



O Megadesastre da Região Serrana do Rio de Janeiro – as Causas do Evento, os Mecanismos dos Movimentos de Massa e a Distribuição Espacial dos Investimentos de Reconstrução no Pós-Desastre

The “Megadesastre” in the Mountain Region of Rio de Janeiro State - Causes, Mechanisms of Mass Movements and Spatial Allocation of Investments for Reconstruction Post Disaster

Francisco Dourado¹; Thiago Coutinho Arraes ² & Mariana Fernandes e Silva³

¹LabGIS - Laboratório de Geotecnologias, Universidade do Estado do Rio de Janeiro.
Rua São Francisco Xavier, 524, Sala 2019A, Maracanã, 20550-900, Rio de Janeiro, RJ

²Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Rua Dr. Francisco Portela, 1470, Patronato, 24435-005, São Gonçalo, RJ.

³ Universidade Federal Fluminense
Av. Gal. Milton Tavares de Souza, s/nº - Campus da Praia Vermelha, Boa Viagem, 24210-346, Niterói, RJ
Emails: fdourado@uerj.br; geoloco22@gmail.com; mariana@labgis.uerj.br

Recebido em: 13/02/2012 Aprovado em: 12/03/2013

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2012_2_43_54

Resumo

Todos os anos, no estado do Rio de Janeiro, dezenas de pessoas morrem e milhares são afetadas em decorrência de desastres naturais relacionados a eventos climáticos extremos, em especial as inundações e movimentos de massa. Nos últimos anos (2010 e 2011) mais de mil pessoas morreram nos desastres em Angra dos Reis, na Região Metropolitana do Rio de Janeiro e na Região Serrana do Rio de Janeiro. O Megadesastre da Região Serrana do estado do Rio de Janeiro ocorreu entre os dias 11 e 12 de Janeiro de 2011, atingindo sete cidades da região serrana, principalmente as cidades de Nova Friburgo, Teresópolis e Petrópolis, causando a morte de 947 pessoas. É considerado um dos maiores eventos de movimentos de massa generalizados do Brasil. O evento foi deflagrado por condições climáticas extremas de precipitação acumulada em 24 horas de 241,8 mm, com pico de 61,8 mm em uma hora, o que ajudou a perfazer a precipitação acumulada entre os dias 1º e 12 de Janeiro de 573,6 mm. Os principais tipos de movimentos de massa observados na área foram corridas de massa, detritos, terra ou de lama, os deslizamentos do tipo “Parroca”, “tipo Rasteira”, “tipo Vale Suspenso e os deslizamentos tipo “Catarina”. Para a análise dos impactos na região, utilizaram-se os limites das bacias de 6ª ordem, que dividiram a região em quatro bacias: do Rio Piabanha, do Rio Preto, do Rio Grande e do Rio Macaé. Segundo dados da SEOBRAS, o estado investiu em recuperação da região após o desastre R\$ 188.451.196,08 em 79 obras em seis municípios. O município que recebeu o maior número de intervenções foi Petrópolis (29) enquanto Nova Friburgo foi o município que mais recebeu recursos (R\$ 91 milhões). Em termos de bacias, a bacia do Rio Preto foi a que recebeu o maior número de intervenções (31) e a que mais recebeu recursos foi a bacia do Rio Grande (R\$ 101 milhões). Na relação habitante/recurso investido, a bacia do Rio Grande a que apresentou a maior relação (R\$ 504,81 por habitante) e da mesma forma foi a que apresentou a maior relação investimento por km² (R\$101,5/km²).

Palavras-chave: Movimentos de massa; escorregamentos; desastres naturais

Abstract

Every year, in Rio de Janeiro State, dozens of people die and thousands are affected by natural disasters related to extreme weather events, especially floods and landslides. In last years (2010 and 2011) more than thousand people died in disasters in Angra dos Reis, in the Metropolitan Region of Rio de Janeiro City and in the mountainous region of Rio de Janeiro State. The *Megadesastre* event occurred in the mountainous region of Rio de Janeiro between days 11st and 12nd of January 2011, affecting seven cities in this region, especially Nova Friburgo, Teresópolis and Petrópolis, killing 947 people. It is considered one of the biggest events of mass movements widespread in Brazil. The event was triggered by extreme weather conditions of accumulated rainfall in order of 241.8 mm in 24 hours, with a peak of 61.8 mm in one hour, which helped make up the accumulated rainfall between days 1st and 12nd January of 573, 6 mm. The main type of mass movements observed in the area was debrisflows, mudflow, slips type “Parroca”, “Rasteira”, “Vale Suspenso” and “Catarina”. For the spatial analysis of impacts in the region, we used the boundaries of the basins of 6th order, which divided the region into four basins: Piabanha River, Preto River, Rio Grande River and Macaé River. According to data from State Government, was invested in the recovery R\$ 188,451,196.08 in 79 works in six municipalities. The city that received the highest number of interventions was Petrópolis (29) while Nova Friburgo was the municipality that received funds (R\$ 91 million). In terms of basins, the Rio Preto River basin was the one that received the highest number of interventions (31) and that more resources were given to the Rio Grande basin (R\$ 101 million). In relation inhabitant / resources invested, the basin of the Rio Grande River with the highest ratio (R\$ 504.81 per capita) and similarly showed the most relative investment per km² (R\$ 101.5 / km²).

Keywords: Landslides; disaster; natural hazards

1 Introdução

Anualmente dezenas de pessoas morrem e milhares são afetadas em decorrência de desastres naturais, em especial as inundações e movimentos de massa, no estado do Rio de Janeiro. Em 2010 e 2011 mais de mil pessoas morreram em desastres naturais em Angra dos Reis (52 mortos em Janeiro de 2010, segundo o DRM (2010a)), Morro do Bumba em Niterói (166 mortos em Abril de 2010, segundo o DRM (2010b)) e na Região Serrana do estado.

O Megadesastre da Região Serrana do estado do Rio de Janeiro ocorreu entre os dias 11 e 12 de Janeiro de 2011, atingindo sete cidades da região serrana do estado, afetando principalmente as cidades de Nova Friburgo, Teresópolis e Petrópolis (Figura 1) e é considerado um dos maiores eventos de movimentos de massa generalizados do Brasil. Este evento, oficialmente, causou 947 mortes, com 300 desaparecimentos, mais de 50.000 desabrigados e afetando quase 1.000.000 de pessoas.

1.1 Objetivo

O objetivo deste trabalho é caracterizar as causas climáticas e os movimentos de massa que

ocorreram no evento de Janeiro de 2011, na Região Serrana do Rio de Janeiro, baseados na experiência de campo dos autores durante o evento e nos trabalhos que foram posteriormente publicados por outros pesquisadores. Justamente pela experiência de campo dos autores neste evento se restringir aos movimentos de massa, as causas das inundações e alagamentos não serão abordadas nesse trabalho. A partir dos dados de contagem populacional divulgados pelo Censo 2010 (IBGE, 2010) e dos dados disponibilizados pela SEOBRAS sobre os investimentos do Governo Estadual na Região Serrana após o desastre, foram gerados mapas para espacializar os investimentos do governo.

2.2 Localização e Acesso

A Região Serrana do Rio de Janeiro, a mais atingida neste evento, situa-se na porção central do estado do Rio de Janeiro entre os paralelos 21° 40' S e 22° 35' S e os meridianos 41° 40' W e 43° 25' W (Figura 1). A CEPERJ, o órgão fluminense responsável pelos dados estatísticos oficiais do estado, divide o estado em oito regiões administrativas, dentre elas a Região Serrana, que compreende os municípios de Bom Jardim, Cantagalo, Carmo, Cordeiro, Duas

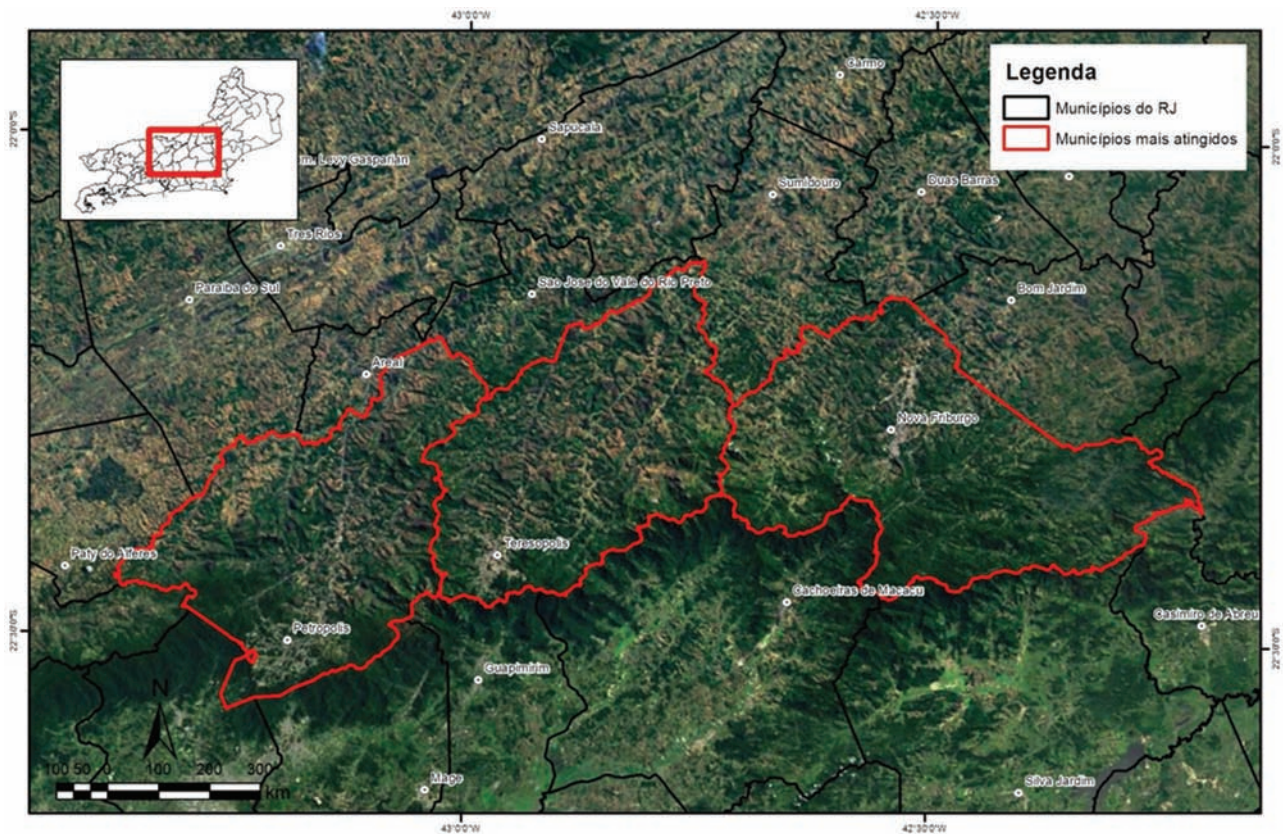


Figura 1 Mapa de localização da Região Serrana do Rio de Janeiro.

Barras, Macuco, Nova Friburgo, Petrópolis, Santa Maria Madalena, São José do Vale do Rio Preto, São Sebastião do Alto, Sumidouro, Teresópolis e Trajano de Moraes. Deve-se observar que a divisão do estado em mesorregiões adotada pelo IBGE, não possui uma mesorregião com a denominação “Região Serrana” e os municípios mais afetados dividem-se, segundo a divisão em mesorregiões adotada pelo IBGE, entre as regiões Centro Fluminense (Nova Friburgo) e Metropolitana do Rio de Janeiro (Teresópolis e Petrópolis).

As principais vias de acesso à área de trabalho são a BR-040, que liga a capital federal Brasília à cidade do Rio de Janeiro e a BR-116, a principal rodovia brasileira, que liga Fortaleza (CE) à Jaguarão (RS) que corta o país desde a Região Nordeste até Região Sul.

2.3 Caracterização das Bacias da Região

A partir da base cartográfica na escala 1:10.000 (adquirida pela empresa AMPLA Energia e Serviços S.A), as drenagens da área mais afetada pelo evento foram hierarquizadas utilizando o programa HYDROFLOW (Ramos & Silveira, 2008) desenvolvido no Laboratório de Geotecnologias da Faculdade de Geologia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (LabGIS/FGEL/UERJ), segundo sua ordem (Strahler, 1957). Tomando como base a rede de drenagem hierarquizada, foram delimitadas as bacias de 7ª, 6ª, 5ª, 4ª e 3ª ordens, que somaram as respectivas quantidades: 1, 4, 12, 39 e 192. Em função da área de trabalho e pelo volume de informações que seriam processadas, optou-se por fazer a caracterização e as análises das bacias de 6ª ordem:

- i. Bacia do Rio Piabanha - apresenta o perímetro de 141 km e área de 514 km². A declividade média da bacia é de 24,45° e declividade máxima observada de 71,82°. Apresentou cota máxima de altitude de 2.253 m e mínima de 437 m. Os 839 canais somados totalizaram 691 km. A densidade de canais (comprimento dos canais/área da bacia) calculada foi de 1,34 km/km². É a bacia que possui a menor densidade e o menor número de canais;
- ii. Bacia do Rio Preto – com um perímetro de 188 km e área de 1.066 km² é a maior bacia entre as estudadas. A declividade média e máxima são 22,69° e 71,01°, respectivamente. A cota máxima de altitude é 2.292 m e a mínima 437 m. Foram contabilizados 2.787 canais com o

comprimento total de 1.917 km. A densidade de canais calculada nessa bacia é de 1,80 km/km²;

- iii. Bacia do Rio Grande – cujo perímetro tem 194 km e área de 996 km², apresenta declividade média e máxima são 21,78° e 69,97°, respectivamente. Já a sua cota máxima de altitude é de 2281 m e a mínima é de 400 m. Totaliza 2.839 canais e o total de comprimento dos canais é de 1.809 km, sendo a bacia de sexta ordem que tem mais canais. Sua densidade de canais é de 1,82 km/km²; e
- iv. Bacia do Rio Macaé – a menor das bacias pesquisadas com 306 km² de área apresentou 118 km de perímetro. Com declividade média de 25,12°, apresentou declividades de até 71,88°. Na bacia a altitude máxima corresponde a 1.842 m e a mínima 419 m. Os 1.081 canais somaram 629 km lineares e corresponderam a 2,05 km/km², a maior densidade de canais entre as bacias analisadas.

Integradas, estas quatro bacias somam um perímetro de 639 km e uma área total de 2.881 km².

3 As Condicionantes Climáticas

O clima da Região Serrana do Rio de Janeiro é classificado como Tropical de Altitude. Nos municípios que bordejam a serra, como por exemplo, Petrópolis, Teresópolis e Nova Friburgo, a pluviosidade média anual ultrapassa os 2.500 mm. Por outro lado, os municípios mais ao Norte, em direção a Minas Gerais, como por exemplo, os municípios de Areal e São José do Rio Preto, apresentam pluviosidade média menor que 1.300 mm ao ano, com períodos secos e déficits hídricos bastante pronunciados (Araújo *et al.*, 2011). Durante o verão, a média pluviométrica da região é entre 200 e 250 mm. Em Nova Friburgo, por exemplo, a média no mês de Janeiro é de 227 mm.

As condições climáticas antes do evento entre os dias 11 e 12 de Janeiro de 2011 eram bastante instáveis. Os moradores da região relatam que nos dias anteriores caiu uma chuva fina e constante.

Na região de Nova Friburgo, uma das mais afetadas no evento, o INEA possuía na época, quatro estações pluviométricas automáticas, dentre elas uma foi perdida na enchente. Devido à topografia da região e efeitos da microclimatologia local, os valores da pluviometria variam muito entre as estações:

- i. Estação Ypu – os dados apontam que o acumulado do mês de Janeiro até o meio-dia do dia 11 era de 114,4 mm. Nas 12 horas seguintes choveu nesta estação mais 106,4 mm, enquanto o acumulado das 24 horas foi de 222,8 mm, com um pico de 61,8 mm em uma hora à meia-noite (Gráfico 1). O total acumulado foi de 329,2 mm no mês de Janeiro até às 06 horas do dia 12.
- ii. Estação Sítio Santa Paula - apresenta uma precipitação acumulada em 24 horas no dia 12 de 240,0 mm, com pico máximo em uma hora 50,0 mm. O valor acumulado mensal foi de 573,6 mm.
- iii. Estação Olaria - o valor acumulado de precipitação no intervalo de 24 horas no dia foi de 241,8 mm com pico de 54,8 mm em um intervalo de uma hora e um acumulado de 311 mm no mês.
- iv. Estação Nova Friburgo - apresenta o valor acumulado de 182 mm em 24 horas com pico de 40 mm em uma hora e o acumulado de 480,8 mm para o mês.

de massa disseminados em todos os municípios da Região Serrana. Na Figura 2 é possível observar que a maior concentração de movimentos de massa ocorreu na porção Norte da crista da serra, nos trechos altos das bacias hidrográficas e a sequência cronológica dos acontecimentos, segundo o relato dos moradores da região, é que os movimentos ocorreram segundo o deslocamento das nuvens de chuva no sentido SWW-NEE. Nos trechos baixos das bacias, quase na totalidade, os danos e mortes foram causados por enchentes ou alagamentos. DRM (2011) classificou os principais tipos de movimentos de massa em cinco grandes grupos:

- i. Corridas de massa, detritos, terra ou de lama: caracterizadas por movimentos ao longo das drenagens. Iniciados, geralmente, no ponto mais alto da drenagem, vai incorporando material (terroso ou blocos) durante e ao longo do movimento. A relação água/sólidos vai caracterizar o tipo de corrida (Figura 3);
- ii. Deslizamentos do tipo “Parroca”: tem seu início no contato solo/rocha no topo superior das escarpas rochosas. Durante a queda deste material pela encosta rochosa, o material ganha energia cinética que se dissipa no tálus depositado na base da escarpa gerando um movimento de massa secundário com volume muito superior ao movimento primário. A origem desse movimento, em geral, é a elevação da poro-pressão na fina

4 Os Principais Tipos de Movimentos de Massa

O evento de Janeiro de 2011 foi caracterizado principalmente pelo alto número de movimentos

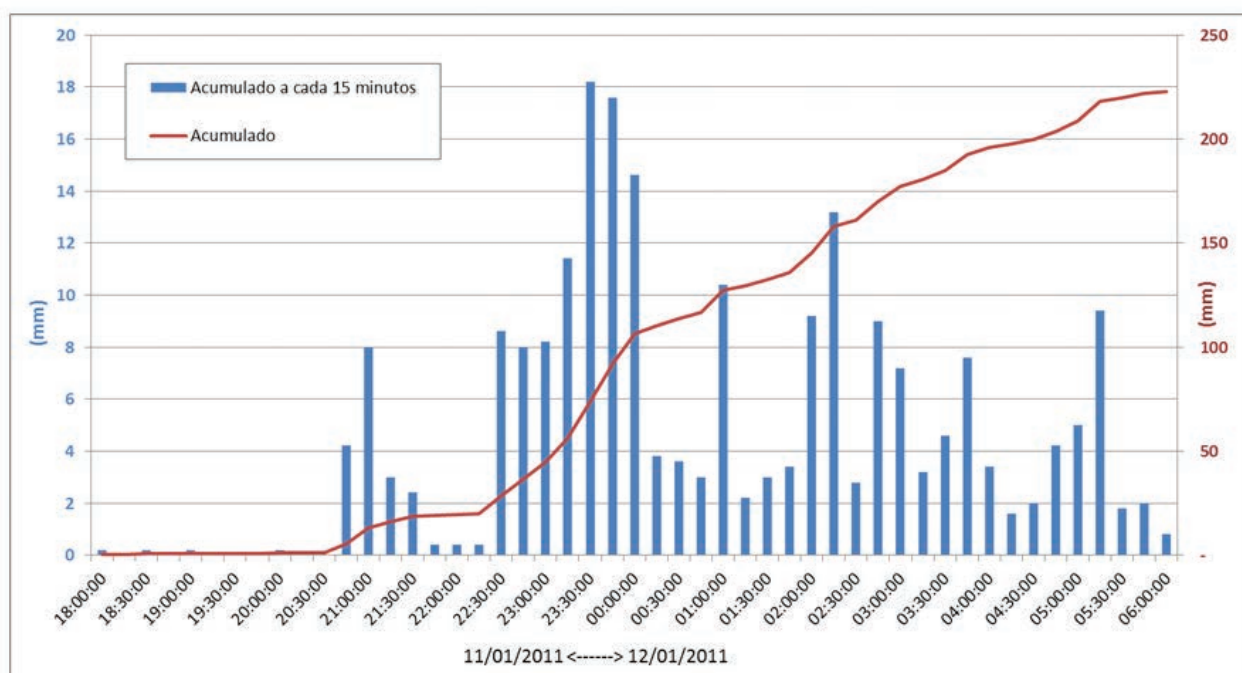


Gráfico 1 Pluviometria entre os dias 11/01 e 12/01/2012.

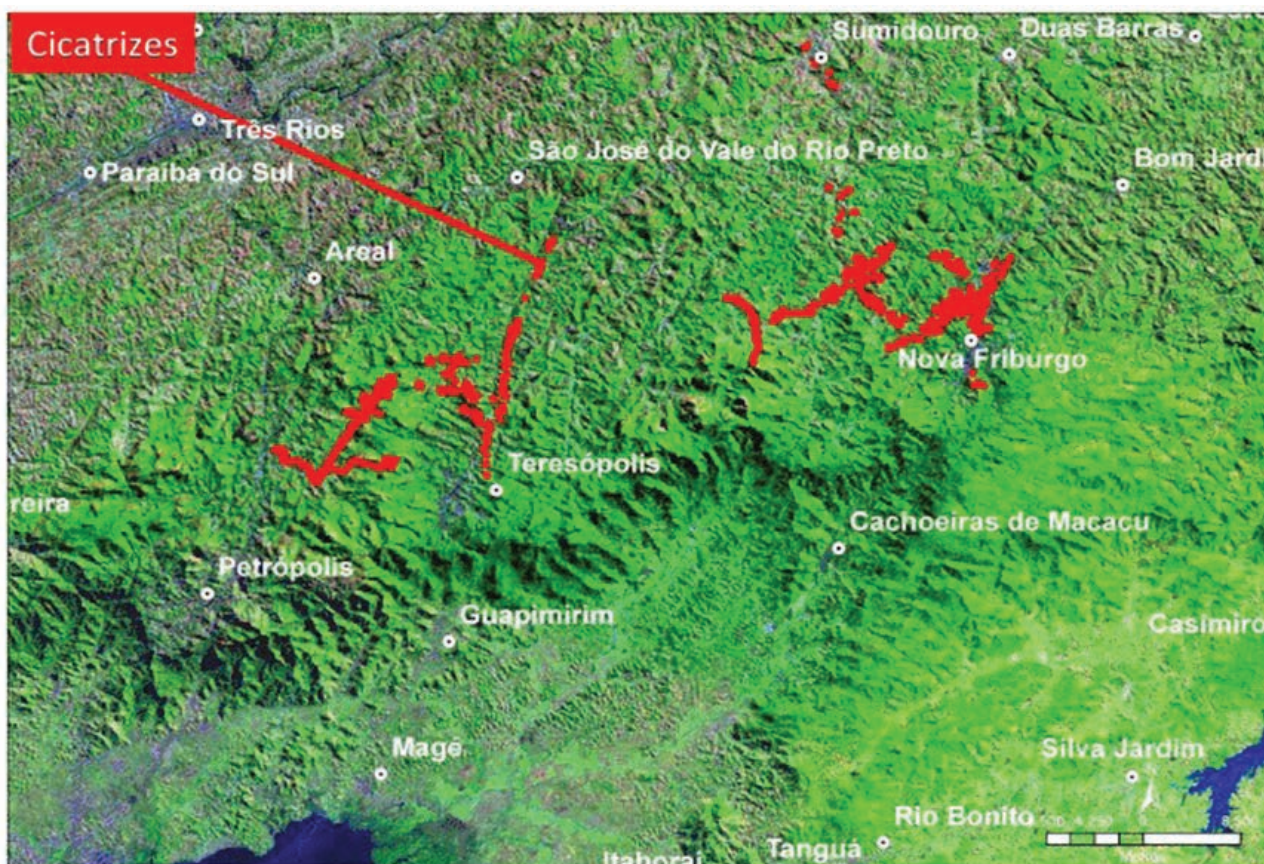


Figura 2 Mapa de distribuição das cicatrizes do evento de 2011 na Região Serrana do Rio de Janeiro (extraído de DRM, 2011).



Figura 3 Fotografia de uma corrida de detritos em Posse, Teresópolis, RJ. Observar a contribuição de material dos escorregamentos laterais.

- camada de solo no topo da escarpa. Especulase, no caso do evento da Região Serrana devido a diversos relatos de moradores, que ondas sonoras ou micro-sismos gerados por trovões e movimentos de massa próximos, respectivamente, podem ter deflagrado alguns dos movimentos (Figura 4);
- iii. Deslizamentos “tipo Rasteira”: causados pela erosão fluvial da base de taludes, que causam a desestabilização a montante. Esse processo gera material terroso ou lascas que alimentam algumas corridas ou podem gerar represamento em pontos de estrangulamento (*nickpoints*) nas drenagens (Figura 5);
 - iv. Deslizamentos “tipo Vale Suspenso”: são movimentos profundos, planares, de forma circular que ocorrem em vales ou drenagens fluviais afluentes com pronunciado desnível para o vale principal e envolvem a formação de trincas à medida que ocorre o entalhamento da drenagem, obedecendo a evolução do relevo. Apresentam pequenos alcances, porém atingindo grandes volumes (Figura 6); e
 - v. Deslizamentos tipo “Catarina”: Em referência ao principal tipo de movimento que atingiu o estado de Santa Catarina no verão de 2008, é um movimento de alta velocidade, onde o material mobilizado sofre ruptura na transição solo residual jovem/solo maduro. A deflagração do movimento ocorre pela subida de poro-pressão na base das concavidades das encostas e o material mobilizado corresponde à capa de solo maduro e vegetação (Figura 7).
- i. Petrópolis - apenas o distrito de Itaipava foi atingido:
 - a. Bacia do Rio Cuiabá - com corridas de blocos no alto e médio cursos e inundação generalizada no baixo curso do rio (Melo et al., 2011).
 - ii. Teresópolis: o município foi quase todo atingido com movimentos de massa generalizados (Amaral et al., 2011). As regiões do centro da cidade e ao longo da BR-116 apresentaram um número bem menor de movimentos de massa, o que pode ter evitado um número maior de vítimas, visto que estas são as regiões do município mais densamente povoadas e com o maior número de edificações precárias:
 - a. As bacias do Rio Vieira (Lima et al., 2011 e Rodrigues et al., 2011) e Córrego do Príncipe em Teresópolis - além dos movimentos de massa apresentaram corridas de blocos no alto e médio cursos e inundação nos respectivos baixos cursos.
 - iii. Nova Friburgo: o município foi onde ocorreu o maior número de movimentos de massa. As bacias de 6ª ordem atingidas foram:
 - a. Bacia do Rio Grande – onde ocorreu o maior número de mortes causadas por inundação e escorregamentos generalizados. A bacia de 4ª ordem do Córrego Dantas (Araújo, 2012) devido à alta densidade populacional, foi a mais impactada. O alto curso do córrego foi caracterizado por movimentos do tipo Catarina (Lago et al., 2011) (Correia et al., 2011) enquanto o baixo curso foi caracterizado pelas inundações com muito sedimentos (em alguns pontos mais de 3 metros de espessura) depositados após o evento (Paixão et al., 2011).
 - b. Bacia do Rio Macaé – Não foram registrados movimentos de massa significativos.
 - iv. Outros municípios (Areal, Sumidouro, São José do Vale do Rio Preto e Bom Jardim): o principal impacto foi a elevação do nível dos rios (enchentes e alagamentos) que cortam estes municípios. Os prejuízos financeiros foram bem menores que os que ocorreram nos três municípios mais atingidos. Entre estes municípios o que apresentou o maior número de vítimas fatais foi Sumidouro com 19 mortes, seguido de Bom Jardim com uma morte.

5 Os Tipos de Impactos Durante o Evento

Os impactos causados pelo Megadasastre foram diferenciados em cada um dos municípios atingidos. Essa diferenciação se deu pela forma com que a chuva se deslocou na região (as cicatrizes de movimentos de massa apresentadas na Figura 2 e os relatos dos moradores sugerem que o deslocamento se deu no sentido SWW-NEE), a forma com que se deu a descarga da chuva durante esse trajeto e as características geológicas, geomorfológicas e morfométricas de cada bacia hidrográfica da região. Os principais tipos de impactos durante o evento por bacias foram:

O Megadesastre da Região Serrana do Rio de Janeiro – as Causas do Evento, os Mecanismos dos Movimentos de Massa e a Distribuição Espacial dos Investimentos de Reconstrução no Pós-Desastre
Francisco Dourado; Thiago Coutinho Arraes & Mariana Fernandes e Silva



Figura 4 Fotografia de um deslizamento do tipo “Parroca” no Córrego Dantas, Nova Friburgo, RJ (fotografia Prof. Nelson Fernandes/UFRJ).



Figura 5 Fotografia de um deslizamento “tipo Rasteira”, ao largo da BR-492, Nova Friburgo, RJ.

O Megadesastre da Região Serrana do Rio de Janeiro – as Causas do Evento, os
Mecanismos dos Movimentos de Massa e a Distribuição Espacial dos Investimentos de Reconstrução no Pós-Desastre
Francisco Dourado; Thiago Coutinho Arraes & Mariana Fernandes e Silva



Figura 6 Fotografia de um deslizamento “tipo Vale Suspensão”, Teresópolis, RJ.



Figura 7 Fotografia de um deslizamento tipo “Catarina” no Condomínio do Lago, Nova Friburgo, RJ.

6 O Histórico de Prevenção e Ações Após o Evento

6.1 Histórico

Os movimentos de massa no estado do Rio de Janeiro são eventos anuais e há muito tempo conhecidos pela população e pelos governos e historicamente causadores de desastres e fatalidades. A recorrência desses desastres está ligada ao período chuvoso intenso que ocorre todos os anos e, apesar de serem conhecidos tanto quanto seus efeitos, até poucos anos atrás, o estado do Rio de Janeiro não dispunha na estrutura de governo de um agrupamento técnico especializado para identificação das áreas de alta susceptibilidade a movimentos de massa. Apesar de dispor de um grupo de geólogos e geógrafos no DRM-RJ e outro grande grupo de engenheiros, principalmente concentrados na Secretaria de Estado de Obras, os Governos Estaduais sistematicamente se omitiam no enfrentamento desse problema.

Diferentemente, o município do Rio de Janeiro conta desde 1966 com a GEO-RIO – que tem como atribuição legal a identificação de áreas de risco geológico, a concepção de projetos de remediação e a execução destes projetos. A criação da GEO-RIO foi motivada pela pressão popular gerada após um grande desastre neste mesmo ano que causou a morte de 70 pessoas (GEORIO, 2012).

Na estrutura administrativa do estado, a única instituição que apresentava uma função relacionada aos riscos causados pelos movimentos de massa era a Defesa Civil Estadual, que é altamente capacitada para ações de resgate e salvamento, em especial em casos de enchentes e movimentos de massa, mas pouco desenvolvida nas atividades de prevenção desses eventos. Na esfera municipal, a Defesa Municipal do município do Rio de Janeiro, em parceria com a GEO-RIO, além das atividades de resgate e salvamento, já desenvolvia alguns projetos de conscientização da população sobre o perigo das moradias precárias nas encostas dos morros.

O principal problema identificado nesse período é a falta de programas de prevenção, majorado pelo estímulo por políticos à ocupação de áreas de risco pela população e a falta de integração das ações entre os órgãos do estado e destas ações com as prefeituras.

6.2 A Prevenção do Risco

Com a acentuação dos eventos climáticos extremos no final da primeira década do século XXI,

a atenção para ações de prevenção começou a mudar. O Governo do Estado autorizou a criação do Núcleo de Análise e Diagnóstico de Escorregamentos – NADE - no DRM-RJ. Com atuação ainda incipiente, o órgão ganhou destaque e recebeu investimentos pontuais após os desastres que ocorreram em Angra dos Reis na Enseada do Bananal e Morro da Carioca com 52 mortos em Janeiro de 2010 (DRM, 2010a) e Região Metropolitana do Rio de Janeiro (destaque para o evento no Morro do Bumba) com 166 mortos em Abril de 2010 (DRM, 2010b).

O NADE foi criado com a função de dotar o estado de um grupo técnico, formado por geólogos, geógrafos e engenheiros com o objetivo de identificar áreas com alta susceptibilidade a movimentos de massa. Para atingir esse objetivo, o NADE se propõe a realizar sistematicamente o mapeamento de áreas susceptíveis a movimentos de massa de todos os municípios do estado do Rio de Janeiro. A ordem de prioridade do mapeamento se deu de acordo com o número histórico de mortes e movimentos de massa registrados em cada município.

A importância do NADE se dá, além do mapeamento que está sendo realizado, pelo fato de a primeira vez um órgão estadual agregar esforços das diversas instituições nacionais (Defesa Civil Nacional, CPRM, CEMADEN) estaduais tais como (Defesa Civil Estadual, DRM, INEA, SEOBRAS), municipais (Defesas Civis Municipais e Secretarias Municipais de Obras) e universidades (UFRJ, UFPR, UFBA, UERJ e PUC-RJ) em prol de um programa de prevenção e não mais de ações pós-desastre.

6.3 As Ações Pós-Desastre

As ações após o evento foram o mapeamento das áreas remanescentes de alta susceptibilidade a movimentos de massa nos municípios e medidas estruturais (reparo e reconstrução de pontes e intervenções nas encostas).

Coube também ao NADE mapear emergencialmente as áreas remanescentes de risco com o objetivo da interdição ou desapropriação das áreas de risco a ser executada pelo Governo do Estado. Paralelamente, o NADE atualizou o mapeamento das áreas de alta susceptibilidade dos três municípios mais atingidos (Teresópolis, Petrópolis e Nova Friburgo já haviam sido mapeados anteriormente, pelas empresas Terra e Theopratic e CPRM, nos anos de 2007, 2006 e 2007 respectivamente). No caso específico do município

de Nova Friburgo, a atualização do mapeamento ficou sob a responsabilidade da CPRM, que já havia executado o primeiro mapeamento, sob a supervisão do NADE.

O Governo do Estado, através da SEOBRAS, investiu R\$ 188.451.196,08 em 79 obras em seis municípios da região afetada (fonte dos dados: relatório preliminar do Convênio UERJ-SEOBRAS-EMOP/2011, ainda em execução). Entre esses municípios, o que recebeu o maior número de intervenções foi Petrópolis (Tabela 1). Em termos de volumes financeiros investidos, Nova Friburgo foi o município que mais recebeu recursos (Tabela 2). Areal foi o município que menos recebeu intervenções e recursos.

Município	Areal	Bom Jardim	Nova Friburgo	Petrópolis	São José do Vale do Rio Preto	Teresópolis
Intervenções	1	8	14	29	5	22

Tabela 1 Intervenções por município.

Município	Areal	Bom Jardim	Nova Friburgo	Petrópolis	São José do Vale do Rio Preto	Teresópolis
Investimento	2.209,90	9.524,07	91.542,71	24.557,59	11.751,33	48.865,57

Tabela 2 Investimento por município (em milhares de Reais).

Dentre as 79 intervenções, 78 se encontram em quatro bacias de 6ª ordem (Figura 8). Entre elas, a bacia do Rio Preto foi a que mais recebeu intervenções (Tabela 3), e a bacia do Rio Grande foi a que mais recebeu recursos. A bacia do Rio Macaé não recebeu nenhuma intervenção e nenhum recurso.

Bacia hidrográfica	Piabanha	Preto	Grande	Macaé
Intervenções	25	31	22	0

Tabela 3 Intervenções por bacia hidrográfica.

Na Tabela 4 e Tabela 5 observamos que, apesar da bacia do Rio Piabanha possuir um maior número de moradores que as demais, foi a bacia do Rio Grande a contemplada com mais recursos financeiros para as obras. Em média foram investidos

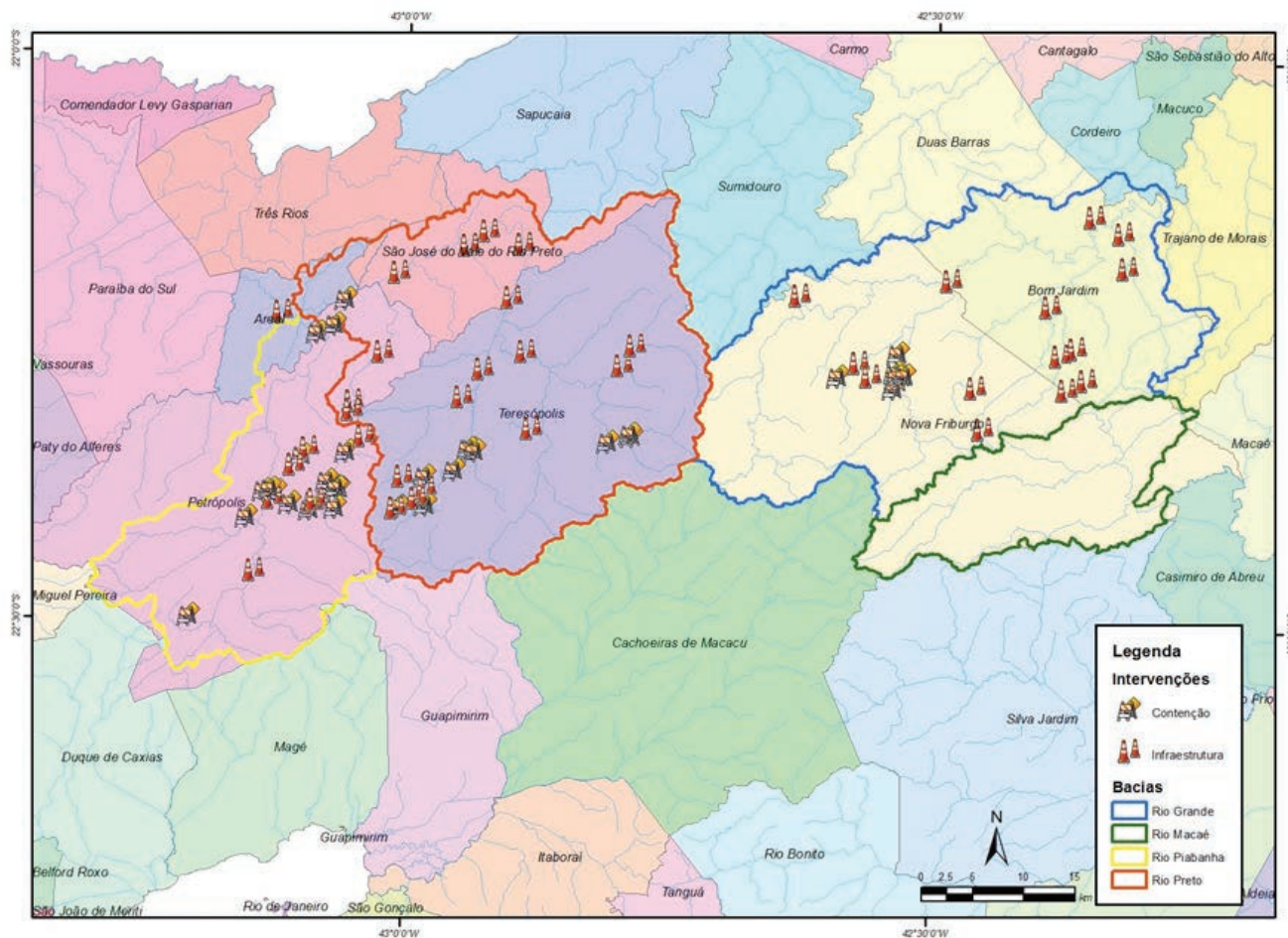


Figura 8 Mapa de localização dos investimentos.

R\$ 504,81 por habitante da bacia, quase sete vezes o que foi investido para cada habitante da bacia do Rio Piabanha e 50% a mais que o que foi investido por habitante da bacia do Rio Preto. Da mesma forma, foi a bacia do Rio Grande que recebeu o maior

Bacia hidrográfica	Investimento (R\$)	Moradores	Domicílios	Investimento por morador (R\$)
Piabanha	19.778.078,65	258.278	85.566	76,57
Preto	65.396.424,21	190.354	62.542	343,55
Grande	101.066.787,55	200.204	70.056	504,81
Macaé	0,00	6.679	2.499	0,00

Tabela 4 Investimento por morador de cada bacia hidrográfica.

Bacia hidrográfica	Investimento (R\$)	Área (km ²)	Investimento R\$ / km ²
Piabanha	19.778.078,65	514	38.478,75
Preto	65.396.424,21	1.066	61.347,48
Grande	101.066.787,55	996	101.472,68
Macaé	0,00	306	0,00

Tabela 5 Investimento por km² de cada bacia hidrográfica.

investimento por km² (aproximadamente R\$101,5/km²), quase três vezes mais que a bacia do Rio Piabanha e o dobro que a bacia do Rio Preto.

7 Conclusões

O evento entre os dias 11 e 12 de 2011, que causou 947 mortes, quase 300 desaparecimentos, mais de 50.000 desabrigados, afetando quase 1.000.000 de pessoas, foi deflagrado por um evento climático extremo que registrou em uma das estações pluviométricas da região (Olaria) 241,8 mm de chuva acumulada nas 24 horas do dia do evento, com um pico máximo de 61,8 mm/hora à meia-noite deste dia na estação pluviométrica de Ypu (INEA).

Na região, os principais tipos de movimento de massa observados foram: corridas de massa, detritos, terra ou de lama, deslizamentos do tipo “Parroca”, deslizamentos “tipo Rasteira”, deslizamentos “tipo Vale Suspenso” e deslizamentos tipo “Catarina”, que causaram em cada município da região, impactos com intensidades e formas diferentes. Essa diferenciação se deu pela forma que a chuva se deslocou na região, como aconteceu a descarga de chuva e as características geológico-geomorfológicas de cada bacia hidrográfica da região.

A análise dos investimentos realizados nas bacias demonstra que os maiores investimentos

foram realizados na bacia do Rio Grande, esse fato possivelmente ocorreu em função do maior número de ocorrências de movimentos de massa nesta bacia. Foram realizados investimento em uma relação de R\$ 504,81 por habitante da bacia, quase sete vezes o que foi investido para cada habitante da bacia do Rio Piabanha e 50% a mais que o que foi investido por habitante da bacia do Rio Preto. A densidade de investimentos foi de R\$101,5/km², quase três vezes mais que a bacia do Rio Piabanha e o dobro que a bacia do Rio Preto.

No que concerne aos investimentos de prevenção realizados pelo Governo do Estado, fica a preocupação da instalação de sirenes de alerta em dois aspectos: i) os limites de segurança da precipitação pluviométrica variam a cada bacia hidrográfica em função de suas características morfométricas e da litologia. Desta forma, cada bacia tem seu próprio limite de segurança e devido às características microclimáticas de cada região, também deve ter seu próprio pluviômetro para monitorar esse limite. ii) em função da particularidade de cada bacia, a adoção de um limite de segurança regional força o sistema usar um fator de segurança muito alto, o que poderá gerar um alto número de alarmes-falsos, o que certamente causará a descrença da população no sistema de alerta, devido a falta de conscientização do processo científico, que trabalha com probabilidades e não com certezas. A descrença no sistema fará que a população não siga as orientações de evacuação, o que poderá causar o mesmo número de mortes, com ou sem o sistema de alerta.

Por fim, sabemos que para evitar a repetição de um desastre nestas proporções (quase mil mortes em um único evento) apenas as intervenções de obras civis não bastam. A chave para a diminuição de fatalidades está em ações de prevenção como o mapeamento de áreas de risco e a conscientização da população dos riscos aos quais ela está submetida. Essa conscientização certamente irá evitar ou pelo menos minimizar a ocupação de áreas de risco, assim como trazer confiança à população nos sistemas de alerta. Para atingir esse objetivo, a principal ferramenta é o treinamento e conscientização da população através de palestras nas escolas, cursos nos NUDECs e outras ações.

8 Agradecimentos

Os autores agradecem o auxílio financeiro recebido pelo Projeto PRONEX-Rio / FAPERJ - Geotecnia Aplicada à Previsão, Avaliação, Prevenção

e Remediação de Problemas Geo-Hidro-Ambientais sediado na PUC-RJ, as discussões deste grupo de trabalho e a Faculdade de Engenharia da UERJ pelo fornecimento dos dados sobre os investimentos do Governo do Estado do Rio de Janeiro na Região Serrana após o evento.

9 Referências

- Amaral C.; Lima I. F.; Varejão L. C. & Santana, M. 2011. Carta de risco remanescente a escorregamentos no município de Teresópolis, após o Megadesastre '11 da Região Serrana, *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE*, 12, Nova Friburgo, RJ.
- Araújo, J. P. C. 2012. *Análise morfométrica de corridas de detritos na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro: Estudo de caso da Bacia Hidrográfica do Córrego Dantas*. Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, *Dissertação de Mestrado*, 129 p.
- Araújo, L.M.N.; Moreira, D.M.; Melo, J.S.; P., M.J.A.; Fernandes, N.F. & Davis, E.G. 2011. Avaliação da distribuição espaço-temporal histórica de eventos chuvosos no Rio de Janeiro, em preparação. *In: WORLD WATER CONGRESS*, 14, Porto de Galinhas.
- Correia S.; Amaral C.; Campos T. M. & Portocarrero H. 2011. MEGADESASTRE '11 da Serra Fluminense: o deslizamento da Prainha, em Nova Friburgo - resultados preliminares do mapeamento geológico e dos ensaios de campo. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE*, 12, Nova Friburgo, RJ.
- Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro. 2010a. Relatório sobre o evento do Morro da Carioca e Enseada do Bananal em Angra dos Reis, *Relatório Interno*, Diretoria de Geologia.
- Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro. 2010b. Relatório sobre o evento do Morro do Bumba, *Relatório Interno*, Diretoria de Geologia.
- Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro. 2011. Megadesastre da Serra, disponível em <<http://www.drm.rj.gov.br/index.php/downloads/category/13-regio-serrana/download=48%3Amegadesastre-da-serra-jan-2011-pdf>>.
- GEORIO. 2012. Quem somos, disponível em <http://obras.rio.rj.gov.br/index.cfm?arquivo_estatico=1541.htm>, Acesso em 30/03/2012
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE. 2010. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios. Síntese dos Indicadores de 2009. Rio de Janeiro, RJ.
- Lago, L.; Amaral, C.; Campo, L. E. P. & Silva, L. E. 2011. MEGADESASTRE '11 da Serra Fluminense: o deslizamento do Condomínio do Lago, em Nova Friburgo - análise preliminar dos condicionantes geológicos. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE*, 12, Nova Friburgo, RJ.
- Lima, I.F.; Amaral, C. & Vargas Jr, E. 2011. MEGADESASTRE '11 da Serra Fluminense: a corrida de massa do Vieira – dados preliminares para a definição do mecanismo de fluxo. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE*, 12, Nova Friburgo, RJ.
- Melo, R. C.; Varejão, L. C. & Dourado F., 2011. MEGADESASTRE '11 da Serra Fluminense: a corrida de massa do Vale do Cuiabá, em Itaipava/Petrópolis – análise preliminar dos condicionantes geológicos. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE*, 12, Nova Friburgo, RJ.
- Paixão, R.; Motta, M. & Santana, M. 2011. MEGADESASTRE '11 da Serra Fluminense: análise preliminar da corrida de massa do Córrego d'Antas, em Nova Friburgo. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE*, 12, Nova Friburgo, RJ.
- Ramos, J. A. S. ; Silveira, C. S., 2008. Hydroflow - Classificação de redes de drenagem pelo método Strahler e Shreve, disponível em <www.fgel.uerj.br/labgis/hydroflow>. Acesso em 23/02/2012.
- Rodrigues J. G.; Amaral, C. & Tupinambá, M. 2011. MEGADESASTRE '11 da Serra Fluminense: a corrida de massa do Vieira, em Teresópolis - análise preliminar dos condicionantes geológicos, *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE*, 12, Nova Friburgo, RJ.
- Strahler, A. N. 1957, “Quantitative analysis of watershed geomorphology”, *Transactions of the American Geophysical Union* 8 (6): 913–920

Siglas

- CEPERJ - Fundação Centro Estadual de Estatísticas, Pesquisas e Formação de Servidores Públicos do Rio de Janeiro
- CEMADEN - Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais
- CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
- EMOP – Empresa de Obras Públicas do Estado do Rio de Janeiro
- INEA - Instituto Estadual do Ambiente
- GEO-RIO - Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- LabGIS – Laboratório de Geotecnologias da Faculdade de Geologia da UERJ
- NADE - Núcleo de Análise e Diagnóstico de Escorregamentos
- NUDEC – Núcleos de Defesa Civil
- PUC-RJ - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
- SEASDH - Secretaria de Estado Assistência Social e Direitos Humanos
- SEOBRAS - Secretaria de Obras do Estado do Rio de Janeiro
- UERJ - Universidade do Estado do Rio de Janeiro
- UFBA - Universidade Federal da Bahia
- UFPR - Universidade Federal do Paraná
- UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro