

---

## ANÁLISE ESPACIAL DOS MOVIMENTOS DE MASSA EM NOVA FRIBURGO/RJ: O CASO DO DESASTRE NATURAL DE JANEIRO DE 2011

### Spatial analysis of mass movements in Nova Friburgo / RJ: Natural disaster in January 2011 case

*Gustavo Medeiros de Pinho*

*Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Cartográfica do Instituto Militar de Engenharia (IME)  
gmpinho@gmail.com*

*Cristiane Nunes Francisco*

*Professora do Departamento de Análise Geoambiental, Universidade Federal Fluminense (UFF)  
crisgeouff@gmail.com*

*Carla Maciel Salgado*

*Professora do Departamento de Geografia, Universidade Federal Fluminense (UFF)  
carlasalgado@id.uff.br*

Artigo recebido em 24/03/2013 e aceito para publicação em 01/06/2013

**DOI: 10.12957/tamoios.2013.5355**

#### **Resumo**

Em janeiro de 2011, a região serrana do Estado do Rio de Janeiro vivenciou uma grande catástrofe natural, quando chuvas torrenciais caíram em poucas horas, deflagrando inúmeros movimentos de massa e inundações. Neste trabalho foram analisadas as relações espaciais entre as cicatrizes dos movimentos de massa, o uso e cobertura da terra, a declividade, as linhas de drenagem (linhas de convergência de águas) e os topos de morros no bairro de Córrego D'Antas, localizado no município de Nova Friburgo. Por meio de mapeamentos empregando técnicas de geoprocessamento, verificou-se que as cicatrizes de movimentos de massa tiveram grande ocorrência nas classes de declividade acima de 30%, de vegetação arbórea, de faixa marginal de linhas de drenagem e de topos de morro.

**Palavras-chave:** escorregamentos; sistema de informações geográficas; áreas de preservação permanente; desastre natural; chuvas torrenciais.

#### **Abstract**

In January 2011, the mountainous region of the Rio de Janeiro State experienced a great natural disaster, when torrential rains fell in a few hours, triggering numerous mass movements and flooding. This study analyzed the spatial relationship between the scars of mass movements, the land use and land cover, the slope, the drainage lines and the hilltops in the district of Córrego D'Antas, located in Nova Friburgo. Using GIS techniques, it was found that the scars of mass movements had occurred predominantly at slopes over 30%, forest cover, marginal strip of drainage lines and hilltops.

**Keywords:** mass movements; geographic information system; permanent preservation areas; natural disaster; torrential rains.

## INTRODUÇÃO

No Brasil, assim como em muitos países de clima tropical úmido, movimentos de massa associados a períodos de precipitação intensa são recorrentes e grandes causadores de inúmeras perdas humanas e prejuízos econômicos nas regiões atingidas. Embora este tipo de processo ocorra em outras áreas climáticas, as condições de temperatura alta e de frequência e intensidade pluviométrica elevadas criam espessos mantos de intemperismo e/ou solos, inclusive em situações de grande declividade. Tal combinação predispõe a processos de escorregamentos, corridas de detritos, rastejos etc., resultando num deslocamento de materiais terrosos de grandes proporções.

Meis e Xavier-da Silva (1968), assim como outros autores, já reportavam a suscetibilidade a movimentos de massa no Brasil, comentando sobre depósitos antigos (de idade pleistocênica e mais recente) relacionados a este tipo de processo. As áreas mais atingidas por movimentos de massa, segundo os autores, se concentram no Brasil Oriental, confirmando informações e referências citadas mais recentemente por Bressani e Bertuol (2012).

Embora sejam processos razoavelmente comuns no mundo todo, a diversidade de materiais (diferentes tipos de solo, de detritos, de mantos intemperizados e de rochas) combinada aos mecanismos de ruptura do movimento dificulta o estabelecimento de uma classificação e nomenclatura únicos, havendo a referência a vários autores (FERNANDES E AMARAL, 1996).

Os estudos de áreas atingidas por movimentos de massa podem se tornar mais complexos se for considerada a conectividade da paisagem. Neste caso, Brierley *et al.* (2006) relatam a conectividade entre os setores de uma vertente, da vertente com a planície fluvial, entre os canais tributários e o principal, além de outras situações. Desta forma, o material deslocado do alto de uma encosta por desencadear a movimentação de outros materiais até a sua base, atingindo ainda o canal fluvial adjacente. Neste, os detritos podem causar assoreamento, represamento momentâneo ou não, ou serem retrabalhados pelo fluxo do rio.

No Brasil, ocorreram eventos de grande magnitude onde a conectividade entre encosta-rio ficou evidente. Meis e Xavier-da-Silva (1968), por exemplo, relataram que o escorregamento na Estrada de Furnas (município do Rio de Janeiro, em janeiro de 1966) atingiu o rio Cachoeiras, represando-o momentaneamente. Em janeiro de 1967, outro grande episódio de chuvas intensas e movimentos de massa ocorreu na Serra das Araras, abrangendo os municípios de Pirai e Barra do Pirai (Estado do Rio de Janeiro). Jones (1973) produziu um detalhado trabalho sobre o evento, relatando a ocorrência de escorregamentos e corridas de lama convergindo para fundos de vale. Houve uma estimativa de mais de 1700 mortes, além de ter afetado a produção de energia e o abastecimento de água potável, implicando num racionamento, especialmente no município do Rio de Janeiro.

Outros eventos mais recentes e de grandes proporções são apresentados por Fernandes e Amaral (1996) e por Bressani e Bertuol (2012), nos estados do Rio de Janeiro, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Apesar de chuvas intensas e características geológicas e geomorfológicas serem apontadas como condicionantes dos movimentos de massa, diferentes tipos de uso e cobertura da terra, incluindo obras de engenharia (estradas, construções residenciais, obras de drenagem urbana etc.) também são relatados como fatores importantes em vários episódios.

Em janeiro de 2011, principalmente os municípios de Nova Friburgo, Petrópolis e Teresópolis, localizados na região serrana do estado do Rio de Janeiro, vivenciaram uma nova catástrofe que, segundo a Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do Estado do Rio de Janeiro (SNDIC, 2011), mais de nove mil pessoas ficaram desabrigadas e foram contabilizadas 870 mortes, sendo aproximadamente 420 só no município de Nova Friburgo.

Como colocado anteriormente, as características fisiográficas da região serrana fluminense contribuem para esses processos: encostas íngremes, vales estreitos, rochas com alto grau de intemperismo, contato abrupto rocha-solo, litologias com fraturas etc. Além disso, os municípios mais atingidos apresentam um expressivo número de habitantes, concentrados na área urbana que se espalha dos fundos de vale mais amplos em direção às encostas. Nestas também se observam vários tipos de cobertura vegetal, nascentes de rios e afloramentos rochosos.

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar as relações espaciais entre as cicatrizes dos movimentos de massa, criadas pelo episódio de janeiro de 2011, e o uso e cobertura da terra, a declividade, as linhas de drenagem (linhas de convergência de águas) e os topos de morros. Estes últimos constituem elementos fisiográficos que caracterizam algumas categorias de Áreas de Proteção Permanente (APPs, segundo Código Florestal - Lei nº 12.651/2012), muito significativas em ambientes montanhosos, entre elas as faixas marginais dos corpos d'água, os topos de morros e as encostas com declividade acentuada.

Para o desenvolvimento deste trabalho, foi selecionado o bairro de Córrego D'Antas (área de 5,08km<sup>2</sup>), localizado no município de Nova Friburgo, por ter sido uma das áreas mais afetadas por este desastre natural.

## ÁREA DE ESTUDO

O município de Nova Friburgo, onde se situa a área de estudo, está localizado na região serrana do estado do Rio de Janeiro (Figura 1), na porção da Serra do Mar denominada como Serra dos Órgãos, inserida na unidade geomorfológica Planalto do Reverso da Serra dos Órgãos (DANTAS, 2001). É constituído por um relevo predominantemente montanhoso a escarpado, com altitude média superior a 900 m e pontos mais altos que ultrapassam 1300 m.

Em relação aos aspectos geológicos, verifica-se a presença de diversas rochas graníticas e ortogneisses do Terreno Oriental da Faixa Ribeira. Tais rochas possuem diferentes graus de deformação dúctil e rúptil, predominando as direções NW-SE e NE-SW (TUPINAMBÁ *et al.*, 2012).

As normais climatológicas (1961-1990) calculadas para a estação meteorológica de Nova Friburgo, operada pelo Inmet (lat. 22°15'S, long. 42°31'W e altitude 856,6m), possuem valores de temperatura do ar de 18° C, umidade relativa de 80% e precipitação anual de 1279,8mm. Os meses com as maiores médias mensais de precipitação são janeiro (232,1mm) e dezembro (221,2mm), enquanto agosto apresenta a menor média (23,7mm), indicando chuvas de verão aproximadamente 9 vezes maior que no inverno.

O Posto Pluviométrico de Vargem Grande, situado ao sul do município (lat. 22:16:36S, long. 42:30:08W, 680m de altitude, código 02242020), registrou o acumulado pluviométrico de 434,5mm no mês de dezembro/2010 e de 253,9mm até o dia 12 de janeiro de 2011, quando ocorreram os escorregamentos. Além da grande quantidade de chuvas anteriores, em 12 de janeiro houve a precipitação de 183mm/24h (registro do Posto Vargem Grande), totalizando 688,4mm de chuva em 63 dias.

Segundo Garcia e Francisco (2013) aproximadamente 60% do território de Nova Friburgo está coberto por florestas (vegetação arbórea e arbórea-arbustiva). Estas estão relacionadas ao bioma Mata Atlântica (Floresta Ombrófila Densa - SANTOS, 2004). O número de habitantes é de 182 mil (IBGE, 2011) e a ocupação urbana compreende 3,4% do município (GARCIA e FRANCISCO, 2013).

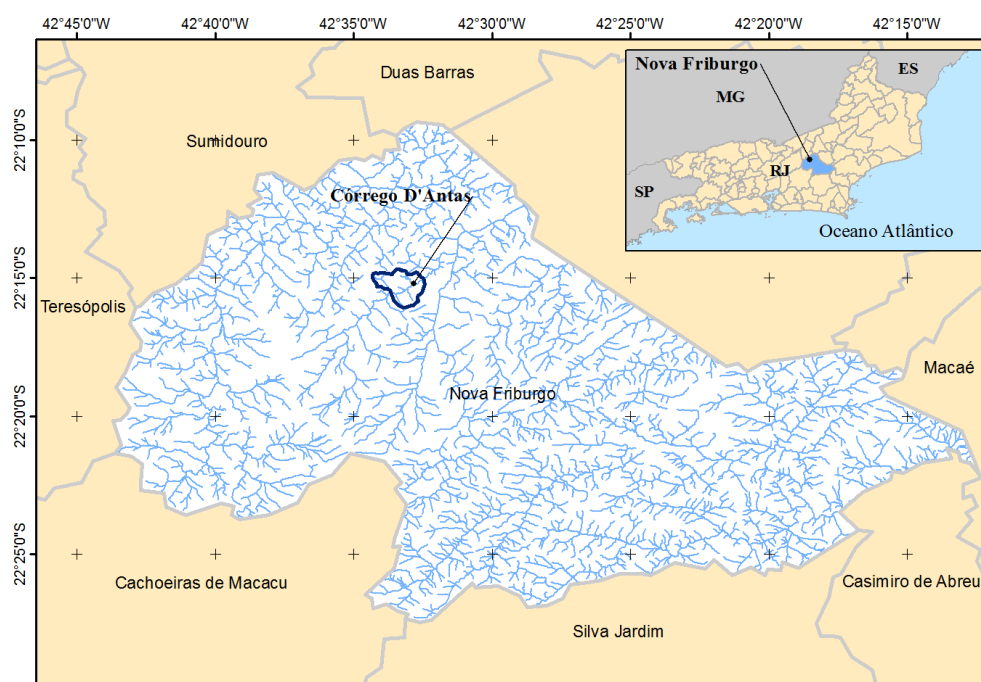


Figura 1: Localização do Bairro Córrego D'Antas no município de Nova Friburgo, Estado do Rio de Janeiro.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida em duas principais etapas no ambiente ArcGis 9.3. A primeira etapa correspondeu à preparação da base de dados e consistiu na execução dos seguintes procedimentos: (1) processamento do Modelo Digital de Elevação (MDE) e extração das curvas de nível, declividade, linhas de drenagem e topo de morro; (2) delimitação da área de estudo; (3) geração do mapa de uso e cobertura da terra e (4) mapeamento das cicatrizes dos movimentos de massa por meio da delimitação da sua área.

Foram utilizados MDEs do Projeto RJ-25/IBGE, gerados através de processamento fotogramétrico analítico de fotografias aéreas com escala aproximada de 1:30.000, obtidas para mapeamento sistemático escala 1:25.000 do Estado do Rio de Janeiro. Nos dois arquivos de MDE, que cobrem a área de estudo, foi aplicado um filtro para substituição de valores anômalos e, a seguir, um filtro passa-baixa para redução de ruídos. Após este tratamento, foram geradas automaticamente as curvas de nível com equidistância de 10 m, as linhas de drenagem, a declividade e a curvatura de encostas.

A delimitação da área de estudo foi feita a partir do traçado dos divisores de água baseado nas curvas de nível, compreendendo o bairro de Córrego D'Antas.

Devido à ausência da rede hidrográfica em uma escala compatível a do presente estudo, as linhas de drenagem foram geradas automaticamente a partir da extensão Hydrology do ArcGis. O procedimento consiste na criação de uma grade de direção dos fluxos com base no MDE e, a seguir, uma grade de acumulação. Com base nas imagens do Quickbird, as linhas de drenagem foram corrigidas, principalmente aquelas localizadas em áreas de pequeno desnível altimétrico, onde o algoritmo não apresenta bons resultados, conforme também constatado por Santos e Francisco (2011).

No entorno das linhas de drenagem foram construídas áreas de proximidade (*buffers*) de 30 m, visando delimitar as faixas marginais de proteção, de acordo com o Código Florestal (Lei nº 12.651/ 2012) sobre Áreas de Proteção Permanente (APPs) de cursos d'água.

A declividade também foi gerada automaticamente com base no MDE com a extensão 3D Analyst ArcGIS e, posteriormente, foi classificada em sete faixas: (i) 0 a 3% - relevo plano; (ii) 3 a 8% - relevo suave ondulado; (iii) 8 a 20% - relevo ondulado; (iv) 20 a 30% - relevo forte ondulado; (v) 30 a 45% - relevo forte ondulado; (vi) 45 a 100% - relevo montanhoso a escarpado; (vii) superior 100% - relevo montanhoso a escarpado. Ressalta-se que algumas destas classes de declividade têm restrições de uso: na classe a partir de 30% de declividade é proibido o parcelamento do solo de acordo com a Lei nº 6.766/1979; nas encostas acima de 45% era proibida a derrubada da vegetação, no entanto, o atual Código Florestal (LEI nº 12.651/ 2012) revogou esta determinação; e, o atual Código Florestal continuou a considerar as encostas acima de 100% como APPs.

Os topos de morro foram delimitados com base nos mapas de drenagem e de divisores d'água, considerados, respectivamente, como a base e o topo para delimitar a curva de nível correspondente a dois terços da altura mínima da elevação em relação à base, de acordo o Código Florestal. Os divisores foram delimitados a partir dos procedimentos de extração automática da drenagem aplicados no inverso do MDE. Sobre a grade de topo e base, é feita operação algébrica  $((MDE - Base) / (Topo - base))$  e, posteriormente, selecionados os pixels que apresentam valor maior ou igual a 0,67 (RIBEIRO *et al.*, 2005).

O mapa de uso e cobertura da terra foi elaborado por interpretação visual das imagens Quickbird<sup>1</sup>, obtidas em julho de 2008. Apresentam resolução espacial de 2,62 m no modo multiespectral, constituído por três bandas do visível e uma do infravermelho, que foram fusionadas à imagem pancromática com resolução espacial de 0,65 m. Foram definidas as seguintes classes de uso e cobertura da terra: afloramento rochoso, vegetação densa de porte arbóreo, vegetação de porte arbustivo, vegetação herbácea, vegetação de gramíneas, área urbana e construções (rodovias, estacionamentos, pátios etc.).

O mapeamento das cicatrizes dos movimentos de massa foi gerado a partir de interpretação visual das imagens do Google Earth, obtidas em 19 de janeiro de 2011, sete dias após a ocorrência dos desastres em Nova Friburgo. Para a identificação das cicatrizes foram considerados os seguintes elementos de reconhecimento: a forma alongada longitudinalmente às encostas; a localização, na maioria das vezes, no eixo da concavidade das vertentes; e a tonalidade clara, característica da presença do solo exposto. A partir deste mapa, a área das cicatrizes foi calculada para posterior análise com os demais planos de informação.

Com a base de dados concluída, foi iniciada a segunda etapa que tratou da análise espacial dos dados através de operações de sobreposição entre as cicatrizes e o uso e cobertura da terra, a declividade, as linhas de drenagem e os topos de morro. A partir destes cruzamentos, foram calculados indicadores que expressassem a presença das cicatrizes nas classes dos fatores fisiográficos analisados, são eles: relação entre a área das cicatrizes na classe dos fatores e a área total de cicatrizes (%), relação entre a área das classes dos fatores e a área total da área de estudo (%), e relação entre a área das cicatrizes e a área das classes dos fatores (densidade). Este último indicador possibilita avaliar e comparar a importância da ocorrência da cicatriz em uma determinada classe, pois normaliza a área da classe pela distribuição espacial das cicatrizes.

---

## RESULTADOS

Por meio do mapeamento realizado, verifica-se que as cicatrizes dos movimentos de massa recobrem 14,6% da área do bairro Córrego D'Antas, distribuindo-se desde o topo das vertentes até a sua base. Em sua maioria os movimentos de massa foram escorregamentos do tipo translacional ou planar e corridas de lama e detritos, estando em consonância com outros trabalhos realizados na região (AVELAR *et al.*, 2011; SOUZA *et al.*, 2012).

De acordo com o mapa de uso e cobertura da terra (anos 2008 e 2009), no bairro Córrego D'Antas predomina a classe da vegetação arbórea (remanescentes florestais de matas secundárias e reflorestamentos), representando 50,5% do total da área, localizados principalmente nas encostas e topos de morro ao norte do bairro (Tabela 1). As formações vegetais arbustiva, herbáceas e gramíneas totalizam juntas mais de 31% da área de estudo, localizadas principalmente junto às áreas urbanas e nas vertentes sul do bairro. Os afloramentos rochosos característicos na região compreendem 11,3% da área, aparecendo principalmente no setor sul desta. Já as classes de solo impermeabilizado e urbana somam 6,0% da área, concentrando-se no fundo do vale às margens do Córrego D'Antas.

Quanto à declividade, verifica-se o predomínio de classes acima de 30%, correspondendo a aproximadamente 73% de todo o bairro Córrego D'Antas. Estas altas declividades abrangem grandes áreas contínuas tanto no setor norte quanto no setor sul do bairro, caracterizando um relevo de forte ondulado a montanhoso escarpado. Os relevos plano e suave ondulado (classes entre 0 e 8%) constituem uma mancha contínua ao longo da planície do Córrego D'Antas, que corta o bairro praticamente ao meio. Além disso, fragmentos de declividades entre 0 e 20% também ocorrem na região norte da área.

Nas classes de declividade acima de 20% a cobertura da terra corresponde predominantemente à vegetação arbórea, enquanto que as declividades menores que 20% são ocupadas por vegetação herbácea, gramíneas, área urbana e o solo impermeabilizado.

O cruzamento entre as cicatrizes dos movimentos de massa e o mapa de uso e cobertura da terra (Figura 2) demonstra que 58% da área das cicatrizes se concentram na classe vegetação arbórea (Tabela 1). A segunda classe com maior presença de cicatrizes corresponde ao afloramento rochoso, representando cerca de 16%. Neste caso, observa-se que as cicatrizes compreendem materiais terrosos deslocados a partir do topo dos morros. A densidade de área de cicatriz nestas duas classes é próxima a 0,2, valor maior do que a densidade nas demais classes de uso e cobertura da terra.



Tabela 1: Área ocupada pelas cicatrizes de movimentos de massa nas diferentes classes de mapeamento.

CLASSES DE MAPEAMENTOS	% Área de Estudo <sup>1</sup>	% Cicatrizes <sup>2</sup>	Densidade de Cicatrizes <sup>3</sup>
<b>CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA</b>			
Afloramento Rochoso	11,34	15,8	0,20
Vegetação Arbórea	50,50	58,0	0,17
Vegetação Arbustiva	1,30	1,0	0,11
Vegetação Herbácea	15,60	7,7	0,07
Vegetação de Gramíneas	15,23	13,2	0,13
Urbano e solo impermeabilizado	6,03	4,3	0,11
<b>CLASSES DE DECLIVIDADE</b>			
Declividade 0 a 3% (relevo plano)	0,91	0,16	0,03
Declividade 3 a 8% (relevo suave ondulado)	2,19	0,65	0,04
Declividade 8 a 20% (relevo ondulado)	10,60	8,64	0,12
Declividade 20 a 30% (relevo forte ondulado)	17,60	16,22	0,13
Declividade 30 a 45% (relevo forte ondulado)	37,62	30,28	0,12
Declividade 45 a 100% (relevo montanhoso escarpado)	30,93	43,61	0,21
Declividade 100 a 120% (relevo montanhoso escarpado)	0,16	0,44	0,40
<b>UNIDADES FISIAGRÁFICAS</b>			
Faixa marginal das linhas de drenagem	17,40	33,49	0,28
Topo de morro	23,08	13,83	0,08

<sup>1</sup> % de Ocorrência na Área de Estudo.

<sup>2</sup> % de Ocorrência de Cicatrizes de Movimentos de Massa.

<sup>3</sup> Hectares de Cicatrizes por 1 Hectare da Classe.

As classes de vegetação arbustiva, herbácea e gramíneas e de áreas construídas recobrem 38% da área de estudo e apenas 26% das cicatrizes estão presentes nestas classes. Deste modo, a densidade de área das cicatrizes nestas classes cai para 0,1.

No cruzamento da área das cicatrizes com a declividade (Figura 3), verifica-se a concentração das ocorrências nas encostas com alta declividade, no intervalo entre 30 e 100 %, correspondendo a um total de 74% das ocorrências. Considerando somente a classe entre 45 a 100% a densidade de área de cicatrizes atinge 0,2. Estes valores são significantes, pois, além destas declividades representarem cerca de 70% da área de estudo, nas encostas acima de 30% de declividade é proibido o parcelamento do solo, de acordo com a Lei nº 6766/1979. Já nas encostas acima 100%, consideradas como APPs, a densidade de área de cicatriz alcança 0,4. No entanto, os trechos de encostas com esta inclinação são raros, correspondendo a apenas 0,2% da área de estudo.

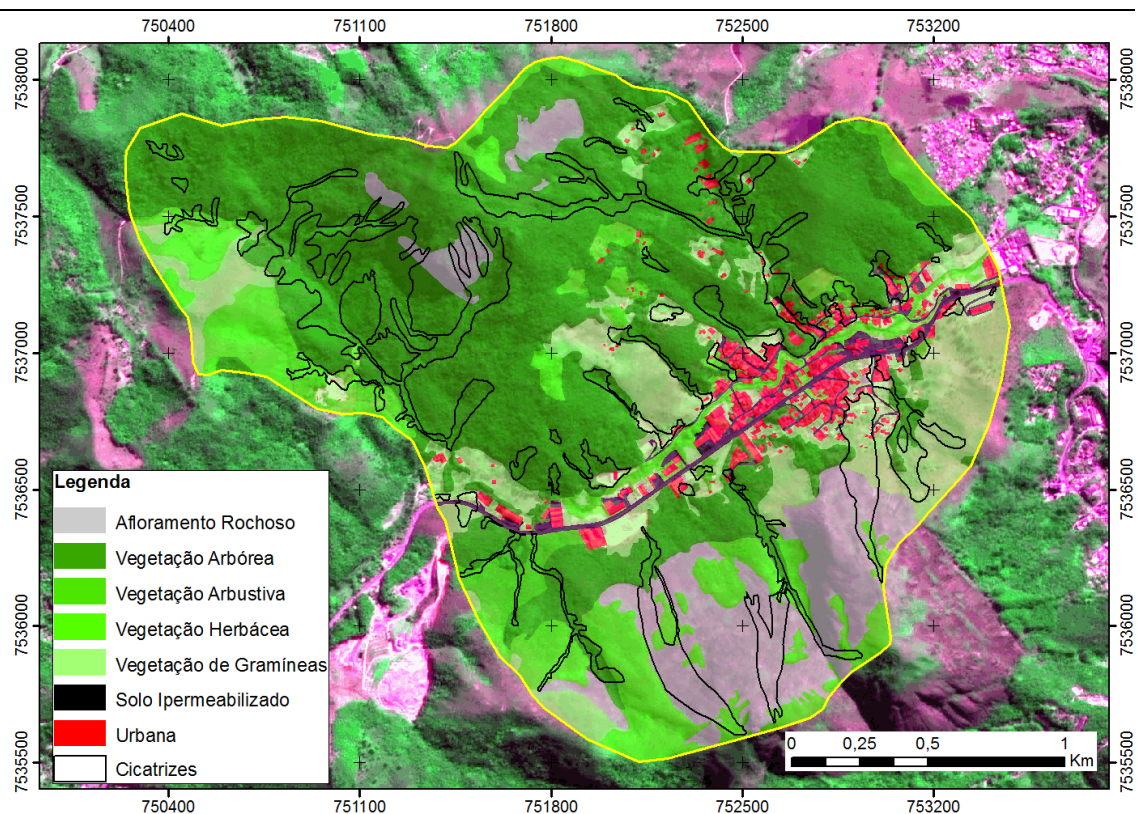


Figura 2: Mapa de classes de uso e cobertura da terra do bairro Córrego D'Antas e a delimitação das cicatrizes dos movimentos de massa.

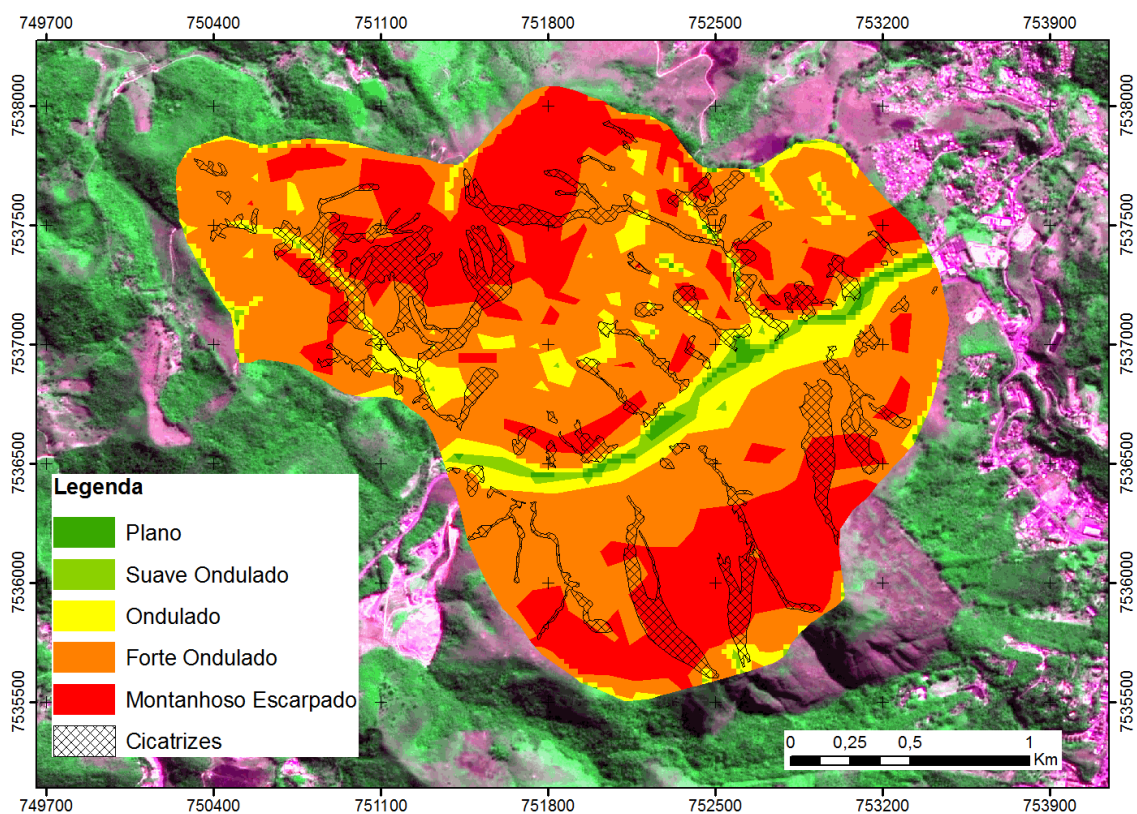


Figura 3: Mapa de classes de declividade do bairro Córrego D'Antas e a delimitação das cicatrizes dos movimentos de massa.



A faixa de 30m a partir das linhas de drenagem (correspondendo a APP de faixa marginal de proteção de rios) abrange somente 17% da área estudada (Figura 4). No entanto, as cicatrizes de movimento de massa estão presentes em 33,49% da área desta faixa (Tabela 1). Esta relação corresponde a uma densidade de 0,28, valor elevado quando comparado a outras classes de declividade e uso e cobertura da terra. Apesar de predominarem canais de primeira ordem, com exceção do Córrego D'Antas, todos receberam sedimentos dos escorregamentos, refletindo a conectividade do sistema encosta-rio. A intensidade do fluxo de água nas linhas de drenagem permitiu ainda o deslocamento dos diversos tipos de materiais por uma certa distância, agravando os estragos. Em campo, constatou-se a grande destruição causada por estes cursos, afetando estradas asfaltadas e construções, em decorrência do aumento da capacidade e competência no transporte de material pesado (matacões).

Os topos de morro correspondem a 23% do bairro estudado, sendo que as cicatrizes dos movimentos de massa ocupam quase 14% da sua área (Figura 4). Assim, a densidade de área de cicatrizes nos topos de morro é de 0,08 (Tabela 1). No entanto, é importante destacar a notável quantidade de movimentos de massa que se deflagraram a partir do topo das elevações, fato observado a partir do mapeamento nas imagens de satélite no presente trabalho. Neste caso, considerando individualmente cada cicatriz, 25%, do total de 40 cicatrizes, se iniciaram na área delimitada como topo.

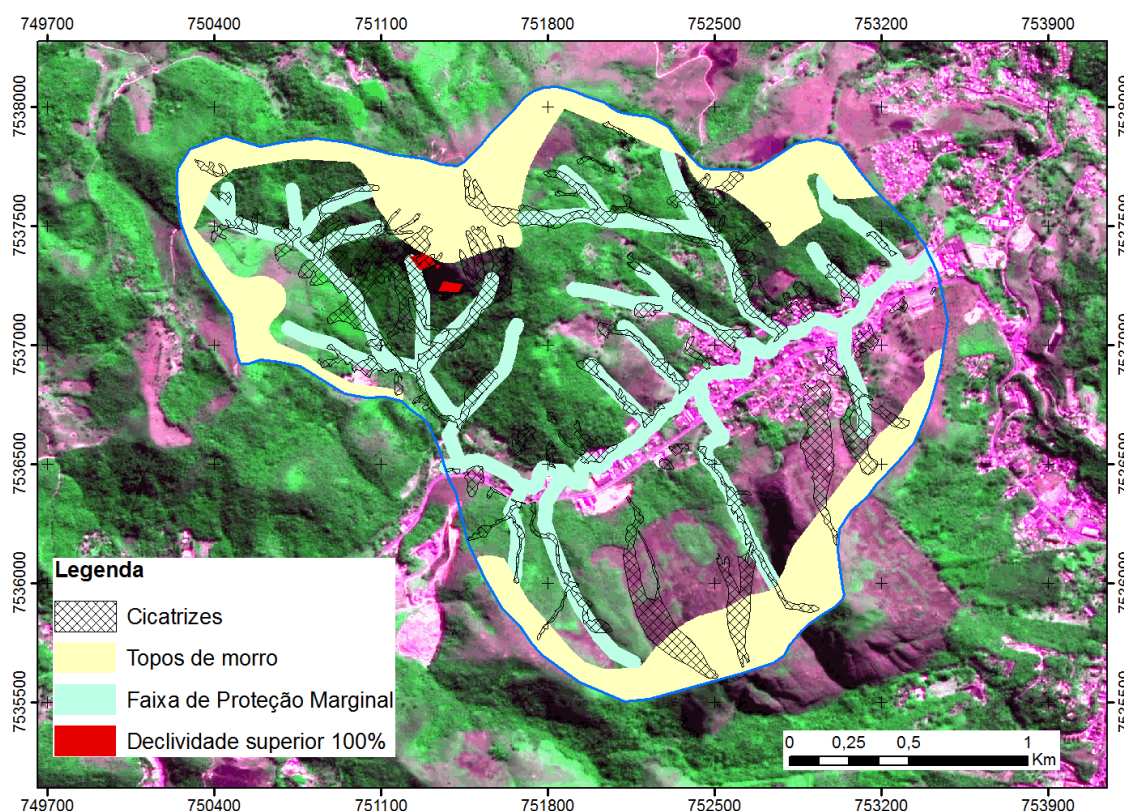


Figura 4: Mapa de elementos fisiográficos de faixa marginal de rios e de topos de morros do bairro Córrego D'Antas e a delimitação das cicatrizes dos movimentos de massa.

Este dado é semelhante ao encontrado por Coelho Netto *et al.* (2011), que também analisaram áreas atingidas pelo mesmo evento de janeiro de 2011. Ainda segundo os autores, vários moradores entrevistados confirmaram a ocorrência de intensos raios e trovoadas

atingindo os topos das elevações, durante a tempestade entre 11 e 12 de janeiro de 2011, sendo observadas marcas de impactos de raios. Para os referidos autores, estas entrevistas reforçam as idéias pioneiras de Jones (1973) e Lacerda (1997), sobre a associação entre raios e o desencadeamento dos movimentos de massa durante fortes tempestades de verão.

## CONCLUSÕES

O bairro Córrego D'Antas em Nova Friburgo (RJ) foi intensamente atingido pelas fortes chuvas de 11 e 12/01/2011, com quase 15% da sua área ocupada por cicatrizes dos movimentos de massa. Tais cicatrizes se estendem desde o topo dos morros até o fundo de vale, refletindo a conectividade encosta-rio. Outro aspecto importante detectado é a grande presença de cicatrizes nas classes de declividades acima de 30%. Embora as altas declividades caracterizem mais de 70% da área de estudo, a grande relação deste fator com a ocorrência de movimentos de massa é confirmada pela literatura.

A vegetação arbórea também predomina no bairro analisado e apresenta expressiva ocorrência de cicatrizes de movimentos de massa. Neste caso, ressalta-se que esta classe de vegetação ocorre nas áreas de maior declividade, podendo não se caracterizar isoladamente como um fator importante para deflagrar movimentos de massa. Entretanto, a vegetação arbórea local possui características de matas secundárias e reflorestamentos, constituindo-se de árvores que facilitam a infiltração de água no solo, mas possuem raízes rasas insuficientes para reter o solo nas encostas diante de condições extremas de saturação e fluxos hidrológicos. Este aspecto também foi considerado por Avelar *et al.* (2011) em trabalho relacionado ao mesmo evento de janeiro de 2011.

As demais classes de uso e cobertura da terra possuem baixa ocorrência de cicatrizes, indicando que as atividades urbanas e agrícolas não se constituíram em fatores importantes para a deflagração dos movimentos de massa no bairro estudado.

Os elementos fisiográficos de faixas marginais de linhas de drenagem e de topos de morro apresentam elevada ocorrência de cicatrizes. Correspondem a áreas consideradas de proteção permanente – APPs de faixa marginal de proteção de rios e de topo de morro. Deste modo, o respeito às APPs, com características geológicas e geomorfológicas significativas para a ocorrência de movimentos de massa, pode evitar perda de vidas e prejuízos, além de preservar a cobertura vegetal e os recursos hídricos – outras funções destas áreas.

Pela rapidez do processo e grande quantidade de material deslocado, há dificuldade de identificar individualmente o(s) mecanismo(s) atuantes em cada cicatriz. A movimentação de sedimentos pode se iniciar a partir do topo, provocando a mobilização de outros materiais nos segmentos inferiores, assim como o início do movimento num setor intermediário ou inferior da encosta pode provocar o colapso de materiais mais acima. Outra situação verificada por meio da análise do mapeamento é a convergência dos movimentos unindo as cicatrizes adjacentes e misturando os materiais deslocados. Diante destas situações há dificuldade de identificar e quantificar individualmente cada cicatriz de movimento de massa, optando-se no presente trabalho em delimitar a área da cicatriz abrangendo marcas de material arrastado pelo movimento. Considera-se que esta opção metodológica foi suficiente para estabelecer relações espaciais com aspectos geomorfológicos e de uso e cobertura da terra, reconhecidos como fatores desencadeadores de movimentos de massa na literatura.

---

## NOTAS

- 1- Imagens gentilmente cedidas pela empresa GlobalGeo Geotecnologias.

## BIBLIOGRAFIA

AVELAR, A. S.; COELHO NETTO, A. L.; LACERDA, W. A.; BECKER, L. B.; MENDONÇA, M. B. Mechanisms of the recent catastrophic landslides in the mountainous range of the Rio de Janeiro, Brazil. In: WORLD LANDSLIDE FORUM, 2, Rome, 2011. *Proceedings...*, Rome, International Programme on Landslides (IPL), 2011. 5p.

BRASIL. CÓDIGO FLORESTAL, LEI Nº 12.651/ 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. *Diário Oficial* (da União). Brasília. 28 maio. 2012. p. 1

Disponível em [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm)

BRESSANI, L. A.; BERTUOL, F. Alguns escorregamentos do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina e a avaliação de suscetibilidade e risco de encostas. In: LACERDA, W. A.; PALMEIRA, E.M.; COELHO NETTO, A.L.; EHRlich, M. (org.) *Desastres naturais: suscetibilidade e riscos, mitigação e prevenção, gestão e ações emergenciais*. Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ, 2012. cap. 6, p. 81-93.

BRIERLEY, G.; FRYIRS, K.; JAIN, V. Landscape connectivity: the geographic basis of geomorphic applications. *Area*, London, v. 38, n. 2, p. 165-174, June, 2006.

COELHO NETTO, A.L.; SATO, A.M.; AVELAR, A.S.; VIANNA, L.G.G.; ARAÚJO, I.S.; FERREIRA, D.L.C.; LIMA, P.H.; SILVA, A.P.; SILVA, R.P. January 2011: the extreme landslide disaster in Brazil. In: WORLD LANDSLIDE FORUM, 2, Rome, 2011. *Proceedings...*, Rome, International Programme on Landslides (IPL), 2011. 6p.

DANTAS, M.E. Geomorfologia do Estado do Rio de Janeiro. In: CPRM-Serviço Geológico do Brasil. *Estudo Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro*. Brasília, CPRM, 2001.

FERNANDES, N.F.; AMARAL, C.P. Movimentos de massa: uma abordagem geológico-geomorfológica. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. (org.) *Geomorfologia e Meio Ambiente*. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1996. cap. 3, p. 123-194.

Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE / Diretoria de Geociências - DGC / Coordenação de Cartografia – CCAR. *Modelo Digital de Elevação 1:25.000 - SÃO CRISTOVÃO* SF-23-Z-A-III-1-NO 2714-1-NO. Disponível em <http://www.metadados.geo.ibge.gov.br/geonetwork/srv/br/main.home>

GARCIA, M.L.T.; FRANCISCO, C.N. Métricas da paisagem no estudo da vulnerabilidade da Mata Atlântica na região serrana fluminense – Nova Friburgo, RJ. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16, Foz do Iguaçu, 2013. *Anais...*, Foz do Iguaçu, INPE e SELPER Brasil, 2013. 10p.

IBGE. *Estimativas das Populações dos Municípios em 2011*. 2011 Disponível em [www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2011](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2011).

INMET. *Normais Climatológicas do Brasil – 1961-1990*. Disponível em <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>

JONES, F.O. Landslides in Rio de Janeiro and Serra das Araras escarpment, Brazil. *U.S. Geological Survey Professional Paper*, 1973, n. 697, 42p.

LACERDA, W.A. Stability of natural slopes along the tropical coast of Brazil. In: SYMP. ON RECENT DEVELOP. IN SOIL AND PAVEMENT MECHANICS. Rio de Janeiro, 1997. ALMEIDA, M.S.S. (ed), Balkema/COPPE-UFRJ, 1997. P. 17-40.

MEIS, M.R.M.; XAVIER-DA SILVA, J. Considerações geomorfológicas a propósito dos movimentos de massa ocorridos no Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro, v. 30, n. 1, p. 55-73, jan./mar. 1968.

RIBEIRO, C.A.A.S.; SOARES, V.P.; OLIVEIRA, A.M.S.; GLERIANI, M. O desafio da delimitação de áreas de preservação permanente. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.29, n.2, p.203-212, 2005.

SANTOS, L. C. S. ; FRANCISCO, C.N. Avaliação dos Modelos Digitais de Elevação aplicados à extração automática de redes de drenagem. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15, Foz do Iguaçu, Brasil, 2011. *Anais...*, INPE e SELPER Brasil, p. 1311-1318.

SANTOS, A. R. *A grande barreira da Serra do Mar: da trilha dos Tupiniquins à Rodovia dos Imigrantes*. São Paulo: O Nome da Rosa, 2004. 128p.

SNDC, Secretaria Nacional de Defesa Civil. 2011. Disponível em: [www.defesacivil.gov.br/pdf/planilha\\_rj\\_27jan2011\\_12h.xls](http://www.defesacivil.gov.br/pdf/planilha_rj_27jan2011_12h.xls). Acesso em: 15 fev. 2012.

SOUZA, J.M.; SOARES, I.L.P.; ASEVEDO, L.A.; BERTOLINO, A.V.F.A.; FREITAS, M.M. Diagnóstico dos movimentos de massa associado ao evento de janeiro de 2011 na Bacia do Rio São Pedro no distrito de São Pedro da Serra. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 9, Rio de Janeiro, 2012. *Anais...*, Rio de Janeiro, UGB, 5p.

TUPINAMBÁ, M. *et al.* Geologia e recursos minerais da folha Nova Friburgo SF.23-Z-B-II, estado do Rio de Janeiro escala 1:100.000. In: SILVA, L.C. (org.). *Mapa Geológico*, escala 1:100.000 (série Geologia do Brasil). Belo Horizonte, CPRM, 2012. 136p. Disponível em [http://www.cprm.gov.br/publique/media/rel\\_nova\\_friburgo.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/rel_nova_friburgo.pdf)

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de Iniciação Científica, e à Fundação de Auxílio à Pesquisa do Rio de Janeiro (FAPERJ), pelo apoio financeiro à pesquisa.