GeoPUC – Revista da Pós-Graduação em Geografia da PUC-Rio
Rio de Janeiro, ano 6, n. 11, jan.-jun. 2014, p. 9-26

ABORDAGEM GEOMORFOLÓGICA NA DEFLAGRAÇÃO DOS MOVIMENTOS DE MASSA EM JANEIRO DE 2011 NO BAIRRO CONQUISTA, NOVA FRIBURGO – RJ*

Marcelo Motta de Freitas[i]
Doutor em Geografia
Professor do Departamento de Geografia
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio)

Alex Farias[ii]
Graduando em Geografia
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio)

Rodrigo Wagner Paixão Pinto[iii]
Mestrando em Geografia
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio)

Resumo

As chuvas ocorridas no mês de janeiro 2011 causaram diversos escorregamentos e corridas, além de enchentes, perdas materiais e de vidas. Essas chuvas são recorrentes durante os verões tropicais e provocam grandes prejuízos para a população que vive em área vulnerável a enchentes e escorregamentos. O presente trabalho aborda o caso do Bairro de Conquista, em Nova Friburgo, RJ, que se situa na bacia do Rio Grande. Na área estudada foram mapeados 221 movimentos de massa gerados nos dias 11 e 12 de janeiro devido às fortes chuvas, tanto em área urbana quanto em área rural. Esses eventos são inerentes ao processo de evolução da paisagem geomorfológica e possuem condicionantes importantes, como estrangulamentos da rede de drenagem, e aspectos litoestruturais. Desta maneira, o trabalho tem como objetivo analisar as áreas de estrangulamento de drenagem que influenciaram no desastre de janeiro de 2011. Para tal foram mapeadas as cicatrizes erosivas, bem como sua relação com os níveis de base e alvéolos deposicionais, analisando a relação entre tais feições. Os resultados apontam uma relação das enchentes com os níveis de base e contribuem para o entendimento dos mecanismos dos deslizamentos em encostas de baixa declividade. Espera-se que o trabalho possa contribuir para o planejamento e gestão dos municípios mais atingidos pelos deslizamentos.

Palavras-chave: Desastre, Movimentos de massa, Enchentes.

GEOMORPHOLOGICAL APPROACH ON LANDSLIDES IN JANUARY 2011 AT CONQUISTA DISTRICT, NOVA FRIBURGO – RJ, BRAZIL

Abstract

The rains that occurred in January 2011 caused several landslides and floods, in addition to flooding, there were losses of properties and lives. These rains are recurrent during tropical summer periods and cause great harm to the population living in vulnerable areas to floods and landslides. This paper discusses the Conquista neighborhood case in Nova Friburgo, which lies in the basin of the Rio Grande. In the study area were mapped 221 mass movements generated on January 11th and 12th due to heavy rains, both in urban and rural areas. These events are inherent in the process of geomorphological evolution of the landscape and have important limitations such as drainage network bottlenecks and lithostructural aspects. Thus, the study aims to analyze the knickpoints areas that

[i] *Correspondência:* Rua Marquês de São Vicente, n. 225. Gávea. Rio de Janeiro, RJ, Brasil. CEP: 22451-900.
E-mail: marcelomotta@puc-rio.br
Coordenador do grupo de pesquisa MorfoTEKTOS/PUC-Rio

[ii] *E-mail:* alexfarias.geo@gmail.com
Integrante do grupo de pesquisa MorfoTEKTOS/PUC-Rio

[iii] *E-mail:* rodrigowpp1@gmail.com
Integrante do grupo de pesquisa MorfoTEKTOS/PUC-Rio

influenced the disaster of January 2011. For this, erosional scars were mapped, as well as its relation to background levels and depositional wells, analyzing the relation between such features. The results indicate a relation with the floods background levels and contributes to the understanding of the mechanisms of landslides on slopes. It is hoped that this work can contribute to the planning and management of the municipalities most affected by landslides.

Keywords: Disaster, Landslides, Flood

Nos dias 11 e 12 de Janeiro de 2011, a Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro foi atingida por chuvas que provocaram diversos deslizamentos e enchentes. Essas fortes chuvas são características dos verões tropicais, geralmente associadas à dinâmica de frentes frias que se movem sobre o Atlântico Sul e, ao entrar em contato com as massas tropicais de ar quente sobre o Sudeste do Brasil, se convertem em verdadeiras tempestades, originando as chamadas "chuvas de verão", que marcam esta estação no Rio de Janeiro.

A região Sudeste do Brasil, em seus compartimentos montanhosos e alinhamentos serranos, é particularmente vulnerável a essas tempestades que deflagram inúmeros movimentos de massa e consequentes inundações. Além do desastre para a sociedade e seus bens, estes eventos constituem processos de evolução do relevo, sob a forma de erosão intensa e acelerada.

O desastre ocorrido na Região Serrana Fluminense, denominado pelo Serviço Geológico do Estado do Rio de Janeiro de Megadesastre'11 (DRM-RJ, 2011), pode ser comparado aos desastres que ocorreram em tempos pretéritos documentados pela literatura científica, como os acidentes da Serra das Araras e em Caraguatatuba em Janeiro de 1967 (JONES, 1973); no Médio Vale do Paraíba e seus afluentes em dezembro de 1948 descrito por Sternberg (1949) e no maciço da Tijuca no Rio de Janeiro em 1967 (MEIS; XAVIER DA SILVA, 1968). A documentação desses eventos mais antigos e posteriormente dos demais acidentes sequenciados nas áreas tropicais do Brasil, indicam a recorrência deste fenômeno e a condição da zona afetada como área de ocorrência deste tipo de fenômeno.

Cabe destacar que o presente trabalho integra o programa de pesquisas do Grupo MorfoTEKTOS do departamento de geografia da PUC-Rio em cooperação técnica com o Serviço Geológico do Estado do Rio de Janeiro (DRM-RJ) e o grupo de Geotecnia Ambiental da PUC-Rio. Tem por objetivo a investigação da influência dos condicionantes geomorfológicos na deflagração dos movimentos de massas e

ocorrência de inundações, a fim de contribuir para um melhor entendimento da dinâmica de evolução das paisagens geomorfológicas, assim como para o planejamento e gestão de risco da ocupação dessas áreas pela população.

Objetivo

Neste sentido, o objetivo deste trabalho avaliar a influência da morfologia do relevo sobre a ocorrência dos deslizamentos de encostas, em suas diferentes tipologias, bem como, inundações no bairro de Conquista, no município de Nova Friburgo, RJ. Especificamente, analisar a dinâmica dos níveis de base locais, estrangulamentos da rede de drenagem ou knickpoints no represamento de fluxos fluviais e deflagração de deslizamentos.

Metodologia

O trabalho foi conduzido por mapeamentos sistemáticos e trabalhos de campo na região afetada. Para os mapeamentos foram utilizadas as bases topográficas na escala de 1:10.000, cedidas pela empresa Ampla de distribuição de energia, no qual foram realizados os mapeamentos de níveis de base e alvéolos a partir da interpretação da base topográfica e ortofotos aéreas do IBGE de 2006.

As imagens do Google Earth, após o evento, foram georreferenciadas e usadas para o mapeamento das cicatrizes erosivas. As cicatrizes mapeadas foram diferenciadas de acordo com a tipologia do movimento de massa: deslizamentos e corrida. Todos os mapeamentos foram conduzidos através do software ArcGIS 9.3. Os estudos foram seguidos de observações de campo, a fim de avançar no entendimento dos condicionantes geomorfológicos e seus efeitos de detonação dos deslizamentos e corridas, como comprovação terrestre. Em campo foram localizados os níveis de base, estrangulamentos e knickpoints com uso de GPS Garmin Vista HCx e levantadas características litoestruturais do substrato geológico.

Área de estudo

Para o estudo, foi delimitado um trecho da bacia de drenagem do Rio Grande, destacando as sub-bacias afluentes do rio Grande na altura do bairro afetado

(fig. 1). O bairro de Conquista localiza-se no município de Nova Friburgo, RJ (UTM 23K 740117m E 75346355m S), caracterizado por uma ocupação predominantemente rural, com pequenos núcleos urbanos concentrados às margens da Rodovia RJ-492, em função da proximidade à cidade de Nova Friburgo. O bairro foi bastante afetado por deslizamentos e enchentes, atingido fazendas e sítios, bem como condomínios e pequenos aglomerados urbanos. O recorte delimita o trecho mais afetado pelos deslizamentos registrados nos mapeamentos. Vale ressaltar que a delimitação de bacias hidrográficas foi utilizada em função de ser esta a unidade geomorfológica que compreende as dinâmicas hidrológicas e erosivas em uma abordagem sistêmica da paisagem (FREITAS, 2007).

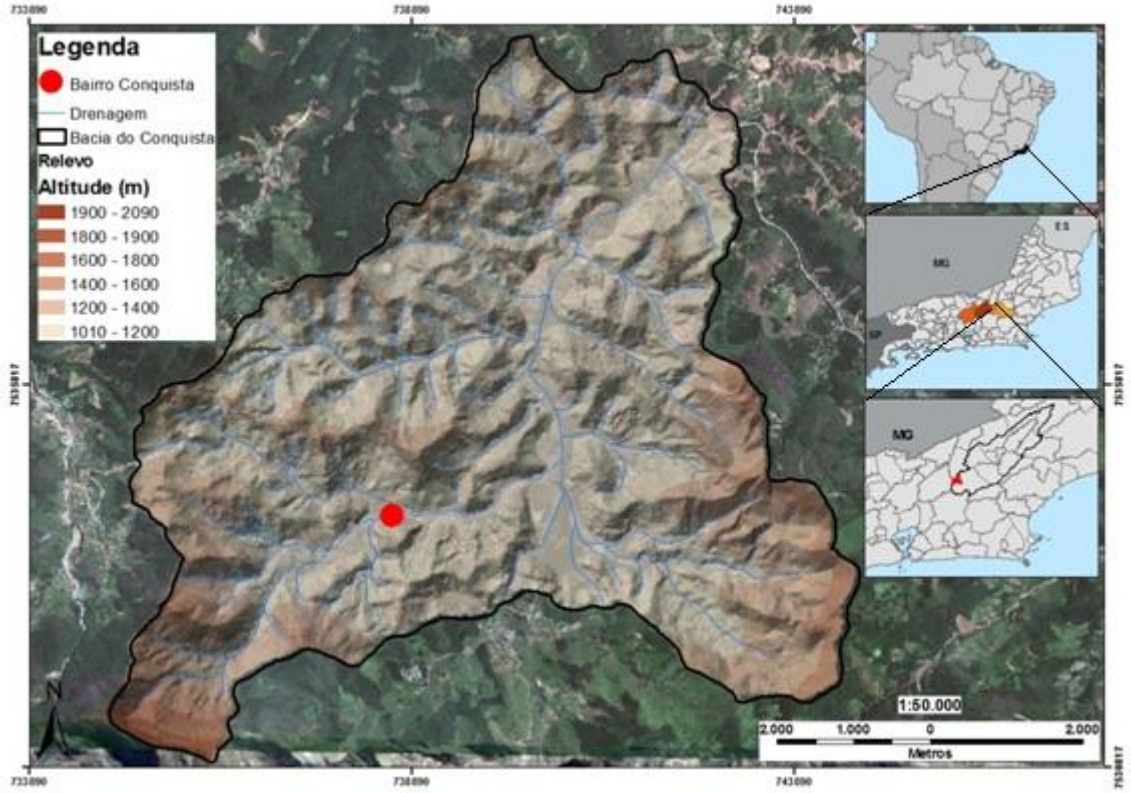

Figura 1: Área de estudo da bacia do Conquista, no município de Nova Friburgo (RJ) – Em vermelho encontra-se o bairro Conquista.

Geomorfologicamente, a bacia estudada caracteriza-se por um relevo mais rebaixado em altitude e declividade, quando comparado ao compartimento montanhoso da região serrana. Na área estudada o relevo apresenta predominantemente na porção norte do mapa, colinas e morros com amplitudes de relevo que chegam a 100 m. entre os fundos de vale e o topo dos divisores, e encostas com decli-

vidades, relativamente, suaves em torno de 25°. Para a porção Sul do mapa, as amplitudes de relevo aumentam, passando a registrar valores acima de 500 m.

Fisiografia das bacias afluentes de Conquista e seus condicionantes geomorfológicos

Em primeiro lugar, cabe situar a área estudada em seu contexto geotectônico, a fim de entender os processos formadores do relevo da região e sua relação com a litoestrutura do substrato geológico. De fato a ocorrência de tipos litológicos distintos e estruturas tectônicas recorrentes, definem processos intempéricos diferenciados, capazes de permitir ou não o entalhe de redes fluviais, a disponibilidade de regolito para o transporte erosivo e a natureza dos depósitos sedimentares. A área estudada situa-se no segmento central da Faixa Móvel Ribeira (fig. 2), cuja formação está relacionada a colisões continentais no Neoproterozóico (entre 750 e 450 Ma. atrás) no chamado ciclo Brasiliano (ALMEIDA; CARNEIRO, 1998; SCHOBBENHAUS et al., 1984), durante a formação do supercontinente Gondwana. Essa formação ocasionou um complexo cinturão de dobramentos e empurrões na atual margem do sudeste brasileiro, definindo os litotipos hoje aflorantes, incluindo intensa granitização, bem como estruturas tectônicas dúcteis, como o "trend" de foliação orientado NE-SW nas principais rochas metamórficas da faixa móvel (HEILBRON et al., 2004). Após grande estabilidade crustal no Paleozóico, novos esforços tectônicos ocorreram associados à abertura do Oceano Atlântico (entre 150 e 65 Ma. BP), que culminou em estruturas rúpteis de falhamentos, formadores dos sistemas de Rifts do Sudeste (RICCOMINI; SANT'ANNA; FERRARI, 2004), acompanhados do sistema de fraturamentos em toda extensão do continente. Estes sistemas de fraturas e falhas constituem os principais planos de fraqueza para o processo intempérico e consequente esculturação do relevo e segue padrões que reproduzem desenhos ortogonais alinhados, preferencialmente, nas orientações NE-SW e NW-SE.

A região serrana do Rio de Janeiro situa-se no domínio geotectônico do Arco Magmático Rio Negro, ainda no Terreno Oriental da Faixa Móvel Ribeira. Este domínio é caracterizado por rochas metamórficas ortoderivadas de alto grau. Porém

sua característica marcante está associada a intensos processos de granitização que ocorreram aí, em diversas fases da orogenia Brasiliana, formando assim granitos tardi a pós tectônicos (TUPINAMBÁ, 1999).

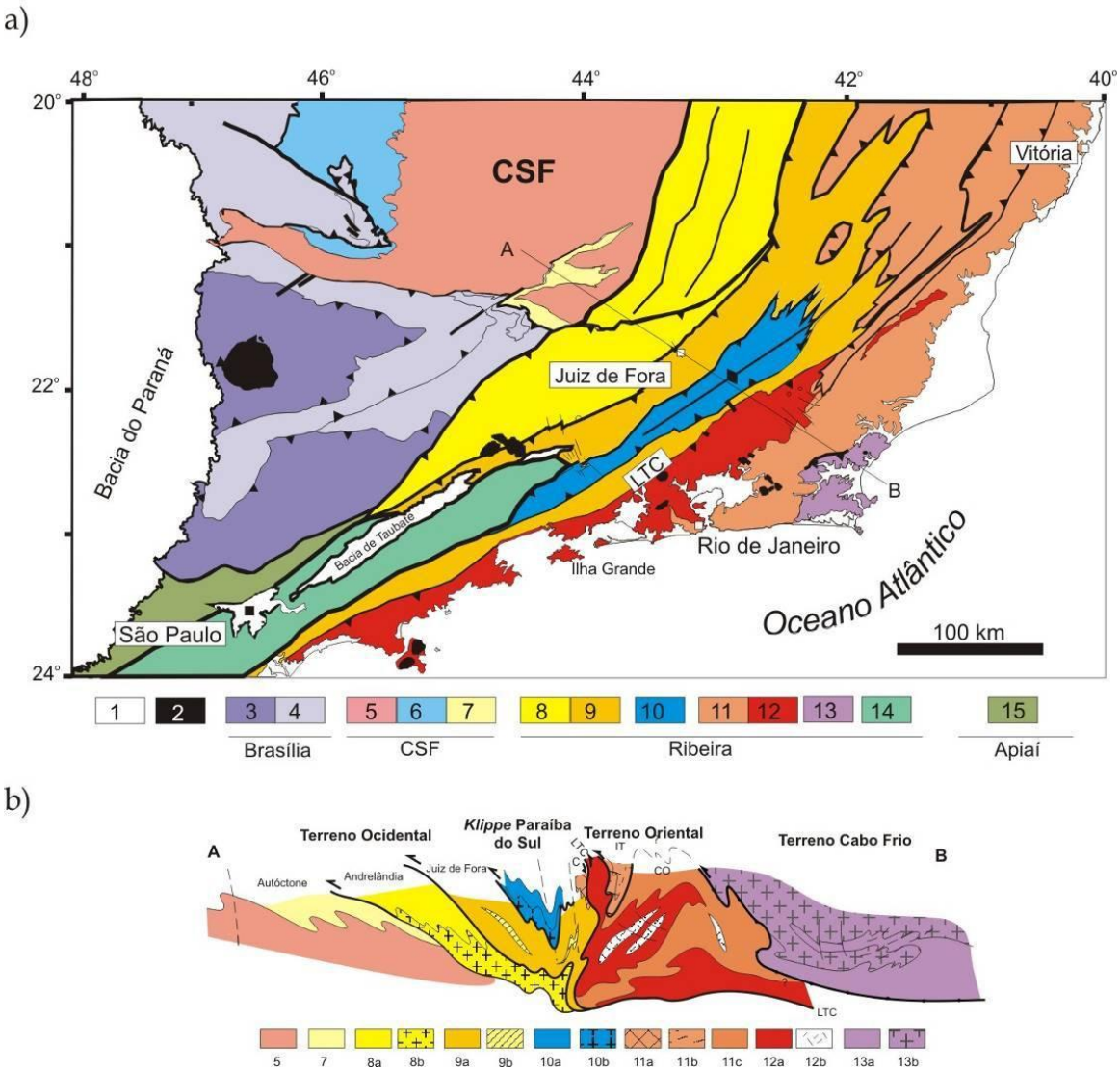

Figura 2: a) Mapa tectônico do sudeste brasileiro, com as principais unidades do setor central do Sistema Orogênico Mantiqueira; b) Seção tectônica AB transversal ao segmento central da Faixa Ribeira – Legenda: 1) Bacia do Paraná e riftes/sedimentos cenozóicos; 2) rochas alcalinas do Neocretáceo e Paleógeno; Orógeno Brasília: 3) nappes inferiores, 4) nappes superiores; Cráton do São Francisco (CSF): 5) embasamento, 6) Supergrupo São Francisco, 7) metassedimentos do Domínio Autóctone; Orógeno Ribeira: 8 e 9) Terreno Ocidental (Domínios Andrelândia e Juiz de Fora), 10) Terreno (ou Klippe) Paraíba do Sul, 11) Terreno Oriental incluindo 12) arco magmático Rio Negro, 13) Terreno Cabo Frio, 14) Terreno Embú; 15) Orógeno Apiaí (Terreno São Roque). LTC - Limite Tectônico Central (ou CTB). Traço do perfil e legenda vide mapa acima, sendo que 8a, 9a, 10a, 11a,b,c e 13a correspondem às sequências metassedimentares, enquanto 8b, 9b,10b e 13b ao embasamento dos respectivos terrenos. 11a - Domínio Cambuci (C), 11b - Domínio Italva (IT), 11c - Domínio Costeiro (CO), 12a - Arco Magmático Rio Negro e 12b - granitos colisionais. Fonte: modificado de Heilbron et alii (2004).

O mapa geológico da região apresenta a ocorrência de diversas tipologias de granitos que ocorrem em grande parte do município de Nova Friburgo (fig. 3). Es-

tes granitos exibem uma trama cristalina geralmente homogênea, com predomínio de quartzo, biotita e feldspato, sendo este último, muitas vezes, porfirítico em algumas fácies litológicas. Esta relativa homogeneidade cristalográfica dos granitos, quando comparados aos gnaisses que apresentam marcante foliação, não expõe ao intemperismo planos de fraqueza capazes de permitir o entalhe das redes de drenagem. Ao contrário, tenderão a formar maciços convexos em forma de pães de açúcar nos compartimentos montanhosos e colinas convexas nos compartimentos mais rebaixados do relevo. O entalhe fluvial e a consequente esculturação do relevo fica por conta dos planos de fraqueza representados pelas fraturas, falhas e zonas de cisalhamentos.

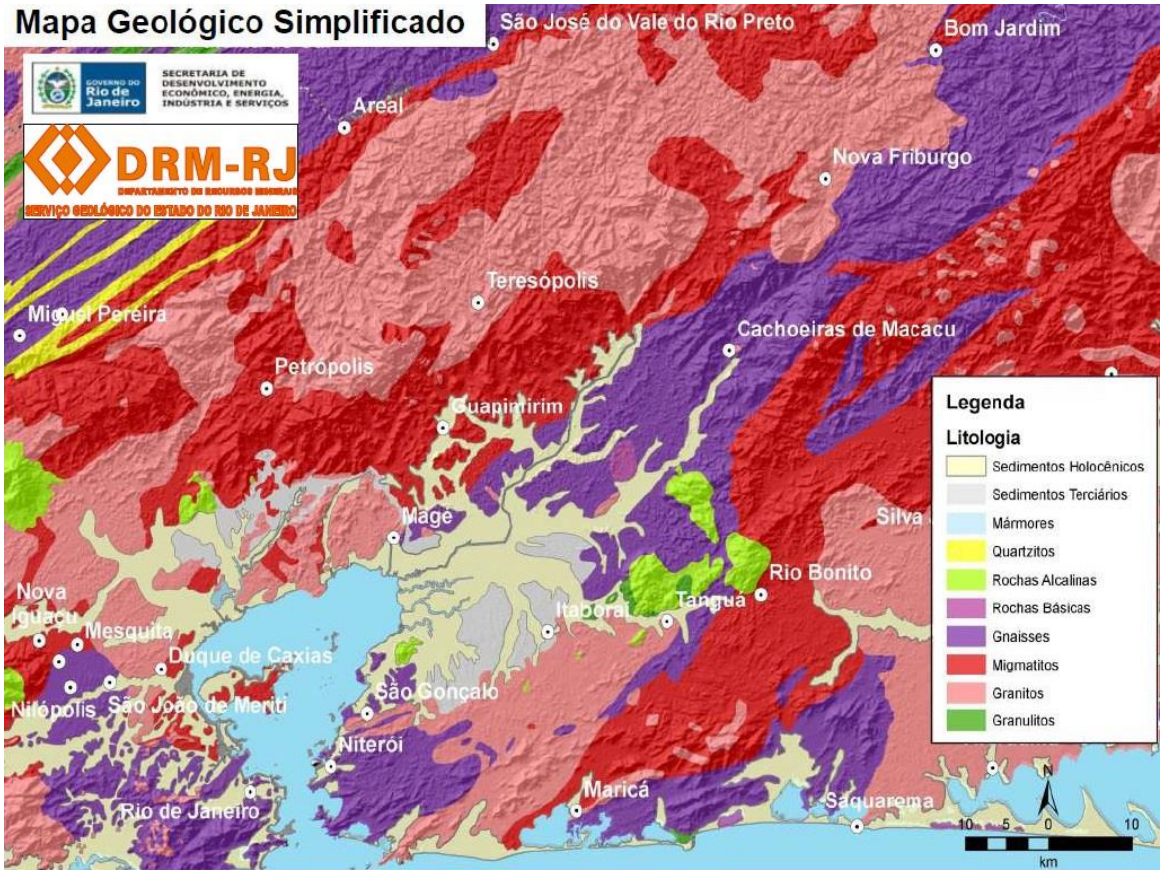

Figura 3: Mapa geológico simplificado da Região Serrana do Rio de Janeiro e áreas adjacentes – Fonte: DRM-RJ (2011).

Os sistemas de fraturas e falhas condicionaram sobremaneira o processo de evolução das redes de drenagem locais. A sequência escalonada de Leste para Oeste remete aos processos de erosão remontante da drenagem entalhados de acordo com as condicionantes lito-estruturais. Os talvegues principais possuem orientação preferencial para NE enquanto os afluentes orientam-se ortogonalmente para NW.

Em trechos menores do recorte de bacia estudado, as drenagens ganham orientação E-O ou N-S. Todas essas direções seguem estruturas rúpteis nos corpos graníticos da área. Os canais correm na maior parte das vezes, confinados por encostas íngremes que encaixam os estreitos eixos de drenagem.

A fisiografia marcante da região serrana exibe neste trecho estudado altitudes em torno de 1.000 m. nos fundos de vale e atinge pouco mais de 2.000 m. nos picos mais elevados. O relevo apresenta encostas convexas e côncavas em compartimento colinoso neste trecho do planalto suspenso do alto Rio Grande.

A análise de campo permite apontar que no conjunto da fisiografia da área delimitada apresentam-se vertentes íngremes, recobertas por solos pouco espessos, e que a distribuição de afloramentos rochosos se encontra pontualmente nas áreas mais declivosas. Os vales tributários do Rio Grande tendem a apresentar uma morfologia encaixada, controlada pelo embasamento litológico e cercados por encostas de alta declividade. Já o eixo principal da drenagem do Rio Grande, próximo ao bairro de Conquista, exibe planícies deposicionais largas e alongadas, represadas à montante de *knickpoints* ou níveis de base locais. Pontos importantes, sobre o quais se concentra a população, tanto em atividades urbanas como rurais. Nas bacias afluentes, com vales mais encaixados, a retenção de sedimentos é menor, mantendo, pouco material aluvionar, muitas vezes representados por depósitos de avalanches anteriores retrabalhados.

As resistências litológicas expressam notória presença ao longo da rede de drenagem, quando dão origem aos *knickpoints*, níveis de base locais ou estrangulamentos. Estas feições possuem importante papel na dinâmica dos fluxos hidrológicos e na evolução das vertentes à montante dos seus pontos de ocorrência. No trecho de bacia estudado, pode ser notado uma concentração de *níveis de base* na porção Norte e Noroeste e certo destaque a porção Oeste (fig. 4). As tipologias litológicas e as estruturas tectônicas fazem-se presentes no substrato rochoso da área e são os responsáveis pela ocorrência e distribuição espacial destes pontos.

Destaca-se o papel destas feições, níveis de base locais, no represamento de fluxos e materiais ao longo de uma rede de drenagem e nos efeitos sobre a própria dinâmica de evolução da paisagem geomorfológica. O mapeamento de níveis de base e alvéolos no segmento da bacia do Rio Grande no bairro de Conquista apresenta re–

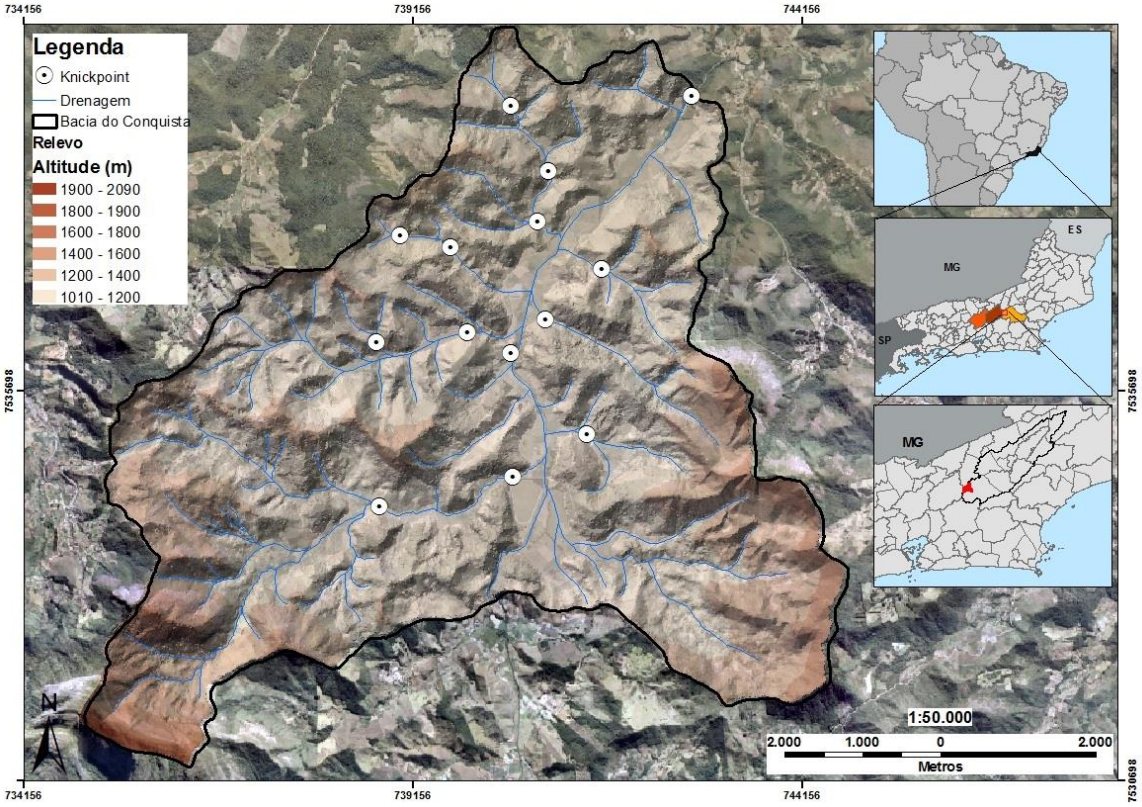

Figura 4: Mapa dos *níveis de base* da bacia do Conquista (Nova Friburgo, RJ) – destaque para a maior ocorrência nas porções oeste e norte/noroeste da área de estudo.

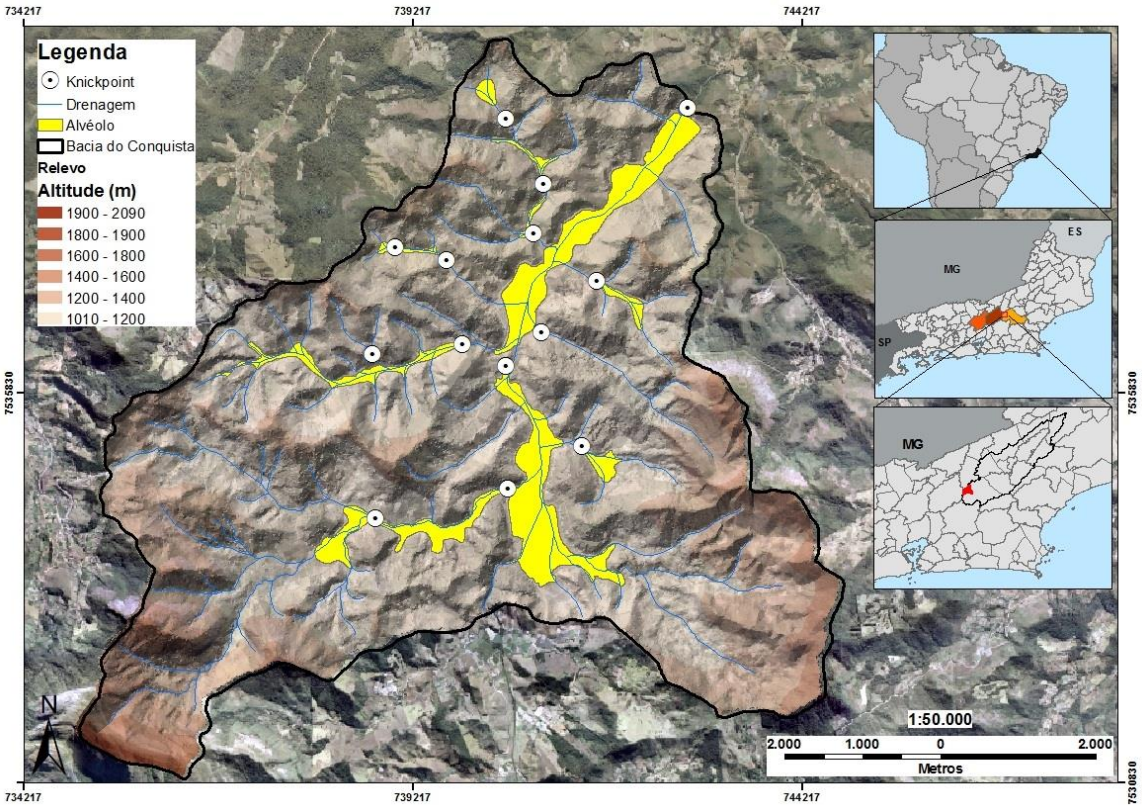

Figura 5: Mapa hipsométrico com a localização dos *níveis de base locais* e alvéolos da bacia do Conquista (Nova Friburgo, RJ).

lação direta entre eles, associando o represamento dos alvéolos, imediatamente, a montante dos níveis de bases locais. A distribuição espacial dos depósitos aluvionares está associada ao rio principal e aos seus afluentes mais expressivos (fig. 5).

Miller (1991 apud EIRADO SILVA; DANTAS; COELHO NETTO, 1993) associa os elementos lito-estruturais na formação dos *knickpoints*, que por sua vez exercem a funcionalidade de quebrar a energia de transporte dos fluxos descendentes, retendo o material mais pesado do transporte fluvial, bem como o fluxo hídrico, provocando desta forma enchentes ao longo de toda a planície de inundação. Vale ressaltar que essas áreas são preferenciais para o estabelecimento de sede de fazendas, sítios e dos núcleos urbanos na região serrana, aumentando o risco e o número de afetados pelas chuvas intensas.

Bairro Conquista no Megadesastre 2011

As fortes chuvas ocorridas nos dias 11 e 12 de janeiro de 2012, como dito, causaram inúmeros movimentos de massas, sobretudo no entorno do Bairro Conquista, uma das áreas mais atingidas do Município de Nova Friburgo durante o evento. Segundo os dados das estações pluviométricas do INEA, localizada do Sítio Santa Paula, em Nova Friburgo, foram registrados, no dia 11 de janeiro de 2011, chuvas com intensidade de leve a moderada (tab. 1). Já no dia seguinte, durante a madrugada, por volta das 3h, as estações registraram chuvas muito fortes (tab. 2), sendo essas as principais chuvas detonadoras dos deslizamentos na região serrana. Vale ressaltar, que as intensidades das chuvas foram classificadas pelo INEA 2011.

As fortes chuvas foram antecedidas de meses com altos índices pluviométricos (figs. 6 e 7), o que definiu para o dia do evento catastrófico, uma condição de umidade antecedente nos solos, certamente, favorável aos acidentes ocorridos. Diante dos dados obtidos, percebe-se que não houve um período de estiagem maior que três dias, o que pode ter contribuído para a umidade antecedente do solo nas chuvas do dia do evento.

Apesar da baixa declividade das encostas neste trecho da região serrana, foram mapeados 221 cicatrizes erosivas, entre escorregamentos e corridas, na bacia estudada. Na porção Norte e Noroeste do trecho da bacia estudada, concentraram–

Tabela 1: Registro da chuva no dia 11. jan. 2011 na estação pluviométrica do Sítio Santa Paula (Nova Friburgo, RJ) – Fonte: INEA.

Hora	Chuva (mm.)	Intensidade
23h	12,2	moderada
22h	13,8	moderada
21h	1,6	leve
20h	13	moderada
19h	0	sem chuva
18h	0	sem chuva
17h	0,4	leve
16h	0	sem chuva
15h	0	sem chuva
14h	0	sem chuva
13h	0	sem chuva
12h	0,4	leve
11h	4,6	leve
10h	4,8	leve
09h	9,6	moderada
08h	6,2	moderada
07h	9,6	moderada
06h	4,8	leve
05h	6,6	moderada
04h	7,8	moderada
03h	1,8	leve
02h	2,8	leve
01h	2,4	leve
00h	4,8	leve

Tabela 2: Registro da chuva no dia 12 jan. 2011 na estação pluviométrica do Sítio Santa Paula (Nova Friburgo, RJ) – Fonte: INEA.

Hora	Chuva (mm.)	Intensidade
03h	50,8	muito forte
02h	49	forte
01h	25,8	forte
00h	7,2	moderada

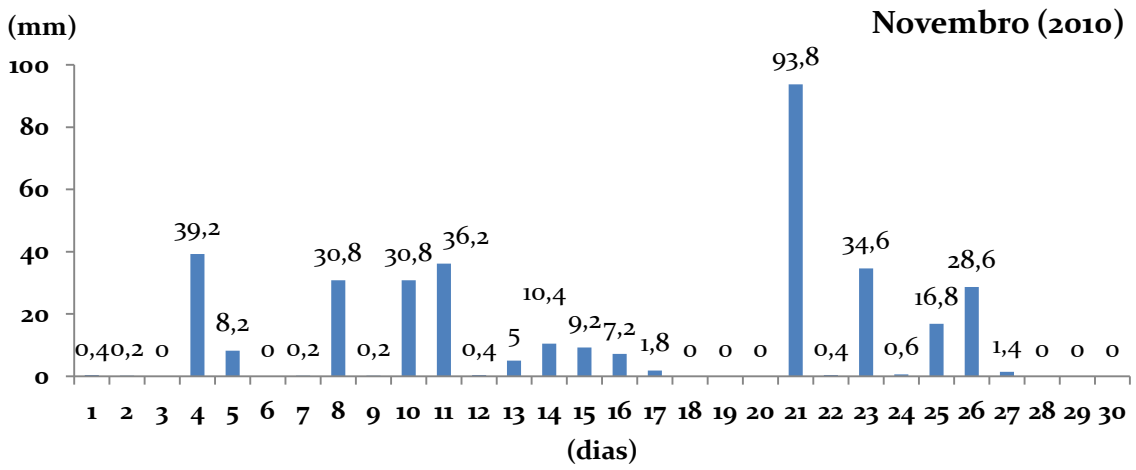

Figura 6: Registro da chuva no mês de novembro de 2010 – Fonte: INEA.

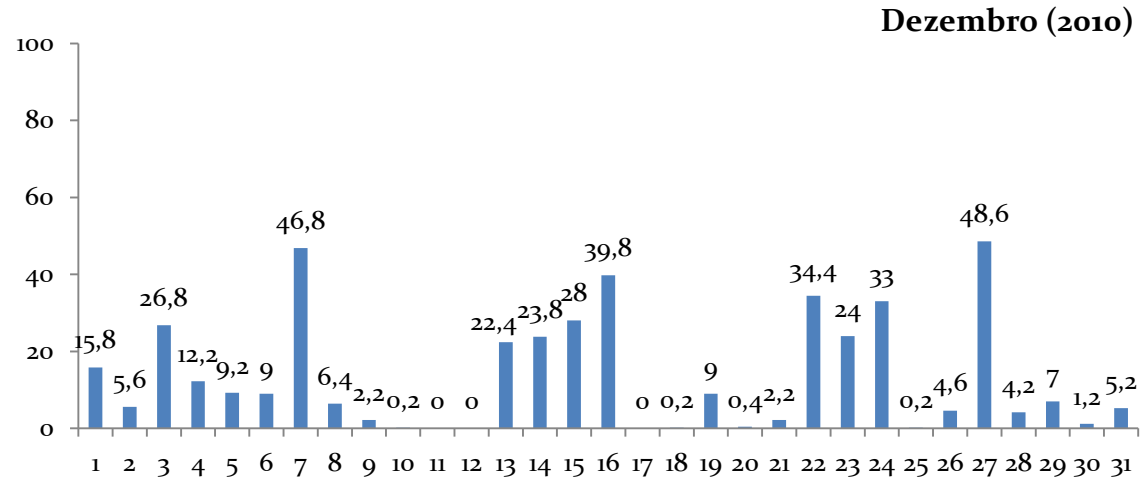

Figura 7: Registro da chuva no mês de dezembro de 2010 – Fonte: INEA.

se 75 desses movimentos de massa, além de, também, concentrar, por sua condição de jusante, as maiores enchentes. A corrida ao longo do canal foi de aproximadamente 8 km, iniciando no eixo de drenagem (tributário do rio Grande) na porção SW da bacia, e após ter vencido os dois pontos de estrangulamentos e recebido contribuições laterais, potencializou-se até ser represada pelo estrangulamento na porção central do mapa (fig. 8).

Apesar da baixa declividade das encostas neste trecho da região serrana, foram mapeados 221 cicatrizes erosivas, entre escorregamentos e corridas, na bacia estudada. Na porção Norte e Noroeste do trecho da bacia estudada, concentraram-se 75 desses movimentos de massa, além de, também, concentrar, por sua condição de jusante, as maiores enchentes. A corrida ao longo do canal foi de aproximadamente 8 km, iniciando no eixo de drenagem (tributário do rio Grande) na porção

SW da bacia, e após ter vencido os dois pontos de estrangulamentos e recebido contribuições laterais, potencializou-se até ser represada pelo estrangulamento na porção central do mapa (fig. 8).

A figura 8 apresenta as cicatrizes erosivas sobre o mapa hipsométrico com os depósitos alveolares e níveis de base locais, buscando entender a correspondência entre os fenômenos de deslizamentos e corridas e a morfologia do relevo local. Destaca-se a coincidência das áreas atingidas por enchentes e corridas com aquelas porções represadas à montante dos estrangulamentos constituídas pelos alvéolos. De fato os níveis de base locais, estrangulamentos ou *knickpoints* cumpriram sua função como amortizadores da energia de transporte dos fluxos ao longo dos canais de drenagem, represando e promovendo a deposição dos materiais em transporte.

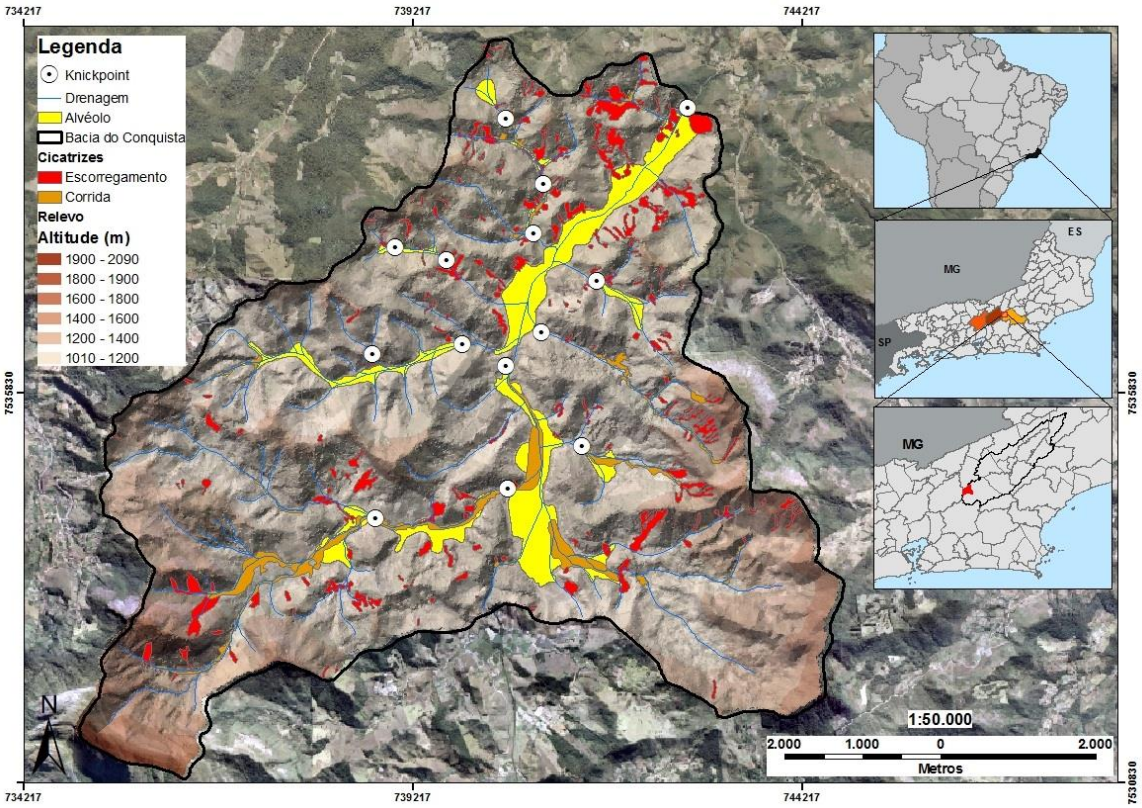

Figura 8: Ocorrência de deslizamento e corridas sobre o mapa hipsométrico com alvéolos e *knickpoints* da bacia do Conquista (Nova Friburgo, RJ).

As enchentes acompanharam as corridas à medida que se integram como fluxos que variam de densidade ao longo do evento e sua distribuição espacial pôde ser observada nas marcas deixadas pelos destroços nas bordas das planícies logo após o acidente dos dias 11 e 12 de janeiro (fig. 9). Vale ressaltar que para o bairro

de Conquista as contribuições hidrográficas que nele chegam correspondem às cabeceiras de drenagem do Rio Grande, particularmente do seu principal formador, o rio São Lourenço, não estudado no recorte feito, o qual focalizou apenas o trecho mais atingido pelos deslizamentos e enchentes.

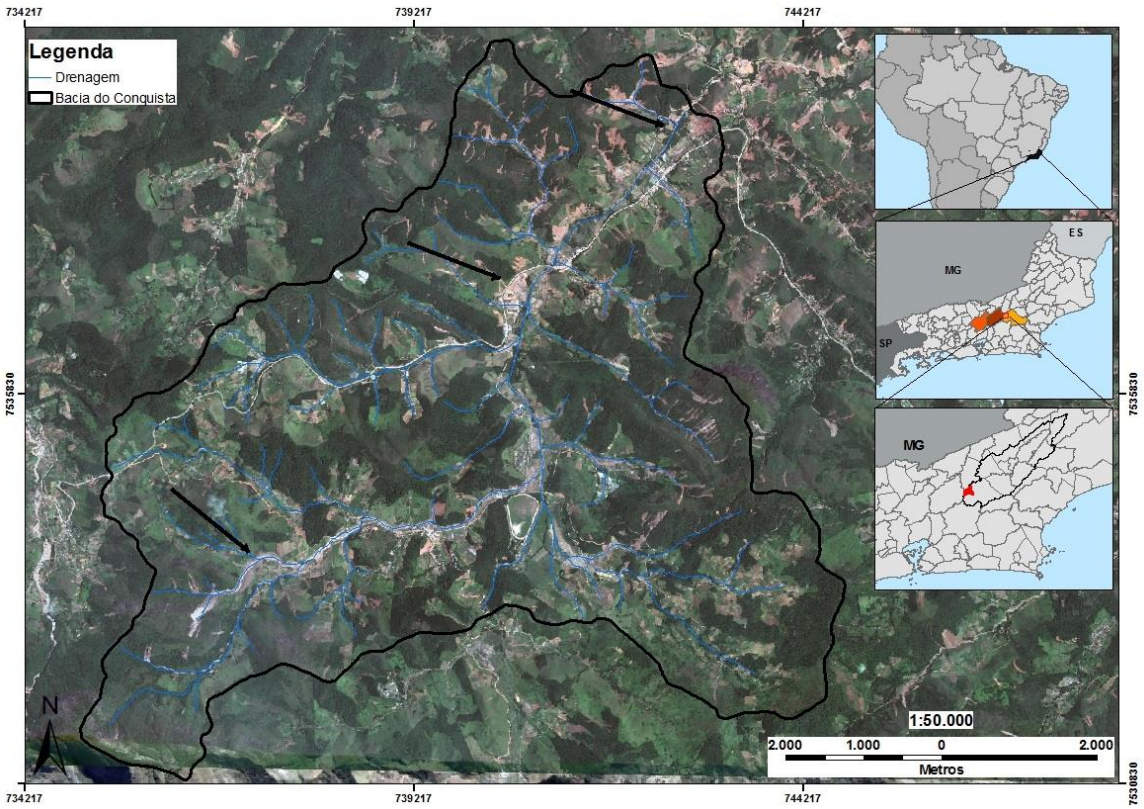

Figura 9: Imagem do Bairro Conquista (Nova Friburgo, RJ), após o evento de 2011, com a delimitação da área selecionada para o estudo – As setas apontam para os principais espraiamentos das corridas existentes ao longo do eixo da drenagem.

Mecanismo de deflagração dos movimentos de massa no bairro Conquista

Os deslizamentos observados no entorno do Bairro Conquista, caracterizam-se por movimentos coletivos do solo rápidos, nos quais na maior parte das vezes o plano de ruptura é perceptível. Este tipo de movimento é descrito por Fernandes e Amaral (2006) que os caracteriza como escorregamentos, diferenciando-os das corridas que consistem em fluxos de viscosidade diferenciada ao longo dos fundos de vale. Porém chama atenção, nos movimentos ocorridos na área de estudo, pelo fato de ocorrerem em encostas de relativa baixa declividade, quando comparadas aos compartimentos montanhosos da serra, estes sim repletos de deslizamentos em seus solos rasos. Esta condição de encostas definiu uma inevitável

comparação com os deslizamentos ocorridos no vale do rio Itajaí, em Santa Catarina (2008), onde encostas, também de relativa baixa declividade, exibiram grande movimentação de solo em espessos regolitos. Segundo o relatório do DRM-RJ (2011), este mecanismo se caracteriza por movimentos de massa controlados pela subida da poropressão nas encostas, em função do impedimento da drenagem dos seus fluxos laterais para os fundos de vale saturados pelas enchentes, tendo sido denominados de movimentos de massa do tipo "Catarina".

A figura 10 ilustra a hipótese do processo de deflagração dos movimentos tipo "Catarina". Durante o evento de chuva, a saturação do fundo de vale pelas enchentes, supostamente provoca um "impedimento" ou "retardamento" na chegada dos fluxos subterrâneos e subsuperficiais que drenam das encostas adjacentes, causando assim um efeito de saturação remontante para as vertentes (fig. 10). Consequentemente, essa saturação dos taludes marginais podem deflagrar movimentos de massa pelo solapamento das bases dada à subida da poropressão, ao longo do evento chuvoso, nas camadas inferiores do manto de intemperismo.

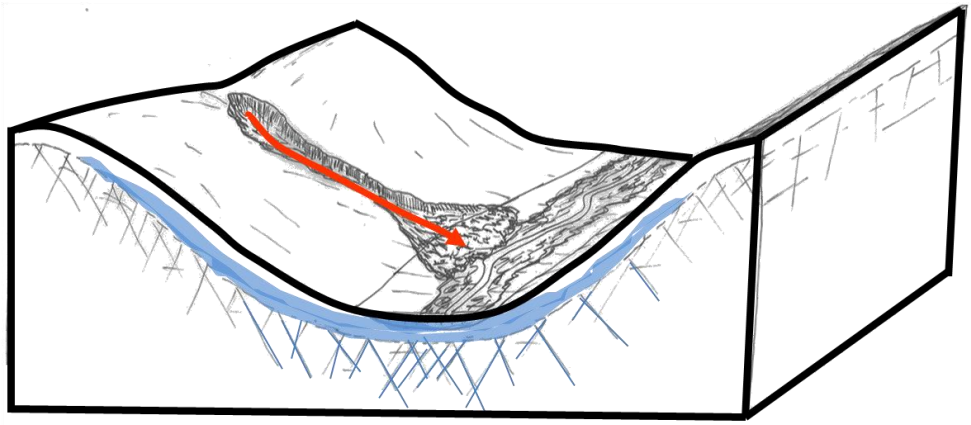

Figura 10: Desenho esquemático do mecanismo tipo "Catarina" (DRM-RJ, 2011) – a gravura representa a subida do lençol freático no fundo de vale e nas encostas, com consequente escorregamento.

A presença de níveis de base, portanto, é fundamental na ocorrência deste tipo de mecanismo de deslizamento, uma vez que são os estrangulamentos da rede de drenagem e *knickpoints* que represam os fluxos drenantes pela rede fluvial, gerando as enchentes em pontos específicos das bacias. A figura 11 destaca um dos piores acidentes ocorridos no Bairro Conquista, onde a ocorrência de um *knickpoint* na drenagem do rio Grande definiu extensa área de enchente à montante (fig. 11). Nota-se ainda na foto, a ocorrência de deslizamentos nas encostas adjacentes à

área inundada. Trata-se, particularmente no Condomínio do Lago, onde houve um número alto de óbitos por conta dos movimentos de massa simultâneos a enchente, segundo as entrevistas locais. O knickpoint indicado pela seta branca represou água e sedimentos, provocando desta forma a cheia da planície de inundação, que, segundo a hipótese construída, impediu os fluxos descendentes das encostas, contribuindo para a subida dos níveis freáticos nas mesmas, deflagrando, assim, movimentos de massa do tipo "Catarina" (DRM-RJ, 2011).

Figura 11: Detalhe do represamento ocorrido no knickpoint do condomínio do Lago, Bairro Conquista, Nova Friburgo (RJ), com o movimento de massa associado – Fonte: DRM-RJ (2011).

Considerações finais

No desastre da região serrana a grande intensidade de chuva ocorrida nesses dias e de outras chuvas antecedentes ao mês de janeiro, atingindo em alguns casos o valor de 10mm em 15 minutos no dia 12 de janeiro de 2011 (DRM-RJ, 2011), foi a principal detonadora dos deslizamentos.

Fernandes (2001) apontam as dificuldades na previsão dos deslizamentos, porém, observamos através de mapeamentos e sucessivos trabalhos de campo, que a distribuição dos deslizamentos e enchentes tem estreita relação com os condici-

onantes geomorfológicos. Destaque maior deve ser dado à associação entre os pontos onde ocorrem os principais níveis de base (sejam estrangulamentos ou *knick-points*) e a ocorrência de enchentes, haja vista a função de represamento da água, sedimentos e demais materiais pela quebra na energia de transporte dos fluxos fluviais.

Os deslizamentos, por sua vez, merecem maiores investigações de campo para comprovação do mecanismo tipo "Catarina", porém a distribuição espacial dos mesmos, aponta na direção da hipótese de saturação remontante das encostas em função dos fundos de vale sob enchentes.

Sendo assim, cabe ressaltar que a investigação sobre os condicionantes geomorfológicos na deflagração dos movimentos de massas e enchentes ocorridos na região serrana do Estado do Rio de Janeiro são de extrema importância para o planejamento e gestão urbana dos municípios em áreas tropicais montanosas, pois, desta forma, pode-se minimizar, em muito, as perdas materiais e de vidas.

Referências

ALMEIDA, F. F. M; CARNEIRO, C. R. Origem e evolução da Serra do Mar. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 135-150, 1998.

DRM-RJ – Departamento de Recursos Minerais/ Serviço Geológico do Estado do Rio de Janeiro. **Megadesastre da Serra**: jan 2011. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em <http://www.drm.rj.gov.br/index.php/downloads/category/13-regio-serrana?download=48%3Amegadesastre-da-serra-jan-2011-pdf>. Acesso em: 21 jan. 2013.

EIRADO SILVA, L. G.; DANTAS, M. E.; COELHO NETTO, A. L. Condicionantes litoestruturais na formação de níveis de base locais ("níveis de base") e implicações geomorfológicas no Médio Vale do rio Paraíba do Sul'. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUESTE, 3., Rio de Janeiro, 1993. **Atas...** Rio de Janeiro: [s.n.], 1993. p. 96-102.

FERNANDES, N., F. Condicionantes geomorfológicos dos deslizamentos nas encostas: avaliação de metodologias e aplicação de modelo de previsão de áreas susceptíveis. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 51-71, 2001.

FERNANDES, N., F.; AMARAL., C. P. Movimentos de massa: uma abordagem geológica-geomorfológica. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Orgs.). **Geomorfologia e meio ambiente**. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. p. 123-194.

FREITAS, M. M. Evolução da Paisagem Geomorfológica. In: RUA, João (Org.). **Paisagem, espaço e sustentabilidades**: uma perspectiva multidimensional da Geografia. Rio de Janeiro: PUC-Rio, 2007. p. 105-122.

HEILBRON, M.; SOARES, A. C. P. ; CAMPOS NETO, M.; SILVA, L. C.; TROUW, R.; JANASI, V.. Província Mantiqueira. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C. D. R.; NEVES, B. B. B. (Org.) **Geologia do Continente Sul-Americano**: evolução da obra de Fernando Marques de Almeida. São Paulo: Beca, 2004. p. 203-234.

JONES, F. **Landslides of Rio de Janeiro and the Serra das Araras Escarpment, Brazil**. [S.l.]: U.S. Geological Survey, 1973.

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

RICCOMINI, C.; SANT'ANNA, L. G.; FERRARI, A. L. Evolução Geológica do Rift Continental do Sudeste do Brasil. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C. D. R.; NEVES, B. B. B. (Org.) **Geologia do Continente Sul-Americano**: evolução da obra de Fernando Marques de Almeida. São Paulo: Beca, 2004. p. 384-405.

SCHOBBENAHUS,C.; CAMPOS, D. A.; DERZE,G. R.; ASMUS,H. E. **Geologia do Brasil**. Brasília: Departamento Nacional da Produção Mineral, 1984.

STERNBERG, H. O. Enchentes e movimentos coletivos do solo no Vale do Paraíba em dezembro de 1948: influência da explotação destrutiva das terras. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 11, n. 2, p. 223-261, 1949.

TUPINAMBÁ, M. **Evolução tectônica e magmática da Faixa Ribeira na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro.** 1999. Tese (Doutoramento em Geologia)– Universidade de São Paulo, 1999.

Recebido em setembro de 2013;

aceito em novembro de 2013.

* Agradecemos ao PRONEX pelo financiamento da pesquisa; ao professor Dsc. Tácio Moura Pereira de Campos e ao Grupo de Geotecnia Ambiental da PUC-Rio, por subsidiar a pesquisa; ao DRM - Serviço Geológico do Estado do Rio de Janeiro; aos integrantes do Grupo de pesquisa Morfo-TEKTOS PUC-Rio por proporcionar diversos debates geomorfológicos.