

**MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE**

**ICMBio**



**PARQUE NACIONAL DO ITATIAIA**



**BOLETIM  
NÚMERO  
15**

**Análise Geoecológica dos  
Incêndios Florestais do  
Parque Nacional do Itatiaia**

**GUSTAVO WANDERLEY TOMZHINSKI**

**KÁTIA TORRES RIBEIRO**

**MANOEL DO COUTO FERNANDES**



**2012**

## EDITORIAL

O Boletim de Pesquisa do PNI N°15-“Análise Geocológica dos Incêndios Florestais no Parque Nacional do Itatiaia” é um trabalho do Analista Ambiental Gustavo W. Tomzhinski, do seu orientador Prof./Dr.Manoel do Couto Fernandes e de Kátia Torres Ribeiro.

A pesquisa em tela foi apresentada em 2012 ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do Grau de Mestre em Ciências: Geografia.

O pesquisador dissecou uma área de estudo que definiu como o polígono abrangendo o PNI e seu entorno de 3 km. Essa área totaliza 57.924 ha.

Gustavo relata o registro de 453 incêndios e ressalta os mais relevantes, nos anos:

1937, 1951, 1963, 1988, 1989, 2001, 2007, 2008, 2010 e 2011 e concluiu com os métodos utilizados para detecção de incêndios, regime de fogo, mapeamento geográfico da suscetibilidade e ocorrência de incêndios e outros questionamentos e conclusões.

As 143 referências bibliográficas utilizada pelo autor têm pontos de referências dos Boletins de Pesquisa do

PNI criado por Wanderbilt Duarte de Barros (1916-1997) em 1949.

O Engenheiro Agrônomo Tomzhinski utilizou os Boletins Números 4, 5, 6 e 10, publicados respectivamente em 1955, 1956, 1957 e 2012.

Levantando o passado do PARNA ITATIAIA, Gustavo consegue chegar ao presente através de mapas, gráficos e uma dissertação leve e prazerosa de um dos seus piores problemas que é o incêndio florestal e liga o futuro para que as novas gerações tenham perspectivas de usufruírem um modelo de integração sócio-ambiental livre de qualquer tipo de agressão a sua biótica e beleza natural.

LÉO NASCIMENTO.

COORDENADOR DE PESQUISA DO PNI.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS pelas inúmeras bênçãos e livramentos que me permitiram chegar até aqui;

Aos meus pais, Armando e Betty, a quem muito admiro e que sempre acreditaram em mim e investiram muito mais do que apenas recursos financeiros na minha educação e formação como pessoa.

À minha amada esposa Manuela, que me apoiou desde o início nesse projeto e agüentou uma sobrecarga de afazeres diversos nas minhas ausências e tempo dedicado aos estudos;

Ao ICMBio pela oportunidade de cursar o mestrado através da concessão da licença para capacitação.

Ao meu orientador e amigo, Professor Manoel do Couto Fernandes, que sempre manteve o bom humor, me acudiu e levantou a moral nas horas em que as coisas pareciam não funcionar. À Dra. Kátia Torres Ribeiro, por trazer valiosas contribuições para o trabalho com uma perspectiva diferente daquela puramente acadêmica;

Ao colega Leo Nascimento pela idéia e concretização de lançar um Boletim do PNI com os resultados da Pesquisa e ao Duílio Rosa Gois pela formatação final do documento;

Aos Professores Carla Madureira, Paulo Menezes, Rafael Barros e Rogério Oliveira pela disponibilidade em ajudar e pelas preciosas contribuições em diferentes etapas deste trabalho. À Monika Richter que me apresentou o PPGG e cuja dissertação me serviu de inspiração para o Mestrado;

Aos amigos e companheiros de GEOCART Paulinho, Pedrinho, Gustavo e Bruna que muito me ajudaram, assim como ao Marlon, Daiane, Felipe e Cristina, que tanto trabalharam no preparo das bases de dados. Ao Fabinho que sempre me acudiu nos apuros “informáticos”, ao Prof. José Francisco Oliveira Júnior e ao Andrews pela ajuda com os dados climáticos. A todos os demais amigos do laboratório que contribuíram para esse projeto e para o ótimo ambiente de trabalho que compartilhamos durante esses dois anos;

Aos amigos e colegas de trabalho Carlos Alexandre dos Santos de Souza, Léo Nascimento, Luiz Antônio Coslope, Marcelo Souza Motta, Mário Koslowski Pitombeira, Patrícia Kidricki Iwamoto, Paulo Manoel dos Santos e Walter Behr, assim como à Luciana Temponi pelas contribuições técnicas e bibliográficas. Ao Edson Santiago pelas informações sobre o incêndio de 1988 e a Lúcia Teixeira, Cristiane Barreto e Armando Tomzhinski pelas minuciosas revisões.

Ao Laboratório ESPAÇO da UFRJ e toda a sua equipe por permitirem a utilização dos softwares e equipamentos, bem como pela ajuda na sua operação.

Ao IBGE, FURNAS e ANA pela cessão de imagens, base cartográfica e dados pluviométricos para o PNI e para este projeto.

*"Siga em Frente: There's really no secret about our approach. We keep moving forward —opening up new doors and doing new things —because we're curious. And curiosity keeps leading us down new paths."*

*Walt Disney*

## RESUMO

O fogo é importante elemento modificador da paisagem. Muitas vezes os incêndios florestais têm potencial devastador constituindo ameaça à biodiversidade. O Parque Nacional do Itatiaia (PNI) é uma unidade de conservação de significância histórica e ecológica, abrigando importantes remanescentes do Bioma Mata Atlântica. A Área de Estudo (AE) foi definida abrangendo o PNI e seu entorno em uma faixa de 3 km. Este trabalho tem o objetivo de ampliar o conhecimento da questão dos incêndios através de uma análise geocológica na qual se busca estabelecer relacionamentos quantitativos e qualitativos entre os elementos da paisagem, incluindo a ação do homem sobre ela. A maior quantidade de incêndios na AE ocorre normalmente no mês de agosto, no entanto a maior concentração de área queimada é registrada para o mês de setembro, quando a precipitação acumulada atinge níveis mais baixos. O maior número de incêndios foi registrado fora dos limites do PNI, mas as maiores áreas atingidas ocorrem dentro, possivelmente devido às extensas áreas contínuas de formações campestres. Verificou-se que 58% das áreas atingidas pelos incêndios apresentam declividade alta, 51% forma convexa (alta), 73% alta incidência de radiação solar, 92% alta combustibilidade e 78% estão localizadas acima de 2.000 m de altitude. A análise da precipitação mostrou a relação inversa dos incêndios com a precipitação antecedente, especialmente nos anos dos maiores incêndios, quando essas condições foram muito abaixo da média. Foram avaliados indicadores de curto e médio prazo de precipitação acumulada, concluindo-se que estes devem ser utilizados em conjunto para o diagnóstico de condições críticas para a ocorrência de incêndios. Na análise espacial das principais variáveis ligadas ao risco à ignição, foi verificado que 73% dos incêndios estão a menos de 15 m de vias de transporte, edificações ou propriedades particulares dentro do PNI e que 93% das ocorrências dentro do Parque



estão total ou parcialmente inseridos nessas propriedades. Um mapa de suscetibilidade a ocorrência de incêndios florestais foi gerado para a área de estudo utilizando-se o método analítico-integrativo com as seguintes variáveis geológicas: combustibilidade, incidência de radiação solar, forma do relevo e declividade. O cruzamento das informações dos incêndios com esse mapa mostrou que 94% das áreas atingidas por eles foram classificadas como de alta suscetibilidade, o que aponta para a eficácia do método para a identificação de áreas com condições favoráveis à ocorrência desse fenômeno. A metodologia e os resultados encontrados constituem significativo subsídio para a modelagem do conhecimento relacionado à avaliação de cenários para a ocorrência de incêndios.

Palavras-chave: CARTOGRAFIA GEOECOLÓGICA, GEOPROCESSAMENTO, REGIME DE FOGO, UNIDADES DE CONSERVAÇÃO.

## ABSTRACT

Fire is an important landscape modifier element and many times wildfires have a devastating potential, constituting a major threat to biodiversity. The Itatiaia National Park (PNI) is a protected area of historical and ecological significance, sheltering important remnants of Atlantic Forest biome. The Study Area (AE) was defined as the own PNI area and a 3 km border. This work aims to expand knowledge about fire occurrence through a geocological analysis in which we seek to establish quantitative and qualitative relationships between landscape elements, including the action of man upon it. The largest number of fires in the EA usually occurs in August, however the largest concentration of burned area is recorded for the month of September, when the accumulated rainfall reaches lower levels. The largest number of fires was recorded outside the boundaries of PNI, but the largest burnt areas were inside it, possibly due to extensive portions of continuous grassland formations. The statistical distribution of the number of fires was used as a parameter to define the ranges of each. It was found that 58% of the areas affected by fires are at steep slopes, 51% have convex shape (high), 73% are under high incidence of solar radiation, 92% showed high combustibility and 78% were located above 2,000 m. The analysis of the precipitation showed the inverse relationship of fires with antecedent precipitation, especially in years of major fires, when these conditions were well below average. Six rainfall indicators of short and medium term were evaluated, concluding that they must be used together to diagnose critical conditions for the occurrence of fires. From spatial analysis of the main variables related to the risk to the ignition, it was found that 73% of fires are less than 15 m distance of transport routes, buildings or private property within the PNI area and 93% of cases within the Park are wholly or partially inserted in these properties. A map of susceptibility to the occurrence of

wildfires was generated for the study area using the analytical-integrative method with the following geoecological variables: combustibility, solar radiation, slope angle and slope geometry. The cross-checking of the fire records with this map showed that 94% of the areas affected by them were classified as high susceptibility, which points to the effectiveness of the method for the identification of areas with favorable conditions for the occurrence of this phenomenon. The methodology and the results are significant subsidy for the modeling of knowledge related to the assessment of scenarios for the occurrence of fires.

Keywords: GEOECOLOGICAL CARTOGRAPHY, GEOPROCESSING, FIRE REGIME, CONSERVATION UNITS.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema geral do trabalho. ....	24
Figura 2 – Área de Estudo e sua localização no contexto do Bioma Mata Atlântica. ....	26
Figura 3 – Hidrografia da Área de Estudo (AE), incluindo as principais bacias hidrográficas. ....	30
Figura 4 – Médias mensais de precipitação para as estações pluviométricas AGNE e PQUE, calculados a partir dos dados brutos de FURNAS de 1987 a 2011. ....	32
<b>Figura 5</b> – Mapa da situação fundiária do Itatiaia, de acordo com DIVISA (1999). ....	40
Figura 6 – Fotografia aérea do incêndio no Morro Cavado, tirada em 07/09/2011 (Foto do autor). ....	44
Figura 7 – Árvores atingidas pelo incêndio no Morro Cavado, foto de 10/09/2011 (Foto do autor). ....	45
Figura 8 – Carta Imagem do incêndio de 2001 no Planalto das Agulhas Negras, com destaque para a área queimada dentro da elipse amarela. ....	46
Figura 9 – Carta Imagem do incêndio de 2007 no Planalto das Agulhas Negras, com destaque para a área queimada dentro da elipse amarela. ....	47
Figura 10 – Carta Imagem do incêndio de 2010 no Planalto das Agulhas Negras, com destaque para a área queimada dentro da elipse amarela. ....	48
Figura 11 – Distribuição dos registros de incêndios de 1937 a 2011, por mês de início da ocorrência. Os dados se referem ao percentual do total de ocorrências de incêndios e área queimada registrados no período com informações sobre o mês de início (325). ....	50

Figura 12 – Gráfico de distribuição dos registros de incêndios de 1937 a 2011, por dia da semana de início da ocorrência. Percentual sobre o total de registros para o período com informações sobre a data de início (319). .....	51
Figura 13 – Distribuição por ano dos registros de incêndios no PNI e entorno de 3km, de 1937 a 2011, por ano. Em 2001 foi criado o PREVFOGO, iniciando-se a elaboração dos ROIs, e a partir de 2008 as áreas queimadas passaram ser sistematicamente medidas com GPS.....	53
Figura 14 – Distribuição por ano das áreas informadas nos registros de incêndios de 1937 a 2011, no PNI e entorno de 3km. Percebe-se a partir de 2000 a preocupação em se registrar os incêndios no entorno da unidade. ....	54
Figura 15 – Mapa dos ROIs analisados, abrangendo o período de 2008 a 2011 e os grandes incêndios de 2001e 2007, na região do Parque Nacional do Itatiaia. ....	59
Figura 16 – Distribuição por ano dos ROIs analisados. ....	61
Figura 17 – Distribuição por ano das áreas calculadas a partir dos polígonos dos ROIs analisados.....	62
Figura 18 – Ilustração de exemplo de ocorrência de requeima. Duas áreas foram atingidas por incêndios em períodos diferentes, que se sobrepuseram parcialmente (TOMZHINSKI, 2012).....	64
Figura 19 – Mapa de incidência de radiação solar na Área de Estudo.....	69
Figura 20 – Incidência média de radiação solar para os polígonos de incêndios estudados em comparação com os valores máximo, mínimo e médio encontrados para toda a Área de Estudo (AE). ....	70
Figura 21 – Gráfico do percentual de área conforme as classes de incidência de radiação solar para toda a Área de Estudo,	

para os polígonos dos ROIs analisados e para as três maiores ocorrências. ....	73
Figura 22 – Mapa de classes incidência de radiação solar na Área de Estudo .....	74
Figura 23 – Ilustração da curvatura horizontal (adaptado de VALERIANO, 2008). ....	76
Figura 24 – Mapa de formas do relevo.....	78
Figura 25 – Gráfico comparativo do percentual de área de cada forma de relevo na Área de Estudo, nos polígonos de incêndios analisados e nas três maiores ocorrências. ....	79
Figura 26 – Gráfico comparativo do percentual de área de cada classe de declividade na Área de Estudo, nos polígonos de incêndios analisados e nas três maiores ocorrências. ....	82
Figura 27 – Mapa de classes declividade para a suscetibilidade a ocorrência de incêndios .....	83
Figura 28 – Gráfico da área atingida pelos incêndios em função da altitude. ....	86
Figura 29 – Mapa de classes de altitude para a suscetibilidade a ocorrência de incêndios .....	87
Figura 30 – Rede semântica utilizada para a classificação da combustibilidade no InterIMAGE®. A vegetação foi classificada em alta e baixa combustibilidade, sendo esta última classe novamente dividida em média e baixa. ....	91
Figura 31 – Mapa de combustibilidade da Área de Estudo....	94
Figura 32 – Gráfico da área atingida pelos incêndios em função da combustibilidade.....	96
Figura 33 – Gráfico comparativo das médias mensais de precipitação com os registros históricos de incêndios. ....	101
Figura 34 – Gráfico comparativo do acumulado trimestral de precipitação junho-julho-agosto (JJA) para o período de 1984 a 2011 com os as áreas dos registros históricos de incêndios. .	102

Figura 35 – Gráfico comparativo do acumulado trimestral de precipitação julho-agosto-setembro (JAS) para o período de 1984 a 2011 com os as áreas dos registros históricos de incêndios.....	103
Figura 36 – Gráfico da variação de dias sem chuva (DSC) entre os anos de 2001 e 2011 para a estação AGNE. Os círculos em vermelho destacam a época dos cinco maiores incêndios analisados (dois em 2011).....	106
Figura 37 – Gráfico da variação de precipitação acumulada de 10 e 30 dias (PA10 e PA30) entre os anos de 2001 e 2011 para a estação AGNE. Os círculos em vermelho destacam a época dos cinco maiores incêndios analisados (dois em 2011).....	107
Figura 38 – Gráfico da variação de precipitação acumulada de 60, 90 e 120 dias (PA60, PA90 e PA120) entre os anos de 2001 e 2011 para a estação AGNE. Os círculos em vermelho destacam a época dos cinco maiores incêndios analisados (dois em 2011).....	108
Figura 39 – Gráfico da relação entre dias sem chuva (DSC) e os ROIs maiores que 10 ha. Em destaque em vermelho os três maiores e em amarelo o quarto e o quinto.....	113
Figura 55 – Gráfico da relação entre PA10 e PA30 e os ROIs maiores que 10 ha.....	114
Figura 56 – Gráfico da relação dos indicadores de médio prazo com os ROIs maiores que 10 ha.....	115
Figura 42 – Mapa das variáveis sócio-econômicas.....	119
Figura 43 – Mapa de suscetibilidade a ocorrência de incêndios para a Área de Estudo.....	126
Figura 44 – Gráfico da área atingida pelos incêndios em função da combustibilidade.....	127

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação dos registros históricos de incêndios, segundo a estimativa de área atingida. ....	55
Tabela 2 - Distribuição na Área de Estudo dos polígonos analisados. ....	57
Tabela 3 - Classificação dos polígonos de incêndios estudados, segundo a área atingida. ....	60
Tabela 4 - ROIs analisados separados por ano e por categorias de tamanho dos incêndios. ....	60
Tabela 5 - ROIs analisados por Zonas. ....	62
Tabela 6 - ROIs analisados por município. ....	63
Tabela 7 – Distribuição da quantidade de incêndios e da área atingida em função dos limites de classes de incidência de radiação solar propostos. ....	71
Tabela 8 – Distribuição do número de ROIs nas classes de incidência de radiação, segundo as classes de tamanho previamente estabelecidas. ....	72
Tabela 9 – Distribuição das ocorrências de incêndios analisadas em função da curvatura horizontal, distribuídos nas categorias de tamanho previamente estabelecidas. ....	77
Tabela 10 – Simplificação da distribuição do número de ROIs em função da altitude média, segundo as categorias de tamanho previamente estabelecidas. ....	84
Tabela 11 – Matriz de confusão da classificação de combustibilidade. ....	92
Tabela 12 – Distribuição do número de ROIs em função da classe de combustibilidade majoritária, segundo as categorias de tamanho previamente estabelecidas. ....	95



Tabela 13 – Distribuição dos incêndios analisados em relação às zonas de abrangência das estações pluviométricas. ....	99
Tabela 14 – Síntese do sistema de alerta utilizado pelo ICMBio e IBAMA (adaptado de IBAMA 2008b e TOMZHINSKI & COSLOPE, 2011) .....	105
Tabela 24 – Limites máximos, mínimos, média e desvio padrão ( $\sigma$ ) dos indicadores de precipitação antecedente encontrados as categorias de tamanho de incêndio anteriormente estabelecidas. ....	110
Tabela 16 – Limites críticos dos indicadores de precipitação antecedente encontrados a partir da análise da frequência de ocorrência de incêndios. ....	111
Tabela 17 – Indicadores de precipitação registrados na data de início dos cinco maiores incêndios analisados. ....	116
Tabela 18 - Distâncias dos incêndios, em metros, com relação a vias de transporte, edificações, levantamento fundiário (apenas para ocorrências dentro do PNI). ....	118
Tabela 19 - Distribuição dos incêndios em relação às distâncias para vias de transporte, edificações, levantamento fundiário e integração VEF (vias, edificações e fundiário). ....	120
Tabela 20 – Análise dos ROIs em função da classe de suscetibilidade majoritária, considerando as categorias de tamanho previamente estabelecidas. ....	124
Tabela 21 – Proporção da área de estudo e das áreas atingidas por incêndios (ROIs) segundo as classes de suscetibilidade e das variáveis que a compõem. ....	124

## LISTA DE SIGLAS

AE	-	Área de Estudo
AGNE	-	Agulhas Negras - refere-se à estação meteorológica de FURNAS no Planalto
ALOS	-	Advanced Land Observing Satellite
AMAN	-	Academia Militar das Agulhas Negras
APA	-	Área de Proteção Ambiental
ATSR	-	Along Track Scanning Radiometer
AVHRR	-	Advanced Very High Resolution Radiometer
AVNIR	-	Advanced Visible and Near Infrared Radiometer
BD	-	Banco de Dados
CBERS	-	China-Brazil Earth Resources Satellite
DGPS	-	Differential Global Positioning System
DPI	-	Divisão de Processamento de Imagens
DSC	-	Dias sem chuva
EMBRAPA	-	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ERS	-	European Remote Sensing

ESRI	-	Environmental System Research Institute
FMC	-	Fuel Moisture Content
GOES	-	Geostationary Operational Environmental Satellite
GEOCART	-	Laboratório de Cartografia do Departamento de Geografia da UFRJ
GEOHECO	-	Laboratório de Geo-Hidroecologia do Departamento de Geografia da UFRJ
GPS	-	Global Positioning System
Há	-	Hectares
IBAMA	-	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais renováveis
IBDF	-	Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal
IBGE	-	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMBio	-	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
INPE	-	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
JAS	-	Julho, agosto e setembro
JJA	-	Junho, julho e agosto

Km	-	Quilômetro
M	-	Metro
MDE	-	Modelo Digital de Elevação
MMA	-	Ministério do Meio Ambiente
MMA	-	Ministério do Meio Ambiente
MODIS	-	Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
NDVI	-	Normalized Difference Vegetation Index
NOAA	-	National Oceanic and Atmospheric Administration
PA	-	Precipitação acumulada
PNI	-	Parque Nacional do Itatiaia
PQUE	-	Parque. Refere-se à estação meteorológica de FURNAS próxima à sede do Parque
PREVFOGO	-	Centro Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais
PUC-Rio	-	Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
ROI	-	Relatório de Ocorrência de Incêndio
SAD	-	South America Datum
SEVIRI	-	Spinning Enhanced Visible and Infrared

## Imager

SIRGAS	-	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SNUC	-	Sistema Nacional de unidades de conservação
SRTM	-	Shuttle Radar Topographic Mission
UC	-	Unidade de conservação
UFRJ	-	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UNESCO	-	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
UTM	-	Universal Transversa de Mercator
VEF	-	Vias de transporte, edificações e fundiário

## SUMÁRIO

<b>1.INTRODUÇÃO .....</b>	<b>19</b>
1.1. ESTRUTURA GERAL DO TRABALHO .....	22
<b>2.ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>25</b>
2.1. O PARQUE NACIONAL DO ITATIAIA .....	25
2.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS .....	28
2.3. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS .....	31
2.4. CARACTERÍSTICAS BIÓTICAS .....	33
2.5. CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÔMICAS, HISTÓRICAS E CULTURAIS .....	36
2.6. A QUESTÃO FUNDIÁRIA.....	38
<b>3.CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA DOS INCÊNDIOS NO ITATIAIA.....</b>	<b>41</b>
3.1. ANÁLISE TEMPORAL DOS INCÊNDIOS .....	49
<b>4.ANÁLISE DOS REGISTROS DE OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS COM POLÍGONOS DELIMITADOS .....</b>	<b>57</b>
<b>5.ANÁLISE DAS VARIÁVEIS GEOECOLÓGICAS FRENTE AOS REGISTROS DE OCORRÊNCIA DE INCÊNDIO .....</b>	<b>66</b>
5.1. VARIÁVEIS GEOMORFOLÓGICAS .....	66
5.1.1. <i>Orientação das Encostas e Incidência de Radiação Solar</i> .....	67
5.1.2 <i>Forma do relevo</i> .....	75
5.1.3. <i>DECLIVIDADE</i> .....	80
5.1.4 <i>ALTITUDE</i> .....	84
5.2. COMBUSTIBILIDADE .....	88

5.2.1. Classificação da imagem.....	89
5.2.2. Mapeamento e análise da combustibilidade ..	92
5.3.PRECIPITAÇÃO.....	97
5.3.1.Dados pluviométricos.....	98
5.3.2.Análise temporal dos incêndios em relação à precipitação.....	99
5.3.3.Indicadores de precipitação.....	104
5.4. VARIÁVEIS SÓCIO-ECONÔMICAS.....	117
<b>6.MAPEAMENTO GEOECOLÓGICO DA SUSCETIBILIDADE A OCORRÊNCIA A INCÊNDIOS</b> .....	<b>122</b>
<b>7.CONCLUSÕES.....</b>	<b>129</b>
7.1. REGIME DE FOGO.....	129
7.2. MAPEAMENTO GEOCOLÓGICO DA SUSCETIBILIDADE A OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS.....	131
7.3. LIMITAÇÕES DO ESTUDO E QUESTIONAMENTOS PARA TRABALHOS FUTUROS .....	134
7.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	135
<b>8.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>137</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da civilização, o Homem vem utilizando o fogo como elemento modificador da paisagem, provendo meios para a sua subsistência (CALDARARO, 2002; WHELAN, 1995). No Brasil, mesmo antes da colonização européia, o fogo já era utilizado para o estabelecimento de áreas agrícolas, para o manejo da floresta e caça pela “primeira leva de invasores humanos”, homens caçadores que chegaram às planícies sul-americanas há talvez 13 mil anos (DEAN, 1996).

Muitos incêndios têm causas naturais e podem ser entendidos como um entre muitos fatores que atuam nos ecossistemas. No entanto, na maioria das regiões do mundo as principais fontes de ignição estão ligadas à ação antrópica (WHELAN, 1995). Caldararo (2002) aponta os grandes incêndios florestais existentes atualmente como uma consequência da ocupação humana.

O incêndio florestal é um evento com potencial devastador (FRANÇA *et al.*, 2007), representando uma ameaça ambiental de primeira ordem (CAMPO *et al.*, 2006), principalmente nos ecossistemas mais sensíveis, como a Mata Atlântica. Os efeitos do fogo nos ecossistemas são complexos, abrangendo desde a perda de biodiversidade (ICMBio, 2010a) e a redução ou eliminação da biomassa na superfície do solo a impactos nos processos físicos, químicos e biológicos abaixo da superfície (NEARY *et al.*, 1999), aumentando a suscetibilidade à erosão (CAMPO *et al.*, 2006, HUBBERT *et al.*, 2005, LASANTA & CERDÁ, 2005; GIMENO-GARCIA *et al.*, 2000). Além disso, representam uma grande fonte adicional de emissões de gases de efeito estufa (FEARNSIDE, 2002) e podem resultar em efeitos diversos, como: paralisação de aeroportos, poluição atmosférica, aumento da incidência de doenças respiratórias, danos ao patrimônio público e privado,



entre outros (ICMBio, 2010a). Nesse sentido, os incêndios florestais constituem uma das maiores ameaças à biodiversidade, especialmente para muitas unidades de conservação (UC). A contínua melhoria nas ações de prevenção e combate aos incêndios é fundamental para a proteção do meio ambiente e, para tal, é de grande importância a busca de conhecimento científico que sirva de base para o planejamento e tomada de decisões relacionadas à gestão, proteção e manejo das áreas protegidas.

No entanto, nem sempre os efeitos do fogo são danosos ao meio ambiente e estudos indicam que alguns ecossistemas, como muitas fitofisionomias do Cerrado, dependem deste elemento para a sua manutenção (MOREIRA, 1996) ou evolução. Em diversos países, especialmente nos Estados Unidos, as agências responsáveis pelo manejo florestal e pelos Parques Nacionais têm adotado uma política de queimas prescritas para redução de biomassa e prevenção de grandes incêndios de difícil controle, apesar de ainda haver grande controvérsia com relação às consequências para os ecossistemas (CALDARARO, 2002). No Brasil merece destaque a experiência que vem sendo adquirida com o manejo do fogo no Parque Nacional das Emas, que se caracteriza por um grande número de incêndios causados por raios (FRANÇA *et al.*, 2007). Uma nova compreensão a respeito das ocorrências de fogo e suas consequências vem sendo desenvolvida através dos estudos sobre a ecologia do fogo, para os quais este trabalho pode ser fonte de relevantes informações.

Situado na Serra da Mantiqueira, o Itatiaia é o primeiro Parque Nacional do Brasil e protege expressivo remanescente do Bioma Mata Atlântica, onde nascem importantes rios afluentes de duas destacadas bacias hidrográficas do país: as dos rios Paraíba do Sul e Paraná. O acentuado gradiente altitudinal do Parque permite que ele abrigue ecossistemas bastante distintos, abrangendo desde

áreas de floresta ombrófila densa até campos de altitude, incluindo várias espécies endêmicas da flora e fauna.

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

Em 1956, o naturalista Alexandre Curt Brade, em sua monografia “A Flora do Parque Nacional do Itatiaia”, relata a influência dos incêndios na modificação da paisagem do parque, tanto reduzindo a população de espécies arbóreas, como a Araucária (*Araucaria angustifolia*) quanto favorecendo a ampliação de áreas ocupadas por gramíneas e formações arbustivas (BRADE, 1956). Ribeiro (2001) e Aximoff (2007), através dos relatórios de avaliação dos efeitos dos grandes incêndios de 2001 e 2007 ocorridos no Planalto das Agulhas Negras, indicam que a ocorrência do fogo tem alterado significativamente as características bióticas e abióticas da paisagem. A seleção de espécies, a fragmentação das áreas de matas, e a erosão dos solos podem ser citados como exemplos de efeitos do fogo.

Entretanto, investigar como o fogo ocorre em determinada paisagem é uma tarefa complexa que exige análises diversas de uma série de variáveis que condicionam esse fenômeno. Além disso, essas variáveis devem ser levadas em conta, não apenas de maneira isolada, mas interagindo entre si, para a construção de modelos e mapas que subsidiem o planejamento e gestão da unidade de conservação com base na dinâmica da paisagem.

A partir do exposto, através do mapeamento e análise da distribuição espacial e temporal dos incêndios e das principais variáveis geocológicas que influenciam a

ocorrência dos incêndios, busca-se subsidiar o planejamento ambiental, proteção e manejo deste importante Parque Nacional. No entanto, apesar da Área de Estudo ser o PNI, a metodologia e o conhecimento adquirido poderão ser utilizados em outros locais, dentro ou fora de unidades de conservação.

Este trabalho não busca simplesmente a descrição do espaço físico do Parque ou dos fatores que influenciam os incêndios florestais, mas um entendimento destes, suas inter-relações e suas conseqüências sob a ótica do seu arranjo espacial, ou seja, sob a ótica da ciência geográfica (GOMES, 2009).

Nesse sentido, a análise geocológica, como uma abordagem de caráter integrativo, busca estabelecer relacionamentos quantitativos e qualitativos entre os elementos da biosfera, incluindo os resultados da ação do homem sobre a paisagem. Para tal, o geoprocessamento e a cartografia ampliam sensivelmente a capacidade analítica, especialmente sob a ótica geográfica.

O estudo se encaixa nas pesquisas que vêm sendo realizadas pelo Laboratório de Cartografia do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (GEOCART/UFRJ), na linha da Geoecologia e Geoprocessamento, trabalhando uma aplicação e comprovação prática da metodologia proposta por Fernandes (1998), Silva (2006) e Silva *et al.* (2009), complementando-a com novas variáveis como proposto por Sousa (2009) e Fernandes *et al.* (2011), além de dados históricos e observações de campo.

## 1.1. ESTRUTURA GERAL DO TRABALHO

O trabalho foi estruturado da seguinte maneira:

No capítulo 2 são abordados, de forma resumida, os principais conceitos utilizados e que foram considerados importantes para a compreensão da questão do

fogo e das metodologias utilizadas. A abrangência da Área de Estudo e suas principais características são tratados no capítulo **3**, seguidos de uma contextualização cronológica da questão dos incêndios no Parque Nacional do Itatiaia no capítulo **4**.

No capítulo **5** são apresentados e analisados de forma geral os polígonos de incêndios que serão utilizados nas análises geocológicas propriamente ditas, que são apresentadas no capítulo **6**, divididas em variáveis geomorfológicas, combustibilidade, variáveis climáticas e variáveis sócio-econômicas. A integração destas variáveis para o mapeamento geocológico da suscetibilidade compõe o capítulo **7**.

No capítulo **8**, são apresentadas as conclusões do trabalho e considerações finais, entre as quais se inclui uma proposta de descrição do regime de fogo do Itatiaia e principais resultados encontrados, além das limitações deste trabalho e propostas de estudos futuros, seguidos pelas referências bibliográficas no capítulo **9**.

Na Figura 1 um esquema geral do trabalho é apresentado em forma de fluxograma a fim de facilitar a sua compreensão.

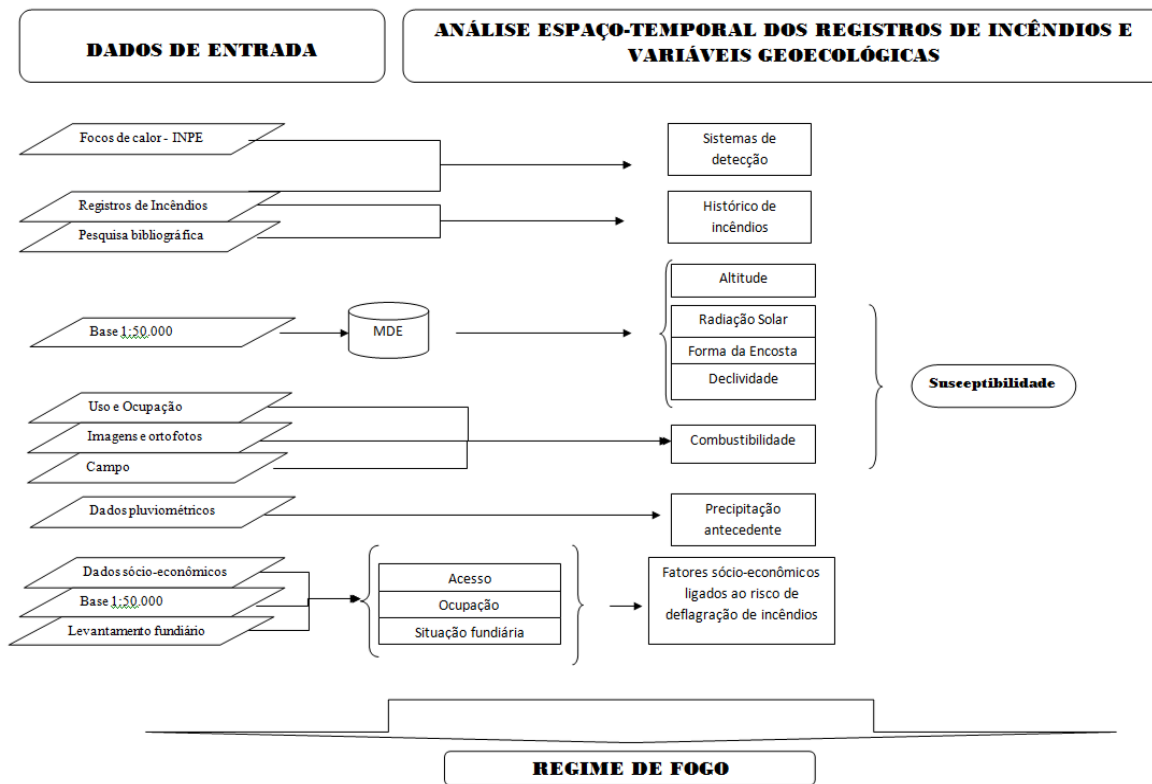


Figura 1 – Esquema geral do trabalho.

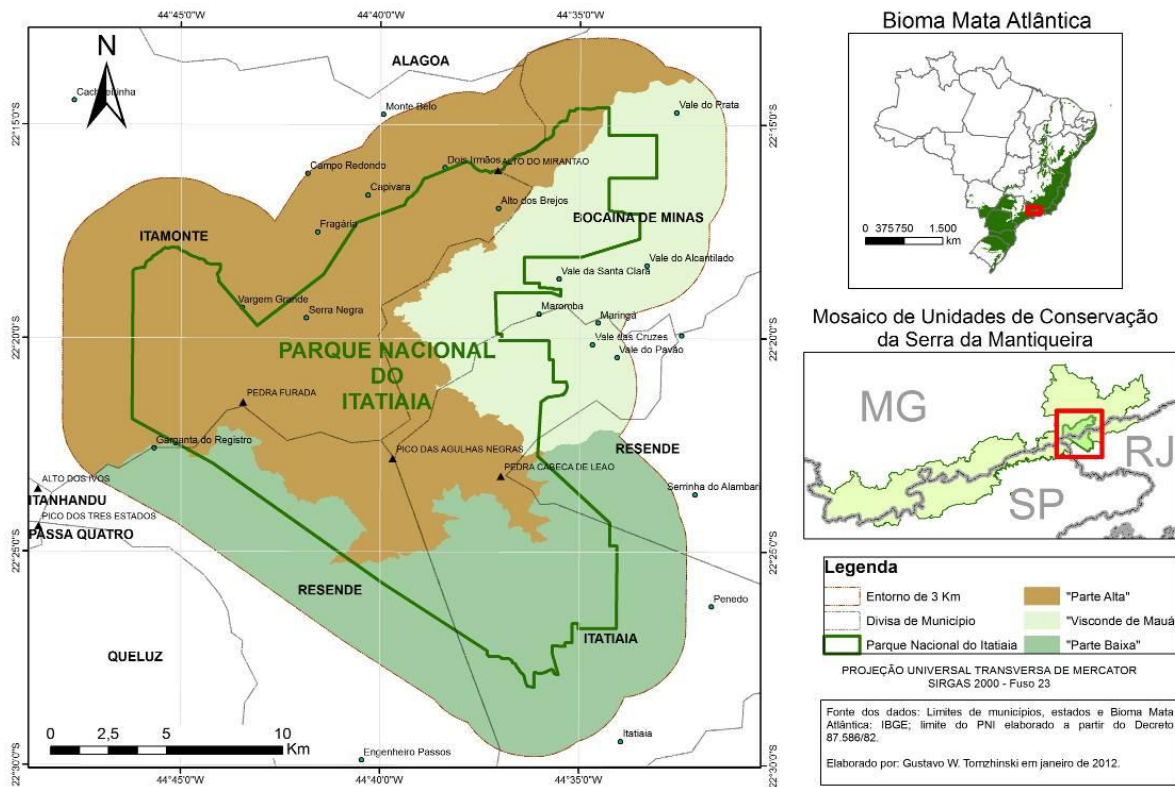
## 2. ÁREA DE ESTUDO

A Área de Estudo (AE) do trabalho foi definida como sendo o polígono abrangendo o Parque Nacional do Itatiaia (PNI) e seu entorno de 3 km (Figura 2). Essa área representa a zona de maior risco para o PNI, constituindo o foco principal de atuação da brigada da UC e totaliza 57.924 ha ou 579,24 km<sup>2</sup>.

### 2.1. O PARQUE NACIONAL DO ITATIAIA

Já no início do século XIX, o Itatiaia chamava a atenção dos naturalistas da chamada “época clássica” da investigação da flora no Brasil. A começar por Saint Hilaire, em 1822, numerosos pesquisadores renomados testemunharam a importância ecológica dessa região e gerações de cientistas têm buscado compreender e valorizar a exuberante paisagem que envolve o maciço das Agulhas Negras (ex. BRADE, 1956; MARTINELLI *et al.* 1989, MEDINA *et al.*, 2006; TEIXEIRA & LINSKER, 2007).

No dia 14 de junho de 1937, através do Decreto nº 1.713 assinado pelo presidente Getúlio Vargas, foi criado no Itatiaia o primeiro parque nacional do Brasil. A sua importância para a conservação é reconhecida pela UNESCO e considerada prioritária pelo MMA (MMA, 2004).



**Figura 2** – Área de Estudo e sua localização no contexto do Bioma Mata Atlântica.

O PNI é, simplificarmente, dividido em Parte Alta e Parte Baixa, para referência em seus instrumentos de manejo e no cotidiano (IBAMA, 1994; FURTADO, 2001; ICMBio, 2009), porém sem uma delimitação específica. Neste trabalho foram utilizados os mesmos nomes, incluindo-se uma terceira região com características distintas, que é a de Visconde de Mauá. O uso destas delimitações visam conciliar as referências usualmente utilizadas pela equipe do PNI, com a distribuição geográfica dos incêndios, atuação das equipes de prevenção e combate a incêndios e a abrangência das estações pluviométricas que subsidiaram as análises de precipitação.

Delimitou-se a Parte Alta como a região abrangendo o Planalto das Agulhas Negras, acima da cota de 2.000m, e as bacias hidrográficas da vertente norte do Parque. A zona de Visconde de Mauá foi definida tendo por base a bacia hidrográfica do rio Preto, excluindo-se a área do Planalto, e a Parte Baixa incluiu as bacias contribuintes para a bacia do rio Paraíba do Sul, exceto a região do Planalto e a bacia do rio Preto, que também é contribuinte do rio Paraíba.



## 2.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

A cadeia montanhosa da Mantiqueira é formada por granitos ou gnaisses, que limitam o corpo alcalino do maciço do Itatiaia que, com área aproximada de 220km<sup>2</sup>, alonga-se na direção NW-SE. Ele é constituído por nefelina-sienitos, quartzo-sienitos, brechas magmáticas e granito alcalino, sendo as primeiras de um tipo de rocha de ocorrência rara no Brasil, cuja elevada solubilidade resulta nas formações em canaleta características do maciço das Agulhas Negras e que deram origem ao seu nome (MOLDENESI, 1992; RIBEIRO & MEDINA, 2002).

O Itatiaia apresenta relevo montanhoso com grandes afloramentos rochosos e altitudes variando de aproximadamente 540 m a 2.791,55 m no seu ponto culminante, o Pico das Agulhas Negras, 5º mais alto do país (IBGE 2005). A sua estrutura é concêntrica, com altitudes crescentes em relação ao centro, o chamado “Planalto das Agulhas Negras”, a partir de onde se origina a rede de drenagem, que se ajusta às estruturas com um padrão radial, composto pelo alto curso dos rios que ali nascem (MODENESI, 1992; ALMEIDA, 2011).

No Itatiaia, que faz parte do divisor de águas das bacias do rio Grande e do rio Paraíba do Sul, estão localizadas as nascentes de 12 bacias de importância regional (RICHTER, 2004), entre as quais se destacam as do rio Campo Belo, do rio Preto, do rio Aiuruoca e do próprio rio Grande. As bacias da vertente Norte são afluentes da bacia do rio Grande, que por sua vez deságua na bacia hidrografia do rio Paraná e as demais fazem parte da bacia do rio Paraíba do Sul



### MAPA DE HIDROGRAFIA

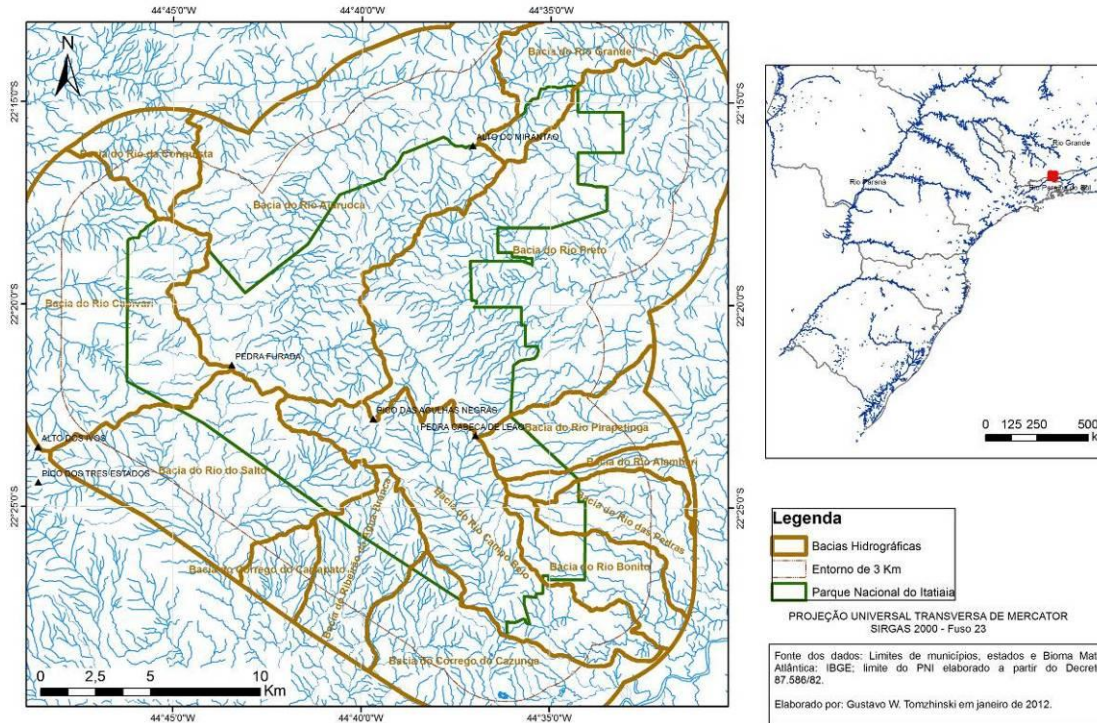


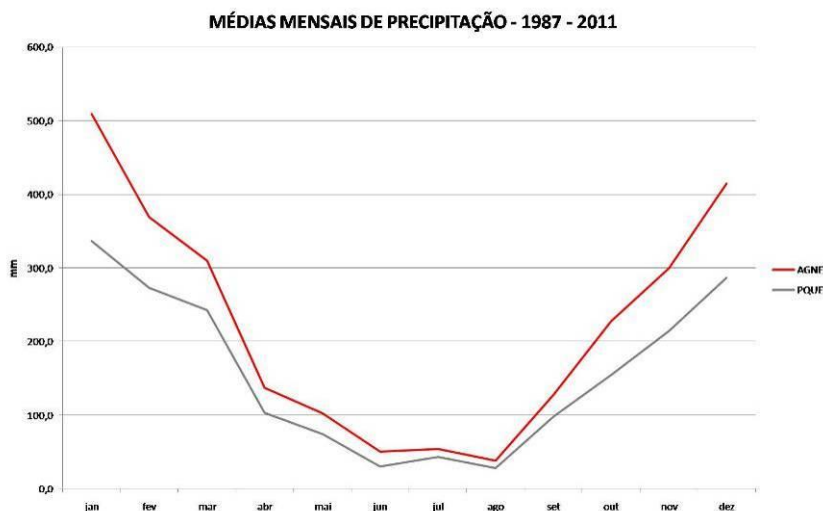
Figura 3 – Hidrografia da Área de Estudo (AE), incluindo as principais bacias hidrográficas.

### 2.3. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

A orografia é um dos principais fatores determinantes do clima na região do Itatiaia (IBDF 1982). Segundo o sistema de Köppen, são de dois tipos o clima do Itatiaia:

- Tipo Cwb – mesotérmico, com verão brando que constitui a estação chuvosa, para as áreas mais elevadas, acima de 1.600 m de altitude;
- Tipo Cpb – mesotérmico, com verão brando, sem estação seca, nas partes mais baixas da encosta.

No Parque Nacional do Itatiaia registram-se chuvas intensas, principalmente no verão, com precipitação anual em torno de 2.600 mm na Parte Alta do Parque e 1.800 mm na Parte Baixa, sendo janeiro o mês mais chuvoso. No entanto, o período seco, compreendido entre junho e meados de setembro é bastante acentuado, conforme se verifica na **Figura 4** (médias de 1987 a 2011, a partir dos dados brutos de FURNAS para as estações pluviométricas Agulhas Negras - AGNE, a 2.455 m, e Parque - PQUE, a 825 m, ambas dentro do PNI).



**Figura 4** – Médias mensais de precipitação para as estações pluviométricas AGNE e PQUE, calculados a partir dos dados brutos de FURNAS de 1987 a 2011.

Embora não estejam disponíveis registros sistemáticos atuais de temperatura, o Plano de Manejo do PNI (IBDF, 1982) registra temperaturas médias para o Planalto variando de 8,2° C em julho a 13,6° C em janeiro. É comum a ocorrência de temperaturas negativas durante o inverno, sendo que durante o incêndio de agosto de 2010 registrou-se -8° C por volta de 20:00 horas no antigo Hotel Alsene.

Ainda segundo o plano de manejo, a umidade relativa máxima é de 83% em dezembro e 62% em junho, conforme registros da estação meteorológica, hoje desativada, situada a 2.180 m de altitude. Periodicamente são registradas nevascas no Planalto, como ocorrido nos anos de 1985 e 1988. A mais recente ocorreu em 27/09/2012, quando foi registrada uma pequena quantidade de neve, após 24 anos (ICMBio, 2012).

De maio a outubro são frequentes as geadas, que também podem ocorrer em dezembro quando chove por vários dias seguidos e a temperatura cai em seguida (IBDF, 1982). Essa característica é especialmente relevante com relação aos incêndios, pois a geada resseca a vegetação, deixando-a mais susceptível ao fogo. Outros dados climatológicos do PNI publicados por Segadas-Vianna & Dau (1965) estão disponíveis em Ribeiro & Medina (2002).

#### 2.4. CARACTERÍSTICAS BIÓTICAS

A extraordinariamente rica flora do PNI sofreu diversas intervenções humanas ao longo de sua história, sendo especialmente afetada por queimadas e desmatamentos parciais ou completos. Assim, são raros os trechos em estado completamente prístino (BRADE, 1956).

O acentuado gradiente altitudinal e a variação climática propiciam a existência de diversos ecossistemas do bioma Mata Atlântica no Itatiaia, abrigando várias espécies endêmicas da flora e da fauna. É marcante a variação da vegetação na medida em que se sobe de 540 m no limite sul do Parque em direção aos 2.000 m do Planalto. Barros (1955) destaca a sensível diferença de composição florística entre as faces norte e sul dessa parte da Mantiqueira, em função das diferenças climáticas relacionadas à orientação das vertentes, continentalidade e altitude.

Segundo Pereira *et al.* (2006), a flora arbórea das florestas do maciço do Itatiaia pode ser considerada como uma das de maior riqueza florística entre áreas de floresta ombrófila montana no sudeste do Brasil. Conforme o sistema de classificação proposto no Manual Técnico da Vegetação Brasileira (IBGE, 1991), a vegetação do Itatiaia se distribui em Floresta Ombrófila Densa Montana até a altitude de 1.500m, Floresta Ombrófila Densa Alto Montana, acima de 1.500m de altitude; Floresta Ombrófila Mista Montana em altitudes de

cerca de 1.200m com a presença de *Araucaria angustifolia* e Floresta Estacional Semidecidual Montana na vertente continental do parque (SANTOS & ZIKAN, 2000). Segundo Brade (1955), as “matas higrófilas subtropicais” mostram, principalmente acima dos 1.700m, composição e aspecto bastante diferentes das florestas de altitude mais baixa, com árvores de menor porte, entremeadas com uma vegetação arbustiva e densa e o solo coberto por musgos e pteridófitas. A araucária aparece a cerca de 1.600 m no lado ocidental da serra e a 1.900 no lado oriental, enquanto a outra espécie de pinheiro, *Podocarpus lambertii*, se concentra na região da Serra Negra.

As formações campestres têm particular importância nesse trabalho devido à sua alta combustibilidade. Elas são encontradas a partir de 1.450m, de forma localizada em áreas bastante antropizadas na Serra Negra, ao norte, e na região dos Dois Irmãos, aparecendo de forma espacialmente mais bem distribuída a partir dos 1.800 – 1.900m. No entanto é a partir dos 2.100m que essa fisionomia é dominante na paisagem do Itatiaia, possivelmente porque o frio, os fortes ventos, as secas periódicas e o rápido escoamento das águas superficiais, conjugados aos freqüentes incêndios, restringiram as matas a ilhas isoladas onde existe água disponível no solo ou no ar (BARTH, 1957).

Os campos de altitude abrigam inúmeras espécies endêmicas como *Fernseea itatiaiae* e *Pleurostima gounelleana* (RIBEIRO *et al.*, 2007). Aximoff (2011) destaca que metade dos campos de altitude do Estado do Rio de Janeiro está no interior e entorno do Parque Nacional do Itatiaia e que este abriga 40 espécies da flora constantes do livro vermelho de espécies ameaçadas de extinção, sendo que 73% delas são restritas ao PNI.

Assim como a vegetação, a variada fauna do Itatiaia também distribui sua grande diversidade pelas

diferentes faixas de altitude, possuindo aspecto endêmico peculiar (IBAMA, 1994).

Entre os artrópodes, os insetos constituem o grupo mais representativo, já tendo sido registradas mais de 50.000 espécies de ocorrência no Parque, sendo que pelo menos 90 são exclusivas da Parte Alta (IBAMA, 1994). Apesar da riqueza hídrica do PNI, suas águas não têm abundância de plâncton e microorganismos e por esse motivo são relatadas apenas cinco espécies de peixes para o Itatiaia (BARTH, 1957).

A fauna de anfíbios, por outro lado, é abundante e variada, com mais de 60 espécies de anuros, sendo que pelo menos 24 ocorrem no Planalto. A espécie mais conhecida é certamente o sapo flamenguinho (*Malanophryniscus moreirae*), símbolo do Parque, mas novas espécies vêm sendo identificadas (AXIMOFF, 2011) e certamente muitas ainda são desconhecidas.

Barth (1957) relata a existência de 50 espécies de mamíferos no PNI, o Plano de Ação Emergencial do Parque fala em 67 (IBAMA, 1994) e estudos recentes para a renovação do Plano de Manejo apontam para mais de uma centena. Estes números mostram quão rica e ainda pouco conhecida é a fauna do Parque. Apenas de primatas são relatadas quatro espécies enquanto de felinos outras cinco, inclusive espécies raras e ameaçadas como o macaco muriqui (*Brachyteles arachnoides*) e a suçuarana (*Puma concolor*).

As aves têm grande importância para a unidade, tanto sob o ponto de vista ecológico, quanto pelo seu potencial turístico. Atualmente pelo menos 357 espécies são relatadas para o PNI, sendo 51 consideradas endêmicas (HONKALA & NIIRANEN, 2010) e 42 vivendo em altitudes elevadas (IBAMA, 1994)

Apesar de ter sofrido grandes alterações durante longo período, o Parque Nacional do Itatiaia serve como um



dos últimos refúgios para os animais do devastado Vale do Paraíba, abrigando uma rica fauna. Em 1957, Barth (1957) diagnosticou que “a região do Itatiaia não atinge mais o tamanho mínimo essencial para a existência de algumas espécies tais como: *Felis onca* – onça pintada (*Panthera onca*, atualmente); *Tapirus terrestris* – anta; *Chrysocyon brachiurus* – Guará e *Harpia harpya* – gavião real”. Talvez o fato de que recentemente tem-se diversos relatos não confirmados de avistamento de onça pintada na região e de que em agosto de 2010 foi avistado um lobo guará no entorno da unidade indique que está havendo uma melhora nas condições ecológicas e nas pressões antrópicas da região que permitem a sobrevivência dessas espécies localizadas no topo da cadeia alimentar.

## 2.5. CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÔMICAS, HISTÓRICAS E CULTURAIS

Algumas centenas de anos antes do “descobrimento do Brasil”, a região do Vale do Paraíba e da Mantiqueira já era ocupada por diversas etnias indígenas, entre as quais se destaca a dos Puris, que provavelmente deram o nome Itatiaia (Lugar de Pedras Pontudas) ao local onde hoje se situa o PNI (DRUMMOND, 1997; TEIXEIRA & LINSKER, 2007).

A ocupação da Mantiqueira pelo homem branco data de cerca de um século após a chegada dos europeus ao Brasil (HERRMANN, 2011), resultando em raras (ou mesmo nenhuma) áreas livres de alguma influência antrópica. Portanto, mesmo as unidades de conservação classificadas como de Proteção Integral tiveram, e certamente continuarão a ter suas características de alguma forma alteradas pelo homem.

A Parte Alta do Parque Nacional do Itatiaia ainda mantém algumas das características rurais ligadas à pecuária extensiva, que passou a ser uma das principais atividades econômicas da região da Mantiqueira a partir do início do

século XX, atuando como indutora do desmatamento e dos incêndios florestais, especialmente por utilizar o fogo no manejo das pastagens ou campos nativos (HERRMANN, 2011). Tradicionalmente, os criadores do entorno do Parque têm o costume de levar o gado para os campos situados nas altitudes mais elevadas para engordar, criando um ciclo de pastoreio e fogo que impede a regeneração da vegetação arbórea nessas áreas, que diferem dos campos de altitude acima dos 2.000, onde as espécies arbóreas são naturalmente mais restritas.

A agricultura apresenta pequena expressão na região em função dos solos e relevo desfavoráveis, sendo que a pequena produção é basicamente destinada à subsistência e ao consumo local.

Essa parte da AE apresenta baixa densidade demográfica e nenhuma ocupação urbana e abrange os bairros rurais de Vargem Grande e Serra Negra (parcialmente inseridos no PNI), Fragária, Capivara, Dois Irmãos e Campo Redondo, sendo este último o maior deles e onde está localizada a única escola para alunos a partir do 5º ano do ensino fundamental. É interessante registrar que ultimamente observou-se que crianças têm provocado propositalmente incêndios, seja por brincadeira ou por influência de adultos.

Sem entrar no mérito das restrições relativas às UCs de Proteção Integral, recentemente observa-se um gradual crescimento da atividade turística e da produção de mel, que são incompatíveis com as queimadas, apesar de, ocasionalmente, também serem causa de incêndios florestais, especialmente por negligência.

A zona de Visconde de Mauá, apesar de também estar inserida no contexto da pecuária leiteira, teve a sua ocupação influenciada pela implementação fracassada de um núcleo colonial na região no início do século XX. Com o insucesso da iniciativa agropecuária, sua beleza e a proximidade do Rio de Janeiro e São Paulo, a região acabou

por se tornar um dos mais importantes pólos turísticos do Estado do Rio de Janeiro. Se por um lado essa ocupação amenizou, sem eliminar, a utilização do fogo como instrumento de manejo agropecuário, por outro lado trouxe uma acentuada ocupação desordenada e especulação imobiliária. É comum a utilização de fogo na região para a manutenção de áreas “limpas” para parcelamento ou para construção, já que a legislação da Mata Atlântica (BRASIL, 2006) protege a vegetação nos estágios médio e avançado de regeneração.

A Parte Baixa do Parque sofreu grande influência do ciclo do café e em seguida da pecuária leiteira do Vale do Paraíba, além de outro núcleo colonial cuja implantação fracassou. No entanto, com a criação do Parque Nacional e o desenvolvimento da atividade turística em Itatiaia, propiciou-se a regeneração da mata que hoje domina essa parte do PNI, onde são raras as ocorrências de incêndio que oferecem risco de atingir os limites da unidade.

No entorno do Parque, entretanto, reina a cultura do fogo, assim como em quase todo o Vale do Paraíba, identificado por Tanizaki & Boherer (2009, *apud* AXIMOFF & RODRIGUES, 2011) como a primeira das sete unidades geomorfológicas do Estado do Rio de Janeiro em relação ao número absoluto de focos de incêndio. Apesar do forte desenvolvimento industrial e turístico que os municípios de Itatiaia e Resende vêm registrando neste século XXI, ainda são frequentes as queimadas para manutenção de pastagens ou “limpeza” de áreas urbanas e rurais.

## 2.6. A QUESTÃO FUNDIÁRIA

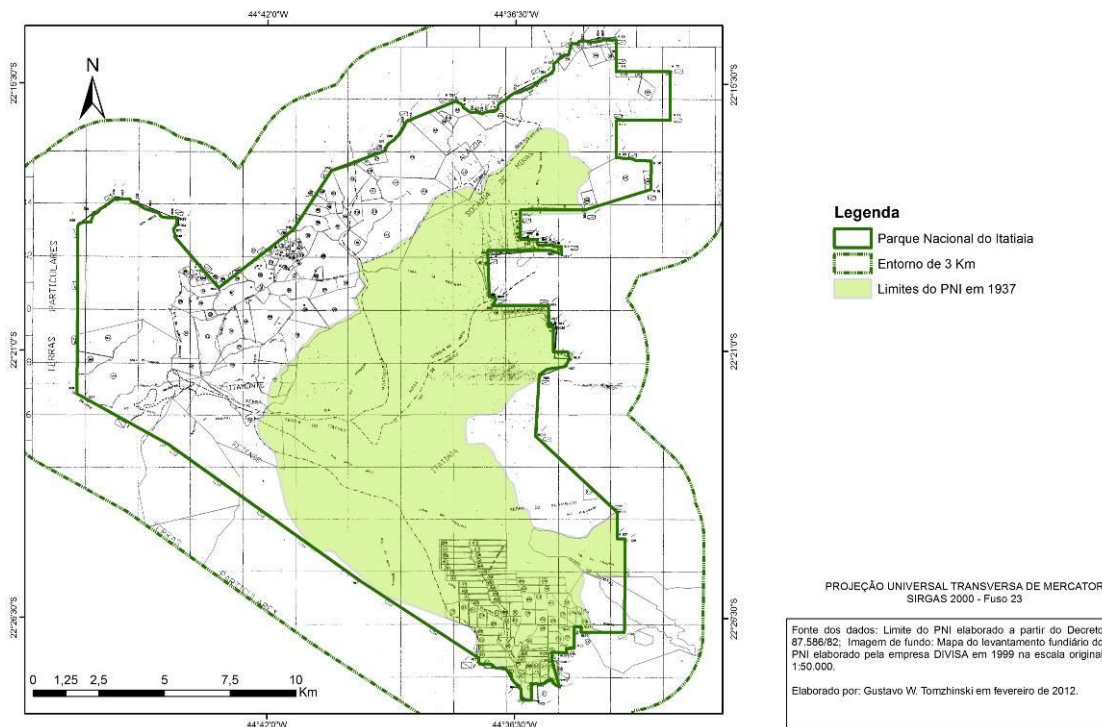
A questão fundiária está na raiz de grande parte dos conflitos que resultam em incêndios florestais dentro do Itatiaia, especialmente na Parte Alta e no “Alto dos Brejos”, na região de Visconde de Mauá. Mesmo antes da ampliação do

Parque, em 1982, os criadores do entorno levavam o gado para “invernar” nas alturas do Planalto das Agulhas Negras e, sem cercas, os animais se espalhavam indistintamente dentro e fora do Parque, em terras públicas ou privadas, que eram queimadas para favorecer a rebrota do capim. (Paulo Manoel do Santos, com. pess.) Desta forma, a questão do fogo está em grande parte diretamente conectada ao gado e à situação fundiária.

Com a ampliação da unidade de 12mil para 28mil ha, aproximadamente, o conflito se agravou, já que diversas pequenas fazendas foram incorporadas à unidade de conservação sem serem devidamente adquiridas pelo poder público. É comum ouvir dos proprietários o argumento de que mantêm gado dentro do Parque porque a terra não foi devidamente indenizada. A inércia histórica do Governo Federal em relação à regularização fundiária não é um “privilégio” do Itatiaia, e é originária de um emaranhado de causas concorrentes que vão desde a falta de verbas e “vontade política” a inúmeros entraves burocráticos. No entanto tem havido progressos com relação a essa questão, com a aquisição de terras pelo Governo Federal à partir de 2009.

A Figura 5 ilustra o contexto fundiário da unidade com base no levantamento e mapa elaborados pela empresa DIVISA (1999). Os polígonos numerados representam as propriedades levantadas, no entanto o mapeamento ficou incompleto, com algumas áreas em branco sem identificação. Supostamente a área compreendida nos antigos limites de 1937 (em verde), à exceção dos lotes numerados, é constituída por terras públicas.

## MAPA DA SITUAÇÃO FUNDIÁRIA DO PNI



**Figura 5** – Mapa da situação fundiária do Itatiaia, de acordo com DIVISA (1999).

### 3. CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA DOS INCÊNDIOS NO ITATIAIA

Um histórico detalhado da ocorrência de incêndios no Parque Nacional do Itatiaia e entorno, por si só já constitui assunto para uma dissertação, o que foge dos objetivos desse trabalho. No entanto, considerou-se importante um resumo atualizado das principais informações, de forma a melhor contextualizar a dinâmica de incêndios na área.

Em outubro de 1903, Pär Karl Hajalmar Dusén, renomado botânico sueco, observou o efeito do fogo em grandes áreas que haviam sido queimadas no Itatiaia para “melhorar os pastos”. Segundo seu relato, os campos eram anualmente queimados e, em geral, a vegetação da mata detinha o fogo, salvo em raras vezes em que a violência do incêndio causava graves danos às florestas (DUSÉN, 1955).

Brade (1956) também cita a influência dos incêndios pretéritos no Itatiaia, registrando que no Planalto a vegetação primitiva foi alterada pelas queimadas incontroladas, onde em áreas de florestas destruídas pelo fogo aparecem formações arbustivas.

Foram compiladas informações de 453 registros de incêndios em documentos diversos, incluindo os Registros de Ocorrência de Incêndios, os ROIs (COSTA, s. d.; MAGRO, 1999; TEIXEIRA, 2006; IBAMA, 2008A; ICMBio, 2011). É importante ressaltar que esses registros têm metodologias diversas, conforme detalhado em Tomzhinski (2012), que também apresenta uma cronologia dos registros históricos mais relevantes para a compreensão da dinâmica dos incêndios no PNI, cujo resumo segue abaixo.

**1937** – Primeiros registros de incêndios depois da criação do PNI. Dois incêndios no Planalto de 06 a 13/09 e de 16 a 21/09;

**1951** – Incêndio no final de março no Planalto. No ano, total de seis registros, sendo um o primeiro registro de apoio da Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN) no combate. Primeiro dos dois registros de incêndio causados por raio (ASSIS, 1988);

**1963** – Incêndio de três dias de duração em maio. Grande incêndio em setembro, iniciando em Minas Gerais. Combate ampliado com reforço externo, iniciando em 05/09 e durando pelo menos até 15/10. Provavelmente o maior incêndio da história do PNI;

**1988** – Maior incêndio das últimas quatro décadas no PNI. A partir de croqui do polígono do incêndio, elaborado com o auxílio do Cel. Edson Ferreira Santiago, que participou do combate, estimou-se aproximadamente 3.100 ha queimados, incluindo campos de altitude e matas. É interessante notar que esse incêndio abrangeu as áreas dos grandes incêndios de 2001, 2007 e 2010 (Figuras 14, 15 e 16) e que nesse intervalo de tempo não foram registrados outros incêndios nos campos de altitude a volta dos Maciços das Agulhas Negras e Prateleiras.

Nesse incêndio desapareceu um servidor que jamais foi reencontrado;

**1989** – Único registro de incêndio por curto circuito, que ocorreu próximo à entrada da Parte Baixa do Parque;

**2001** – Transformação do PREVFOGO (criado em 1989) em Centro Especializado dentro da estrutura do IBAMA – Primeira brigada de prevenção e combate a incêndios do Parque Nacional do Itatiaia, coordenada pelo servidor Marcos Botelho.

Incêndio causado por turistas perdidos atinge grandes proporções queimando todo o entorno do maciço das Prateleiras e envolvendo diversas instituições no combate, incluindo aeronaves (RIBEIRO, 2001, NASCIMENTO, 2001).

A imagem de satélite da área atingida pode ser vista na Figura 8;

**2007** – Grande incêndio no Planalto, atingindo a parte Leste das Agulhas. Por pouco o fogo não destruiu o Abrigo Rebouças e o Posto Marcão (antigo Posto 3). Grande mobilização incluindo brigadistas de diversas outras UCs e aeronaves. Boa parte da vegetação arbustiva e arbórea de pequeno porte que estava se regenerando desde o incêndio e 1988 foi queimada e em alguns locais não se recuperou até hoje. A imagem de satélite da área atingida pode ser vista na Figura 9;

**2008** – Segundo (e último até hoje) registro de incêndio iniciado por raio, em 18/10, a aproximadamente 1,5 km dos limites do PNI;

**2010** – Ano extremamente seco e com grandes incêndios em praticamente todo o país. Mobilização emergencial mais de 30 dias no Planalto em função de uma série de incêndios criminosos, incluindo um de grandes proporções iniciado em 13/08 na região do Rancho Caído, a Leste das Agulhas Negras, que não era queimada desde 1988. O fogo só não atingiu o restante do Planalto devido à mobilização imediata da brigada, ao combate noturno e apoio de aeronaves. A imagem de satélite da área atingida pode ser vista na Figura 10;

**2011** – Estação seca bastante pronunciada. Ocorrência de uma série de incêndios criminosos, inclusive vários provocados por crianças, especialmente entre 13 e 18/08, quando foram registrados 11 incêndios no Morro Cavado e nos bairros rurais de Itamonte próximos ao Parque.

Dois grandes incêndios no Alto dos Brejos e Morro Cavado, em 04 e 06/09 respectivamente, atingiram áreas de mata fechada causando grande destruição. O fogo de copa (Figura 6) em algumas áreas e o fogo subterrâneo em grandes frentes mataram inúmeras árvores possivelmente centenárias



(Figura 7). Diversos relatos de moradores antigos da região davam conta de que nunca tinham visto incêndios na floresta naquelas proporções. Na mesma época, em outros locais na região grandes incêndios em matas também foram registrados, como na Serra dos Borges, Parque Estadual da Serra do Papagaio (PESP) e Serra Fina, resultando em grandes mobilizações no PNI, Área de Proteção Ambiental da Mantiqueira (APA Mantiqueira) e PESP, com apoio de aeronaves;

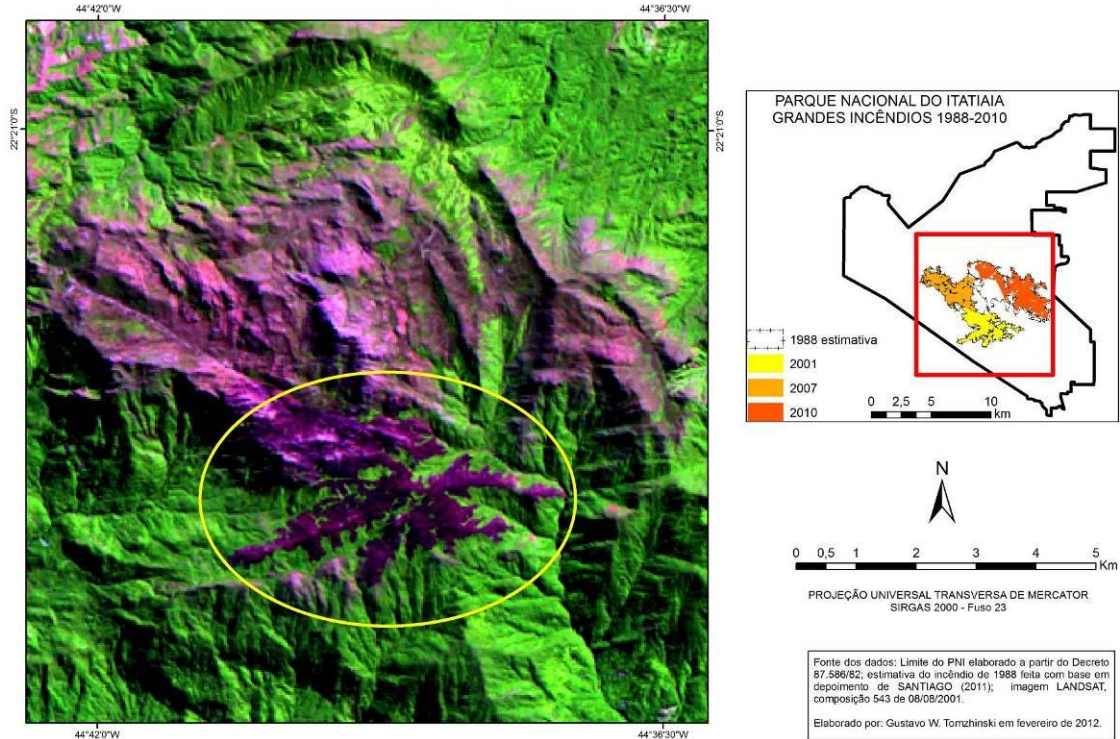


**Figura 6** – Fotografia aérea do incêndio no Morro Cavado, tirada em 07/09/2011 (Foto do autor).



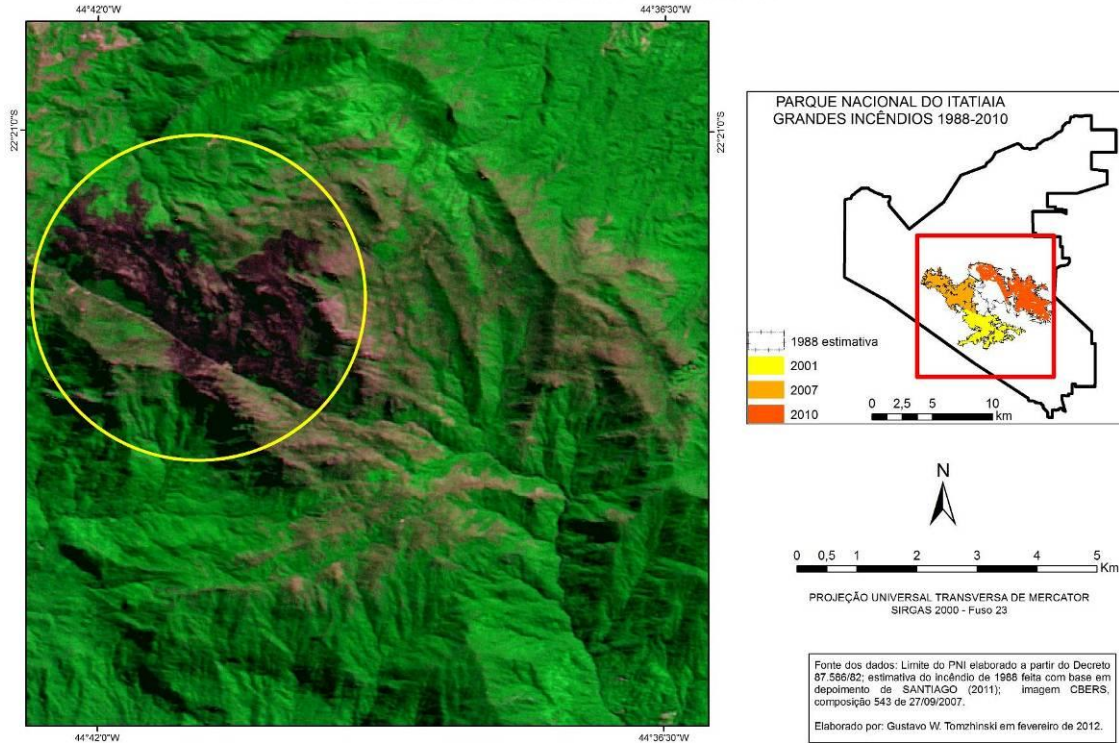
**Figura 7** – Árvores atingidas pelo incêndio no Morro Cavado, foto de 10/09/2011 (Foto do autor).

### CARTA IMAGEM DO INCÊNDIO DE 2001



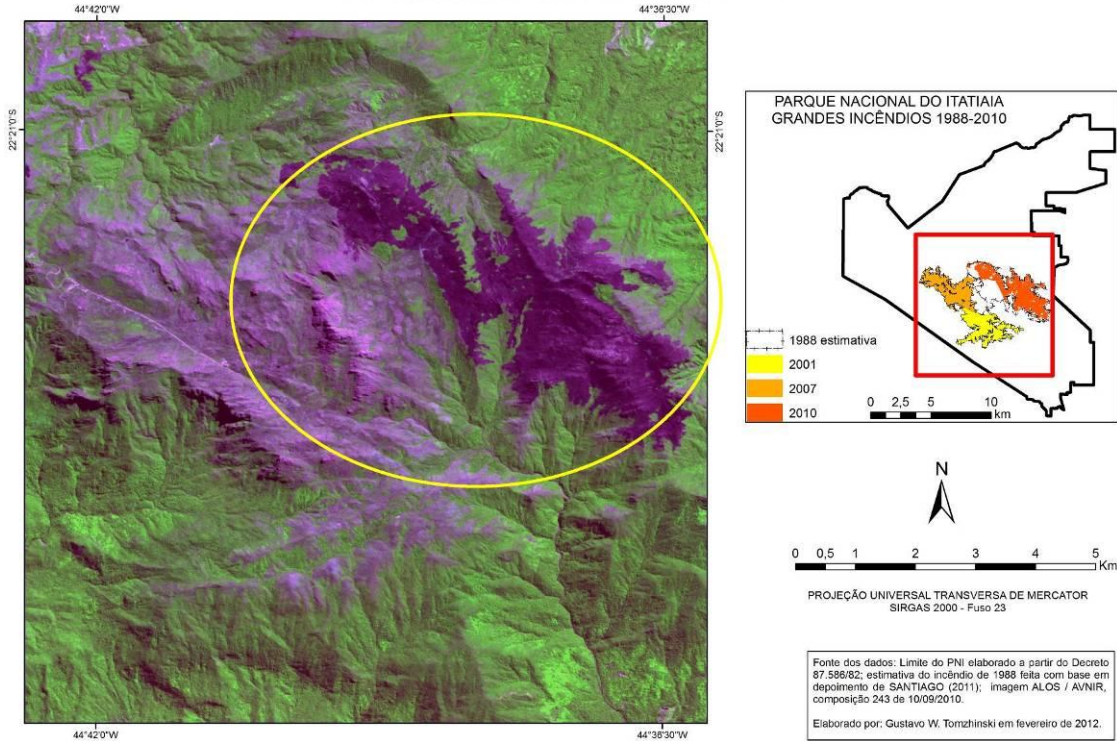
**Figura 8** – Carta Imagem do incêndio de 2001 no Planalto das Agulhas Negras, com destaque para a área queimada dentro da elipse amarela.

### CARTA IMAGEM DO INCÊNDIO DE 2007



**Figura 9** – Carta Imagem do incêndio de 2007 no Planalto das Agulhas Negras, com destaque para a área queimada dentro da elipse amarela.

### CARTA IMAGEM DO INCÊNDIO DE 2010

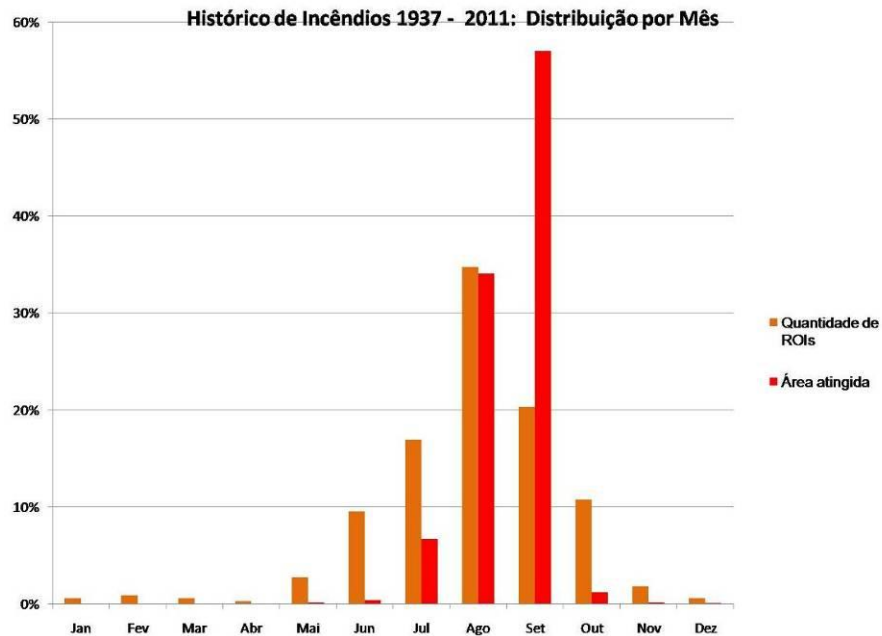


**Figura 10** – Carta Imagem do incêndio de 2010 no Planalto das Agulhas Negras, com destaque para a área queimada dentro da elipse amarela.

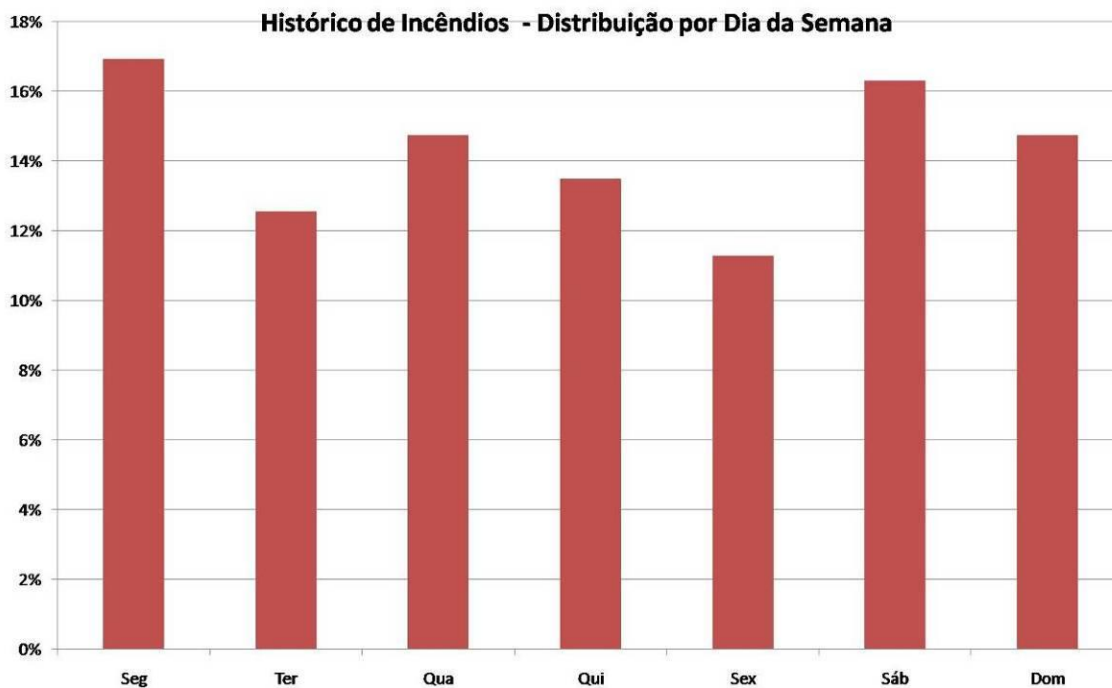
### 3.1. ANÁLISE TEMPORAL DOS INCÊNDIOS

Dos 453 registros iniciais, foram separados aqueles que estão inseridos dentro da Área de Estudo, que totalizaram 332 registros. Essa diferença ocorre porque muitos incêndios combatidos pela equipe do Parque estão localizados em unidades vizinhas, como a APA Mantiqueira e Parque Estadual da Serra do Papagaio, ou na antiga zona de entorno de 10 km.

Mesmo oriundos de fontes distintas e metodologias diversas, estes registros agregam informações importantes para entender a dinâmica dos incêndios no Itatiaia. A análise dos incêndios em relação aos meses do ano mostrou uma concentração dos incêndios nos meses de julho a setembro (Figura 11), com maior número de ocorrências em agosto (35%) e maior área queimada em setembro (57%). Esse padrão já havia sido observado por Teixeira (2006) e Aximoff & Rodrigues (2011) e é similar ao registrado na maior parte das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste Brasil, em função da época mais seca do ano (IBAMA, 2009), o que foi confirmado pelas análises do capítulo 7. Na análise por dia da semana observa-se uma concentração um pouco maior de segunda a domingo (Figura 12).



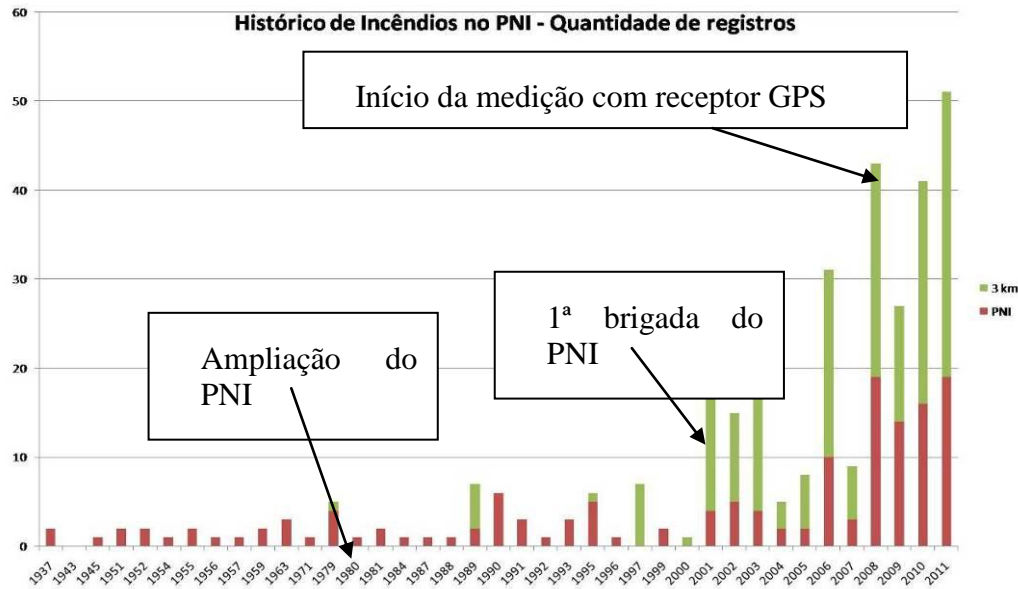
**Figura 11** – Distribuição dos registros de incêndios de 1937 a 2011, por mês de início da ocorrência. Os dados se referem ao percentual do total de ocorrências de incêndios e área queimada registrados no período com informações sobre o mês de início (325).



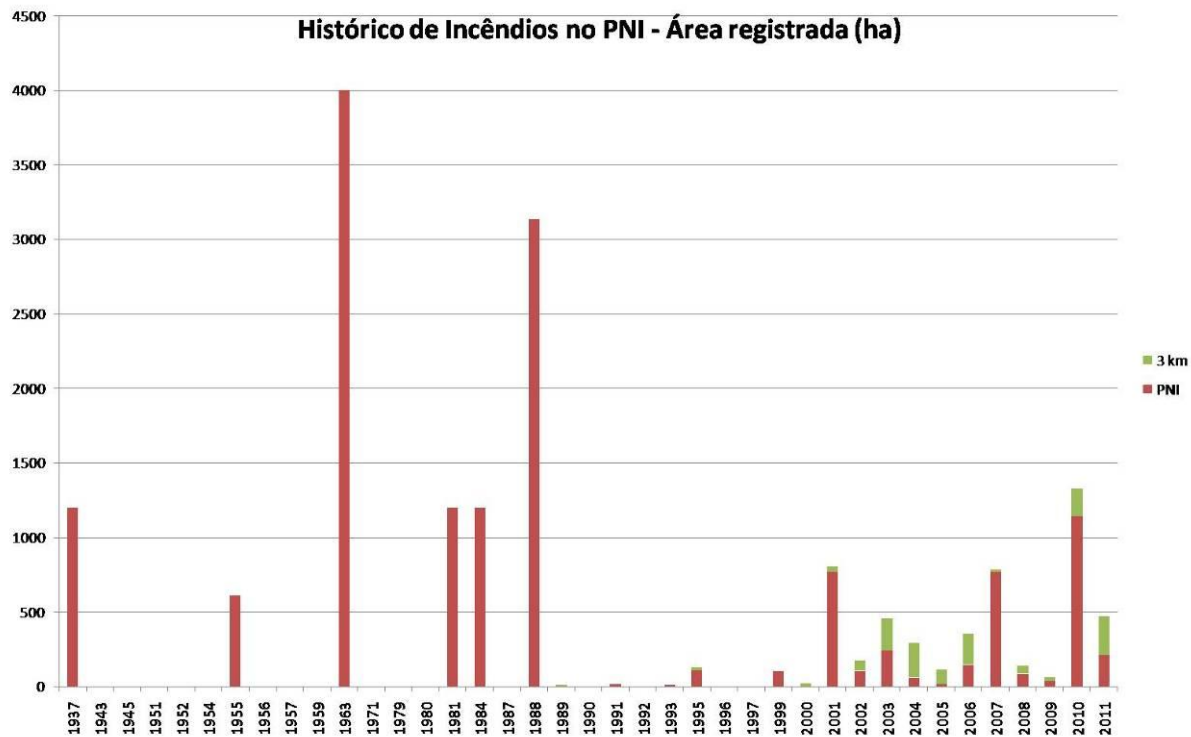
**Figura 12** – Gráfico de distribuição dos registros de incêndios de 1937 a 2011, por dia da semana de início da ocorrência. Percentual sobre o total de registros para o período com informações sobre a data de início (319).



A distribuição dos 332 registros ao longo dos anos está representada na Figura 13. Nem todos os registros incluem informações sobre a área atingida, e nos anteriores a 2008 essa medida era visualmente estimada, com exceção dos grandes incêndios de 2001 e 2007 cujos polígonos foram obtidos através de imagens de satélite. Foram levantadas ou estimadas áreas de 265 registros e, apesar de muitas carecerem de precisão, constituem um parâmetro para entender a magnitude da questão dos incêndios na Área de Estudo. A área atingida pelos incêndios anualmente está representada na Figura 14. Em ambos os gráfico percebe-se claramente a influência de mudanças na forma de registro das ocorrências a partir da criação do PREVFOGO e da brigada do PNI, em 2001, e a adoção de medições sistemáticas de todas as ocorrências com receptor GPS a partir de 2008. Deve-se atentar também para o fato de que em 1982 a área do Parque aumentou aproximadamente 133%.



**Figura 13** – Distribuição por ano dos registros de incêndios no PNI e entorno de 3km, de 1937 a 2011, por ano. Em 2001 foi criado o PREVFOGO, iniciando-se a elaboração dos ROIs, e a partir de 2008 as áreas queimadas passaram ser sistematicamente medidas com GPS.



**Figura 14** – Distribuição por ano das áreas informadas nos registros de incêndios de 1937 a 2011, no PNI e entorno de 3km. Percebe-se a partir de 2000 a preocupação em se registrar os incêndios no entorno da unidade.

Os incêndios que puderam ter a sua área estimada foram divididos em três categorias por ordem de grandeza, partindo do parâmetro de 500 ha para incêndios classificados como de grande porte, de acordo com o Projeto *Megafires* europeu (BOVIO & CAMIA, 1997) e a mobilização de combate exigida (Tabela 1). Essa mesma categorização por tamanho será utilizada nas análises dos próximos capítulos.

**Tabela 1** - Classificação dos registros históricos de incêndios, segundo a estimativa de área atingida.

<b>Categoria</b>	<b>Quant.</b>	
A: Acima de 500 hectares	11	4%
B: 10 a 500 hectares	73	28%
C: abaixo de 10 hectares	181	68%
<b>TOTAL</b>	<b>265</b>	

Dos onze incêndios registrados na categoria “A”, pelo menos nove atingiram a região do Planalto da Agulhas Negras, dominada pelos campos de altitude. Os dois outros provavelmente também estavam lá localizados, no entanto não foram obtidas informações suficientes para afirmar com certeza. Uma explicação provável para esta prevalência é que esta é a maior área contínua de vegetação campestre na região estudada. Os próprios incêndios favorecem a seleção de espécies resistentes, como o capim “cabeça-de-nêgo” (*Cortaderia modesta*), que em função da proteção da área e possivelmente da ausência de grandes herbívoros silvestres acumula grande quantidade de biomassa, conforme a teoria de Caldararo (2002).

Observou-se que não há uma relação direta entre a quantidade de registros de incêndios e a área atingida. Enquanto o primeiro está diretamente relacionado com a capacidade de mobilização e registro da equipe da unidade, a segunda está mais relacionada com as condições climáticas, acúmulo de biomassa, continuidade dos combustíveis e acesso para o combate. Estes dois últimos fatores são mais significativos dentro do Parque do que no seu entorno, o que é uma das explicações para ocorrerem mais incêndios no entorno do Parque, porém com maiores áreas atingidas no seu interior.

Esta análise histórica foi baseada nos registros disponíveis, no entanto poderá ser grandemente enriquecida por estudos futuros que incluam um amplo levantamento de imagens de sensoriamento remoto, que poderão auxiliar na melhora das informações geográficas desses registros e incluir incêndios que por diversos motivos podem não ter sido identificados.

#### 4. ANÁLISE DOS REGISTROS DE OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS COM POLÍGONOS DELIMITADOS

Este capítulo tem o objetivo de apresentar e analisar espacial e temporalmente as ocorrências de incêndio que tiveram seus polígonos medidos e que foram utilizados para as análises geoecológicas.

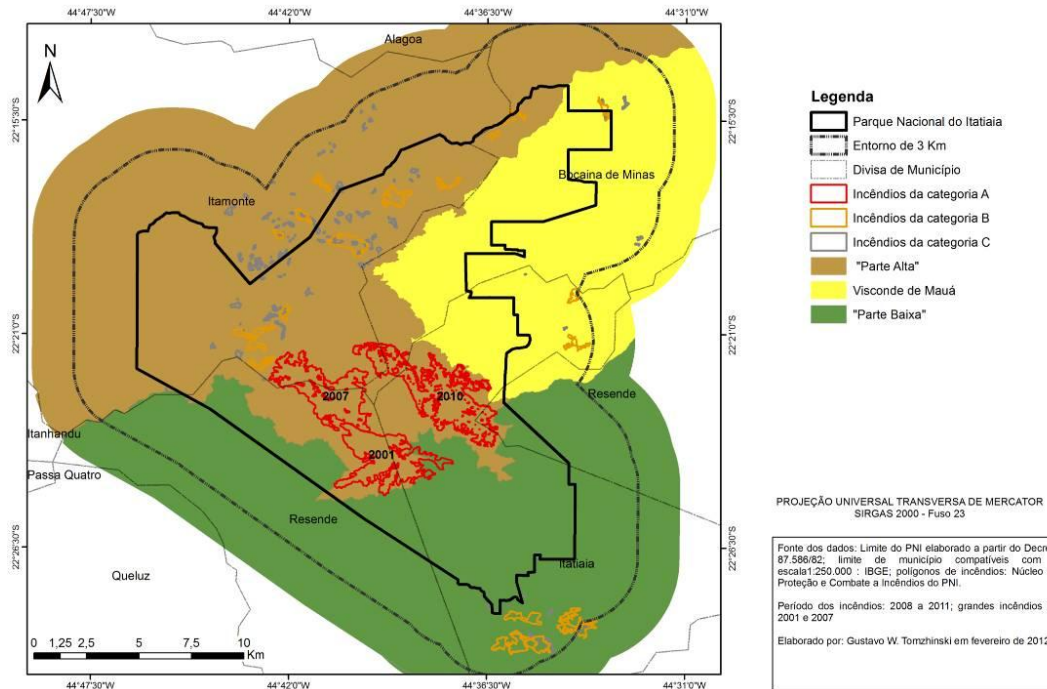
Foram utilizados os polígonos dos Registros de Ocorrência de Incêndios (ROIs) dos anos de 2008 a 2011, quando o Núcleo de Prevenção e Combate a Incêndios do Parque Nacional do Itatiaia passou a mapear sistematicamente as áreas atingidas com a utilização de aparelhos receptores de navegação GPS - *Global Positioning System* (ICMBio, 2011). Além destes foram analisados também os polígonos dos grandes incêndios de 2001, 2007 e 2010. O de 2001 foi obtido através da análise visual de imagem do satélite LANDSAT de 09/09/2001, o de 2007 foi gerado pela empresa Geodesign a partir de imagem CBERS de 25/08/2007 e doado ao Parque naquele ano e o de 2010 foi obtido através de classificação supervisionada da imagem obtida pelo sensor AVNIR-2 do satélite ALOS de 04/09/2010. É importante chamar a atenção que estes dados são diferentes dos utilizados nas análises preliminares, tanto em função do período temporal, quanto em relação a alguns polígonos, que tiveram sua geometria ajustada.

Em função da disponibilidade dos dados descritos acima foi definido o recorte temporal da análise espacial abrangendo os dados dos ROIs dos anos de 2008 a 2011, além dos períodos de duração dos grandes incêndios de 2001 (18 a 21/07/2001) e 2007 (21 a 25/08/2007). No total foram obtidos 164 polígonos de ROIs, dos quais foram selecionados aqueles que interceptavam o polígono circundante do PNI num raio de até 3 km de distância dos limites da unidade, totalizando 147 polígonos analisados, conforme a Tabela 2 e a Figura 15.

**Tabela 2** - Distribuição na Área de Estudo dos polígonos analisados.

Localização	Quant.	Área atingida (ha)		
		Total	Média	$\sigma$
Total ou parcialmente dentro do PNI	59	2983,5	50,6	186,3
Entorno de 3 Km	88	515,8	5,9	10,5
<b>TOTAL</b>	<b>147</b>	<b>3.499,30</b>	<b>23,8</b>	<b>120,3</b>

## MAPA DOS REGISTROS DE OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS (ROIs) ANALISADOS



**Figura 15** – Mapa dos ROIs analisados, abrangendo o período de 2008 a 2011 e os grandes incêndios de 2001 e 2007, na região do Parque Nacional do Itatiaia.



Observou-se uma grande disparidade entre as áreas atingidas pelos diversos incêndios, resultando em um elevado desvio padrão. Para possibilitar uma melhor análise dos diferentes tamanhos de incêndios e sua relação com os fatores geocológicos estudados, estes foram divididos em categorias de acordo com a ordem de grandeza da área atingida, utilizando-se as mesmas categorias definidas no capítulo 4, conforme a Tabela 3.

**Tabela 3** - Classificação dos polígonos de incêndios estudados, segundo a área atingida.

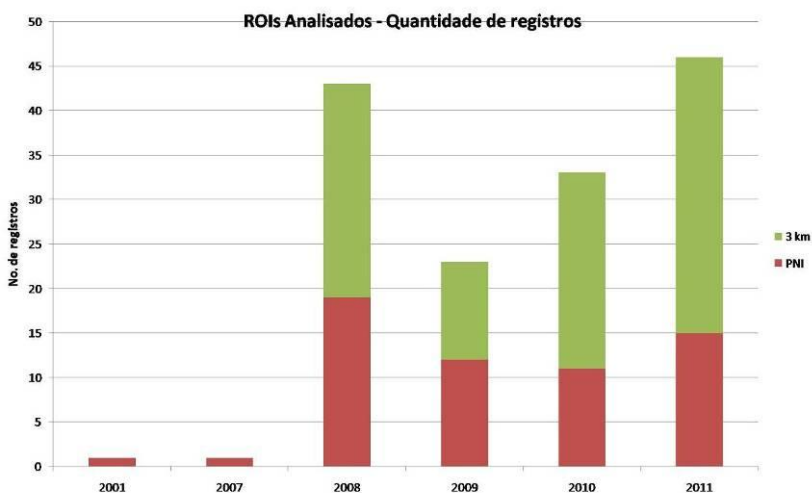
Categoria	Quant.	Área (ha)					σ
		Mín.	Máx.	Média	Soma		
A: Maior que 500 hectares	3 2%	741,6	1.023,3	842,9	2.528,7	127,9	
B: 10 a 500 hectares	25 17%	10,0	98,1	28,3	707,4	20,4	
C: Abaixo de 10 hectares	119 81%	0,01	9,83	2,2	263,3	2,2	
<b>TOTAIS</b>	<b>147</b>				<b>3.499,3</b>		

É importante ressaltar que essas categorias de tamanho foram assim definidas apenas para facilitar a análise e a compreensão dos fatores estudados e não para determinar a severidade do incêndio, para o que deverão ser levados em conta outros fatores, como biodiversidade atingida, proximidade da UC, dificuldades de combate, possibilidade de propagação para outras áreas, entre outros. Na Tabela 4 verifica-se a distribuição desses registros de incêndio por ano.

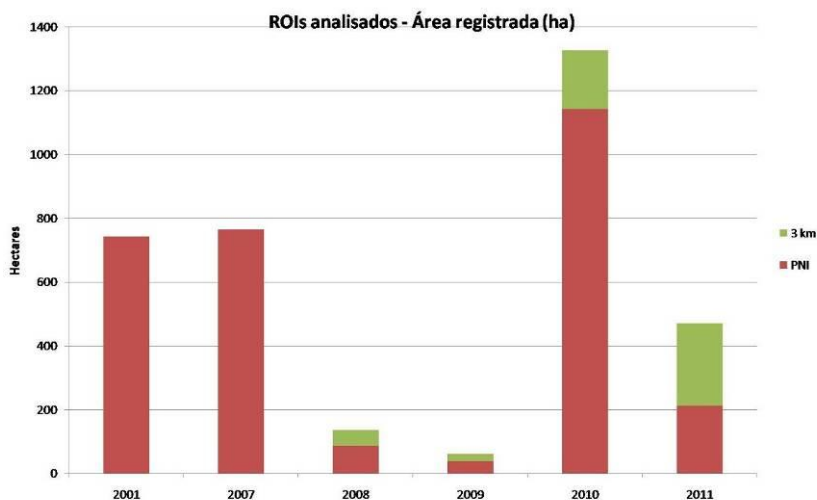
**Tabela 4** - ROIs analisados separados por ano e por categorias de tamanho dos incêndios.

Categoria	A		B		C		TOTAL		
	Ano	Quant.	Ha	Quant.	Ha	Quant.	Ha	Quant.	Ha
2001	<u>1</u>		741,6					<u>1</u>	741,6
2007	<u>1</u>		763,8					<u>1</u>	763,8
2008				<u>3</u>	56,0	40	80,1	<b>43</b>	<b>136,2</b>
2009						23	61,4	<b>23</b>	<b>61,4</b>
2010	<u>1</u>		1.023,3	10	241,4	22	60,3	<b>33</b>	<b>1.325,0</b>
2011				12	409,9	34	61,4	<b>46</b>	<b>471,3</b>
<b>TOTAIS</b>	<b>3</b>		<b>2.528,7</b>	<b>25</b>	<b>707,3</b>	<b>119</b>	<b>263,2</b>	<b>147</b>	<b>3.499,3</b>

As figuras 16 e 17 mostram a distribuição desses registros e a área atingida por ano.



**Figura 16** – Distribuição por ano dos ROIs analisados. .



**Figura 17** – Distribuição por ano das áreas calculadas a partir dos polígonos dos ROIs analisados.

Quando os polígonos de incêndio foram analisados com relação à sua localização geográfica, foi constatado que eles se concentram na Parte Alta, tanto em quantidade (79,6%) quanto em área atingida (88,8%), especialmente na bacia do rio Aiuruoca, que concentra a maior parte das propriedades rurais incluídas na ampliação de 1982. Os três maiores incêndios estão localizados no Planalto das Agulhas Negras, conforme a tendência observada no Capítulo 4. A Tabela 5 mostra a distribuição dos ROIs analisados em relação à sua localização. A Parte Baixa apresenta um número maior de ocorrências que a região de Visconde de Mauá, no entanto esta oferece maior risco de atingir os limites do Parque.

**Tabela 5** - ROIs analisados por zonas do Parque Nacional do Itatiaia.

Categoria	A		B		C		TOTAL	
	Quant.	Ha	Quant.	Ha	Quant.	Ha	Quant.	Ha
"PARTE ALTA"	3	2.528,7	12	362,2	102	217,0	117	3.107,9
"MAUÁ"			3	54,1	8	15,0	11	69,2
"PARTE BAIXA"			10	291,0	9	31,2	19	322,2
<b>TOTAIS</b>	<b>3</b>	<b>2.528,7</b>	<b>25</b>	<b>707,3</b>	<b>119</b>	<b>263,2</b>	<b>147</b>	<b>3.499,3</b>

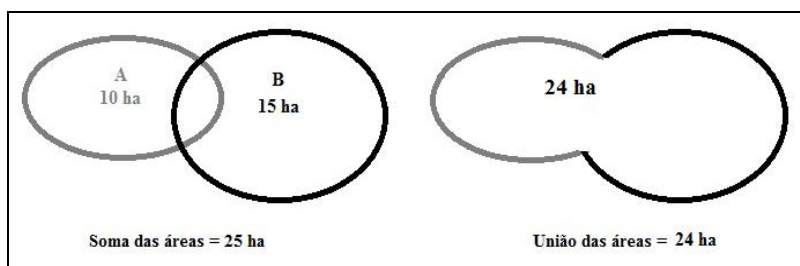
Verificou-se também a distribuição dos incêndios por município. Nesta análise não foram computados os três grandes incêndios, que atingiram sempre áreas em mais de um município. O de 2001 foi nos municípios de Itatiaia e Resende, o de 2007 em Itamonte, Bocaina de Minas e Resende e o de 2010 em Itamonte, Bocaina de Minas, Itatiaia e Resende.

A Tabela 6 mostra que o município de Itamonte lidera o *ranking* de incêndios tanto em número de registros quanto em área atingida, com o agravante de que muitas dessas ocorrências afetaram o Parque. Em seguida vem o município de Itatiaia, principalmente em função do fogo colocado em pastagens no Vale do Paraíba. Esses incêndios oferecem menor risco ao PNI, no entanto um deles atingiu o limite sul da unidade, em 2010.

**Tabela 6** - ROIs analisados por município.

Município	Quantidade		Área (ha)	
Itamonte	113	78%	578,3	60%
Itatiaia	24	17%	362,0	37%
Bocaina de Minas	6	4%	28,8	3%
Resende	1	1%	0,8	0%
	<b>144</b>		<b>969,9</b>	

O que torna os incêndios mais ameaçadores para a biodiversidade e degradação do solo é a sua recorrência em um mesmo local. Pode-se obter um indicador dessa recorrência em determinado período pela relação da união das áreas atingidas pelos incêndios com a soma da área de cada um deles, ou seja, qual a proporção da área atingida pelos incêndios analisados queimou mais de uma vez durante o período estudado (Figura 8).



**Figura 18** – Ilustração de exemplo de ocorrência de requeima. Duas áreas foram atingidas por incêndios em períodos diferentes, que se sobrepuseram parcialmente (TOMZHINSKI, 2012).

Denominou-se de Índice de Requeima (IR) o resultado da fórmula

$$IR = \left( 1 - \frac{\text{Área Total Atingida (T)}}{\sum \text{Área dos Polígonos (T)}} \right) \times 100$$

O IR indica, de forma geral, qual o percentual da área que foi queimada mais de uma vez num dado período de tempo (T).

Quando calculado o IR para todos os polígonos analisados (incluindo os grandes incêndios de 2001 e 2007), obteve-se um valor de 2% de requeima, já quando se calcula apenas para o período de 2008 a 2011, o valor aumenta para 3,4%, o que significa que nesse espaço de tempo pelo menos 67 ha foram queimados mais de uma vez.

Esse índice é relativamente pequeno em função do curto período, quatro anos, de que se tem polígonos de incêndios disponíveis. No entanto, a partir dos dados históricos, estima-se que o grande incêndio de 1988 abrangeu os de 2001, 2007 e 2010. Como não houve sobreposição entre estes, pode-se estimar que dentro do PNI, em treze anos, pelo menos 742 ha teriam queimado mais de uma vez; em 19 anos, 1.505 ha e em 22 anos pelo menos 2.528 ha, o que corresponde a aproximadamente 9% da área total do Parque.

Estas estimativas são limitadas em função dos dados disponíveis, mas são indicadores genéricos do regime de fogo no Itatiaia, do acúmulo de biomassa e da potencial perda de biodiversidade, subsidiando as ações de proteção e manejo da UC e estudos mais aprofundados. Elas poderão ser melhoradas a partir de estudos futuros baseados em séries temporais de imagens de sensoriamento remoto, conforme metodologia utilizada por FRANÇA *et al.* (2007).

## **5. ANÁLISE DAS VARIÁVEIS GEOECOLÓGICAS FRENTE AOS REGISTROS DE OCORRÊNCIA DE INCÊNDIO**

Segundo Rodriguez (2007), pode-se considerar seis tipos de fatores, aqui chamados variáveis, na formação da paisagem: geológicos, climáticos, geomorfológicos, hídricos, edáficos e bióticos. Neste capítulo abordamos as variáveis geoecológicas que estão mais diretamente ligadas à questão dos incêndios florestais, condicionando-os: forma do relevo, declividade e altitude (geomorfológicas); incidência de radiação solar e precipitação (climáticas); combustibilidade (biótica) e as variáveis ligadas aos impactos antropogênicos ou sócio-econômicas. Apesar da incidência de radiação solar ser uma variável climática, neste trabalho ela foi tratada em conjunto com as geomorfológicas por estar diretamente condicionada pelo relevo e estar sendo utilizada em substituição à orientação das encostas.

Buscou-se analisar individualmente a influência de cada uma das variáveis geoecológicas analisadas na distribuição espacial e magnitude dos incêndios, estabelecendo parâmetros para o mapeamento geoecológico de suscetibilidade a ocorrência de incêndios.

### **5.1. VARIÁVEIS GEOMORFOLÓGICAS**

Diversos fatores derivados do relevo influenciam o comportamento do fogo e a suscetibilidade aos incêndios. Nesse capítulo as ocorrências de incêndios são analisadas em função da incidência de radiação solar, forma da encosta, declividade e altitude. Todos esses fatores foram mapeados a partir do Modelo Digital de Elevação gerado com a base cartográfica disponível.

### **5.1.1. Orientação das Encostas e Incidência de Radiação Solar**

Em estudo sobre o significado ecológico da orientação das encostas no Maciço da Tijuca, Oliveira *et al.* (1995) destacam que as encostas voltadas para o Norte recebem os primeiros e os últimos raios solares, o que ocasiona uma maior e mais rápida perda de umidade na serrapilheira, resultando numa maior suscetibilidade a ocorrência de incêndios. No caso do Maciço da Tijuca, assim como ocorre no Itatiaia, também foi observada a relação entre orientação das encostas e precipitação, com as encostas voltadas para o sul apresentando maior pluviosidade em função da influência da orografia no regime de chuvas, condicionado pelas massas de ar úmido vindas do mar.

Chuvieco & Congalton (1989) e Koproski *et al.* (2011) utilizaram a orientação da encosta em modelos para mapeamento de risco de incêndios na costa mediterrânea da Espanha e na região noroeste do Paraná, respectivamente. Silva *et al.* (2009) utilizaram a orientação das encostas, simplificando o mapeamento em duas classes: encostas orientadas para o norte e para o sul como um dos componentes do mapeamento de potencialidade de ocorrência de incêndios para o Parque Nacional do Itatiaia.

Sousa (2009) e Coura *et al.* (2009) expõem as vantagens de utilizar o mapeamento direto da incidência de radiação solar em substituição à simples orientação das encostas, fornecendo informações mais detalhadas e suprimindo omissões do primeiro método, como as áreas planas do Planalto e as encostas sombreadas por outras em determinado período do dia em função do relevo acidentado da Área de Estudo.

Desta forma decidiu-se por utilizar a incidência de radiação solar ao invés da orientação das encostas. Apesar de ser uma variável climática, está relacionada entre as geomorfológicas pela sua relação intrínseca com o relevo e por



estar substituindo a orientação das encostas. A operacionalização foi feita através da ferramenta *Area Solar Radiation* do software ARCGis<sup>®</sup>, que calcula a incidência total anual de radiação solar em determinada área, considerando o ângulo de incidência nas diferentes épocas do ano, latitude, efeitos atmosféricos e fatores relacionados à topografia, como elevação, declividade, orientação da encosta e sombra causada pelo relevo. O cálculo foi feito para os anos de 2001 a 2011, verificando-se não haver diferença entre os valores obtidos dentro desse período, portanto o mapa de radiação foi elaborado utilizando a incidência total de radiação de 2011 (Figura 19).

Em seguida, calcularam-se os valores médios de incidência anual de radiação para cada polígono de incêndio estudado, que foram analisados em função das categorias de tamanho de cada um.

A partir da análise da Figura 20, observa-se que todos os incêndios analisados atingiram áreas que recebem insolação média entre 1.524 KWH/m<sup>2</sup> e 2.103 KWH/m<sup>2</sup>. As áreas abaixo dessa faixa possivelmente retêm umidade suficiente para torná-las menos susceptíveis à ocorrência de incêndios. Uma explicação possível para o limite superior é a de que as áreas mais elevadas e que conseqüentemente recebem maior insolação, são afloramentos rochosos, com pouco ou nenhum material combustível.

## MAPA DE CLASSES DE INCIDÊNCIA DE RADIAÇÃO SOLAR

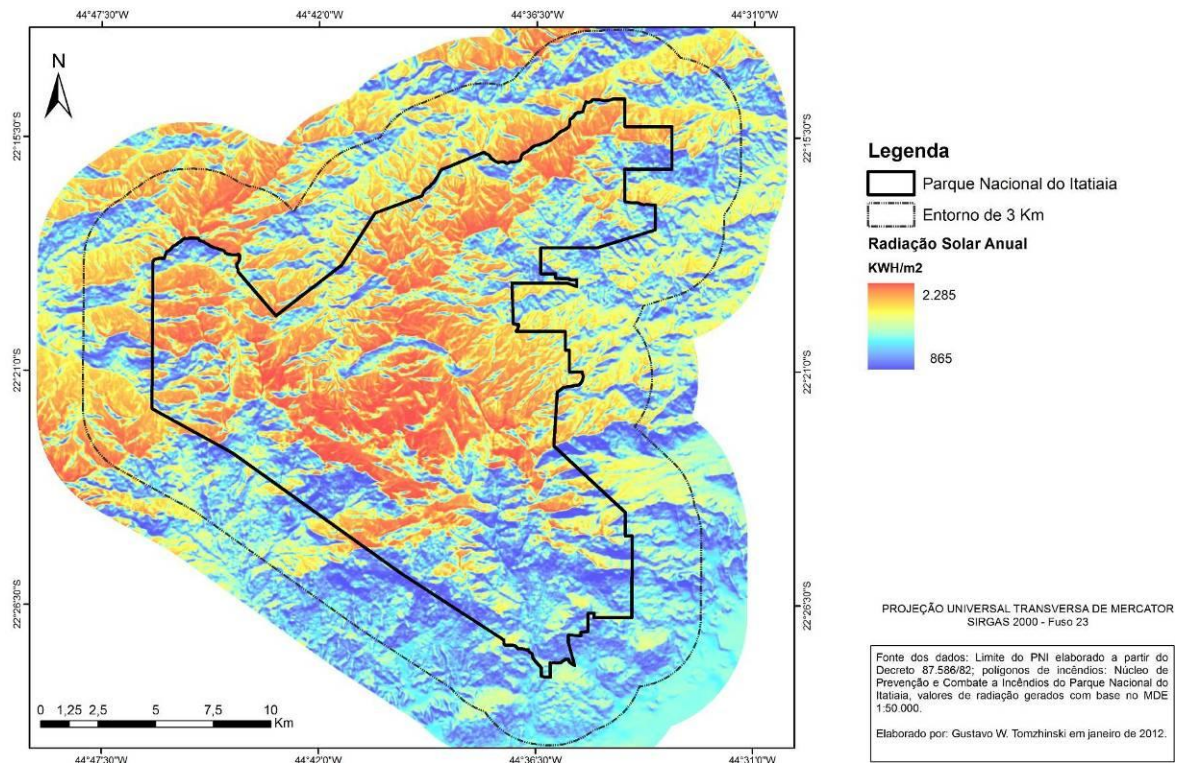
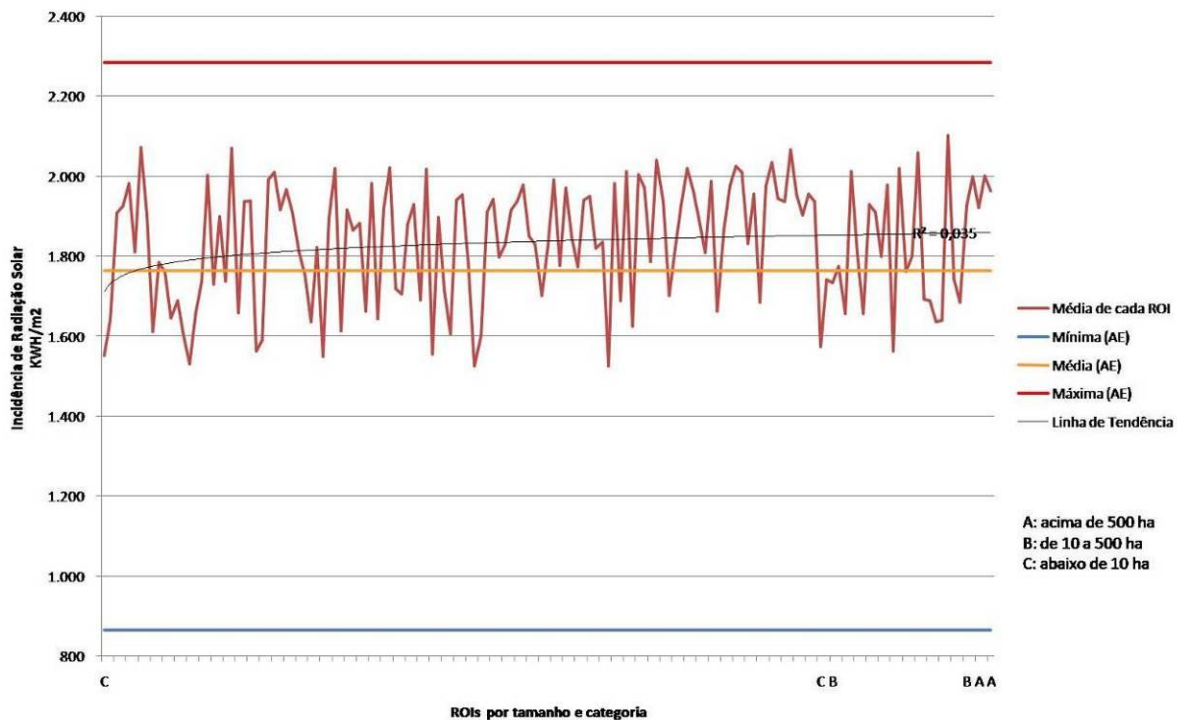


Figura 19 – Mapa de incidência de radiação solar na Área de Estudo



**Figura 20** – Incidência média de radiação solar para os polígonos de incêndios estudados em comparação com os valores máximo, mínimo e médio encontrados para toda a Área de Estudo (AE).

Nota-se também, que há uma grande variação na relação entre o tamanho das áreas queimadas e a incidência de radiação solar. Isso pode ser explicado pela influência das outras variáveis geológicas relacionadas aos incêndios. No entanto, mesmo assim percebe-se uma tendência de que as áreas onde ocorrem os maiores incêndios são aquelas que recebem maior insolação. Essa observação é corroborada pelas análises quantitativas e qualitativas que são apresentadas a seguir.

Através do método de quebra natural dos valores do histograma obtido do arquivo *raster* de incidência de radiação solar, foram obtidos valores limites para uma possível classificação desse fator com relação à ocorrência de incêndios no PNI.

Estes valores foram testados com relação ao número de ocorrências de incêndios e à área atingida. Os resultados são apresentados na Tabela 7.

**Tabela 7** – Distribuição da quantidade de incêndios e da área atingida em função dos limites de classes de incidência de radiação solar propostos.

	Quantidade de ROIs		Área atingida (Ha)	
Polígonos com radiação média até 1.606,3 KWH/m <sup>2</sup>	13	9%	40	1%
Polígonos com radiação média de 1.606,4 a 1.834,5 KWH/m <sup>2</sup>	56	38%	435	12%
Polígonos com radiação média superior a 1834,5 KWH/m <sup>2</sup>	78	53%	3.024	86%
<b>TOTAL</b>	<b>147</b>	<b>100%</b>	<b>3.499</b>	<b>100%</b>

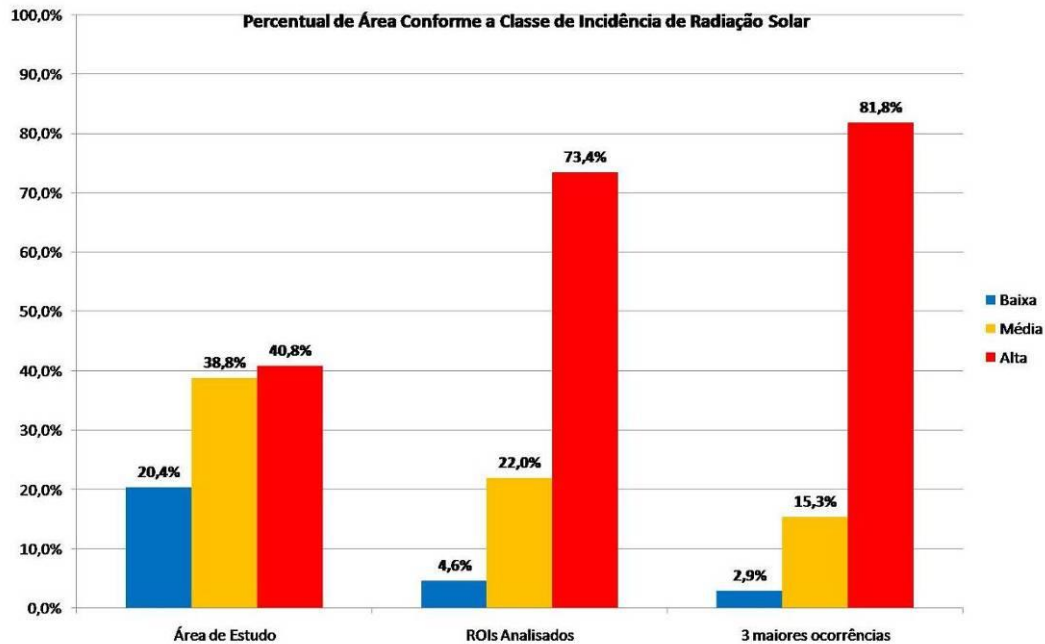
A partir dos dados acima, foram adotadas essas faixas de valores para as classes baixa, média e alta incidência de radiação solar para a ocorrência de incêndios na Área de Estudo. Na análise da distribuição dos polígonos de incêndio dentro dessas classes, constatou-se que todos os incêndios maiores que 500 ha ocorreram em área de alta incidência de

radiação, bem como elevado percentual dos incêndios das categorias B e C (Tabela 8).

**Tabela 8** – Distribuição do número de ROIs nas classes de incidência de radiação, segundo as classes de tamanho previamente estabelecidas.

	<b>A</b>		<b>B</b>		<b>C</b>		<b>Geral</b>	
Polígonos com radiação média até 1.606,3 KWH/m2	0	0%	1	4%	12	9%	13	9%
Polígonos com radiação média de 1.606,4 a 1.834,5 KWH/m2	0	0%	15	60%	41	35%	56	38%
Polígonos com radiação média superior a 1834,5 KWH/m2	3	100%	9	36%	66	56%	78	53%
<b>TOTAL</b>	<b>3</b>		<b>25</b>		<b>118</b>		<b>147</b>	

A comparação das áreas atingidas pelos incêndios estudados com a Área de Estudo em função das classes de radiação foi representada através da Figura 21 e o mapa com essas classes na Figura 22.



**Figura 21** – Gráfico do percentual de área conforme as classes de incidência de radiação solar para toda a Área de Estudo, para os polígonos dos ROIs analisados e para as três maiores ocorrências.

## MAPA DE CLASSES DE INCIDÊNCIA DE RADIAÇÃO SOLAR

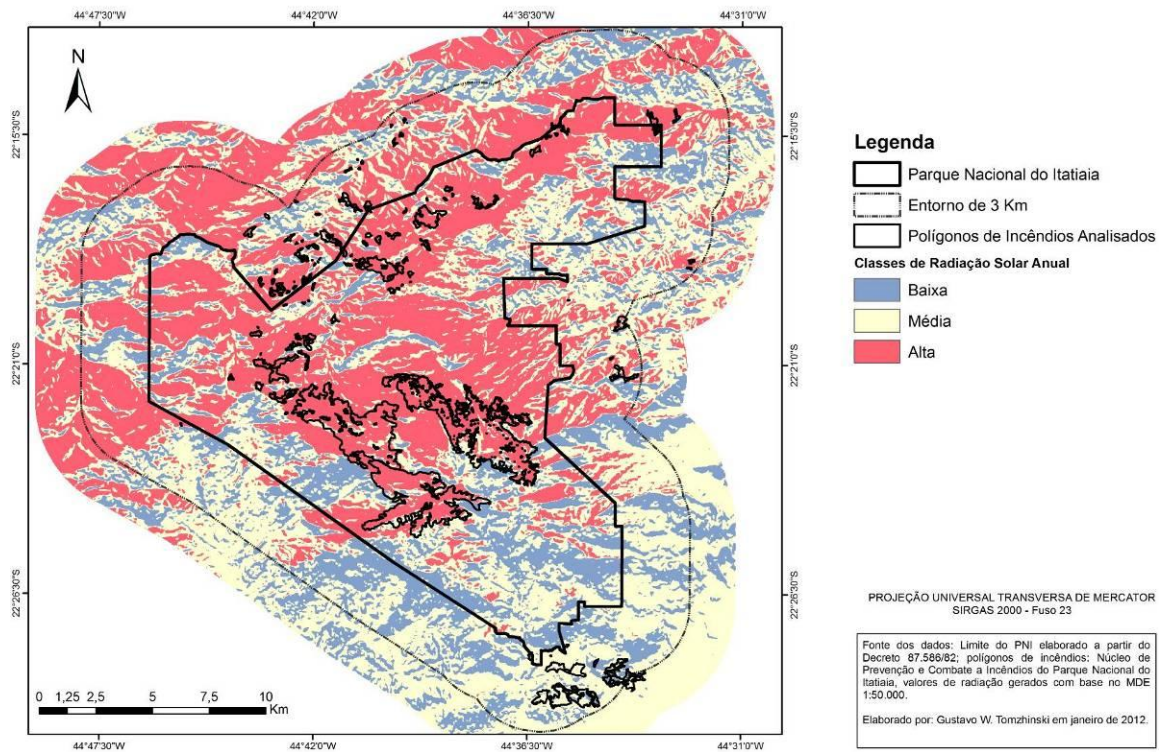


Figura 22 – Mapa de classes incidência de radiação solar na Área de Estudo

Apesar de o percentual de áreas com alta incidência de radiação solar já ser maior do que as áreas de média e baixa incidência para toda a Área de Estudo (AE), a proporção aumenta muito quando se analisa as áreas atingidas por incêndios, especialmente onde ocorreram os de grande magnitude. É importante ressaltar que os intervalos de valores e classes de radiação estabelecidas são específicos para o PNI, já que a radiação depende da localização no globo e do relevo de cada local, tanto em função do sombreamento quanto da altitude, porém podem servir de referência para outras áreas.

### **5.1.2. Forma do relevo**

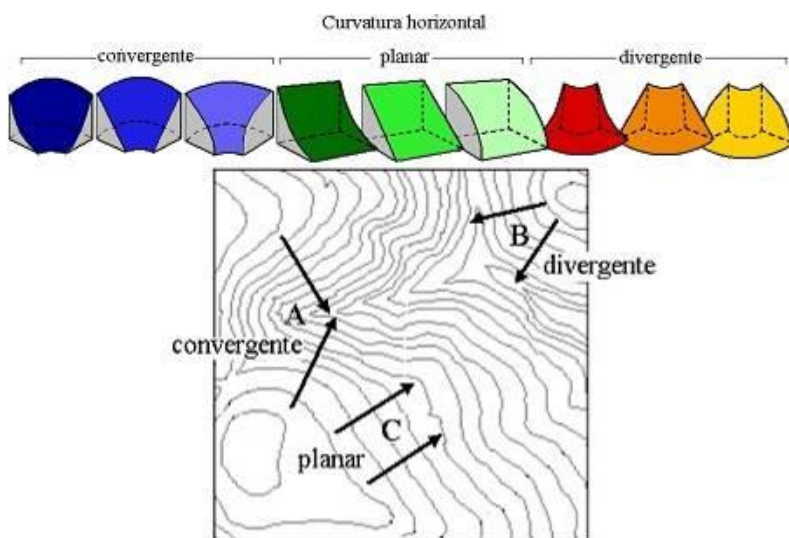
A forma do relevo está diretamente ligada aos processos de transporte e acúmulo de água e, portanto, à umidade dos combustíveis. Neste aspecto, as formas côncavas se caracterizam como zonas de convergência de fluxo e, conseqüentemente, de maior concentração de umidade, ao passo que as convexas condicionam a formação de zonas de divergência de água e baixa umidade (SILVA, 2009).

Dentre diversas maneiras de se classificar a morfologia, pode ser destacada a interpretação da curvatura vertical e horizontal. A primeira está relacionada à identificação de formas côncavas, convexas e retilíneas assumindo a análise de um perfil topográfico, por isso esse tipo de interpretação é denominado observação em perfil.

Já a curvatura horizontal, que utilizaremos nesse trabalho, expressa o formato da vertente quando observada em projeção ortogonal e pode ser descrita como a variação da orientação das vertentes ao longo de uma determinada distância, caracterizando formas côncavas, convexas e planares. Ao percorrer uma curva de nível num mapa, pode-se perceber a situação de divergência (forma convexa) se o lado interno da curva apontar para montante e de convergência (forma côncava), se for o contrário (VALERIANO, 2008).



Quando as curvas assumem uma forma retilínea e paralela às vizinhas é caracterizada uma forma planar, que pode ser de maior dispersão do fluxo d'água em situações de alta declividade ou de menor dispersão quando situadas em área de baixa declividade e relevo aplainado. Entretanto, nos dois casos são áreas de transição de fluxo d'água. Esses conceitos podem ser mais bem compreendidos através da Figura 23.



**Figura 23** – Ilustração da curvatura horizontal (adaptado de VALERIANO, 2008).

O mapeamento dessas variáveis geomorfométricas foi derivado do MDE gerando um arquivo *raster* com os valores da curvatura horizontal expressos em graus por metro ( $^{\circ}/m$ ), que foi reclassificado em três categorias com base no intervalo de  $-0,038^{\circ}/m$  a  $+0,051^{\circ}/m$  para a classe planar, intermediária entre a cônica negativa e a convexa positiva, conforme sugerido por Valeriano (2008). Estes valores foram estipulados com base em testes para o projeto TOPODATA (INPE, 2008), que gerou um produto

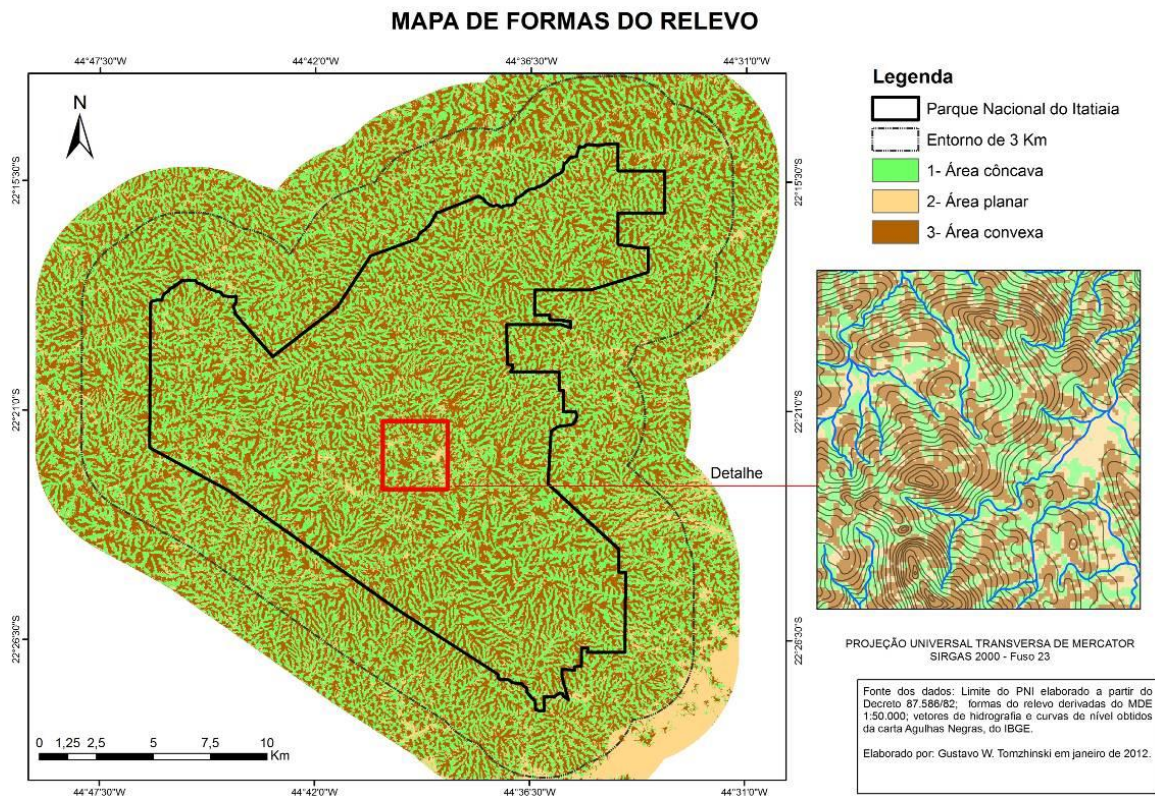
reamostrado (1 arco-segundo ou ~ 30 m) por krigagem dos MDE derivados do SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission), com 3 arco-segundo ou ~90 m de resolução espacial. Esta classificação teve uma boa correspondência quando analisada visualmente para a Área de Estudo. O resultado foi verificado com base nas curvas de nível e na hidrografia e pode ser observado na Figura 24.

A partir da classificação acima, foi verificado se cada polígono atingiu prioritariamente zonas de convergência, planares ou divergência. O resultado aponta para uma maior suscetibilidade de incêndios nas áreas prioritariamente divergentes ou convexas, como havia sido sugerido por Silva (2006) e Sousa (2009). Os resultados podem ser verificados na Tabela 9.

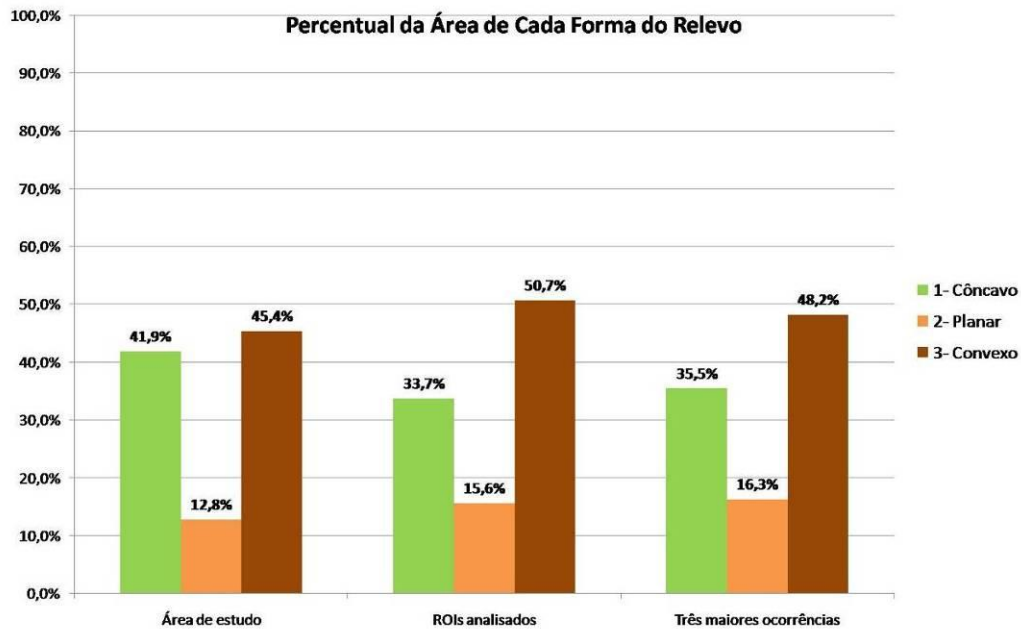
**Tabela 9** – Distribuição das ocorrências de incêndios analisadas em função da curvatura horizontal, distribuídos nas categorias de tamanho previamente estabelecidas.

	A		B		C		Geral	
Incêndios em áreas majoritariamente côncavas	0	0%	1	4%	24	20%	25	17%
Incêndios em áreas majoritariamente planares	0	0%	2	8%	1	1%	3	2%
Incêndios em áreas majoritariamente convexas	3	100%	22	88%	94	79%	119	81%
<b>TOTAL</b>	<b>3</b>		<b>25</b>		<b>119</b>		<b>147</b>	

Quando se compara a distribuição de área atingida pelos incêndios estudados em cada uma das categorias, percebe-se que a tendência observada anteriormente se mantém, embora menos acentuadamente. Inclusive apresentando um percentual maior de áreas convexas e planares atingidas do que o percentual observado na Área de Estudo como um todo (Figura 25).



**Figura 24** – Mapa de formas do relevo



**Figura 25** – Gráfico comparativo do percentual de área de cada forma de relevo na Área de Estudo, nos polígonos de incêndios analisados e nas três maiores ocorrências.

Por outro lado, cabe ressaltar que a maior suscetibilidade nas áreas convexas não é determinante, uma vez que, especialmente nos grandes incêndios, o fogo atinge inclusive áreas alagadas, como observado no grande incêndio de 2007. Desta forma, analisaram-se separadamente os três maiores incêndios estudados, localizados na região do Planalto, onde foram registrados todos os incêndios considerados de grande porte nos últimos 23 anos. Os resultados foram similares ao total dos ROIs analisados, com 48% e 16% de área convexa e planar atingidas, respectivamente.

Vale chamar a atenção para o fato de que as áreas planares na região do Planalto estão majoritariamente relacionadas a áreas de baixa declividade, entretanto se caracterizam como áreas de dispersão de fluxo d'água, o que corrobora com a baixa umidade. Esta baixa umidade é acentuada por uma série de outros fatores, como solos rasos, fisionomia aberta da vegetação, estrutura radicular dessas feições vegetacionais, dentre outros.

### **5.1.3.DECLIVIDADE**

É consenso entre diversos autores que a declividade é dos fatores que influenciam o comportamento do fogo, sendo especialmente importante na compreensão dos grandes incêndios (WHELAN, 1995; BOVIO & CAMIA, 1997; CHUVIECO *et al.*, 1997). Em função disso tem sido considerado como componente de diversas metodologias de cenários de avaliação relacionados ao risco de ocorrência de incêndios ou modelos de propagação do fogo.

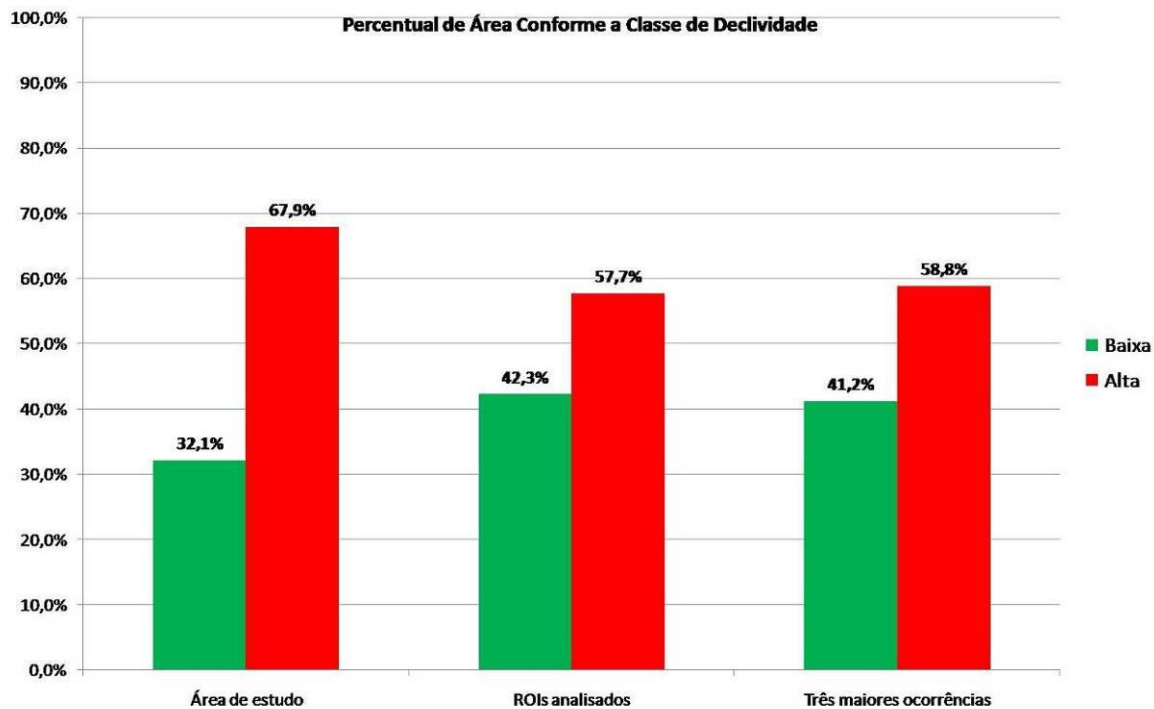
Através de técnicas de análise espacial, foram calculadas as declividades médias para cada polígono de incêndio analisado. Tomando como parâmetro os valores encontrados na literatura e a quebra natural dos valores encontrados para toda a Área de Estudo, verificou-se a

distribuição dos incêndios dentro de faixas de declividade média.

Para a elaboração do mapa de declividade, as informações de declividade foram generalizadas em duas categorias: até 16° e acima de 16°, as quais foram consideradas respectivamente baixa e alta para a suscetibilidade a ocorrência de incêndios (Figura 26).

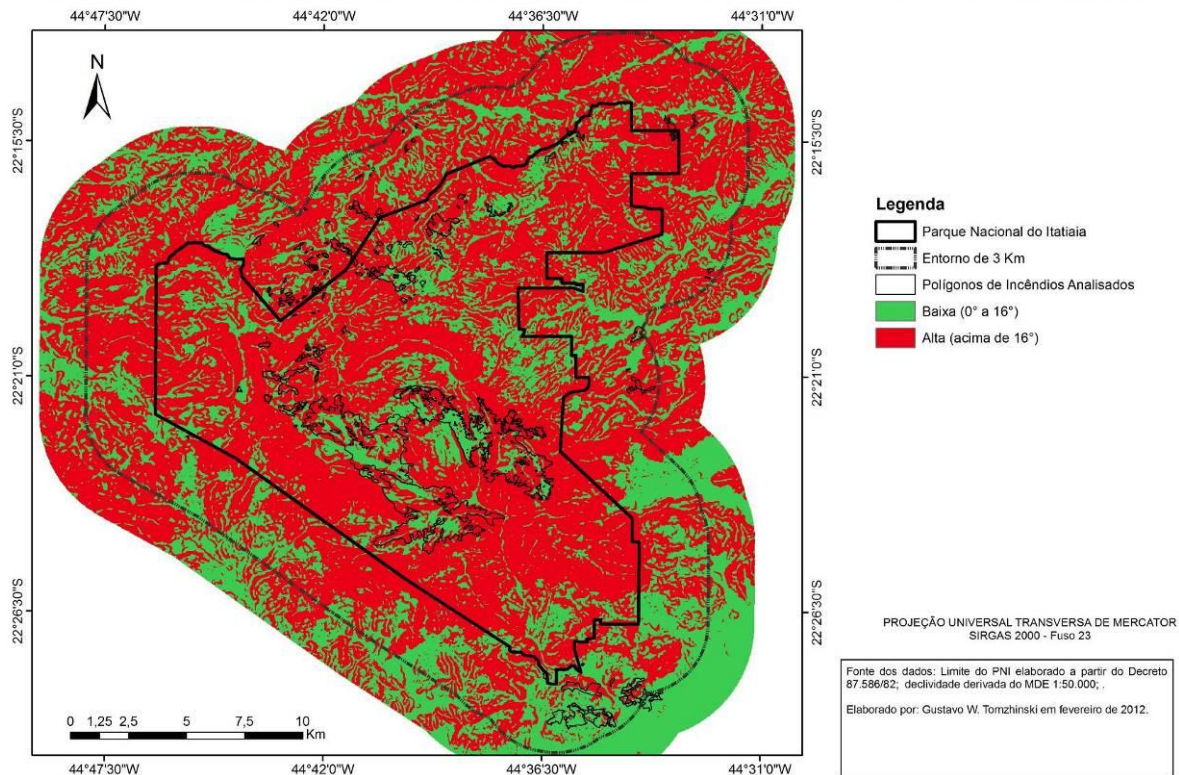
O gráfico nos mostra que apesar das áreas atingidas pelos incêndios serem maiores nos locais de alta declividade, a proporção entre alta e baixa declividade é menor do que na AE em geral. A provável explicação para esse fato é o relevo muito acidentado do PNI, que inclui muitas áreas acima de 28° que pouco foram atingidas pelos incêndios por serem áreas com florestas voltadas para a face sul ou de rocha exposta.

O mapa de classes de declividades é apresentado na Figura 27.



**Figura 26** – Gráfico comparativo do percentual de área de cada classe de declividade na Área de Estudo, nos polígonos de incêndios analisados e nas três maiores ocorrências.

## MAPA DE CLASSES DECLIVIDADE PARA A SUSCETIBILIDADE A OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS



**Figura 27** – Mapa de classes declividade para a suscetibilidade a ocorrência de incêndios



#### 5.1.4. ALTITUDE

A altitude tem sido utilizada por diversos autores como componente de modelos para o zoneamento de risco de incêndios florestais (CHUVIECO & CONGALTON, 1989; CHUVIECO *et al.*, 1997; DALCUMUNE & SANTOS, 2005; KOPROSKI *et al.*, 2011), usualmente relacionando o seu aumento com a redução do risco. Chuvieco & Congalton (1989), em estudos para a região do Mediterrâneo, partem do princípio que em maiores altitudes a disponibilidade de chuva é maior.

Para o Parque Nacional do Itatiaia, o histórico de incêndios e as análises preliminares já apontaram indiscutivelmente as regiões de maior altitude da AE como mais críticas. Para mensurar essa observação, foi elaborado um Mapa de Hipsometria para a Área de Estudo e calculada a altitude média de cada polígono de incêndio.

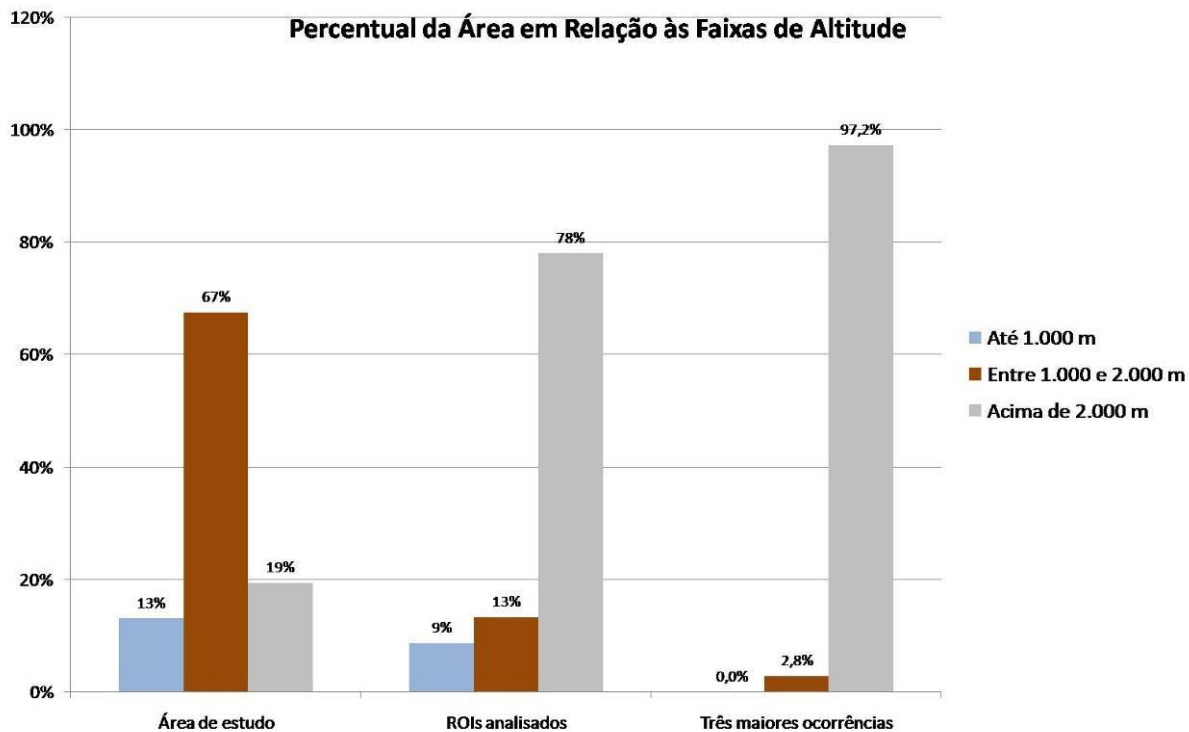
A análise da distribuição dos incêndios em função de sua altitude média mostra uma grande concentração na faixa entre 1.000 e 2.000 m, com 71% de todos os incêndios analisados e 39% dos incêndios maiores do que 10 ha. Para objetivar a análise os dados foram generalizados em três faixas de altitude, conforme a Tabela 10.

**Tabela 10** – Simplificação da distribuição do número de ROIs em função da altitude média, segundo as categorias de tamanho previamente estabelecidas.

	A		B		C		Geral	
ROIs em áreas com altitude média abaixo de 1000 m	0	0%	10	40%	9	8%	19	13%
ROIs em áreas com altitude média entre 1000 e 2000 m	0	0%	11	44%	94	79%	105	71%
ROIs em áreas com altitude média acima de 2000 m	3	100%	4	16%	16	13%	23	16%
<b>TOTAL</b>	<b>3</b>		<b>25</b>		<b>119</b>		<b>147</b>	

A Figura 28 mostra o resultado da análise quando se considerou a área atingida ao invés do número de ocorrências.

Quando se compara o número de incêndios com a Área de Estudo, verifica-se que a distribuição de ambos em função das faixas de altitudes são similares. No entanto quando se analisa a área atingida pelos incêndios verifica-se uma maior concentração na faixa acima dos 2.000, especialmente em função da ocorrência dos grandes incêndios no Planalto, como já foi observado nas análises anteriores. Essa observação aponta para uma maior suscetibilidade acima dos 2.000 m, onde se observam maiores áreas contínuas de campo. Entre 1.000 e 2.000 m o número de ocorrências é maior possivelmente devido à maior presença humana e às questões fundiárias. No mapa de classes de altitude apresentado na Figura 29 percebe-se bem a distribuição das ocorrências conforme observado acima.



**Figura 28** – Gráfico da área atingida pelos incêndios em função da altitude.

## MAPA DE CLASSES DE ALTITUDE PARA A SUSCETIBILIDADE A OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS

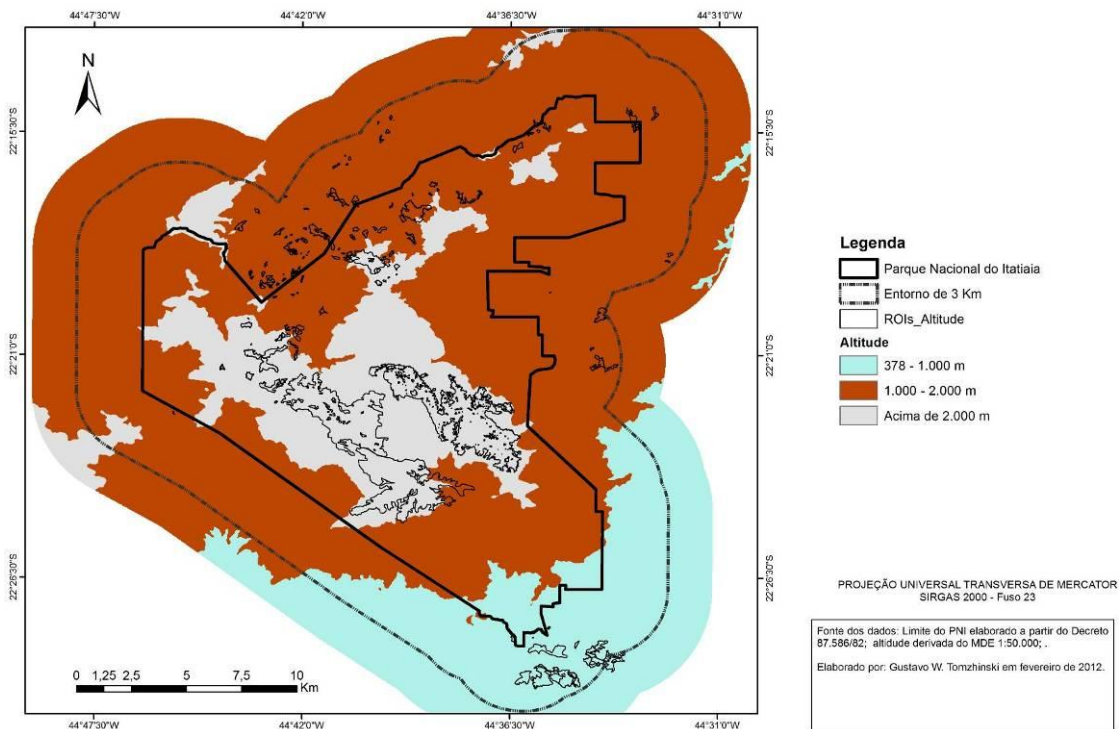


Figura 29 – Mapa de classes de altitude para a suscetibilidade a ocorrência de incêndios

Para a Área de Estudo, nas maiores altitudes temos um acumulado pluviométrico maior (BRADE, 1956 e seção 7.3), menores temperaturas e um ar mais rarefeito (menos oxigênio para a combustão), que são condições teoricamente desfavoráveis ao fogo. Entretanto nessas regiões ocorre também uma vegetação com fisionomia mais aberta (DUSÉN, 1955; BRADE, 1956), propiciando uma menor retenção da umidade e maior ocorrência de geadas na época seca, resultando num significativo ressecamento da vegetação, especialmente a campestre.

Os resultados das análises indicam uma relação bastante clara da ocorrência de incêndios com a altitude, entretanto de forma inversa à relação que foi utilizada por diversos autores em modelos de risco de incêndios. No entanto esse resultado não se deve apenas à variação altitudinal e aos fatores ligados a ela comentados anteriormente, mas é função também das questões fundiárias e sócio-econômicas.

A influência da altitude nos incêndios varia de acordo com cada local, estando fortemente ligada à demais variáveis geológicas e à própria escala da análise. É possível que um estudo mais abrangente que inclua todo o Vale do Paraíba e a Serra da Mantiqueira apresente resultado distinto dos encontrados para a Área de Estudo, já que serão incluídas grandes áreas de menor altitude onde ocorre grande número de incêndios.

## 5.2. COMBUSTIBILIDADE

A partir do conceito de que a combustibilidade representa quão inflamável é a vegetação ou a sua capacidade de pegar fogo (SILVA, 2006), esta variável foi mapeada através de técnicas de sensoriamento remoto e análises espaciais para a comparação com os polígonos de incêndios.

Considerou-se, portanto que as áreas onde se observa uma dominância de combustíveis leves e menor retenção de umidade, como os campos, apresentam maior

combustibilidade, enquanto as áreas com combustíveis mais pesados e maior retenção de umidade, como as florestas, representam uma menor combustibilidade.

### **5.2.1. Classificação da imagem**

Para a classificação, foi utilizada a imagem AVNIR do ano de 2010 que, além de ser mais recente, corresponde ao período seco de um ano com baixa pluviosidade, o que acentua a diferenciação das áreas em função de sua combustibilidade, gerando um cenário ideal para o mapeamento de condições críticas para a ocorrência de incêndios.

Para o mapeamento da combustibilidade, inicialmente foi feita a classificação da imagem no *software* InterIMAGE<sup>®</sup>, que é uma plataforma gratuita, desenvolvida pela Divisão de Processamento de Imagens - DPI/INPE e pelo Laboratório de Visão Computacional - LVC/PUC-Rio. Este *software* implementa uma estratégia específica de interpretação de imagens, baseada e guiada por uma descrição hierárquica do processo de interpretação, estruturado em uma rede semântica (COSTA *et al.*, 2008).

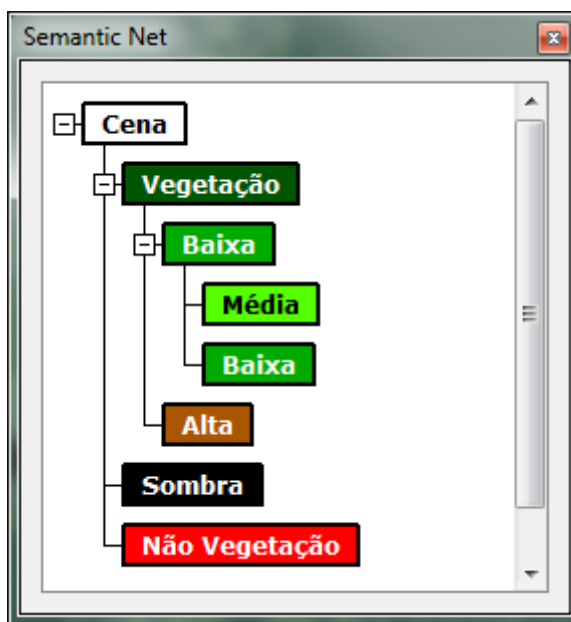
Em 1903, Dusén (1955) já havia observado que nas áreas elevadas do Itatiaia “campo e mata são abruptamente separados um do outro” e que “de modo geral a vegetação de mata retém o fogo...”. Desta forma foi utilizado este critério para balizar a separação das áreas vegetadas em baixa combustibilidade (formações de floresta) e alta combustibilidade (formações campestres).

Para proceder essa separação foi utilizado o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (Normalized Difference Vegetation Index – NDVI) é um índice de vegetação resultante da razão normalizada das bandas do infravermelho próximo e do infravermelho. O NDVI serve

como indicador do crescimento e do vigor da vegetação verde e seus valores variam entre -1 e +1, sendo que os valores mais elevados estão relacionados às áreas com maiores quantidades de vegetação fotossinteticamente ativa, enquanto que os valores menores representam áreas com menor superfície fotossintetizante (PONZONI, 2001; PONZONI & SHIMAKABURO, 2007). Chuvieco *et al.* (2002) encontraram elevada correlação entre o NDVI e o conteúdo de umidade de combustível (*Fuel Moisture Content* - FMC) para vegetação graminóide, o que o torna particularmente útil para o objetivo dessa classificação.

No gradiente vegetacional que ocorre acompanhando o aumento na altitude, observa-se que acima de 1.700 m as formações florestais mais fechadas e de maior umidade são substituídas por fitofisionomias com árvores de porte mais baixo, entremeadas de uma vegetação arbustiva e densa, com o solo coberto de musgo e pteridófitas (DUSÉN, 1955). Estas formações são mais sujeitas ao fogo do que as florestas higrófilas mais densas, servindo de parâmetro para separar da classe de baixa combustibilidade uma terceira classe que foi considerada, para este estudo, como sendo média combustibilidade.

De acordo com as características das classes estabelecidas foi elaborada uma rede semântica para a classificação da imagem através dos operadores existentes no software InterIMAGE® (Figura 30).



**Figura 30** – Rede semântica utilizada para a classificação da combustibilidade no InterIMAGE®. A vegetação foi classificada em alta e baixa combustibilidade, sendo esta última classe novamente dividida em média e baixa.

As classes de combustibilidade foram seleccionadas utilizando o segmentador com base no NDVI (Índice de Vegetação de Diferença Normalizada) com diferentes limiares (0.18 e -0.18) com um peso maior para a classe de baixa que foi dividida em duas outras classes definidas através da inserção de um polígono, extraído da base 1:50.000, que define áreas com altitudes maiores ou iguais a 1.700 m.

A classe sombra foi extraída a partir das características de brilho (média aritmética das quatro bandas) usando operador de aritmética de bandas e limiar entre 0 e 35, enquanto a classe de não vegetação foi extraída a partir de áreas não classificadas.



Posteriormente ao processamento dos dados, os resultados foram exportados em formato *shapefile* para um SIG para ajustes, validação e análises comparativas com os polígonos de incêndios.

### 5.2.2. Mapeamento e análise da combustibilidade

Os polígonos classificados como não vegetados pelo InterIMAGE<sup>®</sup> constituem basicamente áreas queimadas, sombra e áreas não vegetadas propriamente ditas (afloramentos de rocha, água, áreas urbanas, solo nu). Estes foram verificados visualmente com base na imagem AVNIR e nas ortofotos do ano de 2009 e aqueles que foram identificados como áreas vegetadas foram reclassificados, gerando o resultado final.

Este resultado foi validado através da extração de 30 pontos aleatórios para cada uma das categorias, totalizando 120 amostras. Estas foram classificadas visualmente sem acesso ao resultado da classificação automática e o resultado deu origem a uma matriz de confusão (Tabela 11) a partir da qual foi calculada a acurácia global (87%) e o índice kappa (0,82), que pode ser classificado como excelente, conforme a categorização proposta por Landis e Koch (1977).

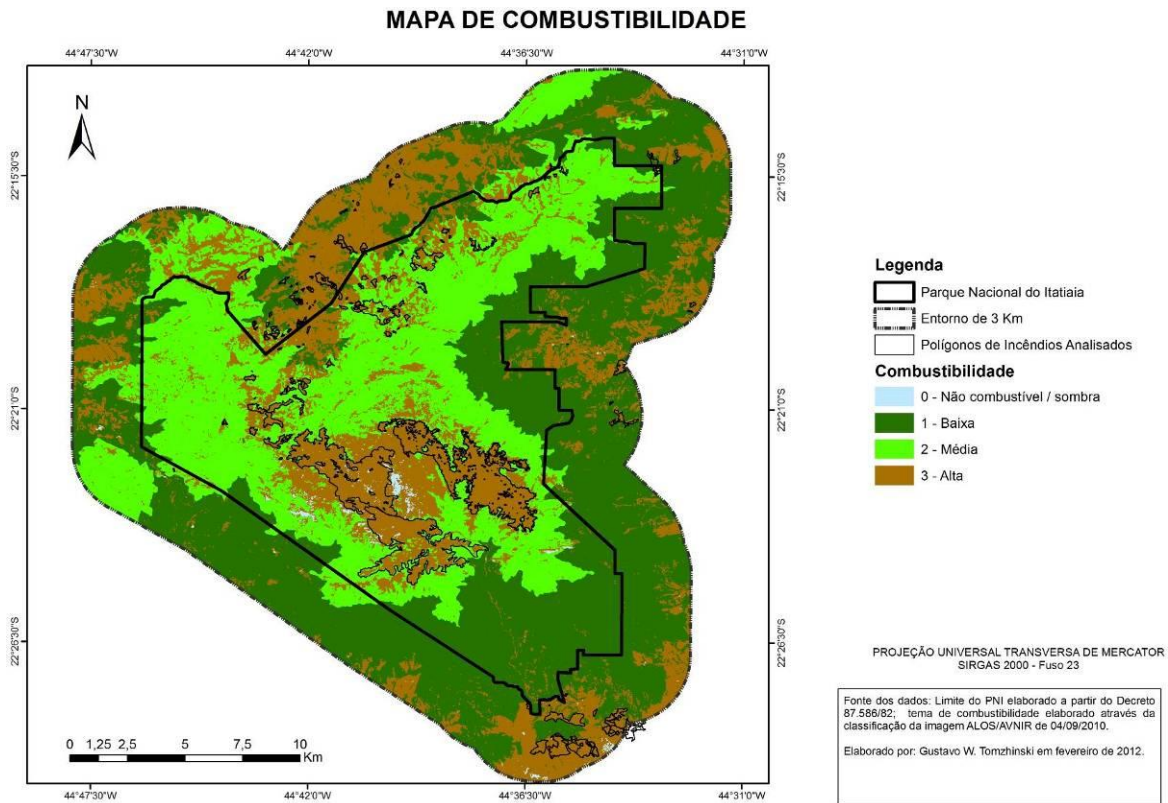
**Tabela 11** – Matriz de confusão da classificação de combustibilidade.

	Não veget.	Baixa comb.	Média comb.	Alta comb.	Total
Não veget.	73,3%	0,0%	0,0%	26,7%	100%
Baixa comb.	0,0%	96,9%	3,1%	0,0%	100%
Média comb.	0,0%	0,0%	92,9%	7,1%	100%
Alta comb.	6,7%	6,7%	3,3%	83,3%	100%

Silva (2006) classificou a área do PNI em áreas não vegetadas, alta combustibilidade e baixa combustibilidade, a partir da aglutinação de classes de uso e cobertura do solo propostas por Richter (2004) com base em classificação de uma imagem LANDSAT e visitas a campo. Os resultados obtidos na classificação da imagem AVNIR foram comparados em arquivos “raster” de mesmo tamanho de pixel, sem levar em consideração as áreas consideradas como não combustíveis em uma e/ou outra classificação, verificando-se uma similaridade de aproximadamente 89% dos “pixel”. Essa diferença de 11% pode ser atribuída às diferentes metodologias utilizadas e à diferença de resolução das imagens. Outro ponto detectado é que Silva (2006) classificou a vegetação do Brejo da Lapa como de baixa combustibilidade e dos capões de altitude como alta combustibilidade e que entendemos que a classificação de ambas seria a contrária à utilizada, i.e., alta e baixa respectivamente.

Apesar do resultado satisfatório da classificação para a Área de Estudo, durante a revisão e validação foram identificados locais onde ela pode ser melhorada, especialmente quando se distancia do Planalto em direção às bordas da AE. O mesmo pode ser observado nas faixas de transição entre mata e campo. Essas observações apontam para a necessidade de refinamento da rede semântica utilizada, o que já era esperado, uma vez que a modelagem do conhecimento para a classificação da combustibilidade compõe uma linha de pesquisa que está em constante processo de aprimoramento e é pauta de outros trabalhos em andamento no GEOCART.

Uma vez validada a classificação foi elaborado o mapa de combustibilidade para a Área de Estudo (Figura 31) e feita a análise de como os polígonos de incêndios estudados se distribuíram em relação a essa variável. A Tabela 12 mostra o resultado da análise levando em conta a classe de combustibilidade majoritária em cada polígono.



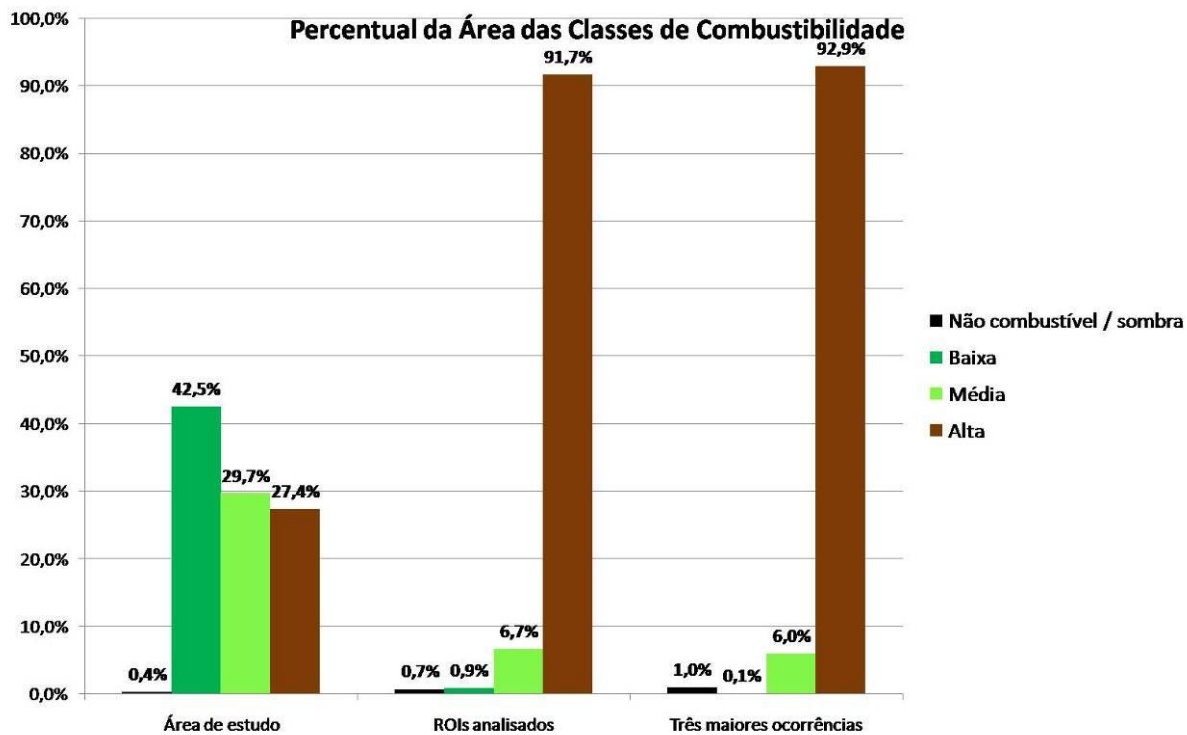
**Figura 31** – Mapa de combustibilidade da Área de Estudo

**Tabela 12** – Distribuição do número de ROIs em função da classe de combustibilidade majoritária, segundo as categorias de tamanho previamente estabelecidas.

	A		B		C		Geral	
Combustibilidade majoritariamente baixa	0	0%	1	4%	6	5%	7	5%
Incêndios em áreas majoritariamente média	0	0%	0	0%	1	1%	1	1%
Combustibilidade majoritariamente alta	3	100%	24	96%	112	94%	139	95%
<b>TOTAL</b>	<b>3</b>		<b>25</b>		<b>119</b>		<b>147</b>	

O alto percentual de incêndios com áreas de combustibilidade majoritariamente alta confirma a forte relação entre a ocorrência de incêndios e a classificação de combustibilidade. Das sete ocorrências que atingiram áreas majoritariamente de baixa combustibilidade, cinco estão na periferia da AE e duas nos limites do Parque. Seis são de tamanho muito pequeno, abrangendo áreas de transição entre campo e floresta, dificultando a classificação correta nessa escala. A única ocorrência da classe B de tamanho foi uma das áreas periciadas pela equipe do PNI em 2011 e realmente atingiu áreas de floresta ciliar e transição de floresta ombrófila e floresta alto-montana.

Os resultados da análise por área majoritária são mais genéricos e funcionam normalmente como indicadores. Os seus resultados foram confirmados pela análise das áreas atingidas. Apesar de a Área de Estudo ter apenas 27% de área com alta combustibilidade, quase 92% da área atingida pelos incêndios analisados pertence a essa categoria (Figura 32).



**Figura 32** – Gráfico da área atingida pelos incêndios em função da combustibilidade.

### 5.3. PRECIPITAÇÃO

As variáveis climáticas têm um papel chave influenciando a ocorrência e o comportamento dos incêndios. Essas variáveis são usualmente combinadas em índices meteorológicos específicos que estimam o nível de risco de incêndios em determinado período de tempo (BOVIO & CAMIA, 1997). A maioria desses índices deriva de cálculos complexos envolvendo séries históricas de variáveis climáticas e estudos de umidade dos combustíveis que, infelizmente, ainda não estão disponíveis para a Área de Estudo. Para a AE foram obtidas apenas séries históricas específicas de precipitação, entretanto, resultados de num estudo de risco de incêndios para a região de Viçosa/MG sugerem que índices mais simples, baseados somente na variável precipitação, podem ser utilizados (PEZZOPANE *et al.*, 2001).

Há grande controvérsia sobre a definição de seca ou de índices de seca, já que estes variam dependendo do local no globo, estação do ano ou cobertura vegetal ou mesmo o objetivo da definição (McKee *et al.*, 1993; DOMINGOS 2006). Wilhite and Glantz (1985, *apud* McKee *et al.*, 1993), após analisarem diversas definições de seca identificaram seis categorias distintas: meteorológica, climatológica, atmosférica, agrícola hidrológica ou de gestão hídrica. Entretanto, todos os pontos de vista concordam que uma condição de seca é iniciada com uma redução na precipitação que leva a uma falta de disponibilidade de água (McKee *et al.*, 1995).

Assim, os dados de chuva foram sistematizados para análise da relação da precipitação com os ROIs de forma a criar parâmetros que permitam uma melhor compreensão dos incêndios, auxiliem nas tomadas de decisão e subsidiem pesquisas futuras.

### 5.3.1.Dados pluviométricos

Foram levantados dados pluviométricos em três estações:

- 1.AGNE – localizada na Parte Alta do PNI, no **Planalto das Agulhas Negras**, a uma altitude aproximada de 2.455 m;
- 2.PQUE - localizada na Parte Baixa do **Parque**, próxima à sede administrativa, a uma altitude aproximada de 825 m e;
3. MAUÁ - a aproximadamente 5,5 km em linha reta dos seus limites, na vila de Visconde de Mauá, a uma altitude aproximada de 1.000 m.

Os dados brutos das duas primeiras estações foram fornecidos por FURNAS Centrais Elétricas S/A (2011) e da última obtidos junto à ANA - Agência Nacional de Águas (2011).

O PNI abrange diversos microclimas com características pluviométricas distintas. Tendo em vista os dados disponíveis foram consideradas, para efeito da análise da Precipitação Antecedente (PA) de cada um dos incêndios estudados, a estação AGNE como representativa da Parte Alta do Parque, a estação PQUE como representativa da Parte Baixa e a estação Visconde de Mauá como representativa da região conhecida pelo mesmo nome. Na Tabela 13 pode-se observar a distribuição dos incêndios nessas zonas.

**Tabela 13** – Distribuição dos incêndios analisados em relação às zonas de abrangência das estações pluviométricas.

	Quant. ROIs		Área (ha)	
AGNE	117	80%	3.107,9	89%
MAUA	11	7%	69,2	2%
PQUE	19	13%	322,2	9%
<b>TOTAL</b>	<b>147</b>		<b>3.499,3</b>	

Para a análise dos indicadores de precipitação antecedente de cada um dos incêndios, foram utilizados os dados da estação correspondente. Durante o período de estudo, apenas a estação de Visconde de Mauá apresenta omissão sensível de dados e somente para o mês de novembro de 2009, o que não comprometeu a análise dos índices de pluviometria acumulada por ser após os incêndios daquele ano. Para as análises comparativas com o histórico dos incêndios, foram utilizados os dados da estação AGNE, onde se concentram a maioria das ocorrências.

### **5.3.2. Análise temporal dos incêndios em relação à precipitação**

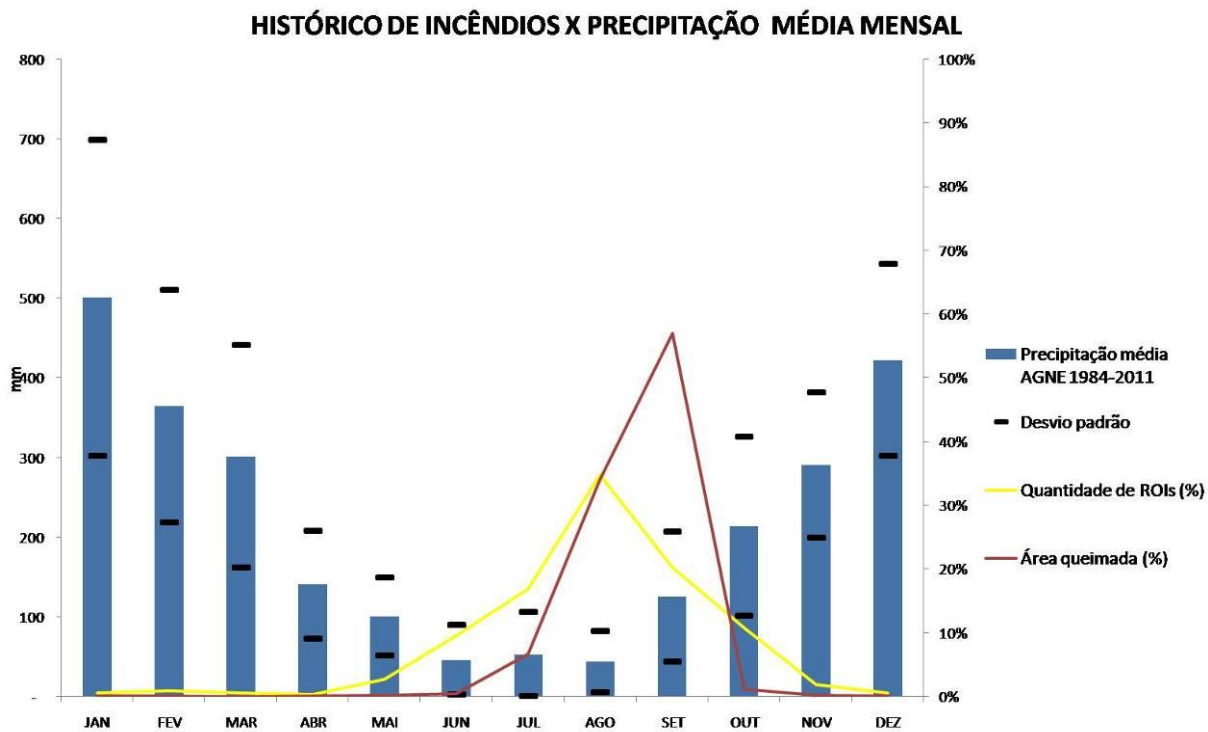
Para a comparação de séries temporais de pluviometria com os dados de incêndios, foram usados os dados das ocorrências levantados no capítulo 4. É importante lembrar que os registros históricos dos incêndios apresentam limitações e que só a partir de 2008 as áreas passaram a ser sistematicamente medidas. Mesmo assim essa comparação fornece um bom parâmetro dos meses de condição de umidade mais críticos para os incêndios e das condições de precipitação nos anos onde as áreas atingidas foram maiores.



Para essas análises comparativas com os incêndios, os dados diários de precipitação foram consolidados por trimestre e meses de cada ano e calculada a média desses acumulados para a série temporal disponível. Através da Figura 33 podemos observar a distribuição média da precipitação ao longo dos meses do ano e a sua relação com a quantidade de incêndios e a área queimada.

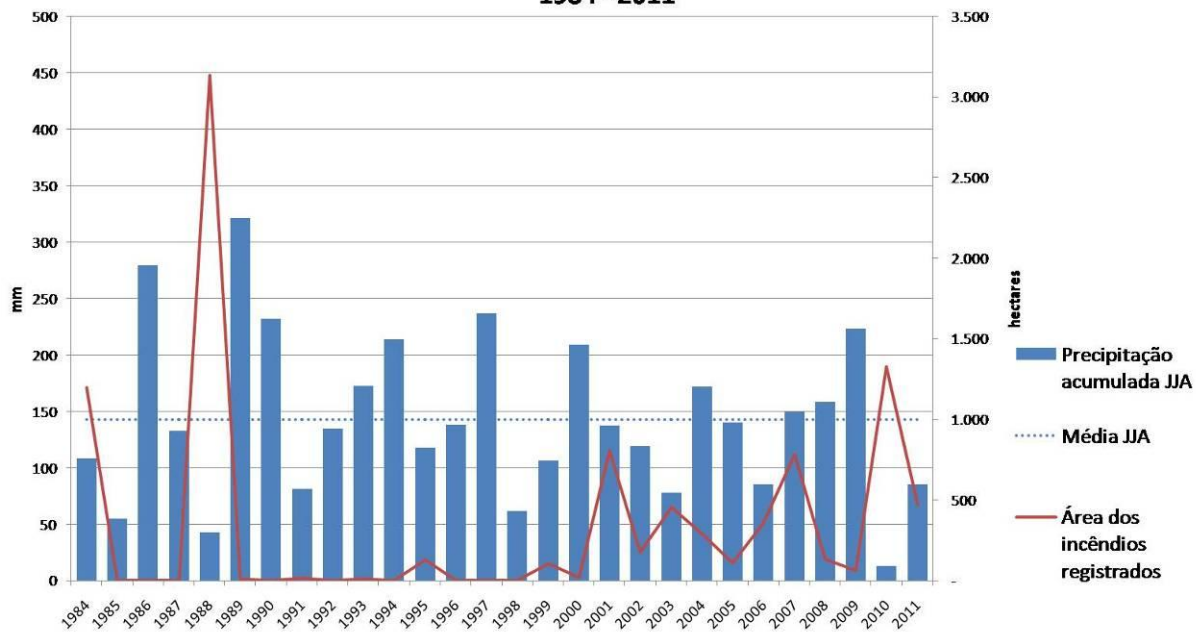
Apesar do mês mais seco e que concentra o maior número de ocorrências de incêndios ser o de agosto, é em setembro onde se verifica maior acumulado de área queimada. Ambos são meses críticos para os incêndios no PNI, mas a primeira quinzena de setembro representa a parte final do período seco, quando a umidade dos combustíveis, em geral, apresenta seus níveis mais baixos como resultante da baixa pluviosidade antecedente. Essa observação aponta para a importância de se levar em consideração o acumulado de chuvas no período anterior aos incêndios.

Para a análise do comportamento da precipitação ao longo dos anos e sua comparação com os incêndios, foram utilizados dois acumulados trimestrais: junho-julho-agosto (JJA) e julho-agosto-setembro (JAS), representado graficamente nas Figura 34 e 35.



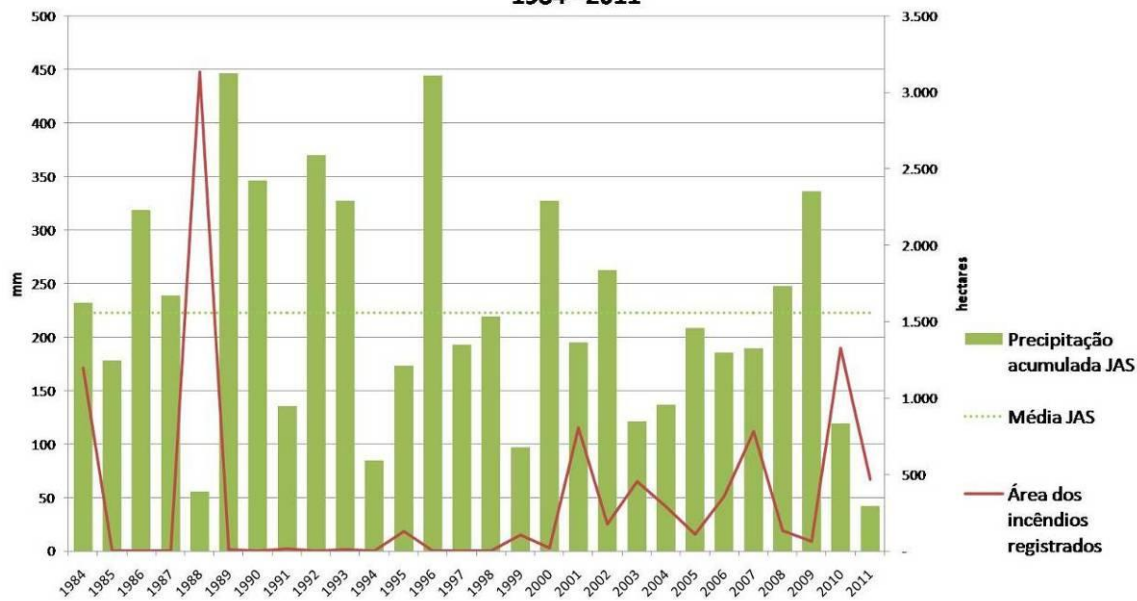
**Figura 33** – Gráfico comparativo das médias mensais de precipitação com os registros históricos de incêndios.

### HISTÓRICO DE INCÊNDIOS X PRECIPITAÇÃO ACUMULADA TRIMESTRAL junho-julho-agosto (JJA) 1984 - 2011



**Figura 34** – Gráfico comparativo do acumulado trimestral de precipitação junho-julho-agosto (JJA) para o período de 1984 a 2011 com os as áreas dos registros históricos de incêndios.

**HISTÓRICO DE INCÊNDIOS X PRECIPITAÇÃO ACUMULADA TRIMESTRAL  
julho-agosto-setembro (JAS)  
1984 - 2011**



**Figura 35** – Gráfico comparativo do acumulado trimestral de precipitação julho-agosto-setembro (JAS) para o período de 1984 a 2011 com os as áreas dos registros históricos de incêndios.

Primeiramente pode-se observar que o comportamento dos dois acumulados trimestrais é independente entre si e apresenta grande variação ao longo dos anos. Por exemplo: em alguns anos o JJA está acima da média e JAS abaixo, como em 1994, mostrando um deslocamento do período mais seco em direção ao final do ano e, em outros anos ocorre o inverso, como em 1992. Nos anos de seca mais intensa, como em 1988, 2010 e 2011, ambos os acumulados estão muito abaixo da média.

Todos os anos com incêndios de grande proporção aconteceram em anos com o acumulado JAS mais seco do que a média, à exceção de 1984 que teve uma antecipação da seca e o acumulado de junho a agosto (JJA) é que foi abaixo da média. Para o ano de 2010, que teve o maior incêndio desde 1988, observa-se o menor acumulado JJA da série histórica. Já o ano de 2011, onde ocorreram severos incêndios na mata em toda a região, inclusive no Parque, teve o menor acumulado JAS da série histórica.

### **5.3.3. Indicadores de precipitação**

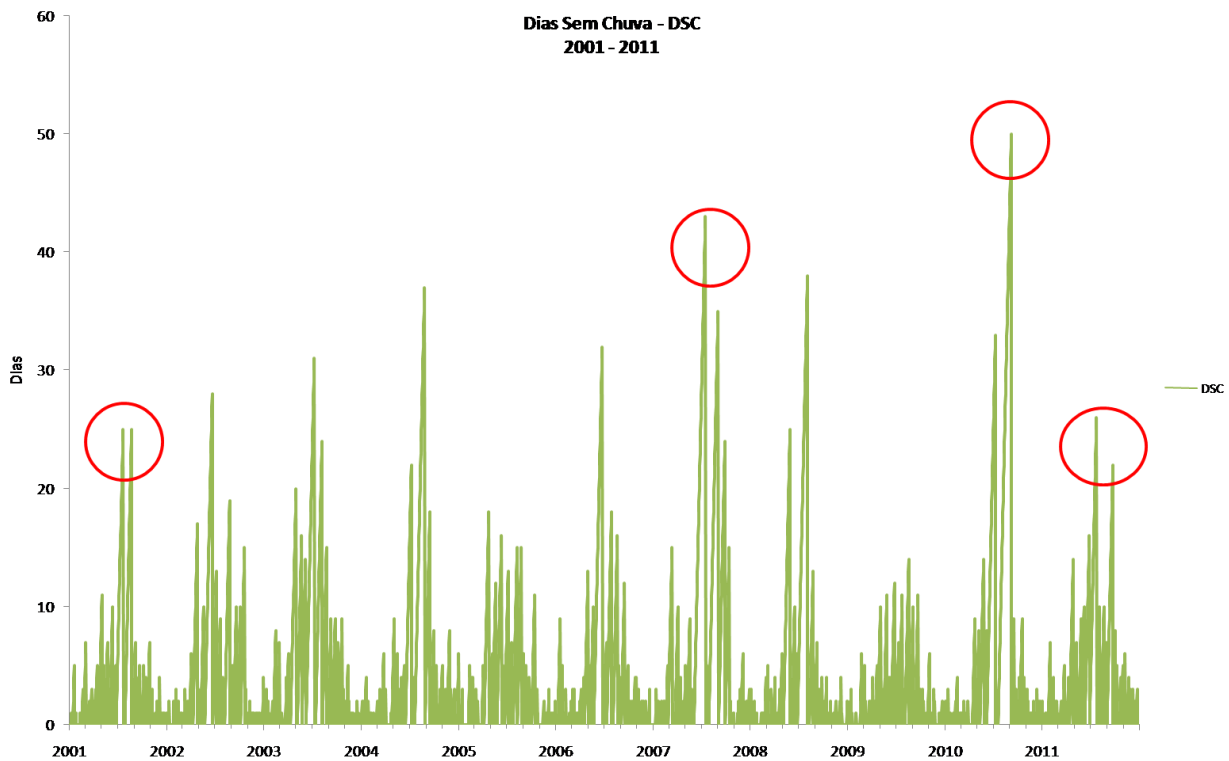
A metodologia do ICMBio e do IBAMA (PREVFOGO) propõe um sistema de alerta baseado nas condições climáticas e na ocorrência de incêndios dentro ou no entorno das unidades de conservação, ilustrado através da Tabela 14. Para ajudar a subsidiar a tomada de decisão, buscou-se estabelecer, através da precipitação, indicadores que possam servir de parâmetro.

**Tabela 14** – Síntese do sistema de alerta utilizado pelo ICMBio e IBAMA (adaptado de IBAMA 2008b e TOMZHINSKI & COSLOPE, 2011)

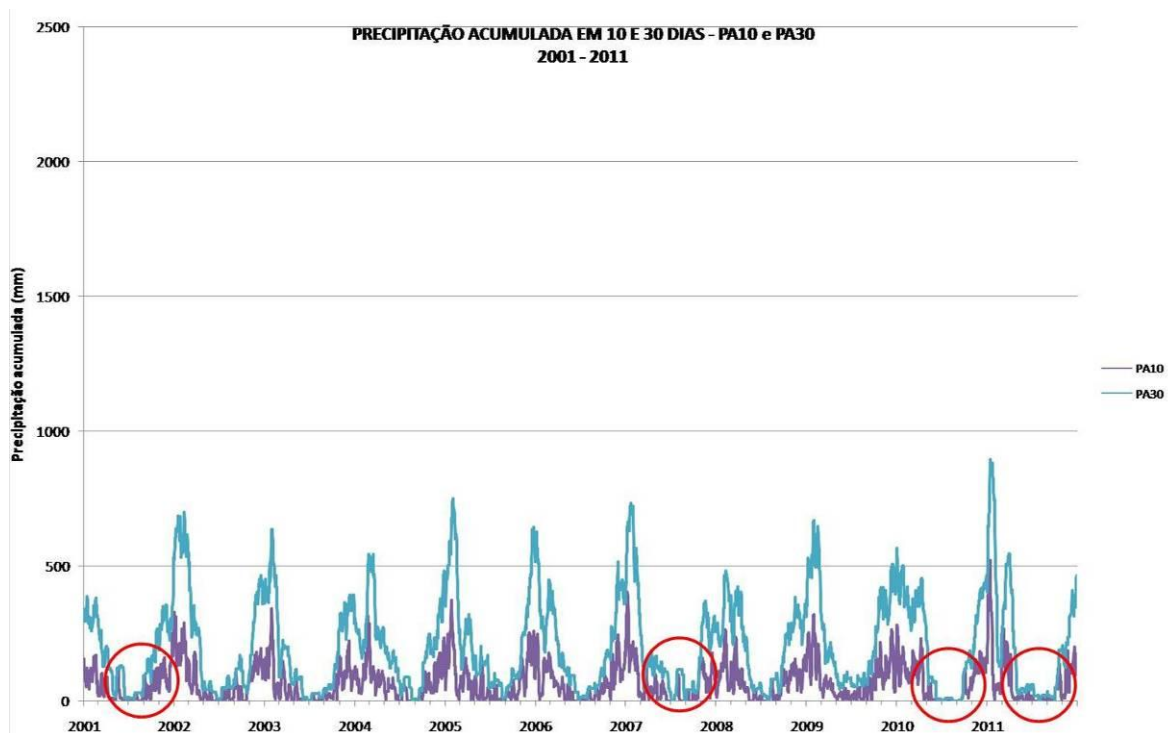
ALERTA	CARACTERÍSTICAS
Verde	Condições climáticas favoráveis, baixo risco de incêndios florestais
Amarelo	Condições climáticas críticas, longo período sem chuvas. Detecção de focos de calor no entorno.
Vermelho	Incêndio dentro da Unidade.

Após as análises temporais, foi verificada a relação de indicadores de precipitação acumulada com os registros de incêndio e seus tamanhos. Nesta etapa foram utilizados os 147 registros com polígonos, descritos no capítulo 6. Os dados pluviométricos brutos de cada estação foram organizados numa planilha eletrônica, onde foram calculadas as informações de quantidade de Dias Sem Chuva (DSC) e Precipitação Acumulada (PA) em 10, 30, 60, 90 e 120 dias antecedentes a cada data compreendida entre os anos de 1984 e 2011.

Para ilustrar o comportamento dos indicadores de precipitação ao longo do período que compreende os incêndios analisados, a sua variação entre os anos de 2001 e 2011 é mostrada através de gráficos utilizando-se os dados da estação AGNE, em cuja área de influência se encontra a maioria dos incêndios. Tendo em vista a grande amplitude de valores de precipitação acumulada e a natureza distinta do indicador DSC, eles foram separados em três gráficos com indicadores de curto prazo (DSC e PA10, PA30) e médio prazo (PA60, PA90 e PA120), apresentados nas Figuras 36, 37 e 38, respectivamente.

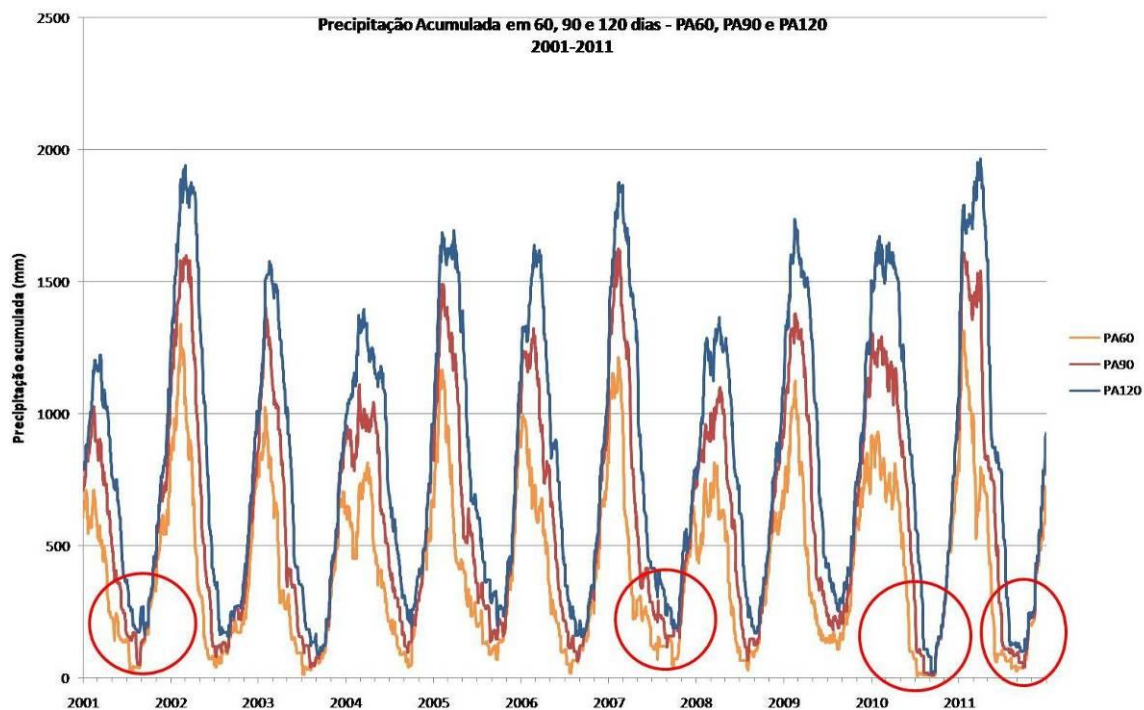


**Figura 36** – Gráfico da variação de dias sem chuva (DSC) entre os anos de 2001 e 2011 para a estação AGNE. Os círculos em vermelho destacam a época dos cinco maiores incêndios analisados (dois em 2011).



**Figura 37** – Gráfico da variação de precipitação acumulada de 10 e 30 dias (PA10 e PA30) entre os anos de 2001 e 2011 para a estação AGNE. Os círculos em vermelho destacam a época dos cinco maiores incêndios analisados (dois em 2011).





**Figura 38** – Gráfico da variação de precipitação acumulada de 60, 90 e 120 dias (PA60, PA90 e PA120) entre os anos de 2001 e 2011 para a estação AGNE. Os círculos em vermelho destacam a época dos cinco maiores incêndios analisados (dois em 2011).

Os indicadores “PA” apresentam um comportamento similar, porém não idêntico e o DSC tem comportamento contrário, pela própria natureza inversa entre eles. Os indicadores de curto prazo apresentam um comportamento mais sensível a picos de chuva ou seca fora de época, marcando o período seco por mais tempo. Os indicadores de médio prazo apresentam um comportamento menos sujeito a pequenas variações e marcam o período seco através de grandes variações na amplitude da curva. Destacam bem os anos mais críticos de seca, quando os limites inferiores da curva se aproximam dos níveis atingidos pelos indicadores de curto prazo.

Para os anos críticos com relação aos incêndios durante o período abordado (2001, 2007, 2010 e 2011), o comportamento dos indicadores durante o período seco está assinalado em vermelho nos gráficos. Observa-se que 2001 e 2011 não apresentaram valores tão extremos de DSC quanto 2007 e 2010. As curvas dos indicadores PA de curto prazo apresentam maior amplitude horizontal para o período seco, destacando a sua duração, enquanto os de longo prazo mostraram maior amplitude vertical, destacando a severidade da seca quando chegam mais próximo a zero. Valem à pena destacar os níveis muito baixos alcançados por todos os indicadores PA nos anos de 2010 e 2011.

A partir dessa base de dados, foram calculados os índices de DSC, PA10, PA30, PA60, PA90 e PA120 para a data de início de cada um dos 147 incêndios estudados e estes foram analisados com relação à classe de tamanho da área atingida e a quantidade de ocorrências.

Os limites de cada indicador para os quais foram registrados incêndios são apresentados na Tabela 15.

**Tabela 15** – Limites máximos, mínimos, média e desvio padrão ( $\sigma$ ) dos indicadores de precipitação antecedente encontrados as categorias de tamanho de incêndio anteriormente estabelecidas.

	A (maiores que 500 ha)				B (entre 10 e 500 ha)				C (menores que 10 ha)			
	Min	Máx	Méd	$\sigma$	Min	Máx	Méd	$\sigma$	Min	Máx	Méd	$\sigma$
DSC	20	24	22	1,63	2	31	11,1	8,1	0	32	7,2	7,4
PA10	0	0	-	-	0	23,8	4,7	6,8	0	156,3	24,5	34,3
PA30	7,5	96,6	38,2	41,2	0	96,9	19,4	23,2	0	743,8	83,9	117,6
PA60	10,3	117,8	50,3	48,0	10,3	102,2	46,9	28,1	10,3	1147,0	144,6	176,6
PA90	17,8	213,9	125,8	81,3	17,8	231,1	96,1	49,2	17,8	1525,8	252,6	251,6
PA120	108	323,9	232,8	91,3	90,2	521,9	200,1	124,5	108	1822,5	406,4	343,7

Mesmo com precipitação antecedente alta foram registrados incêndios, porém são incêndios em geral menores do que 10 ha (categoria C). Os incêndios maiores do que 10 ha apresentam, em geral, limites de precipitação acumulada mais definidos, apontando para condições climáticas mais críticas para a ocorrência de incêndios de médio e grande porte.

Cada um dos indicadores foi então dividido em nove classes utilizando-se a técnica de quebra natural de valores, calculando-se a frequência de ocorrências de incêndios de cada uma das três categorias de tamanho nessas classes. A partir dos resultados obtidos, foram adotados dois limites de alerta para cada índice, a partir dos quais a frequência de incêndios registrados foi maior. Para uma análise mais objetiva, o cálculo da frequência de incêndios dentro desses limites foi simplificado de três categorias de tamanho (A, B e C) para duas categorias, maior ou menor do que 10 ha. Os resultados são apresentados na Tabela 16, onde se procurou utilizar cores compatíveis com o sistema de alerta do Parque: verde para representar condições favoráveis, amarela para condições críticas e laranja para muito críticas.

Buscou-se estabelecer limites abaixo dos quais não foram registrados incêndios maiores do que 10 hectares (verde) e limites para os quais foram observados mais incêndios de médio e grande porte. Constatou-se que os incêndios se distribuem de maneira distinta em relação aos

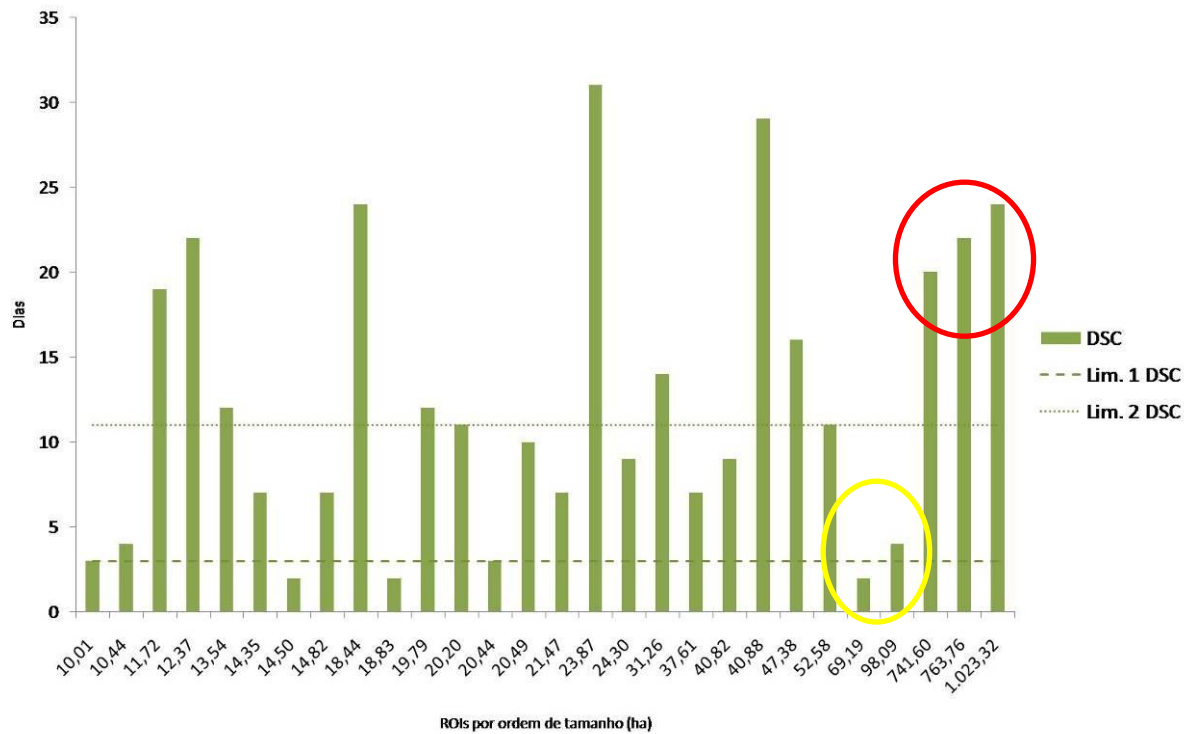
indicadores, o que aponta para a necessidade de considerar os resultados de todos eles num eventual sistema de alerta baseado em dados pluviométricos. Especificamente o DSC se mostrou bastante limitado quando utilizado isoladamente, já que três registros de ocorrências maiores de 10 ha ocorreram com dois ou menos dias sem chuva, o que é uma condição muito comum durante o ano todo.

**Tabela 16** – Limites críticos dos indicadores de precipitação antecedente encontrados a partir da análise da frequência de ocorrência de incêndios.

		< 10 ha	> 10 ha	Geral
<b>Dias sem chuva (DSC)</b>				
Incêndios com DSC menor ou igual a	3 dias	49 41%	5 18%	54 37%
Incêndios com DSC entre	3 e 11 dias	45 38%	11 39%	56 38%
Incêndios com DSC superior a	11 dias	25 21%	12 43%	37 25%
<b>Pluviosidade acumulada em 10 dias (PA10)</b>				
Incêndios com PA10 menor ou igual a	4,6 mm	67 56%	23 82%	90 61%
Incêndios com PA10 entre	4,6 e 18,2 mm	20 17%	5 18%	25 17%
Incêndios com PA10 superior a	18,2 mm	32 27%	0 0%	32 22%
<b>Pluviosidade acumulada em 30 dias (PA30)</b>				
Incêndios com PA30 menor ou igual a	15,3 mm	30 25%	17 61%	47 32%
Incêndios com PA30 entre	15,3 e 118,3 mm	68 57%	11 39%	79 54%
Incêndios com PA30 superior a	118,3 mm	21 18%	0 0%	21 14%
<b>Pluviosidade acumulada em 60 dias (PA60)</b>				
Incêndios com PA60 menor ou igual a	48,6 mm	27 23%	19 68%	46 31%
Incêndios com PA60 entre	48,6 e 134,0 mm	55 46%	9 32%	64 44%
Incêndios com PA60 superior a	134,0 mm	37 31%	0 0%	37 25%
<b>Pluviosidade acumulada em 90 dias (PA90)</b>				
Incêndios com PA90 menor ou igual a	116,3 mm	40 34%	22 79%	62 42%
Incêndios com PA90 entre	116,3 e 254,3 mm	42 35%	6 21%	48 33%
Incêndios com PA90 superior a	254,3 mm	37 31%	0 0%	37 25%
<b>Pluviosidade acumulada em 120 dias (PA120)</b>				
Incêndios com PA120 menor ou igual a	150,0 mm	24 20%	14 50%	38 26%
Incêndios com PA120 entre	150,0 e 613,2 mm	67 56%	14 50%	81 55%
Incêndios com PA120 superior a	613,2 mm	28 24%	0 0%	28 19%

O comportamento dos indicadores em relação aos incêndios é representado através das Figuras 39, 40 e 41. Tendo em vista a grande variação encontrada para os incêndios

de menor porte, restringiu-se essa análise aos maiores de 10 ha (categorias A e B) a fim de melhorar a clareza da representação gráfica.



**Figura 39** – Gráfico da relação entre dias sem chuva (DSC) e os ROIs maiores que 10 ha. Em destaque em vermelho os três maiores e em amarelo o quarto e o quinto.

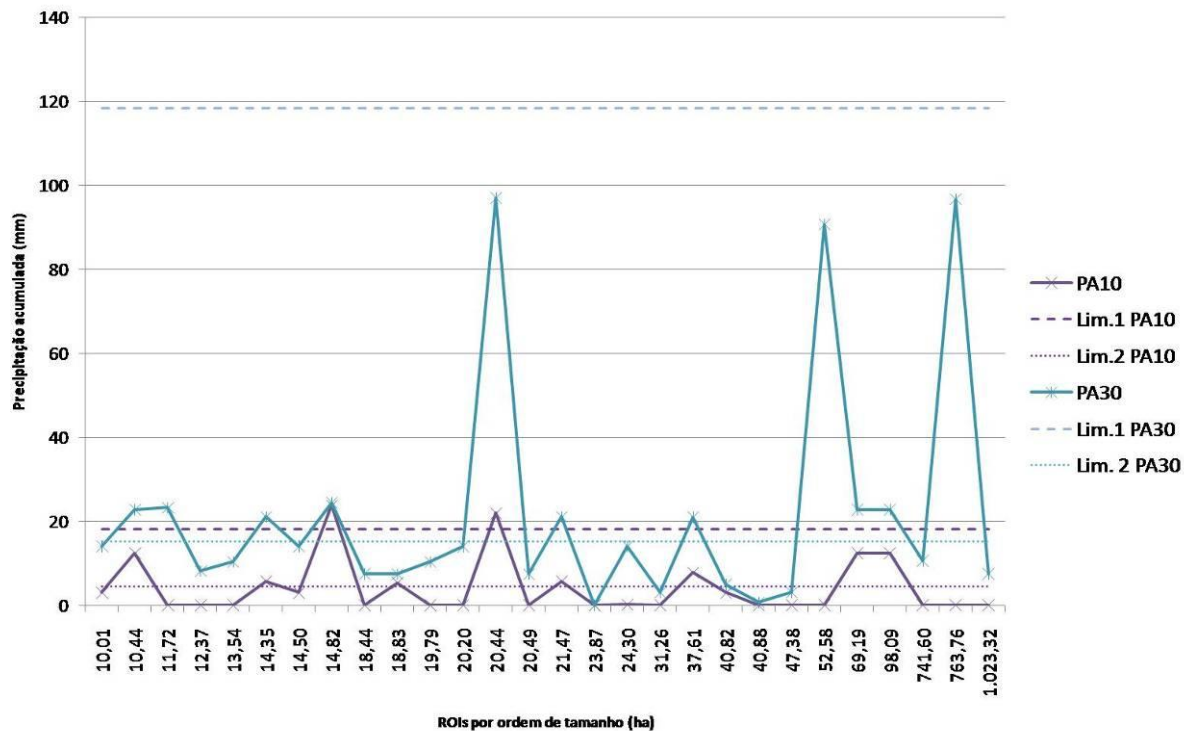
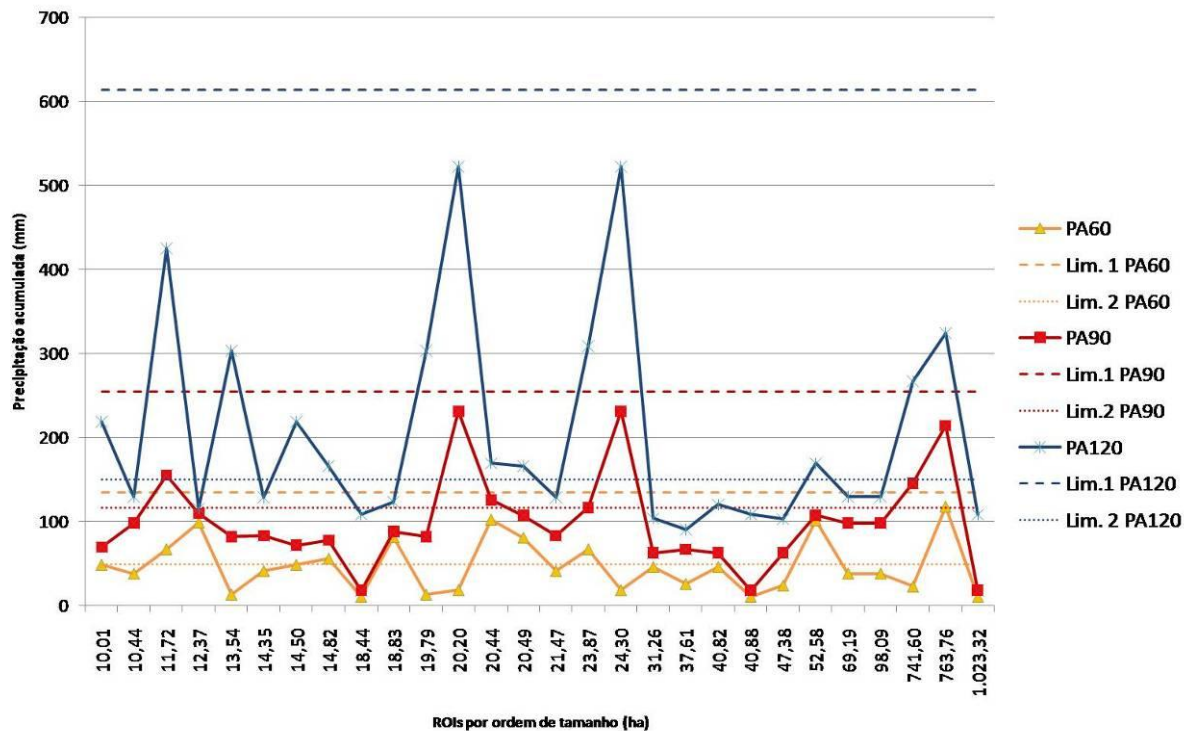


Figura 40 – Gráfico da relação entre PA10 e PA30 e os ROIs maiores que 10 ha.



**Figura 41** – Gráfico da relação dos indicadores de médio prazo com os ROIs maiores que 10 ha.



Através da figura 39 se verifica que para os três maiores incêndios (círculo vermelho) foram registrados valores críticos de dias sem chuva, porém para os dois seguintes (círculo amarelo), que ocorreram em 2011, tinha chovido há poucos dias, o que confirma a precariedade desse indicador quando utilizado isoladamente.

Para entender melhor como os indicadores se complementam e auxiliar na interpretação dos gráficos, os indicadores de precipitação na data de início de cada uma das cinco maiores ocorrências são apresentados na Tabela 17, indicando, através das mesmas cores utilizadas anteriormente, aqueles que atingiram níveis considerados críticos.

**Tabela 17** – Indicadores de precipitação registrados na data de início dos cinco maiores incêndios analisados.

ROI	Início	Área (ha)	Estação	DSC	PA10	PA30	PA60	PA90	PA120
45.2011	04/09/2011	69,19	AGNE	2	12,4	22,7	38,0	97,9	129,6
48.2011	06/09/2011	98,09	AGNE	4	12,4	22,7	38,0	97,9	129,6
02.2001	18/07/2001	741,60	AGNE	20	-	10,6	22,7	145,6	266,6
14.2007	21/08/2007	763,76	AGNE	22	-	96,6	117,8	213,9	323,9
23.2010	13/08/2010	1.023,32	AGNE	24	-	7,5	10,3	17,8	108,0

Nenhum dos 6 indicadores apresentou nível extremamente crítico para os cinco maiores incêndios e apenas o incêndio de 2010 apresentou nível laranja para todos os indicadores.

Apesar dos dois incêndios de 2011 não serem da mesma ordem de grandeza dos outros, ambos foram extremamente graves e de difícil controle por terem atingido áreas de mata. Para esses dois eventos é interessante notar como apenas os indicadores de médio prazo apresentaram níveis críticos de alerta (cor laranja).

Os dados de precipitação antecedente analisados constituem importante subsídio para a tomada de decisões

relacionadas à prevenção e combate aos incêndios, bem como outras ações de manejo para o PNI, além de servir de parâmetro comparativo para estudos em outras localidades.

Para o estabelecimento de um sistema de alerta que utilize esses indicadores, eles deverão ser analisados um em relação ao outro e a outros fatores como: umidade relativa, temperatura e ventos, bem como poderão ser considerados todos os registros históricos. Outra questão a ser analisada em estudos futuros é a quantidade de incêndios e os indicadores de precipitação antecedente. Além disso, uma análise estatística aprofundada para o ajuste fino dos limites dos indicadores deverá ser feita levando em consideração a quantidade de dias de alerta por ano, já que um estado de alerta muito prolongado pode acabar resultando em acomodação da equipe e perder a utilidade.

#### 5.4. VARIÁVEIS SÓCIO-ECONÔMICAS

A maior parte dos incêndios florestais no mundo são causados pelo Homem, como um resultado do uso equivocado do fogo na conversão de florestas em terras agrícolas, manutenção de pastagens e agricultura, extração de produtos florestais não madeireiros, caça, etc. O fogo também pode ser resultado de conflitos pessoais ou de posse de terra e negligência (FAO, 2012).

Todos esses fatores elencados pela Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO) estão presentes na Área de Estudo e representam um risco real para a ignição de incêndios. Eles foram analisados espacialmente através da representação em camadas de vias de transporte (estradas e trilhas), edificações (casas, ranchos, escolas, abrigos, hotéis, pousadas, etc.) e situação fundiária (disponível apenas dentro da UC). A proximidade dos incêndios com a integração dessas três camadas de informação também foi verificada, gerando os resultados que identificamos como VEF.

Os dados das vias de transporte foram extraídos das cartas topográficas na escala 1:50.000 e complementados com a base do Parque, levantada com GPS e através de identificação visual nas imagens de alta resolução existente, de forma não sistemática.

As edificações existentes foram levantadas visualmente no GEOCART a partir das imagens de alta resolução disponíveis, contudo não estão identificados o tipo e a utilização de cada uma. A base fundiária é basicamente derivada do levantamento feito pela empresa DIVISA no final da década de 1990 e se refere apenas à área do Parque, de forma que apenas os incêndios que atingiram diretamente à unidade foram considerados nessa parte da análise. Deve ser levada em conta, portanto, a limitação da base de informações na análise dos resultados. O resultado do mapeamento desses fatores é apresentado na Figura 42

Através de análises espaciais com a ferramenta *near* do *software* ArcGIS 9.3<sup>®</sup> (ESRI, 2008) calculou-se as distâncias mínimas de cada polígono de incêndio às feições de cada uma das camadas de informação, de forma individual e integrando-se todas elas (VEF). Os resultados gerais são apresentados na Tabela 18.

**Tabela 18** - Distâncias dos incêndios, em metros, com relação a vias de transporte, edificações, levantamento fundiário (apenas para ocorrências dentro do PNI).

	A				B				C				GERAL			
	Máx	Mín	Méd	σ	Máx	Mín	Méd	σ	Máx	Mín	Méd	σ	Máx	Mín	Méd	σ
Vias de transporte (V)	0	0	0	0	480	0	47	109	925	0	114	176	925	0	100	167
Edificações (E)	1.249	0	425	583	1.303	0	380	389	2.007	9	478	423	2.007	0	460	422
Fundiário (F)	1.467	0	574	639	0	0	0	0	12	0	1	2	1.467	0	30	192
Integração VEF	0	0	0	0	289	0	17	58	802	0	48	120	801	0	42	112

## MAPA DAS VARIÁVEIS SÓCIO-ECONÔMICAS

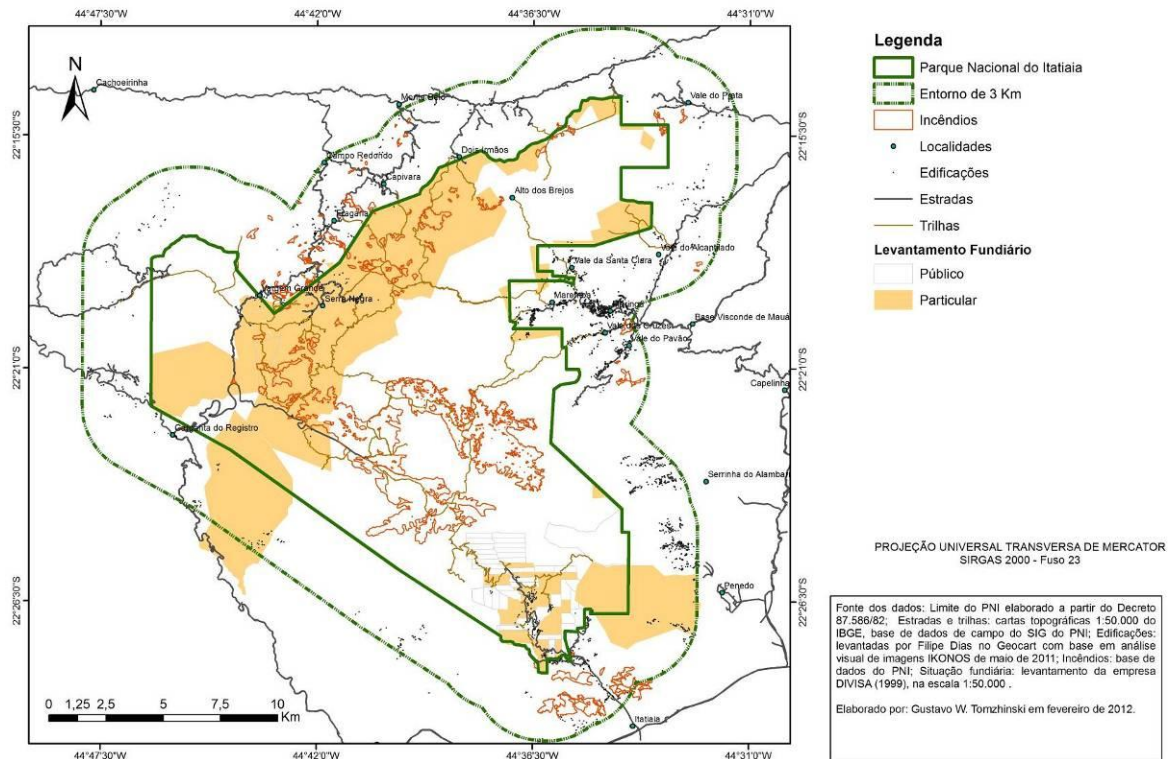


Figura 42 – Mapa das variáveis sócio-econômicas.

Após essa primeira análise, foi verificada a distribuição dos incêndios em três faixas de distâncias a cada uma das variáveis. Os limites desses intervalos foram estabelecidos a partir da análise da distribuição em nove faixas com intervalos menores. Na Tabela 19 estão representados os resultados encontrados para cada uma das camadas de informação.

**Tabela 19** - Distribuição dos incêndios em relação às distâncias para vias de transporte, edificações, levantamento fundiário e integração VEF (vias, edificações e fundiário).

	A		B		C		Geral	
<b>Vias de Transporte</b>								
Polígonos distando até 15 m	3	100%	18	72%	59	50%	80	54%
Polígonos distando entre 15 e 250 m	0	0%	5	20%	40	34%	45	31%
Polígonos distando entre 250 e 925 m	0	0%	2	8%	20	17%	22	15%
<b>Edificações</b>								
Polígonos distando até 100 m	2	67%	8	32%	19	16%	29	20%
Polígonos distando entre 100 e 500 m	0	0%	11	44%	59	50%	70	48%
Polígonos distando entre 500 e 2007 m	1	33%	6	24%	41	34%	48	33%
<b>Fundiário</b>								
Polígonos dentro ou atingindo áreas particulares	1	33%	9	100%	45	96%	55	93%
Polígonos distando entre 100 e 500 m	1	33%	0	0%	2	4%	3	5%
Polígonos distando entre 500 e 1467 m	1	33%	0	0%	0	0%	1	2%
<b>Integração VEF</b>								
Polígonos distando até 15 m	3	100%	22	88%	86	74%	111	76%
Polígonos distando entre 15 e 500 m	0	0%	3	12%	31	26%	34	23%
Polígonos distando entre 500 e 801 m	0	0%	0	0%	0	0%	2	1%

Os resultados observados apontam para uma grande influência dos fatores humanos na ocorrência de incêndios, reforçando a tendência observada nacional e mundialmente (CALDARARO, 2002; IBAMA, 2009; FAO, 2012). Verificou-se que pelo menos 76% dos ROIs estavam a curta distância de alguma das variáveis sócio-econômicas

estudadas. Mesmo considerando que a Área de Estudo tem grandes espaços sem ocupação humana e as limitações da base cartográfica, mais da metade dos incêndios estão localizados bastante próximos às vias de transporte (54%). Apesar de muitos incêndios terminarem próximos a estas vias, por elas funcionarem como aceiros, o risco de ignição próximo a elas é bastante elevado, já permitem o acesso dos incendiários.

Em geral, os incêndios provocados por limpeza de áreas ou mesmo vandalismo, são localizados não muito próximos às edificações de forma a não atingir pessoas e estruturas (muitas vezes do próprio causador do incêndio), provavelmente por isso encontrou-se uma concentração de ocorrências (48%) distando de 100 a 500 m dessas estruturas. Por outro lado, não é incomum que o fogo ameace ou destrua patrimônio e vidas humanas, como se observa pelo percentual relativamente alto de incêndios que atingiram áreas próximas a edificações (20%).

A comparação dos incêndios registrados dentro do Parque com o levantamento das propriedades particulares existentes indica a forte ligação entre eles e a situação fundiária da unidade: 93% dos incêndios que ocorreram dentro do PNI estavam total ou parcialmente inseridos em glebas que carecem de regularização fundiária. Esses dados corroboram fortemente a hipótese de que a grande maioria dos incêndios está ligada a conflitos de sócio-econômicos ligados à falta de regularização fundiária do Parque. Dos três grandes incêndios do Planalto, apenas o de 2001 não tem ligação com a questão: o de 2007 provavelmente começou em área particular e os principais suspeitos de provocar o de 2010 são criadores de gado que estavam retirando animais perdidos na área.

## 6. MAPEAMENTO GEOECOLÓGICO DA SUSCETIBILIDADE A OCORRÊNCIA A INCÊNDIOS

Considerando a suscetibilidade a ocorrência de incêndios como a possibilidade que determinados atributos naturais têm de condicionar a ocorrência desse fenômeno (SOUZA, 2005), este capítulo tem o objetivo de realizar o mapeamento das áreas suscetíveis a ocorrência de incêndios, através da integração das variáveis geoecológicas analisadas nos capítulos anteriores. Para isso foi adotado o método analítico-integrativo proposto por Coelho Neto *et al.* (1993), que segue os seguintes passos:

a) seleção de variáveis a serem utilizadas de acordo com a temática;

b) seleção dentro dos mapas temáticos das características que influenciam o tema principal abordado através da aglutinação de classes de comportamento semelhante, relativo ao tema;

c) sobreposição das informações de acordo com a análise dos mapas gerados;

d) nova sobreposição;

e) validação dos resultados utilizando dados de campo e de fontes confiáveis. Como os dados disponíveis foram utilizados para estabelecer os parâmetros de classificação das variáveis, esta etapa de validação só poderá ser feita em trabalhos futuros a partir de novo conjunto de dados de incêndios.

Esse método, em resumo, sugere a combinação booleana de diversas variáveis de maneira subjetiva, mas pautada no arcabouço técnico acumulado sobre o assunto. Desta forma, a partir das análises anteriores, foram selecionadas as variáveis de combustibilidade, incidência de radiação solar, forma do relevo e declividade como preponderantes para a determinação da suscetibilidade. A

altitude não foi utilizada porque se considerou que a sua relação com os incêndios para a Área de Estudo se deve principalmente a outros fatores. Note-se que, seguindo a metodologia que vem sendo desenvolvida no GEOCART, a suscetibilidade se refere à capacidade de propagação do incêndio, uma vez que o risco de ignição não entra na sua composição. O mapa de potencialidade a ocorrência de incêndios para o PNI, que integra o risco de ignição está sendo desenvolvido em outro trabalho dentro da linha de pesquisa para a modelagem do conhecimento para a elaboração de mapas geoecológicos.

A partir da experiência de campo e do conhecimento obtido em trabalhos anteriores do GEOCART, elaborou-se a chave de classificação detalhada em Tomzhinski (2012).

Os mapas *raster* dos temas escolhidos foram integrados através de sua combinação no *software* ArcGIS, gerando novo mapa com 72 combinações diferentes dos temas, que foram então reclassificadas de acordo com as três classes estabelecidas para a suscetibilidade: alta, média e baixa. O resultado é apresentado no mapa de suscetibilidade (Figura 43).

Uma vez elaborado o mapa foi verificado para cada incêndio, se ele ocorreu em uma área majoritariamente de alta, média ou baixa suscetibilidade. O resultado dessa análise é apresentado na Tabela 20.



**Tabela 20** – Análise dos ROIs em função da classe de suscetibilidade majoritária, considerando as categorias de tamanho previamente estabelecidas.

	A		B		C		Geral		> 10 ha	
Suscetibilidade majoritariamente baixa	0	0%	0	0%	1	1%	1	1%	0	0%
Suscetibilidade majoritariamente média	0	0%	1	4%	7	6%	8	5%	1	4%
Suscetibilidade majoritariamente alta	3	100%	24	96%	111	93%	138	94%	27	96%
<b>TOTAL</b>	<b>3</b>		<b>25</b>		<b>119</b>		<b>147</b>		<b>28</b>	

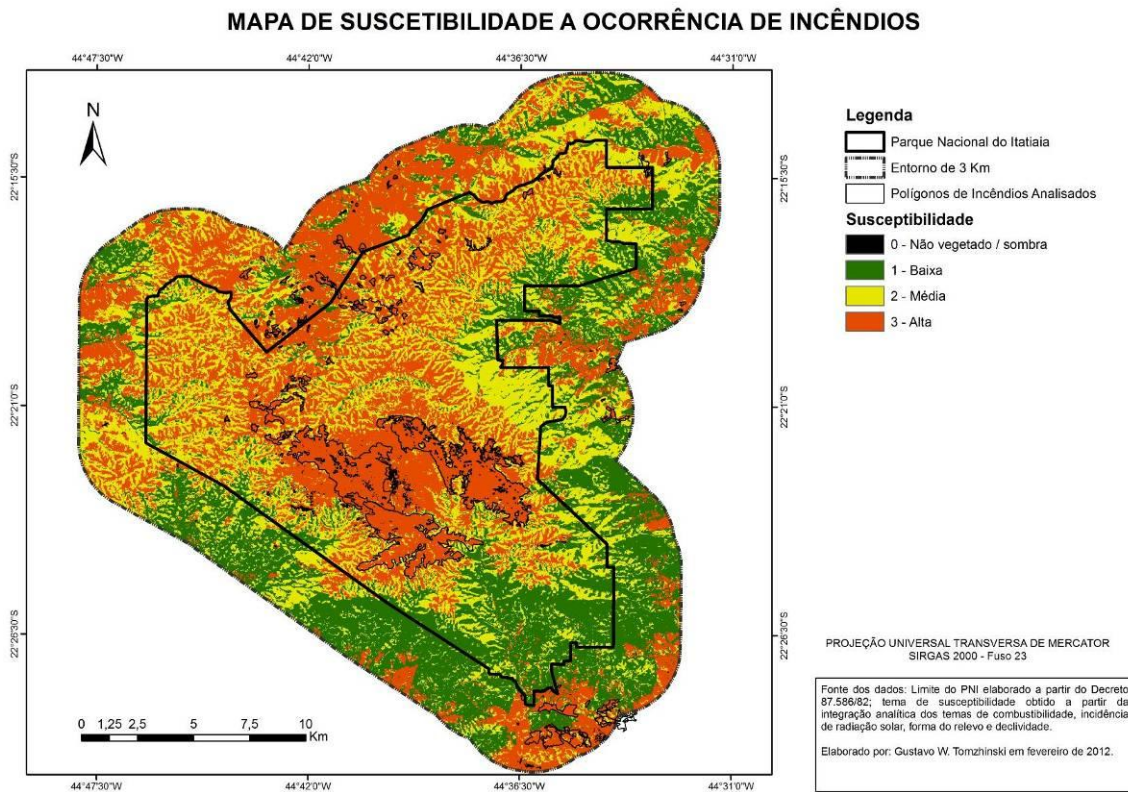
Essa primeira análise mostra um resultado positivo para o mapa de suscetibilidade, mesmo quando comparado com o mapa de combustibilidade, que foi considerado como o componente preponderante para a ocorrência de incêndios, já que naturalmente a vegetação reflete o efeito das demais variáveis analisadas. Enquanto 95% dos incêndios analisados se encontram em áreas de combustibilidade majoritariamente alta, 96% se encontram em áreas de suscetibilidade majoritariamente alta.

A análise da distribuição das áreas atingidas pelos incêndios mostra uma correlação alta com as áreas mapeadas como de alta suscetibilidade a ocorrência de incêndios, com resultados mais abrangentes para o tema do que os demais fatores quando analisados separadamente, como se observa na Tabela 21.

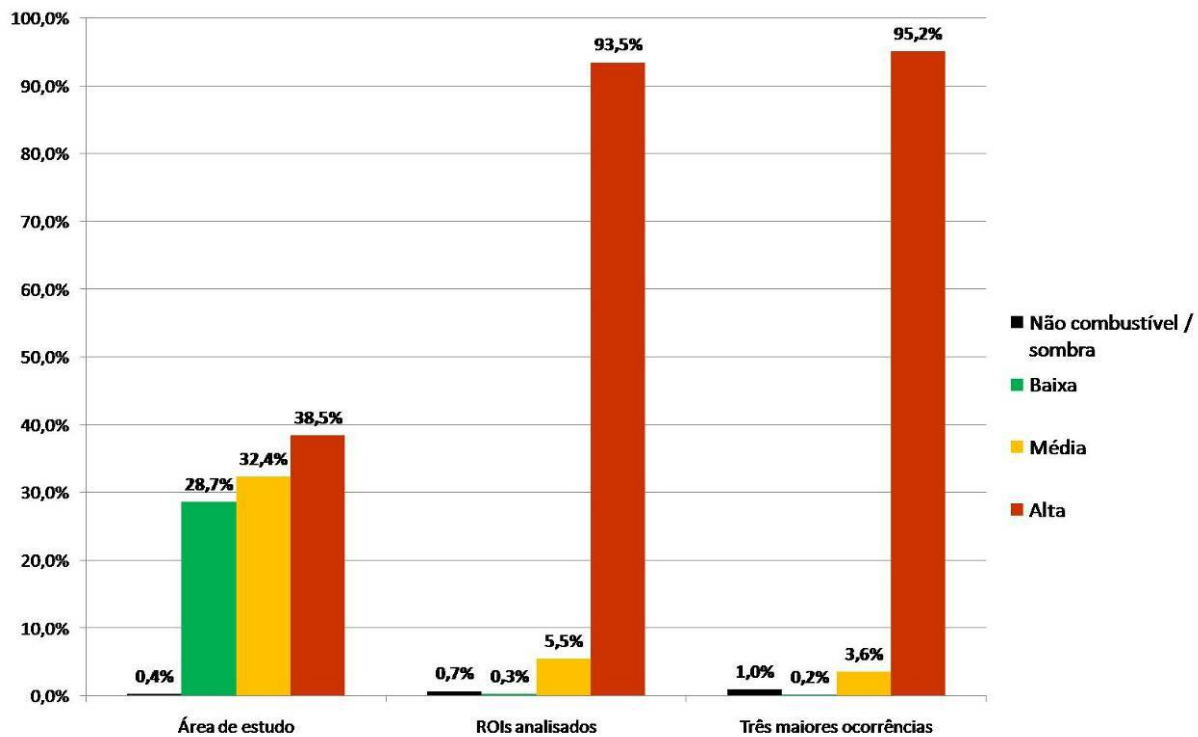
**Tabela 21** – Proporção da área de estudo e das áreas atingidas por incêndios (ROIs) segundo as classes de suscetibilidade e das variáveis que a compõem.

	Área de estudo				ROIs			
	Alta	Média	Baixa	N. vegetado	Alta	Média	Baixa	N. vegetado
Combustibilidade	27,4%	29,7%	42,5%	0,4%	91,7%	6,7%	0,9%	0,7%
Radiação	40,8%	38,8%	20,4%		73,4%	22,0%	4,6%	
Forma do relevo	45,0%	13,0%	42,0%		50,7%	15,6%	33,7%	
Declividade	67,9%		32,1%		57,7%		42,3%	
<b>Suscetibilidade</b>	<b>38,5%</b>	<b>32,4%</b>	<b>28,7%</b>	<b>0,4%</b>	<b>93,5%</b>	<b>5,5%</b>	<b>0,3%</b>	<b>0,7%</b>

A Figura 44 mostra que apesar de a AE apresentar 39% de área considerada como sendo de alta suscetibilidade, os incêndios tiveram 94% de suas áreas com essa classificação. Quando é verificado apenas os três maiores incêndios, esse número aumenta para 95%, mostrando a validade da metodologia para identificar áreas suscetíveis à ocorrência desse fenômeno.



**Figura 43** – Mapa de suscetibilidade a ocorrência de incêndios para a Área de Estudo



**Figura 44** – Gráfico da área atingida pelos incêndios em função da combustibilidade.

A suscetibilidade é potencializada por condições climáticas críticas, que podem ser identificadas através dos indicadores de precipitação antecedente. Já o risco à ignição está diretamente ligado à ação antrópica, representada espacialmente pela proximidade às vias de transporte, edificações e propriedades particulares dentro do Parque. Nota-se que a conjunção desses fatores na AE se destaca na faixa dos 1.000 a 2.000 m de altitude, onde ocorre o maior número de incêndios e acima dos 2.000 m onde as variáveis geológicas favorecem incêndios de maior magnitude.

## 7. CONCLUSÕES

### 7.1. REGIME DE FOGO

Como visto anteriormente, Whelan (1995) propõe a utilização do conceito de regime de fogo como sendo um resumo das características das ocorrências de incêndios que tipicamente ocorrem em determinado local. Os dados e análises dos capítulos anteriores permitem descrição do regime de fogo para a Área de Estudo, que poderá ser atualizada na medida em que ocorram mudanças na dinâmica dos incêndios ou novas informações forem surgindo.

Mesmo antes da colonização européia, o fogo já era um importante fator de modificação da paisagem na região como instrumento utilizado pelos primeiros habitantes do continente e, possivelmente, por esparsos eventos causados por fontes de ignição natural. Supõe-se que estes últimos fossem de pequenas proporções por ocorrerem basicamente na época das chuvas, uma vez que a ocorrência de raios não é comum na época seca na área de estudo.

Pelo menos ao longo das últimas oito décadas, os incêndios têm sido uma constante ano a ano, caracterizados por grande número de ocorrências de pequenas e médias proporções, que na maioria das vezes não são localizados pelos sistemas de detecção de focos de calor por satélite. Os grandes incêndios, em geral, ocorrem no Planalto das Agulhas Negras em períodos mais esparsos, variando entre três e dezoito anos, segundo os registros escritos encontrados. Analisando apenas os incêndios de 1988, 2001, 2007 e 2010, verificou-se que o intervalo de tempo entre incêndios de grandes proporções atingindo a mesma área foi de treze, dezenove e vinte e dois anos, respectivamente, considerando que o incêndio de 1988 abrangeu a área dos outros três e que estes não se sobrepuseram.

Mesmo considerando-se apenas uma faixa de 3 km no entorno da unidade, a maioria dos registros de incêndios é fora do Parque, entretanto as maiores áreas atingidas são dentro, possivelmente devido ao maior acúmulo de biomassa e continuidade das áreas de alta combustibilidade, além das dificuldades de acesso e deslocamento.

A maior parte dos incêndios ocorre na Parte Alta do Itatiaia, sendo essa a região de maior risco, abrangendo o Planalto e as bacias hidrográficas contribuintes para a bacia do rio Grande, concentrando-se principalmente no município de Itamonte. Os incêndios que ocorrem em Visconde de Mauá oferecem maior risco ao PNI do que os da Parte Baixa, pois a combustibilidade deste Parque é maior nessa região. Na Parte Baixa, apesar de haver muitos focos em áreas de alta combustibilidade próximas à divisas, dentro da UC a vegetação é mais densa e úmida, com baixa combustibilidade.

A maioria das ocorrências estudadas se encontra em áreas de elevada incidência de radiação solar, terreno de forma convexa e com declividade acima de 20°. O maior número de registros foi na faixa de altitude entre 1.000 e 2.000 m, porém a maior parte da área queimada está situada acima dos 2.000 m.

O tipo de fogo mais comum nos incêndios estudados é o de superfície, de rápida propagação em combustíveis leves, principalmente vegetação de campos de altitude e pastagens nativas. No entanto, não são incomuns ocorrências com fogo subterrâneo, queimando turfa, tanto em áreas abertas, quanto dentro de florestas. Ocorrências de incêndio com fogo de copa são mais raras, mas foram observadas em ocasiões em que fogo adentrou com intensidade em áreas florestadas.

São raros os incêndios causados por fontes naturais de ignição, no caso raios. A grande maioria dos incêndios é propositalmente causado pelo homem para manejo de áreas de pastagem, por conflitos com a unidade de

conservação ou simples vandalismo, embora também existam registros de ocorrências originadas por caçadores, apicultores e turistas, possivelmente de forma acidental, além de um causado por curto na rede elétrica. As ocorrências estudadas concentram-se geralmente em áreas onde ainda não foi feita a regularização fundiária, a curta distância de vias de circulação (até 15 m) e a média distância de edificações (entre 100 e 500 m), embora em determinadas ocasiões algumas tenham sido seriamente ameaçadas pelo fogo.

A ocorrência dos maiores e/ou mais severos incêndios está diretamente ligada aos fatores climáticos, especialmente às variações na precipitação. Em geral, nos anos em que foram registradas grandes ocorrências, o acumulado de chuva nos meses de junho a agosto ou julho a setembro foi abaixo da média dos últimos 28 anos. Outro fator importante a ser considerado é a ocorrência de geadas, que provoca o ressecamento da vegetação.

Ao longo do ano, os incêndios concentram-se principalmente no inverno, com o período mais crítico normalmente compreendido entre o início de agosto e os primeiros vinte dias de setembro, podendo variar ao longo dos anos devido à flutuação do regime de chuvas. Para o período observado verifica-se que, apesar do maior número de incêndios estar concentrado em agosto, a maior área queimada deveu-se a ocorrências iniciadas em setembro, quando foram registrados 50% dos grandes incêndios e 67% das áreas atingidas por eles.

## 7.2. MAPEAMENTO GEOCOLÓGICO DA SUSCETIBILIDADE A OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS

Segundo as análises realizadas, concluiu-se que 38,5% da Área de Estudo apresentam alta suscetibilidade a incêndios a partir da integração das variáveis de



combustibilidade, incidência de radiação solar, forma do relevo e declividade. Dentro do escopo desse estudo apenas 0,9% dessa área de alta suscetibilidade foi atingida pelo fogo. Embora tenha próxima relação com os incêndios, a altitude não foi incluída na composição do mapa de suscetibilidade por considerar-se que para a AE ela representa espacialmente onde se concentram condições favoráveis a ocorrências de incêndios em função das outras variáveis, não sendo uma característica intrínseca da própria altitude

A avaliação de cada uma das variáveis separadamente levou à proposição de limites críticos para elas uma segundo a relação com a ocorrência de incêndios, observando-se uma preponderância da combustibilidade, seguida pela incidência de radiação solar, forma do relevo e declividade. Este fato se explica porque a composição e fisionomia da vegetação já é por si só, uma resultante da combinação de uma série de variáveis, entre as quais se incluem as consideradas acima, além do uso do solo.

Condições climáticas, em particular a precipitação, potencializam suscetibilidade. Neste sentido, mesmo que uma área seja de alta suscetibilidade à ocorrência de incêndios, a probabilidade do fogo atingir grandes proporções é condicionada pelas variáveis climáticas. No caso, buscou-se estabelecer limites de precipitação acumulada a partir dos quais podem ocorrer incêndios de maiores proporções. Apesar da limitação do espaço de tempo estudado verificou-se, por exemplo, que mesmo com um acumulado em 120 dias de 324 mm, que é um valor alto em função do histórico de análise, ocorreu um incêndio de grandes proporções em 2007. A título de comparação, note-se que esse valor é superior à média para os últimos 28 anos do acumulado entre os meses de junho a setembro, que é de 268 mm.

Através da comparação de seis indicadores de precipitação acumulada (dias sem chuva e precipitação acumulada em 10, 30, 60, 90 e 120 dias) concluiu-se que a

análise de cada um deles em separado não seria suficiente para prever condições críticas para os cinco maiores incêndios estudados. No entanto, para cada um dos incêndios pelo menos dois indicadores apontavam níveis críticos para a ocorrência de incêndios, apontando para a complementaridade entre eles.

Considerando que são raras as ocorrências de incêndio originadas de causas naturais, para que haja a ignição do fogo são determinantes as variáveis sócio-econômicas. Certamente não é por acaso que 93% dos incêndios dentro do Parque estão em áreas particulares, ressaltando a estreita ligação entre o fogo e a falta de regularização fundiária. Além disso, 73% dos 147 incêndios analisados estão a até 15 m das feições consideradas para o mapeamento do risco à ignição: vias de transporte, edificações e propriedades particulares dentro do Parque, mesmo considerando-se as limitações da base cartográfica.

O cruzamento do mapa de suscetibilidade à ocorrência de incêndios com os ROIs, mostrou que estes tiveram 93% das áreas atingidas consideradas de alta suscetibilidade, apontando para a validade da metodologia, apesar da necessidade de validação com dados futuros.

A suscetibilidade é potencializada por condições climáticas críticas, que podem ser identificadas através dos indicadores de precipitação antecedente. Já o risco à ignição está diretamente ligado à ação antrópica, representada espacialmente pela proximidade às vias de transporte, edificações e propriedades particulares dentro do Parque. Nota-se que a conjunção desses fatores na AE se destaca na faixa dos 1.000 a 2.000m de altitude, onde ocorre o maior número de incêndios e acima dos 2.000m onde as variáveis geocológicas favorecem incêndios de maior magnitude.

### 7.3. LIMITAÇÕES DO ESTUDO E QUESTIONAMENTOS PARA TRABALHOS FUTUROS

O estudo foi limitado pela falta de dados climáticos como temperatura, umidade relativa e intensidade e direção dos ventos, que certamente ampliariam os horizontes da análise. No entanto a utilização da precipitação de forma isolada resultou em informações de significativa importância, com a vantagem da simplicidade. Outro fator limitante foi o fato da metodologia proposta para o mapeamento da combustibilidade ainda estar sendo aprimorada. Mesmo assim os resultados encontrados nessa classificação foram satisfatórios, especialmente para a Parte Alta do PNI, onde os incêndios ocorrem em maior número e magnitude.

A construção do conhecimento é um ciclo no qual quanto mais se descobre mais dúvidas se tem. Ao longo do período dedicado a esse estudo, novos questionamentos foram levantados, que podem vir a ser esclarecidos por trabalhos futuros, como por exemplo:

- Ⓜ Que novas informações podem ser agregadas a partir de uma análise histórica das imagens de satélite? Qual recorrência de incêndios nas mesmas áreas? Os incêndios que não foram medidos em campo tiveram suas áreas super ou sub-estimadas?
- Ⓜ A área de florestas aumentou ou diminuiu ao longo das últimas décadas no Itatiaia? Qual a sua relação com os incêndios? Qual a vegetação potencial da área de estudo?
- Ⓜ Como mensurar os danos causados pelos incêndios florestais?

- Ⓜ Que quantidade de biomassa acumulada nos campos de altitude é necessária para a ocorrência dos grandes incêndios? É possível controlá-la sem grandes danos ao ecossistema? Como?
- Ⓜ Qual a influência dos outros fatores climáticos, como temperatura, ventos e umidade relativa do ar nos incêndios do Parque? Qual a influência dos grandes fenômenos climatológicos, como El Niño, na suscetibilidade aos incêndios?
- Ⓜ Qual a composição ideal de um índice de incêndio apontando as condições de risco de incêndio, mantendo um nível de alerta eficiente e eficaz?

#### 7.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A grande dimensão do problema dos incêndios no Itatiaia é a resultante da combinação de uma série de fatores que contribuem para que o fogo seja uma das principais ameaças a essa unidade de conservação. Procurou-se, sem a pretensão de esgotá-los, analisar alguns dos principais fatores humanos, climáticos, físicos e bióticos que concorrem para que a questão assuma a proporção e gravidade que ao longo do tempo vem modificando a paisagem do primeiro Parque Nacional do Brasil, ameaçando a sua biodiversidade. Cabe destaque o fato de que os resultados encontrados reforçam de forma urgente a necessidade da regularização fundiária como uma medida básica para a prevenção de incêndios em UCs de proteção integral.

Os dados e informações aqui contidos podem ser de grande valia para o planejamento das ações de prevenção e combate aos incêndios florestais no Parque

Nacional do Itatiaia e de outras UCs, bem como para o seu manejo de maneira geral. Além disso, auxiliam na compreensão da questão do fogo e seu papel na formação da paisagem, especialmente nas unidades de conservação, trazendo as seguintes contribuições à metodologia utilizada no GEOHECO e GEOCART: análise frente às informações de campo comparando quantidade de ocorrências e área atingida, estabelecimento de parâmetros para a classificação das variáveis, descrição do regime de fogo, utilização da classe planar para forma de relevo, análise da declividade e altitude e análise da precipitação acumulada frente aos incêndios.

Desta forma, buscou-se incentivar e subsidiar estudos futuros, especialmente aqueles relacionados à modelagem do conhecimento para os cenários de avaliação para a ocorrência de incêndios florestais, projeto maior em andamento no GEOCART.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, J. P. (2011). **Revisão do Plano de Manejo do Parque Nacional do Itatiaia: Diagnóstico do Meio Físico**. Relatório técnico, 97p.
- ANA – Agência Nacional de Águas (2011). **Dados brutos da estação pluviométrica de Visconde de Mauá (02244047) – 1937 a 2011**. Arquivo eletrônico enviado por e-mail. Disponível em <http://hidroweb.ana.gov.br/> .
- ASSIS, A. V. R. (1988). **1º Encontro para Prevenção e Combate a Incêndio no Parque Nacional do Itatiaia**. Relatório síntese. 12p.
- AXIMOFF, I. & RODRIGUES, R. C. (2011). **Histórico dos Incêndios Florestais no Parque Nacional do Itatiaia**. In: *Ciência Florestal*, v. 21, n,1, p.83-92. Santa Maria, RS.
- AXIMOFF, I. (2007). **Impactos do fogo na vegetação do Planalto do Itatiaia**. Relatório Técnico, 17p.
- AXIMOFF, I. (2011). **O que Perdemos com a Passagem do Fogo pelos Campos de Altitude do Estado do Rio de Janeiro?** In: *Biodiversidade Brasileira – Número Temático sobre Ecologia e Manejo de Fogo em Áreas Protegidas*. ICMBio, Brasília, DF. Ano I, n. 2, p. 180 - 200. Disponível em:
- BARROS, W. D. (1955). **Parque Nacional do Itatiaia**. Serviço de Informação Agrícola. 55p.
- BARTH, R. (1957) **A Fauna do Parque Nacional do Itatiaia**. *Boletim do Parque Nacional do Itatiaia*, Nº 6. Itatiaia/RJ, 149p.
- BERTRAND, G. (1982) - **Paisaje y Geografia Física Global**. In: Mendonza, J.G.; Jiménez, J.M. & Cantero, N.O., *El pensamiento geográfico-estudio interpretativo y antologia de*

textos (De Humbolt a las tendencias radicales). ed. Alianza, Madri, pp.461 - 464.

- BOVIO, G. & CAMIA, A. (1997) – **Meteorological indices for large fires danger rating**. In: CHUVIECO, E. (Editor). A review of remote sensing methods for the study of large wildland fires (Megafires project ENV-CT96-0256). Alcalá de Henares, Espanha, pp. 73-89.
- BRADE, A. C. (1956) **A flora do Parque Nacional do Itatiaia**. *Boletim do Parque Nacional do Itatiaia*, N° 5. Itatiaia/RJ, 114p.
- BRASIL (1984). **Decreto N° 89.817 De 20 de junho de 1984**. Estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional. Publicado no Diário Oficial da União em 22/06/1984. Disponível em <<http://www.concar.ibge.gov.br/detalheDocumentos.aspx?cod=8>>. Acesso: 22 de dezembro de 2011.
- BRASIL (2000). **Lei N° 9.985 de 18 de julho de 2000**. Institui o Sistema Nacional de unidades de conservação da Natureza e dá outras providências. Publicado no Diário Oficial da União em 19/07/2000.
- BRASIL (2002). **Decreto n° 4.339, de 22 de agosto de 2002**. Institui princípios e diretrizes para a implementação da Política Nacional da Biodiversidade.
- BRASIL (2006). **Lei N° 11.428 de 22 de dezembro de 2006**. Institui o Sistema Nacional de unidades de conservação da Natureza e dá outras providências. Publicado no Diário Oficial da União em 26/12/2006, retificado no DOU de 09/01/2007.
- BRIDGEWATER, P. B. (1993) - **Landscape ecology, geographic information systems and nature conservation**. In: HAINES-YOUNG, R.; GREEN, D.R. & COUSINS, S.H. (editors) *Landscape Ecology and GIS*, cap. 3, pp. 23 - 36.

- BURROUGH, P. A. **Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment**. Monographs on Soil and Resources Survey N° 12, New York: Oxford University Press, 1986, 193 p.
- CALDARARO, N. (2002) – **Human Ecological Intervention and the Role of Forest Fires in Human Ecology**. In: The Science of the Total Environment, v. 292, p. 141-165
- CAMPO, J.; ANDREU, V.; GIMENO-GARCÍA, E.; GONZÁLEZ, O.; RUBIO, J.L. (2006) – **Ocurrence of soil erosion after repeated experimental fires in a Mediterranean environment**. In: Geomorphology, v. 82, p. 376 – 387.
- CARVALHO, M. S., CÂMARA, G. (2004). **Análise de Eventos Pontuais**. In: DRUCK, S.; CARVALHO, M.S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.V.M. (eds) *Análise Espacial de Dados Geográficos*, cap. 2. Brasília, EMBRAPA, 2004. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/>>. Acesso em: 7 de março de 2011.
- CHUVIECO, E.; CONGALTON, R. G. (1989). **Application os Remote Sensing and Geographic Information Systems to Forest Fire Hazard Mapping**. In: Remote Sensing Environment, 29, pp.147-159.
- CHUVIECO, E.; RIAÑO, D.; AGUADO, I.; COCERO, D. (2002). **Estimation of Fuel Moisture Content from Multitemporal Analysis of Landsat Thematic Mapper Reflectance data: Applications in Fire Danger Assessment**. In: International Journal of Remote Sensing, v. 23, No. 11, pp. 2145-2162.
- CHUVIECO, E.; SALAS F. J.; VEGA, C. (1997) – **Remote Sensing and GIS for Long-Term Fire Risk Mapping**. In: CHUVIECO, E. (Editor). A review of remote sensing methods for the study of large wildland fires (Megafires project ENV-CT96-0256). Alcalá de Henares, Espanha, pp. 73-89.



- COELHO NETTO , A. L., AVELAR, A. S., FERNANDES, M. C., LACERDA, W. A. (2007) **Landslide Susceptibility in a Mountainous Geocosystem, Tijuca Massif, Rio de Janeiro: The Role of Morphometric Subdivision of the Terrain.** In: *Geomorphology* (Amsterdam). v.87, p.120 – 131.
- COELHO NETTO, A. L., DANTAS, M. E.; ROSAS, R. O. (1993). **Grandes domínios geocológicos da Amazônia Legal (1:2.500.000): bases para o estudo dos efeitos de borda das linhas de transmissão de energia a serem implantadas na Amazônia florestal.** Relatório solicitado pela ELETROBRÁS, 26 p.
- CORRÊA, R. L. (2008). **Espaço, um Conceito-chave da Geografia.** In: CASTRO, I. E.; Gomes, P. C. C.; CORRÊA, R. L. (editores) *Geografia: Conceitos e Temas.* Rio de Janeiro; Bertrand Brasil, pp. 15-47.
- COSTA, A. C. (Sem data). **Histórico do Parque Nacional do Itatiaia.** Resumo de levantamento documental realizado para o Núcleo de Educação Ambiental do Parque Nacional do Itatiaia.
- COSTA, G. A. O .P.; PINHO, C. M. D.; FEITOSA, R. Q.; ALMEIDA, C. M.; KUX, H. J. H.; FONSECA, L. M. G.; OLIVEIRA, D. (2008). **InterIMAGE: Uma plataforma cognitiva open source para a interpretação automática de imagens digitais.** *Revista Brasileira de Cartografia – RBC*, nº 60/4, p.331-337, dez 2008.
- COSTA, V. C.; CARNEIRO, C. G. (2010). **Sensoriamento Remoto: conceitos básicos e aplicações.** Notas de Aula de Interpretação de Fotografias Aéreas e Processamento Digital de Imagens, não publicadas. Programa de Pós-Graduação em Geografia, UERJ, 2º semestre de 2010.
- COURA P. H. F., SOUSA G. M., FERNANDES M. C. (2009). **Mapeamento geocológico da susceptibilidade à ocorrência de incêndios no maciço da Pedra Branca,**

**município do Rio de Janeiro.** Anuário do Instituto de Geociências; 32 (2):14-25.

CRUZ, C. B. M. (2000) - **As bases operacionais para a modelagem e implementação de um banco de dados geográficos em apoio à gestão ambiental - um exemplo aplicado à bacia de campo, RJ.** Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Depto. de Geografia, IGEO/UFRJ, 394 p.

DALCUMUNE, M. A. B.; SANTOS A. R. (2005). **Mapeamento de Índice de Risco de Incêndio para a Região da grande Vitória/ES Utilizando Imagens do Satélite LANDSAT para o Ano de 2002.** Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil. Abril de 2005. INPE.

DEAN, W. (1996). **A Ferro e a Fogo: A História da Devastação da Mata Atlântica Brasileira.** Companhia das Letras. São Paulo, SP. 483 p.

DOMINGOS, S. I. S. (2006) - **Análise do índice de seca Standardized Precipitation Index (SPI) em Portugal Continental e sua comparação com o Palmer Drought Severity Index (PDSI).** Tese de licenciatura em Meteorologia, Oceanografia e Geofísica Interna – variante Meteorologia. Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, 53 p.

DRUCK, S.; CARVALHO, M. S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V. (2004). **Análise Espacial e Geoprocessamento.** Planaltina: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Distrito Federal, Brasil. 208p.

DRUMMOND, J. A. (1997). **Devastação e Preservação Ambiental: Os Parques Nacionais do Rio de Janeiro.** Editora da Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ. 306p.

- DUSEN, P. K. H. (1955). **Contribuições para a Flora do Itatiaia**. *Boletim do Parque Nacional do Itatiaia*, N° 4. Itatiaia/RJ, 91p.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (1999). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, Serviço de Produção de Informação. 412p.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (2011). Monitoramento por Satélite – **Sistemas Orbitais de Monitoramento e Gestão Territorial**. Disponível em <<http://www.sat.cnpem.br>>. Acesso: 14 de dezembro de 2011.
- ESRI INC., 2008. Arc Gis version 9.3. New York Street, Redlands, California.
- FALLEIRO, R. M. (2011). **Resgate do Manejo Tradicional do Cerrado com Fogo para Proteção das Terras Indígenas do Oeste do Mato Grosso: um Estudo de Caso**. In: Biodiversidade Brasileira – Número Temático sobre Ecologia e Manejo de Fogo em Áreas protegidas. ICMBio, Brasília, DF. Ano I, n. 2, p. 86-96.
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (2012). **Forests and fire**. Disponível em <<http://www.fao.org/forestry/firemanagement/en/>>. Acesso em 09 de fevereiro de 2012.
- FEARNSIDE, P. M.. (2002) **Fogo e emissão de gases de efeito estufa dos ecossistemas florestais da Amazônia brasileira**. *Estud. av.* [online]. 2002, vol.16, n.44, pp. 99-123. ISSN . doi: 10.1590/S0103-40142002000100007. Disponível em [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-40142002000100007](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142002000100007). Acesso em 4 Out 2009.
- FERNANDES, M. C. (1998) **Geoecologia do Maciço da Tijuca - RJ: Uma Abordagem Geo-Hidroecológica** (1998).

Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Depto. de Geografia, IGEO/UFRJ, 141 p.

FERNANDES, M. C. (2004) **Desenvolvimento de Rotina de Obtenção de Observações em Superfície Real: Uma Aplicação em Análises Geoecológicas**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Depto. de Geografia, IGEO/UFRJ, 263 p.

FERNANDES, M. C. (2009). **Discussões conceituais e metodológicas do uso de geoprocessamento em análises geoecológicas**. In: BICALHO, A. M. S. M., GOMES, P. C. C. (organizadores). Questões metodológicas e novas temáticas na pesquisa geográfica. Rio de Janeiro: Publit. p. 280-299.

FERNANDES, M. C., MENEZES, P. M. L. (2005). **Comparação entre Métodos para geração de MDE para a Obtenção de Observações em Superfície Real no Maciço da Tijuca - RJ**. In: RBC - Revista Brasileira de Cartografia Nº 57/02, 154-161.

FERNANDES, M. C., MENEZES, P. M. L. (2007). **Avaliação do uso de observações em superfície real para análises geoecológicas de dinâmica da paisagem: um estudo de caso no maciço da Tijuca – RJ (1972-1996)**. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 3869-3876. Disponível em <http://martedpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/10.27.13.46/doc/3869-3876.pdf>.

FERNANDES, M. C.; COURA, P. H. F.; SOUSA, G. M.; AVELAR, A. S. (2011). **Mapeamento Geoecológico de Susceptibilidade À Ocorrência de Incêndios no Estado do Rio de Janeiro**. In: Anais do XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR). Curitiba, PR, Brasil. INPE p. 7988-7995.

- FERNANDES, M. C.; MENEZES, P. M. L.; PAES, M. (2002) **Potencialidades e limitações do Geoprocessamento em Estudos Geoecológicos.** In: *Revista de Pós-Graduação em Geografia/UFRJ*, ano 5, vol (5): 53-68
- FERNANDES, P.; BOTELHO, H.; LOUREIRO, C. (2002). **Manual de Formação para a Técnica do Fogo Controlado.** Universidade de Trás-os-Montes e AltoDouro – UTAD, Departamento Florestal. Vila Real,PT. Disponível em<  
[http://www.cifap.utad.pt/Fernandes\\_Manual\\_Forma%E7%E3o%20T%E9cnica%20Fogo%20Controlado.pdf](http://www.cifap.utad.pt/Fernandes_Manual_Forma%E7%E3o%20T%E9cnica%20Fogo%20Controlado.pdf)>. Acesso em 07 de março de 2011.
- FORMAN, R. T. T. & GODRON, M. (1986) - **Overall structure.** In: *Landscape Ecology*. New York: wiley, cap. 6, pp. 191 - 221.
- FRANÇA, H.; RAMOS, M. B. & SETZER, A. (2007). **O Fogo no Parque Nacional das Emas.** Ministério do Meio Ambiente – MMA. Brasília, 140p.
- FURNAS (2011). **Dados brutos das estações pluviométricas AGNE e PQUE – 1984 a 2011.** Planilha eletrônica. Dados não publicados, fornecidos para uso em pesquisa mediante autorização. FURNAS Centrais Elétricas S. A., Rio de Janeiro, RJ.
- FURTADO, L. M. V.; MAGRO, T. C.; FREIXÊDAS-VIEIRA, V. M.; ESSOE, B.; BARROS, M. I. A. (2001) – **Plano de Uso Público – Parque Nacional do Itatiaia.** Brasília, 199 p.
- GIMENO-GARCÍA, E., ANDREU, V., RUBIO, J. L. (2000) - **Changes in organic matter, nitrogen, phosphorus and cations in soil as a result of fire and water erosion in a Mediterranean landscape.** In: *European Journal of Soil Science*, v. 51 Issue 2, p. 201– 210.
- GOMES, P. C. C. (2009) - **Um Lugar para a Geografia: contra o simples, o banal e o doutrinário.** In: Mendonça, Francisco

de Assis; Lowen-Sahr, Cicilian Luiza; Silva, Márcia da (organizadores). Espaço e tempo: complexidades e desafios do pensar e do fazer geográfico. Curitiba: Associação de Defesa do Meio Ambiente e Desenvolvimento de Antonina (ADEMADAN), pp. 13-30.

GONZÁLEZ, J. R.; PALAHÍ, M; PUKKALA, T. (2005). **Integrating Fire Risk Considerations in Forest Management Planning in Spain – A Landscape Level Perspective**. In: Landscape Ecology 20, 957-970.

HARTFORD, R. A., FRANDSESN, W. H. (1992). **When it's hot, it's hot - or maybe it's not (surface flaming may not portend extensive soil heating)**. In: J. Wild Fire 2, 139 - 144.

HERMANN, G. (2011). **Incorporando a Teoria ao Planejamento Regional da Conservação: a experiência do Corredor Ecológico da Mantiqueira**. Valor Natural, Belo Horizonte, MG. 228 p.

HIPARC (2011). **Projeto IKONOS – Itatiaia. Processamento Digital de Imagens**. Relatório Técnico, julho de 2011, 36p.

HONKALA, J. & NIIRANEN, S. (2010). **A Birdwatching Guide to South-East Brazil**. Printon Trükikoda, Estonia.

HUBBERT, K.R.; PREISLER, H.K.; WOHLGEMUTH, P.M.; GRAHAM, R.C.; NAROG, M.G. (2005) – **Prescribed burning effects on soil physical properties and soil water repellency in a steep chaparral watershed, southern California, USA**. In: Geoderma, v. 130, p. 284-298.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (1994). **Plano Emergencial para o Parque Nacional do Itatiaia**. Diretoria de Ecossistemas, Departamento de unidades de conservação, Brasília, DF. 83p.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (2008a). **Registros de Incêndios para o Parque Nacional do Itatiaia 1988-2007**. Dados não

publicados, planilha eletrônica encaminhada ao PNI. PREVFOGO, Brasília, DF.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (2008b). **Roteiro Metodológico para Elaboração de Planos Operativos de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais em unidades de conservação.** PREVFOGO, Brasília, DF. 16p.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (2009). **Relatório de Ocorrência de Incêndios em unidades de conservação Federais 2005-2008.** PREVFOGO, Brasília, DF. 31p.

IBDF – Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (1982) – **Plano de manejo do Parque Nacional do Itatiaia.** Brasília, 207p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (1992) – Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais – **Manual Técnico da Vegetação Brasileira.** Centro de Documentação e Disseminação de Informações / IBGE, Rio de Janeiro, 92 p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2000) - Primeira Divisão de Geociências do Nordeste – **Introdução ao processamento digital de imagens.** Centro de Documentação e Disseminação de Informações / IBGE, Rio de Janeiro, 92 p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, (2005). **Projeto Pontos Culinantes: IBGE calcula nova altitude do Monte Roraima.** Nota de imprensa atualizada em 29/07/2005 e disponível em: < [http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_visualiza.php?id\\_noticia=412&id\\_pagina=1&titulo=IBGE-calcula-nova-altitude-do-Monte-Roraima](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=412&id_pagina=1&titulo=IBGE-calcula-nova-altitude-do-Monte-Roraima) >. Acesso em 20/06/2011.

- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, (2011). **Imagens do Satélite ALOS – Sensores**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/alos/sensores.php>>. Acesso em 06/03/2011.
- ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, (2009). **Primeira Monitoria e Avaliação Assistida dos Instrumentos de Planejamento da Parte Baixa do Parque Nacional do Itatiaia**. Brasília, 40p.
- ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, (2010a). **Apostila para Formação de Brigadista de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais**. Diretoria de unidades de conservação de Proteção Integral, Coordenação Geral de Proteção Ambiental. Brasília, 87 p.
- ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, (2010b). **Registros de Ocorrência de Incêndios e Dados Digitais de Ocorrências de Incêndios**. Núcleo de Prevenção e Combate a Incêndios do Parque Nacional do Itatiaia. Não publicado. Ministério do Meio Ambiente, Brasil.
- ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, (2011). **Registros de Ocorrência de Incêndios e Dados Digitais de Ocorrências de Incêndios**. Núcleo de Prevenção e Combate a Incêndios do Parque Nacional do Itatiaia. Não publicado. Ministério do Meio Ambiente, Brasil.
- ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, (2012). **Neve no Planalto**. Notícia disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/parnaitatiaia/noticias-e-eventos/4-geral/38-neve-no-planalto.html>. Acesso em 18/11/2012.
- ICONA - Instituto Nacional para La Conservacion de La Naturaleza, (1993). **Manual de Operaciones Contra**



**Incendios Forestales.** Ministerio de Agricultura Pesca y Aliementacion. Madir, Espanha.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2008). **TOPODATA: Banco de Dados geomorfométricos do Brasil.** São José dos Campos, SP. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/>>. Acesso em 12 de março de 2012.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2010). **Dados vetoriais pontuais de focos de calor.** *Programa de Monitoramento de Focos.* São José dos Campos. Disponível em: <<http://sigma.cptec.inpe.br/queimadas/>>. Acesso em 17 de Dezembro de 2010.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2011). **Perguntas Frequentes.** Programa de Monitoramento de Focos.  
<<http://sigma.cptec.inpe.br/queimadas/perguntas.html>>.  
(Acesso em 09/01/2011).

JACQUES, A. V. A. (2003). **Fire on native pastures: effects on soil and vegetation.** *Cienc. Rural.*, Santa Maria, v. 33, n. 1, 2003. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782003000100030&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782003000100030&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 30 Mar 2007. Pré-publicação. doi: 10.1590/S0103-84782003000100030.

KOPROSKI, L.; FERREIRA, M. P.; GOLDAMMER, J. G.; BATISTA, A. C. (2011). **Modelo de Zoneamento de Risco de Incêndios para unidades de conservação rasileiras: o Caso do Parque Estadual do Cerrado.** In: *Floresta*, Curitiba, PR v. 41, n.3, PP. 551-562.

LANDIS, J. R. & KOCH, G. G. (1977). **The measurement of observer agreement for categorical data.** *Biometrics*, v.33, n.1, p. 159-174.

- LASANTA, T.; CERDÀ, A. (2005) - **Long-term erosional responses after fire in the Central Spanish Pyrenees**. In: Catena, v. 60, p. 81 - 100.
- MAGRO, T. C. (1999). **Impactos do Uso Público em Uma Trilha no Planalto no Parque Nacional do Itatiaia**. Tese de Doutorado em Ciências Ambientais. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, SP. 135p.
- MARTINELLI, G., J.; BANDEIRA, J. O. BRAGANCA. 1989. **Campos de altitude**. Editora Index, Rio de Janeiro, Brazil.
- McKEE, T. B., DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. (1993). **The relationship of drought frequency and duration to the time scales**. 8th Conference on Applied Climatology, pp.179-184.
- McKEE, T. B., DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. (1995). **Drought monitoring with multiple time scales**. 9th Conference on Applied Climatology, pp.233-236.
- MEDINA, B.O.; RIBEIRO, K.T.; SCARANO, F.R. (2006) **Plant-Plant and Plant-Topography Interactions on a Rock Outcrop at High Altitude in Southeastern Brazil**. BIOTROPICA 38(1): 27-34.
- MEIS, M. R. M; MIRANDA, L. G. H. & FERNANDES, N. F. (1982) **Desnívelamento de altitude como parâmetro para a compartimentação do relevo: bacia do Médio Vale do rio Paraíba do Sul**. Anais do XXXII Congresso Brasileiro de Geologia. Salvador 4: 1489-1509.
- MELO, M. M. & SAITO, C. H. (2011). **Regime de Queima das Caçadas com Uso do Fogo Realizadas pelos Xavante no Cerrado** In: Biodiversidade Brasileira – Número Temático sobre Ecologia e Manejo de Fogo em Áreas protegidas. ICMBio, Brasília, DF. Ano I, n. 2, p. 97-109.
- MENEZES, P. M. L. (2000) **A interface Cartografia-Geocologia nos estudos diagnósticos e prognósticos da**

**paisagem: um modelo de avaliação de procedimentos analítico-integrativos.** Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Depto. de Geografia, IGEO/UFRJ, 208p.

MISTRY J. & BIZERRIL, M. (2011). **Por Que é Importante Entender as Inter-Relações entre Pessoas, Fogo e Áreas Protegidas?** In: Biodiversidade Brasileira – Número Temático sobre Ecologia e Manejo de Fogo em Áreas protegidas. ICMBio, Brasília, DF. Ano I, n. 2, p. 40-49.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (2004). **Portaria nº 126, de 27 de maio de 2004.** Estabelece Áreas Prioritárias para a Conservação, Utilização Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (2007). **Histórico das Áreas Protegidas.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/tomenota.cfm?tomenota=/port/sbf/da/p/capa/index.html&titulo=Parques>. Consulta em abril de 2007.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (2008). **Livro Vermelho das espécies da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção.** Disponível em : <http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=179&idConteudo=8122&idMenu=8631>

MODENESI, M. C. (1992). **Depósitos de Vertente e Evolução Quaternária do Planalto do Itatiaia.** In: Revista IG, 13(1), p. 31-46.

MOREIRA, A. G. (1996). **Proteção Contra o Fogo e Seu Efeito na Distribuição e Composição de Espécies de Cinco Fisionomias de Cerrado.** In: MIRANDA, H. S.; SAITO, C. H.; DIAS, B. F. S. (organizadores). Impactos de Queimadas em Áreas de Cerrado e Restinga. Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília, 187p.

- MYERS, R. L. (2006). **Convivir com El Fego – Manteniendo los Ecosistemas y los Medios de Subsistencia Mediante el Manejo Integral del Fuego**. Iniciativa Global para el Manejo del Fuego, The Nature Conservancy.
- NASCIMENTO, L. (2001). **O Incêndio Florestal do Parque Nacional do Itatiaia**. In: PRAÇA, G. & CESAR, L. C., organizadores. O Pensamento Ambiental em Resende. Crescente Fértil, Resende,RJ.
- NAVEH, Z. & LIEBERMAN, A. (1993) – *Landscape Ecology: Theory and Application*, 2nd Ed. New York. Springer Verlag, 265 p.
- NEARY, D. G.; KLOPATEK, C. C.; DeBANO, L. F.; FFOLIOTT, P. F. (1999) - **Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis**. In: Forest Ecology and Management, v. 122, p. 51 - 71.
- OLIVEIRA, R. R.; ZAUÍ, A. S.; LIMA, D. F.; SILVA, M. B. R.; VIANNA, M. C.; SODRÉ, D. O.; SAMPAIO, P. D. (1995) - Significado Ecológico da Orientação de Encostas no Maciço da Tijuca, Rio de Janeiro. In: Oecologia Brasiliensis, vol I, p. 523-541. Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Instituto de Biologia, UFRJ, Rio de Janeiro, RJ.
- PANTOJA, N. V. & BROWN, I. F. (2007). **Acurácia dos sensores AVHRR, GOES e MODIS na detecção de incêndios florestais e queimadas a partir de observações aéreas no estado do Acre, Brasil**. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. INPE. pp. 4501-4508.
- PANTOJA, N.V.; SELHORST, D.; ROCHA, K. DA S.; LOPES, F.M. DA C.; VASCONCELOS, S.S. DE & BROWN, I.F. (2005). Observações de queimadas no leste do Acre: subsídios para validação de focos de calor derivados de dados de satélites. p. 3215-3222. In: XXII Simpósio Brasileiro de

Sensoriamento Remoto. Goiânia. Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. INPE.

PEREIRA, I. M.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. O.; BOTELHO, S. A.; CARVALHO, W. A. C.; FONTES, M. A. L.; SCHIAVINI, I. & SILVA, A. F.(2006). **Composição Florística Do Compartimento Arbóreo De Cinco Remanescentes Florestais Do Maciço Do Itatiaia, Minas Gerais E Rio De Janeiro**. In: Rodriguésia, 57(1): 103-126.

PEZZOPANE, J. E. M.; OLIVEIRA NETO, S. N.; VILELA, M. F. (2001). **Risco de Incêndios em Função da Característica do Clima, Relevo e Cobertura do Solo**. In: Floresta e Ambiente, V.8, n.1, PP. 161-166.

PM/PR - Polícia Militar do Paraná (2011). Orientações de Segurança – O que é fogo?. Disponível em <<http://www.policiamilitar.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=212>>. Acesso em 07 de março de 2011.

PONZONI, F. J. & SHIMABUKURU, Y. E. (2007). **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. São José dos Campos, SP: A. Silva Vieira Ed. 135 p.

PONZONI, F. J. (2001). **Comportamento Espectral da Vegetação**. In: MENESES, P. R. & MADEIRA NETTO (Organizadores). Sensoriamento remoto: reflectância dos alvos naturais. UnB, EMBRAPA Cerrados. Brasília, DF, pp. 157-177.

RAMOS, P. C. M. (1995) **Sistema Nacional de Prevenção e Combate Aos Incêndios Florestais**. In: *Anais IPEF – I Fórum Nacional sobre incêndios florestais – III Reunião Conjunta IPEF-FUPEF-SIF*: 29:38, Abril, 1995. Disponível em [http://www.ipef.br/publicacoes/forum\\_incendios/cap09.pdf](http://www.ipef.br/publicacoes/forum_incendios/cap09.pdf) Acesso em 4 Out 2009.

RIBEIRO, K. T. & MEDINA, B. M. O. (2002) **Estrutura, Dinâmica e Biogeografia das Ilhas de Vegetação Sobre**

**Rocha do Planalto do Itatiaia.** *Boletim do Parque Nacional do Itatiaia*, Nº 10. Itatiaia/RJ, 84p.

RIBEIRO, K. T. (2001). **Incêndio no Planalto do Itatiaia** – Parecer Técnico sobre Uso Público do Planalto do Itatiaia imediatamente após o incêndio. Itatiaia, 11p.

RIBEIRO, K. T.; MEDINA, B. M. O. & SCARANO F. R. (2007). **Species composition and biogeographic relations of the rock outcrop flora on the high plateau of Itatiaia, SE-Brazil.** In: Revista Brasileira de Botânica, V. 3, n. 4, p. 623-639

RICHTER, M. (2004). **Geotecnologias no Suporte ao Planejamento e Gestão de unidades de conservação Estudo de caso: Parque Nacional do Itatiaia.** Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, IGEO, Programa de Pós Graduação em Geografia. Rio de Janeiro, 162p.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. P. B. (2007). **Geoecologia das Paisagens: uma visão sistêmica da análise ambiental.** Edições UFC, Fortaleza, CE, 2ª Ed., 222p.

SANTOS, A. A. & ZIKAN, C. E. (2000). **Descrição Geral do Parque Nacional do Itatiaia.** In: SANTOS A. A. (editor), *Cadernos Para o Desenvolvimento Sustentável – vol. 3: O Parque Nacional do Itatiaia.* Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável, Rio de Janeiro, RJ. 173p.

SANTOS, M. (1991) - **Paisagem e espaço.** In: *Metamorfose do Espaço Habitado.* Ed. Hucitec, São Paulo, S.P., cap. 5, pp. 61 - 74.

SATO, M. N.; MIRANDA, H. S. (1996). **Mortalidade de Plantas Lenhosas do Cerrado *Sensu Stricto* Submetidas a Diferentes Regimes de Queima.** In: MIRANDA, H. S.;

- SAITO, C. H.; DIAS, B. F. S. (organizadores). Impactos de Queimadas em Áreas de Cerrado e Restinga. Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília, 187p.
- SCHMIDT, I. B. ; SAMPAIO, M. B.; FIGUEIREDO, I. B. ; TICKTIN, T. (2011). **Fogo e Artesanato de Capim-dourado no Jalapão – Usos Tradicionais e Consequências ecológicas**. In: Biodiversidade Brasileira – Número Temático sobre Ecologia e Manejo de Fogo em Áreas protegidas. ICMBio, Brasília, DF. Ano I, n. 2, p. 67-85.
- SEGADAS VIANNA; L. DAU (1965). **Ecology of the Itatiaia range, southeastern Brazil. II—Climates and altitudinal climatic zonation**. Arq. Museu Nacional 53: 31–53.
- SEGADAS-VIANNA, F.; DAU, L. (1965). **Ecology of the Itatiaia Range, Southeastern Brazil, 2: climates and altitudinal climatic zonation**. Arquivos do Museu Nacional, V. 53, p.31-53.
- SETZER, A.; MORELLI, F. & JESUS, S.C. (2010). **Queimadas e incêndios na vegetação ocorridos no interior do Parque Nacional da Serra da Canastra, MG, em agosto de 2008**. Laudo Técnico. INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). 18p.
- SILVA L. C. V.; FERNANDES M. C., ARGENTO M. S. F. (2009). **Mapa geocológico de potencialidade à ocorrência de incêndios no Parque Nacional do Itatiaia/RJ**. Revista Brasileira de Cartografia; 61-3:285-292.
- SILVA, G. T.; SATO M. N.; MIRANDA, H. S. (1996). **Mortalidade de Plantas Lenhosas em um Campo Sujo de Cerrado Submetido a Queimadas Prescritas**. In: MIRANDA, H. S.; SAITO, C. H.; DIAS, B. F. S. (organizadores). Impactos de Queimadas em Áreas de Cerrado e Restinga. Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília, 187p.

- SILVA, L. C. V. (2006). **Modelagem Ambiental de Cenários de Potencialidade à Ocorrência de Incêndios no Parque Nacional do Itatiaia/RJ**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Computação, FEN/UERJ, 101p.
- SILVEIRA, H. L. F.; VETORAZZI, C.A.; VALENTE, R. O. (2008) A. **Avaliação Multicriterial no Mapeamento de Risco de Incêndios Florestais, em Ambiente SIG, na Bacia do Rio Corumbataí, SP**. In: Revista *Árvore*, v. 32 n. 2, p. 259-268. Viçosa, MG.
- SOARES, R. V. (1972) – **Índices de Perigo de Incêndio**. In: Revista *Floresta*, v. 3, n. 3, p. 19-40.
- SOUSA JUNIOR, J. G. A.; DEMATTE, J. A. M. (2008). **Modelo digital de elevação na caracterização de solos desenvolvidos de basalto e material arenítico**. Rev. Bras. Ciênc. Solo, Viçosa, v. 32, n. 1. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832008000100043&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832008000100043&lng=en&nrm=iso)>. access on 09 Feb. 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000100043>.
- SOUSA, G. M. (2009). **Mapeamento Geoecológico da Potencialidade à Ocorrência de Incêndios no maciço da Pedra Branca/RJ – Rio de Janeiro**: [s.n.]. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. 143p.
- SOUSA, G. M.; COURA P. H. F.; FERNANDES M. C. (2010). **Cartografia geoecológica da potencialidade à ocorrência de incêndios: uma proposta metodológica**. Revista Brasileira de Cartografia 2010; 62-1:277-289.
- SOUZA, C. R. G. (2005) **Suscetibilidade Morfométrica de Bacias de Drenagem ao Desenvolvimento de Inundações em Áreas Costeiras**. In: Revista Brasileira de Geomorfologia, Ano 6, nº 1, p. 45-61.



- SOUZA, L. G.; COURA, P. H. F.; SOUSA, G. M.; FERNANDES, M.C. & MENEZES, P.M.L. (2009). **Digital Elevation Models for Geocological Studies in Pedra Branca Massif**, Rio de Janeiro, Brazil. In: Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ. Vol. 32 – 1/2009, p. 21-33.
- STRAHLER, A.N. (1952). **Equilibrium theory of erosional slopes approaches by frequency distribution analysis**. Amer. J. Sci. 248: 673 - 696.
- TANIZAKI-FONSECA, K.; E BOHRER, C. B. A. **O fogo como fator de degradação de ecossistemas de mata Atlântica no estado do Rio de Janeiro**. In: BERGALLO, H. G. et al. (Orgs.). Estratégias e Ações para a Conservação da Biodiversidade no Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Instituto Biomas, 2009. p. 81-90.
- TAVARES JÚNIOR, J. B.; OUVERNEY, M. M.; UBERTI, M. S.; ANTUNES, M. A. H. (2006) - **Avaliação de imagens Ikonos II e QuickBird para obtenção de bases cartográficas cadastrais**. Revista INFO GPS/GNSS, edição 16. Disponível em < [http://www.mundogeo.com.br/revistas-interna.php?id\\_noticia=7208](http://www.mundogeo.com.br/revistas-interna.php?id_noticia=7208)>. Acesso: 19 de outubro de 2010.
- TEIXEIRA & LINSKER (2007). **Itatiaia – Sentinela das Alturas**. Terra Virgem. 157 p.
- TEIXEIRA, L. N. (2003). **“Pseudo-Aumento” da Biodiversidade Vegetal dos Campos de Altitude do Parque Nacional do Itatiaia, Pós-Incêndio**. Monografia de Final de Curso de Pós-Graduação em Perito em Meio Ambiente. Centro Universitário Salesiano, Lorena, SP. 69p.
- TEIXEIRA, L. N. (2006). **Perfil dos Incêndios do Parque Nacional do Itatiaia e Entorno**. Monografia do Curso de Especialização em Gestão do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Associação Educacional Dom Bosco, Resende, RJ. 52p.
- TOMZHINSKI, G. W. & COSLOPE, L. A. (2011). **Plano Operativo de Prevenção e Combate a Incêndios**.

Apresentação em Power Point, Núcleo de Prevenção e Combate a Incêndios do Parque Nacional de Itatiaia. ICMBio. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 49 slides.

TOMZHINSKI, G. W. (2007). **Análise Estratégica para a Implementação e Proteção do Parque Nacional do Itatiaia na Região do Alto Aiuruoca**. Trabalho Final do curso de pós-graduação *lato-sensu* em Gerência Estratégica da Informação da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 35p.

TOMZHINSKI, G. W. (2012) **Análise Geoecológica dos Incêndios Florestais no Parque Nacional do Itatiaia**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 137 p.

TOMZHINSKI, G. W.; COURA, P. H. F.; FERNANDES, M. C. (2011). **Avaliação da Detecção de Focos de Calor por Sensoriamento Remoto para o Parque Nacional do Itatiaia** In: Biodiversidade Brasileira – Número Temático sobre Ecologia e Manejo de Fogo em Áreas Protegidas. ICMBio, Brasília, DF. Ano I, n. 2, p. 201-211. Disponível em:  
<https://www2.icmbio.gov.br/revistaeletronica/index.php/BioBR/issue/view/15/showToc>

TURNER, M.G. (1989) - **Landscape Ecology: Effect of Pattern on Process**. In: Annual Review of Ecological Systems, vol. 10, nº 3, pp. 171 - 197.

UBEDA, X. (2008) - **Fire effects on soil properties: A key issue in forest ecosystems**. In: Catena, v. 74, p. 175-176.

VALERIANO, M. M. (2008). **Topodata: Guia para a Utilização de Dados Geomorfológicos Locais**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). São José dos Campos, SP. 73p.

- van WESTEN, C. J.; van ASCH, T.W.J.; SOETERS, R. (2006). **Landslide hazard and risk zonation—why is it still so difficult?**. In: *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, v.65, p. 167-184.
- VIEGAS, D. X.; SIMEONI, A. (2011) – **Eruptive Behavior of Forest Fires**. In: *Fire Technology*, v. 47, p. 303 – 320.
- WHELAN, R. J. (1995) – **The Ecology of Fire**, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 346p.
- WILHITE, D. A. & GLANTZ, M. H. (1985). **Understanding the drought phenomenon: The role of definitions**. In: *Water International*. 10, p. 111-120.
- WILLIAM, D. E. (1967). **Forest Fire Control (in Canada)**. In: *For. Chronicle* 43(1): p. 83-92.
- XU, D.; GUOFAN, S.; DAI, L.; HAO, Z.; TANG, L.; WANG, H. (2006) - **Mapping forest fire risk zones with spatial data and principal component analysis**. In: *Science in China: Series E Technological Sciences*, v.49, Supp. I, p. 140—149.