

## LEVANTAMENTO DA REDE DE DRENAGEM ARTIFICIAL COMO ELEMENTO PARA ELABORAÇÃO DE UM MAPA DE RISCO. MUNICÍPIO DE ANGRA DOS REIS, RIO DE JANEIRO.

Nathalia Lacerda de Carvalho  
[lacerdanathalia@gmail.com](mailto:lacerdanathalia@gmail.com)  
Ana Carolina Facadio Campello  
[cfacadio@gmail.com](mailto:cfacadio@gmail.com)  
Ingrid dos Santos Araújo  
[iaraujo.ufrj@gmail.com](mailto:iaraujo.ufrj@gmail.com)  
Anderson Mululo Sato  
[sato@ufrj.br](mailto:sato@ufrj.br)  
Ana Luiza Coelho Netto  
[ananetto@globocom.com](mailto:ananetto@globocom.com)

**EIXO TEMÁTICO:** RISCOS, SOCIEDADE E FENÔMENOS DA NATUREZA.

### RESUMO

As áreas montanhosas na interface entre a floresta e o urbano são reconhecidas pela associação com movimentos gravitacionais, porém esses eventos podem assumir uma dimensão catastrófica quando associados aos riscos promovidos pelo uso e ocupação dos centros urbanos (Coelho Netto, 2005). Tendo em vista os destrutivos eventos ocorridos no município de Angra dos Reis em Janeiro de 2010, a equipe do GEOHECO/UFRJ compôs o projeto "Mapeamento de Risco a Deslizamentos na Cidade de Angra dos Reis e distrito de Ilha Grande". O levantamento dos equipamentos urbanos para escoamento das águas pluviais e saídas d'água foram importantes componentes para a elaboração do mapa. Sendo assim, consideramos as entradas pontuais de água no solo um subsídio relevante na composição da análise de susceptibilidade e risco frente à iniciação de escorregamentos nos domínios das encostas.

**Palavras – chave:** encostas, interface urbano-florestal, drenagem artificial, susceptibilidade a deslizamentos.

### ABSTRACT

Mountainous areas in the interface between forest and urban are recognized by the association with gravitational movements, but these events can take a catastrophic dimension when associated risks caused by the use and occupation of urban centers (Coelho Netto, 2005). Given the destructive events in the city of Angra dos Reis in January 2010, the team GEOHECO / UFRJ wrote the project "Mapping the Risk Slip on Angra dos Reis city and district of Ilha Grande." The survey of urban infrastructure for water flow and outputs of water were important components for the preparation of the map. So, it is a timely provides relevant inputs in soil water and an element to compose an analysis of risk and susceptibility to the initiation of landslides in areas of the slopes.

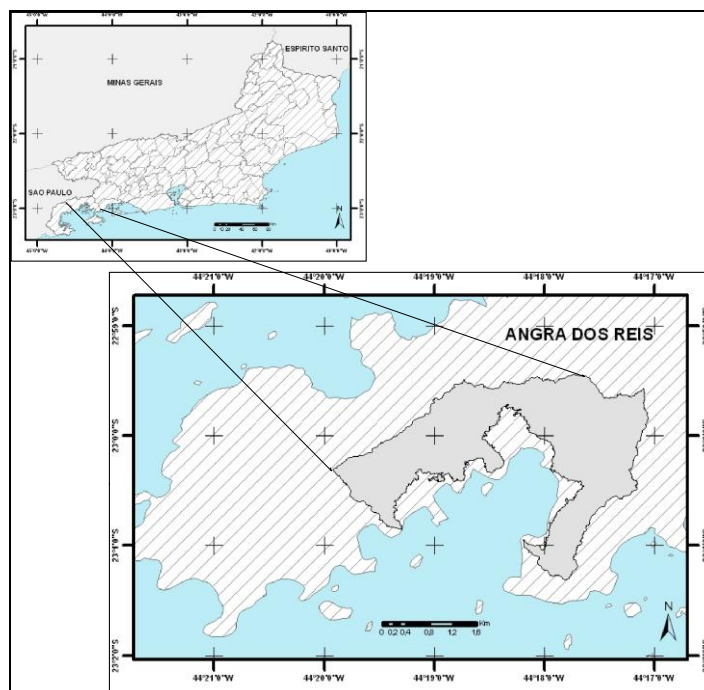
**Key-words:** slopes, urban-forest interface, artificial drainage, landslides susceptibility

## INTRODUÇÃO

Os deslizamentos em encostas são recorrentes no município de Angra dos Reis, sobretudo no período de verão, com efeitos danosos nos âmbitos sociais, econômicos e ambientais. A área central concentra grande parte da população e foi bastante atingida no evento de janeiro de 2010, culminando com a tragédia do Morro da Carioca, amplamente divulgada pela mídia.

Diante de uma demanda urgente de implementar medidas mitigadoras e de prevenção aos desastres dessa natureza, foi realizado um trabalho pelo GEOHECO/ UFRJ<sup>2</sup> voltado à análise e mapeamento da susceptibilidade e risco frente aos deslizamentos na bacia central do município e distrito de Ilha Grande. No presente trabalho a área de estudo se restringiu à bacia central de Angra dos Reis.

Segundo observações de campo, grande parte dos deslizamentos de 2010 foi associada a problemas de drenagem urbana e manutenção de seus equipamentos. Neste trabalho, especificamente, buscou-se analisar a distribuição espacial dos principais elementos associados a este tipo de drenagem. Esta análise foi posteriormente articulada com outros aspectos de campo que, compilados, geraram as bases temáticas afins para compor o mapa de susceptibilidade e risco em escala 1:5000.



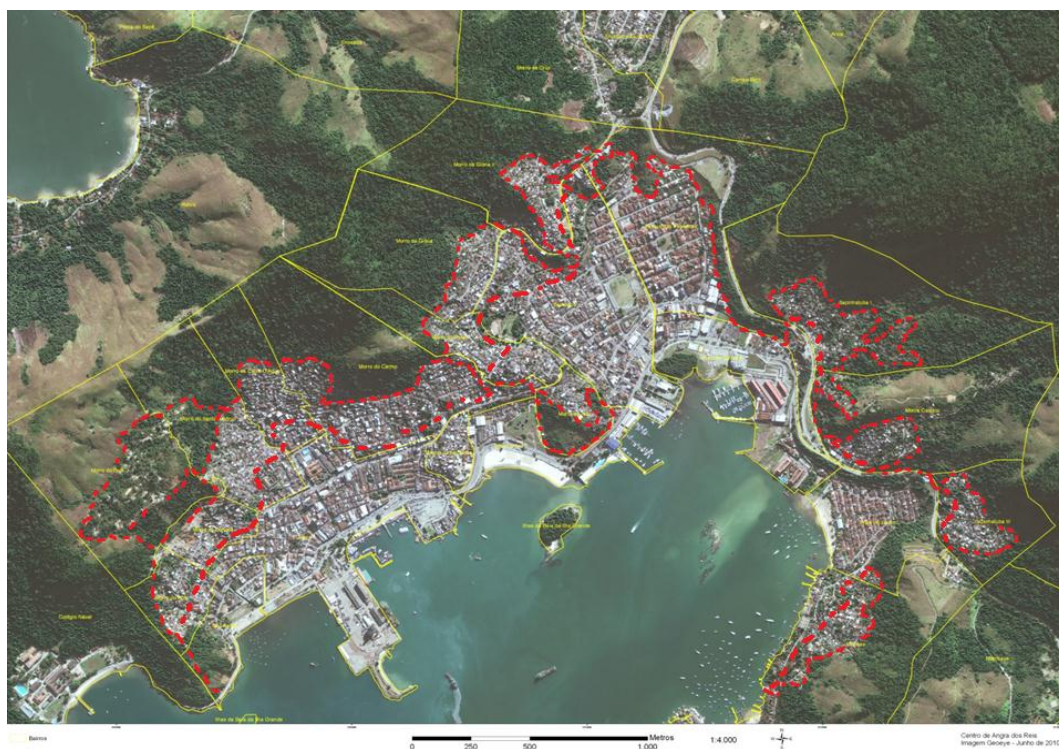
**Fig. 1.** Localização da área de estudo: sistema hidrográfico que drena a porção central do município de Angra dos Reis (RJ), delimitado entre o divisor de águas e a cota altimétrica de 10 m.

## OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a relevância das injeções pontuais de água no solo como elemento que potencializa a susceptibilidade frente à iniciação de escorregamentos no domínio de encostas. Como objetivo específico buscou-se mapear os elementos relacionados à hidrologia de encostas e erosão superficial a fim de relacioná-los com os deslizamentos do evento de Janeiro de 2010. Os pontos de canais naturais e artificiais levantados em campo foram comparadas com a drenagem gerada automaticamente pelo software ArcHydro tendo como base o Modelo Digital de Elevação (MDE) permitindo dessa forma realizar ajustes e correções no modelo gerado pelo programa.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O levantamento foi conduzido entre a zona de vegetação e as construções urbanas de ocupação formal e informal (fig. 2), em uma faixa de 500m adentro da área construída, priorizando o reconhecimento das fugas d'água no percurso entre a captação e a distribuição de água para abastecimento da população residente. Essa área de interface florestal-urbano foi entendida como prioritária tendo em vista que seus moradores não têm acesso à distribuição formal de água e esgoto, captando água das fontes naturais direto para suas casas, e, dessa forma, multiplicando a formação de uma rede de distribuição de águas inapropriada, ao passo que, à jusante, prevalece a distribuição formal.



**Fig. 2.** Zona de contato floresta/ área urbana e faixa de 500m adentro da área construída, em vermelho, onde foi o feito o levantamento nas campanhas de campo.

As encostas ocupadas por construções urbanas apresentam uma rede de drenagem artificial composta por canos, canaletas, bueiros, escadas de acesso e vias preferenciais de escoamento pluvial e esgoto, que foram localizadas com GPS 60CSx, datum WGS84, registradas em planilhas e fotografias (fig.3), permitindo uma escala detalhada de observação, coerente com a elaboração de um mapa em escala 1:5.000.

A partir dessa quantificação e qualificação dos componentes de drenagem artificial, os pontos localizados foram plotados no software ArcGIS 9.3 e sobrepostos ao mapa de susceptibilidade do terreno frente aos deslizamentos, elaborado pela Equipe GEOHECO-UFRJ, gerando uma distribuição espacial dos dados de campo.



**Fig. 3.** Sistemas urbanos de drenagem levantados em campo. **A** - saída d'água; **B** - escada de acesso; **C** - cano rompido; **D** - canaleta; **E**- vazamento em cisterna e caixa d'água = ponto de interesse (POI).

Os exemplos identificados acima estão espacialmente distribuídos no mapa de susceptibilidade e distribuição espacial das injeções pontuais de água no solo da área central do município de Angra dos Reis – RJ.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES:

A área total do sistema hidrográfico central de Angra do Reis é de 647,66 há, levando em consideração somente a área de estudo acima da cota de 10 metros, sendo 14,43% coberto por vegetação arbustiva e rasteira e 52,95% coberto por floresta degradada, principalmente nessa área de interface entre área urbana e área vegetada. Na porção correspondente à área de estudo foram observadas diferentes condições de injeção pontual de água no solo em associação aos elementos indicados na Tabela 1. Sobressaem as saídas de água representadas por tubulações sem manutenção como mangueiras, canos do tipo Pelé e tubos de PVC, seguindo dos pontos de interesse associado à cisternas, caixas d'água e afins, assim como as canaletas em má conservação que não possibilitam o direcionamento adequado dos fluxos de água pluvial. Não foram observados muitos casos de bueiros como possível injeção de água.

**Tabela 1- Número de elementos mapeados de alta relevância de acordo com a susceptibilidade:**

Susceptibilidade	POI*	Bueiros	Saídas d'água	Canaletas	Escadas	Total
Muito Alta	12	1	23	5	2	43
Alta	6	1	4	2	2	15
Média	5	1	9	2	8	25
Baixa	0	1	5	1	0	7

A partir da tabela acima identificamos que os pontos de interesse (POI\*), as saídas d'água e canaletas correspondem a pontos localizados em áreas onde a susceptibilidade é muito alta e, sendo assim, se mostraram como uma informação relevante na composição do mapa, visto que estes podem ter relação direta com a detonação dos escorregamentos no domínio das encostas.

**Tabela 2**

Bairros	Susceptibilidade (%)				IPA*	Deslizamentos
	Muito Alta	Alta	Média	Baixa		
São Bento	52,49	7,11	21,7	18,69	1	0
Morro do Abel	8,87	28,24	58,08	4,81	2	0
Morro da Carioca	14,43	19,1	58,45	8,02	1	2
Morro do Bulé	27,53	53,39	4,93	14,15	2	3
Morro Santo Antônio	32,89	28,96	27,91	10,24	3	2
Morro da Caixa d'água	46,5	17,29	30,37	5,85	3	0
Morro do Carmo	28,9	26,23	34,53	10,34	8	1
Morro do Perez	33,06	31,55	22,42	12,96	4	1
Morro do Tatu	48,71	24,02	17,4	9,86	2	0
Morro da Glória I	41,78	30,45	15,6	12,17	6	3
Morro da Glória II	38,47	36,17	16,13	9,23	11	2
Parque das Palmeiras	17,69	30,89	15,04	36,38	1	3
Sapinhatuba I	50,27	34,45	6,14	9,15	22	2

Monte Castelo	24,13	37,97	22,64	15,26	14	2
Sapinhatuba III	22,38	31,21	34,06	12,35	3	1
Praia do Jardim	21,39	29,99	19,81	28,8	1	8
Marinas	31,52	40,61	20,87	7	4	1

De acordo com a tabela 2, foram identificadas 88 injeções pontuais de água no solo (IPA\*), 31 deslizamentos ocorridos em janeiro de 2010 e calculados o percentual de susceptibilidade de acordo com a área total do bairro dividida pela área correspondente a cada nível de susceptibilidade: muito alta, alta, média e baixa.

Deve-se dar atenção a bairros como o Morro do Carmo, em que a susceptibilidade é 34,53% média e só ocorreu um deslizamento em 2010. Porém, as entradas pontuais de água somadas em 8 são significativas. Assim, acredita-se que locais com esse padrão podem desenvolver condições propícias a futuros escorregamentos.

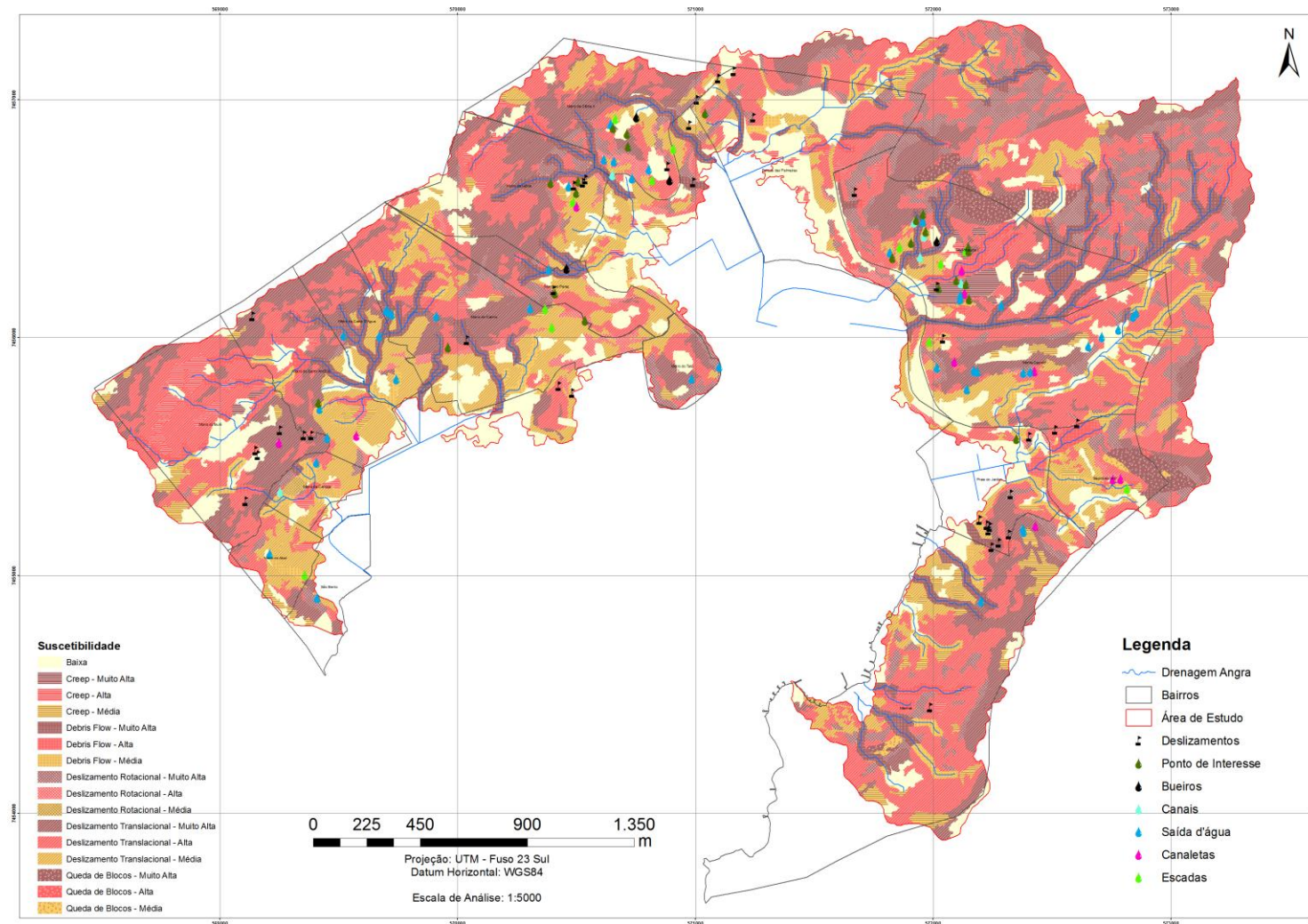
Os bairros de Sapinhatuba I e Morro da Glória I e II apresentam susceptibilidade muito alta e bastante injeções de água, de modo que estão em condição de alta vulnerabilidade, assim como Monte Castelo, que apresentou susceptibilidade alta e 14 injeções pontuais de água. No mapa de susceptibilidade e distribuição espacial das injeções pontuais de água no solo da área central do município de Angra dos Reis – RJ pode ser visualizado o nível de susceptibilidade correspondente à área em que estas injeções se concentram. Para Fell et al (2008), vulnerabilidade refere-se ao grau de perda de certo elemento ou conjunto de elementos dentro de uma área afetada por deslizamentos. Já as medidas de remoção e valoração das moradias situadas nessas áreas podem ser extraídas a partir do parâmetro risco, que de acordo com Fell et al. (2008) trata-se do produto da probabilidade de um fenômeno vir a ocorrer multiplicado pelas consequências materializadas<sup>3</sup>.

No caso do Morro da Carioca, o deslizamento de grande proporção que afetou as moradias situadas abaixo da cicatriz teve como principal causa para a sua detonação as saídas d'água oriunda das residências localizadas no Morro do Bulé (Fig. 4 e 5), situado a montante do bairro da Carioca. A detonação do deslizamento ocorreu dentro do perímetro do bairro Bulé, porém os danos tiveram repercussão no bairro Carioca.



**Fig. 4 e 5.** Deslizamento no Morro da Carioca em detalhe. Uma saída d'água detonou o deslizamento.

<sup>3</sup> Risco segundo Fell et al (2008):  $R = (f)$  susceptibilidade do terreno x ocorrências x consequências (sócio-econômicas e ambientais).



Mapa de susceptibilidade e distribuição espacial das injeções pontuais de água no solo da área central do município de Angra dos Reis – RJ.



## CONCLUSÃO

O levantamento da rede de drenagem em campo possibilitou a comparação e os ajustes com a drenagem gerada automaticamente no Modelo Digital de Elevação (MDE) pelo software ArcHydro o que contribui para uma melhor qualidade do mapa em escala de detalhe, no caso deste trabalho, 1:5.000.

Grande parte da detonação dos deslizamentos teve relação direta com a concentração de injeções pontuais de água no solo validando, portanto, a identificação das fugas d'água como relevante na indicação das áreas de risco.

Os diferentes usos da floresta, principalmente na zona de contato com a área urbana, se tornam indicadores de degradação, como abertura de trilhas, captação de água de nascentes a montante, construção de cisternas, lixo e fogo.

Os bairros da parte central do município de Angra dos Reis estão em grande parte situada em áreas de muito alta ou alta susceptibilidade, onde de acordo com FELL (2008) susceptibilidade pode ser entendida como a avaliação quantitativa ou qualitativa dos tipos, volumes ou área de deslizamentos que existem ou potencialmente podem ocorrer, tanto para a sua iniciação quanto para a propagação.

Os fundos de vale são áreas receptoras de fluxos, que somados ao alto Índice de Eficiência de Drenagem (IED) da bacia e morfologia côncava da encosta, se tornam um indicador de vulnerabilidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

Coelho Netto A. L. (2005) A Interface Florestal-Urbana e os Desastres Naturais Relacionados à Água no maciço da Tijuca: Desafios ao Planejamento Urbano numa Perspectiva Sócio Ambiental, in: Revista do Departamento de Geografia, 16, pp.

Coelho Netto, A. L. (2010) Vulnerabilidade em Geocossistemas Montanhosos e Desastres Causados por Deslizamentos na Interface Florestal-Urbana: controles geológicos, geomorfológicos e geoecológicos.

Fell, R., Corominas, J., Bonnard, C., Cascini, L. Leroi, E., Savage W. (2008) Guidelines for landslides susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning . Engineering Geology, 102: 83-84pp.

## NOTAS:

1. Laboratório de Geo-Hidroecologia (GEOHECO), Departamento de Geografia / Instituto de Geociências/ Universidade Federal do Rio de Janeiro.
2. Este trabalho foi solicitado pela Secretaria do Estado do Ambiente do Rio de Janeiro (SEA-RJ) à COOPE/UFRJ, sob interveniência da Fundação COPPETEC.