



João Ferraz Fernandes de Mello

**Interpretação e Análise em Ambiente de SIG
dos Movimentos de Massa Ocorridos no
Maciço da Tijuca (2010), Município do Rio de
Janeiro, Utilizando Imagens de Satélite de
Alta Resolução: uma abordagem geográfica**

Dissertação apresentada como requisito parcial para
obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-
Graduação em Geografia, do Departamento de
Geografia da PUC-Rio.

Orientador: Prof. Luis Felipe Guanaes Rego

Co-Orientadora: Prof.^a Rita de Cássia Martins Montezuma

Rio de Janeiro
Junho de 2011



João Ferraz Fernandes de Mello

**Interpretação e Análise em Ambiente de SIG
dos Movimentos de Massa Ocorridos no
Maciço da Tijuca (2010), Município do Rio de
Janeiro, Utilizando Imagens de Satélite de
Alta Resolução: uma abordagem geográfica**

Dissertação apresentada como requisito parcial para
obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-
graduação em Geografia do Departamento de Geografia
do Centro de Ciências Sociais da PUC-Rio. Aprovada
pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. Luiz Felipe Guanaes Rego

Orientador
PUC-Rio

Profa. Rita de Cássia Martins Montezuma

Co-orientadora
PUC-Rio

Profa. Ana Luíza Coelho Netto

UFRJ

Prof. Otavio Miguez da Rocha Leão

UERJ

Prof.^a Mônica Herz

Vice-Decana de Pós-Graduação do Centro de
Ciências Sociais – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 05 de Julho de 2011.

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem a autorização da universidade, do autor e do orientador.

João Ferraz Fernandes de Mello

Graduou-se em Geografia e Meio Ambiente pela PUC-Rio em 2002. Atuou como geógrafo em programas de recuperação de áreas degradadas no estado do Pará, projetos de Zoneamento Ecológico Econômico no estado de Minas Gerais. Participou de diversos projetos de proteção a flora e a fauna do Parque Nacional da Tijuca. Coordena a implantação de Unidades de Conservação no estado do Rio de Janeiro.

Ficha Catalográfica

Mello, João Ferraz Fernandes de

Interpretação e Análise em Ambiente de SIG dos Movimentos de Massa Ocorridos no Maciço da Tijuca (2010), Município do Rio de Janeiro, Utilizando Imagens de Satélite de Alta Resolução: uma abordagem geográfica / João Ferraz Fernandes de Mello ; orientador: Luis Felipe Guanaes ; co-orientadora: Rita C. M. Montezuma – 2011.

130 f. : il.(color.) ; 30 cm

Dissertação (mestrado)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Geografia, 2011.

Inclui bibliografia

1. Geografia – Teses. 2. Sensoriamento remoto. 3. Sistemas de informações geográficas. 4. Movimentos de massa. I. Guanaes, Luis Felipe. II. Montezuma, Rita C. M. III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Geografia. IV. Título.

CDD: 910

Para Anna e Eduardo

Agradecimentos

Em primeiro lugar gostaria de agradecer à minha família, Anna Carolina e Eduardo pelo apoio, paciência, amor, carinho e compreensão, principalmente durante os momentos ausentes para elaboração desta dissertação, este trabalho é para vocês;

Aos meus pais, Ana Elisabeth Ferraz Fernandes de Mello e Fernando Fernandes de Mello

A Pontifícia Universidade Católica, pelos auxílios concedidos, sem os quais este trabalho não poderia ter sido realizado.

Aos meus orientadores Luis Felipe Guanaes Rego e Rita de Cássia Montezuma pelas valiosas conversas e incentivo em todos os momentos;

Aos membros da banca Ana Luisa Coelho Netto e Otávio Miguez da Rocha Leão pelas valiosas colaborações;

À equipe do departamento de Geografia da PUC-Rio;

À equipe do LabGIS e do NIMA, em especial ao Rafael Nunes e Daniella Cintra, pelas importantes trocas e ensinamentos;

À equipe do Parque Nacional da Tijuca, Maria de Lourdes Figueira (Loreto) chefe do PARNA Tijuca), Henrique Zaluvar (chefe substituto), Luiz Fernando (Analista Ambiental) e Thiago Haussig;

Ao geógrafo e amigo, Bernardo Issa de Souza por todas as oportunidades criadas ao longo desses anos, muito obrigado!

Resumo

Mello, João Ferraz Fernandes de; Guanaes, Luis Felipe; Montezuma, Rita de Cássia Martins. **Interpretação e Análise em Ambiente de SIG dos Movimentos de Massa Ocorridos no Maciço da Tijuca (2010), Município do Rio de Janeiro, Utilizando Imagens de Satélite de Alta Resolução: uma abordagem geográfica.** Rio de Janeiro, 2011. 130p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Geografia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Clareiras de movimentos de massa são elementos naturais que contribuem para a biodiversidade da floresta tropical devido, principalmente, aos processos de sucessão ecológica desencadeados em seu interior e das variações das condições micro-climáticas derivadas, tais como: luminosidade, sombreamento, umidade e temperatura. Formas, tamanhos e localização das cicatrizes influenciam nos efeitos subseqüentes da revegetação e erosão. Desta forma a questão norteadora deste estudo foca no uso de imagens de satélite de alta resolução e Sistemas de Informações Geográficas como arcabouço técnico para auxiliar na classificação dos movimentos de massa e na qualificação desta classe em ambiente computacional. Face aos eventos ocorridos em abril de 2010 na cidade do Rio de Janeiro, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o potencial investigativo das imagens ortorretificadas de alta resolução do sensor IKONOS, através do mapeamento e classificação de movimentos de massa. Para tal foi construído um banco de dados georreferenciados contendo informações geomorfológicas, pedológicas, geotécnicas e de coberturas pretéritas do maciço da Tijuca, visando classificar as condições da cobertura “movimento de massa”. Serão adotadas como variáveis a forma, geometria e posição na encosta, cobertura, que foram posteriormente validadas em pesquisa de campo.

Palavras-chave

Sensoriamento Remoto; Sistemas de Informações Geográficas; Movimentos de Massa.

Abstract

Mello, João Ferraz Fernandes de; Guanaes, Luis Felipe (Advisor); Montezuma, Rita de Cássia Martins (Co-Advisor). **Interpretation e análises in SIG enviornment of mass movements occurs in Tijuca's massif at April 2010, Rio de Janeiro city, using remote sensing high resolution images: a geographical approach**, Rio de Janeiro, 2011. 130p. Msc. Dissertation – Departamento de Geografia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

Landslides erosive scars are natural elements that contribute to tropical forest biodiversity, mainly due to the processes of ecological succession triggered inside and variations of micro-climatic conditions derived, such as brightness, shading, humidity and temperature. Shapes, sizes and location of landslides erosive scars influence the subsequent effects of revegetation and erosion. Thus the main question this study focuses on the use of satellite images with high resolution and Geographic Information Systems as a framework for technical help in the classification of mass movements and skills in this class computing environment. Given the events of April 2010 in Rio de Janeiro, this study aims at evaluating the investigative potential of high resolution images orthorectified IKONOS sensor, through the mapping and classification of mass movements. To this end it has been constructed a database containing georeferenced information geomorphology, soil, geotechnical and roofing past tenses of the Tijuca massif, in order to classify the conditions of coverage "mass movement". Variables will be adopted as the shape, geometry and position on slope, land cover and soil, which were subsequently validated in field research.

Keywords

Remote Sensing; Geographic Information System; Landslides.

Sumário

1. Introdução	14
1.1. Objetivos Gerais e Específicos	20
2. Fundamentação teórica	22
2.1. A construção do espaço urbano e as transformações na paisagem.	22
2.2. Transformações e evolução da paisagem Geomorfológica	30
2.3. Uso do Sensoriamento Remoto e de SIG's e a Investigação de Deslizamentos	41
2.4. O desenvolvimento da tecnologia SIG	42
2.5. O Desenvolvimento das Técnicas de Sensoriamento Remoto	43
3. Área de Estudo, materiais e método	50
3.1. Área de estudo	50
3.2. Procedimentos para classificação de movimentos de massa	62
4. Resultados e Discussão	87
4.1. Aspecto	90
4.2. Declividade	102
4.3. Formas	109
4.4. Cobertura	111
4.5. Plataforma PEDOGEO	118
5. Considerações Finais	123
6. Referências Bibliográficas	125

Lista de Figuras

Figuras 1 – Ocupações irregulares (a e b), fogo (c) e abertura de estradas (d) como vetores de transformação da paisagem	15
Figura 2 – Exemplo da classe “Movimento de Massa”	18
Figuras 3 – a e b Repercussão dos Movimentos de Massa ocorridos em abril de 2010.	19
Figura 4 – Paisagem carioca apresentada no Dossiê do Patrimônio Mundial	26
Figuras – 5 a e b: diferentes padrões de construção na zona sul do RJ e que refletem as diferentes relações da sociedade no espaço	30
Figura 6 – Movimento de massa na encosta a montante do túnel Rebouças, Rio de Janeiro, 2008.	32
Figura 7 – Classificações de Movimentos de Massa	34
Figura 8 – Exemplo de movimento de massa visualizado a partir da imagem IKONOS 2010	35
Figura 9 – Diferentes tipos de movimentos de massa	36
Figura 10 – Comportamento dos fluxos hidrológicos em função da morfologia da encosta	37
Figura 11 – Cicatriz de movimento de massa ocorrido (Abril, 2010) com perda da camada de solo expondo substrato rochoso	38
Figura 12 – Movimentos de massa ocorridos sob cobertura de gramíneas em zonas de convergência de fluxos	40
Figura 13 – Espectro eletromagnético e bandas captadas pelas lentes do sensor ótico multispectral Ikonos	44
Figura 14 – Exemplo de imagem Ikonos onde pode se observar os diferentes tipos de uso e cobertura do solo	45
Figura 15 – <i>Pixels</i> que compõem as imagens de satélite e sua correlação com uma matriz	46
Figura 16 – Resolução radiométrica	47
Figura 17 – Localização do Maciço da Tijuca	51
Figura 18 – a e b Movimentos de massa ocorridos no maciço da Tijuca em 1966 e 1996	55

Figura 19 – Mapa pluviométrico do maciço da Tijuca	56
Figura 20 – Média histórica do volume de chuvas e dias com chuva entre 1871 e 1990	57
Figura 21 – Acumulados mensais (mm) de Abril de 2010 nas estações localizadas no maciço da Tijuca e entorno	58
Figura 22 – Perfil geológico do maciço da Tijuca (adaptado de Pires e Heilbron, 1989)	58
Figura 23 – Mapa das litologias na área de estudo	59
Figura 24 – Indicação dos pontos de controle para o levantamento geodésico e correções geométricas das imagens	65
Figura 25 – Chave de classificação classe afloramento rochoso	72
Figura 26 – Chave de classificação classe campo	73
Figura 27 – Chave de classificação classe solo exposto	74
Figura 28 – Chave de classificação classe floresta	75
Figura 29 – Chave de classificação classe sombra	75
Figura 30 – Chave de classificação classe água	76
Figura 31 – Chave de classificação classe “área edificada”	77
Figura 32 – a e b Áreas não classificadas, devido a impossibilidade de se visualizar a classe por polígono, optou-se por demonstrar uma área afetada pela classe	78
Figura 33 – Fluxograma para construção do MDE	80
Figura 34 – Modelo Digital de Elevação do Terreno	80
Figura 35 – TIN gerado a partir do MDE	81
Figura 36 – Declividade das encostas do Maciço da Tijuca	81
Figura 37 – Aspecto das encostas do maciço da Tijuca	82
Figura 38 – Rotina de procedimentos para a reconstituição da rede de drenagem	83
Figura 39 – Áreas de convergência de fluxo do maciço da Tijuca	83
Figura 40 – Rotina de procedimentos para mapeamento morfológico	84

Figura 41 – Concavidades e convexidades mapeadas	84
Figura 42 – Movimentos de massa de Abril de 2010 mapeados e qualificados a partir do mosaico de imagens Ikonos	85
Figura 43 – Rotina para mapeamento e qualificação da classe “Movimento de Massa”	85
Figura 44 – Movimentos de Massa por Sub-Sistemas hidrográficos	88
Figura 45 – Sub-sistemas hidrográficos do maciço da Tijuca	88
Figura 46 – Figura 46: Distribuição por bacias hidrográficas dos movimentos de massa ocorridos em Abril de 2010 no maciço da Tijuca	89
Figura 47 – Distribuição espacial dos movimentos de massa ocorridos em Abril de 2010 por bacias hidrográficas	90
Figura 48 – Número de movimentos de massa mapeados na imagem de satélite em relação a orientação das encostas do maciço da Tijuca	91
Figura 49 – Aspecto das encostas do maciço da Tijuca e a distribuição espacial dos movimentos e massa ocorridos em Abril de 2010	92
Figura 50 – Cicatrizes mapeadas por Coelho Netto <i>et al</i> (2011, no prelo)	92
Figura 51 – Imagem do vale do rio Carioca	93
Figura 52 – Mapa de Aspecto do Vale do rio da Carioca	94
Figura 53 – a,b e c: a, b e c: Fotografias oblíquas dos movimentos de massa localizados no Cosme Velho (1) e no Portal das Caboclas (2 e 3), observar nestas últimas as medidas de mitigação utilizadas	95
Figura 54 – a e b: Fotografias oblíquas dos movimentos de massa ocorridos no Cosme Velho e na “Mãe D’água”	96
Figura 55 – Mapeamento da classe Movimento de Massa a partir das imagens de satélite e seu prolongamento “ocultado” pela sombra	97
Figura 56 – Movimento de massa ocorrido no Pico do Carioca Mirim	98
Figura 57 – Aspecto das encostas no Pico do Carioca Mirim	99

Figura 58 – a,b,c e d: Movimentos de massa ocorridos nas encostas do Sumaré	100
Figura 59 – Mapa de Aspecto do Sumaré	101
Figura 60 – Mapa de Aspecto da região do Laboriaux	101
Figura 61 – Cicatrizes dos movimentos de massa no Laboriaux	102
Figura 62 – Movimentos de massa por classe de declividade	104
Figura 63 – Declividades das encostas do maciço da Tijuca e a distribuição espacial dos movimentos de massa ocorridos em Abril de 2010	105
Figura 64 – a e b: Imagem de satélite e foto oblíqua do movimento de massa ocorrido na Pedreira em atividade de Jacarepaguá	106
Figura 65 – Localização dos movimentos de massa ocorridos no condomínio de alta renda “Canto e Melo”	107
Figuras 66 – a e b: Aspectos gerais dos movimentos de massa ocorridos no condomínio “Canto e Melo”	108
Figura 67 – Total de movimentos de massa com ponto de ruptura localizado em relação a forma da encosta	110
Figura 68 – Formas Concavo-Convexo das encostas do maciço da Tijuca	110
Figura 69 – Movimentos de massa por classe de cobertura	112
Figura 70 – Movimentos de massa mapeados através da interpretação da imagem, inferidos em campo e mapeados pela equipe do Geoheco	113
Figura 71 – a e b: Polígono da classe “Movimento de Massa” no mapeamento de cobertura e em campo	114
Figuras 72 – a e b: Ponto de ruptura do movimento de massa localizado no morro do Elefante em novembro de 2009 e o movimento de massa ocorrido em Abril de 2010	116
Figuras 73 – a e b: Movimento de massa observado em campo e captação de água irregular na porção superior da cicatriz erosiva	118
Figura 74 – Mapa PEDOGEO (solos e geologia)	121
Figura 75 – Relação dos movimentos de massa de acordo com a classe de solos do PEDOGEO	122

*“Um passo à frente e você não está mais no mesmo lugar”
Chico Science*