

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**  
**INSTITUTO DE AGRONOMIA**  
**DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA – PPGGEO - MESTRADO**

**DISSERTAÇÃO**

**Dinâmica da cobertura da terra do Parque Nacional do Itatiaia: uma  
análise a partir dos grandes incêndios na região da Parte Alta**

**Natália Macedo Rodrigues**

**2017**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**  
**INSTITUTO DE AGRONOMIA**  
**DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - PPGGEO -**  
**MESTRADO**

**Dinâmica da cobertura da terra do Parque Nacional do Itatiaia: uma  
análise a partir dos grandes incêndios na região da Parte Alta**

**NATÁLIA MACEDO RODRIGUES**

*Sob a orientação do Professor*

**Dr. Gustavo Mota de Sousa**

Dissertação submetida como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestra em Geografia**, no Curso de Pós-graduação em Geografia de área de Concentração em Espaço, Questões Ambientais e Formação em Geografia.

Seropédica, RJ

Dezembro de 2017

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Rodrigues, Natália Macedo, 1992 -  
R696d Dinâmica da cobertura da terra do  
Parque Nacional do Itatiaia: uma análise a partir dos  
grandes incêndios na região da Parte Alta /  
Natália Macedo Rodrigues. - 2017.  
66 f.: il.

Orientador: Gustavo Mota de Sousa.  
Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal Rural do  
Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Geografia,  
2017.

1. Cobertura da terra. 2. Mineração de dados. 3.  
Incêndios. I. Mota de Sousa, Gustavo, 1977-, orient. II  
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Programa  
de Pós-Graduação em Geografia III. Título.

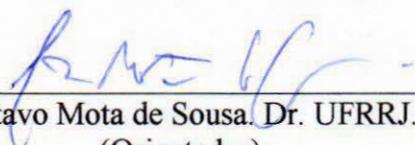
**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**  
**INSTITUTO DE AGRONOMIA**  
**DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - MESTRADO**

**NATÁLIA MACEDO RODRIGUES**

Dissertação submetida como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestra em Geografia**, no Curso de Pós-graduação em Geografia de área de Concentração em Espaço, Questões Ambientais e Formação em Geografia.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 12/12/2017.

Banca examinadora:

  
\_\_\_\_\_  
Gustavo Mota de Sousa. Dr. UFRRJ.  
(Orientador)

  
\_\_\_\_\_  
Monika Richter. Dra. UFRRJ.

  
\_\_\_\_\_  
Manoel do Couto Fernandes. Dr. UFRJ.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por ter me concedido força e perseverança para que pudesse chegar até aqui.

À minha família: minha mãe Sandra, pela vida e amor, apesar de todas as dificuldades que juntas enfrentamos ao longo do percurso. Meu padrasto Wallace, por todo amor e cuidado, sendo definitivamente o pai que eu não tive. Meu irmão Vitor, pela parceria e momentos de descontração. À minha avó, Jó, pelo amor e cuidado. À minha tia Lígia, por toda preocupação e carinho. Ao meu avô, William (*in memoriam*), que certamente de onde quer que esteja, sempre me deu forças e certamente, está orgulhoso de mim por ter concluído essa etapa em minha vida.

Ao meu companheiro e grande amor, Iuri, por todo o incentivo, carinho, companheirismo, confiança, zelo e, sobretudo, paciência, por segurar minha mão em todos os períodos difíceis atravessados até aqui.

Ao meu orientador, Gustavo Mota de Sousa, por me apresentar ao Parque Nacional do Itatiaia, por toda paciência e ensinamentos compartilhados comigo nesses últimos dois anos.

Ao Laboratório de Cartografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro e todos os seus membros, sobretudo aos professores Manoel do Couto Fernandes e Paulo Menezes, por me permitirem frequentar o laboratório e usufruir da infraestrutura ali presente.

Às amigas da vida, Danielle, Carolina, Giselle, por toda a torcida, carinho e principalmente, paciência, nos momentos em que a ansiedade tomou conta.

Aos amigos de graduação por todo apoio e torcida para que eu concluísse essa página, em especial à Amanda Scofano, que muito me acalmou nos momentos de desespero.

Aos companheiros de mestrado, por todo compartilhamento de ideias e solidariedade nos momentos difíceis, em especial às amigas Isabô e Tereza.

Aos meus professores da querida e saudosa Universidade Gama Filho, Debora e Frank, que sempre apostaram em mim e confiaram em minha capacidade, desde o momento em que decidi cursar o mestrado.

## RESUMO

RODRIGUES, Natália Macedo. **Dinâmica da cobertura da terra do Parque Nacional do Itatiaia: uma análise a partir dos grandes incêndios na região da Parte Alta.** 2017. 66p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Instituto de Agronomia/Instituto Multidisciplinar, Departamento de Geociências, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2017.

O Parque Nacional do Itatiaia (PNI), primeira Unidade de Conservação brasileira, sofre de forma preocupante com os incêndios florestais, na região da Parte Alta, principalmente os de cunho antrópico. Nesse sentido, faz-se importante o conhecimento da dinâmica da cobertura da terra a fim de identificar as perdas e modificações sofridas através dos episódios dos maiores incêndios já ocorridos na UC. O mapeamento das classes de cobertura da terra através da mineração de dados é uma forma importante de verificar as mudanças ocorridas nas classes da região de estudo, através da classificação supervisionada. O objetivo do trabalho é contribuir para a análise da dinâmica da cobertura da terra na Parte Alta do PNI com base nos principais incêndios ali ocorridos, nos anos de 1988, 2001, 2007 e 2010. Para o desenvolvimento do trabalho foram utilizados o limite do incêndio de 1988, imagens de satélite Landsat 5 e 7 e os Registros de Ocorrência de Incêndios (ROIS) do PNI. Como métodos, foi feito o recorte em 1 km de buffer da área de estudo, delimitação dos períodos anteriores e posteriores aos grandes incêndios, mapeamento da cobertura da terra, seguida dos processos de segmentação, mineração de dados, classificação, edição e validação da dinâmica da cobertura. Com os resultados, pode-se observar a enorme área atingida pelo incêndio de 1988, através do ROI, pois a imagem utilizada para este ano não contou com a mancha do incêndio, devido a grande presença de nuvens. Além disso, observou-se nos anos posteriores uma reincidência de queima nas mesmas áreas atingidas pelo incêndio de 1988, inclusive em áreas onde a vegetação ainda se regenerava de tal episódio. As áreas dos incêndios nos anos de 2001, 2007 e 2010 contaram com raios pontuais, ou seja, não atingindo toda a extensão da Parte Alta como no ano de 1988.

**Palavras-chave:** Incêndios Florestais, Mineração de Dados, Cobertura da Terra

## ABSTRACT

RODRIGUES, Natália Macedo. **Dynamics of the land cover of the Itatiaia National Park: an analysis of the large fires in the Upper Highlands.** 2017. 66p. Geography Master Dissertation. Agronomy Institute and Multidisciplinary Institute, Department of Geosciences, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2017.

The Itatiaia National Park (PNI), the first Brazilian Conservation Unit, suffers from the forest fires in the Upper Part, especially those of anthropic nature. In this sense, it is important to know the dynamics of the land cover in order to identify the losses and modifications suffered through the episodes of the largest fires ever occurred in the PA. The mapping of land cover classes through data mining is an important way to verify the changes occurring in the classes of the study region, through supervised classification. The objective of this work is to contribute to the analysis of the dynamics of the land cover in the Upper part of the PNI based on the main fires that occurred there in 1988, 2001, 2007 and 2010. For the development of the work the fire limit was used of 1988, Landsat 5 and 7 satellite imagery and the PNI's Fire Occurrence Records (ROIS). As methods, a 1 km buffer was cut in the study area, delimitation of the periods before and after the large fires, mapping of the land cover, followed by the processes of segmentation, data mining, classification, edition and validation of the dynamics coverage. With the results, one can observe the enormous area reached by the fire of 1988, through the ROI, because the image used for this year did not count on the fire stain, due to the great presence of clouds. In addition, it was observed in later years a recurrence of burning in the same areas affected by the fire of 1988, even in areas where vegetation still regenerated from such an episode. The areas of the fires in the years 2001, 2007 and 2010 had light rays, that is, not reaching the full extent of the Upper Part as in 1988.

**Keywords:** Forest Fires, Data Mining, Earth Coverage

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Processo de Mineração de Dados (KDD) .....	21
Figura 2. Evolução das técnicas de visualização .....	24
Figura 3. Localização do Parque Nacional do Itatiaia .....	27
Figura 4. Esquema metodológico .....	36
Figura 5. Registro de Ocorrência de Incêndio no Parque Nacional do Itatiaia no ano de 1988 .....	37
Figura 6. Mancha do incêndio de 2001 no PNI .....	38
Figura 7. Mancha do incêndio de 2007 no PNI .....	38
Figura 8. Mancha do incêndio de 2010 no PNI .....	39
Figura 9. Cobertura da terra da Parte Alta do PNI de 1987 a 1989.....	42
Figura 10. Cobertura da terra da Parte Alta do PNI de 2000 a 2002 .....	43
Figura 11. Cobertura da terra da Parte Alta do PNI de 2006 a 2008 .....	43
Figura 12. Cobertura da terra da Parte Alta do PNI de 2009 a 2011 .....	44
Figura 13. Mapa de detecção de mudanças entre 1987 e 1989 .....	45
Figura 14. Mapa de detecção de mudanças entre 2000 e 2002 .....	45
Figura 15. Mapa de detecção de mudanças entre 2006 e 2008 .....	46
Figura 16. Mapa de detecção de mudanças entre 2009 e 2011 .....	46
Figura 17. Gráfico com o quantitativo em km <sup>2</sup> de áreas de mudanças e não mudanças .....	47

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Classificação dos dados de um SIG .....	14
Quadro 2. Tipos de aquisição de informação .....	15
Quadro 3. Etapas do processo de coleta de informação .....	16
Quadro 4. Propriedades da REM .....	16
Quadro 5. Características dos objetos de uma imagem .....	18
Quadro 6. Elementos constituintes do processo de formação do fogo .....	24
Quadro 7. Características e comportamento do fogo .....	25
Quadro 8. Cronologia dos incêndios mais relevantes no PNI de 1937 a 2011 .....	33
Quadro 9. Data das imagens dos sensores Landsat 5 e 7 utilizados.....	37

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	2
2.1.Objetivo geral.....	2
2.2.Objetivos específicos .....	2
2.3.Justificativa .....	3
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	5
3.1.Geossistemas.....	5
3.2.Geoecologia .....	7
3.2.1. Dinâmica da paisagem .....	9
3.3. Cartografia geoecológica e estudos ambientais.....	11
3.4.Sistema de Informação Geográfica .....	13
3.5.Sensoriamento Remoto .....	15
3.5.1. GEOBIA .....	18
3.5.2. Mineração de dados .....	20
3.6.Incêndios .....	24
4. ÁREA DE ESTUDO .....	27
4.1.Características físicas .....	28
4.2.Características climáticas .....	29
4.3.Características bióticas .....	30
4.4.Características, históricas, econômicas e culturais .....	31
4.5.A questão fundiária .....	32
4.6.Histórico de incêndios no PNI .....	33
5. MATERIAIS E MÉTODOS .....	36
5.1.Imagens Landsat .....	41
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	42
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUFESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS.....	49
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	50

## 1. INTRODUÇÃO

O estudo da paisagem, bem como a análise de sua dinâmica faz parte do cabedal de informações inerentes ao estudo da Geografia, pois submete a uma das essências de tal ciência: a compreensão da relação entre a sociedade e a paisagem (CHRISTOFOLETTI, 2004).

Ao realizar estudos acerca da dinâmica da paisagem, identifica-se a necessidade de ir além da definição de tal conceito. O conceito de paisagem é bastante polissêmico, uma vez que abarca de forma geral, características tanto da vertente física, como humana da Geografia. Os primeiros estudos acerca do conceito, feitos por Humboldt, dando suporte para as escolas alemã e russo-soviética, compreendiam a paisagem como um grande complexo natural e integral onde conviviam diferentes elementos bióticos e abióticos. Já na abordagem das escolas francesa, anglo-saxônica e europeia-ocidental, a paisagem é entendida como um espaço social (RODRIGUEZ *et al.*, 2007).

Contudo, ao aprofundar os estudos da dinâmica ambiental acerca de uma dada paisagem, o próprio conceito citado mostra-se, em algumas vezes, insuficiente a fim de análises mais complexas sobre um determinado ambiente. Sendo assim, é proposta a utilização do conceito de geossistemas para o presente trabalho, pois é um termo capaz de englobar mais que os fatores bióticos e abióticos de uma dada localidade: leva em conta a relação dialética entre todos os componentes de uma paisagem e a funcionalidade de um em relação ao outro. Diversos autores como MONTEIRO (1982, 2000), RODRIGUES (2011), RODRIGUEZ *et al.* (2007) abordam o conceito de geossistemas, de forma a ressaltar sua importância nos estudos geográficos.

Atualmente, existem ferramentas que auxiliam os trabalhos de cunho ambiental, como o Sensoriamento Remoto e o Geoprocessamento, capazes de otimizar o trabalho de pesquisa a partir de suas mais variadas funções, gerando produtos mais aperfeiçoados e consistentes. A modelagem do conhecimento e a mineração de dados, atreladas às técnicas de sensoriamento remoto, também vêm designando uma nova forma de obter resultados consistentes, a partir de análises mais representativas e seguras dos dados a serem utilizados.

Deste modo, a análise da dinâmica da paisagem, atrelada a uma compreensão geossistêmica e com o aporte operacional do Sensoriamento Remoto e do Geoprocessamento tornam-se fatores primordiais no combate e/ou prevenção de incêndios florestais (SOUSA, 2011). Diante do exposto, o presente trabalho baseia-se em fazer uma comparação da dinâmica da paisagem e percepção de mudanças na paisagem a partir dos grandes incêndios florestais no Parque Nacional do Itatiaia.

Este trabalho de dissertação divide-se na apresentação dos objetivos gerais e específicos, justificativa, revisão dos conceitos utilizados para a presente pesquisa científica, os materiais e métodos e os resultados alcançados para compreender as mudanças ocorridas na dinâmica da paisagem do Parque Nacional do Itatiaia com base nos episódios de incêndios florestais.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral:**

O presente trabalho tem como objetivo geral contribuir na construção de uma metodologia para a análise das mudanças na dinâmica da paisagem, com base nos casos de incêndios florestais no Parque Nacional do Itatiaia (PNI) a partir dos grandes incêndios registrados nos anos de 1988, 2001, 2007 e 2010, além de seus respectivos anos anteriores e posteriores.

### **2.2. Objetivos específicos:**

- Realização de mapeamento da cobertura da terra do Parque Nacional do Itatiaia, nos períodos que compreendem os maiores incêndios nos anos de 1988, 2001, 2007 e 2010 bem como no ano anterior e posterior a cada um desses;
- Identificação de áreas de mudança e não mudança que compreendem os grandes incêndios, a fim de perceber as possíveis mudanças provocadas na paisagem nas áreas de queimadas e seu entorno;
- Aprofundar os estudos referentes aos incêndios florestais e sua capacidade de modificação de elementos da paisagem, sobretudo em áreas com diversos atributos passíveis de conservação, como o caso do Parque Nacional do Itatiaia.

### 2.3. JUSTIFICATIVA

O fogo é uma ferramenta bastante antiga e importante na história da humanidade. Na Mata Atlântica, era utilizada há mais de 10 mil anos a fim de promover a limpeza de terrenos, para facilitar as práticas da caça, da pesca e a produção e preparação de alimentos (AXIMOFF e RODRIGUES, 2011).

Ao longo do tempo, o fogo configurou-se para além de uma ferramenta de atividades cotidianas, transformando-se em um agente modelador da paisagem, modificando sua configuração estrutural e o poder de regeneração de comunidades vegetais (SILVA et. al, 2005). Assim, importantes biomas, como a Mata Atlântica, passaram a ser reduzidos, encontrando-se atualmente com cerca de 16% de sua cobertura original (RIBEIRO, et. al., 2009), sofrendo ainda com grandes pressões antrópicas e urbanas (CÂMARA, 1996).

Os incêndios florestais configuram-se como importantes agentes modificadores da paisagem, sobretudo nas paisagens referentes a Unidades de Conservação. De acordo com sua duração, regime e causa, esses fenômenos tendem a estabelecer mudanças não só de ordem pontual, mas também de ordem sistêmica na dinâmica de uma dada paisagem, sobretudo em Unidades de Conservação de grande porte, como o caso do Parque Nacional do Itatiaia.

O Parque Nacional do Itatiaia (PNI), primeira Unidade de Conservação efetivamente brasileira, foi criado pelo Decreto Federal n. 1713, de 14 de junho de 1937 (IBDF, 1982), em virtude do grande volume de atributos bióticos e geomorfológicos, como a presença do quinto ponto mais alto do Brasil, o Pico das Agulhas Negras e os raros tipos de rocha nifelina-sienito que o formam (SEGADAS-VIANNA, 1965). A partir do ano de 2001, o PNI adotou um formulário específico para o registro de ocorrência de incêndios (ROIs), que consiste em um banco de dados com os episódios de incêndios ocorridos no interior e no entorno da Unidade.

De acordo com AXIMOFF e RODRIGUES (2011), o setor norte do PNI, localizado no município de Itamonte (Minas Gerais), abrangendo a área da bacia do rio Aiuruoca, é o que apresenta a maior incidência de incêndios, pois possui uma grande potencialidade para tais episódios (SILVA, et. al, 2007), em virtude da atividade pecuária oriunda da população ali residente em situação fundiária ainda irregular e também da grande alteração da comunidade vegetal.

No ano de 1988 ocorreu um grande incêndio na Parte Alta do PNI, atingindo cerca de 4000 ha. Não existem registros específicos sobre a duração desse grande episódio, mas de acordo com os Registros de Ocorrência de Incêndios (ROIs) feitos pelo próprio PNI, o episódio ocorreu no mês de setembro, justamente no período de maior estiagem na Unidade.

A grande problemática envolvida em todo esse processo concentra-se na fragilidade da paisagem da Parte Alta do PNI, ameaçando espécies de extinção, sobretudo as endêmicas, como o *Melanophryniscus moreirae*, o sapo “Flamenguinho”, símbolo oficial do PNI. E é no esforço de compreender as perdas e consequências da devido aos episódios de incêndios, que se concentra o presente trabalho, a fim de verificar, a dinâmica da cobertura da terra da Parte Alta do PNI e como esta responde aos quatro maiores episódios de incêndios da história da Unidade.

Para compreender as mudanças que os incêndios florestais podem vir a causar na dinâmica de uma paisagem, conta-se, muitas vezes com o auxílio das geotecnologias, uma vez que para analisar áreas de grande extensão territorial, como o caso do Parque Nacional do Itatiaia. As geotecnologias mostram-se bastante viáveis, no sentido de otimizar o trabalho de

pesquisa, e minimizando, mas não substituindo, a quantidade e importância de trabalhos de campo, tornando o trabalho menos exaustivo e mais interativo. No presente trabalho, as geotecnologias se fazem presentes sobretudo na utilização de metodologias como a mineração de dados e a GEOBIA, a fim de obter melhores resultados na análise da dinâmica da cobertura da terra.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1. Geossistemas

Os geossistemas consistem, de uma maneira geral, em elementos presentes no campo da Geografia Física que estão em permanente contato com o todo no qual estão inseridos, recebendo e realizando interferências no ambiente onde se encontram.

Até a década de 1960, com a ascensão da corrente crítica do pensamento geográfico, era comum atribuir à Geografia Física um olhar isolado acerca de fatos geográficos, fadado a determinismos (RODRIGUES, 2001). A vertente física da ciência geográfica e os estudos sobre a mesma não eram articulados com a vertente humana, destoando, segundo Joly (1977) das demais ciências, que com o eclodir das questões ambientais pelo mundo, passaram a integrar os estudos entre natureza e práticas sociais.

Nesse sentido, é importante fazer um pequeno resgate histórico. RODRIGUES (2001) alerta para o fato de que, ainda durante a fase das expedições geográficas do século XIX, os exploradores, ao observarem paisagens contrastantes, passaram a buscar a fonte dessas diferenciações a partir da identificação e integração das variáveis dessas paisagens. Estas variáveis que estão em constante comunicação umas com as outras e também com o meio onde se localizam, realizando interferências nesse meio e recebendo informações deste, podem então, ser consideradas geossistemas.

O conceito de geossistema passa a fazer parte da análise integrada dos fenômenos naturais da Geografia, principalmente os de cunho ambiental, no decorrer da década de 1960, a partir de experimentos com solos, feitos pelo geógrafo russo Vitor Sotchava. Para ele, o geossistema configura-se como um conjunto de sistemas abertos e organizados de forma hierárquica. Segundo ele, os geossistemas podem se diferenciar por diversos elementos, como geomorfologia, clima, pedologia, bem como os fluxos de matéria e energia, oriundos de processos bioquímicos. Essa diferenciação enquadra-se na abordagem geográfica dos geossistemas que reside, sobretudo, na necessidade da Geografia de se tornar mais interdisciplinar (RODRIGUES, 2001).

Para SOTCHAVA (1977), mesmo que os geossistemas sejam considerados “fenômenos naturais”, são influenciados por fenômenos socioeconômicos que regem seu funcionamento e que merecem análises, uma vez que “os geossistemas podem refletir parâmetros sociais e econômicos que influenciam importantes conexões em seu interior” (RODRIGUES, 2011).

No Brasil, a representação dos geossistemas obteve destaque pelos estudos de MONTEIRO (1982, 2000), exaltando a importância do estudo e análise da dinâmica ambiental e a relação dialética entre os mais variados elementos de uma determinada paisagem, pois para entender o funcionamento de uma, é necessário levar em conta tudo aquilo que contribui para a existência da mesma, como clima, vegetação, agentes endógenos e também as relações sociais que podem contribuir para modificações em uma paisagem.

Os geossistemas são fruto da Teoria Geral dos Sistemas, proposta pelo biólogo Ludwig von Bertalanffy (1901) que propunha uma visão mais holística acerca dos fenômenos de diversas áreas científicas, desde as ciências sociais até as ciências ditas exatas. Para Bertalanffy, toda base científica seria composta por sistemas e esses sistemas devem ser

analisados em conjunto e não mais isoladamente, visto que os elementos de determinada área de estudo estão em constante transformação e não existem por si só; estão sempre em constante relação com demais ações e elementos ali presentes.

A Teoria Geral dos Sistemas passa então a ser uma ferramenta conceitual inovadora para as mais variadas ciências, pois preza a união e inter-relação de diversas vertentes científicas em prol do conhecimento da dinâmica da ciência como um todo. A partir dessa inter-relação, os estudos geográficos passam a ser cada vez mais dinâmicos, principalmente aqueles voltados para o ramo da Geografia Física, que passa a não considerar mais somente a natureza como um elemento único, estático, mas como um conjunto de elementos que estão em constante relação e contato, onde cada um possui sua importância e dinâmica próprias. A esses elementos presentes no estudo da Geografia Física e no universo dos sistemas, podemos chamar de geossistemas. (VALE, 2012)

Quanto aos sistemas presentes nesta teoria, estes configuram-se, segundo HALL & FAGEN (1965) como um conjunto de elementos e das relações entre eles e seus atributos. Esses atributos são as formas de organização desses elementos a fim de executar uma função em particular THORNES & BRUNSDEN (1977). Todos os elementos de um sistema devem estar inter-relacionados através de fluxos de informações de entrada (*input*) e saída (*output*).

Dentro da perspectiva geossistêmica, a natureza é considerada um sistema dinâmico aberto, pois além de estar hierarquicamente organizada no que diz respeito a seus elementos, está sempre vulnerável à entrada de fluxo de informações, matéria e energia.

Vários ramos de diversas ciências passaram a utilizar a Teoria Geral dos Sistemas para explicação de fenômenos diversos, mas dentro dos estudos geográficos, esta teve maior penetração e melhor abordagem no ramo da Geografia Física, sobretudo nos estudos referentes a paisagem. Porém, tendo em vista as dificuldades na classificação dos elementos da paisagem como um todo, MONTEIRO (2000) propõe então estudos geográficos baseados nos sistemas propostos na teoria de Bertalanffy, onde seria possível não mais priorizar elementos naturais em detrimento dos sociais ou vice-versa; a partir da análise integrada da conexão entre todos os elementos de uma determinada paisagem, seria possível compreender a sua dinâmica como um todo.

A partir do exposto, entende-se melhor a importância do estudo dos geossistemas como forma auxiliar ao estudo da paisagem, e não em detrimento da mesma. RODRIGUEZ *et al.* (2007) entendem a paisagem como geossistemas naturais, onde os elementos da natureza estão sempre se relacionando e também como geossistemas técnicos-naturais, onde há a interação entre objetos técnicos e os elementos de uma paisagem, que resultam em algum tipo de modificação em sua dinâmica.

Sendo assim, é inegável a contribuição da Teoria Geral dos Sistemas para a Geografia, sobretudo no que diz respeito à Geografia Física e o estudo da paisagem, que por possuir inúmeras variáveis que contribuem para a consolidação de sua estrutura enquanto um sistema acaba tornando-se logradouro de unidades menores que estão em constante integração umas com as outras. Essas menores unidades da paisagem, os geossistemas por realizarem constantes trocas de informações entre si, acabam contribuindo de forma eficaz para a existência de uma dinâmica no interior desse sistema e para a compreensão dos fenômenos acerca da mesma, a partir de uma análise mais integrada e consciente sobre sua totalidade e não mais isolando os elementos como se fossem independentes entre si

### 3.2. Geoecologia

A Geoecologia consiste, em síntese, em uma disciplina que inter-relaciona a Geografia e a Ecologia, a partir de diferentes escalas, tanto no âmbito quantitativo como no qualitativo.

PASSOS (2003) atenta para o fato de que na Alemanha surgiram as primeiras concepções a respeito da categoria paisagem, com uma discussão introduzida por Alexander von Humboldt, definindo-a como “a totalidade das características de uma região do planeta” (NAVEH; LIEBERMAN, 1993; RITTER; MORO, 2012).

O biogeógrafo alemão Carl Troll, em 1939, propôs uma modificação conceitual, propondo o termo “Ecologia da paisagem”, mais adiante denominada Geoecologia na década de 1970, que a descreveu como “o espaço total e entidade visual do espaço humano vivido, integrando geosfera, biosfera e os artefatos antrópicos noosféricos” (OLIVEIRA e MONTEZUMA, 2010). Segundo METZGER (2001), a Ecologia da Paisagem, com origem na Europa, consiste em uma “abordagem geográfica da paisagem” (Ritter e Moro, op. cit.).

A partir da década de 1980, a Geografia passa a inserir cada vez mais os estudos ambientais em sua síntese. Nesse sentido, a Ecologia da Paisagem, agora incorporada à Geografia como Geoecologia, passa a buscar novos indicadores de fauna, flora, biodiversidade e estudos integrativos entre as sociedades e a natureza (SOUSA, 2011).

A escola norte-americana também contribuiu para o aprimoramento do conceito de Geoecologia, mas os trabalhos oriundos dessa escola assemelham-se com aqueles propostos pela escola alemã. A partir da década de 1980, os estudos norte-americanos voltados para a biogeografia de ilhas contribuíram para uma abordagem mais ecológica das paisagens, valorizando as paisagens naturais, ao contrário da literatura alemã. RISSER *et al.* (1984) entendem a Geoecologia como “uma categoria de desenvolvimento e dinâmica frutos de diversas interações, sejam espaciais ou temporais, culminando em alterações de paisagens heterogêneas e a influência dessa heterogeneidade sobre o ecossistema como um todo”. Já FORMAN e GODRON (1986) trazem uma definição da Geoecologia como sendo “a ciência que estuda a estrutura, a forma e as alterações existentes em uma área heterogênea”.

Atualmente, a Geoecologia funciona como um aporte metodológico para diversas pesquisas científicas, sobretudo na vertente da Geografia Física, pois é permitida a análise e utilização de diversas abordagens que possam vir a contribuir para o entendimento da dinâmica da natureza como um todo. METZGER (2001) sugere que se utilize uma abordagem integradora, onde tanto os fenômenos naturais como as ações antrópicas sejam analisados como agentes indissociáveis para a compreensão das dinâmicas da paisagem e ambiental. Na Geoecologia deve haver uma dependência espacial entre todas as unidades de uma paisagem, ou seja, o funcionamento de cada unidade, por menor que seja, dependerá sempre de suas interações com as demais, levando em conta sempre a manutenção de um mosaico de paisagens e suas, bem como sua organização espacial e funcionamento (SOUSA, 2011).

A Geoecologia a partir de uma visão pela Geografia, ou simplesmente, Geoecologia das paisagens incorpora uma visão sistêmica, holística sobre os elementos pertencentes a uma dada porção espacial, assim como apontam RODRIGUES e SILVA (2014). RODRIGUEZ *et al.* (2007) apontam a Geoecologia das paisagens como um conjunto sistêmico e autônomo, com mecanismos próprios de estrutura e funcionamento, pois analisam de forma conjunta as paisagens naturais e culturais.

Com os estudos acerca do tema tornando-se cada vez mais importantes e frequentes, principalmente no que diz respeito à temática ambiental, foi necessário agregar ferramentas de apoio na compreensão dos fenômenos geocológicos inseridos no contexto da Geografia Física. Ferramentas estas, como o geoprocessamento, se fazem necessária à medida que a relação entre os mais variados elementos vai sendo pensada de forma cada vez mais dinâmica. Através do geoprocessamento, é possível realizar as mais diversas formas de manipulação de dados espaciais de forma cuidadosamente mais precisa, uma vez dada a complexidade e grandiosidade dos mais variados dados geográficos coletados a partir da análise dos fenômenos naturais e também antrópicos. Isso acaba por permitir um enfoque cada vez mais integrador acerca da complexidade das interações socioambientais, a fim de promover diversas estratégias, como as de recuperação de áreas degradadas por diversos fatores gerando produtos úteis a nível de planejamento e zoneamento.

### 3.2.1. Dinâmica da paisagem

O conceito de paisagem, embora polissêmico, sempre permeou o campo da Geografia como um todo, seja na vertente humana ou física desta ciência. Os primeiros estudos acerca do conceito, feitos por Humboldt e Dokuchaev, dando suporte para as escolas alemã e russo-soviética, compreendiam a paisagem como um grande complexo natural e integral onde conviviam diferentes elementos bióticos e abióticos. Já na abordagem das escolas francesa, anglo-saxônica e europeia-ocidental, a paisagem é entendida como um espaço social (RODRIGUEZ *et al.*, 2007)

TURNER e GARDNER (1991) entendem a paisagem como “um mosaico ambiental, de padrão espacial heterogêneo e fragmentado em subsistemas ou unidades de paisagem denominadas de Geocossistemas, os quais são relativamente homogêneos”. Ocorre então, a individualização desses Geocossistemas, de acordo com suas características que lhe conferem unidade (bióticas e abióticas). Essa unidade configura-se através de três fatores: estrutura, função e dinâmica.

A estrutura de uma dada paisagem se dá a partir da relação entre diversos ecossistemas ou seus próprios elementos, que contribuem para a distribuição de energia e arranjo dos elementos. A função determina-se pela interação entre os mais variados elementos espaciais (CINTRA, 2015); por fim, a dinâmica de uma paisagem consiste no conjunto de mudanças na estrutura e nas funções do aspecto ecológico em uma escala temporal pré-definida (FORMAN; GORDON, 1986).

O estudo da dinâmica da paisagem de uma determinada localidade consiste, de uma maneira geral, na análise dos mais variados fenômenos e suas conseqüentes transformações que venham a culminar na evolução de uma dada paisagem.

Para BEROUTCHATCHVILI (1990), o termo “dinâmica da paisagem” é entendido como um conjunto de modificações dos sistemas que ocorrem em uma determinada estrutura, mas que não levam a transformações de ordem qualitativas. O que caracteriza as mudanças dinâmicas é a periodicidade e reversibilidade ocorridas em decorrência de diversos processos que se dão no interior das paisagens e em sua autorregulação, que consiste na capacidade da paisagem de conservar seu estado típico, bem como o caráter das relações entre seus componentes (RODRIGUEZ *et al.*, 2007).

A autorregulação de uma paisagem configura-se, na relação entre a estrutura e o funcionamento do sistema de uma paisagem, levando em conta o impacto da entrada de elementos em um sistema, como por exemplo, a radiação solar, que acaba se transformando em mecanismos de saída, como por exemplo, a evaporação.

A reversibilidade de uma paisagem, como bem apontam NETO *et al.* (2014), consiste, a uma não mudança no estado da dinâmica da mesma, o que indica que ela não evoluiu de fato. Porém, caso o sistema mude de um estado para outro, isto confirma seu estado de evolução. CHORLEY e KENNEDY (1971) e CHRISTOFOLETTI (1999) entenderam essa capacidade de autorregulação dos sistemas como resiliência e quando a resiliência é rompida, ocorre a evolução do sistema.

TRICART e KIWIETDEJONGE (1992) atentam para o fato de que o estudo da evolução da dinâmica de uma dada paisagem deve levar em conta a dinâmica atual e a dinâmica de processos passados, assim como o estado passado dos sistemas em questão. De

acordo com RODRIGUEZ (2007), a dinâmica do estado das paisagens pode apresentar diferentes mudanças, a saber:

- a) Mudanças periódicas: Onde ocorrem trocas rígidas dos mesmos espaços da paisagem em prazos de tempos similares;
- b) Mudanças cíclicas: Onde as paisagens voltam ao seu estado inicial através de intervalos de tempo distintos;
- c) Mudanças rítmicas: Mudanças não muito rígidas nos estados, onde a paisagem não necessariamente volta ao mesmo estado.

É importante salientar que a classificação dos estados das paisagens está intimamente relacionada à amplitude do tempo dos mesmos, uma vez que os estados refletem uma escala temporal.

O exercício da observação das paisagens, bem como seu desenvolvimento no tempo é de grande importância para identificar as mudanças atuais e prognósticos futuros (LANG & BLASCHKE, 2007).

### 3.3. Cartografia geocológica e os estudos ambientais

A Cartografia, enquanto importante instrumento da Geografia a fim de reconhecimento e representação gráfica dos elementos da superfície terrestre vem se atualizando a fim de acompanhar as modificações ocorridas no espaço geográfico, com o advento das ações de transformação e, conseqüentemente, degradação sobre o meio ambiente. Para isso, recorre-se às mais variadas técnicas cartográficas para representação dessas ações, como por exemplo, à Cartografia Temática, a fim de quantificar e qualificar, com base em síntese e agregação de temas (MENEZES; COELHO NETTO, 2001).

A Cartografia possui uma posição de destaque nos estudos destinados à Geocologia, pois como ressalta SOUSA (2009), é o ponto de partida para a implantação de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), que configura-se como uma ferramenta essencial para o Geoprocessamento e de análises integrativas, tanto ambientais como socioeconômicas. De acordo com a Associação Cartográfica Internacional – ICA (1966), a Cartografia consiste no:

“Conjunto de estudos e operações científicas, técnicas e artísticas que, tendo por base os resultados de observações diretas ou da análise de documentação, se voltam para a elaboração de mapas, cartas e outras formas de expressão ou representação de objetos, elementos, fenômenos e ambientes físicos e socioeconômicos, bem como a sua utilização.”

Já em 1991, a ICA promoveu uma nova definição ao conceito de Cartografia, que consiste na:

“Ciência que trata da organização, apresentação, comunicação e utilização da geoinformação, sob uma forma que pode ser visual, numérica ou tátil, incluindo todos os processos de elaboração, após a preparação dos dados, bem como o estudo e utilização dos mapas ou meios de representação em todas as suas formas.”

A partir desta definição nos anos 90, a Cartografia pôde assumir um papel preponderante na ciência geográfica e na criação de SIGs, uma vez que comporta-se como uma ferramenta que auxilia no tratamento da informação (geoinformação) e produção de subsídios para os mais variados fins, como por exemplo, a análise integrada de uma paisagem, absorvendo seus atributos físicos, biológicos e humanos (SOUSA, 2009).

Para tal, surgem diversos estudos a partir dos problemas ambientais e junto a isso, técnicas de espacialização dos fenômenos. A Cartografia Geocológica surge, como aporte operacional da Cartografia Temática, a fim de compreender melhor a distribuição e as conseqüências de determinados problemas ambientais, unindo as variáveis da Geografia com as da Ecologia. Para isso, utilizam-se as mais variadas técnicas, principalmente aquelas voltadas para o ramo das geotecnologias, como o sensoriamento remoto e o geoprocessamento, que auxiliam na interpretação dos mais variados fenômenos e permitem a geração de produtos para múltiplas utilizações.

A partir da década de 1960, passa-se a introduzir noções de ecologia nos estudos cartográficos, possibilitando o início de mapeamentos geocológicos. Os primeiros mapeamentos deste tipo voltaram-se para estudos ambientais, seguidos da avaliação das influências de fatores socioeconômicos, bem como seus efeitos sobre o ambiente como um todo (MENEZES e COELHO NETTO, 2001).

A escola francesa mostra-se como pioneira nos estudos que levam a este ramo das técnicas cartográficas, criando, segundo MENEZES e COELHO NETTO (2001), novos conceitos e definições. A partir da segunda metade da década de 1970 surgem inúmeros

trabalhos a respeito do tema, principalmente por JOURNAUX (1975, 1979), STEIMBERG e HUSSER (1988) e HENIN e FOURNIER (1982). A escola soviética também contribuiu para tais estudos a partir da década de 1980, em decorrência dos acidentes nucleares ocorridos na época, na extinta União Soviética. Já no Brasil, os estudos acerca do tema remontam à década de 1990, porém em perspectivas isoladas.

A Cartografia Geoecológica, além de ser uma ferramenta a ser utilizada pela Cartografia Temática, constitui-se ainda, como uma vertente dos estudos da Geoecologia, proporcionando assim como esta, um estudo mais integrativo a partir das perspectivas da paisagem, no que diz respeito a sua representação.

A Cartografia Geoecológica se assemelha, em alguns aspectos, com a Cartografia Ambiental, mas não pode ser confundida. Esta última leva em consideração a representação da integração de todas as variáveis de um determinado ambiente, não necessariamente levando em conta somente suas particularidades naturais, mas também características socioeconômicas que venham a influenciar direta ou indiretamente os aspectos bióticos e abióticos (ORMELING, 1989). A Cartografia Geoecológica pode ser entendida como uma ramificação da Cartografia Ambiental, mas sob um olhar integrativo entre relações e inter-relações entre os elementos do meio ambiente e a dinâmica da paisagem e para o presente trabalho, será utilizado o viés geoecológico.

MENEZES (2000) compreende a Cartografia Geoecológica como um instrumento capaz de representar cartograficamente os temas ligados a análise da paisagem através de técnicas ligadas a geoprocessamento.

MENEZES e COELHO NETTO (2001) utilizam-se de três indicadores para diferenciar os mapeamentos geoecológicos dos ambientais, sendo, como a interação entre homem e natureza, bem como suas consequências para o meio ambiente como um todo; ação dinâmica, a partir da representação das mais diversas transformações e interações em uma escala de tempo e, por fim, a representação entre relações e inter-relações entre os mais variados elementos existentes na paisagem. Sendo assim, nota-se que o foco central da Cartografia Geoecológica não está somente na análise relacional dos elementos do meio ambiente por si só, mas sim no mapeamento dos mais variados elementos e seus respectivos fenômenos em uma paisagem, bem como suas relações e inter-relações.

Um mapeamento geoecológico consiste em uma ação no mínimo complexa, uma vez que se faz necessária uma análise extremamente minuciosa dos elementos envolvidos, para que o produto a ser gerado possa condizer com a realidade da paisagem e propor soluções para os mais variados impactos e/ou anomalias existentes em sobre a mesma.

### 3.4. Sistema de Informação Geográfica

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) consistem em uma série de ferramentas que auxiliam na manipulação e tratamento de dados espaciais em sistemas computadorizados que visam a geração de produtos específicos.

A década de 1980 marca, de um modo geral, o crescimento da utilização de tecnologias voltadas para os sistemas de informação, embora pesquisas envolvendo SIGs já existissem desde a década de 1960, porém com nomenclaturas diferentes de acordo com as áreas a que se destinavam. Os SIGs passaram a contar com os avanços nas áreas de telecomunicações e informática, embora ainda esbarrassem em obstáculos, como o alto custo de hardwares e pelo pouco conhecimento acerca do tema. Desde então, a utilização de SIGs vem crescendo, tanto em estudos voltados para a Geografia Humana, quanto aqueles voltados para a Geografia Física, enquanto ferramenta ágil para o entendimento da dinâmica de determinadas paisagens e seus respectivos fenômenos.

Os primeiros SIGs eram destinados para o processamento de dados geográficos, mas contavam com técnicas rudimentares. Somente a partir das décadas de 1970 e 80, com o avanço da tecnologia do ramo da informática e investimento em computadores mais potentes, conforme já explicitado a utilização dos SIGs passou a ser mais bem desenvolvida e aplicada. FILHO e IOCHPE (1996) apontam que o gerenciamento de informações geográficas surgiu na metade do século XVIII, a partir do desenvolvimento das técnicas de cartografia, onde os primeiros mapas mais precisos passaram a ser desenvolvidos. Já a partir da década de 1960, os SIGs passaram a contar com campos de pesquisas paralelos e independentes, sendo utilizados em diversos setores como agricultura, controle do uso da terra, mensuração de dados socioeconômicos, dentre outros.

Conforme apontam CÂMARA e ORTIZ (1998), os SIGs possuem um conjunto de ferramentas capazes de adquirir, armazenar, recuperar, transformar e emitir informações espaciais. Essas informações espaciais são referentes a dados geográficos que reproduzem objetos do mundo real sob as mais diversas variáveis, como coordenadas geográficas, posicionamento, atributos aparentes e não aparentes e relações topológicas. Dessa forma, os SIGs podem ser utilizados para os mais variados estudos, seja no enfoque ambiental, seja no enfoque urbano, a fins científicos ou até mesmo de planejamento e gestão para instâncias governamentais superiores.

Os SIGs são sistemas providos de algumas aptidões para o manuseio de dados georreferenciados, como: entrada, gerenciamento, manipulação e análise, e saída. O georreferenciamento de dados ocorre quando estes possuem duas características primordiais: dimensão física e localização espacial (ARONOFF, 1989).

As bases operacionais de um SIG englobam diferentes ramos da ciência, como a Ciência da Computação, absorvendo noções de Computação Gráfica, Banco de Dados e Engenharia de Software (FILHO e IOCHPE, 1996). Isso torna a utilização dos SIGs uma prática interdisciplinar, uma vez que reunindo esses ramos científicos é possível gerar produtos que atendam às mais diversas áreas do conhecimento.

Os SIGs possuem uma característica básica, que consiste na capacidade de relacionar os objetos geográficos sobre os quais está atuando. Existem outros sistemas que também fazem manipulação de dados espaciais, como por exemplo, os sistemas de CAD (*Computer Aided Design*). Porém, os SIGs permitem uma maior interação entre o usuário e os dados, permitindo àquele a realização de diversas operações, nos mais variados graus de

complexidade de análise de dados geográficos. Esses dados podem ser imagens de satélite, modelos numéricos de terreno, mapas temáticos, dentre outros.

A estrutura de relacionamentos entre os objetos geográficos é denominada topologia. Esses relacionamentos espaciais podem ser pautados na vizinhança, proximidade e pertinência entre os objetos geográficos. Os SIGs conseguem armazenar a topologia de um mapa e tratar diferentes projeções cartográficas, diferentemente de um sistema CAD.

Os SIGs são produzidos de forma integrada e os dados produzidos por eles podem ser classificados, de acordo com FILHO e IOCHPE (1996.), como dados convencionais, dados espaciais e dados pictóricos, conforme mostra o Quadro 1. A partir desses dados é permitido armazenar informações sobre localização geográfica, além de conectar diferentes elementos, a partir da proximidade geográfica.

Quadro 1. Classificação dos dados de um SIG

Dados convencionais	Atributos alfanuméricos usados para descrever objetos (ex. população de uma cidade).
Dados espaciais	Descrevem geometria, localização e topologia dos objetos geográficos.
Dados pictóricos	Armazenam imagens (fotografia de um determinado lugar).

CÂMARA e ORTIZ (1998) incluem ainda, que os SIGs possuem diversas características, que os diferenciam dos demais sistemas. Dentre essas características, podem ser citadas:

- a) A integração de informações espaciais, em uma única base de dados geográficos;
- b) Combinação de informações diversas, a fins de manipulação para mapeamentos;
- c) Consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo dos dados georreferenciados e geocodificados.

As funções de um determinado SIG ocorrem de uma área de trabalho na memória principal. Os dados são resgatados de um disco e a partir de então, carregados por meio da definição de uma região geográfica de interesse. No nível mais próximo a quem está utilizando o SIG (usuário), a interface homem-máquina define a operacionalização e controle do sistema. No nível intermediário, o SIG deve ter meios de entrada, processamento e saída dos dados espaciais. No nível interno do SIG, ocorre a inter-relação entre um banco de dados geográficos com os dados espaciais e seus respectivos atributos.

### 3.5. Sensoriamento Remoto

O Sensoriamento Remoto consiste na captação de informações sobre um determinado objeto sem que haja contato direto com ele, sendo este feito através de diversos sensores.

Segundo CURRAN (1985), o Sensoriamento Remoto pode ser entendido também como a ferramenta que utiliza sensores de radiação eletromagnética (REM) para registrar imagens que podem ser interpretadas para fornecer informações úteis sobre um determinado ambiente. O Sol é uma importante fonte de energia eletromagnética, pois irradia REM em todos os comprimentos de onda do espectro utilizado. Toda a energia que o Sol emana para a Terra é refletida em parte de volta ao espaço e a outra parte é absorvida, emitindo de volta os comprimentos de ondas mais longos. A energia que é refletida e retorna ao espaço pode ser captada por um sensor remoto a bordo de um satélite, onde este retorna essa energia em forma de sinal até um receptor terrestre.

Os nossos olhos podem ser comparados a sensores, pois recebemos informações dos mais variados objetos visíveis através de ondas eletromagnéticas propagadas. De acordo com RUDORFF (2008), os aparelhos que fazem a captação da energia transmitida por essas ondas são denominados sensores, a exemplo de câmeras fotográficas e de vídeo, satélites imageadores, dentre outros.

Existem diversos tipos de sensores orbitais, que captam energia da superfície terrestre no entorno de sua órbita. Os sensores orbitais eletrônicos realizam esse tipo de interação, convertendo essa energia captada em sinais elétricos a fim de serem registrados e transmitidos para estações de recepção na Terra (RUDORFF, 2008). Esses sinais passam por uma etapa de processamento a fim de gerarem produtos para análise em meio digital. Atualmente existem diversos sensores em atuação, como por exemplo o Thematic Mapper (TM), a bordo do satélite estadunidense Landsat-5. RUDORFF (2008) aponta ainda para a existência de dois tipos de sensores: os sensores passivos, que são aqueles que dependem da iluminação do alvo ser feita por uma fonte de radiação externa; e os sensores ativos, que não dependem de fontes externas, a exemplo dos sensores Laser e Radar.

Existem diversas formas de aquisição de informação de dados através de sensores, conforma mostra a quadro 2.

Quadro 2. Tipos de aquisição de informação. Fonte: RUDORFF, 2008.

<b>Tipo de aquisição</b>	<b>Definição</b>
Energia solar refletida	Ocorre quando o sensor detecta a radiação solar refletida pelos objetos da superfície terrestre.
Energia terrestre emitida	Ocorre quando o sensor detecta a radiação terrestre emitida pelos objetos na Terra.
Energia de fonte artificial refletida	Ocorre quando o sensor detecta a radiação de uma fonte artificial que é emitida sobre os objetos e refletida de volta ao sensor.

Os sensores consistem em câmeras que captam, além da luz visível, a radiação em outros comprimentos de ondas, como o infravermelho e as micro-ondas, por exemplo. Os sensores trabalham através da interação entre a radiação eletromagnética e o alvo. Porém, de acordo com SOUZA (2010), a energia pode também ser emitida pelo alvo. Para gerar um

conjunto de informações relevantes, o processo que permeia a técnica do sensoriamento remoto é composto por sete etapas (SOUZA, 2010), sendo elas descritas no Quadro 3:

Quadro 3. Etapas do processo de coleta de informação. Fonte: Adaptado de SOUZA, 2010.

Radiação e atmosfera	Deslocando-se para os objetos, a energia entrará em contato e interação com a atmosfera.
Interação com o objeto monitorado	Após passar pela atmosfera, a energia interage com o objeto.
Registro da energia pelo sensor	Depois da interação com o objeto é necessário que um sensor colete e mensure o fluxo de REM.
Transmissão, recepção e processamento	Após a energia ser registrada pelo sensor deve ser transmitida para uma estação de processamento e recepção, onde ocorre a recepção e o processamento dos dados, dando origem a uma imagem.
Interpretação e Análise	Ocorre a interpretação da imagem visualmente e/ou digitalmente, a partir de um SIG, a fim de extrair informações sobre os objetos que foram iluminados.
Aplicação	A informação extraída da imagem é aplicada sobre os objetos, criando uma nova informação.

Toda matéria que não está sob o zero absoluto emite algum tipo de energia, podendo ser considerada uma fonte de energia eletromagnética (REM) (SOUZA, 2010). A radiação eletromagnética transfere energia da sua fonte até um ponto distante, onde ocorre o depósito total ou parcial dessa energia. Quando essa energia é depositada, ocorre a detecção da radiação. A REM interage de forma rápida com os elétrons, de forma que sua presença seja conhecida. A REM possui propriedades importantes, sendo elas descritas no quadro 4.

Quadro 4. Propriedades da REM. Fonte: Adaptado de SOUZA, 2010.

Propriedade	Definição
Comprimento de onda ( $\lambda$ )	Comprimento de um ciclo de onda, podendo ser medido por duas cristas (ponto mais alto da onda) ou cavados (ponto mais baixo da onda). É medida em metros ou em fatores como o nanômetro, micrômetro ou centímetros.
Frequência ( $f$ )	É o número de vezes em que a onda passa por um ponto fixo em um dado período de tempo.

Durante o processo de captação da REM, ocorre o denominado espectro eletromagnético, que configura-se como o intervalo da radiação eletromagnética. O espectro eletromagnético divide-se em diversas bandas, dentre elas aquela visível aos olhos humanos.

Essa banda espectral pode ser dividida em outras faixas, que apresentam as cores azul, verde e vermelho. Nas bandas do visível e do infravermelho a radiação espectral ocorre através do comprimento da onda.

O sensoriamento remoto é uma técnica não intrusiva, ou seja, o sensor coleta a REM que é emitida ou refletida pelo alvo de interesse sem afetar seu estado físico. Os sensores podem ser programados sistematicamente para coletar dados, o que os diferencia duramente das técnicas tradicionais de coletas de dados. Os dados gerados pelas técnicas inerentes ao sensoriamento remoto podem ser utilizados para detectar diferentes variáveis de um determinado objeto, como posição, profundidade, temperatura, altura.

Atualmente o sensoriamento remoto e seus dados são cada vez mais utilizados para uma gama de trabalhos dos mais diferentes ramos científicos, sobretudo em análises geossistêmicas envolvendo modelagem de processos naturais, como indicações de mudanças climáticas, desastres naturais, desflorestamento, poluição e no caso do presente trabalho, os incêndios florestais.

### 3.5.1 GEOBIA

A Análise de Imagens Baseada em Objetos Geográficos (GEOBIA) configura-se como uma metodologia cada vez mais utilizada em trabalhos que contenham etapas inerentes ao sensoriamento remoto e conseqüentemente, ao geoprocessamento.

Esta metodologia leva em conta a interpretação das feições de um determinado objeto e suas respectivas características. Essa interpretação é feita pelo usuário através do auxílio de diversas ferramentas, como softwares capazes de identificar modelos espaciais diversos. Como resultado, esta técnica possibilita uma análise regional da cena produzida, com a geração de um banco de dados relacional, podendo ser exportado para um Sistema de Informação Geográfica (SIG), com descritores que representam diversas regiões da imagem.

A técnica da GEOBIA tem se mostrado como uma das mais adequadas para uma representação integrada e interpretação automática de imagens e dados de sensoriamento remoto (NOVACK, 2009). Este tipo de análise, segundo ALMEIDA (2010), permite uma visão contextualizada do usuário através de diversas redes semânticas e tipos de classificação interligados.

A GEOBIA se faz importante na etapa do sensoriamento remoto denominada processamento digital de imagens (PDI), que consiste na manipulação de uma dada imagem por meio de softwares a fim de melhorar o aspecto visual e estrutural de uma imagem para o usuário que irá utilizá-la e interpretá-la posteriormente. Uma das etapas do PDI consiste na chamada segmentação da imagem, onde a imagem é subdividida de acordo com os objetos que a constituem. A segmentação de uma determinada imagem pode variar de acordo com o nível de interesse da pesquisa envolvida, sendo finalizada apenas quando os objetos de interesse tenham sido isolados (GONZALEZ; WOODS, 2000).

A segmentação de uma imagem permite particioná-la em regiões, para então, categorizar as classes da imagem (WIGGERS, 2015). A GEOBIA insere-se como um aporte operacional na segmentação de imagens como uma etapa essencial principalmente no que diz respeito a reconhecimento de padrões, pois analisa a imagem além de suas características espectrais comuns. Para o que o processo de segmentação de uma imagem por GEOBIA ocorra de maneira eficaz, é necessário que sejam realizados testes no decorrer da segmentação, a fim de buscar valores de parâmetros que melhor delimitam os objetos da imagem.

Os objetos de uma imagem possuem características em comum, como cor, textura, tamanho, forma, padrão, localização e contexto, conforme elucidada a quadro 5.

Quadro 5. Características dos objetos de uma imagem. Fonte: Adaptado de PINHO, 2005.

Característica	Definição
Cor	É o que resulta da combinação da resposta dos alvos de uma banda espectral e da composição colorida utilizada na imagem.
Textura	Está ligada à frequência na mudança de tons e cores de um dado objeto em uma imagem, indo do aspecto liso ao rugoso. Ex: Distinção de florestas (textura rugosa) de gramíneas (textura lisa).
Tamanho	Função da resolução espacial da imagem e

	da dimensão de seus objetos. Ex: Distingue uma área de sombra de uma área de mangue.
Forma	Distingue formas circulares, ovais, retangulares e irregulares. Ex. Culturas irrigadas com pivô central distinguem-se de outras pela forma arredondada.
Padrão	Forma como os objetos estão arranjados em uma superfície. Ex. Uma área de ocupação irregular não possui um padrão de quadras regulares, diferente de uma área de ocupação planejada.
Localização	Refere-se ao local onde o objeto se encontra. Ex. Localização de uma determinada bacia hidrográfica.
Contexto	Posicionamento relativo entre um e os demais objetos. Ex. Um estacionamento asfaltado diferencia-se de uma rodovia, pois o primeiro situa-se em quadras.

Durante o processo de classificação de uma imagem, as características dos objetos acima apresentadas servem de suporte para a construção de uma rede semântica, para realizar uma classificação a partir da denominada modelagem do conhecimento (SOUSA, 2013).

Os objetos são identificados em uma imagem através de operações com base em procedimentos que definem seu tamanho nessa imagem. O tamanho médio dos objetos é medido através de uma função determinada por um parâmetro de escala, definindo o nível de heterogeneidade máximo entre os objetos.

Conforme ressaltam PRICHOA *et al.* (2014) a GEOBIA configura-se como uma técnica cada vez mais usada no ramo da Geografia enquanto uma metodologia capaz de otimizar trabalhos de campo muitas vezes exaustivos, para que resultados mais precisos sejam gerados. A GEOBIA tem como unidade de análise um objeto de imagem que contém diversas informações, como textura, altura, relação com objetos vizinhos, o que permite uma exploração de todo o contexto espacial ao qual a imagem se refere (AGUIRRE-GUTIÉRREZ *et al.*, 2012; BOCK *et al.*, 2005).

A técnica da GEOBIA pode assemelhar-se com a visão humana, uma vez que faz uma identificação intuitiva dos objetos inseridos em uma dada imagem, ao invés de analisar cada pixel individual da mesma de maneira separada, considerando também as diferentes propriedades nela existentes, como forma, textura, tamanho, altura e também, de que forma os objetos estão arranjados espacialmente (MARCEAU, 1999).

Nesse sentido, para trabalhos que tenham como premissa a análise de grandes áreas, levando em conta seus objetos e suas inter-relações, bem como verificação, interpretação e detecção de mudanças de diferentes ordens e escalas em uma dada paisagem, como no caso do presente trabalho, sugere-se a utilização da técnica da GEOBIA, pois diferentemente de outros classificadores, essa metodologia leva em consideração uma gama de atributos presentes na imagem analisada e não somente a resposta espectral isolada de cada pixel da mesma.

### 3.5.2. Mineração de dados

A mineração de dados (*data mining*) consiste em uma técnica, comum a diversos ramos científicos que permite selecionar informações relevantes inseridas em um cabedal de outras, dentro de um sistema pré-determinado.

O termo mineração de dados possui um caráter bastante multidisciplinar, pois é utilizado em diversos campos da ciência, variando sua definição de acordo com os autores de cada área. HAND *et al.* (2001) destacam a mineração de dados, no ramo estatístico, como uma análise de uma grande quantidade de dados, a fim de que sejam resumidos e sejam compreendidos pelo usuário. CABENA *et al.* (1998), sob uma perspectiva relacionada a banco de dados, compreendem a mineração como um campo interdisciplinar que alia técnicas diversas, como estatísticas e reconhecimento de padrões para extrair informações de numerosas bases de dados. FAYYAD *et al.* (1996) apresenta uma definição pautada na perspectiva da Descoberta do Conhecimento, onde com análises e algoritmos de descoberta produzem sequências de padrões de dados.

Segundo SEIXAS (2011), a mineração de dados constitui uma técnica que permite conhecer a distribuição de um determinado grupo de dados, observando as características de cada grupo, focando especificamente em um para uma análise posterior mais criteriosa. Assim, percebe-se que a mineração de dados é uma metodologia eficaz na filtragem de conteúdos muito extensos, a fim de serem otimizados em uma escala maior, para que então seja absorvida uma maior quantidade de informações relevantes.

Ao analisar áreas extensas e com uma grande quantidade de objetos, a mineração de dados é um modelo bastante relevante, pois a partir deste, é possível agrupar todos os objetos de uma grande área e filtrar apenas os que melhor se enquadram na proposta de trabalho, sem correr riscos de repetições desnecessárias, que podem vir a prejudicar o andamento da pesquisa.

A partir da década de 1980, uma grande quantidade de dados, dos mais diferentes tipos, passou a surgir, necessitando ser armazenada de forma precisa e segura. Assim, a mineração de dados começa a ser explorada, inicialmente para diminuir os custos de coleta e armazenagem de inúmeros dados, que muitas vezes não eram aproveitados. Desse modo, a mineração de dados passa a ser empregada nos mais variados ramos, como nos sistemas bancário, eleitoral, de telemarketing, dentre outros (CAMILO; SILVA, 2009).

A mineração de dados é apenas uma das etapas de um longo processo, denominado Descoberta de Conhecimento nas Bases de Dados, que baseia-se em solucionar os problemas causados pela sobrecarga de informações geradas a partir de uma grande quantidade de dados. Esse processo, chamado em inglês de KDD (*Knowledge Discovery in Databases*), segundo Fayyad (1996), pode ser melhor observado na Figura 1.

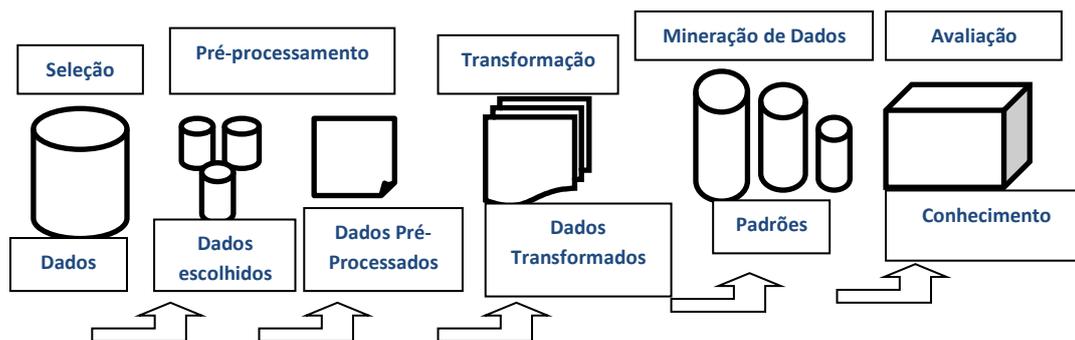


Figura 1. Processo de Mineração de Dados (KDD). Adaptado de FAYADD (1996).

No sistema de mineração de dados, existem diversos processos para que as informações selecionadas sejam concisas e relevantes. Dentre esses processos, o CRISP-DM (*Cross Industry Standard Process of Data Mining*) é bastante aceito pela comunidade que o utiliza, pois é formado por 6 fases cíclicas, sendo assim, mais dinâmico do que um modelo direcional. As fases do CRISP-DM, de acordo com LAROSE (2005) são:

- a) **Entendimento dos negócios:** Busca-se a compreensão do objetivo central da mineração de dados a ser utilizada.
- b) **Entendimento dos dados:** Como os dados a serem utilizados podem vir de fontes diversas é necessário conhecê-los descrevendo de forma objetiva o problema, identificando os dados relevantes para o problema em questão e ter certeza de que as variáveis relevantes para solucionar o problema não possuam interdependência.
- c) **Preparação dos dados:** Esta fase está atrelada à origem dos dados, que por serem diferentes, muitas vezes fazem com que não estejam preparados para passarem pelo processo de Mineração de Dados, necessitando de procedimentos de filtragem.
- d) **Modelagem:** É quando os algoritmos de mineração são aplicados, o que pode variar de acordo com o objetivo que se deseja alcançar com o trabalho.
- e) **Avaliação:** Durante esta fase, é realizada a análise dos resultados (modelos), além de testes e validações, a fim de promover confiabilidade a estes modelos. Também são utilizados indicadores como matriz de confusão, índice de correção e incorreção, estatística *kappa*, dentre outros (HAN; KAMBER, 2006; WITTEN; FRANK, 2005)
- f) **Distribuição:** Quando o modelo é executado com os dados reais e completos, é necessário então divulgar os resultados para os envolvidos no processo.

Os dados a serem utilizados no processo podem ser classificados em dois tipos: quantitativos e qualitativos. Os primeiros constituem os valores numéricos, enquanto os segundos, valores categóricos (nominais e ordinais). De acordo com os dados dispostos para o trabalho, decide-se qual técnica é a mais indicada para sua visualização, conforme mostra a Figura 2.

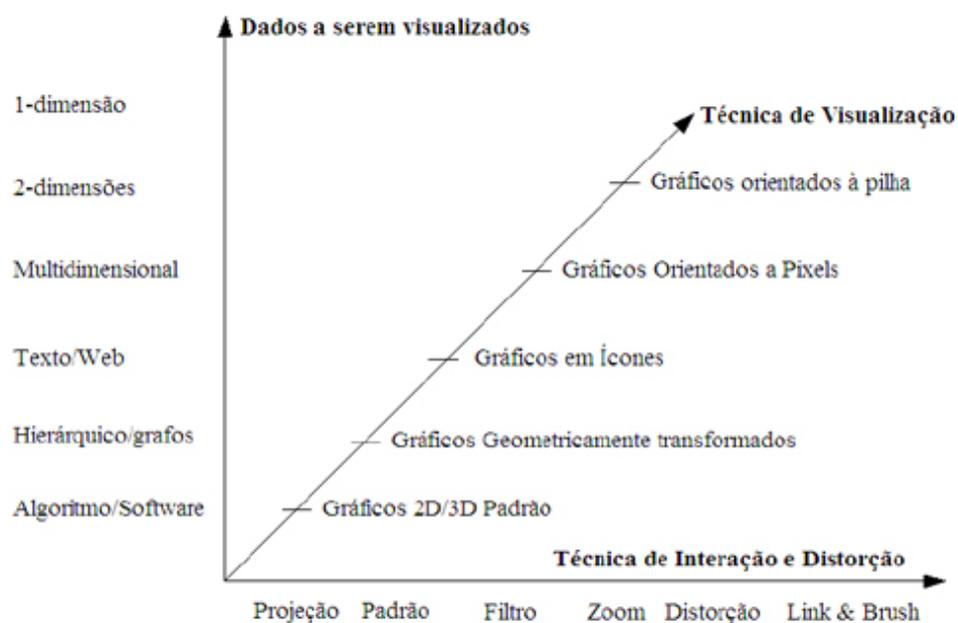


Figura 2. Evolução das técnicas de visualização. Fonte: KEIM (2012).

À medida que as técnicas de visualização vão sendo definidas, é possível preparar os dados para que os algoritmos referentes à mineração possam ser aplicados. Para alguns autores, como MCCUE (2007), a etapa da preparação corresponde a cerca de 80% de todo o processo de mineração. De acordo com HAN *et al.* (2006), a preparação de dados, também denominada pré-processamento, configura-se em:

- a) **Limpeza dos dados:** Consiste em eliminar as inconsistências que comumente são encontradas nos dados, como valores errados e registros incompletos, que podem vir a influenciar no resultado dos algoritmos a serem usados. Assim, são propostas ações de remoção dessas inconsistências, atribuição de valores padrões, assim como o agrupamento de valores para encontrar melhores respostas.
- b) **Integração dos dados:** Como na maioria das vezes os dados a serem utilizados provêm de fontes diversas, é necessário que sejam integrados em um único repositório, a fim de facilitar o processo de mineração. Assim, é recomendada uma avaliação minuciosa dos dados, a procura de divergências, conflitos de valores e outras incongruências que podem prejudicar o processo de mineração de dados.
- c) **Transformação dos dados:** Nesta etapa, ocorre a transformação de dos valores (numéricos em categóricos ou categóricos em numéricos). Para isso, diversas técnicas podem ser utilizadas, como a suavização, agrupamento, normalização e criação de novos atributos.
- d) **Redução de dados:** Como a quantidade de dados a serem utilizados no processo de mineração é grande, isso acaba dificultando a análise e o próprio processo de mineração de dados. Nesse sentido, recomenda-se reduzir os dados, de forma que a quantidade se torne menor, porém com a cautela necessária para que não haja perda da significância dos dados originais. Com isso, o resultado da mineração tende a ser mais preciso e eficiente.

Os repositórios onde os dados a serem utilizados se encontram normalmente possuem muitos registros. A fim de facilitar a utilização dos registros para construir um modelo de mineração de dados, é recomendada a utilização de uma amostra representativa, dividida em 3 conjuntos, conforme apontam CAMILO e SILVA (2009):

- **Treinamento:** comporta os registros onde o modelo de mineração será desenvolvido;
- **Testes:** Compõe os registros a fim de testar o modelo de mineração construído;
- **Validação:** Conjunto de registros a fim de validar o modelo construído.

Embora o processo de mineração de dados conte com o auxílio operacional de *softwares*, é inegável que o processo de extração de informações e conseqüentemente, de conhecimento, não se dá de forma puramente automática, sendo necessária uma análise humana acerca dos algoritmos executados. Porém, nota-se a importância e a aplicabilidade da mineração no processo de descoberta do conhecimento e principalmente, na análise de questões complexas, como a dinâmica da paisagem de áreas bastante extensas a partir de episódios ambientais também complexos, como o caso dos incêndios no Parque Nacional do Itatiaia.

### 3.6. Incêndios

Os incêndios compõem um lugar de destaque no cenário dos desastres naturais da sociedade como um todo, podendo ser provocados pelo homem de forma intencional ou acidental (SOUSA, 2012).

O fogo é um importante elemento para a sobrevivência humana e faz parte de sua história, sendo essencial para a realização de diversas atividades, como o preparo de alimentos, aquecimento e até mesmo lazer. Quando o fenômeno do fogo é iniciado, passa a gerar calor através do processo de combustão, que proporciona a energia para que o processo continue (SOUSA, 2012).

Para que ocorra o fenômeno do fogo, são necessários três componentes básicos, compostos no Quadro 6.

Quadro 6. Elementos constituintes do processo de formação do fogo. Fonte: LAMPF, 1998.

Componente	Definição
Combustível	Matérias ou produtos que sejam bons condutores de calor, como galhos secos e madeira.
Comburente	Algum material que alimente a combustão, como o oxigênio presente no ar.
Calor	Energia de ativação que permite que o combustível e o comburente ajam.

Quando o fenômeno do fogo ocorre em áreas naturais, é denominado incêndio florestal ou queimada. Esses conceitos possuem diferenciações pela ação que os decorre, conforme evidencia RAMOS (1995):

- Incêndio florestal: Qualquer ocorrência de fogo incontrolável que incida sobre alguma formação vegetal tendo origem antrópica ou natural.
- Queimada: É a ocorrência de fogo de forma controlada, podendo ser decorrente de práticas agrícolas ou florestais.

Os incêndios de ordem florestal ocorrem, sobretudo, nas épocas de estiagem e estão relacionados com a ausência ou pouca umidade da região. A maior parte é causada pelo homem, a partir de diferentes atividades, seja para manejo do solo, por mau uso do mesmo ou até mesmo, por ações criminosas.

O fogo, além de ser essencial para a sobrevivência humana, é também um importante agente modificador da paisagem, sobretudo no que diz respeito aos incêndios florestais (TOMZHINSKI, 2012).

WHELAN (1995) entende que é necessário compreender o fenômeno do fogo, principalmente por causa da relação constante entre o mesmo e a vegetação como um todo. Essa relação determina de que forma determinada área pode ser danificada pela ocorrência do fogo, assim como suas consequências para o ecossistema como um todo.

TOMZHINSKI (2012) atenta para o fato de que o fogo possui características imediatas, como intensidade, estação climática de ocorrência, extensão e tipo (subterrâneo, de superfície ou de copa) e de características históricas locais, como o clima antes da ocorrência

do fogo, tempo desde a última ocorrência e as características do último fogo registrado. As características históricas e imediatas não são independentes, pois a primeira vai exercer forte e grande influência sobre a última (WHELAN, 1995).

Os incêndios de origem subterrânea ocorrem quando atingem raízes e demais materiais orgânicos presentes no solo. Possuem propagação lenta, porém nociva para a vegetação atingida. Quando o fogo atinge a vegetação que está sobre o solo (floresta ou campo), é denominado de superfície e possui velocidade de propagação variável. Já os incêndios de copa se propagam a partir das copas das árvores, de forma mais violenta e ampla capacidade de propagação (ICMBio, 2010a).

De acordo com ICONA (1993), WHELAN (1995) e ICMBio (2010a), o comportamento do fogo e suas características são determinados pela interação de fatores como combustível, as condições climáticas e a topografia, conforme elucida a Quadro 7.

Quadro 7. Características e comportamento do fogo. Fonte: Adaptado de TOMZHINSKI, 2012.

<b>Fatores</b>	<b>Definição</b>
Combustíveis	Quanto em mais quantidade e mais secos estiverem, resultam em fogo mais intenso. Combustíveis leves, como gramíneas e arbustos, propagam o fogo de forma mais rápida. Já combustíveis pesados como troncos de árvore, propagam fogo mais lentamente, pois esse tipo de combustível demora a perder umidade. Combustíveis mais compactados também queimam mais rapidamente, pois são higroscópicos.
Condições climáticas	Têm influência direta na umidade dos combustíveis. Quanto menor estiver a umidade relativa do ar, mais altas as temperaturas e maior a estiagem, maior a intensidade do fogo. Os ventos também aumentam a quantidade de oxigênio necessária para o fogo, além de influenciarem diretamente na velocidade e direção de propagação do fogo.
Topografia	Influencia o microclima da localidade e na sua exposição à radiação solar, resseca e aquece o combustível. A declividade da encosta também influencia na propagação do fogo, pois quanto maior a inclinação, maior será o efeito da radiação, ressecando os combustíveis ainda não queimados. O fogo encosta acima também tende a se propagar mais facilmente do que o fogo encosta abaixo.

VIEGAS (2011) atenta para o fato de que como o fogo encosta acima se propaga mais facilmente do que o fogo encosta abaixo, isso pode ocasionar um fenômeno conhecido como erupção. Tal fenômeno consiste no desenvolvimento de uma frente de chamas, com sua velocidade de propagação aumentando de maneira súbita.

O intervalo entre ocorrências de fogo tende a ser maior em áreas queimadas recentemente, onde há menor quantidade de combustível disponível e mesmo que haja alguma ocorrência, a intensidade do fogo será menor.

De acordo com WHELAN (1995), o fogo não pode nem deve ser tratado como um evento isolado. Para isso, enfatiza a questão do regime do fogo, que se configura como a frequência com que o fogo ocorre em uma determinada localidade, da sua intensidade, da extensão que atinge e sua variação ao longo do tempo. MYERS (2006) aponta que os seres humanos vêm modificando o regime do fogo há milênios. HARTFORD; FRANDSEN (1992) propõem também a questão da severidade do fogo, que se comporta como a medida qualitativa dos efeitos que o fogo traz para o solo e os recursos que controlam a sustentabilidade de um dado ecossistema, uma vez que o fogo depende de uma série de severidades que dependem de fatores como intensidade, duração, disponibilidade de combustível, dentre outros.

Atualmente, com a ascensão de alguns trabalhos relativos à dinâmica do fogo e seus efeitos sobre os geossistemas, como o visto em TOMZHINSKI (2012) e SOUSA (2009 e 2013). Com isso, nota-se uma maior percepção e sensibilidade a respeito do assunto, bem como o mesmo tornou-se mais palpável e passível de melhor compreensão, principalmente devido ao desenvolvimento, cada vez mais detalhado e inovador, dos SIGs e de softwares de geoprocessamento, para fins de visualização e manipulação de informações referentes a esses eventos, bem como sua dinâmica.

#### 4. ÁREA DE ESTUDO

O Parque Nacional do Itatiaia (PNI) foi a primeira Unidade de Conservação brasileira, inaugurada pelo Decreto n. 1.713 de 14 de junho de 1937, com o objetivo de preservar os atributos bióticos ali presentes. O interesse em proteger os elementos dessa região remonta ao século XIX, onde naturalistas já investigavam as potencialidades presentes na flora brasileira, começando por Saint Hilaire, em 1822.

Ainda no ano de 1913, a ideia de criação de um parque na região da Serra da Mantiqueira já era defendida, principalmente pelo botânico Alberto Loefgren e o naturalista José Hubmayer, este último evidenciando a proteção da área em virtude dos impactos do fogo e do desmatamento (TEIXEIRA & LINSKER, 2007). Em 1918 foi criada na então região a Estação Biológica do Itatiaia, subordinada ao Jardim Botânico do Rio de Janeiro (TOMZHINSKI, 2012).

Abrangendo os municípios de Resende e Itatiaia, no Rio de Janeiro e Bocaina de Minas e Itamonte, em Minas Gerais, o PNI conta, desde 1982 com uma vasta extensão de 30.000 ha e concentra ainda relevantes remanescentes do bioma Mata Atlântica, sob proteção do mosaico de Unidades de Conservação da Serra da Mantiqueira, conforme mostra a Figura 3.

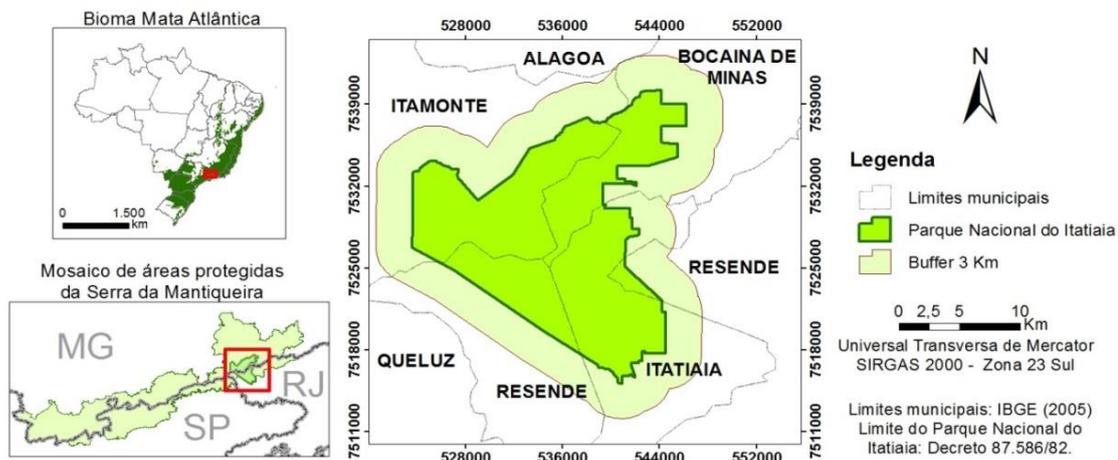


Figura 3. Localização do Parque Nacional do Itatiaia. Fonte: Adaptado de TOMZHINSKI, 2012.

O Parque Nacional do Itatiaia insere-se no chamado Corredor da Serra do Mar, fazendo parte da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, reconhecido pela UNESCO. Além disso, situa-se em uma área classificada como prioritária para a conservação da biodiversidade em uma escala extremamente alta, de acordo com o Mapa de Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2004).

O PNI divide-se em duas regiões: as chamadas partes Alta e Baixa. Estas denominações são utilizadas principalmente em referência aos seus instrumentos de manejo (IBAMA, 1994; FURTADO, 2001; ICMBio, 2009), mas sem uma delimitação física específica. TOMZHINSKI (2012) entende como a Parte Alta do PNI a área que abrange a cota altimétrica de 2.000m, onde encontra-se o Pico das Agulhas Negras e as bacias hidrográficas da vertente norte da unidade. Já a Parte Baixa caracteriza-se pela presença de diversos cursos d'água, sobretudo cachoeiras, que atraem visitantes durante todo o ano. O presente trabalho tem como foco a Parte Alta, que é a área onde ocorrem a maior parte dos episódios de incêndios florestais.

#### **4.1. Características físicas**

O maciço do Itatiaia possui uma área de aproximadamente 220 km<sup>2</sup>, localizado na Serra da Mantiqueira. Constitui-se de rochas dos tipos nefelina-sienito, que formam a região do maciço das Agulhas Negras e quartzo-sienito, além de brechas magmáticas e granito alcalino (MOLDENESI, 1992; RIBEIRO & MEDINA, 2002).

Seu relevo caracteriza-se como montanhoso, variando de 540 m a 2.791,55 m de altitude no seu ponto culminante, o Pico das Agulhas Negras, o 5º mais alto do país (IBGE, 2005). Suas altitudes apresentam-se crescentes em relação ao centro (região do Planalto do Itatiaia), onde tem início diversas redes de drenagem (MOLDENESI, 1992; ALMEIDA, 2001).

A região do Itatiaia faz parte do divisor de águas das bacias do rio Grande e do Paraíba do Sul e além desses rios, concentra as nascentes de 12 bacias de grande importância regional (RICHTER, 2004), com destaque para o rio Preto, rio Campo Belo e o próprio rio Grande. Em sua vertente norte, o PNI abriga bacias afluentes do rio Grande, desaguardo no rio Paraná, fazendo parte as demais, da bacia do rio Paraíba do Sul.

Os solos do PNI configuram-se como rasos e jovens (TOMZHINSKI, 2012), predominando a classe dos Cambissolos. Nas áreas de maior altitude, predominam os Neossolos Litólicos, entre afloramentos rochosos (ALMEIDA, 2011).

## 4.2. Características climáticas

De acordo com o Plano de Manejo do PNI (IBDF, 1982), a orografia é responsável por determinar determinadas características do clima da região. Registram-se chuvas intensas, principalmente no verão, com precipitação anual em torno de 2600 mm na Parte Alta e de 1800 mm na Parte Baixa, com destaque para o mês de janeiro como o mais chuvoso. Porém, o período seco, estende-se de junho a setembro, o que contribui para o surgimento de modificações na dinâmica da paisagem local, sobretudo no agravamento dos casos de incêndios.

O Plano de Manejo do PNI (IBDF, 1982) registra médias de temperatura para a região do Planalto do Itatiaia entre 8,2°C em julho a 13,6°C em janeiro, sendo comum também a ocorrência de temperaturas negativas no inverno. A Umidade Relativa do PNI registra máxima de 83% em dezembro e 62% em junho, de acordo com o Plano de Manejo e a estação meteorológica, hoje desativada, situada a 2.180 m de altitude. De maio a outubro é comum a ocorrência de geadas, que têm um papel primordial nos episódios de incêndios, pois a vegetação torna-se ressecada e portanto, mais susceptível ao fogo (TOMZHINSKI, 2012).

### 4.3. Características bióticas

A flora do PNI constitui-se de uma beleza bastante exuberante, porém ao longo dos anos vem sofrendo com episódios de queimadas e desmatamentos parciais ou completos (BRADE, 1956).

Devido a sua estrutura climática e ao seu gradiente altitudinal existem diversos ecossistemas do bioma Mata Atlântica na área do PNI, abrigando espécies endêmicas de fauna e flora. PEREIRA *et al.* (2006) entende a flora arbórea das florestas do maciço do Itatiaia como uma das de maior riqueza ambiental e florística dentre as áreas de floresta ombrófila montana do sudeste brasileiro.

De acordo com o Manual Técnico da Vegetação Brasileira (IBGE, 1991), a vegetação do PNI se divide em Floresta Ombrófila Densa Montana até 1.500m de altitude, Floresta Ombrófila Densa Alto Montana acima de 1.500 m, Floresta Ombrófila Mista Montana em cerca de 1.200 m com a presença da *Araucaria angustifolia* e a Floresta Estacional Semidecidual Montana na vertente continental da Unidade (SANTOS; ZIKAN, 2000).

As regiões de campos de altitude e rupestre destacam-se devido a sua alta combustibilidade (TOMZHINSKI, 2012), podendo ser encontradas a partir de 1.460 m, em áreas com intensa antropização na região da Serra Negra e de Dois Irmãos. AXIMOFF (2011) destaca que cerca de metade das áreas de campos de altitude do Estado do Rio de Janeiro encontram-se no interior e no entorno do PNI, abrigando 40 espécies da flora ameaçadas de extinção, sendo 73% destas restritas ao PNI.

#### 4.4. Características históricas, socioeconômicas e culturais

A região da Serra da Mantiqueira e do Vale do Paraíba tem seu histórico de ocupação delimitado por grupos indígenas, com destaque para os Puris, que provavelmente atribuíram à região o nome Itatiaia, com o significado de ‘Lugar de Pedras Pontudas’, onde hoje localiza-se o PNI (DRUMMOND, 1997; TEIXEIRA & LINSKER, 2007).

Com o passar do tempo, a região da Serra da Mantiqueira veio modificando-se através de intervenções antrópicas onde hoje pode-se dizer que não há a presença de áreas livres de antropização, mesmo com uma Unidade de Conservação de Proteção Integral estando ali situada.

A Parte Alta do PNI concentra algumas características rurais ligadas, sobretudo, à pecuária extensiva, abastecendo a economia da região da Mantiqueira ao longo do século XX. Contudo, essa atividade veio a contribuir em larga escala com o desmatamento e os incêndios florestais ali ocorridos, principalmente em virtude da utilização do fogo como instrumento de manejo das pastagens (HERMANN, 2011). Por tradição, os criadores de gado do entorno da Unidade levam seus animais aos campos de altitude mais elevados para que engordem, criando assim, um ciclo de pastoreio e fogo, impedindo a regeneração da vegetação arbórea, principalmente nas áreas abaixo da cota altimétrica de 2.000 m (TOMZHINSKI, 2012).

A prática agrícola não possui grande expressão na região devido aos solos rasos e jovens e também ao relevo, fazendo com que a produção seja destinada apenas à subsistência e ao consumo local em pequena escala, pois nessa parte da área de estudo, a densidade demográfica é considerada baixa.

Na Parte Baixa do PNI, houve grande influência do ciclo do café e posteriormente, da pecuária leiteira no Vale do Paraíba, o que acarretou no desmatamento da área. Porém, com a criação do PNI e o desenvolvimento do turismo no município de Itatiaia desde sua emancipação, em 1989, possibilitou-se a regeneração da vegetação que hoje domina a Parte Baixa do Parque, onde quase não ocorrem incêndios que atinjam os limites do PNI (TOMZHINSKI, 2012).

Entretanto, no entorno do Parque é comum a cultura do fogo, bem como em toda a região do Vale do Paraíba, a qual TANIZAKI & BOHERER (2009) como uma das primeiras unidades geomorfológicas do Estado do Rio de Janeiro em relação ao número absoluto de focos de incêndio. Mesmo com o grande desenvolvimento industrial que os municípios de Resende e Itatiaia promovem, ainda é comum a realização de queimadas para a manutenção das pastagens e uma espécie de “limpeza” de áreas urbanas e rurais (TOMZHINSKI, 2012).

#### **4.5. A questão fundiária**

Pode-se dizer que a questão fundiária está no cerne das questões conflituosas que envolvem os incêndios florestais no interior e no entorno do PNI, principalmente nas regiões da Parte Alta e no Alto dos Brejos, pois essas duas áreas sempre abrigaram práticas pecuárias, onde o gado acabava por se espalhar desordenadamente por diversas áreas do interior e do entorno do Parque, que resultavam em queimadas para que o capim viesse a rebrotar.

Após a ampliação da área total do PNI, em 1982, os conflitos se agravaram, pois diversas fazendas foram incorporadas à Unidade sem serem adquiridas pelo poder público. Assim, muitos proprietários alegam que mantêm o gado no interior da Unidade porque as terras ainda não foram devidamente indenizadas por parte do Parque.

#### 4.6. Histórico dos incêndios no PNI

O primeiro registro oficial de ocorrência de fogo no PNI data do ano de 1937, sendo sistematizado apenas em 2001, a partir da adoção dos Registros de Ocorrência de Incêndios (ROIs).

Porém, TOMZHINSKI (2012) ressalta que desde o início do século XX já registrava-se o efeito do fogo em áreas da região do Itatiaia. Segundo o relato do botânico sueco Pér Karl Hajalmar Dusén, havia a queima anual dos campos e de modo geral, a vegetação de mata detinha o fogo, a menos que a violência do fogo causasse graves danos às florestas, o que chegava a acontecer, segundo o próprio (DUSÉN, 1955). Ainda analisando os casos de incêndios mais antigos da região, BRADE (1956) ressalta que no Planalto do Itatiaia houve a alteração da vegetação primitiva por conta dos incêndios, aparecendo apenas vegetações arbustivas nas áreas atingidas.

Contudo, todas as informações que antecedem o ano de 2001 são apenas pautadas em referências, relatórios e outros documentos, compilando as informações que neles constavam. De 1937 a 2011 foram compilados 453 registros de incêndios em vários documentos (COSTA, s. d.; MAGRO, 1999; TEIXEIRA, 2006) e nos bancos de dados do PREVFOGO (IBAMA, 2008a), além do Núcleo de Prevenção e Combate a Incêndios do PNI (ICMBio, 2011).

TOMZHINSKI (2012) apresenta, em ordem cronológica, dos incêndios mais relevantes já registrados no PNI até o ano de 2011, conforme mostra a Quadro 8.

Quadro 8. Cronologia dos incêndios mais relevantes no PNI de 1937 a 2011. Adaptado de THOMZINSKI (2012). (Continua)

<b>Ano de ocorrência</b>	<b>Características</b>	<b>Região atingida</b>
1937	Primeiros registros de 06 a 13/09 e de 16 a 21/09.	Planalto do Itatiaia
1943	Grande incêndio em área particular	Sem informações sobre a localização.
1951	Primeiro caso registrado no fim de março, no total de 6 no ano, dois causados por raio (ASSIS, 1988).	Planalto do Itatiaia
1952	Dois casos, com dois dias de duração, em julho e setembro.	O primeiro caso, o Planalto do Itatiaia. Já o segundo, a Base das Agulhas Negras.
1955	Dois registros, um em maio (12 ha) e outro no final do ano (600 ha). <sup>1</sup>	Planalto do Itatiaia
1959	Registro de 3 dias no final de setembro.	Base das Agulhas Negras
1961	Diversos registros, durante duas semanas. Dois funcionários mortos em acidente de caminhão	Parque e entorno
1963	Três dias de duração no mês de maio. Grande	Iniciando em Minas Gerais.

	incêndio em setembro, combatido de 05/09 a 15/10. Possivelmente o maior incêndio da história do PNI.	
1971	Duração de dois dias.	Planalto do Itatiaia.
1979	Registro de 5 incêndios, sendo um de três dias de duração no mês de maio.	Sem informações sobre a localização.
1980	Registro em junho, com duração de dois dias.	Planalto do Itatiaia.
1981	Grandes incêndios em agosto e setembro, com suspeita de causa criminosa.	Planalto do Itatiaia.
1984	Cerca de 1.200 ha atingidos, de 11 a 15/08.	Planalto do Itatiaia.
1988	Maior incêndio das últimas 4 décadas no PNI, estimando-se 3.100 ha queimados, incluindo campos de altitude e mata. <sup>2</sup>	Planalto do Itatiaia.
1989	Único registro de incêndio por curto circuito.	Próximo a entrada da Parte Baixa do Parque.
1990	Um incêndio causado por caçadores.	Sem informações sobre a localização.
1993	Incêndio de grandes proporções.	Regiões de Mauá, Vales do Pavão, Cruzes, Marimbondo e interior do Parque.
1995	Um incêndio de 20 ha e outro de 30 ha. Há registros de um terceiro incêndio, sem registro da extensão da área atingida.	O primeiro atingiu o divisor de águas das bacias dos rios Aiuruoca e Preto. O segundo atingiu a região de Santa Clara, na divisa do Parque. Já o terceiro, atingiu toda a floresta entre Penedo e a Fazenda da Serra.
1999	Incêndio com duração de pelo menos 4 dias.	Morro Cavado.
2001	Incêndio causado por turistas perdidos.	Atingiu todo o entorno do maciço das Prateleiras.
2007	Grande incêndio, por pouco não atingindo o abrigo Rebouças e o Posto Marcão. Algumas vegetações ainda se recuperavam do episódio	Planalto do Itatiaia, parte Leste das Agulhas Negras.

	de 1988 e até hoje não se regeneraram.	
2008	Um incêndio criminoso, com duração de dois dias e outro causado por raio, em 18/10.	Pedra do Camelo e Pedra Furada simultaneamente.
2009	Ano bastante chuvoso, sem registros relevantes.	Sem registros relevantes.
2010	Série de incêndios criminosos, sendo um de grandes proporções em 13/08.	Região do Rancho Caído, a Leste das Agulhas Negras.
2011	Série de incêndios criminosos, sobretudo por crianças, entre 13 e 18/08.	Morro do Cavado e bairros rurais de Itamonte próximos ao Parque.

## 5. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho conta com os seguintes materiais e métodos para sua confecção, descritos no esquema e nos tópicos da Figura 4.

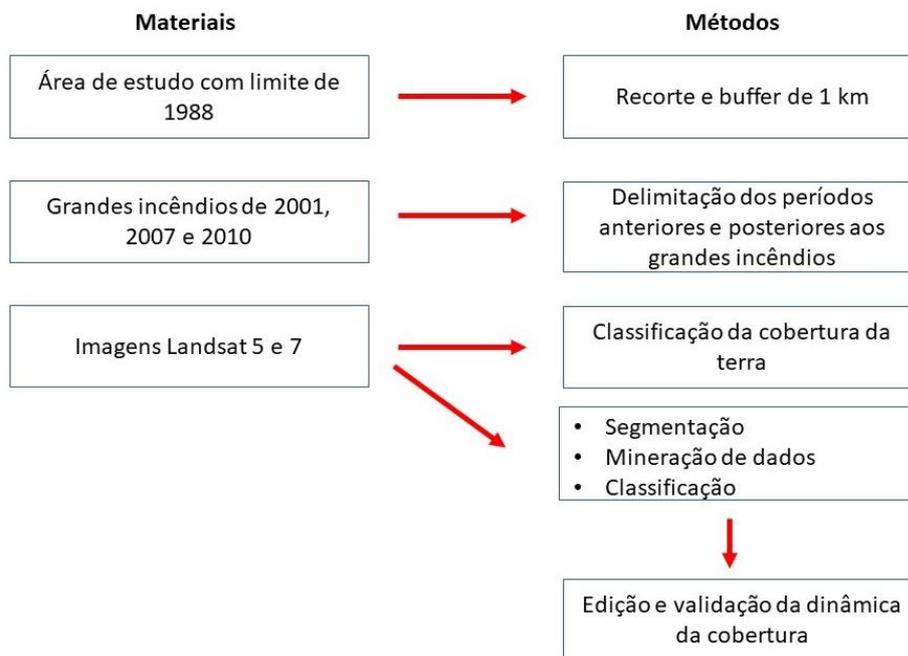


Figura 4. Esquema Metodológico

Primeiramente o presente trabalho consistiu em um levantamento do material bibliográfico e cartográfico sobre a área de estudo. Junto a isso, foram adquiridas as imagens do satélite Landsat 5 e 7 a partir da plataforma *Earth Explorer* da NASA. Tais imagens são gratuitas e já são disponibilizadas ortorretificadas, não sendo necessário ao usuário realizar tal procedimento. Além disso, existe a opção de solicitar à plataforma que essas imagens sejam baixadas já com correção atmosférica, através da opção *Landsat Surface Reflectance* (Reflectância de Superfície), onde o sistema envia ao usuário cadastrado a imagem escolhida e com correção atmosférica em até duas horas após o pedido. Essa opção foi escolhida para este trabalho a fim de otimizar o tempo da pesquisa e a sobreposição desses dados foi satisfatória.

Conforme mostra o Quadro 9 as imagens escolhidas equivalem aos anos de 1987, 1988, 1989, 2000, 2001, 2002, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010 e 2011, a fim de analisar os anos dos maiores incêndios registrados e a realidade geocológica no ano anterior e posterior.

Quadro 9. Data das imagens dos sensores Landsat 5 e 7 utilizados.

Sensor	Data
Landsat 5 TM	17/07/1987
Landsat 5 TM	04/08/1988
Landsat 5 TM	26/10/1989
Landsat 5 TM	21/08/2000
Landsat 7 TM	17/09/2001
Landsat 7 TM	04/09/2002
Landsat 5 TM	23/09/2006
Landsat 5 TM	10/09/2007
Landsat 5 TM	18/07/2008
Landsat 5 TM	29/07/2009
Landsat 5 TM	02/09/2010
Landsat 5 TM	05/09/2011

Além da aquisição das imagens já corrigidas, compõem os materiais desta pesquisa os Registros de Ocorrências de Incêndios (ROIs) realizados pelo próprio PNI, encontram-se em um banco de dados do Parque, medidos desde 2001, contabilizando os incêndios mais relevantes deste ano até 2015. No presente trabalho, foi utilizado como base para verificar mudanças através dos incêndios, os ROIs de 1988, como consta na Figura 6, uma vez que a imagem de satélite deste ano não conta com a mancha deixada pelo fogo. O grande incêndio do ano de 1988 ocorreu no mês de setembro, porém a imagem utilizada é do dia 04 de agosto, uma vez que todas as imagens do mês de setembro até o fim do ano de 1988 disponíveis na plataforma *Earth Explorer* estavam cobertas por nuvens, impossibilitando assim, uma análise classificatória.

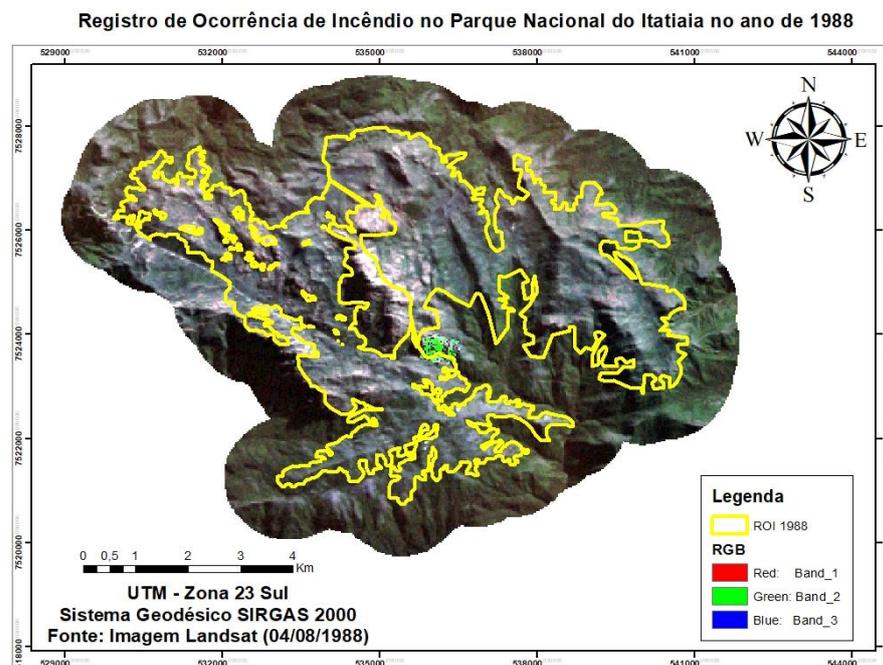


Figura 5 – Mapa com o ROI de 1988

Já as demais imagens referentes aos anos dos grandes incêndios, contam com a mancha dos incêndios, conforme pode ser observado nas Figuras 6, 7 e 8.

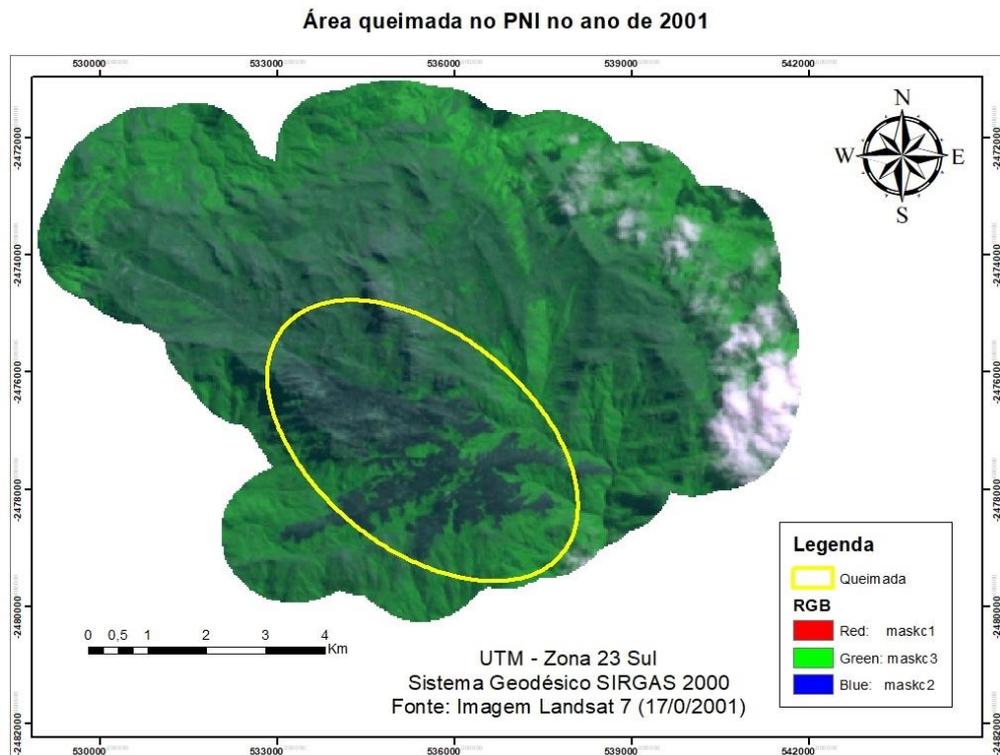


Figura 6. Mancha do incêndio de 2001 no PNI

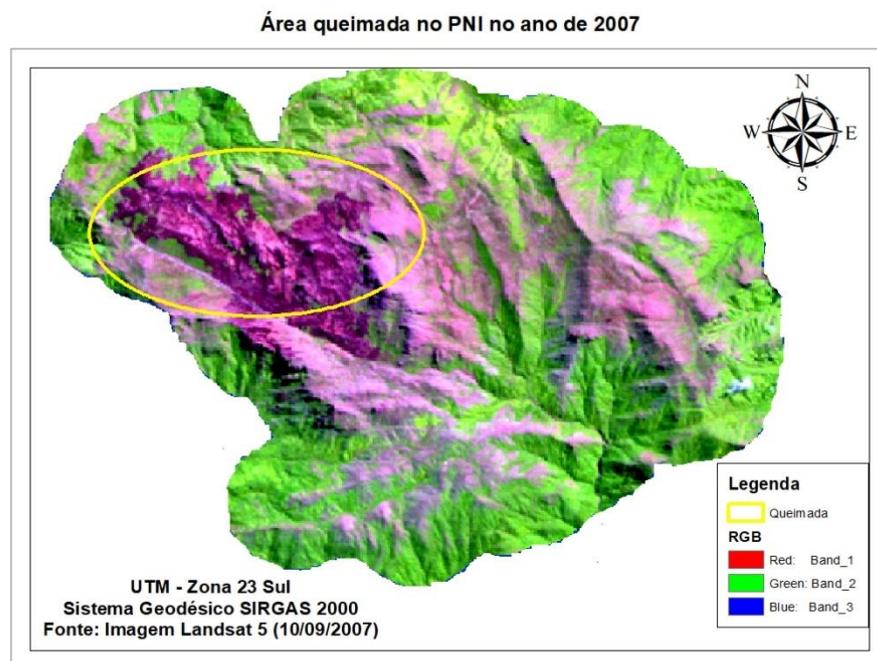


Figura 7. Mancha do incêndio de 2007 no PNI

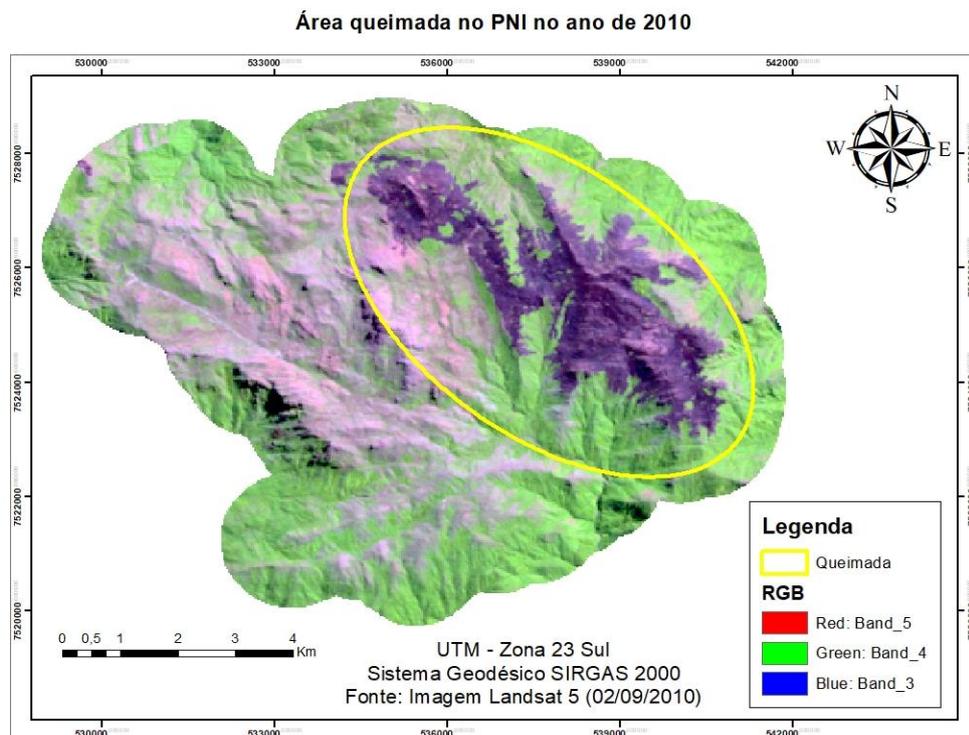


Figura 8. Mancha do incêndio de 2010 no PNI

Posteriormente, foi realizada a segmentação e consequente classificação das imagens de satélite através do *software* ENVI 5.3, a partir da ferramenta *Example Based Feature Extraction Workflow*, que permite a coleta de amostras e em seguida é realizada uma classificação supervisionada, onde a partir do conhecimento prévio da área, os pixels da imagem são comparados e posteriormente, classificados. As segmentações e consequentes classificações foram realizadas a partir do recorte de 1 km de *buffer* em cada imagem referente à área de estudo.

Após a etapa de classificação, foi realizada uma ida a campo, no mês de maio de 2017, a fim de constatar as informações geradas pela classificação da imagem de satélite em gabinete com a realidade do PNI. O campo teve como principal direcionamento a parte alta do PNI e posterior a isso, foram feitas edições nas informações traçadas em gabinete, a partir da realidade encontrada na área de estudo, com o auxílio do *software* *QuantumGIS* 2.18.1. Tais edições possuem objetivo de eliminar amostras confusas, coletadas apenas com base na interpretação da imagem de satélite.

Após as edições, foi utilizada a ferramenta *Union*, no *software* *ArcGIS* 10.4.1., a fim de unir 3 anos a serem comparados. Ou seja, foram analisados os anos anteriores aos grandes incêndios (1987, 2000, 2006 e 2009), os anos reais dos incêndios (1988, 2001, 2007 e 2008) e os anos posteriores (1989, 2002, 2008 e 2011). Nesse sentido, foram comparados períodos compostos pelos anos de 1987 a 1989, 2000 a 2002, 2006 a 2008 e 2009 a 2011.

Após o processo de união, fez-se necessário avaliar que tipos de mudanças ocorreram nas áreas classificadas e até mesmo, identificar áreas que não sofreram mudança alguma. Para

isso, foram utilizados 4 indicadores: mudanças, não mudanças, mudanças nas áreas queimadas e não mudanças nas áreas queimadas. Essas validações foram feitas a partir dos algoritmos *Select By Attributes* e *Field Calculator*, ambos no *software ArcGIS 10.4.1*. A partir de tais validações, foi calculada a área em quilômetros quadrados de cada um dos 4 indicadores propostos. Tal procedimento também foi realizado no *ArcGIS 10.4.1*, através da ferramenta *Calculate Geometry*, a partir da tabela de atributos de cada período analisado.

## 5.1. Imagens Landsat

A série Landsat (*Land Remote Sensing Satellite*) teve execução no início do ano de 1972 a partir do lançamento do satélite ERTS-1, obtendo sequência com o Landsat 2, 3, 4, 5, 7 e atualmente o 8. O principal objetivo do sistema Landsat consiste no mapeamento multiespectral da superfície da Terra em alta resolução, sendo o “primeiro satélite desenvolvido para atuar diretamente em pesquisas de recursos naturais” (EMBRAPA, 2010).

No presente trabalho foram utilizadas imagens do sistema Landsat 5 e 7. Os principais instrumentos imageadores do Landsat 5 eram o *Multispectral Scanner* (MSS) e *Thematic Mapper* (TM). As bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 do sensor TM possuem 30 m de resolução geométrica, com cada pixel da imagem representando uma área de 0,09 ha de terreno. Já a banda 6 possui resolução geométrica de 120 m, onde cada pixel representa 1,4 ha.

O satélite Landsat 5 foi construído simultaneamente ao 4, carregando consigo os mesmos instrumentos (MSS e TM). Seu lançamento se deu no ano de 1984 e seus sensores possuem 7 bandas, com numerações de 1 a 7, onde cada banda equivale a uma faixa do espectro eletromagnético, com um período de revisita de 16 dias sobre uma mesma área. No ano de 2005, o Landsat 5 suspendeu suas operações devido a problemas no painel solar, porém os engenheiros da NASA solucionaram o problema, fazendo com que o sensor voltasse a operar no início do ano de 2006.

Todos os sensores orbitais possuem sistemas capazes de coletar informações a fim de gerar uma imagem, sendo esses sistemas representados por quatro domínios de resolução, sendo eles:

- **Resolução espectral:** Refere-se à largura da faixa espectral que o sensor opera. Ou seja, o Landsat 5 opera com 7 bandas espectrais nas regiões do visível, infravermelho próximo, médio e termal.
- **Resolução espacial:** Refere-se a menor área imageada por um sensor, que no Landsat 5 equivale a 30 m.
- **Resolução radiométrica:** Equivale a radiação eletromagnética refletida e/ou emitida pelos alvos da superfície, com um valor diferente entre os alvos. Em relação aos anteriores, o Landsat 5 obteve um aumento na acurácia radiométrica de 6 para 8 bits.
- **Resolução temporal:** Equivale ao período de revisita do sensor a uma determinada área e ou/alvo, que no caso do Landsat 5 é de 16 dias.

As imagens Landsat 7 possuem muitas semelhanças em suas características com as Landsat 5, como por exemplo, no tempo de revisita a cada área e o número de bandas.

Todas as imagens Landsat estão disponíveis de forma gratuita através da plataforma *Earth Explorer*, da NASA, onde já encontram-se ortorretificadas. No presente trabalho não foi realizada a correção atmosférica nas imagens, pois o a própria plataforma disponibiliza imagens já corrigidas, através da opção *Land Surface Reflectance*.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O objetivo inicial do presente trabalho era realizar as classificações supervisionadas no *software* de código aberto InterIMAGE, por ser gratuito e de livre acesso. O processo de classificação chegou a ser iniciado neste software, porém o mesmo mostrou-se bastante limitado para esse procedimento, onde foi preferível adotar o *software* ENVI 5.3, em parceria com o Laboratório de Cartografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. O ENVI mostrou resultados bastante satisfatórios para o processo de classificação supervisionada, sendo necessárias pequenas edições no *software* *QuantumGIS 2.18.1*.

As classificações no Envi resultaram nos mapas de cobertura da terra observados das Figuras 9 até 12.

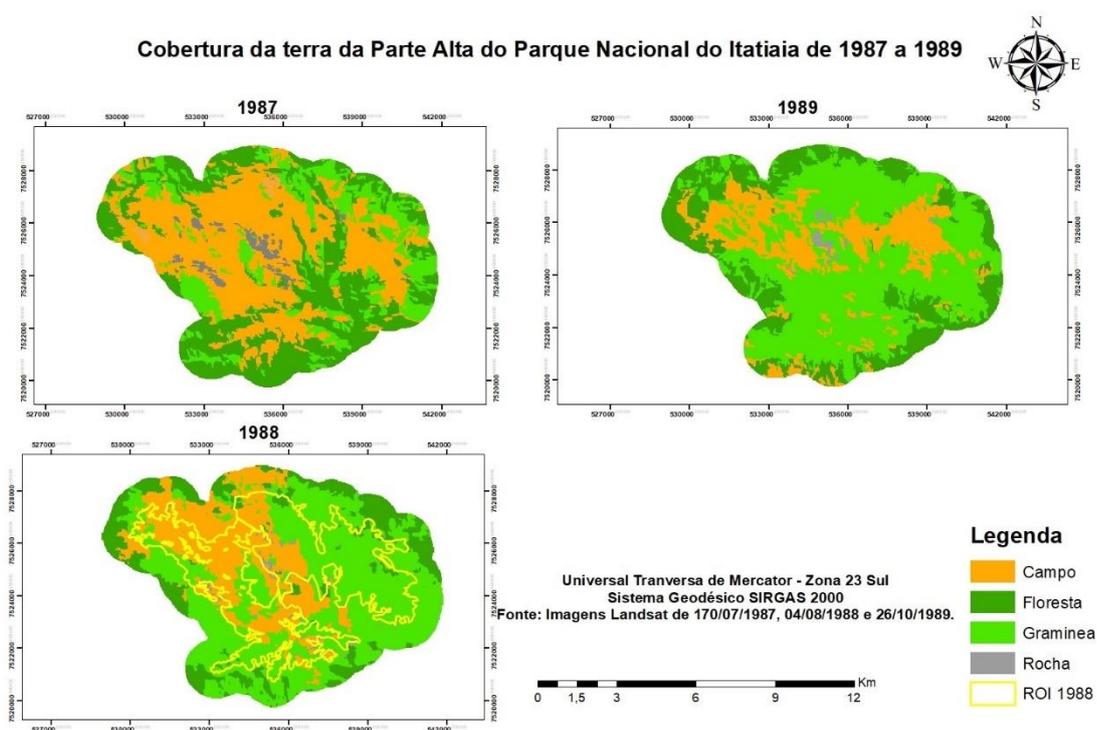


Figura 9. Cobertura da terra da Parte Alta do PNI de 1987 a 1989.

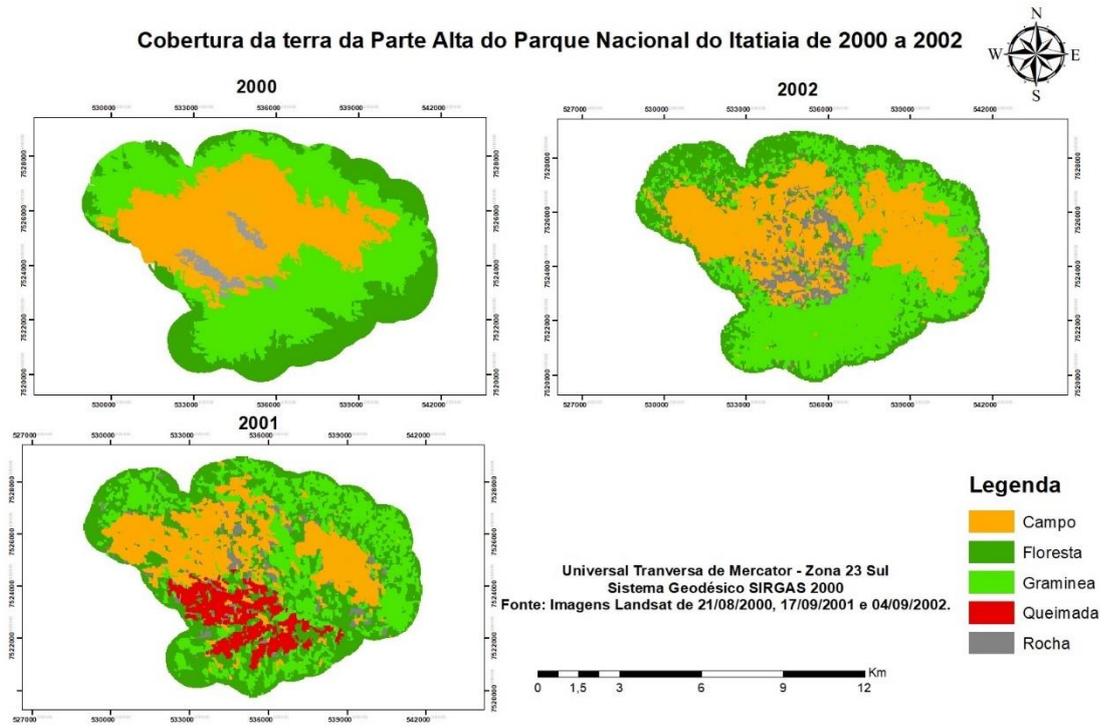


Figura 10. Cobertura da terra da Parte Alta do PNI de 2000 a 2002.

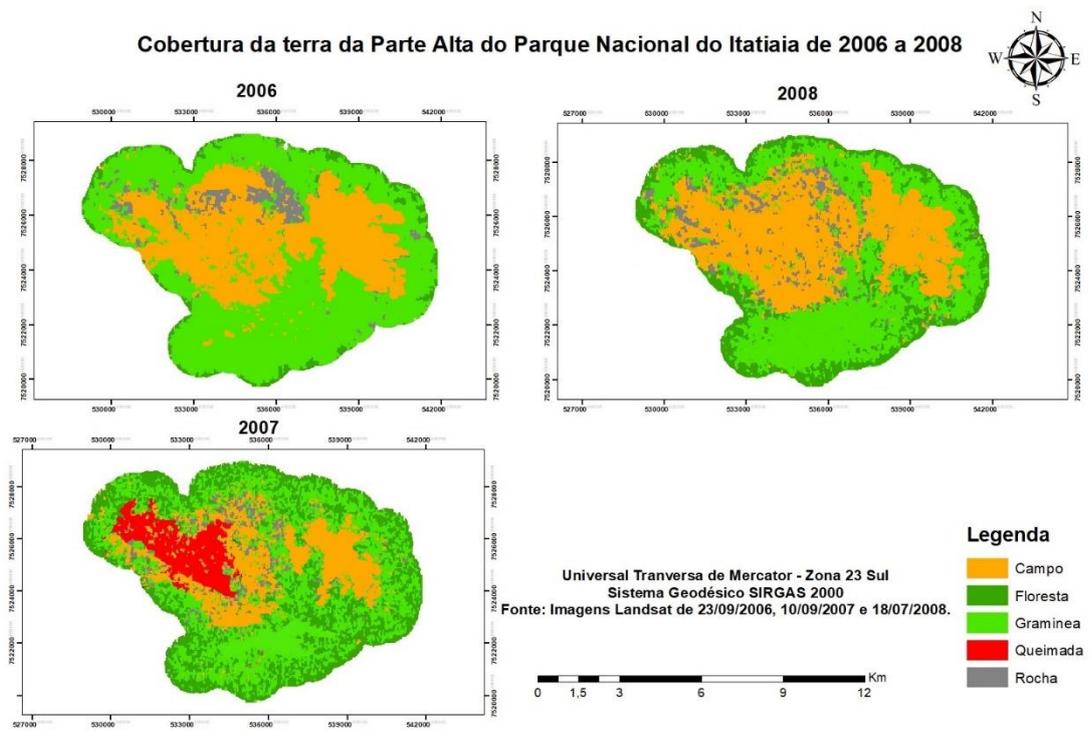


Figura 11. Cobertura da terra da Parte Alta do PNI de 2006 a 2008.

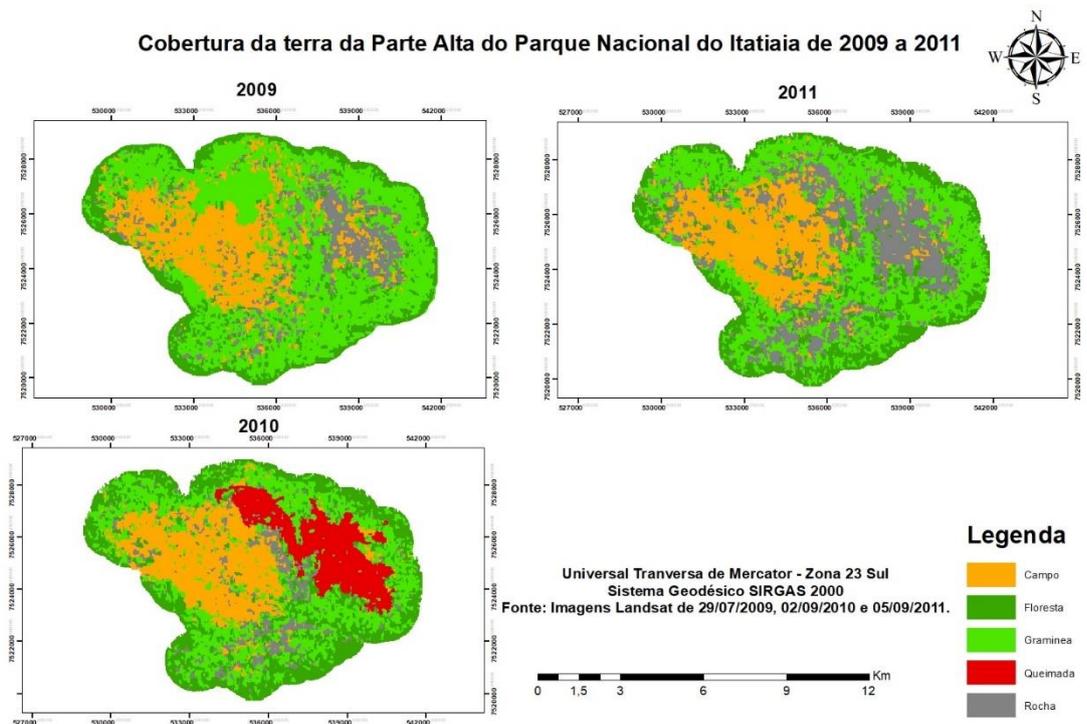


Figura 12. Cobertura da terra da Parte Alta do PNI de 2009 a 2011.

Foram atribuídas 4 classes principais para a confecção dos mapas de cobertura da terra: floresta, gramínea, campo de altitude e rocha. A classe “queimada” foi adicionada somente nos mapas que correspondem aos anos de incêndios, respeitando os limites de cada mancha, exceto para o ano de 1988, que por não contar com a mancha do incêndio na imagem de satélite, foi utilizado o ROI para mensurar a área atingida pelo fogo. Esses mapas serviram como base para uma melhor compreensão e visualização das áreas atingidas pelos incêndios.

Posterior à confecção dos mapas de cobertura da terra, foram feitos mais outros 4 mapas, que representam os períodos nos anos anteriores e posteriores aos grandes incêndios, conforme observado nas Figuras 13 a 16. Nesses mapas foram atribuídas 4 classes em todos eles, a fim de mensurar as mudanças ocorridas dentro e fora da área queimada, assim como as respectivas não mudanças.

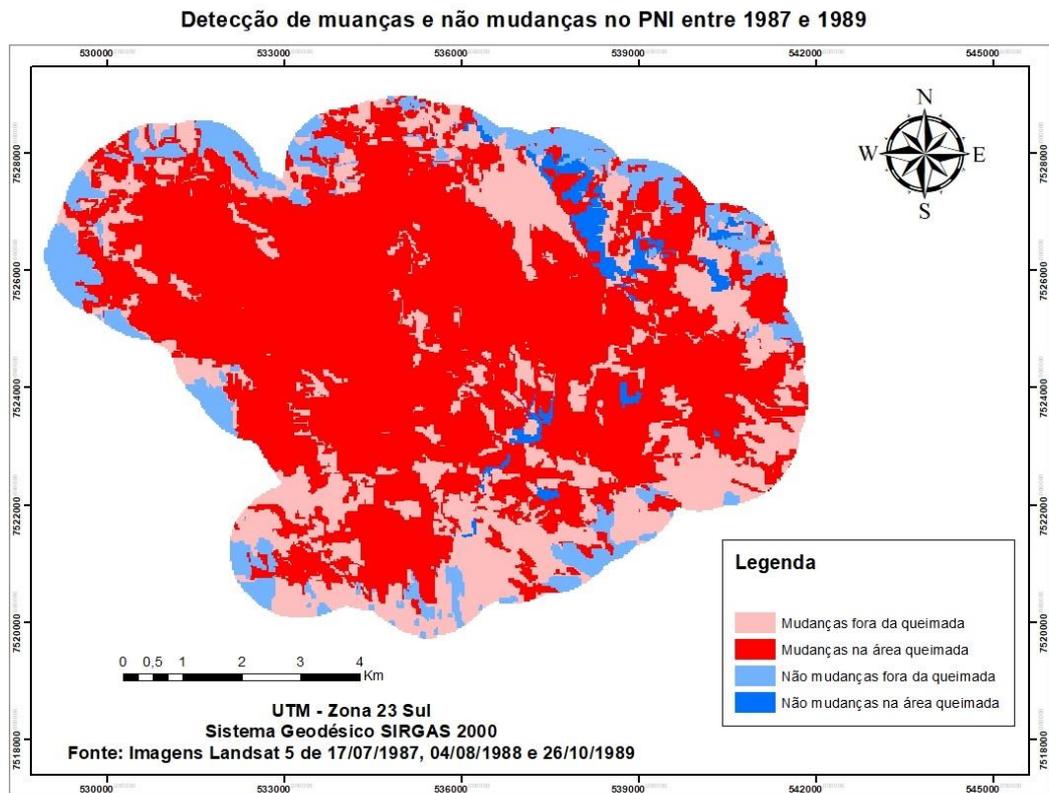


Figura 13 – Mapa de detecção de mudanças e não mudanças entre 1987 e 1989

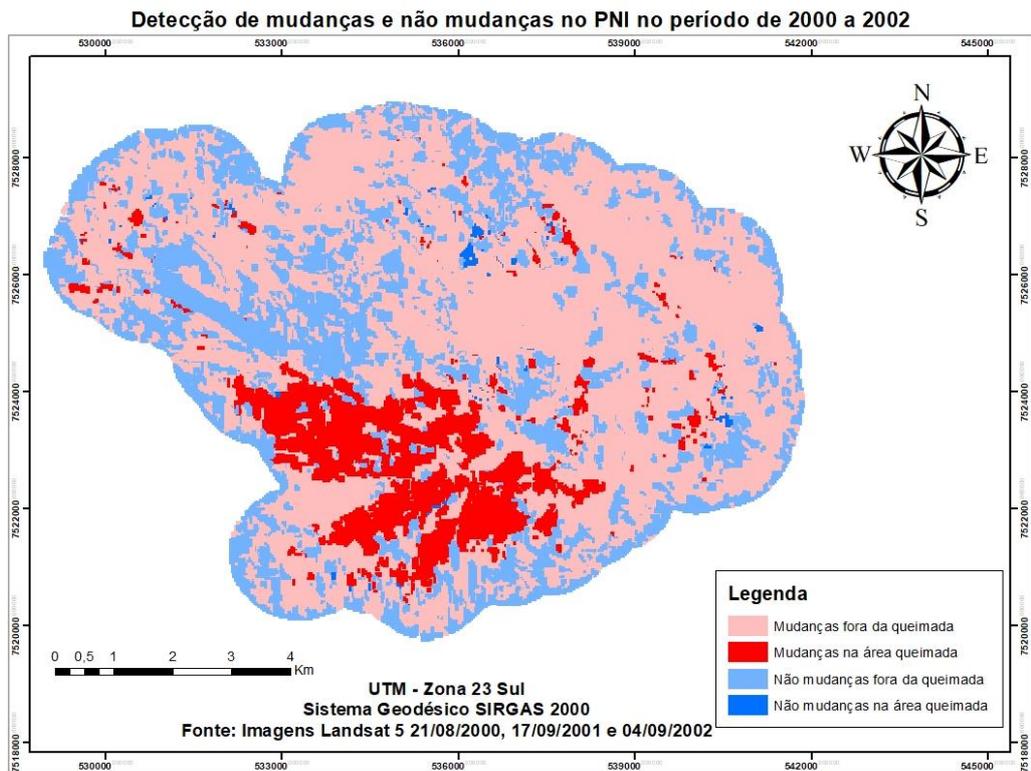


Figura 14 – Mapa de detecção de mudanças e não mudanças entre 2000 e 2002

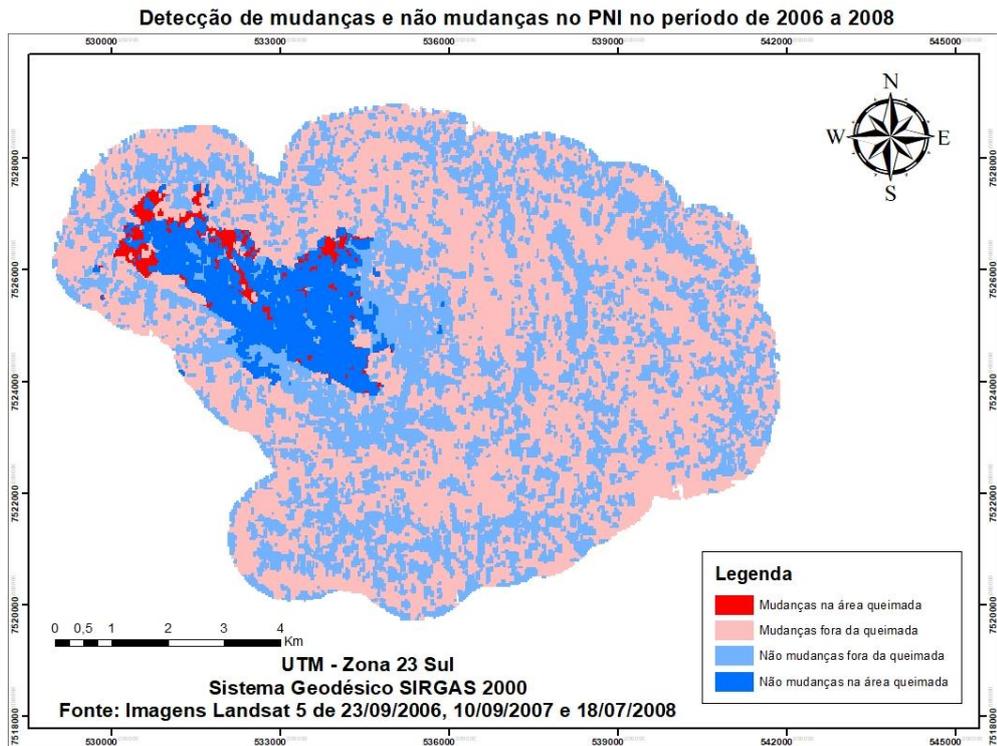


Figura 15 – Mapa de detecção de mudanças e não mudanças entre 2006 e 2008

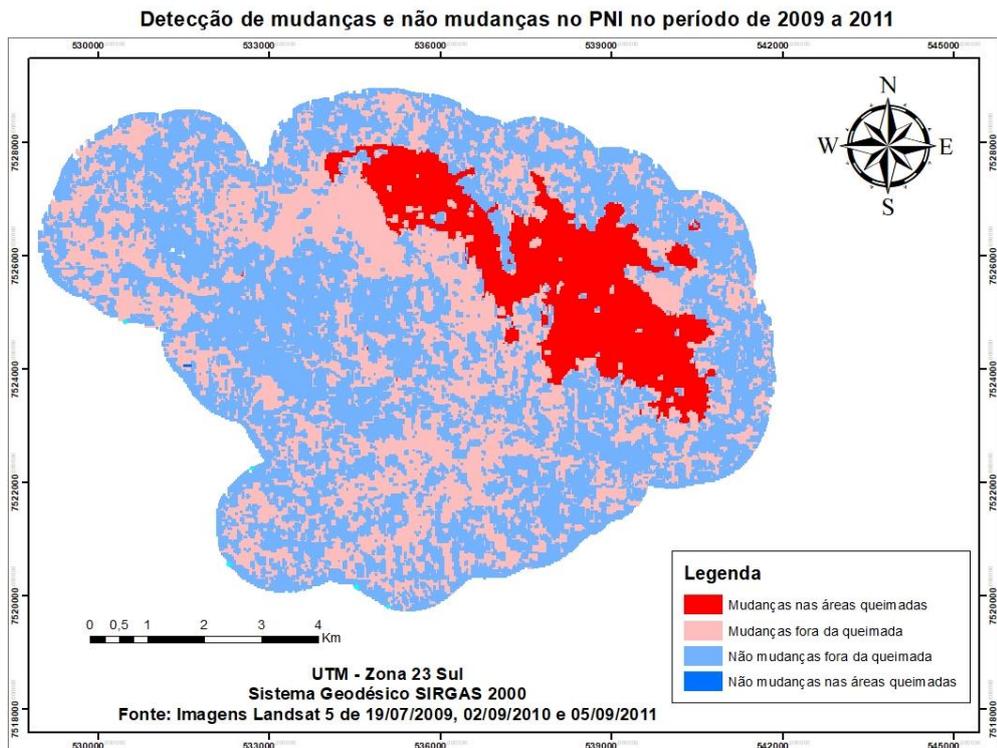


Figura 16 – Mapa de detecção de mudanças e não mudanças entre 2009 e 2011

A partir dos mapas de detecção de mudanças gerados, foram construídos gráficos com o quantitativo de áreas, em quilômetros quadrados, englobadas pelas classes de mudanças e não mudanças, dentro e fora das áreas de incêndios, conforme mostra a Figura 17.

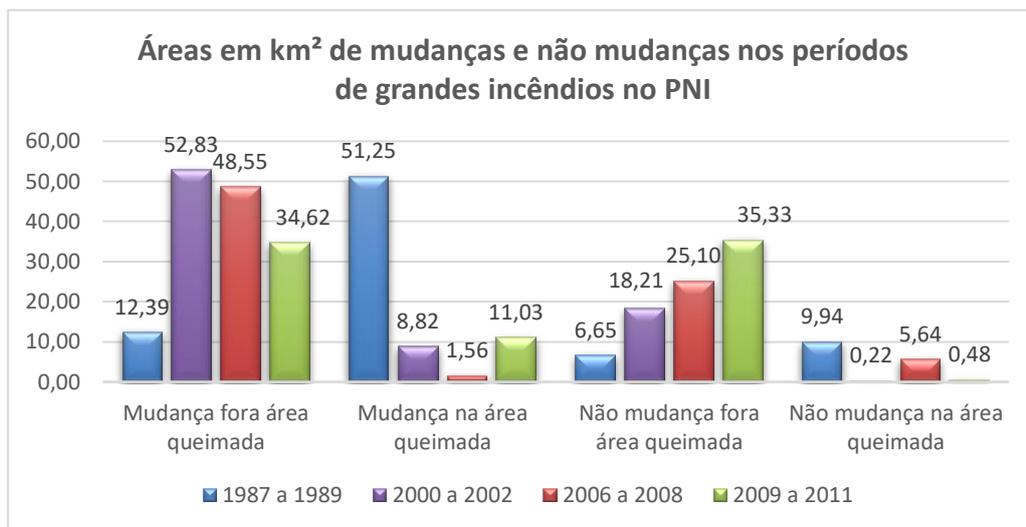


Figura 17 – Gráfico com o quantitativo em km<sup>2</sup> de áreas de mudanças e não mudanças.

A partir dos resultados obtidos através do mapeamento da cobertura da terra e do quantitativo em km<sup>2</sup> das áreas que sofreram mudanças ou não, pode-se concluir que o período que mais sofreu mudanças nas áreas de incêndios, foi o de 1987 a 1989. A área em questão sofreu cerca de 51,25 km<sup>2</sup> de mudanças, em basicamente todas as classes, uma vez que a área incendiada foi bastante extensa, conforme mostrado pelo ROI de 1988. Mesmo com a ausência da imagem de satélite com a mancha do grande incêndio de 1988, o ROI se fez de suma importância para que as mudanças após esse período pudessem ser melhor avaliadas. Atribui-se à grande extensão do incêndio de 1988 a ausência então do Centro Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais (Prevfogo) dentro do PNI, a fim de combater o avanço das chamas.

Fora da área queimada foi observada uma grande alteração no período de 2000 a 2002, com um quantitativo de cerca de 52,83 km<sup>2</sup>. Estima-se que isso se deva ao fato de que a área fora da mancha de incêndio de 2001 ainda estaria se regenerando do grande incêndio de 1988. A área modificada em 2001, corresponde a áreas de vegetação de campo de altitude, que se regeneram com mais facilidade.

No período de 2006 a 2008, foram encontrados 48,55 km<sup>2</sup> de mudanças fora da área queimada, onde também estima-se que sejam áreas ainda de recuperação do grande incêndio de 1988, conforme insinua TOMZHINSKI (2012). Além disso, foi mensurado apenas 1,56 km<sup>2</sup> de mudança neste período, justamente porque o incêndio do ano de 2007, que também foi de grandes proporções, atingiu as mesmas áreas do grande incêndio de 1988, onde a vegetação de campo de altitude se adaptou ao fogo, não indicando grandes mudanças.

Já nos anos entre 2009 e 2011, não foram observadas mudanças fora da área queimada, em uma área estimada em 35,33 km<sup>2</sup>. Neste mesmo período, também foram observadas alterações fora da área queimada, sobretudo nas áreas classificadas como de em 2009 e 2010 e em 2011, comportando-se como gramínea ou rocha.

A partir do exposto, foi possível compreender que o incêndio de 1988 impactou severamente a dinâmica da paisagem do PNI, uma vez que mesmo com uma larga escala de tempo passada do episódio, ainda existem áreas que, ao serem classificadas no presente trabalho, não apresentaram mudanças, ou seja, ainda se encontravam em processo de regeneração.

Também foi observado, no processo de classificação das imagens, que muitas áreas possuem pontos de confusão entre si, principalmente floresta e gramínea, juntamente com gramínea e rocha. É possível compreender este fato, pois nas áreas onde predominam as vegetações de campos de altitude, é incomum a presença de floresta, devido à altitude da área.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

O presente estudo trouxe a obtenção de resultados importantes para o manejo dos incêndios florestais no Parque Nacional do Itatiaia e, também, para outras Unidades de Conservação que também sofrem com os incêndios advindos de pressões externas.

O uso do banco de dados das imagens Landsat 5 e 7 foi primordial para delimitação das grandes áreas queimadas de 2001, 2007 e 2010. Infelizmente não foi possível verificar a extensão do grande incêndio de 1988, ocorrido em setembro, devido às condições atmosféricas, que apresentou apenas imagens cobertas por nuvens. Por isso, a utilização do polígono disponibilizado pelo Registro de Ocorrência de Incêndios do PNI tornou-se primordial para indicação da área desta pesquisa, ao ser utilizada uma imagem do mês anterior.

O incêndio de 1988 ocorrido na região da Parte Alta do PNI trouxe uma discussão sobre a expansão da área do PNI para os atuais 30.000 ha e que, nos anos seguintes, trouxe a necessidade de adaptação à realidade da população do entorno que deve vivenciar cada vez mais os problemas relacionados ao uso do fogo e a educação ambiental.

Por isso, é importante a inserção de outras variáveis ambientais além da cobertura da terra para identificar mais dados sobre as mudanças relacionadas aos incêndios florestais no bioma Mata Atlântica. As variáveis indicadas são índices de vegetação, índices geomorfológicos, exposição à radiação solar, dados pluviométricos que podem ser combinados com testes de campo e devem ter um acompanhamento seguro com os brigadistas e a administração do PNI.

Além disso, para futuros trabalhos, também é possível pensar em quais classes as áreas atingidas se transformaram e o impacto na dinâmica da paisagem que tais mudanças poderiam vir a causar.

Infelizmente, a utilização do software InterIMAGE não foi possível para a realização da pesquisa devido a diversos problemas de classificação entre as imagens escolhidas. Não houve um processo de classificação contínuo com as diferentes imagens Landsat 5 e 7 utilizadas que gerou inúmeros problemas de áreas não classificadas durante os resultados das coletas de amostras de mineração de dados. Além disso, o projeto do *software* encontra-se parado e com difícil contato para a resolução dos problemas, tornando futuras atualizações e ajustes de erros como os vivenciados sem nenhuma previsão.

O módulo do ENVI Feature Extraction apresenta um assistente com exemplos que é bastante poderoso e intuitivo. Esse módulo agilizou o processo de classificação das 12 imagens utilizadas e, com isso, resolveu os problemas de classificação enfrentados no operador c4.5 do InterIMAGE.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIRRE-GUTIÉRREZ, J. et al. (2012). **Optimizing landcover classification accuracy for change detection, a combined pixel-based and object-based approach in a mountainous area in Mexico.** *Applied Geography* v.34, 29–37.

ALMEIDA, C. M. (2010). **Aplicação dos sistemas de sensoriamento remoto por imagens e o planejamento urbano e regional.** *Arq.Urb. Revista Eletrônica de Arquitetura e Urbanismo (USJT)*, V.3, p.98-123.

ALMEIDA, J. P. (2011). **Revisão do Plano de Manejo do Parque Nacional do Itatiaia: Diagnóstico do Meio Físico.** Relatório técnico, 97p.

ARONOFF, S. (1989). **Geographic Information Systems: a management perspective.** Canada: WDL Publications.

ASSIS, A. V. R. (1988). **1º Encontro para Prevenção e Combate a Incêndio no Parque Nacional do Itatiaia.** Relatório síntese. 12p.

AXIMOFF, I. (2011). **O que perdemos com a passagem do fogo pelos campos de altitude do Estado do Rio de Janeiro?** *Revista Biodiversidade Brasileira*, ano I, n. 2, p. 180-200. Instituto Chico Mendes de Conservação e Biodiversidade.

AXIMOFF, I; RODRIGUES, R. C. (2011). **Histórico dos incêndios florestais no Parque Nacional do Itatiaia.** *Revista Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 21, n. 1, p. 83-92, jan.-mar., 2011 (ISSN 0103-9954).

BEROUTCHATCHIVILI, N. L. (1990). **Geofísica da paisagem.** Moscou: Escola Superior, 287p.

BERTALANFFY, L. V. (1973). **Teoria Geral dos Sistemas.** Petrópolis: Vozes. 351p.

BOCK, M. et al. (2005). **Object-oriented methods for habitat mapping at multiple scales – case studies from Northern Germany and Wye Downs, UK.** *Journal for Nature Conservation* v. 13, 75–89.

BRADE, A. C. (1956) **A flora do Parque Nacional do Itatiaia.** *Boletim do Parque Nacional do Itatiaia*, No 5. Itatiaia/RJ, 114p.

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.

CABENA, P; HADJINIAN, P; STADLER, R; JAAPVERHEES; ZANASI, A. (1998). **Discovering Data Mining: From Concept to Implementation.** Prentice Hall.

CÂMARA, G.; ORTIZ, M. J. (1998). **Sistemas de informações geográficas para aplicações ambientais e cadastrais: uma visão geral.** Divisão de Processamento de Imagens. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São Paulo, 18 p.

CAMILO, C. O.; SILVA, J. C. (2009). **Mineração de Dados: Conceitos, Tarefas, Métodos e Ferramentas.** Relatório técnico. Instituto de Informática. Universidade Federal de Goiás.

- CHORLEY, R. J; KENNEDY, B. A. (1971). **Physical Geography: a system approach**. Prentice Hall.
- CHRISTOFOLETTI, A. (1975). **Análise de sistemas em geografia**. São Paulo: Editora Hucitec/EDUSP.
- CHRISTOFOLETTI, A. (1999). **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher.
- CINTRA, D. P. (2015). **Modelagem do conhecimento aplicada à análise da vegetação da bacia do rio Cuiabá, Petrópolis, RJ**. Tese de Doutorado. Departamento de Geografia. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- 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.; 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.
- CURRAN, P. J.. (1985). **Principles of remote sensing**. London: Longman. 260 p.
- DEAN, W. (1996). **A Ferro e a Fogo: A História da Devastação da Mata Atlântica Brasileira**. Companhia das Letras. São Paulo, SP. 483 p.
- 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 (2011). Monitoramento por Satélite – **Sistemas Orbitais de Monitoramento e Gestão Territorial**. Disponível em <<http://www.sat.cnpem.br>>. Acesso: 7 dez 2016.
- FAYYAD, U; PIATETSKY-SHAPIRO, G; SMYTH, P. (1996). **From Data Mining to Knowledge Discovery in Databases**. American Association for Artificial Intelligence.
- FILHO, J. L.; IOCHPE, C. (1996). **Introdução a sistemas de informações geográficas com ênfase em banco de dados**. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 53 p.
- FORMAN, R.T.T. & GODRON, M. (1986). **Overall structure**. In: Landscape Ecology. New York: wiley, cap. 6, pp. 191 - 221.
- 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.
- GONZALEZ, R.; WOODS, R. (2010). **Processamento de Imagens Digitais**. 3. ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda.
- HAN, J; KAMBER, M. (2006). **Data Mining: Concepts and Techniques**. Elsevier.

- HAND, D; MANNILA, H; SMYTH, P. (2001). **Principles of Data Mining**. MIT Press.
- 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:t. J. Wild Fire 2, 139 - 144.
- HENIN, S., FOURNIER, F. (1982). **Definition et Methode d'étude du Problème. La Transformation des Terres, Bases Methodologique, exemples Français**. Recherche Scientifique et Technique sur l'Environnement. Ministère de L'Environnement.
- 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.
- 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.
- 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 (2015). **Nova atualização dos pontos culminantes – Modelo de Ondulação Geoidal**. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/modelo\\_geoidal.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/modelo_geoidal.shtm) Acesso em 7 dez 2016.
- 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, (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.
- ICONA - Instituto Nacional para La Conservacion de La Naturaleza, (1993). **Manual de Operaciones Contra Incendios Forestales**. Ministerio de Agricultura Pesca y Aliementacion. Madri, Espanha.

InterIMAGE – Interpreting Images Freely. Disponível em <<http://www.lvc.ele.puc-rio.br/projects/interimage/pt-br/>> . Acesso em 10 jan 2017.. Acesso em 10 jan 2017.

JOLY, F. (1977). **Point de vue sur la géomorphologie. Annales de Géographie**, n. 407, p. 522-541.

JOURNAUX, A. (1975). **Légende pour une Carte de l'Environnement et de sa Dynamique**. Faculté des Lettres et Sciences Humaines, Caen. 18 p.

JOURNAUX, A. (1979). **Cartes de l'Environnement et sa Dynamique a 1/ 500 000**. Distributed by ASFORMASUP, Centre de Géomorphologie du CNRS, Caen.

KEIM, D. A. (2002). **Information visualization and visual data mining**. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, p. 1–8.

LANG, S.; BLASCHKE, T. (2009). **Análise da paisagem com SIG**. Tradução: KUX, H.J.H. São Paulo: Oficina de Textos. 424 p.

LAROSE, D. T. (2005). **Discovering Knowledge in Data: An Introduction to Data Mining**. John Wiley and Sons, Inc, .

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. 135 p.

MAIA, L. H.; SOUSA, G. M.; FERNANDES, M. C. (2016). **Uso de mineração de dados para mapeamento da cobertura da terra em imagem OLI/Landsat 8 no Parque Nacional do Itatiaia**. Revista Continentes (UFRRJ), ano 5, n. 8, p. 63-74 (ISSN 2317-8825).

MARCEAU, D. (1999). **The scale issue in social and natural sciences**. Canadian Journal of Remote Sensing, v. 25, 347–356.

MCCUE, C. (2007). **Data Mining and Predictive Analysis - Intelligence Gathering and Crime Analysis**. Elsevier.

MENEZES, P. M. L. (2000). **A interface cartografia-geoecologia nos estudos diagnósticos e prognósticos da paisagem: um modelo de avaliação de procedimentos analítico-integrativos**. Tese de Doutorado. Departamento de Geografia. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

MENEZES, P. M. L.; COLEHO NETTO, A. L. (2001). **Cartografia Geoecológica**. Comissão técnica: Cartografia. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

METZGER, J. P. (2001). **O que é ecologia de paisagens?** In: Biota Neotropica. 1, 1-9.

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>

MONTEIRO, C. A. F. (1982). **The enviromental quality in the Ribeirão Preto region – SP: na attempt**. Lantin American Regional Conference Brazil/IGU – CEP.

MONTEIRO, C. A. F. (2000). **Geossistemas: a história de uma procura**. Org. e rev. Y. T. Rocha, J. L. Ross, F. Cavalheiro, L. Coltrinari. São Paulo, Contexto/Geosp. 127 p. (Novas abordagens, 3).

MYERS, R. L. (2006). **Conviver 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.

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

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

NETO, R. M.; ZAIDAN, R. T.; JÚNIOR; W. M.; MOURA, A. B. A. P. (2014). **Estrutura e dinâmica da paisagem no município de Lima Duarte (MG): Uma abordagem geocológica**. Caminhos de Geografia. Uberlândia, v. 15, n. 52, p. 134-150.

NOVACK, T. (2009). **Classificação da cobertura da terra e do uso do solo urbano utilizando o sistema InterIMAGE e imagens do sensor Quickbird**. 214 p. (INPE-14183-TDI/1095). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.

OLIVEIRA, R. R.; MONTEZUMA, R. C. M. (2010). **História Ambiental e Ecologia da Paisagem**. Revista Mercator, v. 9, n. 19, p. 117-128.

Passos, M. M. (2003). **Biogeografia e Paisagem**. Maringá [sn], 264p.

PEREIRA, E. G. S.; RICHTER, M. (2006). **Classificação da cobertura da terra de Angra dos Reis – RJ, a partir de análise de imagem baseada em objeto e mineração de dados**. Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto. Disponível em [http://www.cartografia.org.br/cbg/trabalhos/90/15/obia\\_pereiraegs\\_richterm\\_1376400711.pdf](http://www.cartografia.org.br/cbg/trabalhos/90/15/obia_pereiraegs_richterm_1376400711.pdf) < > Acesso em 7 dez 2016.

PRICHOA, C. E.; HOLGADO MOLINA, P.; RIBEIRO, S. R. A. (2014). **Metodologia para identificação e caracterização de paisagens fluviais do Brasil mediante critérios europeus**. Anais I Jornadas Lusófonas, Coimbra, Portugal.

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-SI. Disponível em: [http://www.ipef.br/publicacoes/forum\\_incendios/cap09.pdf](http://www.ipef.br/publicacoes/forum_incendios/cap09.pdf) Acesso em 6 Mar 2016.

RICHTER, M. (2004). **Geotecnologias no Suporte ao Planejamento e Gestão de Unidades de Conservação Estudo de caso: Parque Nacional do Itatiaia**. 162 f. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Geografia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

RITTER, L. O; MORO, R. S. (2012). **As bases epistemológicas da ecologia da paisagem**. J. Biotec. Biodivers. v. 3, N.3: pp. 58-61.

RISSER, P.G.; KARR, J.R. & FORMAN, R.T.T. (1984). **Landscape ecology directions and approaches**. Illions Natural History Survey Special Publications 2.

RODRIGUES, C. (2001). **A teoria geossistêmica e sua contribuição aos estudos geográficos e ambientais**. Universidade de São Paulo. Revista do Departamento de Geografia, n. 14, p. 69-77.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. (2014). **Planejamento e zoneamento de bacias hidrográficas: a geoecologia das paisagens como subsídio para uma gestão integrada**. Caderno Prudentino de Geografia, Presidente Prudente, n. 36, Volume Espacial, p. 4-17.

RODRIGUEZ, J. 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.

RUDORFF, B. (2008). **Introdução ao sensoriamento remoto. 5º Seminário de Sensoriamento Remoto, Interpretação e Processamento de Imagens de Satélites**. Cachoeira Paulista, São Paulo.

SEIXAS, J. A. (2011). **Integração de mineração de dados e visualização de informações geográficas aplicados à saúde pública**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (COPPE). Universidade Federal do Rio de Janeiro. 147 p.

SOTCHAVA, V. B. (1977). **O estudo de geossistemas**. São Paulo, Instituto de Geografia USP. 51 p. (Métodos em questão, 16).

SOUSA, G. M. (2009). **Mapeamento geoecológico da potencialidade à ocorrência de incêndios no Maciço da Pedra Branca/RJ**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Geografia. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

SOUSA, G. M. (2013). **Modelagem do conhecimento aplicada ao estudo da susceptibilidade à ocorrência de incêndios no Parque Nacional do Itatiaia**. Tese de Doutorado. Departamento de Geografia. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

SOUZA, R. B. (2010). **Geotechnologies for natural disaster monitoring in Latin America**. IV CEOS WGEdu Worskdhop. Santa Maria, Rio Grande do Sul.

STEINBERG, J. & HUSSER, H. (1988). **Cartographie Dynamique Applicable a L'amenagement**. Paris, Sedes, 132pp.

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.

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.

TEIXEIRA, W.; LINSKER, R. (2007) **Itatiaia: Sentinela das alturas**. Editora: Terra Virgem. 160 pp.

- TOMZHINSKI, G. W. (2012). **Análise geocológica dos incêndios florestais no Parque Nacional do Itatiaia**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- TRICART, J.; ; KIWIETDEJONGE, C. (1992). **Ecogeography and rural management**. New York: Jon Wiley e Sons, 257p.
- TURNER, M.G. & GARDNER, R.H. (1991). **Quantitative methods in landscape: an introduction**. In: TURNER, M.G. & GARDNER, R.H. (eds), Quantitative methods in landscape ecology: the analysis and interpretation of landscape ecology heterogeneity (Ecological Studies, vol. 82), NY: Springer, pp. 3 - 14.
- VALE, C. C. (2012). **Teoria geral do sistema: histórico e correlações com a geografia e com o estudo da paisagem**. Entre-Lugar, Dourados, MS, ano 3, n.6, p 85-108, 2012. Universidade Federal de Dourados.
- 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.
- WIGGERS, K. L. (2015). **GEOBIA em imagem Rapideye para classificação do uso e cobertura da terra mediante Self-Organizing Maps em uma área da Bacia do Pitangui – PR**. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil.
- WITTEN, I. H; FRANK, E. (2005) **Data Mining - Practical Machine Learning Tools and Techniques**. Elsevier.