

**JOÃO PAULO CZARNECKI DE LIZ**

**ZONEAMENTO DE RISCO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS  
NA RESERVA BIOLÓGICA DO AGUAÍ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Florestal.

Orientador: Dr. Marcos Benedito Schimalski

**LAGES - SC  
2014**

L789z Liz, João Paulo Czarnecki de  
Zoneamento de Risco de Incêndios Florestais na  
Reserva Biológica do Aguai / João Paulo Czarnecki  
de Liz. - Lages, 2014.  
103 p. : il. ; 21 cm

Orientador: Marcos Benedito Schimalski  
Bibliografia: p. 95-103  
Dissertação (mestrado) - Universidade do  
Estado de

Santa Catarina, Centro de Ciências  
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Florestal, Lages, 2014.

1. Zoneamento de risco de incêndio florestal. 2.  
Álgebra de mapas. 3. Incêndio florestal. 4.  
Proteção florestal. I. Liz, João Paulo Czarnecki  
de. II. Schimalski, Marcos Benedito. III.  
Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa  
de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. IV.  
Título

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Setorial do  
CAV/UDESC

**JOÃO PAULO CZARNECKI DE LIZ**

**ZONEAMENTO DE RISCO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS  
NA RESERVA BIOLÓGICA DO AGUAÍ**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia Florestal, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Florestal.

**Banca examinadora**

**Orientador:**

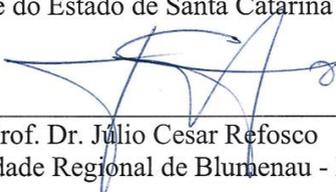
---

Prof. Dr. Marcos Benedito Schimalski  
Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC

**Membros:**

---

Dr<sup>a</sup>. Jorgeane Schaefer dos Santos  
Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC



---

Prof. Dr. Julio Cesar Refosco  
Universidade Regional de Blumenau - FURB

**LAGES, 24/03/2014**



Aos familiares, amigos, aos  
cientistas e professores. Em  
especial à minha mãe Maristela,  
meu pai Erlito, minha avó Ivone e  
à minha esposa Lais dedico.



## AGRADECIMENTOS

À Deus, por sua caridade e amor infinitos, pela grande oportunidade que é a vida e pelas infinitas maneiras de nos fazer ascender.

Ao meu pai, Erlito, por sua dedicação e amor, por suas lições e sua presença, pelas conversas e divagações, ensinamentos e exemplos.

À minha mãe Maristela, pelo seu amor, dedicação e pelas experiências que me proporcionou em vida e após sua partida.

Aos irmãos amados, Hagatha, Anderson, Jessica, Pedro Henrique e Carol.

À minha avó Ivone que me mostrou o que é o amor incondicional e a caridade plena.

As tias Zica, Clarice, Natália, Márcia, Nêne, Lóla, tio Nico, aos primos, e demais familiares que não mediram esforços para me auxiliar e me aconselhar nos mais diversos e marcantes momentos de minha vida.

À minha esposa Lais, que transformou minha vida com seu amor, carinho, compreensão e dedicação.

Aos amigos, Leandro, Sandrigo, Ricardo, José Gabriel e os Sausen, Tácio, Rodrigo, Elisandro, Giovani, Jacson, Isabela, Pâmela, Turvo, Arthur, Bada Castro, Jones Andrei, Éder Goulart e me perdoem os demais não citados, mas que são todos muito importantes.

Aos amigos e colegas de mestrado, Éder, Pollyni, Vilmar, João Paulo, Buda, e todos que fizeram parte desse desafio.

Ao professor, amigo, conselheiro e orientador Dr. Marcos Benedito Schimalski, primeiramente pela conhecimento e expertise adquiridos com ele, por sua dedicação e amizade, pelas conversas e conselhos, pelas ideias e divagações, pelos conhecimentos compartilhados, pelas oportunidades de aprendizado na pós, pelo auxílio com a dissertação, pela sua dedicação como professor, profissional e pela grande pessoa que é.

Aos professores e todos os mestres que tive na caminhada rumo ao conhecimento.

Muito Obrigado!



'Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo, qualquer um pode começar agora e fazer um novo fim'.

Chico Xavier



## RESUMO

LIZ, João Paulo Czarnecki. **Zoneamento de Risco de Incêndios Florestais na Reserva Biológica do Aguai**. 2014. 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal – Área: Engenharia Florestal) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Lages, 2014.

O zoneamento de risco de incêndios florestais (ZRIF), é uma ferramenta importante para a prevenção, monitoramento, planejamento, combate a incêndios e definição de políticas públicas relativas à manutenção do patrimônio ecológico. Os incêndios oferecem risco ao meio ambiente, além disso de acordo com sua proporção podem se tornar muito difíceis de controlar e combater. Pensando então em termos de monitoramento e prevenção surge necessidade de se desenvolver metodologias para realizar o ZRIF de reservas de florestas nativas no estado de Santa Catarina, que é o enfoque principal desta pesquisa. O trabalho foi realizado na Reserva Biológica do Aguai que está localizado nos contrafortes da Serra Geral no sul do estado, com altitude entre 200 e 1400 m e área de 7.672 ha. A áreas de estudo foram divididas em REBIO do Aguai com 7.874 ha e área do entorno com 18.441 ha. As áreas de estudo abrigam as nascentes que dão origem aos rios que abastecem a região sul catarinense, influenciando diretamente 450.000 pessoas. A pesquisa procurou validar e aprimorar as técnicas de ZRIF já aplicadas por autores como Oliveira (2000), Koproski (2010), Nunes (2011), Tetto (2009) entre outros, que desenvolveram modelos de ponderação e pesos atribuídos a diferentes planos de informações que tem como base cada fator que afeta a ocorrência de incêndio em um determinado local (presença humana, vento predominante, material combustível, declividade, cobertura vegetal e orientação das encostas) por meio da técnica de álgebra de mapas realizada com uso do software "ArcGis 9.3". Foram utilizadas imagens aéreas do voo do estado de SC para construção da base cartográfica, dados altimétricos ASTER/GDEM e dados da estação BDMEP/INMET de São Joaquim para determinação dos ventos predominantes da região, além de dados de cartografia do IBGE. O produto do trabalho são mapas com seis classes de risco de

incêndio florestal; nulo, baixo, moderado, alto, muito alto e extremo. Para os limites da REBIO do Aguai apresentaram respectivamente as proporções de, 3,4%, 42,5%, 19,7%, 20,6%, 9,6%, e 4,2% em relação à área total da reserva (7874 ha) e 14,2%, 30,7%, 19,8%, 13,4%, 16,7% e 5,1% para a área do entorno (18441 ha) para as classes de risco nulo, baixo, moderado, alto, muito alto e extremo respectivamente. A aplicação da metodologia de ZRIF para a área da REBIO e para área do entorno oferece subsídio para a melhoria na gestão da reserva e do entorno. O ZRIF oferece a possibilidade de um planejamento mais assertivo de ações de prevenção e monitoramento relacionadas às classes de risco elevado presentes no mapa. As metodologias adotadas se mostraram satisfatórias para o zoneamento de risco de incêndio da REBIO do Aguai e da área do entorno.

**Palavras-Chave:** Zoneamento de Risco de Incêndio Florestal, Álgebra de Mapas, Incêndio Florestal, Proteção Florestal.

## ABSTRACT

LIZ, João Paulo Czarnecki. **Forest fire risk zoning at Aguai Biological Reserve**. 2014. 103 f. Dissertation (Master in *Forest Engineering – Area: Forest Engineering*) – Santa Catarina State University. Forestry Engineering Graduate Program, Lages, 2014.

The forest fire risk zoning (ZRIF) is a very important tool for the prevention, monitoring, planning, fire and definition of public policies regarding the maintenance of the ecological heritage. Fires risky to the environment, in addition according to their proportion it can be very difficult to control and combat. Then thinking in terms of monitoring and prevention arises need to develop methodologies to perform ZRIF of native forest reserves in the state of Santa Catarina, which is the main focus of this research. The study was conducted at Aguai Biological Reserve which is located in the foothills of the Serra Geral in the southern state, with an elevation between 200 and 1400 meters and area of 7,672 ha. The study areas were divided into REBIO of Aguai with 7,874 ha and the surrounding area with 18,441 ha. The study areas are home to the sources from which the rivers that supply the southern Santa Catarina region, directly affecting 450,000 people. The research sought to validate and improve techniques for ZRIF already applied by authors such as Oliveira (2000) , Koproski (2010) , Nunes (2011) , Tetto (2007) among others , have developed models for weighting and weights assigned to different levels of information which is based on each factor that affects the occurrence of fire in a particular location ( human presence , prevailing wind , combustible material , slope , vegetation cover and exposure of slopes ) through map algebra technique performed using the software " ArcGIS 9.3 ". Aerial imagery of flight state of SC for construction of cartographic base, altimetry ASTER / GDEM data and BDMEP / INMET San Joaquin to determine the prevailing winds of the region station were used, in addition to mapping data from IBGE . The product of this research are maps with six classes of forest fire risk ; zero , low, moderate , high, very high and extreme. For the boundaries of the Aguai REBIO presented respectively the proportions of 3.4% , 42.5 % , 19.7% , 20.6 % , 9.6% , and 4.2 %

from the total area of the reserve ( 7874 ha ) and 14.2 % , 30.7 % , 19.8 % , 13.4% , 16.7% and 5.1 % for the surrounding area ( 18441 ha ) . The application of the ZRIF methodology to the area of REBIO and the surrounding area offers grant to improve the management of the reserve and the surroundings. The ZRIF offers the possibility of a more assertive planning prevention and monitoring related classes of high risk on the map . The methodologies adopted have proved satisfactory for the zoning of fire risk of the REBIO Aguai and surrounding area.

**Key words:** Forest fire risk zoning, map algebra, forest fire, forestry protection.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Croqui de localização da REBIO do Aguai. Fonte: o autor. .....	39
Figura 2 – (a)(b) (c) – Vista aérea a partir do avião do Corpo de Bombeiros (d) Vista superior do local nas ortoimagens. ....	42
Figura 3 - Mapa de Cobertura do solo para a REBIO do Aguai. ....	53
Figura 4 - Mapa de Risco de Incêndio de acordo com o material combustível .....	54
Figura 5 - Mapa de Risco de Incêndio de acordo com a Declividade .....	58
Figura 6 - Mapa de Risco de Incêndio de Acordo com a Orientação das Encostas .....	61
Figura 7 - Imagem da ocorrência de um Incêndio na Reserva Biológica do Aguai.....	63
Figura 8 - Mapa de Risco de Incêndio de acordo com os ventos predominantes .....	65
Figura 9 - Mapa de Risco de Incêndio de acordo com a cobertura vegetal .....	68
Figura 10 - Mapa de Risco de Incêndio de acordo com a presença humana .....	71
Figura 11 - Zoneamento de Risco de Incêndios Florestais na Rebio do Aguai .....	75
Figura 12 – Mapa de Cobertura do Solo para área de entorno da REBIO do Aguai .....	78
Figura 13 – ZRIF para a área de influência no entorno da REBIO do Aguai .....	82
Figura 14 – Locais de Ocorrência de Incêndio Florestal na REBIO do Aguai .....	87



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Relação dos Incêndios ocorridos em áreas da Reserva ...	43
Tabela 2 - Classificação do Risco de acordo com a Cobertura Vegetal .....	45
Tabela 3 - Classificação do risco de incêndio segundo a declividade do terreno.....	45
Tabela 4 - Classificação do risco de incêndio segundo a orientação das encostas .....	46
Tabela 5 - Raio de influência a partir das atividades e presença humana .....	47
Tabela 6 - Classificação do Risco de Incêndio segundo a Presença Humana .....	47
Tabela 7 - Classificação do risco de incêndio florestal de acordo com a carga de material combustível. ....	48
Tabela 8 - Classificação do risco de incêndio de acordo com os ventos predominantes .....	50
Tabela 9 – Cobertura do Solo para a REBIO do Aguai .....	52
Tabela 10 - Área da reserva por classe de risco pelo fator material combustível .....	55
Tabela 11 - Classes de declividade da Rebio do Aguai.....	56
Tabela 12 - Área da reserva por classe de risco de acordo com a Declividade.....	57
Tabela 13 - Área da reserva por classe de risco de acordo com a Orientação das Encostas.....	59
Tabela 14 - Área da reserva por classe de risco de acordo com o vento predominante .....	64
Tabela 15 - Área da reserva por classe de risco de acordo com a cobertura vegetal .....	66
Tabela 16 - Área da reserva por classe de risco de acordo com a presença humana .....	69
Tabela 17 - Área da reserva por classe do zoneamento de risco de incêndio florestal .....	72
Tabela 18 – Classes de Cobertura do Solo para Área de Influência da REBIO.....	77

Tabela 19 – Áreas por classe de risco de incêndio para área do Entorno da REBIO do Aguai.....	79
Tabela 20 - Análise geral do cruzamento entre o ZRIF e área queimada.....	85
Tabela 21 – Área queimada por Tipo de Cobertura do Solo. ....	86

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Risco associado ao Material Combustível .....	55
Gráfico 2 – Risco de incêndio associado à Declividade.....	57
Gráfico 3 – Área representada pelo Risco de incêndio associado à Orientação das Encostas .....	60
Gráfico 4 - Frequência e umidade relativa dos ventos na região da Reserva do Aguai .....	62
Gráfico 5 – Área na reserva por classe de risco de incêndio de acordo com Ventos Predominantes. ....	64
Gráfico 6 – Área da reserva por classe de risco de incêndio de acordo com a Cobertura Vegetal.....	67
Gráfico 7 – Área da reserva por tipo de influência quanto ao risco de incêndio associado à Presença Humana .....	70
Gráfico 8 – Área da Reserva de acordo com as classes de Risco de Incêndios produto da integração das variáveis de ameaça e vulnerabilidade ao fogo.....	73
Gráfico 9 – Comparação entre a proporção de cada classe de RIF no interior e na área de influência do entorno da REBIO .....	80
Gráfico 10 – Resultado do ZRIF para área do Entorno da REBIO do Aguai .....	81
Gráfico 11 - Representação do resultado do cruzamento entre ZRIF e áreas queimadas.....	83
Gráfico 12 - Resultado do cruzamento entre ZRIF e áreas queimadas .....	84



## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1	.....	29
Equação 2	.....	30
Equação 3	.....	30
Equação 4	.....	31
Equação 5	.....	32
Equação 6	.....	33
Equação 7	.....	34
Equação 8	.....	49
Equação 9	.....	51



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP	Área de preservação permanente
BD	Banco de Dados
FATMA Catarina	Fundação de Apoio ao Meio Ambiente de Santa Catarina
GIS	Sistemas de Informações Geográficas ( <i>Geographic Information Systems</i> )
GPS	Sistema de posicionamento global ( <i>Global Positioning System</i> )
MNT	Modelo numérico de terreno
PI	Plano de Informação
SI	Sistema de Informação
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
SQL Language)	Linguagem Estruturada de Pesquisa (Structured Query Language)
TIN	Rede triangular irregular ( <i>triangular irregular net</i> )
UTM	Universal Transversa de Mercator



## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	27
2.	REFERÊNCIAL TEÓRICO .....	28
2.1.	Revisão Bibliográfica.....	28
3.	HIPÓTESES E OBJETIVOS.....	35
3.1.	Hipótese: .....	35
3.2.	Objetivo Principal: .....	35
3.3.	Objetivos Específicos:.....	35
4.	MATERIAIS E MÉTODOS .....	36
4.1.	DESCRIÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO .....	36
4.2.	MATERIAIS .....	39
4.2.1.	Base Cartográfica .....	40
4.3.	METODOLOGIA .....	40
4.3.1.	Área de Influência .....	40
4.3.2.	Mapa de Cobertura do Solo.....	40
4.3.3.	Mapas Altimétricos .....	40
4.3.4.	Hidrografia .....	41
4.3.5.	Estradas e vias.....	41
4.3.6.	Atividades do Entorno.....	41
4.3.7.	Área de ocorrência de Incêndios .....	42
4.4.	ZONEAMENTO DE RISCO DE INCÊNDIOS .....	43
4.4.1.	Cobertura Vegetal .....	44
4.4.2.	Relevo .....	45
4.4.3.	Presença Humana .....	46
4.4.4.	Material Combustível.....	48
4.4.5.	Ventos Predominantes.....	49
4.4.6.	Álgebra de Mapas .....	50
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	52
5.1.	Base Cartográfica.....	52
5.2.	Zoneamento de Risco de Incêndio para Rebio do Aguai .....	54
5.2.1.	Risco de incêndio de acordo com o material combustível .....	54
5.2.2.	Risco de incêndio de acordo com a declividade.....	56
5.2.3.	Risco de incêndio associado com a orientação das encostas... ..	59
5.2.4.	Risco de incêndio de acordo com os ventos predominantes ... ..	62
5.2.5.	Risco de incêndio de acordo com a cobertura vegetal .....	66
5.2.6.	Risco de incêndio de acordo com a presença humana .....	69

5.2.7. Implementação do Zoneamento de Risco de incêndio Florestal .....	72
5.3. Análise e Zoneamento de Risco de incêndio Florestal para a Área de Influência do Entorno da REBIO do Aguai .....	76
5.3.1. Base Cartográfica.....	76
5.3.2. Zoneamento de Risco de Incêndio.....	79
5.4. Validação do ZRIF a partir das áreas queimadas na REBIO do Aguai .....	83
6. CONCLUSÕES .....	89
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	95

## 1. INTRODUÇÃO

O fogo é o elemento mais comumente utilizado no manejo de ambientes agropastoris, por ser viável economicamente e já estar inserido na cultura agrícola de diversas civilizações. Sendo uma realidade indiscutível e que quando mal conduzida provoca desastres ecológicos e danos materiais, a melhor forma de atenuá-la é gerar um conhecimento do grau de risco específico para cada região.

Para Soares e Batista (2007) o entendimento e análise da ecologia e do triângulo do fogo (combustível, comburente e energia) permite efetiva prevenção de incêndios pela ação nos dois lados do triângulo: ignição e combustível.

O fogo interfere em todos os componentes do ambiente, como vegetação, fauna, solo, água e atmosfera. O entendimento de seus efeitos positivos ou negativos ainda é muito incipiente e gera controvérsia. O maior problema para o entendimento da ecologia do fogo é a grande variação nas suas ocorrências e nos seus efeitos.

Quando da ocorrência de um incêndio são muitos os componentes do ambiente que se alteram, o que dificulta a identificação das causas e efeitos relacionados a esta ocorrência. (Koproski, 2010).

O Brasil teve iniciativas bem sucedidas na criação de entidade e instituições pensando na problemática do fogo e incêndios florestais no país.

Em 1965, foi criado o Código Florestal Brasileiro (Lei 4.771/65) que em seu artigo 27 proibia o uso do fogo nas florestas e disciplinava o seu uso para fins de queima controlada. Em 1989, o Governo Federal criou o Sistema Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais - PREVFOGO - com o objetivo de prevenir as queimadas e incêndios florestais e dotar o país de infraestrutura capaz de combater a destruição da biodiversidade.

O decreto 97.635/89, que estabeleceu O PREVFOGO, atribuiu ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), a competência de coordenar as ações necessárias à organização, implementação e operacionalização das atividades de pesquisa, prevenção, controle e combate às queimadas e incêndios florestais no país.

A partir de 1990, o PREVFOGO e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, implantaram o monitoramento e controle dos incêndios florestais no Brasil, por meio dos satélites *National Oceanic and Atmospheric Administration Satellites* (NOAA), Landsat e

*Satellite Pour l'Observation de la Terre* (SPOT). Com isso o PREVFOGO monitora o país durante todo o ano e, mais intensamente, nos meses de junho a outubro, período de maior ocorrência de incêndios florestais.

Em 1991, foi estabelecido um acordo de cooperação técnica internacional entre o IBAMA e o Serviço Florestal Americano para intercâmbio técnico-científico, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Universidade de São Paulo (USP), Universidade de Brasília (UNB) para proteger o patrimônio ambiental brasileiro, que afinal como todo patrimônio ambiental é dos habitantes do planeta Terra.

A partir dessas iniciativas e parcerias surgiram demandas de desenvolvimento científico e tecnológico que incorreram no surgimento de uma série de metodologias e adaptação de outras visando à prevenção, monitoramento e combate aos incêndios florestais.

De modo geral trabalha-se com os índices de perigo ou risco de incêndios.

Os índices de perigo são números que fornecem informações sobre a possibilidade de ocorrência de incêndios. São importantes por permitirem a previsão das condições de risco, possibilitando a adoção de medidas preventivas mais eficazes e econômicas.

O zoneamento de risco de incêndio, inserido nessa temática, tem papel preponderante, pois se trata de uma ferramenta que permite associar variáveis das quais os incêndios dependem para ocorrer. Essa associação entre variáveis se traduz visual e espacialmente através de mapas, atualmente obtidos a partir das ferramentas de SIG – Sistemas de Informações Geográficas.

## **2. REFERÊNCIAL TEÓRICO**

O referencial teórico apresenta metodologias estabelecidas a fim de demonstrar o que já se produziu de conhecimento em torno da temática do ZRIF, além disso procura demonstrar o estado da arte de diferentes metodologias empregadas para a obtenção do ZRIF.

### **2.1. Revisão Bibliográfica**

Getter (1976) propôs para a classificação do potencial de incêndio florestal, projetado e implementado pelo Serviço Estadual de Incêndio do Colorado (CSFS), a utilização dos seguintes critérios:

Declividade do terreno, orientação das encostas, densidade da vegetação e tipos de vegetação.

Burgan e Shasby (1984) utilizaram dados espectrais provenientes de imagens orbitais para mapear o material combustível, dados de declividade, elevação, orientação das encostas e dados climáticos (velocidade do vento, temperatura, umidade relativa e cobertura de nuvens) para estimar o potencial de risco de incêndio para a área de estudo.

Macedo e Sardinha (1987) apresentam o território português dividido em quatro graus de risco de incêndio (pouco sensível, sensível, muito sensível, e extremamente sensível), de acordo com os seguintes critérios: (a) distribuição e natureza das espécies florestais e sua vulnerabilidade ao fogo; (b) grau de combustibilidade e inflamabilidade da vegetação arbustiva e subarbustiva; (c) média das temperaturas máximas do período de maio-setembro; (d) umidade relativa média do ar para o mesmo período; (e) relevo; (f) orientação das encostas e (g) índice demográfico de utilização da área.

Chuvieco e Congalton (1989) desenvolveram um método de integração das informações sobre a vegetação (combustível, condições da parcela, e sítio), elevação, declividade, orientação das encostas, proximidade a estradas e trilhas, acampamentos ou edificações com o uso do GIS. A integração das variáveis foi feita segundo o modelo:

#### Equação 1

Perigo de Incêndio

$$= 1 + 100.CV + 30.D\% + 10.OE + 5.DE + 2.AL$$

Onde:

CV - Plano de Informação (PI) que representa a cobertura vegetal;

D% - PI que representa a declividade;

OE - PI que representa a orientação das encostas;

DE - PI que representa a distância às estradas;

AL - PI que representa a altitude.

Os valores entre parênteses representam os pesos atribuídos a cada uma das variáveis em estudo. O valor resultante deste modelo representa o perigo de incêndio em cada unidade de análise.

Chou *et al.* (1990) desenvolveram uma metodologia para o zoneamento de risco de incêndios em áreas da Floresta Nacional de San

Bernardino na Califórnia através de um GIS. Os fatores utilizados para caracterizar o grau de risco de incêndios foram: topografia, temperatura do ar, precipitação, tipos de vegetação, benfeitorias e rede viária.

Chou, Minnich e Chase (1993) utilizaram um banco de dados para construir um modelo de probabilidade de ocorrência de incêndios que incorpora a cobertura vegetal, temperatura, precipitação e infraestrutura. Neste modelo os autores procuraram estabelecer a influência da vizinhança no fenômeno de ignição.

Salas e Chuvieco (1994) também elaboraram um mapeamento de risco de incêndios florestais através de um GIS, combinando as seguintes características do ambiente associadas com os incêndios florestais: topografia, vegetação e alterações antrópicas. As variáveis em estudo foram integradas de acordo com os modelos para risco de ignição e risco de comportamento apresentados a seguir. Os mapas resultantes foram integrados por meio de tabulação cruzada.

#### Equação 2

$$\text{Risco de Ignição} = 4. \text{PH} + 3. \text{CV} + 2. \text{I} - 1. \text{AL}$$

#### Equação 3

$$\text{Risco de Comportamento} = 5. \text{MC} + 4. \text{D\%} + 3. \text{OE} - 1. \text{AL} - 1. \text{AC}$$

Onde:

PH - Plano de Informação (PI) que representa a presença humana;

CV - PI que representa a cobertura vegetal;

I - PI que representa as condições de iluminação do terreno;

AL - PI que representa a altitude;

MC - PI que representa o material combustível;

D% - PI que representa a declividade;

OE - PI que representa a orientação das encostas;

AC - PI que representa os aceiros.

Os valores entre parênteses representam os pesos atribuídos a cada uma das variáveis em estudo.

Almeida (2000) desenvolveu um mapa de risco de incêndios através da análise dos seguintes fatores: vegetação, declividade do terreno, orientação das encostas, distâncias a estradas e rios. A

integração destes dados foi feita por meio do seguinte modelo, cujos coeficientes foram definidos a partir de análise hierárquica.

#### Equação 4

$$\text{Perigo} = 0,478.CV + 0,250.D\% + 0,178.DE + 0,059.OE + 0.038.DR$$

Onde:

CV - Plano de Informação (PI) que representa a cobertura vegetal;

D% - PI que representa a declividade;

DE - PI que representa a distância às estradas;

OE - PI que representa a orientação das encostas;

DR - PI que representa a distância aos rios.

Os valores entre parênteses representam os pesos atribuídos a cada uma das variáveis consideradas em estudo. O valor resultante deste modelo representa o perigo de incêndio em cada unidade de análise.

Kuntz e Karteris (1995) com o auxílio de um GIS, utilizaram para o mapeamento de risco de incêndios a vegetação, a declividade e a orientação das encostas como parâmetros para determinação do risco de incêndio florestal. Além disso, analisaram também a altitude e o mapa geológico. CHHETRI (2000) desenvolveu um zoneamento de áreas de risco de incêndio baseado apenas no regime de chuvas local.

Sousa *et al.* (2000) também utilizaram no zoneamento de risco as variáveis cobertura do solo, declividade e orientação das encostas. Outros fatores utilizados pelos pesquisadores foram rede viária e demografia. O modelo de integração indica que o mapa de risco foi função do uso do solo (39,9%), da declividade (21%), da rede viária (13,6%), da visibilidade das torres (11,1%), da rede hidrográfica (5,9%), da orientação das encostas (4,7%) e da densidade populacional (3,8%).

Eklund e Kirby (2000) desenvolveram um modelo de risco de incêndios com base nos mesmos fatores utilizados por vários pesquisadores, acrescentando ainda o modelo digital do terreno e o histórico dos incêndios florestais da região em estudo. CASTAÑEDA (1997), a partir da utilização de um GIS, elaborou mapas de risco de incêndio utilizando os seguintes critérios: ocorrências históricas e causas, tipo de combustível, idade de plantio, manejo silvicultural, condições climáticas (temperatura, precipitação e vento), solo e topografia. O modelo de integração dos dados foi composto por dois fatores:

## Equação 5

$$Risco = 0,6.A + 0,4.V$$

Onde:

A - Plano de informação (PI) que representa a ameaça;

V - PI que representa a vulnerabilidade do ambiente.

Os valores entre parênteses representam os pesos atribuídos a cada uma das variáveis em estudo.

Sneeuwjagt (1998) cita o WTA (*Wildfire Threat Analysis*) desenvolvido pelo *Department of Conservation and Land Management* (CALM) da Austrália, que é uma ferramenta para análise dos fatores significativos que contribuem para a ameaça de incêndio e permite a avaliação de alternativas estratégicas. Quatro categorias de mapas foram elaboradas: (a) Valor; (b) Risco de ignição; (c) Responsabilidade de supressão; (d) Potencial do comportamento do fogo. O resultado foi uma base de dados para o desenvolvimento de planos de prevenção e manejo do fogo.

Chatto (1998), apresenta um modelo de análise espacial em ambiente GIS da ameaça de incêndios baseado em fatores de risco, perigo e valores ameaçados. Compõe a análise de risco o estudo do histórico de incêndios e áreas queimadas maiores que 50 ha, bem como áreas de recreação, áreas rurais e acessos. O perigo é traduzido por fatores topográficos (declividade e orientação das encostas), climáticos (índice de perigo) e cobertura vegetal. Os valores ameaçados englobam valores tangíveis e não tangíveis, como áreas ocupadas por comércio e áreas ocupadas por espécies raras ou ameaçadas. Os mapas de risco e perigo foram integrados por uma Tabela e o mapa de valores foi sobreposto ao mapa resultante.

Bachman e Allgöwer (1998) apresentam uma estrutura de dados para o estudo do risco em um GIS, considerando fatores relevantes à ocorrência de incêndio, comportamento do fogo e seus efeitos. A ocorrência é admitida ser possível em toda a área de estudo. Assim os parâmetros de comportamento do fogo são calculados para cada unidade de análise e os efeitos identificados pelo valor da feição em risco, considerando o padrão de comportamento do fogo para o local.

No entendimento de Gouma e Chronopoulou-SERELI (1998) as zonas de risco são definidas a partir do estudo do risco meteorológico, suscetibilidade do combustível e da distribuição das ocorrências de incêndio. Seu método integra estas variáveis e produz

zonas de perigo constante e zonas de perigo variável, que ao seu modo exigem medidas de prevenção específicas. O GIS foi utilizado para a integração dos dados e delimitação das zonas de perigo.

Ferraz e Vettorazzi (1998) utilizaram como planos de informação a orientação das encostas, a declividade, as estradas e os carregadores, o uso do solo na área de estudo e na vizinhança para gerar um mapa base de risco de incêndio. O mesmo foi multiplicado pelo índice de Monte Alegre para contemplar a influência das condições meteorológicas sobre o processo. Assim, foram obtidos diversos mapas de risco ao longo das estações do ano. As variáveis foram integradas segundo o modelo:

Equação 6

$$\text{Perigo} = (5).VZ + (4).US + (4).ES + (3).D\% + (2).OE$$

Onde:

VZ - Plano de informação (PI) que representa o uso do solo na vizinhança;

US - PI que representa o uso do solo;

ES - PI que representa as estradas e carregadores;

D% - PI que representa a declividade;

OE - PI que representa a orientação das encostas.

Os valores entre parênteses representam os pesos atribuídos a cada uma das variáveis em estudo. O valor resultante deste modelo representa o perigo de incêndio em cada unidade de análise.

Isso e Pacific Meridian Resources (2000) apresentaram o GIS *FireLine*, especialmente desenvolvido para gerenciar o perigo de incêndio. O primeiro modelo gerado, que cobre 90% do Estado da Califórnia, é função de: (a) modelo digital do terreno, com a análise da declividade; (b) imagens de satélite, para identificar os tipos de material combustível e (c) rede viária.

Smith (2000) elaborou um mapa de perigo de incêndios oriundo do cruzamento de um mapa de vegetação e um modelo digital do terreno. Para a definição das classes de risco o critério considerado foi a existência de vegetação contínua por mais de 1 hectare e o grau de declividade do terreno.

Nuñez-Regueira, Añón e Castiñeiras (1999) e Nuñez-Regueira, Castiñeiras e Añón (2000) apresentam uma metodologia de mapeamento

de risco com base no potencial de energia a ser liberada no caso de um incêndio. Para tanto foram consideradas as características químicas e físicas da cobertura vegetal.

Hendrix e Coen (2001) utilizaram um GIS e técnicas de Sensoriamento Remoto para executar a análise do risco de incêndio para o Estado da Flórida (EUA). As variáveis utilizadas foram vulnerabilidade, prováveis danos causados pelo fogo, densidade populacional e área de responsabilidade de supressão. A vulnerabilidade foi traduzida por distribuição dos combustíveis vegetais, densidade da cobertura vegetal, topografia (declividade, orientação das encostas e altitude), registros históricos e dados climáticos. O resultado do projeto permite identificar áreas de risco e criar mapas de combustíveis, periodicamente atualizados.

Oliveira *et al.* (2004) desenvolveram um trabalho no qual concatenaram pelo modelo de integração diversas metodologias e variáveis que os autores até então desenvolviam. Nele o ZRIF (zoneamento de risco de incêndios florestais) é função de uma ponderação entre variáveis climáticas e ambientais, validado por meio da comparação com focos de calor no período considerado obtidos de imagem Landsat e por mapas construídos a partir do histórico de ocorrências de incêndios registradas pelos bombeiros paranaenses na mesma época considerada no estudo. Os autores concluíram que o modelo de integração foi eficiente para representar o grau do risco de incêndio quando comparados com as referências utilizadas.

Tetto, Batista e Soares (2012) realizaram zoneamento de risco de incêndios florestais (ZRIF) para FLONA de Irati, com base no trabalho desenvolvido por Batista *et al.* (2004), utilizaram os seguintes coeficientes para a integração dos dados, representados na equação 7:

Equação 7

$$\text{RISCO} = 0,2. \text{DV} + 0,8. \text{PH} + 0,6. \text{CV} + 0,4. \text{ZP}$$

Onde:

DV = coeficiente de risco segundo a declividade

PH = coeficiente de risco segundo a presença humana

CV = coeficiente de risco segundo a cobertura vegetal

ZP = coeficiente de risco segundo as zonas prioritárias

Venturi e Antunes (2007) realizaram um estudo para alocação ótima de torres de incêndio florestal, baseando-se em um ZRIF para

uma área de aproximadamente 250.000 ha. Verificaram que para visualização ótima das áreas com classe de risco de incêndio alto, muito alto e extremo, foi necessária a realocação de algumas torres já presentes na área e aquisição de novas torres.

Koproski (2010) em seu estudo procurou entender os incêndios a partir do histórico de fogo, dos focos de calor e dos índices de perigo de incêndios identificando períodos críticos para ocorrência de incêndios do Parque Estadual do Cerrado. Além disso realizou interface do ZRIF com cada fisionomia vegetal, demonstrando que fisionomias de campo higro-hidrófilo apresentaram risco alto de incêndio ao contrário de fisionomias de campo sujo e campo cerrado que tem características menos úmidas que apresentaram risco moderado de incêndio. Ainda identificou a partir do mapa temático de ZRIF duas áreas prioritárias para o manejo do fogo com relação ao risco de incêndios, visando diminuir o risco.

Ferreira *et al.* (2011) aplicou técnicas de transformação *fuzzy* e processo analítico hierárquico (AHP) para obtenção de ZRIF no Parque Estadual do Cerrado, segundo o autor A utilização da técnica de AHP aliada à transformação *fuzzy* foi satisfatória para a avaliação espacial do risco.

Tetto *et al.* (2012) incluíram na análise, além das variáveis ambientais consideradas por Oliveira (2002), as zonas prioritárias para proteção como mais um dos parâmetros utilizados na álgebra de mapas. Como resultado do trabalho foi possível implementar ações de prevenção nas áreas críticas, melhorando a eficiência das medidas e otimizando os recursos.

### **3. HIPÓTESES E OBJETIVOS**

#### **3.1. Hipótese:**

O modelo de Risco de Incêndio Florestal proposto é aplicável a Reserva Biológica do Aguai.

#### **3.2. Objetivo Principal:**

Realizar o Zoneamento de Risco de Incêndio para a Reserva Biológica do Aguai.

#### **3.3. Objetivos Específicos:**

- Criar a Base Cartográfica da REBIO do Aguai;

- Analisar a influência das atividades humanas na região;
- Espacializar os riscos de incêndios de acordo com as diferentes variáveis propostas;
- Definir metodologias para a implementação de ZRIF que contemplem as particularidades da área de estudo;
- Aplicar as metodologias de ZRIF para a área de entorno da reserva.
- Estabelecer marco para implementação de um sistema de monitoramento ambiental voltado aos incêndios florestais em áreas naturais no estado de Santa Catarina;

## **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1. DESCRIÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO**

Existem, de acordo com a Lei nº 9985/2000 que criou e estabeleceu critério para o SNUC, Sistema Nacional de Unidades de Conservação, uma classificação que divide as unidades de conservação em dois grupos. As unidades de proteção integral e unidades de uso sustentável.

O objetivo das unidades de proteção integral é preservar a natureza com apenas o uso indireto de recursos naturais, ao contrário das unidades de uso sustentável, que tem o objetivo básico de aliar conservação da natureza ao uso sustentável de parte de seus recursos naturais.

A Reserva Biológica do Aguai faz parte das unidades de proteção integral, tendo especificamente como objetivo, a preservação integral da biota e demais atributos naturais existentes em seus limites, sem interferência humana direta ou modificações ambientais, excetuando-se as medidas de recuperação de seus ecossistemas alterados e as ações de manejo necessárias para recuperar e preservar o equilíbrio natural, a diversidade biológica e os processos ecológicos naturais.

Neste tipo de unidade é proibida a visitação pública exceto com fins educacionais, e pesquisas científicas dependem de autorização prévia do órgão responsável pela administração da unidade, sendo que as atividades a serem desenvolvidas são limitadas ao permitido por regulamento específico.

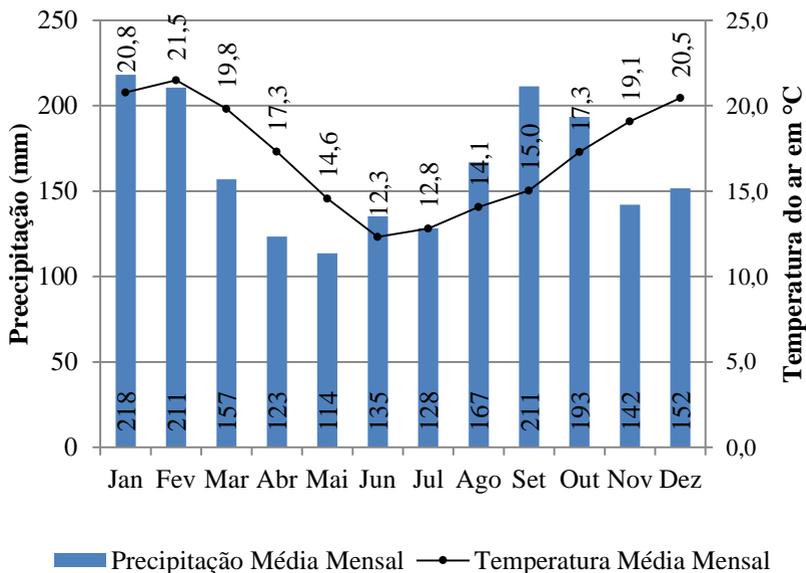
O Decreto estadual nº 19.635 de 1º de julho de 1983, criou a Reserva Biológica Estadual do Aguai (REBIO Aguai), no mesmo documento consta o memorial descritivo dos limites da área. Em seu

artigo I descreve: Art. 1º - Fica criada a Reserva Biológica Estadual do Aguai, visando à preservação de genótipos, em especial do Aguai (*Chrysophyllum viride*) com vistas à criação de variedades melhoradas para a reposição florestal em Santa Catarina.

O local do estudo, “Reserva Biológica do Aguai”, está localizado nos contrafortes da Serra Geral, em altitudes que variam de 200 a 1470 metros, esta Reserva Biológica (REBIO) abrange os municípios de Morro Grande, Nova Veneza, Siderópolis e Treviso. Criada em 1º de julho de 1983, através do Decreto nº 19.635 abrange uma área de aproximadamente 7.672 hectares. É administrado pela Fundação do Meio Ambiente – FATMA de Santa Catarina.

A Reserva apresenta clima Cfa segundo a classificação de Köppen, que é de clima temperado, com verão ameno. Chuvas uniformemente distribuídas, sem estação seca e a temperatura média do mês mais quente não chega a 22°C. Precipitação de 1.100 a 2.000 mm. Geadas severas e frequentes, num período médio de ocorrência de dez a vinte e cinco dias anualmente. O Gráfico ombrotérmico para área de estudo apresenta a variação mensal média de temperatura para o período de 2008 a 2013.

Gráfico Ombrotérmico de 2008 a 2013 - Estação  
INMET São Joaquim



O estado de Santa Catarina, localizado na Região Sul do Brasil nas coordenadas 29°21'13''S e 25°58'09''S e 48°10'44''W e 53°50'10''W, é coberto por quatro grandes regiões ecológicas, ou seja, Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista e os Campos do Planalto, Floresta Estacional Decidual, além da Vegetação Litorânea (KLEIN, R. M., 1978) (Formações Pioneiras - Mangue e Restinga (SANTA CATARINA, 1986)).

Originalmente a cobertura florestal ocupava 81,5% da superfície do território catarinense, sendo que a maior parte era constituída pela Floresta de Araucária (SANTA CATARINA, op. cit.). A Floresta Tropical Atlântica cobria aproximadamente 30% desta área (KLEIN, R. M., 1978), de acordo com SOS MATA ATLANTICA *et al.* (1998) atualmente em torno de 17% das áreas originais são remanescentes de formações vegetacionais.

A Figura 1 apresenta o croqui de localização da REBIO do Aguai e a área de influência com 2000m a partir dos limites da reserva, a partir de dados do IBGE (2005).

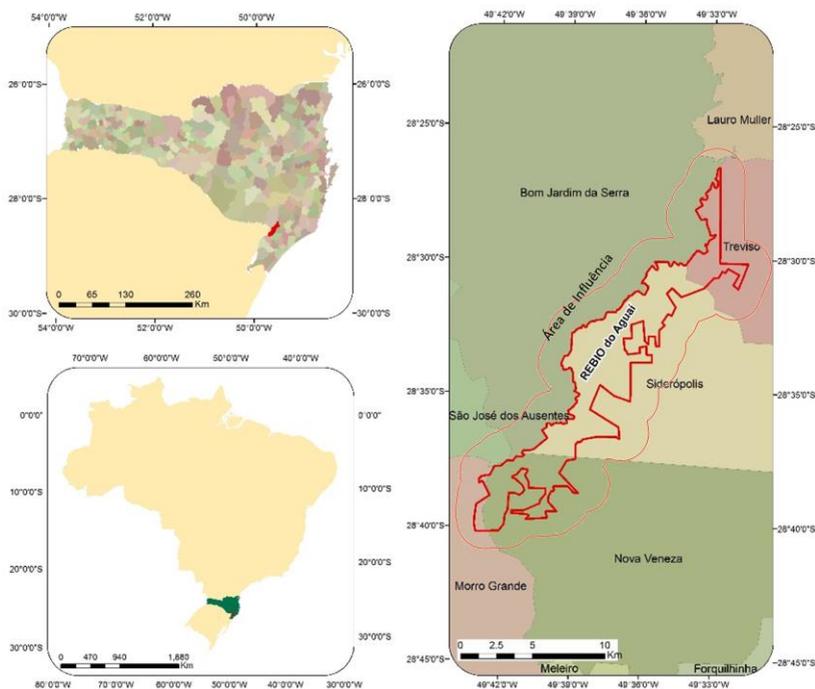


Figura 1 – Croqui de localização da REBIO do Aguai. Fonte: o autor.

## 4.2. MATERIAIS

Foram empregados os seguintes recursos para a realização da pesquisa:

- Orto imagens digitais derivadas do recobrimento aéreo estadual realizados nos anos de 2010 e 2011. As imagens possuem resolução espacial de 0,39 m. Estes dados foram cedidos pela Secretaria Estadual de Desenvolvimento Sustentável.

- Modelos Digitais de Elevação (DEM) gerados pela parceria *Ministry of Economy, Trade and Industry of Japan* (METI) e o *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) e obtidos por correlação estereoscópica de imagens espaciais com resolução de 30 metros.

- Limite oficial do parque estadual do Aguai em formato vetorial (*shape file*).

- Notebook com Licença do ArcGis 9.3

#### **4.2.1. Base Cartográfica**

O atual chefe da REBIO Aguai, o Sr. Aurélio José de Aguiar, cedeu em arquivo *shapefile*, os limites da reserva reconstituídos a partir do memorial constante no decreto estadual nº 19.635/1983 e atualizado a partir dos levantamentos e vistorias de campo realizadas pelo pessoal da FATMA. Estes limites foram considerados para realização da construção da base cartográfica da reserva bem como para a delimitação da área de influência no entorno.

### **4.3. METODOLOGIA**

#### **4.3.1 Área de Influência**

A partir dos limites da reserva considerou-se uma área de influência de 2000 m para estabelecer a área de zoneamento.

O maior histórico de ocorrência de incêndios, de acordo com o chefe do parque, registros históricos e conversas realizadas com a comunidade, é devido a atividades que ocorrem no entorno do parque. Principalmente queima para renovação do pasto, que é tradicional devido à pecuária.

Considerar 2000 m de área de influência tem vantagens do ponto de vista de gestão da reserva uma vez que permite identificar as atividades no entorno e seu potencial em termos de fogo. Assim é mais fácil traçar estratégias junto comunidade para reduzir os riscos aos ecossistemas protegidos pela reserva do Aguai.

#### **4.3.2. Mapa de Cobertura do Solo**

Para construção do mapa de cobertura do solo, utilizando o software ArcGis 9.3, foi criado um arquivo *shape file* vetorial de polígonos. Foi carregado o arquivo contendo os limites da Reserva e a partir dos limites da Reserva, aplicou-se um *buffer* de 2000 m. Em modo de edição, utilizando a ferramenta de corte foram recortados no polígono criado, as diferentes feições caracterizadas pela cobertura do solo, neste processo as ortomagens foram consideradas como verdade de campo.

#### **4.3.3. Mapas Altimétricos**

Os dados de altimetria foram obtidos a partir de duas fontes, GDEM/ASTER e os dados de cartografia do IBGE (Instituto Brasileiro

de Geografia e Estatística), disponíveis no sítio do CIRAM/EPAGRI (Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina/ Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina) na disponíveis na *internet*, na aba mapoteca digital. Para acesso aos dados, nas duas situações é necessário cadastro prévio.

#### **4.3.4. Hidrografia**

A rede hidrográfica foi construída a partir da vetorização direta sobre as ortofotos, com auxílio dos dados altimétricos GDEM/ASTER. A partir do MDE (modelo digital de elevação) foi utilizada a extensão "3D Analyst" do ArcGis. Com o auxílio da ferramenta foram geradas curvas de nível com equidistância de dez metros. Tendo como verdade de campo a informação das orto imagens foram traçadas, em um *shape file* linhas representando os córregos e rios presentes na área de estudo.

Para os locais de difícil identificação visual, utilizou-se as curvas de nível, que onde apresentavam características de talvegue, facilitaram a delimitação da hidrografia local.

Os rios e córregos foram classificados em navegáveis e não navegáveis procurando evidenciar o nível de presença humana e sua influência de acordo com o tipo de rio.

#### **4.3.5. Estradas e vias**

Tendo como verdade de campo a informação das orto imagens foram traçadas, em um *shape file* de linhas, todas as vias de transporte.

As estradas foram obtidas a partir da vetorização direta sobre as ortofotos. Foram classificadas em internas, municipais e aceiros. Esta classificação considerou a ligação da via ou não com estradas notadamente municipais. Outro elemento para classificação foi à largura da via, em vias com largura de seis metros ou superior, que apresentaram ligação com estradas externas, considerou-se uma via municipal.

#### **4.3.6. Atividades do Entorno**

Após a finalizada a vetorização da cobertura do solo, foi utilizada uma ferramenta de conversão no ArcGis. A partir do arquivo

*shape file* de polígonos da cobertura do solo, pela conversão dos polígonos em linhas, obteve-se uma série de linhas. A cada linha constante no arquivo, existe atrelada a informação na Tabela de atributos de qual classe de cobertura do solo esta pertence.

A partir desta informação foram geradas as áreas de influência para cada atividade/uso do solo que ocorre no entorno da Reserva.

#### 4.3.7. Área de ocorrência de Incêndios

Com o objetivo de relacionar e validar o ZRIF obtido para a REBIO do Aguai foi realizado o cruzamento entre o PI de ZRIF para a REBIO e o PI de áreas queimadas.

A Figura 2 demonstra a característica de ocorrência de incêndios na reserva, no caso, o incêndio ocorreu em setembro de 2009 no local denominado "Ronda da Serrinha".



Figura 2 – (a)(b) (c) – Vista aérea a partir do avião do Corpo de Bombeiros (d) Vista superior do local nas ortomagens.Fonte: (a)(b) (c) – FATMA (d) Imagens produto do Voo do Estado de SC.

Os dados de incêndios ocorridos foram cedidos pelo chefe da REBIO, no formato da Tabela 1. Nela é possível observar o nome do local, suas coordenadas em projeção UTM (Universal transversa de

Mercator) e para o sistema de referência SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas), bem como o período de ocorrência, com mês e ano dos incêndios.

Tabela 1 - Relação dos Incêndios ocorridos em áreas da Reserva

LOCAL DO INCÊNDIO	COORD. E	COORD. N	PERÍODO
Divisor da Serra da Veneza	632299	6838345	Set-08
Ronda Mãe Luzia	642416	6851677	Set-08
Encosta da Serra	633173	6842026	Set-08
Ronda do Serrinha	629663	6833152	Set-08
Ronda do Serrinha	629663	6833152	Set-09

Fonte: o autor.

Tetto (2012) em um estudo com enfoque em registro de ocorrência de incêndios (ROI) recomenda que para efeitos de registro seja necessário ao menos que as coordenadas dos locais de incêndios sejam conhecidas, portanto de posse das coordenadas dos locais de incêndios procedeu-se com a seguinte metodologia.

De acordo com a metodologia proposta por Oliveira (2002), na entorno da área de estudo, considerando a atividade realizada, definem-se raios de influência para a presença humana. O raio máximo de influência para atividades de maior ameaça potencial é de 100 metros. Sendo o incêndio uma ameaça instalada, considerou-se, a partir de cada local, representado pela sua coordenada, um raio de 100 metros. Deste modo gerou-se um PI contendo polígonos de área queimada.

Este PI foi posteriormente cruzado com o PI do ZRIF que contem as classes de risco de incêndios para a REBIO por meio da ferramenta *overlay-intersect* presente no ArcGis. O objetivo é obter as áreas por classe de risco que fazem interseção com as áreas queimadas definidas pela metodologia, verificando assim a assertividade do zoneamento.

#### 4.4. ZONEAMENTO DE RISCO DE INCÊNDIOS

O Zoneamento de Risco de Incêndio consiste em uma metodologia de Álgebra de Mapas, que considera diferentes PI's (planos de informação) em seu cálculo. Os PI's considerados na metodologia utilizada são os propostos por Oliveira (2002), e representam de maneira

geral a influencia da presença humana e do meio ambiente no risco para ocorrência de incêndio em determinada unidade de área.

As metodologias para obtenção dos mapas de Risco serão apresentadas individualmente, pois exigem procedimentos específicos de obtenção.

Todos os PI (planos de informação) foram estabelecidos em formato *shapefile* de polígonos, linhas e pontos (vetorial), para a realização da álgebra de mapas os arquivos em formato vetorial foram convertidos para formato matricial. A resolução geométrica dos arquivos matriciais foi definida em 10 m, em concordância com os valores encontrados na literatura que variam de 10m a 1 km, originando unidades de análises com áreas variando de 0,01 a 100 ha. Além disso, em virtude da resolução geométrica das orto imagens, que é de 0,39m entendeu-se que apesar de se poder considerar uma unidade de análise menor, seria interessante utilizar um valor que possibilitasse comparação com outros trabalhos e autores.

#### **4.4.1. Cobertura Vegetal**

Para a análise de risco de incêndio florestal nas diversas áreas de cobertura vegetal da Reserva foram obtidas informações através de mapas e levantamentos já existentes, incluindo o estudos vegetacionais de Raitz & Klein (1978), bem como observações a campo, sendo possível, a partir destes trabalhos a classificação das formações vegetacionais presentes na área de estudo.

A partir do arquivo vetorial de polígonos com a cobertura do solo, criou-se na Tabela uma nova coluna denominada CV, nesta foram atribuídos de acordo com a tipologia vegetal, com base na classificação proposta por Batista, Oliveira e Soares (2002), as classes de risco para o grupo cobertura vegetal.

A Tabela 2 apresenta o risco associado a cada formação vegetal presente na área de estudo.

Tabela 2 - Classificação do Risco de acordo com a Cobertura Vegetal

COBERTURA VEGETAL	RISCO	COEFICIENTE
Regeneração - FOM	Nulo	0
Floresta Nativa - FOD	Baixo	1
Floresta Nativa - FOM	Moderado	2
Campo - FOM	Alto	3
Agricultura	Muito Alto	4
Reflorestamento	Extremo	5

Fonte: Batista, Oliveira e Soares (2002), Tetto (2009), adaptado pelo autor (2013).

#### 4.4.2. Relevô

Do ponto de vista da ocorrência e propagação de incêndios, o relevô tem grande influência. A propagação do fogo e ignição estão atreladas a declividade e a orientação de encostas do terreno. Quanto mais plano, maior o potencial acúmulo de água na superfície do solo. Se a face do terreno tem orientação norte, a temperatura média do ar e do solo é maior que em outras direções. Estes são fatores que aumentam ou diminuem o risco e a probabilidade de ocorrência de incêndio.

Soares (1985) apresentou uma classificação de risco de incêndio em função da declividade do terreno. Os valores são distribuídos nas seis classes de risco de incêndio, nulo, baixo, moderado, alto, muito alto, extremo. A Tabela 3, adaptada de Soares (1985), relaciona a inclinação com o respectivo risco que esta representa.

Tabela 3 - Classificação do risco de incêndio segundo a declividade do terreno

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: Batista, Oliveira e Soares (2002), Tetto (2009), adaptado pelo autor (2013).

Outro fator preponderante relacionado ao relevo é a exposição da face do terreno em relação à iluminação solar. A Tabela 4, adaptada de Ferraz & Vettorazzi (1998), apresenta os riscos de incêndios em função da orientação das encostas para o hemisfério sul.

Tabela 4 - Classificação do risco de incêndio segundo a orientação das encostas

ÂNGULO DE ORIENTAÇÃO	EXPOSIÇÃO	RISCO	COEFICIENTES
157,5° a 202,5° 112,5° a 157,5° e 202,5° a 247,5°	S	Nulo	0
67,5° a 112,5°	S E / SW	Baixo	1
22,5° a 67,5°	E	Moderado	2
247,5° a 337,5°	N E	Alto	3
337,5° a 22,5°	N W / W	Muito alto	4
	N	Extremo	5

Fonte: Batista, Oliveira e Soares (2002), Tetto (2009), adaptado pelo autor (2013).

#### 4.4.3. Presença Humana

Utilizando a metodologia proposta por Tetto (2010) e Oliveira (2004) foram levantadas as atividades realizadas ou infraestrutura no entorno e interior da área de estudo.

Consideraram-se, como proposto por Ferraz e Vettorazzi (1998), para a caracterização do risco devido à presença humana, os fatores: hidrografia, estradas e edificações, bem como atividades da área do entorno. Isto se deve ao fato de que nestes locais existe possibilidade do trânsito de pessoas, sendo este, de acordo com as bibliografias utilizadas, grande vetor para ocorrência de incêndios.

Baseando-se nisso foi definido para cada situação um raio de influência que definiu as áreas nas quais pode haver intervenção por atividades humanas que oferecem risco de incêndio, sejam elas econômicas ou recreativas. Sejam as feições geográficas do tipo linhas ou polígonos, utilizou-se a função "*buffer*", em um novo arquivo *shape file*, de acordo com o valor definido, cria-se uma zona de entorno para cada estrada, rio, casa, torre e assim por diante. Definindo assim as regiões em que existe influência da presença humana.

Considerando os parâmetros definidos por Oliveira (2002) na Tabela 4 são mostrados os raios de influência de acordo com cada elemento de infraestrutura/hidrografia presentes na reserva e em seu entorno.

Tabela 5 - Raio de influência a partir das atividades e presença humana

ELEMENTO DE INFRAESTRUTURA	RAIO DE INFLUÊNCIA (m.)
Estrada Interna	30
Estrada Externa	100
Curso d'água Não Navegável	30
Curso d'água Navegável	100
Edificação	100
Divisa com Floresta Ombrófila Densa	30
Divisa com Floresta Ombrófila Mista	30
Divisa com Campos Naturais	30
Divisa com Agricultura	100
Divisa com Floresta Plantada	30

Fonte: Adaptada de Oliveira (2002).

A partir da definição dos raios de influência, utilizado os planos de informações uso do solo e hidrografia, foram delimitadas as áreas em que há ou não presença e atividade humana. Para esta variável a classificação resultou em, sob influência ou sem influência humana, definindo-se os graus de risco "sim" e "não" respectivamente. A Tabela 6 apresenta a classificação do risco de incêndio de acordo com a presença humana.

Observa-se, portanto que nos locais em que foi aplicado o "buffer" existirão, posteriormente no arquivo matricial, regiões com o valor 1, já nos demais locais, onde se considera que não há influência da presença humana, este valor passa a ser 0.

Tabela 6 - Classificação do Risco de Incêndio segundo a Presença Humana

PRESENÇA HUMANA	RISCO	COEFICIENTE
Sem influência	Não	0
Com influência	Sim	1

Fonte: Adaptada de Oliveira (2002).

#### 4.4.4. Material Combustível

A REBIO do Aguai é formada por dois tipos vegetacionais característicos, a Floresta Ombrófila Mista e a Floresta Ombrófila Densa. Existem variações nestas formações florestais devido a grande extensão da reserva, no entanto para efeitos geográficos foram consideradas estas duas formações.

Seguindo a recomendação de Oliveira (2002), foram definidos valores médios para cada formação, pois se sabe que fatores florísticos e estruturais tem influência sobre a carga de material combustível. No entanto, observando os valores em ton/ha para as tipologias estudadas extraídos dos estudos realizados por Krapfenbauer e Andrae (1983), Floss, Caldato e Bohner (1999) e Schumacher (2000), bem como Reitz *et al.* (1988), Onigemo (2007), Souto *et al.* (2009) nota-se que mesmo havendo grandes diferenças em termos ecológicos, do ponto de vista do risco associado a carga de material combustível, existe pequena variação, no caso das formações presentes na REBIO do Aguai. Os Riscos de Incêndios associados à carga de material combustível são mostrados na Tabela 6.

Tabela 7 - Classificação do risco de incêndio florestal de acordo com a carga de material combustível.

CLASSES	RISCO	COEFICIENTE
60 a 81 ton/ha	Extremo	5
40 a 59 ton/ha	Muito alto	4
20 a 39 ton/ha	Alto	3
Até 19 ton/ha	Moderado	2
Solo Exposto	Baixo	1
Construções, estradas e aceiros.	Nulo	0

Fonte: adaptado de Batista, Oliveira e Soares (2000).

As tipologias florestais se enquadram em duas classes de riscos, a FOM (Florestal Ombrófila Mista) de acordo com os autores citados, apresenta carga em torno de 12 ton/ha, se enquadrando no risco moderado, já a FOD (Floresta Ombrófila Mista) tem carga média acima de 20 ton/ha, o que a faz representar, de acordo com sua carga de material combustível, risco de incêndio alto. A formação campo

enquadra-se, de acordo com Oliveira (2002) na classe de risco moderado, por não apresentar carga superior a 19 ton/ha.

Às demais classes foram atribuídos baixo e nulo, para solo exposto e infraestrutura respectivamente. Esta classificação obedeceu aos mesmos critérios adotados nos trabalhos de Oliveira (2002) e Tetto (2010).

#### 4.4.5. Ventos Predominantes

A direção predominante do vento foi caracterizada, de acordo com a metodologia proposta por Munhoz & Garcia (2008) por meio de uma análise de frequência das observações diárias dos últimos cinco anos, a partir de dados da estação meteorológica de São Joaquim, administrada pelo BDMEP (Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa) do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), utilizando-se a seguinte expressão:

$$\text{Equação 8} \quad f(x) = \frac{n}{N} \cdot 100$$

Na equação 8,  $f(x)$  – frequência de ocorrência do vento em uma determinada direção;  $n$  – número de ocorrências de uma determinada direção;  $N$  – número total de observações. As frequências de direção foram registradas em um Gráfico polar para uma melhor visualização.

Como proposto por Oliveira (2002), para melhor caracterização dos ventos predominantes, realizou-se uma análise relacionando a umidade relativa a uma determinada direção predominante do vento, com isso foi possível caracterizá-los em ventos úmidos e secos como sugerem Chuvieco e Congalton (1989). Nos resultados obtidos foram determinadas as tendências que cada direção apresentou quanto à umidade.

Tabela 8 - Classificação do risco de incêndio de acordo com os ventos predominantes

DIREÇÃO DOS VENTOS	TENDÊNCIAS APRESENTADAS	COEFICIENTES
N	Ventos com características aparentemente mais secas	2
NW/SE	Ventos com características aparentemente mais úmidas	1
Outros	Ventos com menor frequência	0

Fonte: Adaptada de Oliveira (2002).

#### 4.4.6. Álgebra de Mapas

O mapa de risco de incêndios, considerados todos os parâmetros selecionados foi obtido mediante a ferramenta álgebra de mapas (Chuvieco; Congalton, (1989); Almeida, (2000); Salas; Chuvieco, (1994), Sousa *et al.* (2000); Gouma; Chronopoulou-Sereli (1998); Ferraz e Vettorazzi, (1998); Hendrix; Coen, (2001).

Os dados foram integrados segundo uma somatória adaptada de Castañeda (1997). Neste modelo o valor de risco para cada unidade de análise é de 50% devido à ameaça existente e 50% devido à vulnerabilidade do ambiente. A ameaça ou a probabilidade de ocorrência de ignição foi traduzida pelo mapa de presença humana, que recebeu um peso igual à soma dos valores obtidos para as demais variáveis. A vulnerabilidade do ambiente foi traduzida pelas características da vegetação, características do relevo e características dos ventos predominantes.

Os parâmetros considerados na álgebra de mapas foram: presença humana, cobertura vegetal, material combustível, declividade, orientação das encostas e ventos predominantes. Estes mapas foram integrados por meio de uma soma ponderada, onde se utilizou como peso os valores de correlação obtidos a partir da análise dos registros de ocorrência de incêndio. O mapa de risco resultante traduz a influência das seis variáveis em estudo sobre o risco de ignição e propagação de incêndios na REBIO do Aguai.

Os parâmetros selecionados foram empregados na álgebra de mapas utilizando-se da expressão apresentada na equação 9 adaptada de Oliveira (2002). Os pesos atribuídos a cada variável ambiental foram obtidos a partir de uma análise de correlação, realizada por Oliveira

(2002), entre cada uma das variáveis ambientais e as áreas queimadas em sua área de estudo. Baseando-se no coeficiente de correlação cada uma das variáveis recebeu um peso.

$$\text{Equação 9} \quad \text{RIF} = (1,70) * \text{PH} + [(0,61) * \text{VP} + (0,56) * \text{MC} + (0,29) * \text{D\%} + (0,13) * \text{CV} + (0,11) * \text{OE}]$$

RIF - valor resultante do somatório correspondente ao risco de incêndio florestal em cada unidade de análise;

PH - Plano de informação (PI) correspondente à variável presença humana;

VP - PI correspondente às variáveis ventos predominantes;

MC - PI correspondente à variável material combustível;

D% - PI correspondente à variável declividade;

CV - PI correspondente à variável cobertura vegetal;

OE - PI correspondente à variável orientação das encostas.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Base Cartográfica

A partir da classificação das orto imagens aéreas quantificou-se as áreas referentes às classes de cobertura do solo. Na Tabela 9 são apresentados os valores para as classes de cobertura do solo na REBIO do Aguai. A área é ocupada em sua grande maioria pela formação vegetal Floresta Ombrófila Densa. Os demais usos representam 2% da área total.

Tabela 9 – Cobertura do Solo para a REBIO do Aguai

COBERTURA DO SOLO	ÁREA (ha)	%
Área úmida (banhado)	1,21	0,02%
Campo	92,63	1,18%
Campo sujo	1,46	0,02%
Floresta Ombrófila Densa	7728,24	98,11%
Floresta Ombrófila Mista	23,67	0,30%
Floresta Plantada	5,89	0,07%
Regeneração Natural	20,44	0,26%
Afloramento rochoso	1,24	0,02%
Solo exposto	2,26	0,03%
<b>Total</b>	<b>7877,04</b>	<b>100%</b>

Fonte: o autor.

Salienta-se a presença de formações de campo, que nos patamares de cima da serra representam, devido às queimadas, um risco iminente de incêndio nas épocas de renovação de pastagens.

A reserva possui 255,05 km de rios e córregos que em função do relevo são todos não navegáveis, 1,3 km de estradas municipais e 129,48 km de perímetro. Possui ainda 354 nascentes que dão origem a importantes rios do sul catarinense.

Na Figura 1 é apresentado o mapa de uso do solo para os limites da Rebio do Aguai.

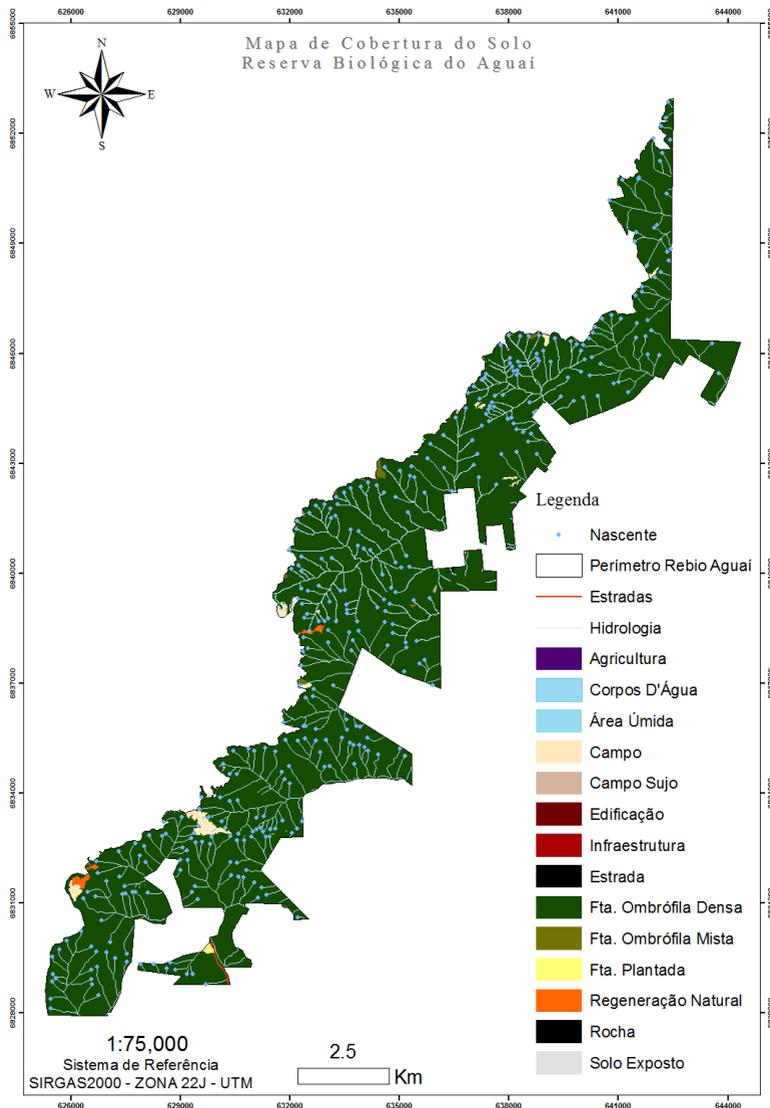


Figura 3 - Mapa de Cobertura do solo para a REBIO do Açuai. Fonte: o autor.

## 5.2. Zoneamento de Risco de Incêndio para Rebio do Aguai

### 5.2.1. Risco de incêndio de acordo com o material combustível

A Figura 4 apresenta o mapa temático de risco associado ao Material Combustível.

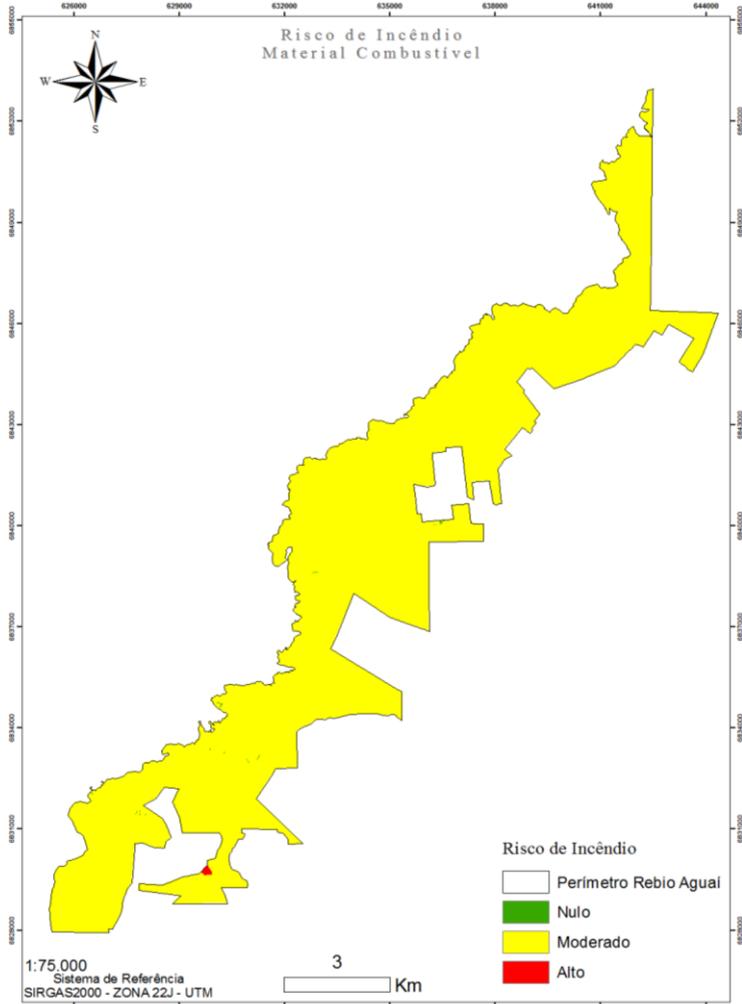


Figura 4 - Mapa de Risco de Incêndio de acordo com o material combustível. Fonte: o autor.

Tabela 10 - Área da reserva por classe de risco pelo fator material combustível

RISCO	Área (ha)
Nulo	3,44
Moderado	7867,48
Alto	5,88
Total	7876,8

Fonte: o autor.

Risco de incêndio pelo Material Combustível (ha)

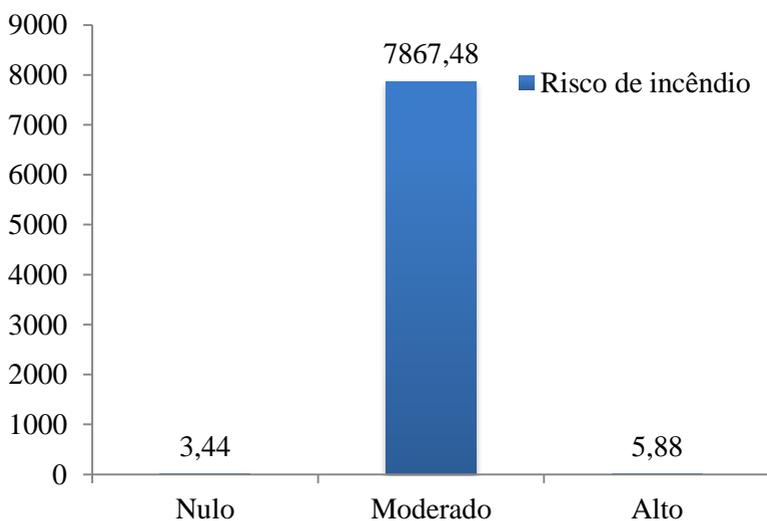


Gráfico 1 – Risco associado ao Material Combustível. Fonte: o autor.

A reserva em grande parte de sua área é coberta por floresta ombrófila densa, que de acordo com Onigemo (2007) e Souto *et al.* (2009) tem em média, uma carga de material combustível acima de 20 ton/ha resultando em um grau moderado de risco. As demais classes são compostas por floresta plantada, "alto" e estradas e corpos d'água "nulo".

### 5.2.2. Risco de incêndio de acordo com a declividade

A partir das informações altimétrica foi possível derivar as informações referentes à geomorfologia do parque: declividade e orientação de encostas. A análise do mapa temático referente às declividades possibilitou elaborar a Tabela 10. A partir de sua análise nota-se que 18,7% da área apresenta declividade de 45 a 90°, e praticamente 60% de 25 a 45°.

Tabela 11 - Classes de declividade da Rebio do Aguai

DECLIVIDADE (°)	Área (ha)	%
0-5	401,12	5,1%
5-10	28,24	0,4%
10-25	1294,53	16,4%
25-35	2348,26	29,8%
35-45	2328,27	29,6%
45-90	1476,62	18,7%
Total	7877,04	100,00%

Fonte: o autor.

De acordo com Ribeiro *et al.* (2008, p. 566),

O relevo exerce grande influência sobre o clima e, em menor escala, sobre a vegetação e conseqüentemente sobre o material combustível das diversas regiões terrestres, criando uma tendência do fogo de se propagar mais rapidamente nos aclives e mais lentamente nos declives.

Considerando a afirmação de Ribeiro *et al.* (2008) percebe-se a importância e grande influência que a declividade exerce no que tange a propagação e combate aos incêndios florestais.

Em virtude da classificação do relevo, proposta por Oliveira (2002) mais de 80% da área encontra-se em risco Muito Alto ou Extremo como apresentado na Tabela 12.

Complementando a análise verifica-se que estudos do mesmo gênero realizados por Batista, Oliveira e Soares (2002), Ribeiro *et al.* (2008) e Tetto (2009) afirmaram que em suas áreas de estudo mais de

90% da declividade apresenta-se abaixo dos 15%, ou 8,5°, ao contrário do que foi determinado para a REBIO do Aguai.

Tabela 12 - Área da reserva por classe de risco de acordo com a Declividade

RISCO	Área (ha)	%
Nulo	399,34	5,1%
Baixo	17,4	0,2%
Moderado	89,4	1,1%
Alto	345,36	4,4%
Muito Alto	723,9	9,2%
Extremo	6301,64	80,0%
<b>Total</b>	<b>7877,04</b>	<b>100,00%</b>

Fonte: o autor.

O Gráfico 2 apresenta as áreas para as classes de risco associado à declividade do terreno.

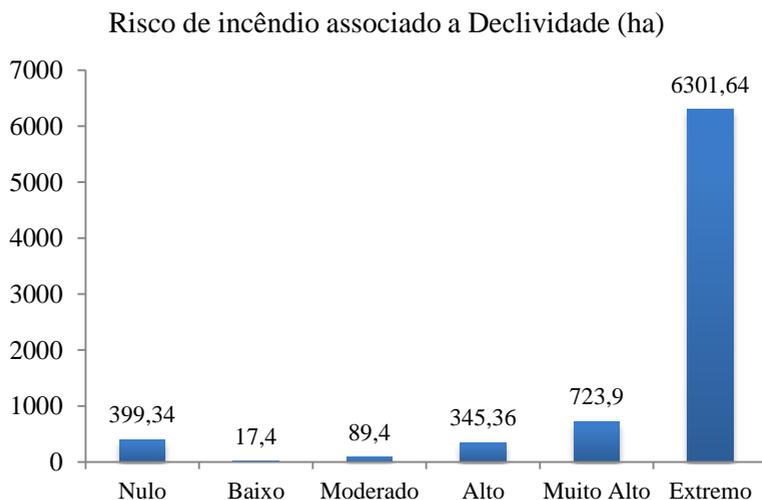


Gráfico 2 – Risco de incêndio associado à Declividade. Fonte: o autor.

Na Figura 5 é apresentado o mapa de risco de incêndio de acordo com a declividade.

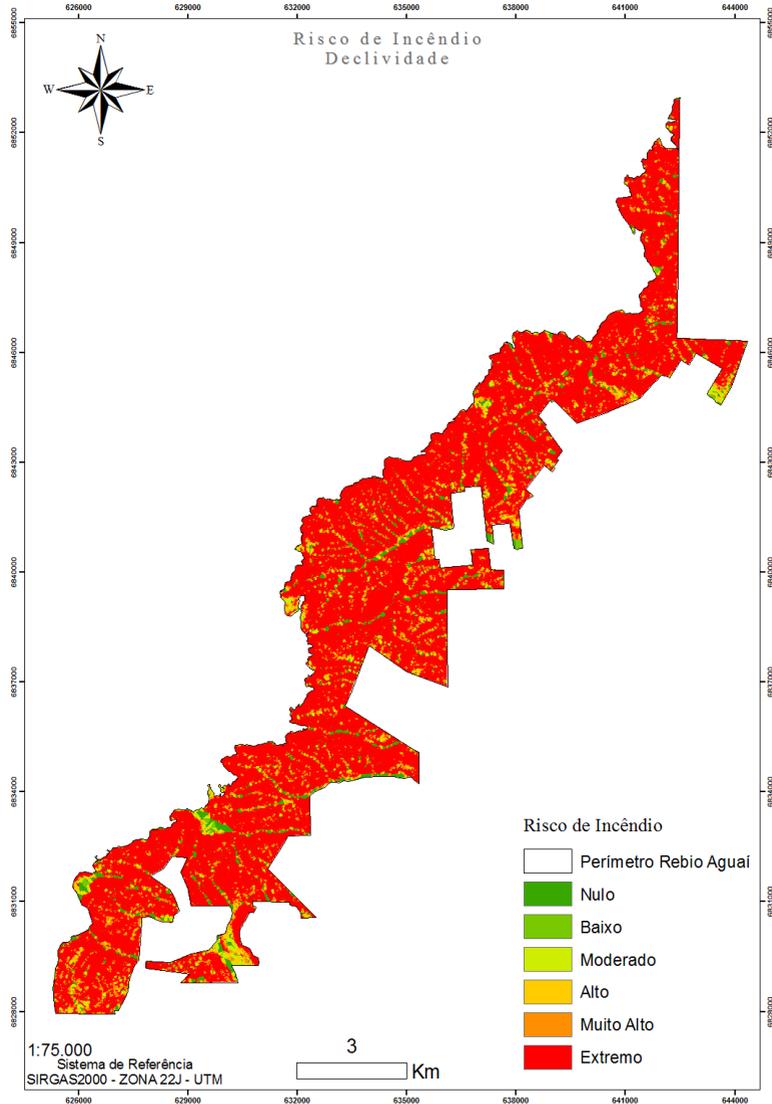


Figura 5 - Mapa de Risco de Incêndio de acordo com a Declividade.

Fonte: o autor.

### 5.2.3. Risco de incêndio associado com a orientação das encostas

A orientação das encostas está diretamente relacionada com o grau de insolação e com as horas de sol que determinados ambientes recebem. Isso influencia os ciclos de umedecimento e secagem do material combustível que fica mais ou menos suscetível a ignição. A velocidade e avanço da combustão também estão relacionados à umidade do combustível. Outro fator importante, relacionado à face de exposição é a temperatura que o ambiente se encontra, que juntamente com presença de ventos pode impulsionar rapidamente a propagação dos incêndios, (Soares, Batista e Nunes, 2009).

A partir da espacialização da orientação de encostas elaborou-se a Tabela 12. A análise dos valores obtidos permite afirmar que mais de 35% da área tem risco Alto, Muito Alto ou Extremo para esta variável, com faces NE, NW, W e N. Oliveira (2002) encontraram valores semelhantes em seu estudo, nos quais mais cerca de 40% da área tem o tipo de exposição de acordo com o citado.

Tabela 13 - Área da reserva por classe de risco de acordo com a Orientação das Encostas

RISCO	EXPOSIÇÃO	Área (ha)	%
Nulo	S	1426,04	18,1%
Baixo	S E / SW	2496,56	31,7%
Moderado	E	1182,53	15,0%
Alto	N E	991,26	12,6%
Muito Alto	N W / W	767,47	9,7%
Extremo	N	1013,48	12,9%
<b>Total</b>		<b>7877,34</b>	<b>100,00%</b>

Fonte: o autor.

O Gráfico 3 apresenta as áreas de acordo com as classes de risco de incêndio associado à orientação das encostas.

Risco de incêndio associado a Orientação das Encostas  
(ha)

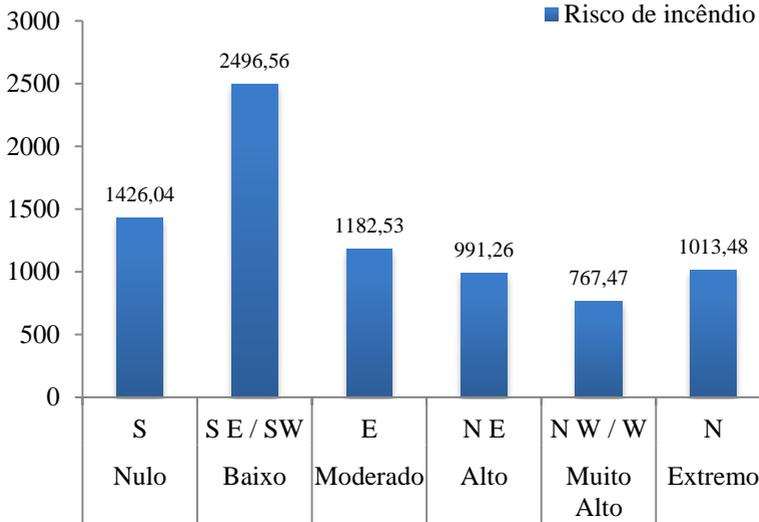


Gráfico 3 – Área representada pelo Risco de incêndio associado à Orientação das Encostas. Fonte: o autor.

A Figura 6 apresenta o mapa de risco de incêndios de acordo com a orientação das encostas para a REBIO do Aguai.

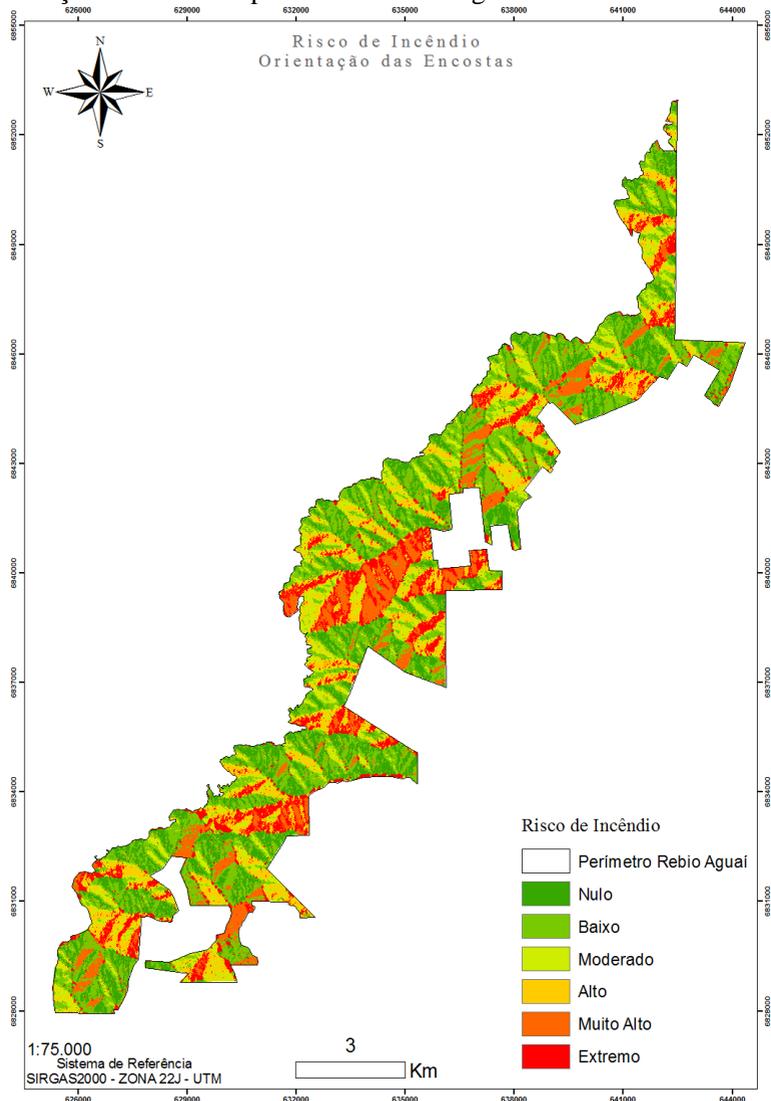


Figura 6 - Mapa de Risco de Incêndio de acordo com a Orientação das Encostas. Fonte: o autor.

#### 5.2.4. Risco de incêndio de acordo com os 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 e Batista, 2007).

O Gráfico 4 apresenta a frequência e umidade dos ventos para área estudada, fazendo a caracterização utilizada para construção do PI vento predominante.

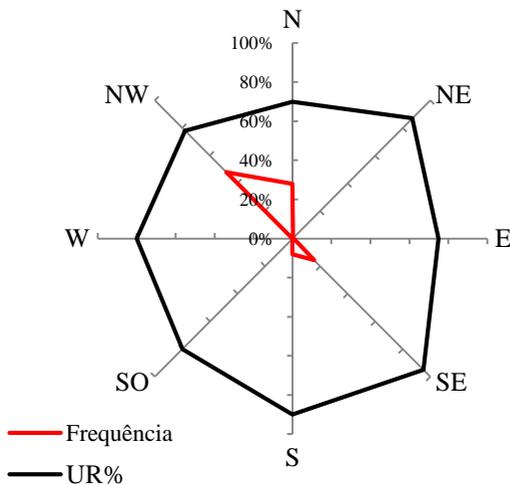


Gráfico 4 - Frequência e umidade relativa dos ventos na região da Reserva do Aguai. Fonte: o autor.

Os ventos Noroeste e Norte são os mais frequentes representando 48% e 28% respectivamente, seguidos dos ventos Sudeste e Sul com 16 e 8% da frequência respectivamente.

Os ventos Sul e Sudeste são os mais úmidos, geralmente associados a correntes marítimas, no caso do vento sudeste provocam as chuvas orográficas ou de relevo, ocasionadas em função do deslocamento de massas de ar do oceano, carregadas de umidade, sentido ao continente, que em virtude da altitude, condensam e acabam precipitando geralmente sobre a serra geral e serra do mar.

No caso dos ventos mais preocupantes do ponto de vista dos incêndios, os ventos Noroeste e Nordeste têm características de menor umidade e geralmente tem deslocamento mais veloz. Isso favorece, aliada ao relevo extremamente acidentado da reserva, a propagação do fogo de maneira muito intensa, passando de uma escarpa a outra.

A Figura 7 mostra a ocorrência de um incêndio, no mês de setembro de 2009, justamente nas escarpas da serra, percebe-se que houve a queima primeiramente da região superior dos patamares com a formação campo, posteriormente, o fogo, provavelmente em virtude do vento, relevo e material combustível, se propaga em direção a Reserva em local de acesso extremamente crítico para combate, que nestes casos é realizado pelos bombeiros com o auxílio de aeronaves.



Figura 7 - Imagem da ocorrência de um Incêndio na Reserva Biológica do Aguai. Fonte: Fatma - SC.

A Tabela 13 mostra que em torno de 42% da área tem risco moderado ou alto relacionado aos ventos leste e nordeste. Tetto (2009) comenta que, sobretudo nos meses mais secos do ano, a vegetação seca, sob ação dos ventos pouco úmidos, torna-se propícia a ignição e ocorrência de incêndios.

Tabela 14 - Área da reserva por classe de risco de acordo com o vento predominante

RISCO	Área (ha)	%
Nulo	4609,13	58,5%
Moderado	2254,73	28,6%
Alto	1013,18	12,9%
<b>Total</b>	<b>7877,04</b>	<b>100,00%</b>

Fonte: o autor.

O Gráfico 5 apresenta a área por classe de risco de incêndio associado a variável vento predominante.

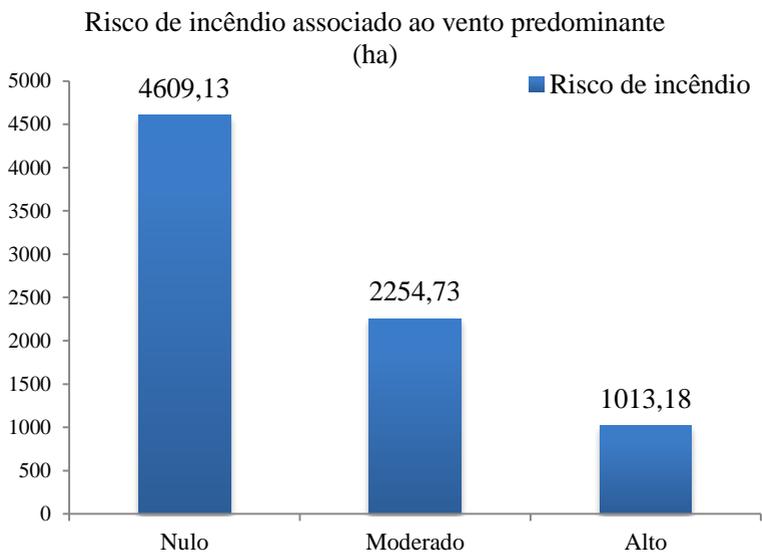


Gráfico 5 – Área na reserva por classe de risco de incêndio de acordo com Ventos Predominantes. Fonte: o autor.

A Figura 8 apresenta o mapa de risco de incêndio de acordo com os ventos predominantes para a REBIO do Aguai.

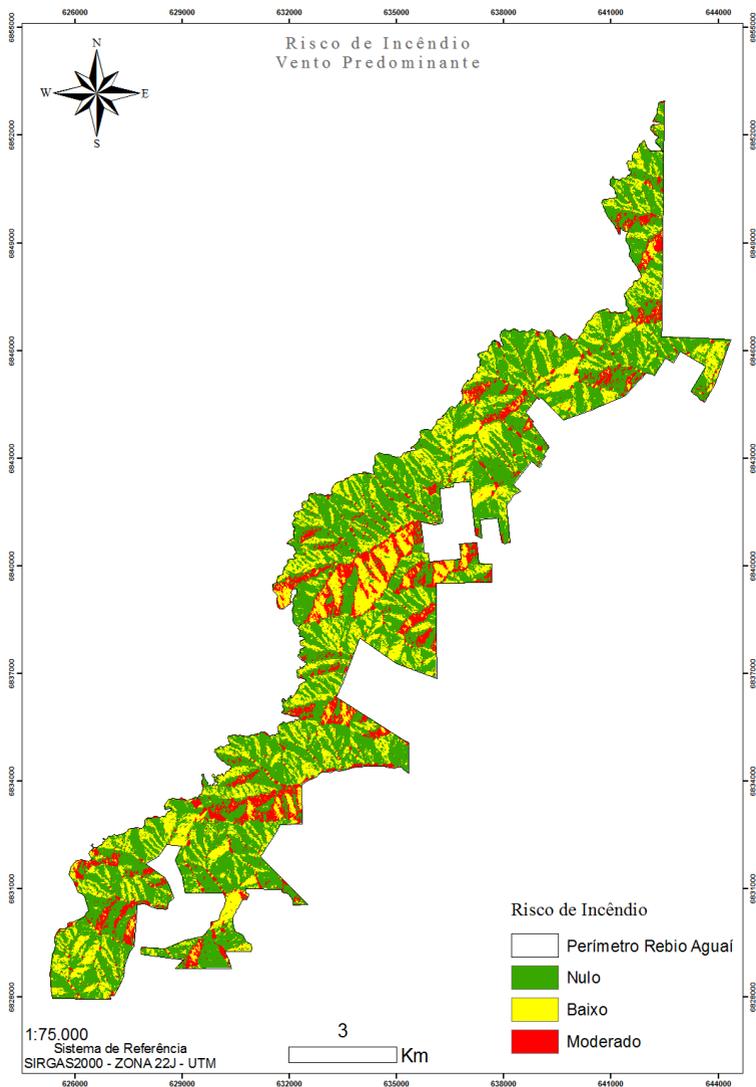


Figura 8 - Mapa de Risco de Incêndio de acordo com os ventos predominantes. Fonte: o autor.

### 5.2.5. Risco de incêndio de acordo com a cobertura vegetal

Devido à alta resolução geométrica das orto imagens utilizadas foi possível classificar a vegetação existente em seis tipos: campo, campo sujo, floresta ombrófila mista, floresta ombrófila densa, floresta plantada e regeneração natural.

De acordo com os registros de incêndios feitos pela FATMA e obtida por meio do chefe da REBIO do Aguai, existe uma associação entre a ocorrência de incêndios e as reentrâncias de campo para reserva. Em virtude de haver esta "passagem" o fogo consegue se propagar facilmente dos campos de cima da serra (onde geralmente ocorre a queima para renovação de pasto) para a vegetação da REBIO.

De acordo com esse conhecimento atribuiu-se o coeficiente 3, para a tipologia campo e campo sujo, pela facilidade que estes têm em propagar o fogo. Deste modo adaptou-se a metodologia proposta por Oliveira (2002) visando adequar a análise a realidade do local.

Sendo quase a totalidade do parque, e indo ao encontro das considerações realizadas por Tetto (2009) as florestas ombrófilas mista e densa, foram classificadas com risco baixo, Ribeiro *et al.* (2008) afirma que este tipo de formação são as menos suscetíveis, devido às propriedades físicas e químicas das espécies presentes, maior umidade das folhas e galhos, e do microclima formado em seus interiores.

Tabela 15 - Área da reserva por classe de risco de acordo com a cobertura vegetal

RISCO	Área (ha)	%
Nulo	25,14	0,3%
Baixo	7727,88	98,1%
Moderado	23,42	0,3%
Alto	94,48	1,2%
Extremo	5,88	0,1%
<b>Total</b>	<b>7876,8</b>	<b>100,00%</b>

Fonte: o autor.

O Gráfico 6 apresenta a distribuição das áreas de risco associado à cobertura vegetal por classe de risco de incêndio.

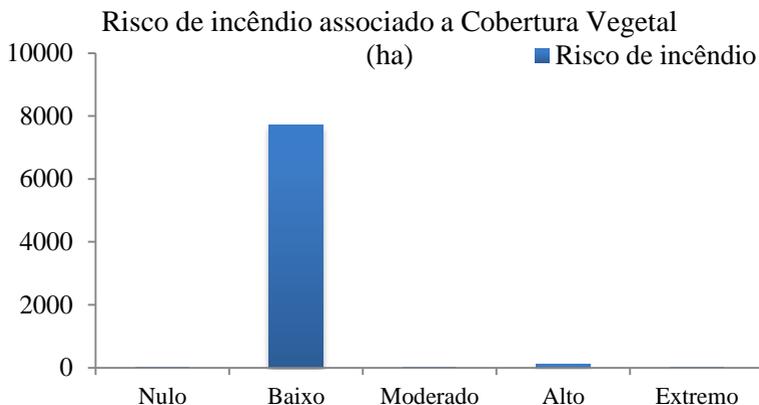


Gráfico 6 – Área da reserva por classe de risco de incêndio de acordo com a Cobertura Vegetal. Fonte: o autor.

Na classe de risco extremo, verificou-se apenas a ocorrência de aproximadamente 6 ha ou 0,1% de floresta plantada no interior do parque. Estas áreas, em função da grande quantidade de material combustível no solo e devido às suas propriedades químicas, possuem grande suscetibilidade ao fogo. Em mais de 98% da área de REBIO (7.700 ha), como evidenciado no Gráfico 6, o risco de incêndio é baixo em relação à cobertura vegetal.

A Figura 9 apresenta o mapa de risco de incêndio associado ao tipo de cobertura vegetal.

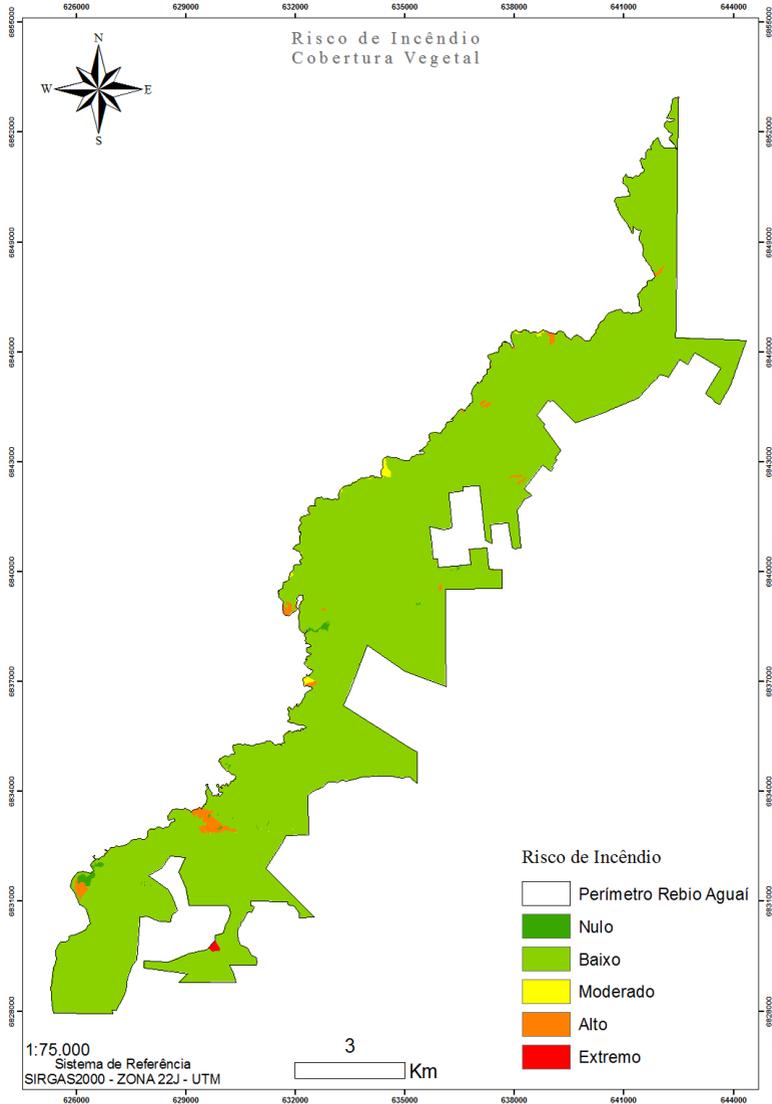


Figura 9 - Mapa de Risco de Incêndio de acordo com a cobertura vegetal. Fonte: o autor.

### 5.2.6. Risco de incêndio de acordo com a presença humana

A presença humana, de acordo com Castañeda (1997), associada à vulnerabilidade a ocorrência de incêndio, representam o risco de incêndio potencial de determinada área. Considerando a metodologia proposta e aplicada por Oliveira (2002), nos locais onde existe a presença humana, foi considerada uma área de influência, maior ou menor de acordo com a escala de intervenção e risco que as atividades humanas podem oferecer.

A análise da Tabela 16 permite afirmar que 29% da área está sob influência da presença humana, este valor está bem acima do encontrado por Batista, Oliveira e Soares (2002), 15,18%, e do encontrado por Tetto (2009) que foi de 7,59%. Isso corresponde a um maior risco na área uma vez que indica a ocorrência de atividades no entorno e interior que são potenciais causadoras de incêndios.

Do risco total proveniente da presença humana, apenas 1% representam o sistema viário. O que pode ser positivo, pois restringe o trânsito de pessoas. Porém, também torna difícil o acesso e deslocamento para a prática de combate numa ocorrência de incêndio, principalmente pela característica de relevo declivoso que a área apresenta, bem como por ter uma vegetação densa de difícil acesso.

Tabela 16 - Área da reserva por classe de risco de acordo com a presença humana

PRESENÇA HUMANA	ÁREA (ha)	%
Com Influência	2315,14	29%
Sem Influência	5561,8	71%
Total	7876,94	100%

Fonte: o autor.

O Gráfico 7 apresenta as áreas de risco de acordo com a presença humana, classificadas em áreas com e sem influência humana.

## Risco de incêndio associado a Presença Humana (ha)

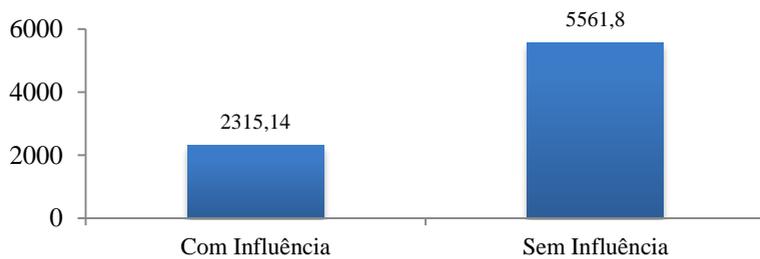


Gráfico 7 – Área da reserva por tipo de influência quanto ao risco de incêndio associado à Presença Humana. Fonte: o autor.

A Figura 10 apresenta o mapa de risco de incêndio para a variável Presença Humana.

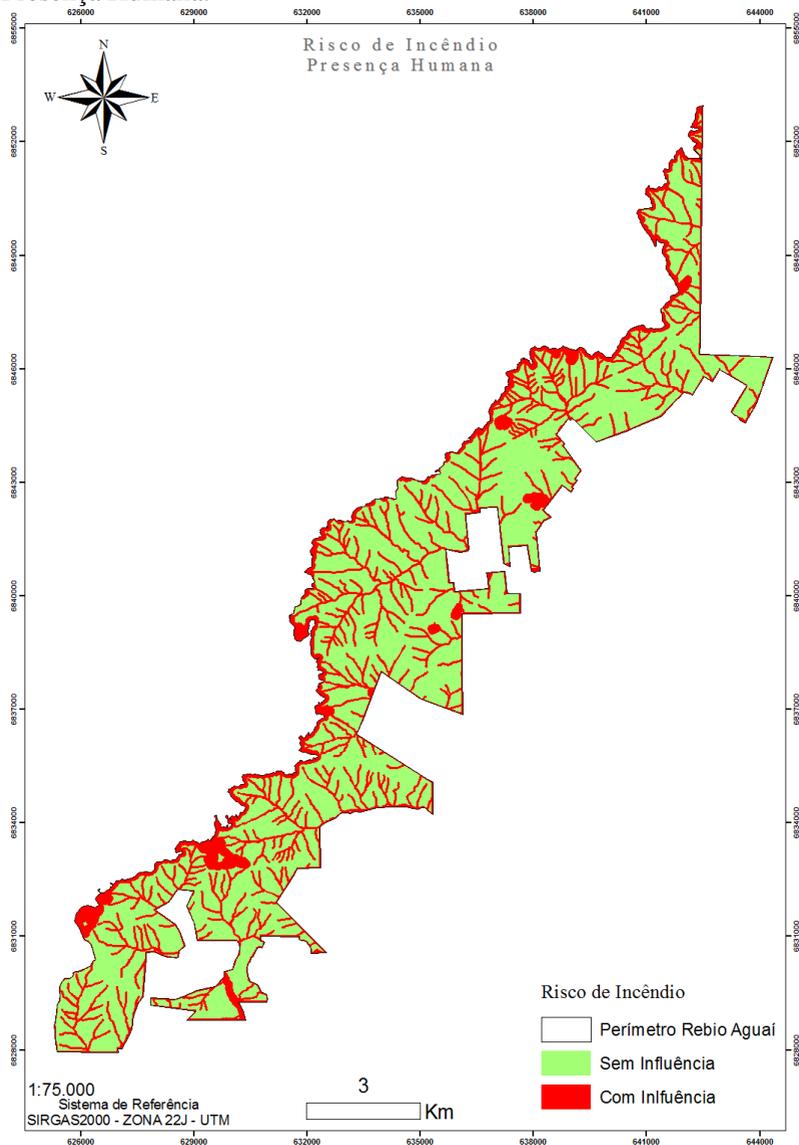


Figura 10 - Mapa de Risco de Incêndio de acordo com a presença humana. Fonte: o autor.

### 5.2.7. Implementação do Zoneamento de Risco de Incêndio Florestal

A etapa final do zoneamento de risco de incêndios consiste no cruzamento das informações provenientes dos mapas temáticos obtidos. Este cruzamento é obtido mediante a álgebra de mapas que consiste na integração que considera a unidade de análise final, composta por uma região (*pixel*) representada em 50% pela ameaça que está associada à presença humana e em 50% pela vulnerabilidade do ambiente ao fogo, caracterizada por variáveis ambientais, de relevo e ventos predominantes.

A Tabela 16 apresenta o resultado da álgebra de mapas baseada na equação 2, considerando as variáveis, material combustível, cobertura vegetal, ventos predominantes, declividade, orientação das encostas e presença humana.

Tabela 17 - Área da reserva por classe do zoneamento de risco de incêndio florestal

RISCO	Área (ha)	%	% Acumulada
Nulo	266,70	3,4%	3,4%
Baixo	3350,92	42,6%	45,9%
Moderado	1551,93	19,7%	65,7%
Alto	1619,48	20,6%	86,2%
Muito Alto	756,24	9,6%	95,8%
Extremo	328,82	4,2%	100,0%
Total	7874,10	100%	100,0%

Fonte: o autor.

A análise da Tabela 17 permite afirmar que 3,4% da área tem risco de incêndio nulo, 42,6% baixo, 19,7% moderado, 20,6% alto, 9,6% muito alto e 4,2% da área com risco extremo. A maior parte da área foi classificada como risco baixo e nulo, e em termos cumulativos, as classes nulo e baixo representam quase 50% da área, essas classes se concentraram principalmente em faces do relevo com exposição sul e com cobertura vegetal de floresta natural.

A classe de risco moderado representou 19,7% da área e se concentrou principalmente nas faces de exposição norte/noroeste, sujeita a ventos norte e noroeste e declividade acentuada. Em termos de ignição

e propagação de incêndios, estes são fatos negativos, pois faces de exposição norte, noroeste e nordeste, no hemisfério sul, pela característica de exposição, tem maior insolação, o que aumenta a temperatura média do ar e do solo. Isto associado a ventos de característica seca, norte e noroeste, incorre numa menor umidade do material combustível, fatores que facilitam a ignição e propagação do fogo.

As classes de risco alto, muito alto e extremo representaram 34,3% da área da reserva em comparação ao estudo realizado por Batista, Oliveira e Soares (2002) as mesmas classes representaram 8%. Isto se explica principalmente pelas características distintas de relevo, pois na medida em que grande proporção da área tem altas declividades às classes de risco aumentam proporcionalmente. Embora as tipologias vegetais tivessem similaridades, os fatores responsáveis pela grande proporção da área em risco alto, muito alto e extremo foram, os ventos predominantes, relevo e face de exposição, além da presença humana.

O Gráfico 8 apresenta a área por risco de incêndio florestal para a REBIO do Aguaf.

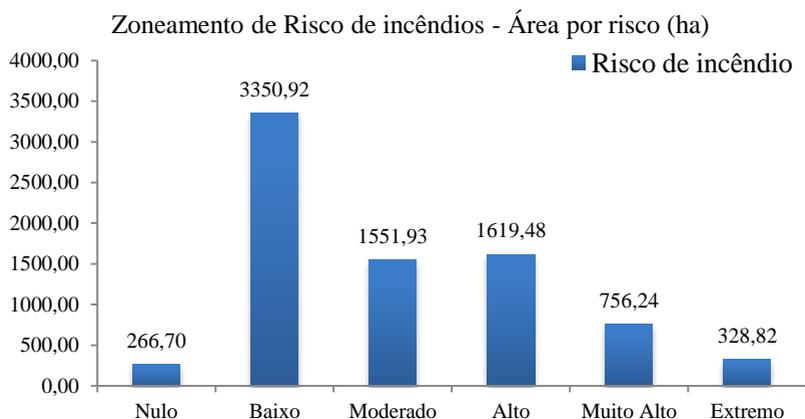


Gráfico 8 – Área da Reserva de acordo com as classes de Risco de Incêndios produto da integração das variáveis de ameaça e vulnerabilidade ao fogo. Fonte: o autor.

Ribeiro *et al.*(2008) determinaram índices de 56,6% de risco moderado e 24,0% alto. Tetto (2009) determinou proporções de 43,16%

grau de risco baixo, 41,70% em moderado, 8,39% em alto e 6,75% em muito alto. A última classe (muito alto) relacionada à malha viária, infraestrutura, torres de incêndio e linhas de transmissão.

No caso da Rebio do Aguai, os riscos alto e muito alto estão relacionados a áreas de declividade acentuada, com presença humana, face de exposição norte, sujeitas a ventos dos quadrantes N e NW, com cobertura vegetal caracterizada por campos e campos sujos. No caso do risco extremo, está relacionado a áreas de florestas plantadas, campos, estrada e presença humana no interior e em atividades no entorno da reserva, principalmente associadas à agricultura e pecuária.

Muitas vezes não se consegue mensurar ou justificar a necessidade de determinadas ferramentas, veículos, aeronaves, pessoas ou infraestrutura para as atividades de prevenção, monitoramento, controle e combate a incêndios. Parizotto *et al.* (2008) apresentam um panorama do efetivo do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, mostrando as fragilidades do sistema de prevenção de incêndios florestais no estado, bem como o pouco enfoque que o tema recebe nos cursos de formação para bombeiro.

No mesmo trabalho Parizotto *et al.* (2008) elencam os materiais necessários ao combate de incêndios florestais e incêndios civis. Segundo o estudo, os batalhões possuem apenas 42% dos materiais específicos para incêndios florestais e apenas 4% possuem os equipamentos de proteção individual adequados para a prática de combate a incêndios florestais. Neste sentido o ZRIF também auxilia, pois através dos dados da área por classe de risco de incêndio é possível prever a quantidade de material e o efetivo necessário para o combate aos incêndios, bem como dimensionamento da frota de veículos, aeronaves e planejamento de pontos de coleta de água.

Após a ocorrência de uma série de incêndios florestais em 2007 nas imediações do campus da UNICENTRO (Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná) Irati - Paraná, Faria *et al.* (2009) elaboraram um estudo para desenvolver o ZRIF para a área, com auxílio do zoneamento foi possível estabelecer um programa de monitoramento e prevenção, inclusive sugerindo a instalação de torres de monitoramento e também justificando a compra de equipamentos adequados ao combate de incêndios florestais.

Em um sentido amplo, o ZRIF é uma ferramenta importante para gestão e conhecimento da Reserva. A respeito do mesmo fator os autores Tetto, Batista e Soares (2012) inferem que o zoneamento de risco de incêndios é uma metodologia eficiente para realização de

planejamento que previna ocorrência de incêndios florestais e conserve a biodiversidade.

Na Figura 10 é apresentado o mapa de ZRIF para a REBIO do Aguai.

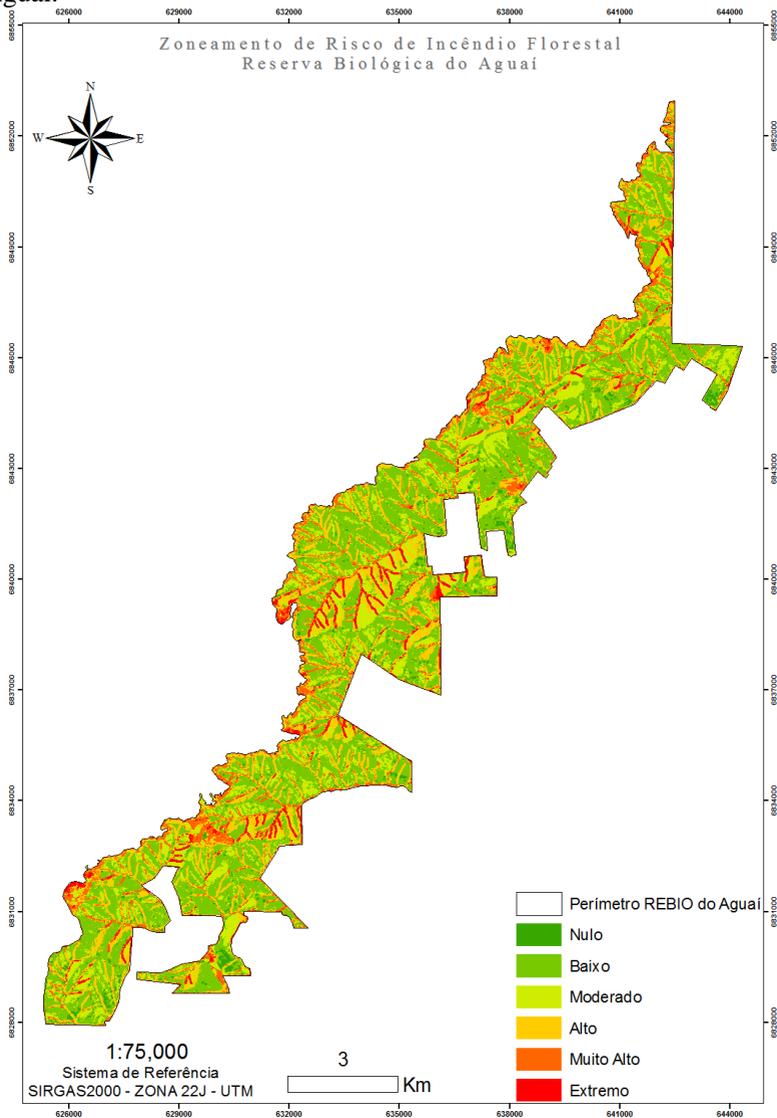


Figura 11 - Zoneamento de Risco de Incêndios Florestais na Rebio do Aguai. Fonte: o autor.

### **5.3. Análise e Zoneamento de Risco de incêndio Florestal para a Área de Influência do Entorno da REBIO do Aguai**

#### **5.3.1. Base Cartográfica**

Na Tabela 18 são apresentados os valores em hectares para as classes de cobertura do solo no entorno da REBIO do Aguai, a área apresenta uma cobertura diversa, com 62% de Floresta Ombrófila Densa (FOD), 20% de Campo, 9,5% de Florestal Ombrófila Mista (FOM) e 3,7% de Floresta Plantada. Diferentemente do interior da reserva que quase em sua totalidade é composta por FOD.

Destaca-se ainda a existência de no mínimo 6 comunidades estruturadas no entorno, como se pode observar na Figura 11. Cinco destas comunidades estão na região de baixo da serra geral, e possuem atividades ligadas principalmente à agricultura e reflorestamento.

Na parte de cima da Serra Geral, forma-se um grande bloco de formação de campos de cima da serra, em que existe uma comunidade de produtores de gado, reflorestamento e em menor representação agricultura.

Esta configuração no entorno da REBIO é muito importante, pois caracteriza os tipos de risco aos qual a reserva é sujeita. Além disso, é importante também para o planejamento de ações preventivas junto às comunidades.

A área de entorno possui 448,3 km de rios e córregos não navegáveis e 32,3 km de rios navegáveis, 65,8 km de estradas municipais (externas), 33,2 km de estradas internas e 87,1 km de perímetro.

Tabela 18 – Classes de Cobertura do Solo para Área de Influência da REBIO

COBERTURA DO SOLO	ÁREA (ha)	%
Agricultura	60,31	0,33%
Corpos D'Água	26,28	0,14%
Área Úmida	556,88	3,02%
Campo	3753,74	20,35%
Campo Sujo	5,31	0,03%
Edificação	2,41	0,01%
Infraestrutura	7,74	0,04%
Estrada	8,68	0,05%
Fta. Ombrófila Densa	11453,62	62,10%
Fta. Ombrófila Mista	1749,59	9,49%
Fta. Plantada	683,78	3,71%
Regeneração Natural	116,03	0,63%
Rocha	12,04	0,07%
Solo Exposto	8,04	0,04%
<b>TOTAL</b>	<b>18444,45</b>	<b>100%</b>

Fonte: o autor.

Na Figura 12 é apresentado o mapa de uso do solo para o entorno da REBIO do Aguai.

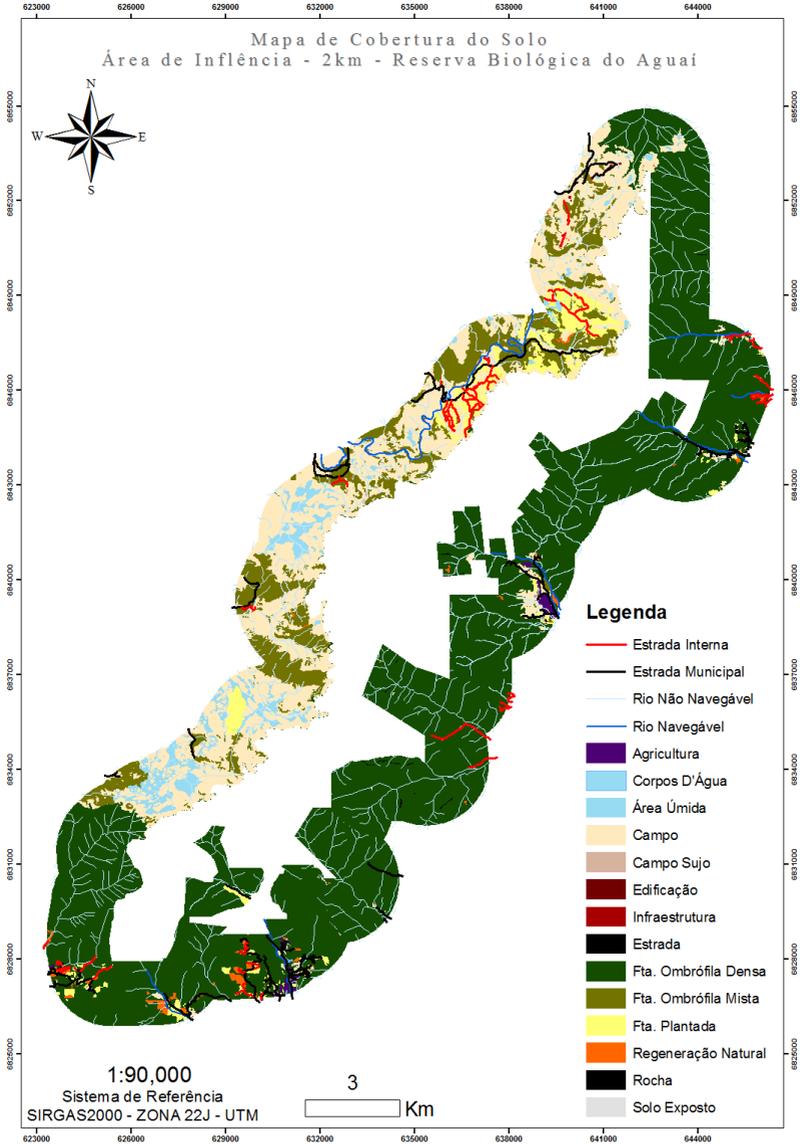


Figura 12 – Mapa de Cobertura do Solo para área de entorno da REBIO do Aguai. Fonte: o autor.

### 5.3.2. Zoneamento de Risco de Incêndio

Prosseguindo com a análise da área de influência do entorno da REBIO do Aguai a Tabela 19 apresenta os resultados da álgebra de mapas baseada na equação 2, considerando as variáveis, material combustível, cobertura vegetal, ventos predominantes, declividade, orientação das encostas e presença humana para área do entorno.

Tabela 19 – Áreas por classe de risco de incêndio para área do Entorno da REBIO do Aguai

RISCO	ÁREA (ha)	%	% ACUMULADA
Nulo	2626,94	14,2%	14%
Baixo	5658,58	30,7%	45%
Moderado	3656,19	19,8%	65%
Alto	2468,80	13,4%	78%
Muito Alto	3084,04	16,7%	95%
Extremo	946,51	5,1%	100%
Total	18441,06	100,00%	100,0%

Fonte: o autor.

A análise da Tabela 18 mostra que 14,2 % da área tem risco de incêndio nulo, 30,7% baixo, 19,8 % moderado, 13,4% alto, 16,7% muito alto e 5,1% em risco extremo.

Em comparação com o ZRIF para os limites da REBIO apresentados na Tabela 16, percebe-se que houve uma inversão entre as classes de risco de incêndio alto e muito alto, na ordem de 10% e das classes de risco, nulo, baixo da ordem de 7%, a classes de risco moderado permaneceram com proporções similares para o interior e o entorno da reserva, isto pode ser percebido a partir da análise do Gráfico 9.

Para o interior da REBIO as classes de 39risco nulo, baixo e moderado representaram 65,7%, para a área do entorno as mesmas classes representaram 65% da área destacando o risco extremo que subiu de 4,2 para 5,1% e o risco muito alto de 9,6% para 16,7%, como apresentado no Gráfico 9. É possível que no caso das classes de risco muito alto e extremo a mudança se deva a área do entorno ter maior

proporção de formações de campo, floresta plantada e maior proporção também de locais com presença humana.

Comparação entre a proporção de cada classe de RIF no interior e na área de influência do entorno da REBIO

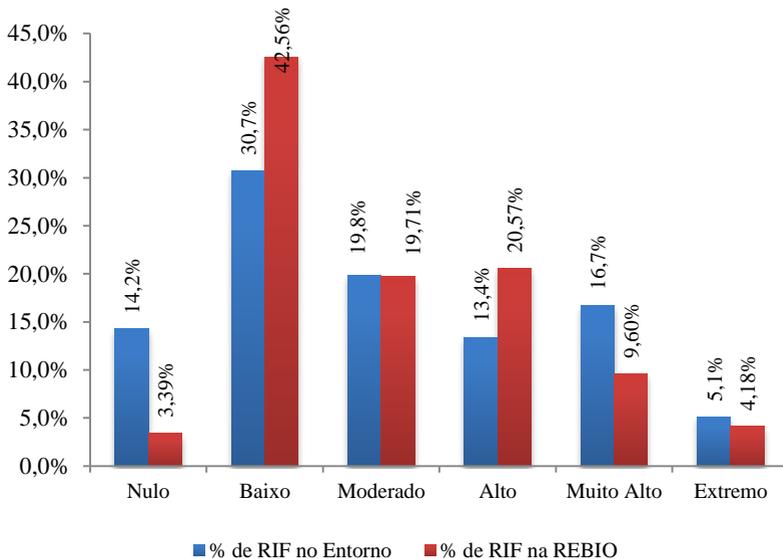


Gráfico 9 – Comparação entre a proporção de cada classe de RIF no interior e na área de influência do entorno da REBIO. Fonte: o autor.

Uma das propostas do trabalho é demonstrar a utilidade do ZRIF para a gestão da unidade. Seja do ponto de vista da prevenção, ou combate de incêndios. O Gráfico 10 mostra que existem 6500 ha nas classes de risco alto, muito alto ou extremo, esta área de risco de incêndios incorre em problemas no planejamento das atividades e no dimensionamento da infraestrutura necessária para monitorar e combater possíveis incêndios na REBIO e em seu entorno.

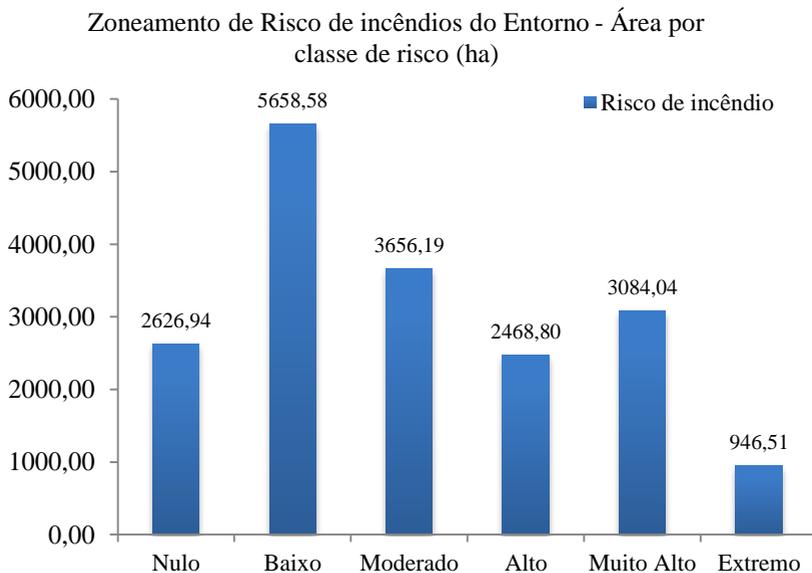


Gráfico 10 – Resultado do ZRIF para área do Entorno da REBIO do Aguaí. Fonte: o autor.

Venturi e Antunes (2007) estabeleceram, baseando-se em um ZRIF para áreas de reflorestamento do Paraná, os locais ótimos para locação de torres monitoramento de incêndios florestais. De acordo com seus estudos, com a alocação ótima da torre, cada uma permite uma área visível de 2.200 ha aproximadamente. Neste sentido, poder-se-ia utilizar as informações dos locais de riscos elevados de ocorrência de incêndio associadas aos dados de altimetria da área para locação de torres de monitoramento. Pode-se observar a partir da Figura 13, que devido a grande área de entorno e que o interior da REBIO ocupa, a necessidade de um monitoramento contínuo e eficaz de focos de incêndios.

A Figura 13 apresenta o ZRIF para a área do entorno da REBIO do Aguaí.

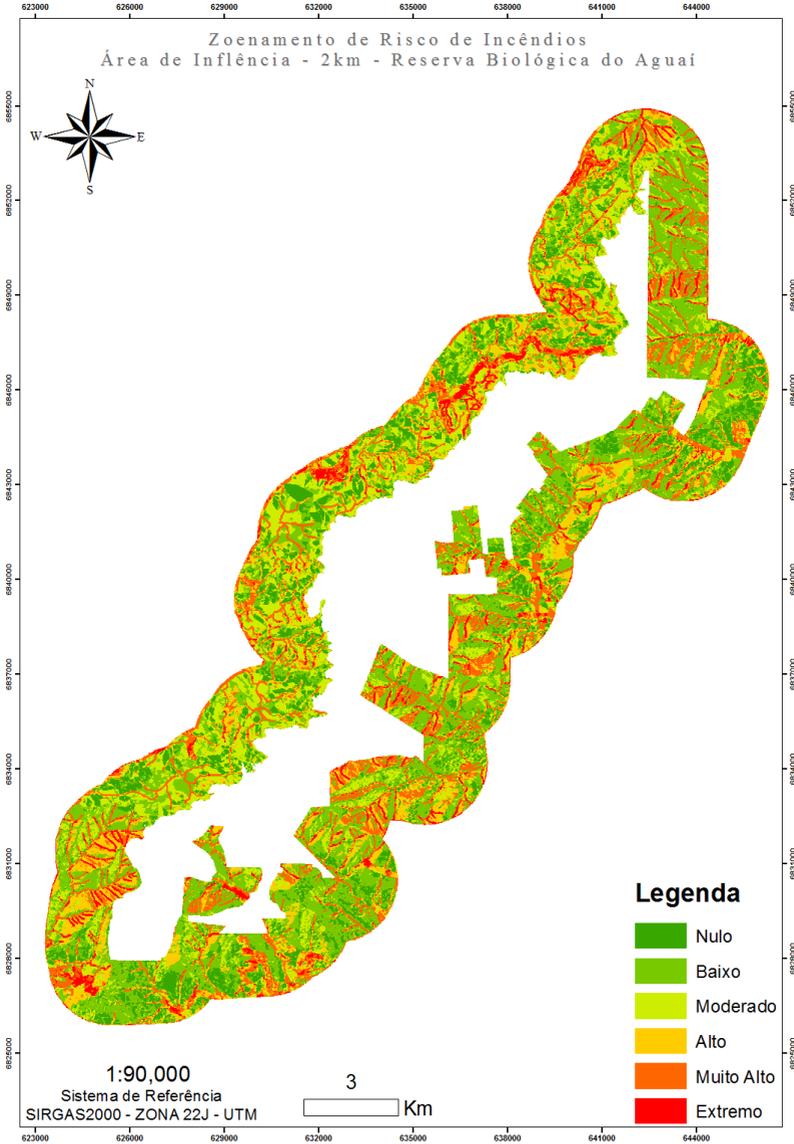


Figura 13 – ZRIF para a área de influência no entorno da REBIO do Aguai. Fonte: o autor.

#### 5.4. Validação do ZRIF a partir das áreas queimadas na REBIO do Aguai

Para verificar a assertividade do ZRIF obtido para a REBIO do Aguai, serão apresentados os dados resultantes da análise de sobreposição entre as áreas queimadas e as classes de risco de incêndios presentes no PI do ZRIF.

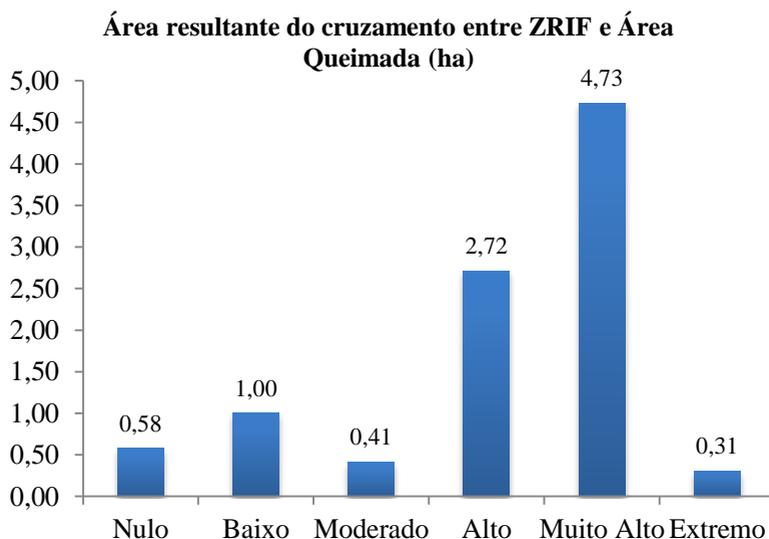


Gráfico 11 - Representação do resultado do cruzamento entre ZRIF e áreas queimadas. Fonte: o autor.

Verifica-se na Tabela 20, que apenas 20% das áreas encontram-se em classes de risco nulo, baixo ou moderado, o que contrasta com os demais 80% que estão em classes alto, muito alto ou extremo de risco de incêndios. O fato de os locais de ocorrência de incêndio estarem próximos à borda da reserva tem relação com a maior proporção de área em classes de maior risco, devido à área de influência para atividades no entorno.

Um fato importante a se comentar é a ocorrência de área queimada na classe de risco nulo. Como se trata de uma validação com

uma área em que houve a ocorrência de incêndio, cria-se a tese de que não haja, nas situações observadas na REBIO, áreas com risco nulo.

Isso é uma oportunidade para que se revejam as bases de classificação das regiões consideradas a fim de entender que mesmo que o risco seja ínfimo, ele é presente. Pode-se então, do ponto de vista dos coeficientes para ponderação dentro das classes, mudar a nomenclatura de nulo para muito baixo e ao mesmo tempo atribuir nas ponderações destas classes, excetuando-se coberturas de solo de rocha ou corpos d'água, um valor maior de zero e menor que um. Sendo para isso necessário um aprofundamento no estudo dos coeficientes utilizados para a ponderação das classes de risco de incêndio florestal.

O Gráfico 12 apresenta a proporção de área por classe de risco de incêndio florestal na área queimada.

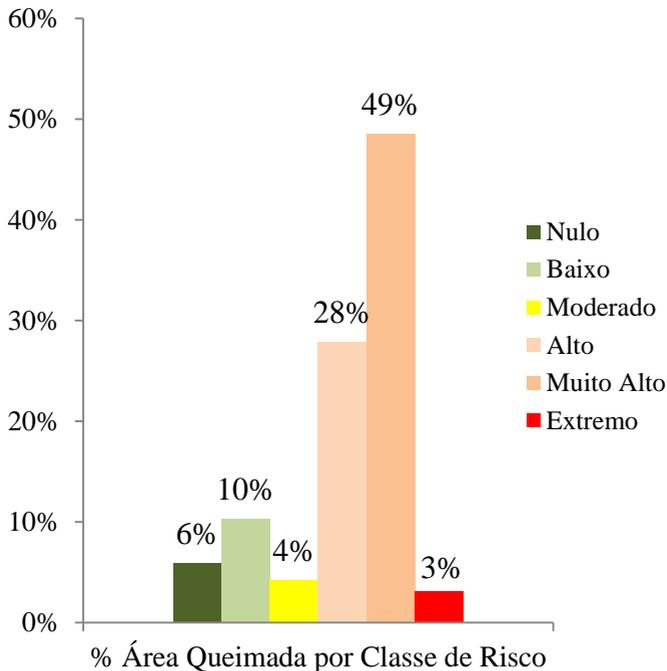


Gráfico 12 - Resultado do cruzamento entre ZRIF e áreas queimadas.

Fonte: o autor.

A Tabela 20 apresenta a área e sua porcentagem por classe de risco relativa aos locais onde ocorreram os incêndios.

Tabela 20 - Análise geral do cruzamento entre o ZRIF e área queimada

Classe de Risco	ÁREA (ha)	%
Nulo	0.58	6%
Baixo	1.00	10%
Moderado	0.41	4%
Alto	2.72	28%
Muito Alto	4.73	49%
Extremo	0.31	3%
Total geral	9.75	100%

Fonte: o autor.

Como se pode verificar na Tabela 21 a cobertura do solo nos locais de incêndio é de 58% de Floresta Ombrófila Densa, 36% de Campo e 7% Regeneração Natural. Como elemento de comparação cita-se o trabalho de Tetto (2012), que em um estudo de ocorrência de incêndios florestais no estado do Paraná verificou que as áreas mais atingidas pelas ocorrências de incêndios são em 61,3% dos casos, áreas de plantios de Pinus, Eucalipto ou outras espécies exóticas, 18,7% em formações de Campos, 13% em áreas de Capoeira, 6% em áreas de Florestas Nativas e 0,5% em infraestrutura e outros.

No caso da REBIO do Aguai, pela cobertura do solo ser 98% de Floresta Ombrófila Densa, é natural que haja maior ocorrência nestas áreas. No entanto comparando o resultado dos dois trabalhos é possível verificar a similaridade da importância que a formação do tipo "Campo" tem, pois no estudo de Tetto (2012) as formações de "Campo" só não apresentaram mais área queimada que os "Plantios Florestais".

A Tabela 21 apresenta a área e sua porcentagem por tipo de cobertura do solo relativos aos locais onde ocorreram os incêndios.

Tabela 21 – Área queimada por Tipo de Cobertura do Solo.

Tipo de Cobertura do Solo	Área (ha)	%
Floresta Ombrófila Densa	5.64	58%
Campo	3.46	36%
Regeneração Natural	0.64	7%
Total	9.75	100%

Fonte: o autor.

Koproski *et al.* (2004), também em um estudo de ocorrência de incêndios para o Parque Nacional de Ilha Grande, afirmam que 92% das ocorrências de incêndios foram de natureza humana. Em relação às ocorrências na REBIO, dos cinco incêndios ocorridos nos meses de setembro e outubro de 2008 e 2009, todos se localizaram próximos aos limites da reserva. Em locais de confrontação com áreas de campo e floresta plantada, locais estes que tem atividade humana constante.

Portanto os resultados de Koproski *et al* (2004) corroboram com o fato de que os incêndios estão associados à presença humana e suas atividades no entorno da reserva. Está afirmação se justifica pelo fato de que o acesso ao interior da reserva é dificultado pelo fator relevo, que tem caracteristicamente altas declividades em grande parte da reserva. Para que haja ocorrências nestes locais as causas mais prováveis são as causas naturais ou estocásticas, descargas elétricas, ignição espontânea, entre outras, tais como citam Koproski *et al* (2004).

Salienta-se que pelo enquadramento "Reserva Biológica" dentro da SNUC, esta tem como objetivo a proteção integral dos recursos naturais não sendo permitida a visitação.

A Figura 14 apresenta os locais de ocorrência de incêndio florestal sobrepostos ao ZRIF para a REBIO do Aguai.

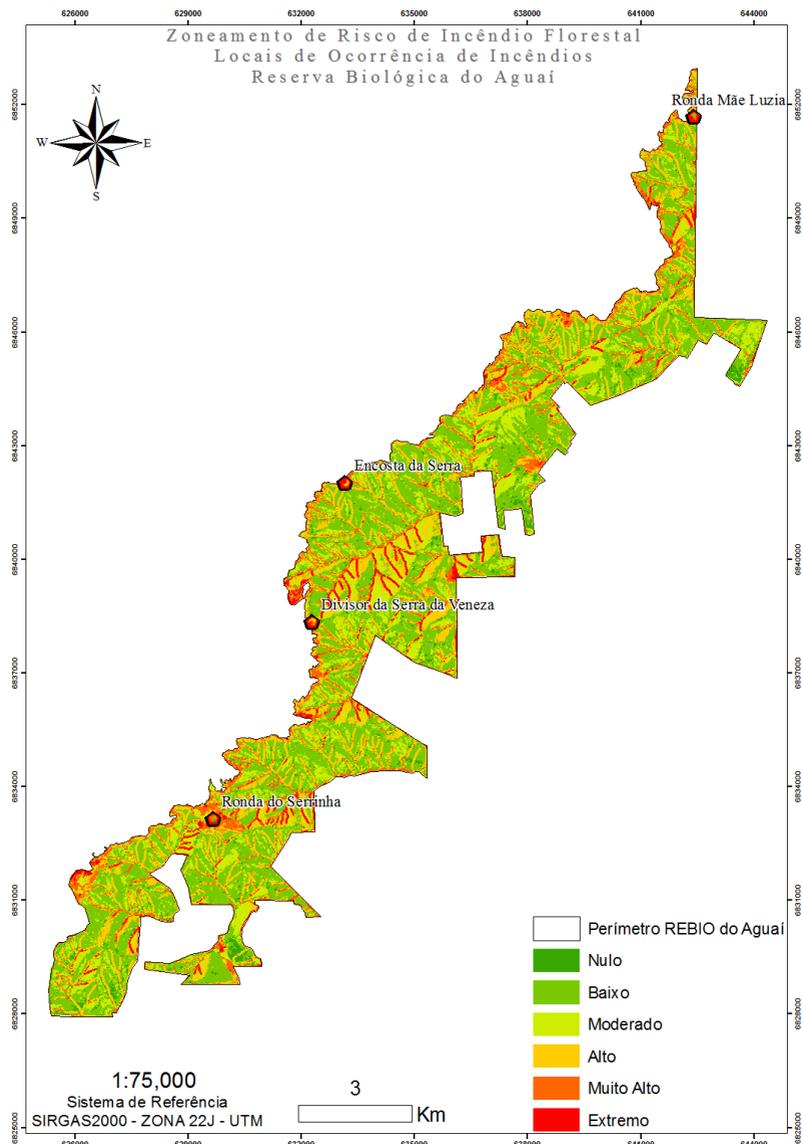


Figura 14 – Locais de Ocorrência de Incêndio Florestal na REBIO do Aguai. Fonte: o autor.

Com exceção do local "Ronda do Serrinha", é possível verificar a partir da análise da Figura 14, que os incêndios florestais se concentram em regiões de confrontação com áreas do entorno. Este é um indicativo da influência das atividades do entorno e da importância da construção e validação do ZRIF também para área do entorno.

## 6. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem apresentar as seguintes conclusões:

1. A cobertura do solo para a REBIO do Aguaí é composta de 98% de Floresta Ombrófila Densa e 2% de demais Usos.
2. Considerando a hipótese estabelecida a partir da metodologia empregada foi possível realizar o Zoneamento de Risco de Incêndios Florestais para a REBIO do Aguaí, bem como para a área de Influência do entorno.
3. 29% da área da REBIO do Aguaí está sob influência da presença humana sob o ponto de vista de risco de incêndios florestais.
4. Em relação à Carga de Material Combustível 99% da área foram classificadas como RIF moderado. Isto se deve ao fato de grande parte da cobertura da área ser representada pela formação Floresta Ombrófila Densa, que possui baixa carga de material combustível de acordo com os parâmetros utilizados.
5. De acordo com a Declividade os riscos de incêndios foram 5,1% nulo, 0,2% baixo, 1,1% moderado, 4,4% alto, 9,2% muito alto e 80% extremo. Isto se deve ao fato de que 19% da área apresentar declividade de 45 a 90 ° e 60% de 25 a 45°. O aumento da declividade favorece a propagação de incêndios florestais.
6. De acordo com a Orientação das Encostas os riscos de incêndios foram 18,1% nulo, 31,7% baixo, 15% moderado, 12,6% alto, 9,7% muito alto e 12,9% extremo. Para os riscos alto, muito alto e extremo, as orientações de encostas associada são norte, nordeste e

noroeste, pois estão associadas a maiores períodos de insolação, bem como maior incidência solar.

7. De acordo com os Ventos Predominantes os riscos de incêndios foram 58,5% nulo, 28,6% moderado e 12,9% alto, estes em geral associados a ventos norte e noroeste de característica seca.
8. Considerando a Cobertura Vegetal 98% da área se encontra em risco de incêndio baixo. As características de alta umidade da formação de Floresta Ombrófila Densa, dificultam a propagação de incêndios em boa parte do ano.
9. Existe pouca bibliografia relacionada à determinação da carga de material combustível em FOD. Estudos dentro dessa temática podem contribuir para o aprimoramento do ZRIF em áreas com este tipo de formação vegetacional.
10. O ZRIF para a REBIO do Aguai resultou em 3,4% da área com risco de incêndio nulo, 42,6% baixo, 19,7% moderado, 20,6% alto, 9,6% muito alto e 4,2% em risco extremo.
11. O mapa de zoneamento de risco de incêndio espacializou satisfatoriamente as ameaças e a vulnerabilidade da área, permitindo ações de gestão de incêndios e prevenção nas áreas críticas, possibilitando a melhoria e eficiência das medidas a serem tomadas e otimizando a utilização dos recursos.
12. A partir do conhecimento das áreas críticas geradas no mapa de ZRIF é possível realizar um planejamento assertivo para prevenção, controle, monitoramento das áreas e combate aos incêndios.
13. O relevo da Reserva Biológica do Aguai favorece a propagação de incêndios e dificulta muito o seu combate, este é um dos motivos pelos quais se torna importante o zoneamento dos riscos de

incêndios, visando propor práticas de combate, manejo de equipes e dimensionamento de infraestrutura para o efetivo controle dos possíveis focos de fogo.

14. Em períodos de queimadas de campo é necessária a intensificação das rondas e acompanhamento de focos de incêndios por parte da gestão do parque e do corpo de bombeiros militar do estado de Santa Catarina. Com o auxílio do zoneamento de risco de incêndio será possível prever o material e a logística necessária para cobrir as áreas de maior risco.
15. Fazendo uso da metodologia proposta foi possível realizar o ZRIF para a área de influência no entorno da REBIO do Aguai.
16. Na análise do entorno da REBIO foi possível verificar que a cobertura do solo foi representada em 62% por Florestal Ombrófila Densa, 20% pela formação Campo, 9,5% por Florestal Ombrófila Mista, 3,7% por Floresta Plantada, 3% por Áreas Úmidas e 0,6% de outros usos.
17. O ZRIF para a área do entorno da REBIO do Aguai resultou em 14,2% da área com risco de incêndio nulo, 30,7% baixo, 19,8% moderado, 13,4% alto, 16,7% muito alto e 5,1% em risco extremo.
18. Para as áreas do entorno, em comparação com o ZRIF para os limites da REBIO, as classes de risco mantiveram-se com proporção similar, ocorrendo variação nas classes nulo, baixo, alto, muito alto e extremo da ordem de 18%. O que se deve principalmente a maior presença humana (counidades do entorno), formações de campo e floresta plantada.
19. O ZRIF para a área do entorno possibilita o planejamento de ações junto às comunidades do entorno da REBIO por parte da Fatma e do

corpo de bombeiros. Principalmente as atividades de grande potencial causador de incêndios, como a pecuária devido à queima de campo.

20. As zonas de risco mais elevado representadas no mapa pelo matiz avermelhada, podem nortear a instalação de torres de monitoramento de incêndios.
21. O cruzamento das áreas queimadas com o ZRIF para a reserva indicou que 20% das áreas encontram-se em classes de risco nulo, baixo ou moderado, o que contrasta com os demais 80% que estão em classes alto, muito alto ou extremo de risco de incêndios.
22. Tendo em vista a ocorrência de incêndios em áreas classificadas a partir da técnica de álgebra de mapas, como risco nulo, sugere-se o aprofundamento no estudo desta classe, da definição dos coeficientes de ponderação e do entendimento de risco nulo. Com o resultado do trabalho se entende que se houve incêndio nesta classe este risco poderia ser classificado não como nulo, mas como muito baixo. O que implicaria também nos coeficientes atribuídos para a ponderação das classes de risco.
23. A cobertura do solo nos locais de incêndio é de 58% de Floresta Ombrófila Densa, 36% de Campo e 7% Regeneração Natural.
24. As áreas de ocorrência de Incêndio estão, nos cinco casos, localizadas nas proximidades dos limites Leste da REBIO do Aguai. Isto reafirma a importância da análise de ZRIF e proposta de gestão das atividades do entorno visando conscientização e prevenção de incêndios na reserva.
25. Os ZRIF's apresentados contemplam o interior e entorno da REBIO do Aguai, com isso é possível dimensionar, considerando zonas de

risco alto, muito alto e extremo do mapa, a equipe de combate, infraestrutura necessária e equipamentos para o controle e combate aos incêndios.

26. A análise conjunta do ZRIF para a reserva, para o entorno e a análise das áreas queimadas possibilita afirmar que existe sentido prático na aplicação da metodologia de ZRIF.
27. Os incêndios considerados na análise ocorreram próximos aos limites Leste da REBIO. Deve-se ter, portanto atenção redobrada com as atividades do entorno.
28. Sugere-se como medida preventiva a divulgação do papel da REBIO do Aguai e da importância das atividades da comunidade através da educação ambiental, visando à prevenção de incêndios e outras práticas em desconformidade com o objetivo da reserva.
29. Sugere-se, a aplicação dos conceitos e técnicas de zoneamento de risco de incêndios por meio de ação coordenada entre as UC's do estado de Santa Catarina, visando sua conservação.
30. Para melhorar a previsão de perigo e o próprio zoneamento de risco de incêndios florestais nas unidades de conservação do estado, sugere-se a instalação de estações de monitoramento meteorológicas.
31. Com base no resultado do trabalho se sugere o estudo de uso de estações meteorológicas alternativas e um aprofundamento na influência do uso de determinados locais, neste estudo se utilizou a estação de São Joaquim, porém é importante se definir uma metodologia, que em função da extensão e formato da reserva, contemplasse o uso de mais de uma estação como referência, implicando em uma necessária adaptação na metodologia.

32. O resultado cartográfico dos mapas obtidos pode ser melhorado através do estudo de aplicação de técnicas de generalização cartográfica, que levem em conta a informação contida nas regiões para obter um resultado cartográfico aprimorado.
33. A metodologia aplicada pode ter seu resultado aprimorado a partir de um estudo que contemple a integração do zoneamento com dados climáticos dinâmicos, visando a obtenção "mapas dinâmicos" de riscos de incêndios florestais, que poderão estar associados à eventos climáticos, índices de perigo e estatísticas de ocorrências de incêndios.
34. As indicações elencadas nestas conclusões, em suma, a aplicação das técnicas de álgebra de mapas gerando o ZRIF, aliadas a um sistema eficiente de prevenção de incêndios baseado em ações conjuntas entre UC's e educação ambiental, constituem um marco para o estabelecimento de um sistema de monitoramento ambiental voltado a incêndios florestais em áreas naturais.
35. Sugere-se a aplicação deste estudo para gestão de risco de incêndios na REBIO do Aguai.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA ,R. **Forest fire risk areas and definition of the prevention priority planning actions using GIS**. Disponível em:

<[www.sgi.ursus.maine.edu/gisweb/spatdb/egis/eg94193.html](http://www.sgi.ursus.maine.edu/gisweb/spatdb/egis/eg94193.html)> Acesso em :15jun .2000.

BACHMANN, A.; ALLGÖWER, B. **Frame Work for Wild Fire Risk Analysis**. In: International Conference on Forest Fire Research, 3.; Conference on Fire Forest Meteorology, 14., 1998, Coimbra. Anais... Lisboa: ADAI-University of Coimbra, 1998. p. 2177-2190.

BARBANO, M. T. BRUNINI, O. PINTO, H. S. **Direção predominante do vento para a localidade de Campinas – SP**. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 123-128, 2003.

BATISTA, A. C. **Mapas de risco: uma alternativa para o planejamento de controle de incêndios florestais**. FLORESTA, Curitiba, v. 30, n. 1, 2, 45-54, jun/dez. 2000.

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.; SOARES R. V. **Manual de prevenção e combate a incêndios florestais**. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 2003. 52 p.

BURGAN, R. E.; SHASBY, M.B. **Mapping Broad-Area Fire Potencial From Digital Fuel, Terrain, and Weather Data**. Journal of Forestry, Bethesda, v.82, n.4, p.228-231, abr. 1984.

CASTAÑEDA, A. **Zonificación para el manejo de incendios en plantaciones forestales En Colombia**. Boletín de Protección Forestal, Colombia, n.2, p.38-46, abr.1997.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA. **E-193: Relatório estatístico por código de ocorrências**. Santa Catarina, 2011. Disponível em:< <http://www.cb.sc.gov.br/> > Acesso em: 10 nov.

2013.

CHATTO, K. **Development of a wild fire threat analysis model for South-eastern Australia.** In: International Conference on Forest Fire Research, 3.; Conference on Fire Forest Meteorology, 14., 1998, Coimbra. Anais... Lisboa: ADAI-University of Coimbra, 1998. p. 2243-2254.

CHHETRI, D. B. **Seasonality of forest fire in Bhutan.** Disponível em: <[www.ruf.uni-freiburg.de/fireglobe/](http://www.ruf.uni-freiburg.de/fireglobe/)> Acesso em: 13 jun. 2012. CHOU, Y.; MINNICH, R. A.; CHASE, R. A. Mapping Probability of Fire Occurrence In San Jacinto Montains, California , USA. Environment al Management, New York, v. 17, n. 1, p. 129-140, 1993.

CHOU, Y. *et al.* **1 Spatial autocorrelation of wildfire distribution in the Idyllwild Quadrangle, San Jacinto Motains, California, USA.** Environmental Management, New York, v. 17, n. 1, p.129-140, 1990.

CHUVIECO, E.; CONGALTON, R. G.. **Aplication of remote sensing and geographic information systems to forest fire hazard mapping.** REMOTE SENSORING OF ENVIROMMENT, New York, v. 29. p. 147-159, 1989.

DEAN, W. **A ferro e fogo: A história e a devastação da mata atlântica brasileira.** Tradução Cid Knipel Moreira. 1ª ed 3ªtir. São Paulo: Companhia das Letras, 1996.488págs.

EKLUND, P. W.; KIRKBY, S. D. **Fire Master system .** Disponível em: <[hal.eas.gu.edu.au/kvo/presentations/it/ema.html](http://hal.eas.gu.edu.au/kvo/presentations/it/ema.html)> Acesso em: 18 jun. 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA.  
**Alternativas para a Prática das Queimadas na Agricultura.**  
Disponível em <http://www.cnpm.embrapa.br/projetos/qmd/index.html>>. Acessado em 30/07/2012.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E DE EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA S. A. **Mapa de Uso da terra 1997 do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro.** Relatório... Florianópolis : EPAGRI, 1997. 19 p.

ENCINAS, J. I. **Aplicação do sensoriamento remoto para caracterização ambiental de 80.000 ha, as margens do rio Paraguai**. Brasília: UNB. Departamento de Engenharia Florestal, 2000.

FARIA, A. B. C.; OLIVEIRA FILHO, P. C.; DISPERATI, A. A.; VENÂNCIO, D. L.; SILVA, P. C. **Plano de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais para o Campus da UNICENTRO/IRATI**. FLORESTA, Curitiba, PR, v. 39, n. 4, p. 887-895, out./dez. 2009.

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.

FERREIRA, M. P.; KOPROSKI, L.; ZANOTTA, D. C. **Uma abordagem fuzzy no zoneamento e risco de incêndio**. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.4555.

FLOSS, P. A.; CALDATO, S. L.; BOHNER, J. A. M. **Produção e decomposição de Serapilheira na Floresta Ombrófila Mista da Reserva Florestal da Epagri/Embrapa de Caçador, SC**. Agropecuária Catarinense, Florianópolis, v.12, n.2, jun. 1999.

FROHN, R. C., REIF, M., LANE, C., AUTREY, B., **Satellite remote sensing of isolated wetlands using object-oriented**. 2009. Wetlands, 29(3), pp 931-941.

FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SANTA CATARINA (FATMA). **Atlas da cobertura vegetal de Santa Catarina**. Florianópolis, 2003.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, *et al.* **Atlas da Evolução dos Remanescentes Florestais e Ecossistemas Associados no Domínio da Mata Atlântica no Período 1990-95**. Relatório. São Paulo, 1998. 54 p.

GETTER, J. R. **Wild fire Hazard Classification Mapping For Suburban Land Use Planning**. Fire Management Notes, Washington, v.37, n.3, p. 4-5, 1976.

GOLDAMMER, J. G. **Incêndios florestais: prevenção, controle e uso do fogo**. Irati: S.A.C.T., 1982. 93 p.

GOUMA, V.; CHRONOPOULOU-SERELI, A. **Wild land fire danger zoning - a methodology**. International Journal of Wild land Fire, Colorado, v.8, n.1, p. 37-43, 1998.

HENDRIX, C.; COEN, J. **New techniques seek to extinguish wild fire risks**. Imaging Notes, Colorado, p. 22-23, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro, 1992. 92 p. (Série: Manuais Técnicos em Geociências, n.1).

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Prevfogo: 17 anos de luta contra os incêndios florestais**. Brasília: 11/04/2006. Disponível em <[http://www.ibama.gov.br/novo\\_ibama/paginas/materia.php?id\\_arq=3822](http://www.ibama.gov.br/novo_ibama/paginas/materia.php?id_arq=3822)>. Acessado em 05/07/2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **PORTARIA CONJUNTA N° 001/05 de 29 de junho de 2005**. Disponível em <[http://ibama2.ibama.gov.br/cnia2/renima/cnia/lema/lema\\_texto/IBAMA/PT0001-290605.PDF](http://ibama2.ibama.gov.br/cnia2/renima/cnia/lema/lema_texto/IBAMA/PT0001-290605.PDF)>. acessado em 02/08/2012.

ISSO e PACIFIC MERIDIAN RESOURCES. **Ships its Fire line data with Pacific Meridian's Book**. Disponível em: <[www.pacificmeridian.com/new/isoPR.html](http://www.pacificmeridian.com/new/isoPR.html)> Acessoem: 11 mai. 2000.

KLEIN, R. M. **Mapa fitogeográfico do estado de Santa Catarina**. Itajaí : SUDESUL, FATMA, HBR, 1978. 24 p. (Flora Ilustrada Catarinense; 5).

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

KOPROSKI, L. P.; BATISTA, C. A.; SOARES, V. R. **Ocorrências de Incêndios Florestais no Parque Nacional de Ilha Grande – Brasil.** FLORESTA 34 (2), Mai/Ago, 2004, 193-197, Curitiba, PR.

KRAPFENBAUER, A.; ANDRAE, F. **Inventário de um reflorestamento de Araucária De 17 anos em Passo Fundo - RS.** In: ANDRAE, F. H. Pesquisas austro-brasileiras 1973 – 2000 sobre *Araucaria angustifolia*, *Podocarpus limbertii* e *Eucalyptus saligna*. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1983. p. 16-29.  
KUNTZ, S. & KARTERIS, M. **Fire risk modelling based on satellite remote sensing and GIS.** EARSeL Advances in Remote Sensing, Vol. 4, No. 3-XII, 1995, p. 40-46.

LOS INCÊNDIOS forestales en Iberoamerica. **In: SEMINÁRIO IBEROAMERICANO SOBRE NUEVAS TECNOLOGIAS Y GESTION EN CATASTROFES, 1., 1997, Madrid. [Annales...]. Madrid: [s.n.], 1997. 87 p. (Seccion técnica incêndios forestales).**

MACEDO, F. W.; SARDINHAA, M. **Fogos florestais: v. 2.** Coimbra: Publicações Ciência e Vida, 1987. p. 89-111.

MAGALHAES, T. L. D.; SCHIMALSKI, M. B.; MANTOVANI, A.; BORTOLUZZI, R. L. **Image classification using Landsat TM images for mapping wetlands vegetation (banhados) of the Catarinense Plateau, southern Brazil.** Proceedings of the 4th GEOBIA, May 7-9, 2012 - Rio de Janeiro - Brazil. p.292

MUNHOZ, F. C.; GARCIA, A. **Caracterização da velocidade e direção predominante dos ventos para a localidade de Ituverava-SP.** Revista Brasileira de Meteorologia, v.23, n.1, 30-34, mar. 2008, São José dos Campos, SP.

NUNES, S. S. S. **Estimativas de Biomassa e Carbono e indicadores para Restauração de Florestas Secundárias em Paragominas, Pará.** Piracicaba. 126 f. Dissertação (Mestrado em Conservação de Ecossistemas Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

NUÑEZ-REGUEIRA, L.; AÑÓN, R.; CASTIÑEIRAS, J. P. **Design of risk index Maps as a tool to prevent Forest fires in the northern**

**coast of Galicia (N. W. Spain).** Bio resource Technology, Essex, v.69, p. 23-33, 1999.

NUÑEZ-REGUEIRA, L.; CASTIÑEIRAS, J. P.; AÑÓN, J. A. R.  
**Desing index maps As a tool to prevent forest fires in the hill-side zone of Galicia (NWSpain).** Bio resource Technology, Essex, v.73, p. 123-131, 2000.

OLIVEIRA, D. S. **Zoneamento de risco de incêndios florestais no norte de Santa Catarina.** Curitiba. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

OLIVEIRA, D. S.; BATISTA, A. C.; MILANO, M. S. **Fogo em Unidades de Conservação.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO, 2., 2000, Campo Grande. Anais do 2º Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação. Campo Grande: Rede Nacional Pró Unidades de Conservação, 2000. p. 200-207.

OLIVEIRA, D. S.; *et al.* **Zoneamento de Risco de Incêndios Florestais para o Estado do Paraná.** FLORESTA 34 (2), Mai/Ago, 2004, 217-221, Curitiba, PR.

ONIGEMO, A. E. **Avaliação de índices de risco de incêndio em áreas com predominância de gramíneas cespitosas na sub-região de Nhecolândia, Pantanal, MS.** Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Ecologia. Tese de Doutorado. Campo Grande, MS. 2007.

PARIZOTTO, W.; SOARES, R. V.; BATISTA, A.C.; SOUSA, N. J. **Controle dos Incêndios Florestais pelo Corpo de Bombeiros de Santa Catarina: Diagnóstico e Sugestões para seu Aprimoramento.** FLORESTA, Curitiba, PR, v. 38, n. 4, p. 651-662, out./dez. 2008.

REITZ, P.; KLEIN, R. M.; REIS, A. **Projeto madeira do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Herbário Barbosa Rodrigues, 1988.

REITZ, R. ; ROSÁRIO, L. A. do ; SCHIMTZ, R. J. **Restauração da fauna desaparecida na baixada do Maciambu (Palhoça, S. Catarina, Brasil).** SELLOWIA SER. ZOOL., Florianópolis, n. 2, 1982. 207 p

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. **Projeto Madeira de Santa Catarina**. Sellowia, Itajaí, n.28-30, p.3-320, 1978.

RIBEIRO, G. A. **A queima controlada no manejo da terra**. In: SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; NUNES, J. R. S. Incêndios florestais no Brasil: o estado da arte. FLORESTA. Curitiba, 2009. p. 181 - 214.

RIBEIRO, G. A.; LIMA, G. S.; OLIVEIRA, A. L. S. de; CAMARGOS, V. L. de **Uso de vegetação como aceiro verde na redução da propagação do fogo sob linhas de transmissão**. [200-], 18 p. (Relatório técnico).

RIBEIRO, L.; KOPROSKI, L. de P.; STOLLE, L.; LINGNAU, C.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Zoneamento de riscos de incêndios florestais para a Fazenda Experimental do Canguiri, Pinhais (PR)**. FLORESTA. Curitiba, v. 38, n. 3, p. 561 – 572, jul./set. 2008.

SALAS, J.; CHUVIECO, E. **Geographic information systems for wild land fire risk mapping**. Wild fire, Washington, v.3, n.2, p. 7-13, jun. 1994.

SANTA CATARINA. **Decreto nº 4909 de 09 de outubro de 1994**. Estabelece as normas de segurança contra incêndios do Estado de Santa Catarina.

SANTA CATARINA. Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral. **Atlas de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro, 1986.  
SCHUMACHER, M. V. **Quantificação da biomassa e do conteúdo de nutrientes no Primeiro desbaste de uma floresta de *Araucaria angustifolia* (Bertoloni) Otto Kuntze, na região de Quedas do Iguaçu-PR**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2000. 36p. Relatório Técnico.

SHOW, S. B.; CLARKE, B. **Elements of forest fire control**. Roma: FAO, 1953. p. 18-19.

SMITH, D. T. **Mapping the bush fire danger of Hobart: Australian Bushfire Conference, Albury**. Disponível em:

<<http://life.csu.edu.au/bushfire99/contents.html>> Acesso em: 28 mai. 2012.

SNEEUWJAGT, R. **Application of wild fire threat analysis in south-western forest of Western Australia**. In: International Conference on Forest Fire Research, 3.; Conference on Fire Forest Meteorology, 14., 1998, Coimbra. Anais... Lisboa: ADAI-University of Coimbra, 1998. p. 2155-2176.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Curso de especialização por tutoria à distância controle de incêndios florestais: o problema do fogo na floresta e meteorologia aplicada aos incêndios florestais: módulo 2**. Brasília, DF: ABEAS, 2002. 120 p.

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

SOARES, R. V.; BATISTA, A.C.; NUNES, J. R. S.; **Incêndios Florestais no Brasil: O Estado da Arte**. Curitiba: UFPR, 2009.

SOARES, R.V. **Incêndios florestais: controle e uso do fogo**. Curitiba: FUPEF, 1985.

SOUSA, C. *et al.* **Relatório do Projeto de Cartografia de Risco de Incêndio Florestal-CRIF2 a Fase**. Disponível em: <[www.terravista.pt](http://www.terravista.pt)> Acesso em: 17 abr. 2012.

SOUTO, P. C.; EDIMAR, V. J.; JUNIOR, C.; ALMEIDA, F. C. P.; MARTINS S.; ARAUJO, I. E. L.; SOUTO, S. S. **Quantificação do material combustível em plantios florestais e em remanescente de mata atlântica no brejo da Paraíba**. ENGENHARIA AMBIENTAL, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 3, p. 473 - 481, set/dez 2009.

TETTO A. F. **Comportamento Histórico dos Incêndios Florestais na Fazenda Monte Alegre no período de 1965 a 2009**. Tese (doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Área de concentração: Conservação da Natureza. 114 fls. 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, jun. 2012.

TETTO, A. F. **Avaliação do risco como subsídio para o planejamento da proteção contra incêndios florestais em unidades de conservação: estudo de caso da FLONA de Irati – PR.** 109 f. Dissertação (Mestrado em Conservação da Natureza) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

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 Florestalis., Piracicaba, v. 38, n. 87, p. 409 – 417, set. 2010.

VENTURI, N. L.; ANTUNES, A. F. B. **Determinação de locais ótimos para implantação de torres de vigilância para detecção de incêndios florestais por meio de Sistema de Informações Geográficas.** FLORESTA, Curitiba, v. 37, n. 2, p. 159-173, 2007.