

---

# SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG) APLICADO AO MAPEAMENTO DE ÁREAS SUSCETÍVEIS A ESCORREGAMENTO NO MUNICÍPIO DE ANGRA DOS REIS-RJ

INDIARA BRUNA COSTA MOURA MORAES<sup>1</sup>

GILBERTO PESSANHA RIBEIRO<sup>1</sup>

DANTE GAMA LARENTIS<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual do Rio de Janeiro - UERJ

Faculdade de Engenharia – FEN

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Computação\Geomática, Rio de Janeiro – RJ

[indiarab@oi.com.br](mailto:indiarab@oi.com.br)

[gilberto@eng.uerj.br](mailto:gilberto@eng.uerj.br)

<sup>2</sup> Concremat Engenharia e Tecnologia S/A

20940-200 Rio de Janeiro – RJ

[dantelarentis@yahoo.com.br](mailto:dantelarentis@yahoo.com.br)

---

**RESUMO** - O presente trabalho tem como objetivo analisar a classificação resultante do emprego da Avaliação de Multicritérios, utilizando a técnica AHP (Analytic Hierarchy Process), em ambiente SIG, para o mapeamento de áreas suscetíveis à escorregamento no município de Angra dos Reis. O estudo exigiu duas imagens Landsat 7 TM, obtidas respectivamente em 14/08/2006 e 17/06/2005. O produto gerado será comparado com os dados já existentes disponibilizados pela Defesa Civil do município, servindo de auxílio às ações no processo de gestão territorial, dando suporte ao planejamento e execução de projetos ambientais e de engenharia e apoio a tomadas de decisões governamentais, evitando novos desastres como os ocorridos em 31/12/2009.

**ABSTRACT**-This study aims to analyze the classification resulting from the use of Multicriteria Analysis, using the technique AHP (Analytic Hierarchy Process) in a GIS environment for mapping areas susceptible to slip in the city of Angra dos Reis. The study required two Landsat 7 TM images obtained on 14/08/2006 and 17/06/2005 respectively. The product will be generated compared to existing data provided by the county Civil Defense, serving actions to aid in the process of land management, supporting the planning and execution of environmental projects and engineering and support to governmental decision making, avoiding new disasters such as occurred on 31/12/2009.

---

## 1 INTRODUÇÃO

Historicamente, o acelerado processo de urbanização e o crescimento das cidades, resultantes da migração intensa da população rural para áreas urbanas, acabam por desencadear processos do meio físico, que por sua vez implicarão em degradação ambiental.

Essa intensificação do uso e do crescimento populacional e econômico ocorre normalmente associada com um aumento da intensidade do processo erosivo (LAL, 1990). A erosão do solo é um fenômeno que tem preocupado o homem nas últimas décadas, despertando grande interesse de muitos pesquisadores no que se refere às causas que levam a sua origem, evolução e controle, em razão desta atingir e inutilizar extensas áreas de terras, levando, até mesmo, a uma descaracterização completa do meio físico.

Os movimentos de massas são reconhecidos como os mais importantes processos geomórficos modeladores da superfície terrestre. Constituem-se no deslocamento de material solo e rocha vertente abaixo sob a influência da gravidade, sendo desencadeados pela interferência direta de outros meios ou agentes independentes como água, gelo ou ar (BIGARELLA et al, 2003, p. 1026).

Partindo deste contexto, o objetivo do presente trabalho consiste em elaborar, através do emprego da Avaliação de Multicritérios, em ambiente SIG, um mapeamento de áreas suscetíveis à erosão no contexto do município de Angra dos Reis, auxiliando diretamente às ações no processo de gestão territorial, dando suporte ao planejamento e execução de projetos ambientais e de engenharia.

O município de Angra dos Reis foi escolhido em virtude dos desastres ambientais ocorridos no dia 31/12/2009, pois se viu a necessidade, mesmo que tardia, do mapeamento indicativo das áreas suscetíveis à erosão para que se possa evitar uma nova catástrofe, onde dezenas de pessoas perderam as suas vidas e centenas perderam suas moradias. Não é mais permitido o desconhecimento ou o descaso sobre estas áreas. Aí se torna imprescindível o investimento em pesquisas em SIG com aplicações em tomadas de decisão, na esfera governamental.

## 2 ÁREA DE ESTUDO

O município de Angra dos Reis encontra-se localizado no litoral sul fluminense. Ele está localizado no extremo sul do estado do Rio de Janeiro – Brasil, com coordenadas geográficas na latitude 23° 00' 24"S e longitude 44° 19' 05"W, oeste de Greenwich. Sua área total é de 819 km<sup>2</sup>, onde 626 km<sup>2</sup> correspondem à parte continental e 193 km<sup>2</sup> a parte insular. A cidade de Angra dos Reis fica a cerca de 150 km da Cidade do Rio de Janeiro e a 411 km da cidade de São Paulo.

O município conta com grandes empreendimentos, entre eles as Usinas de Angra I e II e o Terminal Petrolífero da Baía da Ilha Grande (TEBIG). É cortado pela Rodovia Rio-Santos, BR 101, o que possibilita investimentos na área turística e imobiliária valorizando a região e acelerando o processo de ocupação dos melhores terrenos ao longo do litoral.

Para abranger todo o município de Angra dos Reis foram usadas 2 cenas do satélite Landsat 7(TM), datadas de 14/08/2006 e 17/06/2005, cuja resolução espacial de 30 metros atende à escala 1: 60.000.

### MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE ANGRA DOS REIS - RJ



Figura 1 – Mapa de localização do Município de Angra dos Reis, RJ.

### 3 METODOLOGIA

Nos últimos anos, diversos sistemas de apoio à decisão, apropriados à determinação, para uma ou mais finalidades, de áreas de riscos, têm sido desenvolvido ou adaptados para operar em um ambiente SIG, destacando-se aqueles que têm por base a avaliação de múltiplos critérios, como os métodos da Análise Booleana, da Combinação Linear Ponderada e da Média Ponderada Ordenada.

A diferença entre os diversos métodos está na forma de agregação dos critérios, principalmente quando se refere à maneira como tratam questões como à probabilidade de sucesso, ou risco e também a possibilidade de compensação entre as importâncias relativas dos fatores, no processo de tomada de decisão.

O objetivo da tomada de decisão multicriterial, atualmente, é identificar e selecionar o melhor curso de ação, quando se depara com um problema de decisão complexo que envolve objetivos múltiplos e até certo ponto conflitantes. Esta nova forma de encarar o processo de tomada de decisão permite a consideração de diversos fatores relevantes que possibilitam uma análise mais detalhada das vantagens e desvantagens dos alternativos cursos de ação de um sistema.

Para a tomada de decisão, ferramentas de análise que permitam reunir essas variáveis, atribuir pesos e valores as mesmas, dando prioridade às diferentes alternativas, facilitam a tomada de decisão. A análise multicriterial e um método de análise de alternativas para resolução de problema que utiliza vários critérios relacionados ao objeto de estudo, sendo possível identificar as alternativas prioritárias para o objetivo considerado (FRANCISCO et al., 2007). Distintos métodos de análise multicriterial representam diferentes formas de aproximação para a tomada de decisão. Segundo Fidalgo (2003) e Zuffo (1998), a seleção do método depende do problema particular considerado, das preferências do tomador de decisão e de muitos outros fatores (SARTORI, 2010).

O presente trabalho utiliza a técnica AHP (Analytic Hierarchy Process) no mapeamento e análise das áreas suscetíveis a escorregamentos, elaborado a partir do mapeamento das áreas que possuem características físicas propícias à ocorrência de escorregamentos, sendo um passo importante para a realização de futuras pesquisas pontuais.

O AHP é um método para auxiliar as pessoas na tomada de decisões complexas. Mais do que determinar qual a decisão correta, o AHP ajuda as pessoas a escolher e a justificar a sua escolha. Este método tem como base a representação de um problema complexo através da estruturação hierárquica do mesmo, objetivando priorizar os fatores na análise das diversas alternativas. Basicamente, o AHP, procura decompor um problema em uma estrutura hierárquica descendente que se assemelha a uma árvore genealógica, como mostra a figura 2.

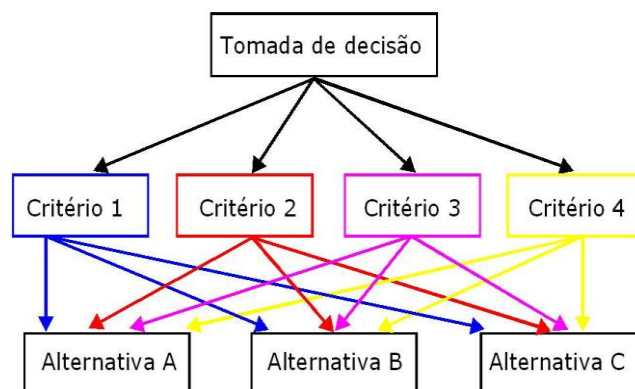


Figura 2 – Estrutura hierárquica descendente que se assemelha a uma árvore genealógica.

Este processo segue quatro etapas básicas:

1) - Etapa de estruturação hierárquica: consiste da definição do objetivo global e decomposição do sistema em vários níveis de hierarquia. A hierarquia é composta dos eventos e suas respectivas relações, podendo a mesma ser simples ou composta.

2) – Etapa de comparação paritária dos elementos em cada nível do sistema: a comparação por pares se constitui em um julgamento comparativo através da atribuição de pesos, onde se procura determinar a importância relativa de cada elemento de um nível hierárquico com relação a cada critério no nível imediatamente superior. Estes pesos são

determinados por uma escala de julgamentos sugerida por Saaty variando de 1 quando os critérios são de mesma importância a 9 para importância absoluta de um critério sobre outro.

Tabela 1 – Valores de graus de importância relativa entre os fatores

Menos Importante				Igual	Mais Importante			
1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Extremamente	Muito	Moderado	Pouco	Igual	Pouco	Moderado	Muito	Extremamente

A partir destes, forma-se então a matriz de comparação paritária. A comparação paritária é representada por uma matriz quadrada cujos elementos são os pesos atribuídos à comparação entre dois elementos  $A_i$  e  $A_j$ . Salienta-se que esta é uma matriz recíproca na qual todo elemento  $A_{ij}$  corresponde um  $A_{ji} = 1/A_{ij}$  e todo  $A_{ii} = 1$

Tabela 2 – Exemplo de uma matriz de comparação pareada

Fatores	Uso do Solo	Tipo de Solo	Declividade	Prox. Urbana	Prox. Acesso
Uso do Solo	1				
Tipo de Solo		1			
Declividade			1		
Prox. Urbana				1	
Prox. Acesso					1

A matriz apresenta uma inconsistência de julgamento quando  $A_{ij} \cdot A_{jk} \neq A_{ik}$  podendo esta inconsistência ser tolerável até um certo limite. A tolerabilidade da inconsistência desta matriz é determinada através de um índice denominado “Índice Randômico” que é fornecido por uma tabela e é função da dimensão da matriz de comparação.

3) – Etapa de priorização dos elementos do sistema: nesta fase, através da matriz de comparação, obtém-se o vetor de prioridade relativa por um autovetor que viabiliza a determinação do grau de importância dos elementos em cada nível hierárquico.

4) - Etapa de sintetização de prioridades: esta fase tem como objetivo definir a prioridade global dos planos alternativos, através da multiplicação dos elementos da matriz de prioridades relativas destes planos, pelas prioridades relativas dos critério.

O trabalho teve seu início com a definição dos seguintes critérios que serão respeitados para que se obtenha o mapa de suscetibilidade a escorregamentos.

- MDEHC – Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente, obtido a partir do Modelo Digital de Elevação do IBGE;
- Carta Geomorfológica, adquirida no banco de dados online da CPRM;
- Mapa de Uso do Solo, confeccionado a partir da classificação das imagens Landsat 7 e da reambulação utilizando as ortofotos fornecidas pelo IBGE;
- Carta de Declividades e Classes de Declividades, produzida a partir do MDE;
- Mapa Pedológico, adquirida no banco de dados online da CPRM;
- Mapa Geológico, adquirida no banco de dados online da CPRM.

O passo seguinte consistiu na padronização dos mapas. A padronização, além de transformar as unidades (classes ou layers) dos mapas para uma única base de mensuração, serve também para hierarquizar internamente cada unidade do mapa, mostrando como varia espacialmente a aptidão para geração de mapas de suscetibilidade a escorregamentos.

Após o processo de padronização dos mapas a etapa seguinte, ainda em construção, será a ponderação dos mapas, para que cada qual possua um respectivo peso, indicando assim seu grau de importância dentro do processo de tomada de decisão. Com a obtenção dos pesos de cada mapa será criada uma equação matemática que determinará a forma como o software realizará a análise espacial, para a geração do mapa final de suscetibilidade a escorregamentos do município de Angra dos Reis, RJ.

#### 4 RESULTADOS ESPERADOS

Espera-se com aplicação desta metodologia gerar mapa de suscetibilidade a escorregamento de massa do município de Angra dos Reis e validar os dados obtidos com os dados de escorregamento já existentes disponibilizados pela Defesa Civil do município. Com isso, procura-se contribuir de forma técnica para a reurbanização da cidade de forma consciente e evitar novas catástrofes como as ocorridas em 31/12/2009.

## REFERÊNCIAS

- BARROS, M. A.; MOREIRA, M. A.; RUDORFF, B. F. T.; **Processo analítico hierárquico na identificação de áreas favoráveis ao agroecossistema cafeeiro em escala municipal**. Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira., v.42, n.12, p.1769-1777, 2007.
- BAPTISTA, Alessandra Carreiro. Avaliação **da suscetibilidade aos movimentos de massa, erosão e escoamento superficial em Nova Friburgo, RJ**. Viçosa. UFV: 2009. Tese (Doutorado em Engenharia Civil. Programa de Pós – Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.
- \_\_\_\_\_. **Análise da paisagem e identificação de áreas suscetíveis a movimentos de massa na APA Petrópolis: subsídio ao planejamento urbano**. Viçosa. UFV: 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil. Programa de Pós – Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.
- BIGARELLA, J. J, et al. (2003) **Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais**. Vol.3, Cap.8, Editora da UFSC. Florianópolis, 1026-1098 p.
- CARDOZO, F.S.; **Análise Das Áreas Suscetíveis a Inundações e Escorregamentos Na Bacia Do Rio Forquilhas, São José / Sc**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina. 2009.
- CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M; MEDEIROS, J. S. de; **Introdução à Ciência da Geoinformação: Capítulo 7 – Modelagem Numérica de Terreno**. INPE: São José dos Campos, 2004.
- CHACÓ, J.; IRIGARAY, E.C.; FERNANDEZ, E.T.; HAMDOUNI R. **Engineering Geology Maps: Landslides and Geographical Information Systems**. Bull Eng Geol Environ (2006) 65:341–411.
- FERNANDES, N. F.; GUIMARÃES, R. F., GOMES, R. A. T.; VIEIRA, B. C.; MONTGOMERY, D. R. E GREENBERG, H. **Condicionantes Geomorfológicos dos deslizamentos nas encostas: avaliação de metodologias e aplicação de modelo de previsão de áreas susceptíveis**. Revista Brasileira de Geomorfologia, vol. 2, nº 1, 2001.
- FIDALGO, E. C. C. **Critérios para a análise de métodos e indicadores ambientais usados na etapa de diagnósticos de planejamentos ambientais**. 2003. Total p. Tese (Doutorado em planejamento e desenvolvimento rural e sustentável) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.
- FRANCISCO, C. E. S.; COELHO, R. M.; TORRES, R. B.; ADAMI, S. F. **Espacialização de análise multicriterial em SIG: prioridades para recuperação de Áreas de Preservação Permanente**. AnaisXIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 2643-2650.
- GIBOSHI, M. L.; RODRIGUES, L. H. A.; NETO, F. L.; **Sistema de suporte à decisão para recomendação de uso e manejo de terra**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 10, n. 4, p.861-866, 2006.
- JUNIOR, A. F. do A.; **Mapeamento Geotécnico aplicado a análise de processamento de movimentos de massa gravitacionais: Costa Verde – RJ – Escala 1:10.000**. Dissertação de Mestrados, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2007.
- LAL, R. **Soil Erosion in the Tropics: Principles and management**. McGraw-Hill, Inc, 1990, 580p.
- LIMA, S. T.; DE SOUZA, J. B.: **O geoprocessamento aplicado na identificação de áreas com susceptibilidade a movimento de massas no Parque das Mangabeiras em Belo Horizonte – MG**. revistas.unibh.br.pdf
- RODRIGUES, B. B.; **Proposta de Sistemática para tomada de decisão relativa a movimentos de massa gravitacionais: aplicação em Ouro Preto (MG)**. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, 2002.
- SAATY, T.L. (1980). **The Analytic Hierarchy Process**. New York: McGraw-Hil.

SAATY, T.L.; **Método de Análise Hierárquica**, Livro, São Paulo, Editora Makron, 1991.

SARTORI, A. **Avaliação da classificação hidrológica do solo para a determinação do excesso de chuva do método do serviço de conservação do solo dos Estados Unidos**. Dissertação (Mestrado)–FEC/UNICAMP, 2004.

STRAUCH, J. C. M.; SOUZA, J. M.; MATTOSO, M. L. de Q.; **Estudo dos modelos de dados dos Sistemas de Informação Geográfica ARC/INFO e SPRING**. Programa de Engenharia de Sistemas e Computação, COPPE/ UFRJ, 1998.

TOMINAGA, L. K.; **Avaliação de metodologias de análise de risco a escorregamentos: aplicação de um ensaio em Ubatuba, SP**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Universidade de São Paulo, 2007.

ZMITROWICZ, W.; **Planejamento Territorial Urbano**. ISSN 1413-0386, TT/PCC/24. Texto Técnico, Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 2002.

ZUFFO, A. C. **Seleção e aplicação de métodos multicriteriais ao planejamento ambiental de recursos hídricos**. Tese de doutorado, EESC/USP, São Carlos. 1998.