

# CARTOGRAFIA GEOECOLÓGICA DA POTENCIALIDADE À OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA

## *Geocological Cartography of Wildfire Occurrence Potentiality: A Methodological Proposal*

Gustavo Mota de Sousa<sup>1,2</sup>  
Pedro Henrique Ferreira Coura<sup>2</sup>  
Manoel do Couto Fernandes<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Departamento de Geociências – Instituto de Agronomia  
BR-465, Km 7 – 23890-000 – Seropédica – RJ, Brasil  
gustavoms@ufrj.br

<sup>2</sup>Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Departamento de Geografia – Laboratório de Cartografia (GEOCART)  
Av. Athos da Silveira Ramos, 274 – 21941-916 – Cidade Universitária – RJ, Brasil  
ped.coura@gmail.com, manoel.fernandes@ufrj.br

### RESUMO

As análises ambientais de caráter integrativo vem sendo cada vez mais desenvolvidas nas últimas décadas com objetivo de refinar o conhecimento da paisagem. A Geoecologia apresenta dentro dos seus estudos a Cartografia Geoecológica que aliada às técnicas de geoprocessamento tem proporcionado importante contribuição para análises da paisagem. Uma aplicação da Cartografia Geoecológica é o mapa de potencialidade à ocorrência de incêndios, que é um produto da ação da própria paisagem (susceptibilidade) e do homem (risco). Este mapeamento apresenta proposições de alguns autores, entretanto, não há uma metodologia fechada sobre o tema. Neste sentido, o presente trabalho busca apresentar uma proposta metodológica sobre a temática, criando e testando um mapeamento de potencialidade à ocorrência de incêndios para o maciço da Pedra Branca/RJ. Este maciço apresenta um uso e cobertura bastante heterogêneo cujo principal característica é abrigar uma das florestas urbanas da Cidade do Rio de Janeiro, onde se situa um importante remanescente florestal do bioma Mata Atlântica. O mapeamento geoecológico foi avaliado em duas áreas de queimadas, e apontaram resultados satisfatórios. Além disso, outros dados de incêndios corroboraram com a validação positiva da metodologia e do mapeamento realizado.

**Palavras chaves:** Incêndios Florestais, Cartografia Geoecológica, Modelo Digital de Elevação.

### ABSTRACT

Environmental analyses in an integratives way are developed nowadays painting to a better knowledge of the landscape. Geoecology contains inside itself, the Geoecology Cartography, which together geoprocessing techniques, has important scientific contributions to landscape analyses. The potentiality to wildfires is defined by a self action of the landscape (susceptibility) and from human actions (fire risks), which speeds up the dynamics. An application of Cartography Geoecological is the map of the potential occurrence of fire, which is a product of the action of the landscape itself (susceptibility) and men (risk). This mapping presents propositions of some authors, however, there is a methodology closed on the subject. In this sense, this study presents a methodological proposal on the subject, creating and testing a Wildfire Occurrence Potentiality mapping for the Pedra Branca massif/RJ. This massif presents a massive use and cover heterogeneous whose main characteristic is to shelter a urban forests of Rio de Janeiro, where lies an important forest remainder of Atlantic forest. The developed maps obtained by mapping processes application was evaluated over two area of old forest fires, pointed to satisfactory results. Moreover, other fire data had corroborated with the positive validation of carried methodology and mapping done.

**Keywords:** Wildfires, Geocological Cartography, Digital Elevation Model

## 1. INTRODUÇÃO

Os estudos ambientais de caráter integrativos pautados no entendimento do relacionamento da sociedade com a natureza vem ganhando destaque nas últimas décadas. Autores como Naveh & Lieberman (1993), Bridgewater (1993), Fernandes *et al.* (2002) e Coelho Netto *et al.* (2007), apresentam como alternativa para estes estudos a utilização da Geoecologia tendo como suporte operacional o Geoprocessamento.

A Geoecologia é definida pelo geógrafo alemão Carl Troll (HUGGETT, 1995) como a união entre a Geografia e a Ecologia. Turner (1989) afirma que na análise geocológica da paisagem é fundamental entender a estrutura, funcionalidade e dinâmica das variáveis bióticas, abióticas e humanas.

Essas características fazem com que a Geoecologia assuma um caráter muito complexo, ao conjugar diferentes tipos de dados e informações com características diversas e uma multiescalaridade peculiar a estes estudos (MENEZES & COELHO NETTO, 1999).

Na busca de soluções operacionais para as análises geocológicas, o Geoprocessamento, enquanto um conjunto de tecnologias, surge como uma ferramenta valiosa. Entretanto, a Geoecologia e o Geoprocessamento ao realizar metodologicamente e operacionalmente o entendimento da paisagem necessitam de um instrumento de representação das análises propostas. Esse instrumento é apresentado por Menezes (2000) através da Cartografia Geoecológica que busca a representação cartográfica de temas ligados a análise de uma paisagem.

Neste contexto, um mapeamento geocológico congrega em um ou mais temas, análises pertinentes ao entendimento de uma paisagem. Um exemplo de tema de análise geocológica é a dinâmica dos incêndios, que através dessa metodologia proporciona a tomadas de decisão no instante do combate desse fenômeno, tornando-se ferramenta importante na análise das diversas interfaces existentes na paisagem.

Em face ao conceito da construção de mapeamentos geocológicos, mais especificamente relacionados a dinâmica de incêndios, o presente trabalho possui o objetivo geral de elaborar e testar uma metodologia de mapeamento geocológico da potencialidade à ocorrência de incêndios utilizando ferramentas de geoprocessamento e conceitos geocológicos para a paisagem do maciço da Pedra Branca.

Este maciço compõe o conjunto de maciços litorâneos existentes na Cidade do Rio de Janeiro, e possui vegetação característica do bioma Mata Atlântica, bastante marcada pela recorrência de incêndios florestais.

## 2. DISCUSSÃO DO MODELO METODOLÓGICO DO MAPEAMENTO GEOECOLÓGICO

O estudo é inspirado nas experiências de Fernandes (1998) e Silva *et al.* (2009), que desenvolveram mapeamentos geocológicos de potencialidade à ocorrência de incêndios na escala de 1:50.000. O primeiro foi realizado no maciço da Tijuca, situado na Cidade do Rio de Janeiro, e o segundo no Parque Nacional do Itatiaia, que encontra-se em área de fronteira dos estados de Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais. Esse estudo em si contribui com um aprimoramento da metodologia aplicada, através do aumento da escala utilizada para um maior refinamento dos resultados; a utilização de novas variáveis na construção do mapeamento, como a radiação solar; e a identificação de incêndios em ortofotos, sensores orbitais e dados de campo, para a validação dos resultados.

O Mapeamento Geoecológico é realizado através de metodologia que necessita de informações diversas da paisagem, englobando dados e informações cartográficas, ambientais e não-gráficas. A integração de dados e informações relacionadas à susceptibilidade e ao risco propicia a identificação de áreas com diferentes potencialidades a ocorrência de incêndios. Os materiais e métodos utilizados que constituem a proposta metodológica são apresentados na figura 1 e descritos a seguir.

O levantamento bibliográfico, cartográfico e ambiental constituiu a primeira etapa metodológica, onde foram levantados os insumos básicos para o mapeamento geocológico. Os materiais utilizados foram bases cartográficas e ortofotos de 1999 do Instituto Pereira Passos – IPP/RJ (IPP, 1999). Além desses dados foram utilizados os setores censitários do IBGE (2003) que apresentam as informações referentes aos dados sobre a queima de lixo realizada nos domicílios particulares permanentes.

A partir dos materiais levantados foram definidas as estratégias para a execução das etapas seguintes, que são as análises de susceptibilidade, risco, potencialidade e validação do mapeamento.

A variável de susceptibilidade foi obtida através do mapa de radiação solar e forma das encostas, gerados a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) proveniente de elementos extraídos das bases cartográficas (hidrografia, curvas de nível e pontos cotados), sobreposto ao mapa de combustibilidade construído a partir de dados do uso e cobertura do solo (1999) proveniente da interpretação das ortofotos e de idas a campo.

O risco foi abordado por meio de fatores que dependem principalmente da presença humana na área de estudo. Por isso, foram utilizadas

informações referentes às vias próximas e internas ao maciço da Pedra Branca, e informações de localidades que possuem loteamentos e favelas

mapeados pela Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro (IPP, 1999), além dos dados dos setores censitários do IBGE (2003).

### MAPEAMENTO GEOECOLÓGICO DA POTENCIALIDADE À OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS NO MACIÇO DA PEDRA BRANCA/RJ

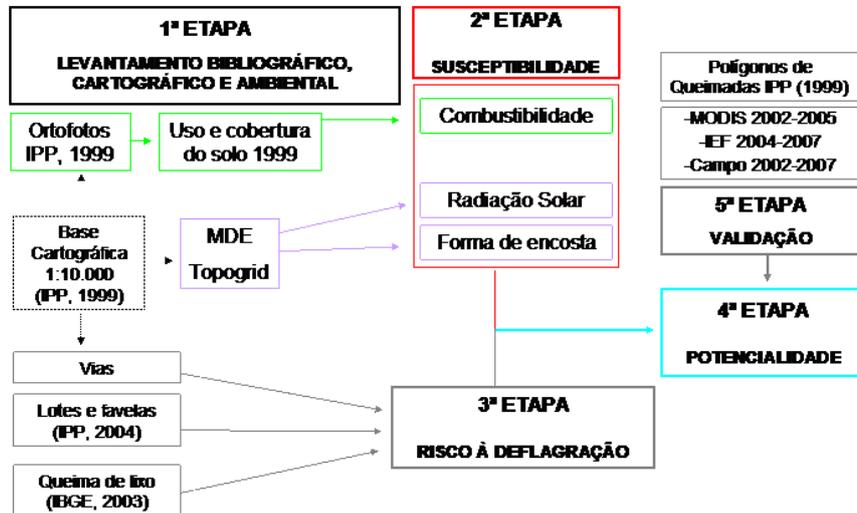


Fig. 1 – Etapas da Metodologia de Mapeamento Geológico da Potencialidade à Ocorrência de Incêndios

A susceptibilidade e o risco analisados em conjunto possibilitaram atingir ao objetivo do estudo, que é a potencialidade. Esta foi validada por meio de informações registradas de incêndios ocorridos na área de estudo e por outras identificadas através de fotografias aéreas.

Todos os mapas desenvolvidos foram apoiados na base cartográfica digital do IPP/RJ

(IPP, 1999) disponibilizada em 18 cartas topográficas com projeção UTM fuso 23 sul e datum horizontal SAD69 (Figura 2). Uma descrição mais sucinta de todos os produtos gerados em cada etapa é apresentada a seguir.



Fig. 2 – Articulação das cartas topográficas que abrangem a área de estudo.

## 2.1 Classificação do uso e cobertura do solo e combustibilidade

O termo uso do solo, de acordo com Novo (1992), refere-se à utilização cultural, enquanto a cobertura do solo refere-se ao seu revestimento. O uso e cobertura do solo do maciço da Pedra Branca tem a finalidade de fomentar a obtenção do mapa de combustibilidade.

No tratamento dos dados foram empregadas técnicas de interpretação visual, de maneira muito semelhante às utilizadas na interpretação de fotografias aéreas. Inicialmente, foram utilizadas técnicas de Processamento Digital de Imagens (PDI) que são “*técnicas voltadas para a análise de dados multidimensionais, adquiridos por diversos tipos de sensores*” (INPE, 2007).

Uma destas técnicas foi a segmentação, que é o procedimento utilizado para facilitar a

interpretação das ortofotos, sendo levadas em consideração, nesse caso, apenas as bandas do visível. A imagem foi dividida em regiões espectralmente homogêneas, na qual, algumas dessas áreas são utilizadas como treinamento do classificador. Para esse estudo foi utilizado o segmentador de crescimento por regiões do software SPRING 4.3.3, através do limiar de similaridade de nível de cinza em 50 e área mínima de 700 pixels.

O resultado da segmentação foi editado por meio de interpretação visual sem necessitar de procedimentos de vetorização, apenas em situações em que o intérprete tem a liberdade de interferir em alguns resultados (Figura 3). As classes foram definidas por meio da chave de interpretação apresentada na tabela 1.

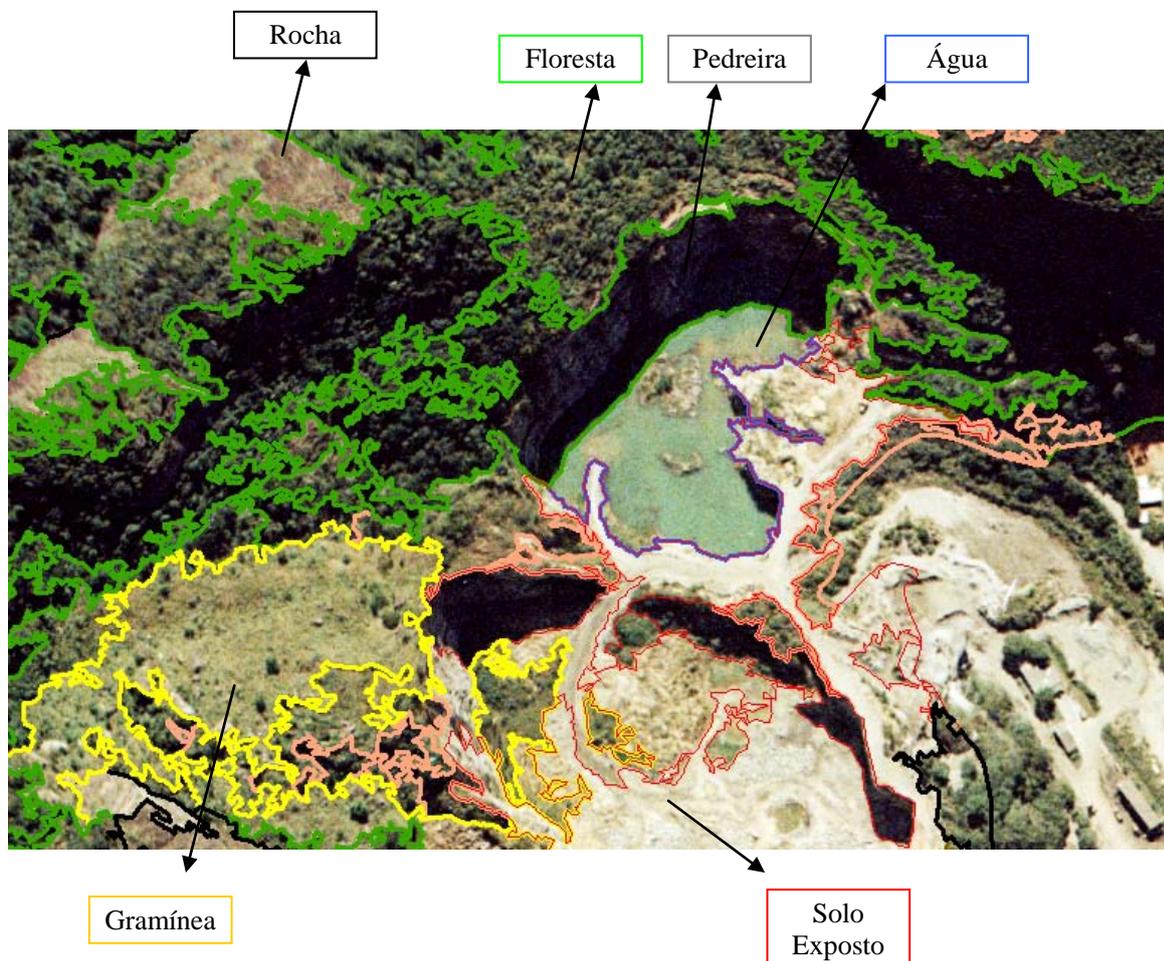


Fig. 3 – Segmentação e identificação visual de algumas classes identificadas.

TABELA 1 – DEFINIÇÃO DAS CLASSES IDENTIFICADAS NO USO E COBERTURA DO SOLO.

Classe	Definição
Área urbana	Compreendem áreas de uso intensivo, estruturadas por edificações e sistema viário, onde predominam superfícies artificiais não-agrícolas.
Floresta	Formações arbóreas, incluindo as áreas de floresta densa.
Reflorestamento	Plantio ou formação de maciços com espécies florestais nativas ou exóticas. Os plantios podem ser heterogêneos, homogêneos ou consorciados.
Água	Lagos ou reservatórios, não inclui rios.
Gramínea	Área de pastagem cuja altura pode variar de alguns centímetros a alguns metros.
Pedreira	Área de extração de materiais para emprego na construção civil tais como areia, brita e saibro.
Vegetação secundária em estágio inicial	Vegetação com fisionomia herbáceo/arbustiva de porte baixo, com cobertura vegetal variando de fechada a aberta; diversidade biológica variável com poucas espécies arbóreas ou arborescentes, podendo apresentar plântulas de espécies características de outros estágios.
Solo exposto	Compreende terrenos desprovidos de vegetação, como áreas preparadas para o plantio ou submetidas à terraplanagem e às cavas de mineração.
Rocha ou afloramento rochoso	Exposição natural em superfície, de rocha ou mineral, bem como, quaisquer outras exposições acessíveis à observação humana
Cultivo ou cultura	Terra utilizada para a produção de alimentos. Inclui todas as terras cultivadas ou em descanso.

Fonte: Adaptado de IBGE (2004 e 2006), LUCHIARI (2001) e CONAMA (1993).

O intuito de elaborar o mapa de uso e cobertura do solo está relacionado com sua reclassificação visando a geração do mapa de combustibilidade. Para tanto levou-se em consideração conhecimentos de campo e opinião de especialistas que trabalham diretamente no combate aos incêndios na área de estudo.

O mapa de combustibilidade representa a realidade da área de estudo através do uso e cobertura do solo existente, refletindo a capacidade do mesmo apresentar-se apropriado à combustão, possibilitando incêndios florestais. As classes de combustibilidade foram definidas em alta, média, baixa e área não vegetada (Figura 4).

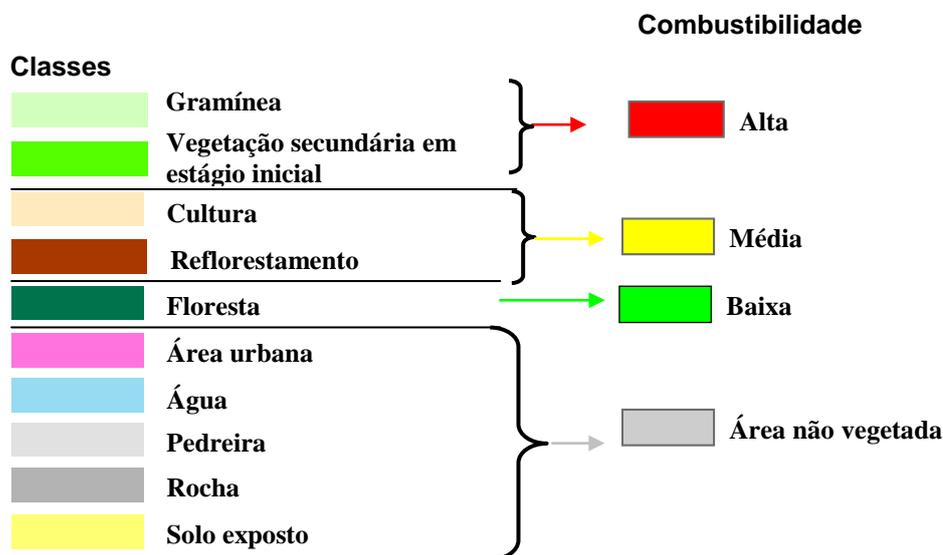


Fig. 4 – Legenda de combustibilidade de acordo com o uso e cobertura do solo

## 2.2 Modelo Digital de Elevação e seus produtos derivados

O Modelo Digital de Elevação (MDE) foi gerado através da utilização das curvas de nível, pontos cotados e hidrografia extraídos das cartas

topográficas do IPP/RJ (IPP, 1999). Através dos resultados apresentados por Souza *et al.* (2009) foi definido como melhor método de construção de MDE para a área de estudo o TOPOGRID que é construído no *software* ArcGIS 9.2 através da extensão 3D Analyst. Este método se baseia na

construção de MDEs hidrologicamente consistentes a partir de grade regular retangular.

O mapa de forma das encostas do maciço da Pedra Branca é um produto do MDE que utiliza como base as formas do relevo em que são consideradas as informações de concavidade e convexidade topográficas. Essa relação de formas está diretamente associada à presença de umidade, ou seja, esta é maior em áreas de convergência de fluxos (côncavas) e menor em áreas de divergência de fluxos (convexas). Esta condição é muito importante na deflagração e propagação de incêndios.

O segundo produto advindo do MDE é o mapa de total de radiação solar. O corte de tempo definido para a construção do mapa é o ano de 1999 e teve três classes designadas através da quebra natural dos valores do histograma, sendo definidos como alto, médio e baixo total de radiação solar. De acordo com Coura *et al.* (2009), essa variável apresenta resultados mais consistentes do que a variável orientação das encostas utilizadas nos métodos de definição de mapas geocológicos de potencialidade à ocorrência de incêndios apresentados por Fernandes (1998) e Silva *et al.* (2009).

Segundo Mota (1977), a radiação que incide na superfície horizontal é constituída de uma componente direta, que não sofre influência da massa ótica e incide na forma de feixes de raios solares paralelos, e uma componente difusa,

resultante da interação da radiação solar com gases e partículas existentes na atmosfera.

Uma vez emitida por um corpo, a radiação pode ser refletida (diretamente ou por difusão), absorvida ou transmitida por outro corpo qualquer, de acordo com suas propriedades físicas (MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA, 2007). A soma dessas duas componentes é denominada de radiação solar global.

O total de radiação solar (radiação solar global) gerado por meio do MDE considera a posição das encostas e a posição do sol de acordo com a periodicidade definida. Assim quanto maior a radiação total, menor a quantidade de umidade se relacionando diretamente com a susceptibilidade a ocorrência de incêndios.

### 2.3 Susceptibilidade à ocorrência de incêndios

A susceptibilidade foi observada nesse trabalho como decorrente das características geobiofísicas da paisagem. As classes de susceptibilidade foram definidas por meio da combinação dos mapas de forma de encosta, radiação solar e combustibilidade (Tabela 2). Essa combinação foi desenvolvida seguindo o método analítico-integrativo proposto por Coelho Netto *et al.* (1993), e deu origem ao mapa geocológico de susceptibilidade à ocorrência de incêndios no maciço da Pedra Branca (Figura 5).

TABELA 2 – COMPOSIÇÃO DAS CLASSES DE SUSCEPTIBILIDADE

Radiação		Forma		Combustibilidade		Susceptibilidade
Alta	e	Côncavo	e	Área não vegetada	=	Área não vegetada
Alta	e	Convexo	e	Área não vegetada	=	Área não vegetada
Alta	e	Côncavo	e	Baixa	=	Média
Alta	e	Convexo	e	Alta	=	Alta
Alta	e	Côncavo	e	Alta	=	Alta
Alta	e	Convexo	e	Baixa	=	Alta
Baixa	e	Convexo	e	Alta	=	Média
Baixa	e	Convexo	e	Baixa	=	Baixa
Baixa	e	Côncavo	e	Baixa	=	Baixa
Baixa	e	Côncavo	e	Alta	=	Baixa
Baixa	e	Convexo	e	Área não vegetada	=	Área não vegetada
Baixa	e	Côncavo	e	Área não vegetada	=	Área não vegetada
Alta	e	Convexo	e	Média	=	Alta
Baixa	e	Convexo	e	Média	=	Média
Alta	e	Côncavo	e	Média	=	Média
Baixa	e	Côncavo	e	Média	=	Baixa
Média	e	Côncavo	e	Baixa	=	Baixa
Média	e	Côncavo	e	Alta	=	Média
Média	e	Côncavo	e	Área não vegetada	=	Área não vegetada
Média	e	Côncavo	e	Média	=	Média
Média	e	Convexo	e	Baixa	=	Média
Média	e	Convexo	e	Alta	=	Alta
Média	e	Convexo	e	Área não vegetada	=	Área não vegetada
Média	e	Convexo	e	Média	=	Média

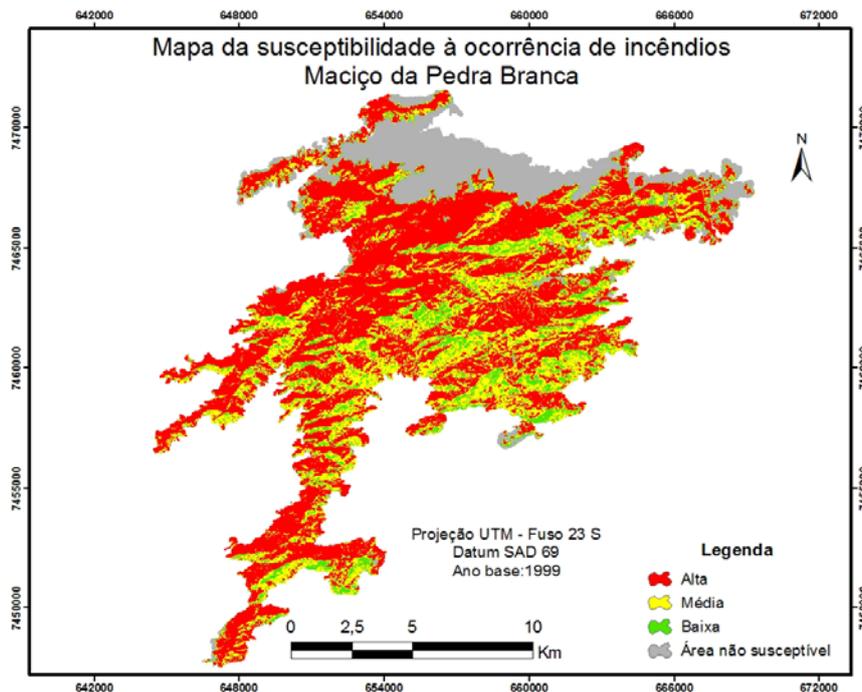


Fig. 5 – Mapa geológico de susceptibilidade à ocorrência de incêndios

A susceptibilidade apresenta como a paisagem é influenciada por inúmeros fatores geobiofísicos que proporcionam a ignição dos incêndios florestais que podem também ser decorrentes de características locais.

#### 2.4 Risco à deflagração de incêndios

O risco é abordado neste trabalho por meio de fatores que dependem principalmente da presença antrópica na paisagem. A percepção do risco se encontra atrelada ao ideário que um indivíduo possui sobre o acontecimento de determinados eventos, ou seja, ao processo cognitivo representado por meio de sua atividade psicológica sobre a possibilidade, incerta, de um perigo ocorrer, independentemente de sua vontade. Assim como para Egler (1996), risco ambiental está relacionado à incerteza e ao desconhecimento das verdadeiras dimensões do problema ambiental.

As informações utilizadas para a obtenção do risco se referem às vias que ocorrem no maciço da Pedra Branca; aos loteamentos e favelas mapeados pelo IPP/RJ e; aos dados de queima de lixo adquiridos dos setores censitários urbanos (IBGE, 2003).

As vias foram classificadas de acordo com as características observadas em campo relativas à

área de influência das mesmas no que tange ao risco da presença humana na deflagração dos incêndios. As vias identificadas como caminhos e trilhas foram ampliadas por uma distância de 0,5 metro para cada lado, criando uma área de influência de 1 metro de espessura. Já para os eixos de vias urbanas (arruamento) foi estipulado o valor de 2,5 metros, formando uma área de 5 metros de espessura.

Os loteamentos e favelas são elementos preponderantes do risco, principalmente quando se situam nas proximidades de áreas classificadas por alta combustibilidade. Foram selecionados, a partir da cota de 40 metros, os setores censitários urbanos (IBGE, 2003) com registro de queima de lixo. Sendo importante destacar que, os setores utilizados ainda foram sobrepostos e recortados de acordo com as áreas urbanas identificadas no mapeamento do uso e cobertura do solo.

Os dados citados foram sobrepostos resultando no mapa de risco à deflagração de incêndios que é dividido em áreas de alto e baixo risco (Figura 6). As áreas de alto risco estão associadas a ocorrência de pelo menos uma das variáveis apresentadas anteriormente. Por outro lado as áreas de baixo risco são definidas pela não ocorrência de nenhuma variável.

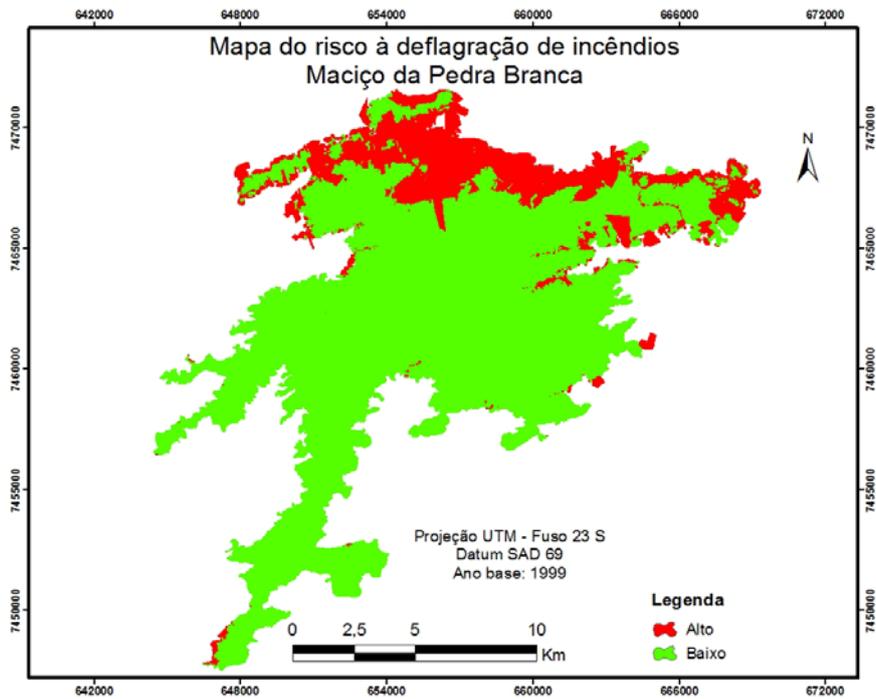


Fig. 6 – Mapa geológico de risco à deflagração de incêndios do maciço da Pedra Branca

### 2.5 Potencialidade à ocorrência de incêndios

Os incêndios florestais são provenientes da ação humana e também de diversas variáveis relacionadas à paisagem. Diante disso, para

delinear o mapeamento geológico de potencialidade à ocorrência de incêndios foi utilizado o risco que é observado como oriundo das ações antrópicas e a susceptibilidade que faz parte de condicionantes geobiofísicos (Figura 7).

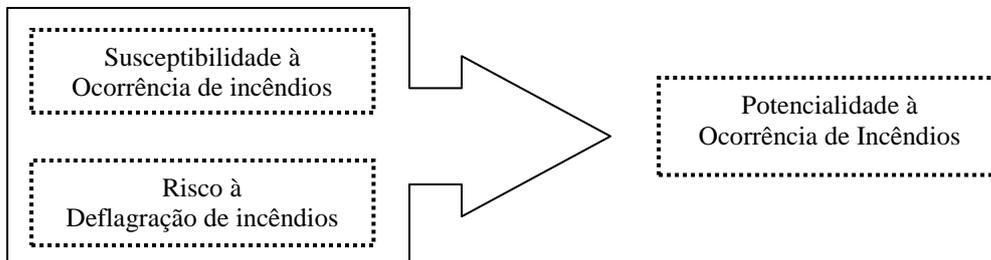


Fig. 7 – Sobreposição dos dados de susceptibilidade e risco à deflagração de incêndios resultando na potencialidade à ocorrência de incêndios.

A tabela 3 apresenta como foram abordadas as classes dos mapas geológicos de risco e susceptibilidade que proporcionaram a

geração da potencialidade durante a utilização do método analítico-integrativo.

TABELA 3 – GERAÇÃO DA LEGENDA DA POTENCIALIDADE À OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS.

SUSCEPTIBILIDADE		RISCO		POTENCIALIDADE
ALTA	e	ALTO	=	ALTA
ALTA	e	BAIXO	=	ALTA
MÉDIA	e	ALTO	=	ALTA
MÉDIA	e	BAIXO	=	MÉDIA
BAIXA	e	ALTO	=	MÉDIA
BAIXA	e	BAIXO	=	BAIXA

Algumas classes da susceptibilidade foram indicadas como “Área não susceptível” por tratarem-se de áreas urbanas, áreas rochosas ou pedreiras que não apresentam características de ocorrência de incêndios

florestais. O mapa geocológico de potencialidade à ocorrência de incêndios do maciço da Pedra Branca é apresentado na figura 8.

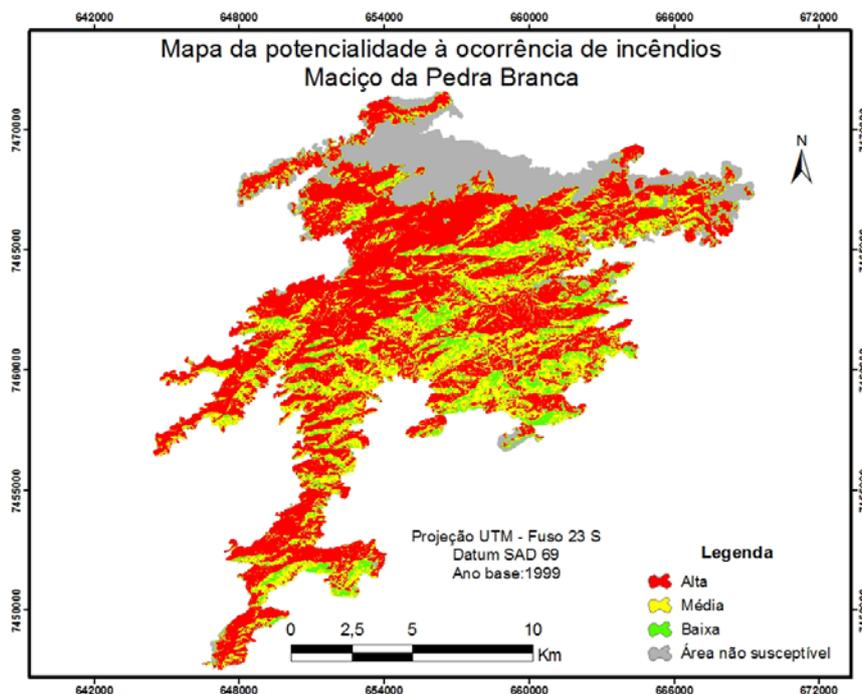


Fig. 8 – Mapa geocológico da potencialidade à ocorrência de incêndios no maciço da Pedra Branca.

Dentre as classes, a que obteve maior representação corresponde a alta potencialidade, principalmente nas áreas próximas à urbanização, que relacionam-se aos principais fatores de ignição dos incêndios no maciço da Pedra Branca. As áreas de baixa potencialidade ocupam principalmente as vertentes voltadas para o sul que possuem, de maneira geral, características que proporcionam menor capacidade de deflagração do fenômeno em estudo.

## 2.6 Dados de validação

Os dados de validação utilizados consistem de fontes diversas dentre as quais destacamos o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE e o Instituto Estadual de Florestas – IEF/RJ, ambos com metodologias diversificadas e que fornecem informações que foram utilizadas em conjunto com dados de campo e queimadas identificadas através de fotografias aéreas.

### 2.6.1 O Sensor MODIS e os dados de focos de calor

O INPE apresenta em sua página na Internet ([www.inpe.br](http://www.inpe.br)) dados recentes através do Banco de Dados de Queimadas que disponibiliza focos de calor identificados pelo sensor MODIS desde 2002. Além deste sensor, existem informações geradas pelos satélites NOAA e GOES. De acordo com o INPE (2008), este banco de dados estava, em julho de 2007, com aproximadamente 5.400.000 (cinco milhões e

quatrocentos mil) registros, o que representa o maior acervo de dados de pontos de queimadas disponível no Brasil.

Esses dados são bastante interessantes para a detecção de grandes incêndios pelo fato de que o produto fornecido pelo MODIS, de acordo com o INPE (2008), indica a possibilidade de detecção de uma frente de fogo com cerca de 30 m de extensão por 1 m de largura, ou maior.

Entretanto, como a resolução espacial dos sensores detectores de focos de calor tem 1 km x 1 km ou mais, uma queimada de pequena proporção capaz de ser identificável, terá as dimensões de um pixel (1 km<sup>2</sup>).

No caso da utilização do sensor MODIS existente nos satélites AQUA e TERRA foram detectados desde 2002 a quantidade de sete focos de calor na área de estudo que foram analisados e posteriormente utilizados como dados de suporte para validação. É importante ressaltar que o dado em questão é proveniente do período de 2002 a 2007 que propiciam a observação de realidade distante do ano base do mapeamento que é de 1999.

### 2.6.2 Estatísticas de incêndios florestais do Instituto Estadual de Florestas

O Núcleo de Prevenção a Incêndios Florestais (NuPIF) do Instituto Estadual de Florestas do Estado do Rio de Janeiro (IEF/RJ) disponibilizou o levantamento estatístico dos incêndios florestais no

Parque Estadual da Pedra Branca e de outras Unidades de Conservação do Estado do Rio de Janeiro através da Diretoria de Conservação da Natureza (DCN/IEF).

Este trabalho iniciou-se em 2004 e possui uma metodologia que vem sendo construída com novas adequações de detalhamento da informação até o início da tomada de pontos para georreferenciamento das ocorrências no ano de 2006.

As informações estatísticas de incêndio possuem dados importantes como a data do incêndio, o cálculo da área queimada, o tipo de vegetação que foi perdida e a possível causa da ocorrência.

As causas apontadas pelas estatísticas são diversas sendo, principalmente por queda de balão, limpeza de terreno e queima de lixo. O ano de 2006 teve a ocorrência de 12 incêndios enquanto que em 2007 os bombeiros foram acionados por 24 vezes (IEF, 2006 e IEF, 2007).

Os incêndios acontecem principalmente no período entre os meses de abril e setembro. Este período é caracterizado por baixos índices de pluviosidade (GEORIO, 2008), e pelo lançamento de balões durante as festas juninas.

A iniciativa do IEF é importante, mas devido à construção metodológica e o período de aquisição,

esses dados foram utilizados apenas para dar suporte à validação da metodologia.

### 2.6.3 Dados de campo

Os dados de campo correspondem a três incêndios florestais ocorridos na bacia do rio Camorim (OLIVEIRA, 2008), vertente sul do maciço da Pedra Branca, em que existe a atuação da Organização Não-Governamental S.O.S. Pedra Branca que ajudou na definição das classes de combustibilidade.

### 2.6.4 Identificação de áreas queimadas

As ortofotos do IPP proporcionaram, durante a construção do mapa de uso e cobertura do solo, a identificação de duas áreas de queimada. Estas foram aproveitadas para validação da metodologia. De acordo com informações do voo realizado para a geração das ortofotos, os dados são referentes aos meses de maio e julho de 1999.



Fig. 9 – Áreas de queimadas ocorridas em 1999

## 3. ANÁLISE DOS MAPAS GERADOS FRENTE AOS ELEMENTOS DE VALIDAÇÃO

A metodologia do mapeamento geocológico da potencialidade à ocorrência de incêndios é validada através de dados provenientes de fontes diversas e que proporcionam observar de maneira mais detalhada a qualidade do mapeamento realizado. Os dados utilizados encontram-se na tabela 4, que apresenta o tipo do dado no âmbito do geoprocessamento e o grau de validação utilizado neste estudo.

Os 39 pontos classificados como suporte para a validação pertencem a fontes distintas e metodologias diferentes de aquisição. A dimensão do incêndio é uma limitação em comum para todos os dados pontuais, além da periodicidade que trata-se de informações de anos diferentes do mapeamento.

Os resultados da potencialidade, apontaram uma boa observação da classe de alta potencialidade (70,7%) quando avaliados os pontos de suporte da

validação. Esse resultado é importante porque mostra que mesmo com fontes distintas, sem utilizar o tamanho real das áreas de queimadas o percentual para potencialidade média e alta é registrado em 78%. (Figura 10).

TABELA 4 – DADOS UTILIZADOS PARA ANÁLISE DOS MAPAS E VALIDAÇÃO DA METODOLOGIA

Fonte do dado	Período	Tipo do dado	Validação/ Suporte
IPP	1999	Polígono	Validação
MODIS (INPE)	2002-2005	Ponto	Suporte
Campo	2002-2007	Ponto	Suporte
IEF	2006-2007	Ponto	Suporte

Utilizando-se da delimitação das áreas queimadas para validação da potencialidade foram verificados os percentuais de alta (94%) e média potencialidade (6%), sendo importante salientar a não ocorrência de áreas de baixa potencialidade (Figura 11).

Esses resultados apontam um excelente comportamento do mapeamento frente à metodologia adotada. Esse mesmo quadro também pode ser apontado em relação aos dados de suporte, garantindo assim o não direcionamento dos resultados em face ao uso de apenas duas áreas.

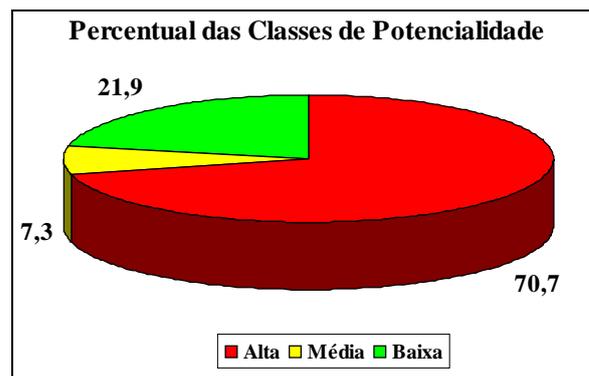


Fig. 10 – Gráfico da estatística dos pontos de suporte da validação referente a potencialidade à ocorrência de incêndios anual

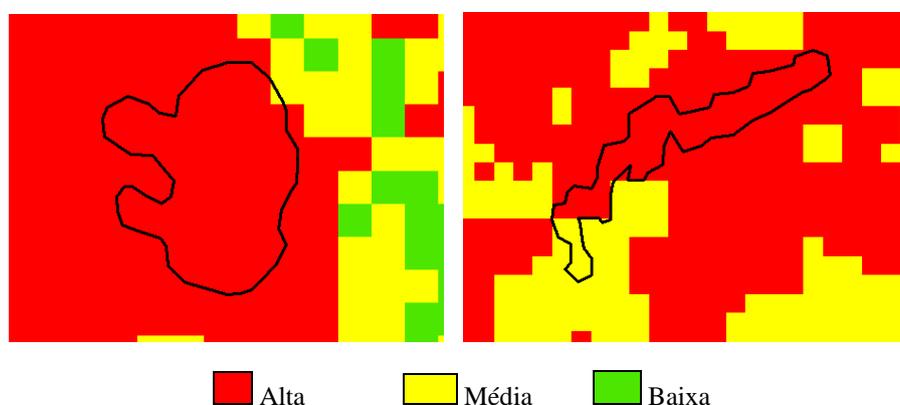


Fig. 11 – Relação entre a potencialidade à ocorrência de incêndios e áreas identificadas

#### 4. CONCLUSÕES

A metodologia apresentou resultados significativos e que merecem destaque na iniciativa da utilização de novos parâmetros gerados por meio do MDE que proporcionaram refinamento no mapa de susceptibilidade à ocorrência de incêndios apresentados por outros autores.

A validação através das áreas queimadas, adquiridas por meio das ortofotos do IPP, mostrou a eficácia da metodologia proposta. Apesar de serem apenas dois polígonos de validação, essas áreas são bastante representativas da paisagem. Além disso, os dados de suporte corroboraram com esses resultados positivos, apesar da temporalidade ser diversificada se comparada ao período de aquisição de boa parte dos dados do mapeamento geocológico (1999).

Os dados do sensor MODIS disponibilizados pelo INPE foram de grande valia para a metodologia em questão e podem fornecer outras informações se forem espacializados através da geração de áreas de influência por interpolação. Essa utilização pode ser interessante para escalas médias.

Porém, a aquisição de dados de campo é importante para validação da ferramenta de radiação

solar do software ArcGis 9.2, e que pode ser realizado através da utilização de piranômetros. Essa validação é primordial para a calibração da radiação solar gerada a partir das informações provenientes do MDE.

A busca de outras fontes relacionadas à incêndios, é de suma importância, pois possibilita a obtenção de maior número de dados de validação, principalmente relacionados a áreas queimadas, e não necessariamente à pontos discretizados. Esse dado relativo às áreas proporciona melhor adequação da metodologia.

É importante a realização de novas pesquisas na vertente norte do maciço da Pedra Branca, visto que essa área do maciço é carente de informações, principalmente relacionadas à temática dos incêndios florestais que são importantes no que tange a conservação da vegetação existente.

Vale ressaltar que, a metodologia proposta apresentou uma boa eficácia e pode ser aplicada em outras áreas. Assim, o mapa de potencialidade à ocorrência de incêndios pode se tornar uma ferramenta importante para a prevenção e combate dos incêndios florestais em Unidades de Conservação e outras áreas de interesse. Além disso, estes mapas possibilitam a tomada de decisão pelos administradores dessas áreas,

permitindo a rápida resolução de diversos problemas causados por esse fenômeno cada vez mais constante.

## AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa faz parte do projeto “Avaliação de Observações em Superfície Real” que recebeu financiamento do Projeto Universal CNPq.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRIDGEWATER, P.B. 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, 1993.

COELHO NETTO, A. L., AVELAR, A. S., FERNANDES, M. C., LACERDA, W. A. Landslide Susceptibility in a Mountainous Geoecosystem, Tijuca Massif, Rio de Janeiro: The Role of Morphometric Subdivision of the Terrain. **Geomorphology**. Amsterdam, v.87, p.120-131, 2007.

COELHO NETTO, A.L., DANTAS, M.E. & ROSAS, R.O. **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, 1993.

CONAMA **Resolução nº 10, de 1 de outubro de 1993**. Publicada no DOU no 209, de 3 de novembro de 1993, Seção 1, pp. 16497-16498, 1993.

COURA, P.H.F.; SOUSA, G.M.; FERNANDES, M.C. & MENEZES, P.M.L. Mapeamento geocológico da susceptibilidade à ocorrência de incêndios no maciço da Pedra Branca. In: **Anuário do Instituto de Geociências/UFRJ**, Vol. 32 (2), p. 14-25, 2009.

EGLER, C.A.G. Risco ambiental como critério de gestão do território. **Território**, 1:31-41, 1996.

FERNANDES, M.C. **Geocologia do Maciço da Tijuca - RJ: Uma Abordagem Geo-Hidroecológica**. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Depto. de Geografia, IGEO/UFRJ, 141 p. 1998.

FERNANDES, M.C., MENEZES, P.M.L., & PAES, M. Potencialidades e limitações do Geoprocessamento em Estudos Geocológicos. In: **Revista de Pós-Graduação em Geografia/UFRJ**, ano 5, vol (5): 53 – 68, 2002.

Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro – **GEO-RIO Sistema Alerta Rio – 1997-2006**. Disponível em [www.rio.rj.gov.br/alertario](http://www.rio.rj.gov.br/alertario) Acessado em julho de 2008.

HUGGETT, R. J. **Geocology an Revolutionary Approach**. Routledge. London. 1995.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2000: Agregado por Setores Censitários dos Resultados do Universo, 2ª Edição – Documentação do Arquivo**. Rio de Janeiro, 2003.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Vocabulário básico de recursos naturais e meio ambiente**. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 2 ed. Rio de Janeiro. 346p. 2004.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Uso da Terra**. Rio de Janeiro: v. 7, 2.ed, 95p. Manuais Técnicos em Geociências, n. 7, 2006.

IEF - Fundação Instituto Estadual de Florestas. **Estatística de Incêndios Florestais nas Unidades de Conservação – Ano de 2006**.

IEF - Fundação Instituto Estadual de Florestas. **Estatística de Incêndios Florestais nas Unidades de Conservação – Ano de 2007**.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Monitoramento de focos de queimadas**. Disponível em <http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/> Acesso em outubro de 2008.

INPE. **Tutorial do SPRING 4.3.3**. São José dos Campos, 2007. Disponível em <http://www.dpi.inpe.br/spring/> Acesso em outubro de 2007.

IPP - Instituto Pereira Passos. **Ortofotocartas e Base Digitalizada do Município do Rio de Janeiro – Escala 1:10.000**. Rio de Janeiro: IPP, vol.1. CD ROM, 1999.

LUCHIARI, A. Identificação da cobertura vegetal em áreas urbanas por meio de produtos de sensoriamento remoto e de um sistema de informação geográfica. In: **Revista do Departamento de Geografia, USP**, nº 14, pp. 47-58, 2001.

MENDONÇA, F. & DANNI-OLIVEIRA, I.M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos. 206 p., 2007.

MENEZES, P. M. L & COELHO NETTO, A. L. Escala: Estudo de Conceitos e Aplicações. In: **Anais do XIX Congresso Brasileiro de Cartografia**, Recife, CD ROM, 1999.

MENEZES, P.M.L. **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, 208 p. 2000.

MOTA, F.S. **Meteorologia agrícola**. São Paulo:  
Nobel, 375 p. 1977.

NAVEH, Z. & LIEBERMAN, A. **Landscape Ecology:  
Theory and Application**, 2<sup>nd</sup> Ed. New York. Springer  
Verlag, 265 p. 1993.

NOVO, E.M.L. **Sensoriamento Remoto: Princípios e  
aplicações**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher Ltda. 308  
p. 1992.

OLIVEIRA, R.R. **Três incêndios no Camorim**.  
Comunicação pessoal, 2008.

SILVA, L.C.V.; FERNANDES, M.C.; ARGENTO,  
M.S.F. **Mapa geocológico de potencialidade a  
ocorrência de incêndios no Parque Nacional do  
Itatiaia/RJ**. In.: Revista Brasileira de Cartografia –  
RBC, n° 61/3, Outubro, pp. 285-292, 2009.

SOUZA, L.G.; COURA, P.H.F.; SOUSA, G.M.;  
FERNANDES, M.C. & MENEZES, P.M.L. Avaliação  
de Modelos Digitais de Elevação Para Estudos  
Geocológicos no Maciço da Pedra Branca, Rio de  
Janeiro, Brasil. In: **Anuário do Instituto de  
Geociências - UFRJ**. Vol. 32 – 1, p. 21-33, 2009.

TURNER, M.G. Landscape Ecology: Effect of Pattern  
on Process. In: **Annual Review of Ecological  
Systems**, vol. 10, n° 3, pp. 171-197, 1989.