para o hemisfério sul, onde as encostas expostas ao norte (N) e noroeste (NW) recebem maiores incidências de raios solares, aumentando assim o risco de incêndios. As encostas orientadas para o Sul (S) são classificadas de risco baixo a nulo, devido a menores quantidades de incidência de raios solarem que recebem.

Tabela 2 – Classificação do risco de incêndio florestal em função da orientação das encostas.

Orientação das encostas (%)	Sentido da exposição	Risco	Coefficiente
157,5 ° a 205,5° 112,5° a 157,5 e 202,5°	S	Nulo	0
247,5°	SE/SW	Baixo	1
67,5° a 112,5°	E	Moderado	2
22,5° a 67,5°	NE	Alto	3
247,5° a 337,5°	NW	Muito Alto	4
337,5° a 22,5°	N	Extremo	5

Fonte: Elaborado pela autora, 2019. Adaptado de (OLIVEIRA, 2002).

Os ventos predominantes indicam as direções de maior probabilidade de propagação do incêndio bem como sugerem diferenças no conteúdo de umidade entre os materiais combustíveis influenciando também a velocidade de propagação do fogo. (SOARES E BATISTA, 2007).

O teor de vapor d'água na atmosfera varia de 0 a 4% do volume de ar (PEREIRA et al., 2002). O presente estudo considerou como ventos secos aqueles com a umidade inferior a 1%; ventos úmidos aqueles com umidade entre 1 e 4%; e outros ou saturados, aqueles com valor acima de 4%. De acordo então com dados da estação meteorológica do Centro de Informações de Recursos Ambientais e Hidrometeorologia de Santa Catarina (CIRAM), foi possível associar a predominância de ventos para a região do Parque, bem como as características de cada vento, descritas na Tabela 3.

Tabela 3 – Classificação e características dos ventos predominantes.

Sentido dos ventos	Característica dos ventos	Coefficiente
N	Ventos com características aparentemente mais secas	2
NW/SE	Ventos com características aparentemente mais úmidas	1
Outros	Ventos com menor frequência	0

Fonte: Elaborado pela autora, 2019. Adaptado de (OLIVEIRA, 2002).

O mapa de cobertura da terra foi elaborado a partir da classificação das imagens digitais referentes aos municípios nos quais o Parque está inserido, A representação da cobertura vegetal e uso do solo foi obtida através da classificação supervisionada de imagens de satélite por meio da classificação supervisionada e orientada a regiões. O Algoritmo de classificação empregado foi o Árvores Aleatórias. A classificação resultante foi corrigida manualmente.

Por meio da análise do mapa de cobertura vegetal, foi possível identificar as áreas presentes no parque e classificá-las em: floresta nativa, campos naturais, agricultura, solo exposto, plantio de *Pinus ssp.* Rios, benfeitorias e estradas. (Tabela 4).

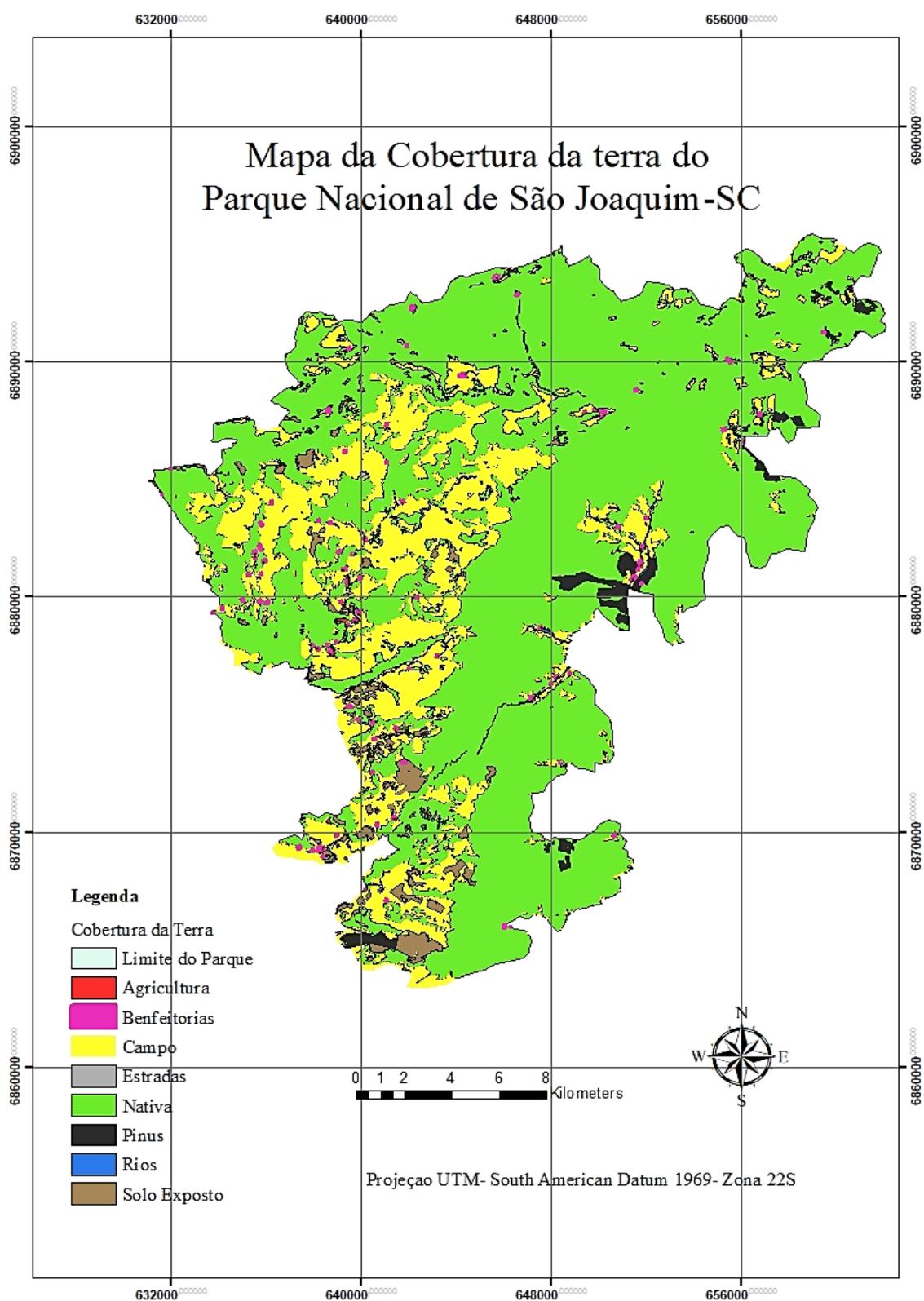
Tabela 4 – Classificação e características dos ventos predominantes.

Cobertura Vegetal	Risco	Coefficiente
Floresta Nativa	Muito Alto	4
	Extremo	5
Campos Naturais	Alto	3
	Muito Alto	4
Agricultura	Moderado	2
	Alto	3
	Muito Alto	4
Solo Exposto	Baixo	1
Plantio de Pinus ssp.	Extremo	5

Fonte: Elaborado pela autora, 2019. Adaptado de (OLIVEIRA 2002).

A figura 2 apresenta o Mapa de Cobertura vegetal e uso do solo do PNSJ.

Figura 2 – Mapa de Cobertura Vegetal e uso do solo do PNSJ.



Fonte: Elaborado pela autora.

A classificação de risco de incêndio florestal para carga de material combustível foi estimada de acordo com o que referências encontradas na literatura. As cargas encontradas foram distribuídas em oito classes, campo, floresta nativa, benfeitorias, estradas e rios, pinus, solo exposto e agricultura, de acordo com os experimentos de Oliveira (2002), variando de zero a valores maiores ou iguais a 60 Mg/ha, para cada uma foi atribuído um grau de risco e um coeficiente. (Tabela 5). Exceto para a classe Pinus ssp. Que teve sua carga de material combustível calculada pela seguinte equação:

$$W_o = ((1,690201 \cdot I - 0,495039)^2 + (7,19864 - 0,00012112 \cdot I^3 - (13,01647/\sqrt{I}))^2)$$

$$W_o = (4,1995 - 0,495039)^2 + (7,19864 - 0,193536 - 3,4688)^2$$

$$W_o = 13,7233 + 109,5808 = 123,30 \text{ Mg/ha para Pinus};$$

Onde:

W: Valor da carga de material combustível para cultivo de *Pinus sp.*

I: Idade do talhão em questão (de acordo com referências encontradas na literatura).

A idade (I) sugerida para os talhões encontrados dentro do Parque Nacional de São Joaquim foi de 12 anos.

Tabela 5 – Classificação do risco de incêndio florestal de acordo com a carga de material combustível.

Carga de material combustível (Mg/ha)	Risco	Coeficiente
≥ 60	Extremo	5
40-59	Muito Alto	4
20-39	Alto	3
1,1-19,9	Moderado	2
1	Baixo	1
0 – 0,9	Nulo	0

Fonte: Elaborado pela autora, 2019. Adaptado de (OLIVEIRA, 2002).

Para a análise da presença humana no PNSJ, foram atribuídos pesos de influência (buffers) para os mapas de benfeitorias, rios, estradas. Ferraz & Vettorazzi (1998) sugerem que para estradas internas (sem acesso ao exterior do PNSJ) a faixa de influência seja de 30m. No caso dos cursos d' água, por serem internos (dão origem aos rios não – navegáveis que fluem de dentro para fora do PNSJ), foi estabelecido raio de influência de 30m.

Tabela 6 – Raios de influência para malha viária, hidrografia e divisas do PNSJ.

Elemento de infraestrutura	Raio de influência (m)
Estrada interna	30
Rios	30
Benfeitorias	30
Floresta nativa	30
Campos naturais	30
Solo exposto	30
Agricultura	100
Pinus	100

Fonte: Elaborado pela autora, 2019. Adaptado de (OLIVEIRA, 2002).

A constituição do parâmetro presença humana é dado pelos fatores que influenciam a circulação e as atividades de pessoas e veículos no interior e entorno do parque, sendo estimada a partir dos mapas de divisas, malha viária e hidrografia. Com o arquivo vetorial *shapefile* das estradas internas foi atribuído um raio de influência de 30m.

A rede hidrográfica foi obtida do banco de dados da Agência Nacional de Águas ANA, tendo sido considerado para o zoneamento a correlação da declividade com a dificuldade de acesso a determinados pontos dos rios, ou seja, declividades maiores que 20% seriam de relevo forte, ondulado, difícil acesso e até inacessíveis, portanto locais sem influência no risco de incêndio. O entorno do parque foi definido com a

classificação manual e a criação de arquivos vetoriais *shapefile* de linhas, onde foram traçados sobre uso e cobertura da terra das propriedades vizinhas ao parque.

Empregou-se as imagens do serviço de imagem pela internet (*Web Map Service*) disponibilizada pelo SIGSC. Posteriormente, sobre as linhas delimitadas do entorno foram atribuídos raios de influência, de acordo com a tabela 5, para cada feição de cobertura e uso do solo encontrado. De posse dos parâmetros que constituem o risco conforme a presença humana, foi utilizado a metodologia proposta por Oliveira (2002), Liz (2014) para caracterizar o risco.

Resultados

O atual órgão gestor das UCs federais no Brasil, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), mantém sistemas de detecção de focos de calor por satélite e programas de prevenção e combate a incêndios florestais. Porém, esses sistemas necessitam de refinamento e monitoramento neste presente estudo, propôs-se a opção preventiva, buscando servir de base para a otimização dos recursos em áreas protegidas naturais, semelhantes ao PNSJ. Destaca-se nos resultados:

Zoneamento do risco de incêndios florestais (ZRIF)

De posse dos dados, foram criados mapas temáticos preliminares de risco de incêndio para cada parâmetro considerado no zoneamento seguindo a metodologia proposta por Oliveira (2002). Foram confeccionados mapas de risco de incêndio referentes as variáveis presença humana, ventos predominantes, material combustível, declividade, uso e cobertura do solo e orientação das encostas. Estes mapas de risco foram integrados por meio de uma soma ponderada com o uso da técnica de álgebra de mapas, onde cada variável teve um peso arbitrado corresponde ao grau de influência no risco de incêndio florestal. Foram utilizados dois modelos para a soma das variáveis, o primeiro modelo proposto por Oliveira (2002),

As variáveis consideradas foram reclassificadas em uma escala de concordância com o grau de risco variando de 0 a 5 para aplicação do modelo proposto por Oliveira (2002).

Tabela 7 – Coeficientes conforme o grau de risco de incêndio.

Grau de Risco	Coeficientes de acordo com Oliveira
Nulo	0
Baixo	1
Moderado	2
Alto	3
Muito Alto	4
Extremo	5

Fonte: Batista *et al.* (2002)

Planos de Informação (PI): Risco de incêndio em função da declividade

Em relação a declividade do terreno, devido à grande amplitude de variação da altitude na região, o PNSJ é classificado como sendo um local de risco, sendo que que 39,70% da área do parque possui declividade $\geq 46\%$, o que representa um fator de grande influência na propagação e dificuldade de acesso a estes locais para combate de incêndios florestais. As áreas planas no PNSJ representam 5,32% da sua superfície, as quais são de fácil acesso e que não influenciam na propagação de incêndios por si só, classificadas como de risco nulo. (Tabela 8).

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.

As áreas de maiores declividades são consideradas de maior suscetibilidade ao fogo devido à transferência de calor que é facilitada no sentido do aclave, aumentando a velocidade de propagação do incêndio (AGUIAR *et al.*, 2015).

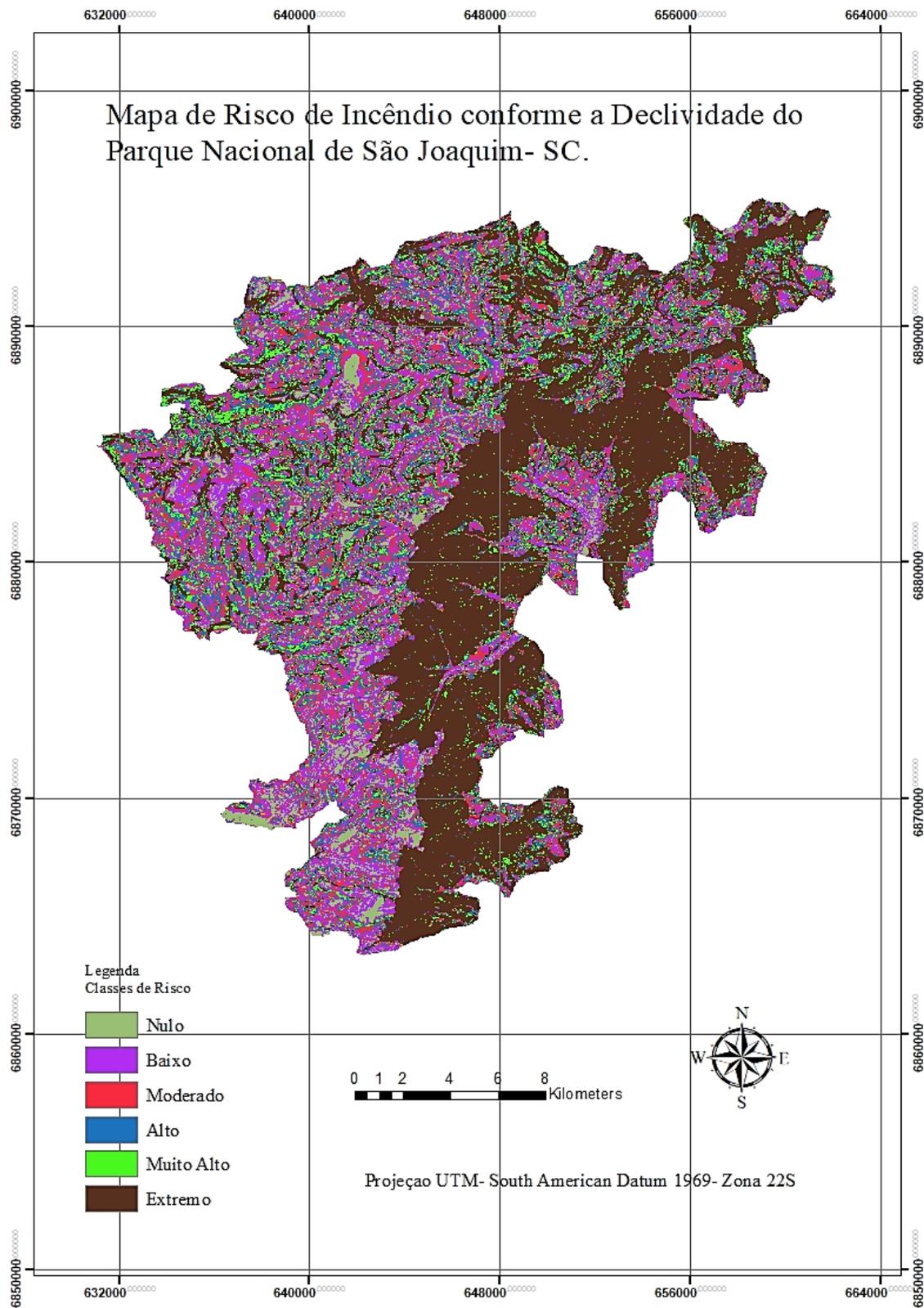
Tabela 8 – Representatividade (%) em função de cada classe de risco da declividade.

Declividade	Risco	Área (ha)	Representatividade (%)
0-4	Nulo	2643,5850	5,32%
4-15	Baixo	7773,3200	15,65%
15-25	Moderado	7348,2675	14,80%
25-35	Alto	6820,8850	13,74%
35-45	Muito Alto	5357,3175	10,79%
46	Extremo	19713,7250	39,70%
		49657,1000	

Fonte: Elaborado pela autora, 2019. Adaptado de (OLIVEIRA 2002).

A figura 3 apresenta o mapa de risco de incêndio conforme a declividade para o terreno do PNSJ.

Figura 3 – Mapa Temático da Declividade do Parque Nacional de São Joaquim.



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Risco de incêndio em função da orientação das encostas

Visto que a orientação das encostas sofre grande influência da incidência dos raios solares a uma necessidade de cuidados em relação a encosta norte (N), noroeste (NW) e oeste (W), que ocupam juntas 37,78% da área do parque (respectivamente 14,64 e 24,14) (Tabela 8). Isso diz respeito ao fato de essas áreas receberem iluminação na hora mais quente do dia, estendendo-se pela tarde, o que resulta em uma maior secagem do material combustível, influenciando no risco de ignição e propagação. Já 13,83% da área do parque está sobre predomínio de encostas sul, o que representa um efeito nulo sobre a taxa de secagem do material combustível, relacionado a incidência de raios solares.

Tabela 9 – Representatividade (%) em função de cada classe de risco da orientação das encostas.

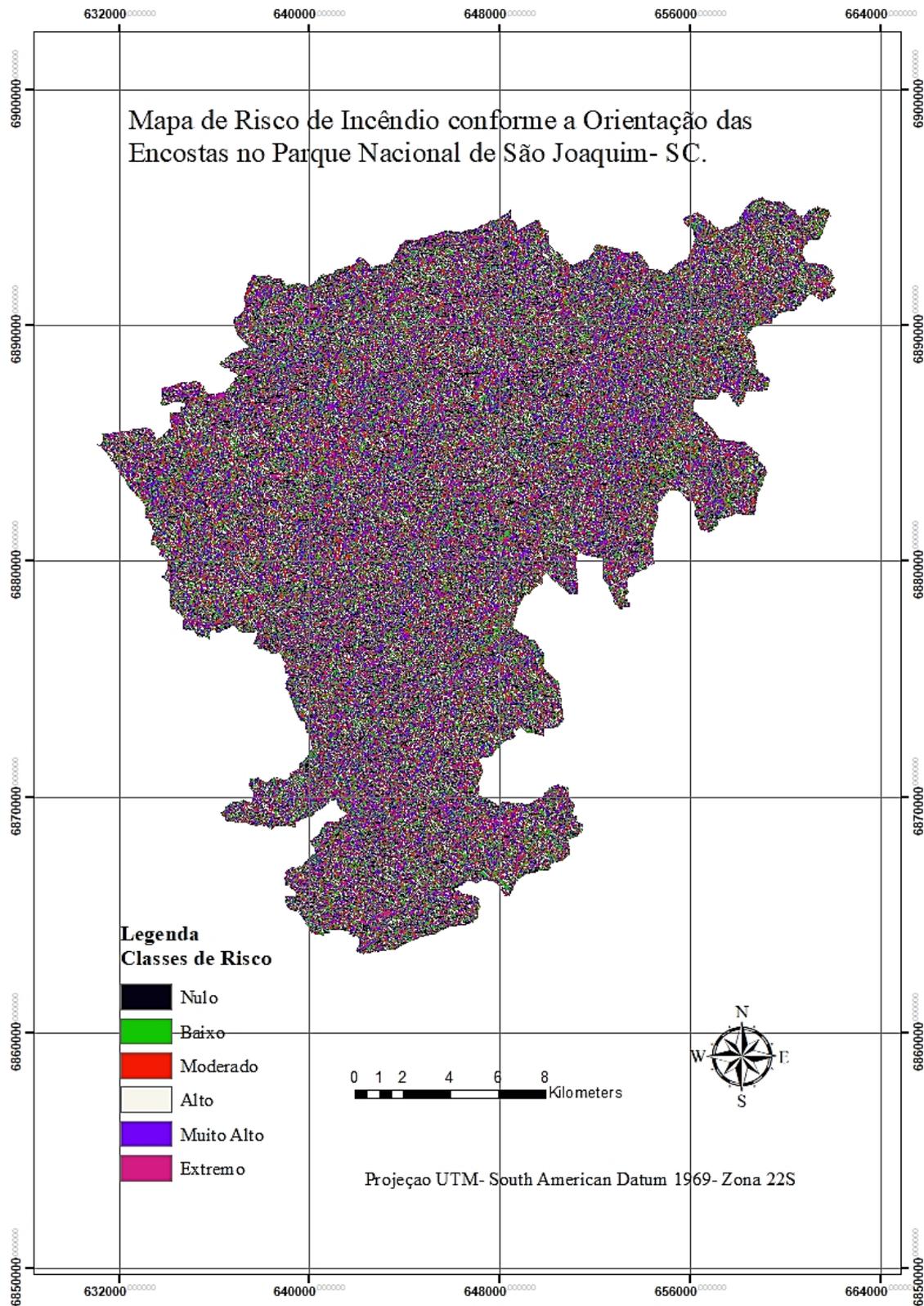
Orientação das encostas	Exposição	Risco	Área (ha)	Representatividade (%)
157,5 ° a 205,5° 112,5° a 157,5 e 202,5° 247,5°	S	Nulo	6869,3550	13,83%
67,5° a 112,5° 22,5° a 67,5°	SE /SW E	Baixo Moderado	12126,2300 5952,4675	24,42% 12,07%
247,5° a 337,5° 337,5° a 22,5°	NE NW/W N	Alto Muito Alto Extremo	5910,1875 11986,9075 6771,9525	11,90% 24,14% 13,64%
			49657,1000	

Fonte: Elaborado pela autora, 2019. Adaptado de (OLIVEIRA, 2002).

Os materiais combustíveis ficam mais ou menos suscetíveis a ignição devido à influência nos ciclos de umedecimento e secagem do material combustível. A velocidade e avanço da combustão também estão relacionados à umidade do combustível. A temperatura que o ambiente se encontra é outro fator relacionado à face de exposição, juntamente com a presença de ventos podem impulsionar rapidamente a propagação dos incêndios (NUNES et al., 2009).

A figura 4 mostra o mapa temático de risco de incêndios segundo a orientação das encostas do terreno PNSJ.

Figura 4 – Mapa Temático da Orientação de Encostas do Parque Nacional de São Joaquim.



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Risco de incêndios em função dos ventos predominantes

Os ventos predominantes indicam as direções de maior probabilidade de propagação do incêndio bem como sugerem diferenças no conteúdo de umidade entre os materiais combustíveis influenciando também a velocidade de propagação do fogo. (SOARES, BATISTA, 2007).

Tabela 10 – Representatividade (%) em função das características dos ventos predominantes.

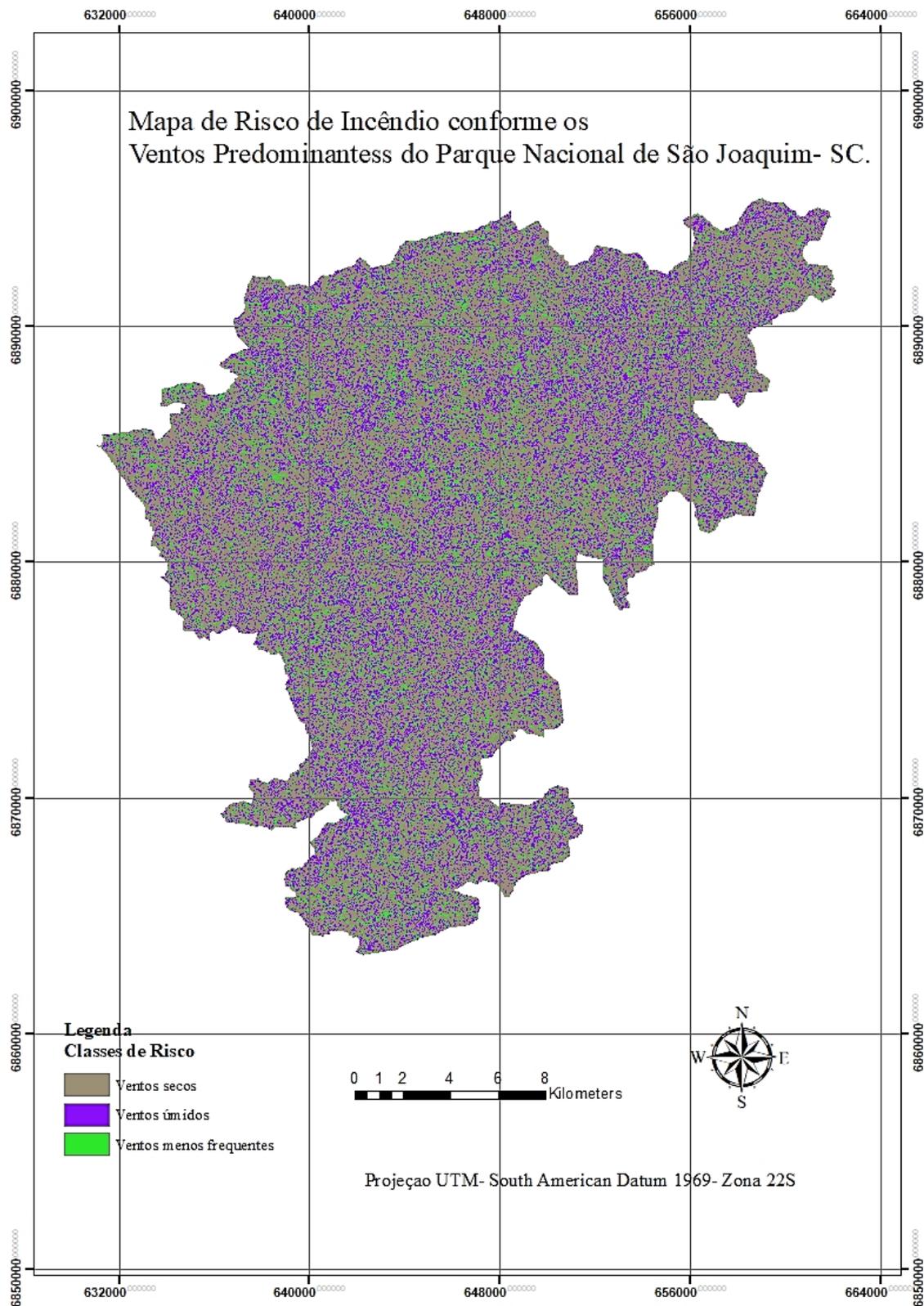
<u>Sentido dos Ventos</u>	<u>Risco</u>	<u>Área (ha)</u>	<u>Representatividade (%)</u>
<u>N</u>	<u>Nulo</u>	<u>30423,3200</u>	<u>61,27%</u>
<u>NW/SE</u>	<u>Baixo</u>	<u>12461,8275</u>	<u>25,10%</u>
<u>Outros</u>	<u>Moderado</u>	<u>6771,9525</u>	<u>13,64%</u>
		<u>49657,1000</u>	

Fonte: Elaborado pela autora, 2019. Adaptado de (OLIVEIRA, 2002).

A análise da tabela 10 mostra que 61,27% do PNSJ está sob influência de ventos com características aparentemente mais secas e que oferecem riscos de incêndio florestal nulo, sendo então de direção de vento predominante Norte (N). Já por outro lado 25,10% dos ventos presentes no PNSJ apresentam características úmidas, o que reduz o risco de incêndio para esses ventos, porém não os anula, sendo classificados como de risco baixo. E 13,64% dos ventos predominantes sopram em sentidos favoráveis em relação a orientação das encostas, classificados como risco moderado.

A figura 5 mostra o mapa temático de risco incêndios segundo a orientação dos ventos predominantes no PNSJ.

Figura 5 – Mapa Temático dos Ventos Predominantes de São Joaquim – SC.



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Risco de incêndios em função da cobertura do solo

O risco de incêndio florestal em função da cobertura vegetal foi elaborado de acordo com o grau de inflamabilidade dos componentes de cada formação vegetal. Por se tratar de uma área de preservação, o PNSJ possui diferentes tipos de cobertura vegetal, porém, mesmo sendo uma área de preservação, ainda há a presença de plantios de árvores exóticas do gênero *Pinus* e também áreas com pomares de maçã e agricultura, o que torna esses locais pontos de maior risco de incêndios florestais.

Ocorre que 23,8% da área está sob riscos muito alto e alto, sendo essas áreas onde se realizam os cultivos de *Pinus sp.*, áreas de agricultura e campos naturais. São atividades com alto grau de risco como as “queimadas” para preparação do solo, potenciais causadores de incêndios, que se alastram por todas as áreas vizinhas. Já 76,2% da área do Parque é classificado como de risco baixo e nulo (Tabela 11).

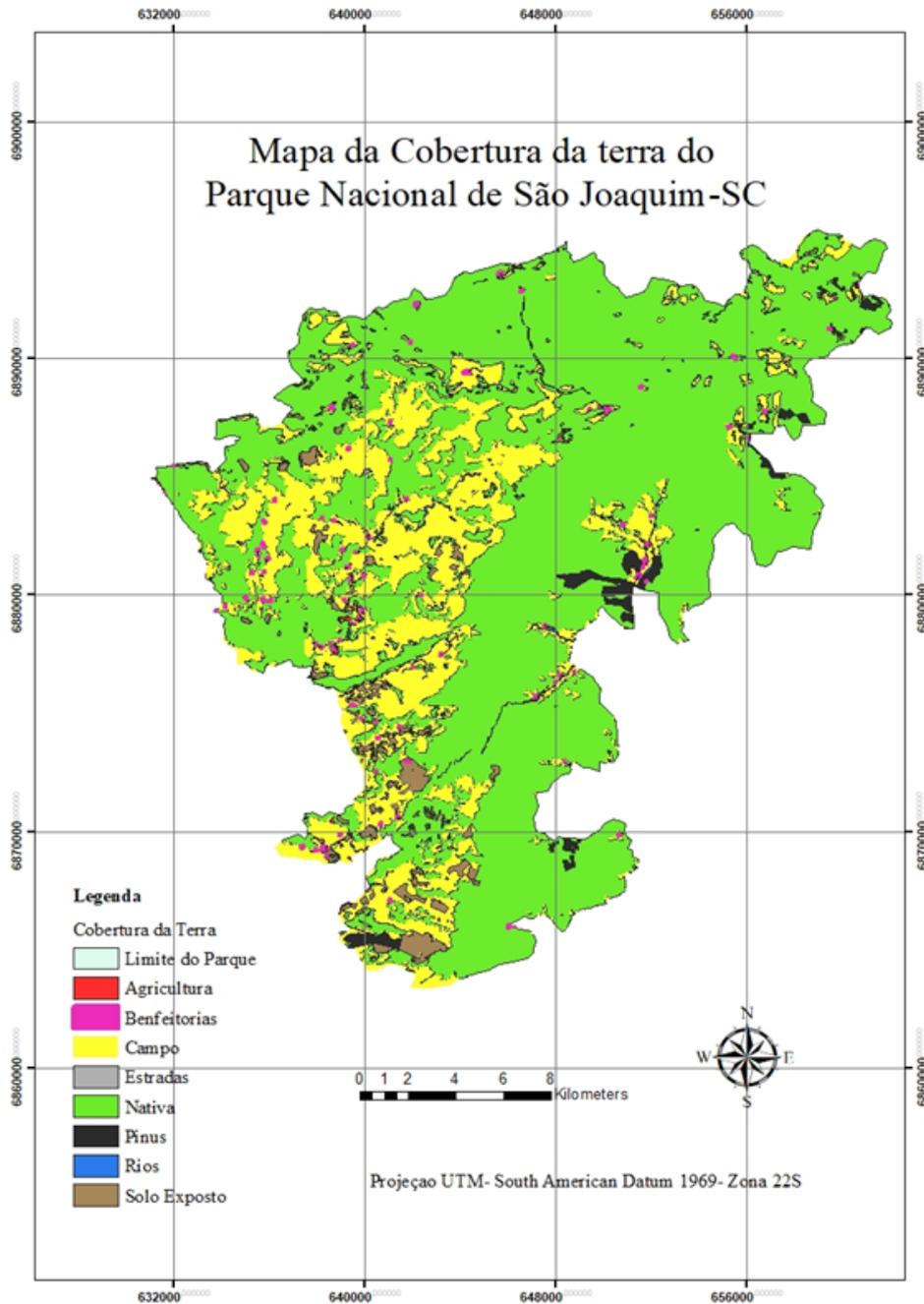
Tabela 11 – Cobertura do solo X Risco de Incêndio no PNSJ.

Tipo de Formação	Risco	Área (ha)	Percentual
Vegetal			
Rios, benfeitorias, estradas	nulo	1383,6600	2,79%
Floresta Nativa	baixo	36449,2550	73,41%
Campos naturais, solo exposto	alto	11201,7175	22,56%
Agricultura, <i>Pinus sp</i>	muito alto	615,7625	1,24%
		49650,3950	

Fonte: Elaborado pela autora, 2019. Adaptado de (OLIVEIRA, 2002).

A figura 6 mostra o mapa temático de risco incêndios segundo cobertura vegetal do PNSJ.

Figura 6 – Mapa do zoneamento de risco para cobertura vegetal do Parque Nacional de São Joaquim-SC.



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Risco de incêndios em função do material combustível

O risco, de acordo com a carga de material combustível, foi baseado em referências bibliográficas. Os talhões de *Pinus sp.* e as áreas de agricultura no interior do PNSJ também representam um risco alto se considerarmos a alta inflamabilidade dos materiais combustíveis. Porém, 1,24% da área se encontra sob risco extremo (Tabela 12). Já 98,21% da área do parque se encontra em risco moderado e são representados pelas formações FOD e FOM, folhas sobre o solo, fornecendo material combustível; porém este, mais úmido, representa menos risco de combustão. Os outros 0,55% são representados por áreas de risco nulo, rios e estradas.

Tabela 12 – Representatividade (%) em função do risco para carga de material combustível.

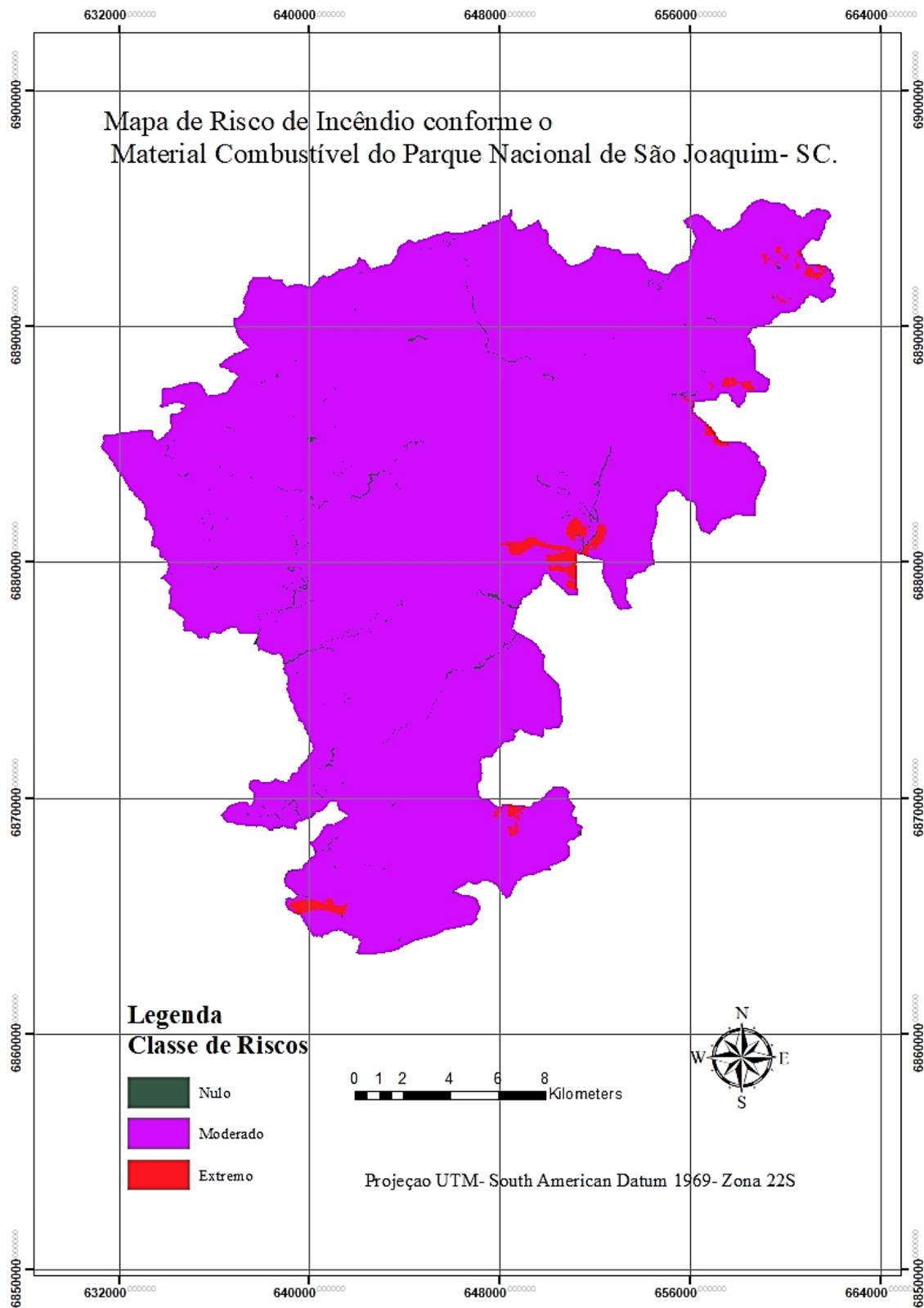
Material Combustível (%)	Classe	Área (ha)	Percentual
>15,44	Nulo	272,3725	0,55%
14,55 a 15,43	Moderado	48762,2600	98,21%
< 12,77	Extremo	615,7625	1,24%
		49650,3950	

Fonte: Elaborado pela autora, 2019. Adaptado de (OLIVEIRA, 2002).

Conforme Brown e Bevins (1986) a variação de cargas de combustível e comportamento do fogo previsto dentro de tipos de cobertura e grupos de incêndio é considerável, comparado à variação entre os vários tipos de vegetação.

A figura 7 apresenta os mapas de risco de incêndio conforme o material combustível para o PNSJ.

Figura 7 – Mapa do zoneamento de risco para material combustível do PNSJ.



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Risco de incêndios em função da presença humana

A Tabela 13 mostra a proporção de áreas sob e sem influência de atividades humanas na região. Atividades que ainda utilizam queimada para preparação do solo, vias de tráfego com acesso as rodovias, bem como margens de rios utilizadas para lazer e recreação são tidas como áreas sob influência humana, sendo estas classificadas como áreas de risco de incêndios florestais, representando 12,87% da área do PNSJ. Já 87,13% da área é considerada sem influência humana, onde não há risco de incêndios florestais em relação ao potencial de ignição antrópico.

Tabela 13 – Representatividade (%) de acordo com a presença humana ou ausência do risco antrópico.

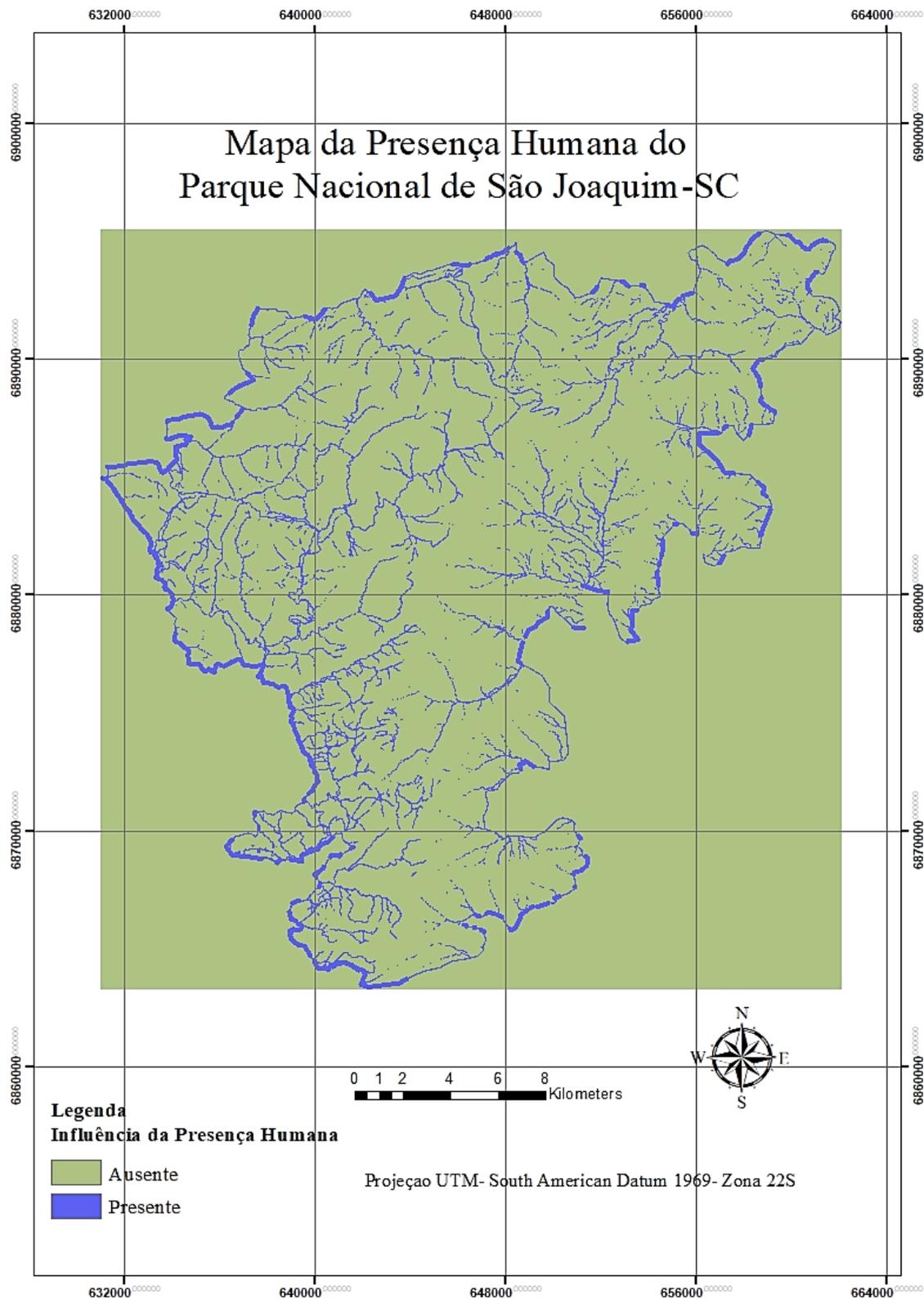
Presença Humana	Risco	Área (ha)	Percentual
Sob influência	Não	94025,7350	87,13%
Sem influência	Sim	6387,8950	12,87%

Fonte: Elaborado pela autora, 2019. Adaptado de (OLIVEIRA, 2002).

A presença do homem na floresta para fins diversos pode aumentar as chances de ocorrência de fogo, como consequência, observa-se que as regiões plantio de *Pinus sp*, e agricultura tendem a ser susceptíveis a ocorrência de fogo.

A Figura 8 apresenta o mapa de risco de incêndio conforme a influência humana para o PNSJ. No mapa foram atribuídos um raio (*buffer*) de 100 m e 30 m, inferindo desta maneira a influência ou não sobre as áreas de presença humana.

Figura 8 – Mapa de zoneamento de risco da presença humana no PNSJ.



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Zoneamento do risco de incêndios florestais (ZRIF)

A análise da Tabela 14 permite concluir a predominância de áreas de risco alto (31,87% da área total), Apenas 0,05% do Parque se encontra em risco nulo de incêndios florestais, o que pode ser explicado pela ausência de atividades humanas em várias regiões, em especial as que possuem encostas orientadas a sul. O risco extremo, que representa 2,54% da área total do Parque e as áreas de risco muito alto de incêndio florestal (12,04%) são representadas pelas encostas orientadas a norte. E 42,75% se encontra em risco moderado, e risco baixo 10,75%. (Figura 8).

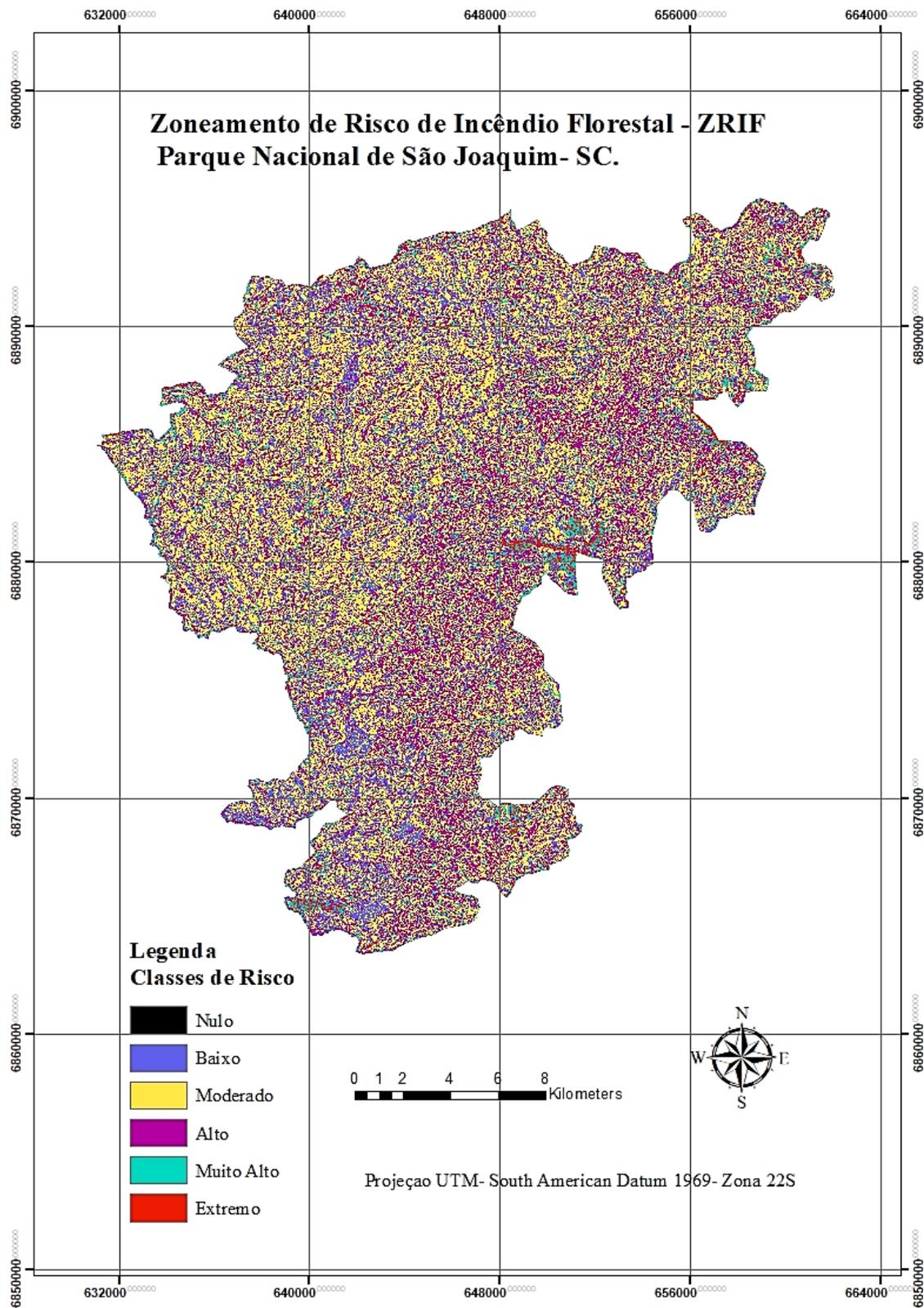
Tabela 14 – Representatividade (%) de cada classe de risco de incêndio florestal para o Parque Nacional de São Joaquim.

Risco	Área (ha)	Representatividade (%)
Nulo	22,6700	0,05%
Baixo	5337,8675	10,75%
Moderado	21219,3225	42,75%
Alto	15815,2575	31,87%
Muito alto	5975,4075	12,04%
Extremo	1261,2675	2,54%
	49631,7925	

Fonte: Elaborado pela autora, 2019. Adaptado de (OLIVEIRA 2002).

A Figura 9 apresenta o mapa zoneamento de risco de incêndios florestais para o PNSJ.

Figura 9 – Mapa de zoneamento de riscos de incêndios florestais – ZRIF para o PNSJ.



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Discussão e Conclusão

As metodologias aplicadas no trabalho possibilitaram atualizar o zoneamento de risco de incêndios florestais para Parque Nacional de São Joaquim. Os mapas temáticos de risco de incêndio permitem avaliar a relação que cada variável possui sobre o risco de incêndio florestal. O ZRIF oferece a possibilidade de um planejamento mais assertivo de ações de prevenção e monitoramento relacionadas às classes de risco elevados presentes no mapa.

Concluiu-se que 43,91% da área do PNSJ está sob risco muito alto, e que 2,54% sob risco extremo. Recomenda-se que a administração da unidade de conservação busque monitorar as áreas críticas e proponham medidas que evitem a ocorrência de incêndios no parque.

Em relação ao subproduto elaborado – mapa de cobertura e uso do solo – as pesquisas vêm reforçar a hipótese de que os fragmentos florestais não são autossustentáveis. A degradação destes é resultado da complexa interação entre fatores inerentes ao processo de fragmentação, como redução da área, maior exposição ao efeito de borda e isolamento, e constante pressão antrópica. Estes fatores se manifestam e se combinam de diversas formas, gerando diferentes formas de degradação.

Entretanto os resultados apontam para a necessidade de manejar estes fragmentos e as paisagens em que estão inseridos, tanto quanto para sensibilizar a população local: os moradores de áreas devolutas ou confrontantes e os turistas para a importância da cobertura florestal. A eficácia desta intervenção depende da identificação dos fatores de degradação e de alternativas sustentáveis para minimizar o processo de degradação e recuperar a estrutura dos fragmentos florestais conservando assim a sua biodiversidade.

A importância relativa dos fragmentos florestais na composição da cobertura florestal das paisagens intensamente cultivadas e a biodiversidade residente nestes permite defini-los como elementos-chave para a recuperação qualitativa destas paisagens visando a sustentabilidade e a melhoria da qualidade de vida.

Quanto aos resultados obtidos para o ZRIF, estes demonstraram a necessidade de medidas preventivas e de monitoramento para o parque. As faces nortes (N), noroeste (NW) e oeste (W), onde ocorre maior incidência de incêndio nas regiões de plantio de *Pinus* e manejo de pastagens e agricultura.

Recomenda-se o planejamento para épocas de maior incidência de focos de incêndios, permitindo a Brigada e aos funcionários do parque estruturar o programa de prevenção e combate ao fogo, enquanto que a localização das regiões mais sucessíveis auxilia no mapeamento de risco e intervenção mais eficaz, para melhor proteger as áreas mais sujeitas as perdas.

A atualização de SIG viabiliza a detecção de locais de maior risco de incêndios florestais, o que a torna uma eficiente ferramenta no controle e monitoramento das áreas mais sucessíveis ao surgimento de fogo, otimizando as ações de prevenção e combate a incêndios. Podendo a metodologia empregada ser replicada em outras UCs.

Agradecimentos

Agradecimento especial ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, por possibilitar a execução deste trabalho científico. A Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agro veterinárias de Lages, por todo apoio e infraestrutura que proporcionaram durante processo de elaboração da pesquisa. E meu profundo agradecimento também, aos meus orientadores que sem eles nada seria possível, Michel Tadeu R. N. de Omena e Professor Dr. Marcos Benedito Shimalski, obrigada por todos os ensinamentos e ajuda na elaboração do projeto.

Referências bibliográficas

- AGUIAR, R. D.; SANTOS, L. F. M.; MATRICARDI, E. A. T.; BATISTA, I. X. (2015) Zoneamento de risco de incêndios florestais no Parque nacional da Chapada dos Veadeiros – GO. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 11, n. 21, p. 1943 – 1957.
- ALVES, M.V. G.; BATISTA, A. C.; SOARES, R.V.; KOEHLER, H. S.; PEREIRA, J. F. (2009) Modelagem de umidade do material combustível, baseada em variáveis meteorológicas. **Revista Floresta**, Curitiba v. 39, p. 167-174.
- BATISTA, A. C. (2000) Mapas de risco: uma alternativa para o planejamento de controle de incêndios florestais. **Floresta**, Curitiba, v. 30, n. 1, 2, p. 45-54.
- BATISTA, A. C.; OLIVEIRA, D. S.; SOARES, R. V. (2002) **Zoneamento de risco de incêndios florestais para o Estado do Paraná**. Curitiba, FUPEF do Paraná, Série Técnica vol.2 n. 2, 86p.
- BATISTA, A. C.; TETTO, A. F.; DEPPE, F.; GRODZKI, L.; GRASSI, J. T. (2014) 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.
- BRASIL, 2000. **Lei nº 9.985, de 18/07/2000. Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC)**. Presidência da República. Brasília, DF.
- BRASIL. **Decreto nº 50.922 de 06/07/1961 – Cria o Parque Nacional de São Joaquim**. Presidência da República. Brasília, DF.
- BRASIL. **Lei nº 13.273 de 15/04/2016 – Redefine os limites do Parque Nacional de São Joaquim**. Presidência da República. Brasília, DF.
- CASTAÑEDA, A. (1997). Zonificación para el manejo de incendios en plantaciones forestales en Colombia. **Boletín de Protección Forestal**, nº 2. Colômbia.
- CHUVIECO, E; CONGALTON, R. G. (1989). Application of remote sensing and geographic information systems to forest fire hazard mapping. **Remote Sensing of Environment**, 29: 147-159.
- FERRAZ, S. F. B.; VETTORAZI, C. A. (1998). Mapeamento de risco de incêndios florestais por meio de Sistema de Informações Geográficas (SIG). **Scientia Forestalis**, 53: 39-48.

JOLY, C.; METZGER, J.P.; TABARELLI, M. (2014) Experiences from the Brazilian Atlantic Forest: ecological findings and conservation initiatives. **New Phytol**, 204:459–473

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

MATTOS, J. R. (1957). Fitofisionomia do Município de São Joaquim. **Contribuições do Instituto Geobiológico Canoas** (RGS – Brasil), nº 7, RS – Brasil.

NUNES, A. C. B.; SOARES, R. V.; FIER, I. S. N.; SANTOS, C. C. (2009) Climatologia do comportamento da precipitação no distrito florestal de monte alegre, PR, Brasil. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 39, n. 4, p. 783-792.

OLIVEIRA, D. S. (2002). **Zoneamento de risco de incêndios em povoados florestais no norte de Santa Catarina**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. 113 p.

PEREIRA, A.C.; ANGELICCI, L. R. & SENTELHAS, P. C. (2002). **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Livraria e Editora Agropecuária, Guaíba. 478 p.

RIBEIRO, M.C.; METZER, J.P.; MARTENSEN, A.C.; PONZONI, F.J.; HIROTA, M.M. (2009) The Brazilian Atlantic Forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biol Conserv** 142:1141–1153

SOARES, R. V.; BATISTA, A.C. (2007). **Incêndios florestais: controle, efeitos e uso do fogo**. Os Editores, 264 p.

WANG, H. H.; WONKKA, C. L.; GRANT, W. E.; ROGERS, W. E. (2015). Range expansion of invasive shrubs: implication for crown fire risk in forestlands of the southern USA. **The open-access journal plants sciences**. Disponível em www.aobplants.oxfordjournals.org, acessado em 22/05/2016.