

Análise dos parâmetros morfológicos de escorregamentos rasos na Serra do Mar, Paraná

Morphological parameters analysis of shallow landslides
in Serra do Mar, Paraná

*Tiago D. MARTINS*¹

*Chisato Oka-FIORI*²

*Bianca Carvalho VIEIRA*³

*Antônio Carlos de Barros CORRÊA*⁴

*Carlos V.M. BATEIRA*⁵

RESUMO

O mapeamento das cicatrizes de escorregamentos é uma importante ferramenta para compreender a espacialização e os fatores condicionantes destes processos, permitindo avaliar as principais características do relevo associadas à sua deflagração. O objetivo deste trabalho, portanto, foi realizar uma análise morfológica a partir do mapa de cicatrizes para duas bacias hidrográficas no município de Antonina (PR), afetadas por escorregamentos em 2011. O mapa de cicatrizes foi elaborado a partir de dados da literatura e com investigações de campo, enquanto que para a definição de classes de ângulo das encostas, área de contribuição, curvatura e seções, fez-se uso de um Modelo Digital de Terreno (MDT). Em ambas as bacias as cicatrizes se concentraram entre 20° e 30° e, em relação à área de contribuição, a classe Log 10(m²) 1,7-2,1 registrou a maior ocorrência de cicatrizes, sendo cerca de 56% na BHBB e 49% na BHL. A curvatura côncava e as seções dos terços médios e inferiores registraram o maior número de cicatrizes. Os resultados mostraram uma diferença entre os perímetros das cicatrizes dos trabalhos consultados e daqueles obtidos nesta pesquisa. Esta diferença, pode comprometer a distribuição percentual final entre os parâmetros morfológicos e a ocorrência de escorregamentos.

Palavras-chave: Ângulo de Encosta, Área de Contribuição; Curvatura; Cicatrizes.

ABSTRACT

The mapping of landslide scars is an important tool to understand the spatial distribution and conditioning factors behind these processes, thus

¹ Universidade Federal do Pernambuco, Departamento de Ciências Geográficas (BFP/FACEPE), Recife, PE, Brasil. martins.td@gmail.com

² Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Curitiba, PR, Brasil. chisatofiori@gmail.com

³ Universidade de São Paulo, Departamento de Geografia, São Paulo, SP, Brasil. biancacv@usp.br

⁴ Universidade Federal do Pernambuco, Departamento de Ciências Geográficas, Recife, PE, Brasil. dbiase2001@terra.com.br

⁵ RISKAM-CEG-UL/FLUP-UP, Porto, Portugal. carlosbateira@gmail.com

permitting the assessment of main landform characteristics associated to their triggering. Therefore, the aim of this work was to conduct a morphological analysis based on the landslide scars map for two catchments in the municipality of Antonina (PR), that were affected by landslides in 2011. The landslide scars map was elaborated by coupling literature data with fieldwork investigation, whereas the definition of slope angle classes, contribution areas, slope curvature and sections were determined by means of a DEM (Digital Elevation Model). In both catchments scars were concentrated on slopes between 20° and 30° and, regarding the contributing area, within the Log 10(m²) 1.7-2.1 class, corresponding to approximately 56% of the scars in BHBB and 49% in BHL. The concave curvature profile as well as the lower and middle thirds of the slope concentrated the higher occurrence of scars. Results also point to a variation between scar perimeters of quoted literature data and those found by this research. This discrepancy may compromise final percentage distribution of morphological parameters and their linkage to landslide frequency.

Keywords: Slope Angle; Contribution Area; Curvature; Scars.

* * *

Introdução

Os movimentos de massa são processos atuantes sobre as encostas, podendo ocorrer de maneira rápida ou lenta, caracterizados pela mobilização de material pela força gravitacional, com ou sem ajuda de água corrente como agente de transporte (CROZIER, 1986; SELBY, 1993). Tais processos, em especial os escorregamentos, deixam feições com características peculiares, definidas como cicatrizes, sendo seu mapeamento uma importante etapa na elaboração de inventários ou estudos preditivos de indicação de zonas instáveis; podendo ser elaborados a partir de distintas técnicas e ferramentas, dependendo dos objetivos da pesquisa (GUZZETTI et al., 2012).

Nos inventários são identificados e localizados os movimentos de massa por meio de interpretação de fotografias aéreas ou imagens de satélites, visitas de campo, dados históricos etc. A localização espacial, juntamente com outras informações relevantes sobre o processo (ex.: tipologia, forma, tamanho, raio de alcance e volume de material deslizado), subsidia, na maioria das vezes, os demais métodos, por fornecer um registro dos processos ocorridos no passado e no presente.

Guzzetti et al. (2012) apresentaram uma revisão de métodos e de ferramentas utilizados para preparar mapas e inventários em diferentes

escalas (1:5.000 - 1:500.000), destacando que suas principais funções são: a) documentar os movimentos de massa em diferentes escalas (pequenas áreas, regiões e países); b) etapa preliminar da avaliação de risco, suscetibilidade ou perigo; c) investigar a distribuição e os tipos de escorregamentos em relação à Geomorfologia/Geologia e d) estudar a evolução da paisagem dominadas por estes processos.

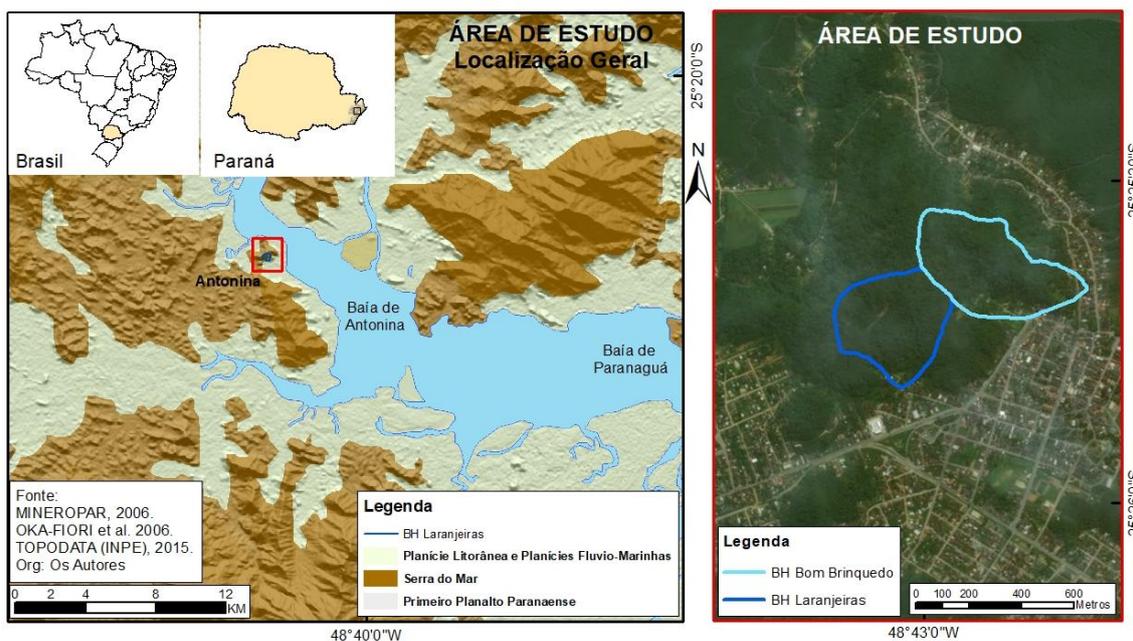
Sem dúvida, a definição de procedimentos específicos a serem adotados para realização de um inventário definitivo e de como validar um mapa de cicatrizes dependerá de cada estudo (GUZZETTI et al., 2012). Como exemplo, Ardizzone et al. (2002) realizaram uma comparação de diferentes inventários produzidos por 3 grupos, para uma mesma área, identificando divergências de até 80% entre os mapas. Os autores consideraram que as imprecisões são inerentes aos procedimentos metodológicos, pois os mesmos se apoiam em uma subjetividade interpretativa. Outra observação é feita por Martins et al. (2015), que destacaram que a definição da área da cicatriz ainda é um desafio, devido, sobretudo, à diferenciação entre a área de ruptura e as “zonas de passagem e de arraste” do material mobilizado.

O mapa de cicatrizes é uma importante ferramenta para compreender a espacialização e alguns fatores condicionantes dos movimentos de massa (ex.: as formas e a inclinação das encostas e a dinâmica da água na superfície), permitindo avaliar quais características do relevo predominam nestas feições; além de ser aplicado em mapeamentos preditivos que fazem uso de variadas técnicas, sobretudo àquelas apoiadas em modelos matemáticos em base-física (VIEIRA e MARTINS, 2016). Deste modo, o objetivo deste trabalho consistiu em analisar as relações de parâmetros morfológicos (inclinação, curvatura, área de contribuição e setores das encostas) com um mapa de cicatrizes para duas bacias hidrográficas no município de Antonina (PR), ambas afetadas por escorregamentos em 2011 durante um intenso período de precipitação pluvial.

Área de estudo

A área selecionada (Figura 1) compreende as Bacias Hidrográficas do Bom Brinquedo (BHBB) com 164.200m² e das Laranjeiras (BHL), com 171.800m², ambas localizadas no perímetro urbano do município de Antonina (PR), localmente denominada de Morro do Bom Brinquedo. Estas foram amplamente afetadas por escorregamentos em 11 de março de 2011 (Figura 2), deflagrados durante um período de precipitação pluvial, no qual foi registrado um valor de 98,6 mm para a data do evento, perfazendo um acúmulo de 263 mm entre nos primeiros onze dias daquele mês, de acordo com os dados registrados pelo Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR).

Figura 1. Localização geral da área de estudo



Fonte: Os autores.

Figura 2: A) Escorregamento no Morro do Bom Brinquedo, Antonina (PR) em março de 2011; B) cicatriz de um escorregamento na mesma área, mas com a retomada de vegetação rasteira, três anos após o evento.



Fonte: Os autores.

O sítio urbano do município concentra-se junto à orla da baía de Antonina sobre os compartimentos Planície Litorânea e Planícies Flúvio Marinhas, circundado pelas elevações dos Morros Isolados Costeiros. Sendo os dois primeiros caracterizados pela baixa dissecação e elevações variando entre 0 a 200m, marcado pelo domínio de planícies de restinga e flúvio-marinhas, e a último pela forte dissecação do relevo, com predominância de cimeiras alongadas, vales fechados em “V”, encostas retilíneas e altitude variando entre 200 a 920m. (OKA-FIOR, et al., 2006; SANTOS et al., 2006, MINEROPAR 2006). Estes compartimentos de relevo apresentam peculiaridades no que tange a vulnerabilidade geoambiental, sendo as planícies acometidas por uma alta suscetibilidade à erosão marinho-fluvial (SANTOS et al., 2006); enquanto os morros isolados costeiros apresentam alta suscetibilidade a movimentos de massa e quedas de blocos.

Como enunciado acima, a área de estudo (Morro do Bom Brinquedo) situa-se no sopé oriental da Serra do Mar e integra o compartimento geomorfológico dos Morros Isolados Costeiros (MINEROPAR, 2006; OKA-FIORI, 2006). Após os registros de escorregamentos, foi realizado por MINEROPAR (2013) um mapeamento geológico do Morro do Bom Brinquedo, havendo sido encontrado na área corpos graníticos, anfibolitos e quartzitos,

recortados por diques de diabásio porfirítico com orientação Sudeste-Noroeste, além de sedimentos marinhos.

Materiais e métodos

Mapeamento de Cicatrizes de Escorregamentos

Foi elaborado um mapa das cicatrizes dos escorregamentos de 2011 a partir de visitas de campo, da interpretação de ortofotos, do inventário produzido por MINEROPAR (2013) e pelo mapeamento de MARTINS et al. (2015), e que serviu como base para as demais análises.

Dos dados elaborados por MINEROPAR (2013) fez-se uso das feições denominadas “escarpamentos” e “áreas de trânsito de movimentos de massa recente”, apresentadas em um mapa elaborado sobre uma base cartográfica nas escalas 1:2.000 e 1:5.000. Ressalta-se que para os objetivos deste trabalho (MINEROPAR, 2013), todo o conjunto da feição delimitada foi definido como uma cicatriz de escorregamento, ou seja, não houve diferenciação entre as áreas de ruptura e de depósito dos escorregamentos.

A partir do trabalho de Martins et al. (2015), que elaboraram um mapa das cicatrizes sobre imagem de satélite *RapidEye*, com resolução espacial de 5 m, fez-se uso dos limites superiores dos perímetros das feições delimitadas como cicatrizes. Assim, neste trabalho a determinação das feições não incluiu áreas de trânsito de material e de alcance dos depósitos.

Cabe mencionar que no trabalho realizado por MINEROPAR (2013) as cicatrizes foram identificadas e mapeadas após visitas de campo, não havendo, contudo, a definição clara dos critérios adotados, sendo que o mapa produzido incorporou o setor superior de ruptura e a área de alcance dos detritos (transporte e deposição). Já Martins et al. (2015) utilizaram o método apoiado na identificação visual das cicatrizes após uma análise de correlação de bandas da imagem multiespectral.

Parâmetros Morfológicos

Para a obtenção dos parâmetros morfológicos - classes de ângulo da encosta, curvatura, seções das encostas e a área de contribuição - foi utilizado um Modelo Digital de Terreno (MDT), com grid de 1x1 metro, obtido a partir da interpolação de curvas de nível com equidistância de um metro (PMA 2007), utilizando a ferramenta *Topo to raster* do software *ArcGIS 10.4*.

Para o ângulo da encosta adotaram-se cinco classes, a saber: de 0°-10°, 10°-20°, 20°-30°, 30°-40° e >40°. As classes de curvatura côncava, retilínea e convexa, foram obtidas a partir da classificação das células do grid, tendo como referência os valores <-0,01, -0,01 a +0,5 e > +0,5, respectivamente. Quanto às seções, estas foram classificadas a partir da divisão de terços partes do MDT, permitindo a identificação dos terços inferiores, médios e superiores das encostas.

A área de contribuição foi obtida a partir da aplicação de uma etapa do modelo matemático de base-física SHALSTAB (*Shallow Landsliding Stability Model*) (MONTGOMERY e DIETRICH, 1994; DIETRICH e MONTGOMERY, 1998). Este modelo, que foi operacionalizado para uma plataforma de SIG, utiliza-se de um MDT para definir a área de contribuição a partir da concepção proposta por O'loughlin (1986), que considera a razão entre a concentração e a transmissão da água no solo, indicando o padrão espacial de equilíbrio de saturação do solo, definido com base em uma área de contribuição à montante. O cálculo é feito a partir de um algoritmo de fluxo-múltiplo, que avalia a diferença altimétrica de cada célula do grid do MDT de jusante para montante (DIETRICH e MONTGOMERY, 1998).

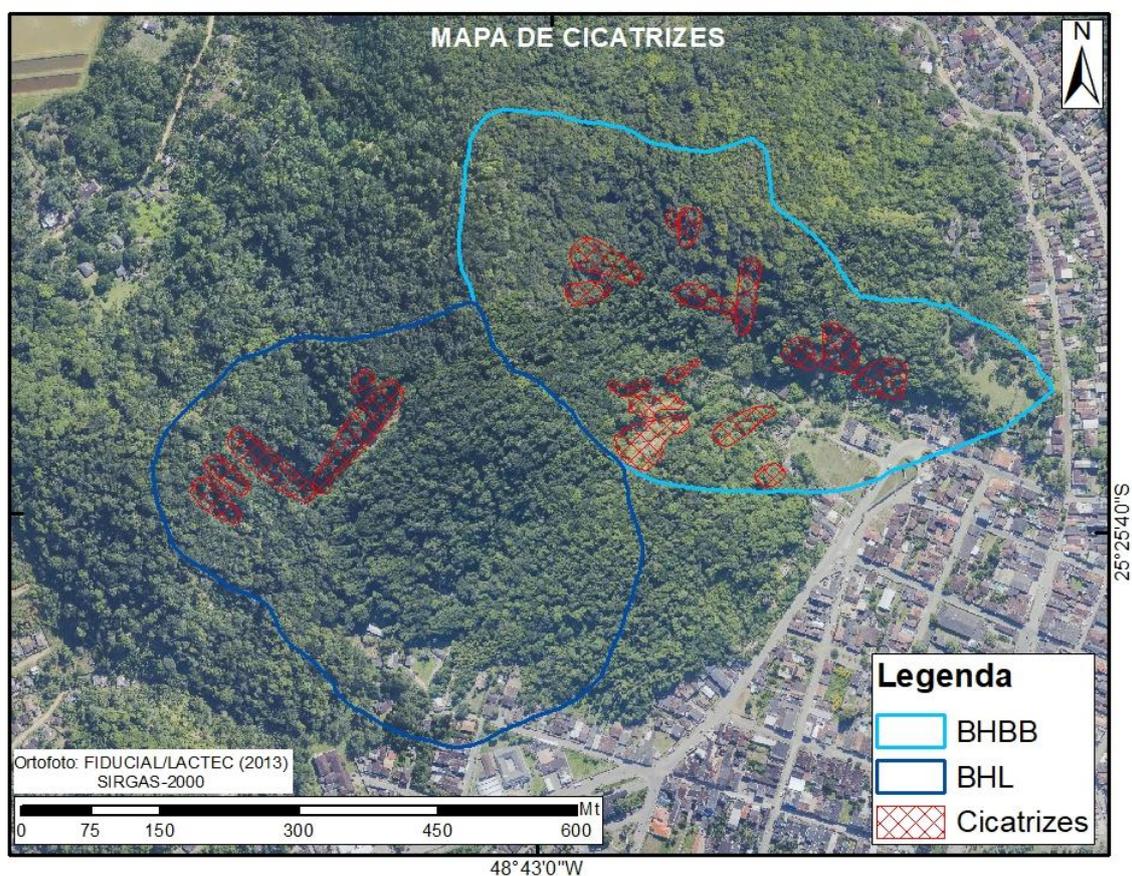
Para finalizar foi analisada a distribuição de classes de cada produto cartográfico (Mapas de Áreas de Contribuição, Ângulos das Encostas, Seções e Curvaturas) que ocorreu no interior das áreas delimitadas como cicatrizes.

Resultados e discussões

Mapa de Cicatrizes

O Mapa de Cicatrizes (Figura 3) apresenta as áreas afetadas pelo evento de março de 2011, totalizando 17.942,86m² para a BHBB e 9.831,18m² para a BHL, correspondendo a 10,92% e 5,72%, da área total de cada bacia, respectivamente.

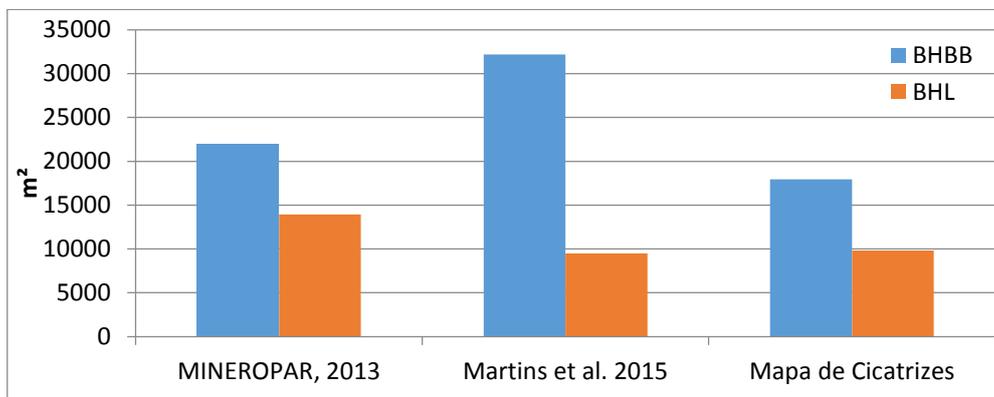
Figura 3. Mapa de Cicatrizes.



Fonte: Os autores.

Estes valores são distintos daqueles encontrados na literatura: 21.973,32m² (13,38%) e 13.941,48m² (8,11%) obtidos por MINEROPAR (2013) e 32.175,80m² (19,59%) e 9.488,31m² (5,52%) apresentados por MARTINS et al., (2015), para a BHBB e BHL (Figura 4).

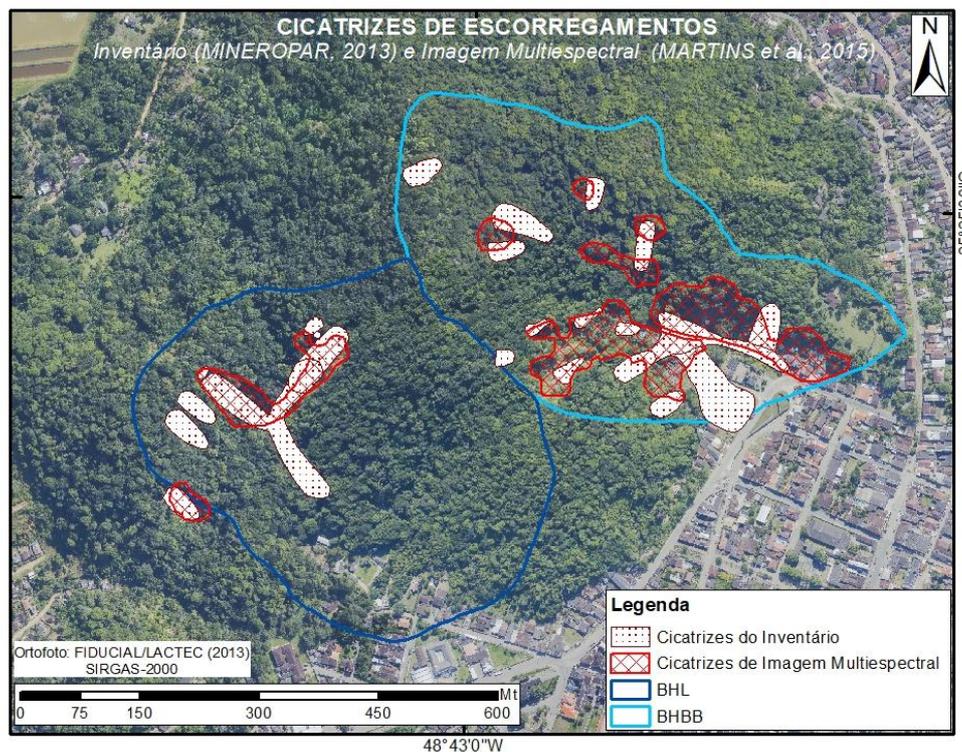
Figura 4. Relação das áreas das cicatrizes (BHBB e BHL) para os trabalhos analisados.



Fonte: os autores.

Em comparação da distribuição, nota-se em especial, que o inventário produzido por MINEROPAR (2013) deu destaque as áreas de trânsito e de depósito do material mobilizado para o sopé das encostas, enquanto que em Martins et al. (2015) houve uma maior valorização dos terços médios e superiores das encostas afetadas, sobretudo no setor sudeste e sudoeste da BHBB (Figura 5).

Figura 5. Distribuição das cicatrizes verificadas na literatura para a BHBB e BHL a partir do inventário de MINEROPAR (2013) e análise de Martins et al. (2015).



Fonte: Os autores.

As diferenças verificadas podem imprimir variados níveis de resultados, quando da aplicação, por exemplo, de técnicas que fazem uso da distribuição de cicatrizes para aferição dos seus resultados, a exemplo de modelos matemáticos em bases físicas no mapeamento preditivo (RABACO, 2005; ZAIDAN e FERNANDES, 2009; VIEIRA e RAMOS, 2015, entre outros). Em outras palavras, é verificado se o mapa preditivo indica áreas instáveis por meio de uma correlação com o evento ocorrido (cicatrizes), sendo permitido assim, quantificar a eficiência do modelo aplicado.

Ainda sobre este tema, no trabalho apresentado por RABACO (2005), que avaliou as respostas de diferentes modelos matemáticos em base física (SHALSTAB e o TRIGRS - *Transient Rainfall Infiltration and Grid-Based Regional Slope-Stability Model*), foi apontada uma supervalorização dos modelos na indicação de áreas instáveis. Contudo, a autora também assinala que o mapa de cicatrizes adotado para a validação considerou os depósitos ocorridos no sopé das encostas, o que, possivelmente, explicaria a superestimação, em virtude da ampliação da área dita como afetada, levando, portanto, uma dimensão maior dessas áreas a coincidir com as classes de instabilidade dos modelos.

Cabe mencionar também o resultado apresentado por Zaidan e Fernandes (2009) que definiram uma correlação de 100% de cicatrizes com áreas indicadas como instáveis pelo modelo SHALSTAB. Os autores destacam que a definição de cicatrizes foi comprometida devido à ocupação urbana das áreas afetadas, não havendo, todavia, uma clareza nos seus limites e dimensões.

Parâmetros Morfológicos

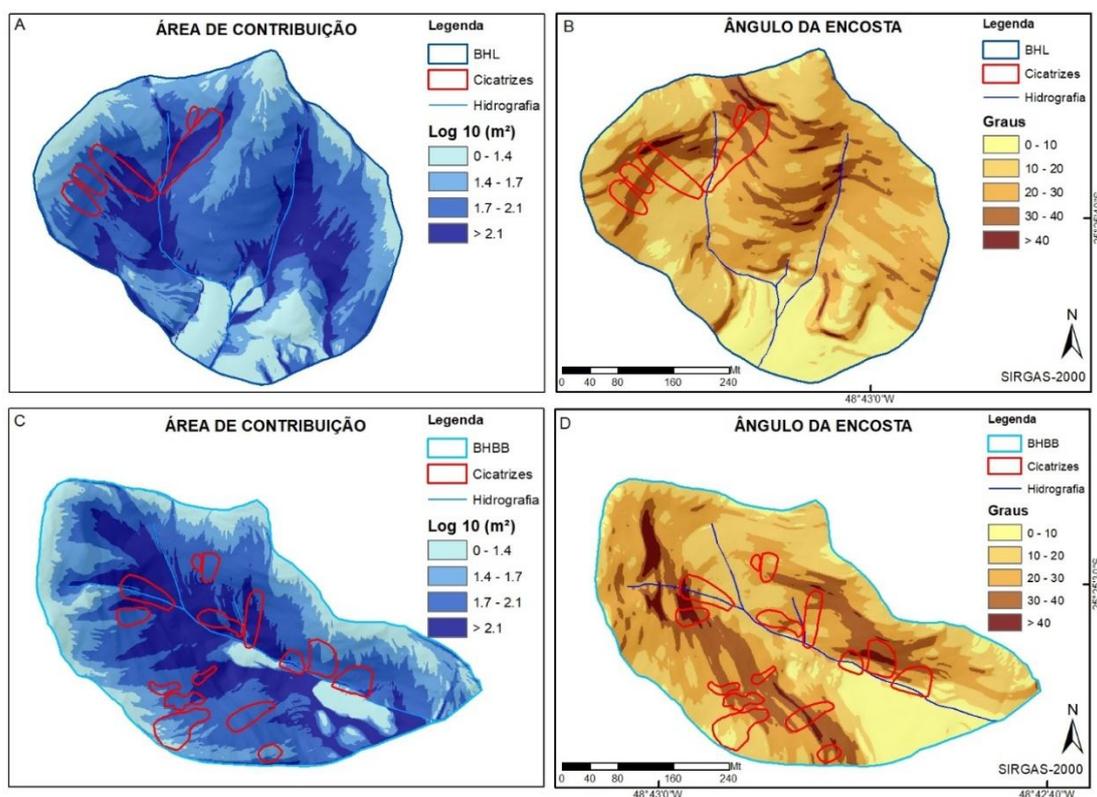
Para a área de contribuição, verificou-se que na BHBB quase 84% dos escorregamentos ocorreram nas classes com os maiores valores (1,7 e 2,1m² e >2,1m²). Mais da metade (56%) dos escorregamentos ocorreu na classe entre 1,7 e 2,1m² e 28% na classe >2,1m². Por conseguinte, as classes com os menores registros foram também aquelas menos afetadas: 3% (0-1,4 m²) e

13% (1,4-1,7m²). Da mesma forma, na BHL, as classes com os maiores valores de área de contribuição (1,7 e 2,1m² e >2,1m²) também foram as mais afetadas, cerca de 96% (Figura 6 A e C).

No que se refere a inclinação das encostas, para a BHL, as classes menos afetadas pelos escorregamentos foram entre 0° e 10° e > 40° (cerca de 2% cada). Entretanto, a classe com maior concentração de cicatrizes, quase metade (46%), foi entre 30° e 40°. A segunda classe mais afetada foi >40° (34%). A classe com inclinação entre 20° e 30° foi afetada apenas por 16% dos escorregamentos (Figura 6B).

Na BHBB, as classes menos afetadas foram as encostas com inclinação entre 0° e 10° e > 40° (cerca de 8% cada). Já as encostas com inclinação entre 20° e 30°/30° e 40°, respectivamente, foram afetadas por 34% e 31% dos escorregamentos, seguidas da classe entre 10° e 20° com cerca de 19% (Figura 6D).

Figura 6. Disposição das cicatrizes para: A) Área de Contribuição da BHL; B) Ângulo das Encostas da BHL; C) Área de Contribuição da BHBB; e D) Ângulo das Encostas da BHBB.



Fonte: Os autores.

Valores similares foram encontrados por Vieira (2007) na Serra do Mar em Cubatão, onde as encostas com ângulos entre 30° e 40° concentraram cerca de 51% dos escorregamentos. Outros trabalhos, também realizados na Serra do Mar, em áreas com características ambientais similares, apontaram o intervalo entre 30° e 40° como o mais suscetível a escorregamentos rasos. Lopes (2006), por exemplo, identificou em diversas bacias do vale do rio Moji, uma pequena quantidade de cicatrizes entre 0° e 30° (15%), e metade do total de escorregamentos ocorridos em 1985 entre 30° e 40° (51%). Esses ângulos entre 0° e 30°, com menores percentuais de escorregamentos, estão, geralmente, associados aos topos mais suaves dos principais divisores de água e aos depósitos coluvionares, aparecendo também nas maiores altitudes, acima de 800m, próximo à borda do Planalto Paulista. Já nas classes > 40° o menor percentual de escorregamentos pode ser justificado pela presença de paredões rochosos e, conseqüentemente, ausência de solos disponíveis para ruptura.

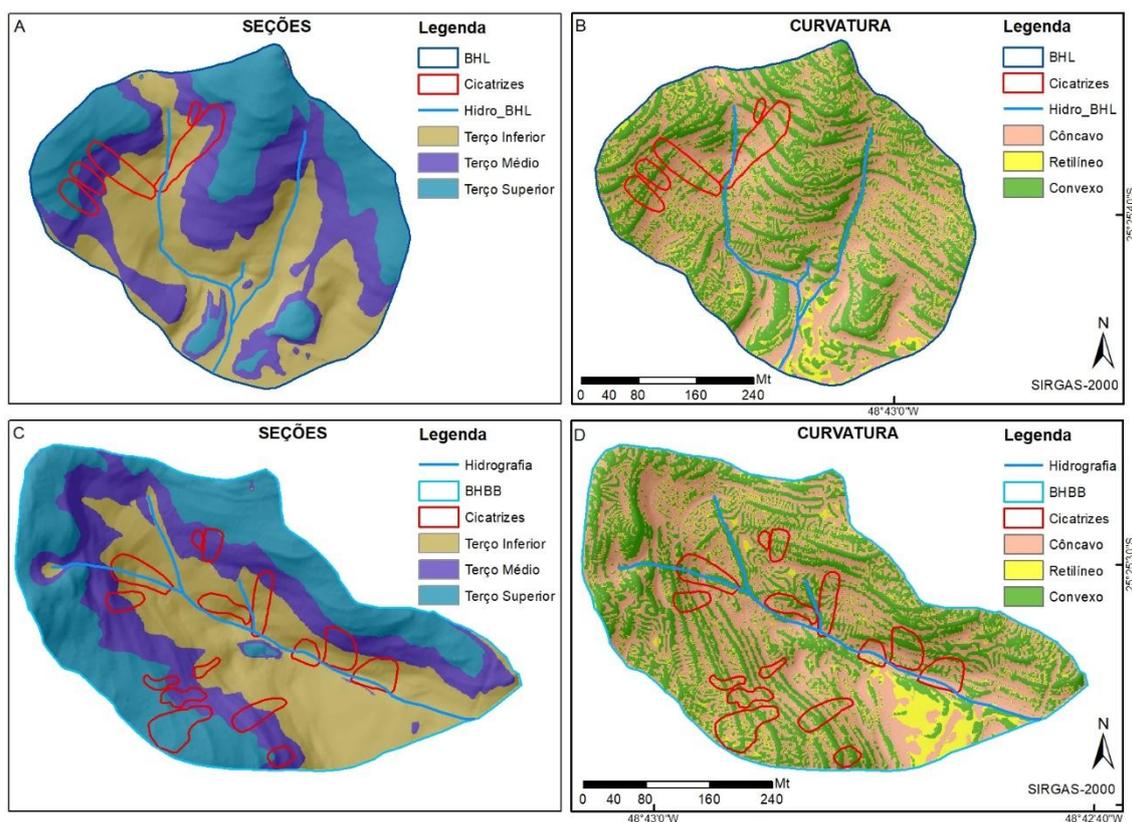
Para exemplificar, no trabalho apresentado por MINEROPAR (2013), elaborado a partir de levantamentos de campo, nota-se um destaque na representação das áreas de transporte e deposição do material mobilizado, sobretudo para as áreas planas da BHBB em seu setor Sul. De maneira geral, este estudo destaca que a distribuição dos escorregamentos em relação às classes do ângulo da encosta, foi de cerca de 45% na classe entre 24° e 36°, 33% entre 36° e 45°, 21% entre 16° e 24° e 2% entre 11° e 16°.

Tratando da distribuição dos escorregamentos ao longo das três seções da encosta nota-se que para a BHBB, 51% dos escorregamentos ocorreram nos Terços Inferior e Médio (Figura 7C). Já para BHL este valor foi de 27% em cada uma destas mesmas classes (Figura 7A). Nas duas bacias os menores valores foram registrados no terço superior, sendo 17% para BHBB e 8% para a BHL. Portanto, as áreas afetadas apresentam-se distribuídas predominantemente pelas seções inferiores e médias das encostas. Esse resultado foi consistente com a maior distribuição dos escorregamentos pelas classes de área de contribuição mais elevadas, estabelecendo uma correlação

direta entre maiores áreas de contribuição e as seções inferiores e médias das encostas. De uma forma geral, as seções inferiores e médias apresentam maior instabilidade, refletindo também os maiores ângulos das encostas e os maiores valores da área de contribuição.

Por fim, em ambas as bacias, a curvatura da encosta (Figuras 7B e D) com maior registro de escorregamentos foi a côncava: 44% para a BHBB e 29% para a BHL. A segunda maior concentração ocorreu na classe convexa com 33% (BHBB) e 17% (BHL) e, finalmente, os menores valores se deram na classe retilínea: 6% (BHBB) e 4% (BHL).

Figura 7. Disposição das cicatrizes para: A) Seções da BHL; B) Curvaturas da BHL; C) Seções da BHBB; e D) Curvaturas da BHBB.



Fonte: Os autores.

No contexto da Serra do Mar e dos maciços litorâneos, a maior concentração de escorregamentos em encostas côncavas também foi observada por alguns autores como Fernandes et al. (2001) nos maciços

litorâneos na cidade do Rio de Janeiro, por Vieira (2007) na Serra de Cubatão e por Dias et al. (2016), em Caraguatatuba. Fernandes et al. (2001), observaram que embora tenha sido registrada a maior frequência das encostas convexas, o potencial de escorregamentos das encostas côncavas foi cerca de três vezes maior do que aquele associado às feições convexas e retilíneas.

Outros trabalhos, entretanto, identificaram as encostas retilíneas como aquelas mais suscetíveis (TATIZANA et al., 1987; IPT, 1988; WOLLE e CARVALHO, 1989; CETESB, 1991). Em um estudo realizado também na Serra do Mar por Lopes (2006), 61% das cicatrizes dos escorregamentos de 1985, e 70% daqueles ocorridos em 1994 ocorreram em encostas retilíneas.

É importante ressaltar que muitos trabalhos, a exemplo de IPT (1986), mapearam a curvatura das encostas somente em perfil (curvatura no sentido da inclinação da encosta) e outros somente em planta (curvatura perpendicular ao sentido da inclinação da encosta).

Em última análise é possível constatar que o mapeamento de cicatrizes pode comprometer a análise de resultados, a exemplo do uso de modelos matemáticos, quando ampliam ou reduzem as áreas afetadas, e por consequência acabam interferindo sobre os índices de acerto dos modelos.

Considerações finais

Este trabalho buscou realizar uma análise da distribuição de escorregamentos rasos ao longo de encostas de duas bacias hidrográficas afetadas em março de 2011 verificando-se, inicialmente, uma diferença entre as dimensões e a distribuição das cicatrizes mapeadas com as indicadas na literatura.

Em relação aos parâmetros morfológicos, em ambas as bacias as cicatrizes se concentraram entre 20° e 30° de inclinação e a classe de Log 10(m²) 1,7-2,1 de área de contribuição registrou cerca de 50% dos escorregamentos. Assim, como em grande parte da literatura, as encostas

côncavas e as seções dos terços médios e inferiores registraram o maior número de escorregamentos.

Finalmente é importante destacar que a distribuição de classes (refletida pelos limites de seus intervalos), no interior das cicatrizes, pode levar a interpretações diferenciadas, pois pode alterar a contagem de células do grid em cada classe, e ainda a delimitação do perímetro da cicatriz pode aumentar ou reduzir o número de células afetadas pelos escorregamentos para cada classe.

Agradecimentos

Os autores agradecem a CAPES (Processo BEX 5188/14-8), a FAPESP (Processo 2014/101092) e a FACEPE (BFP-0072-1.07/16) pelo auxílio financeiro. E também aos revisores da Revista Caminhos de Geografia pelas sugestões.

Referências

- ARDIZZONE, F.; CARDINALI, M.; CARRARA, A.; GUZZETTI, F.; REICHENBACH, P. Impact of mapping errors on the reliability of landslide hazard maps. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, 2: 3-14. 2002. <https://doi.org/10.5194/nhess-2-3-2002>
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). **Carta morfodinâmica da Serra do Mar na região de Cubatão (SP)**, São Paulo. 1991.
- CROZIER, M. J. **Landslides: causes, consequences and environment**. New Zealand. 252p, 1986.
- DIAS, H.C.; DIAS, V.C.; VIEIRA, B.C. Landslides and morphological characterization in the Serra do Mar, Brazil, In: **Landslides and Engineered Slopes. Experience, Theory and Practice**, 2016, p. 381-836. <https://doi.org/10.1201/b21520-97>
- DIETRICH, W. E.; MONTGOMERY, D. R., SHALSTAB: A Digital Terrain Model for Mapping Shallow Landslide Potential. In: **National Council for Air and Stream Improvement**, 1998. Disponível em <<http://calm.geo.berkeley.edu/geomorph//shalstab/index.htm>>. Acesso em 23 de março de 2014.
- FERNANDES, N.F.; GUIMARÃES, R.F.; GOMES, F.A.T.; VIEIRA, B.C.; MONTGOMERY, D.R.; GREENBERG, H. Condicionantes Geomorfológicos dos Deslizamentos nas Encostas:

- avaliação de metodologias e aplicação de modelo de previsão de áreas susceptíveis. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 2, n. 1, p. 51-71, 2001. <https://doi.org/10.20502/rbg.v2i1.8>
- GUZZETTI, F.; MONDINI, A.C.; CARDINALI, M.; FIORUCCI, F.; SANTANGELO, M.; CHANG, K.T.; Landslide inventory maps: New tools for an old problem. **Earth-Science Reviews**, 112: 42-66. 2012. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2012.02.001>
- IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo. **Indicação preliminar de áreas prioritárias para recomposição da cobertura vegetal na serra do mar na área de Cubatão**. IPT, São Paulo. 192p. 1986.
- IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo. **Estudo das instabilizações de encostas da Serra do Mar na região de Cubatão objetivando a caracterização do fenômeno de corrida de lama e da prevenção dos seus efeitos**. IPT, São Paulo. 187p. 1988.
- LOPES, E. S. S. **Modelagem Espacial Dinâmica em Sistema de Informação Geográfica: Uma Aplicação ao Estudo de Movimentos de Massa em Uma Região da Serra do Mar Paulista**. Tese (Doutorado em Geologia) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 314p. 2006.
- MARTINS, T.D.; OKA-FIORI, C.; VIEIRA, B.C. Mapeamento de cicatrizes de escorregamentos utilizando imagem multiespectral. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 30, p. 96-109, 2015.
- MINEROPAR. Minerais do Paraná S.A. **Avaliação geotécnica de vertentes na área urbana de Antonina**. RELATÓRIO TÉCNICO. Vol. 1 e 2, 440p. 2013.
- MINEROPAR. Minerais do Paraná S.A. **Carta Geomorfológica Curitiba -SG.22-X-D**. Curitiba: MINEROPAR. 2006. Escala: 1:250.000.
- MONTGOMETY, D. R.; W. E. DIETRICH. A physically based model for the topographic control on shallow landsliding. In: **Water Resources Research**, 30: 153-1171. 1994.
- OKA-FIORI; SANTOS, L.J.C.; CANALI, N. E.; FIORI, A.P.; SILVEIRA, C.T.; SILVA, J.M.F.; ROSS, J.L.S. **Atlas Geomorfológico do Estado do Paraná: escala base 1:250.000, modelos reduzidos 1:500.000**. Minerais do Paraná – MINEROPAR, Curitiba, 59p. 2006.
- O'LOUGHLIN, E. M. Prediction of surface saturation zones in natural catchments by topographic analysis. In: **Water Resources Research**, 22: 794-804.1986. <https://doi.org/10.1029/WR022i005p00794>
- PMA. Prefeitura Municipal de Antonina. **Plano Diretor Municipal**. 350p. 2007.
- RABACO, L. M. L. **Avaliação de Modelos de Susceptibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa numa Faixa de Dutos**. Dissertação de Mestrado. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, pp. 162. 2005.

- SANTOS, L. J. C.; OKA-FIORI, C.; CANALI N E, FIORI A P, SILVEIRA, C. T.; SILVA, J. M. F.; ROSS, J. L. S.; Mapeamento Geomorfológico do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 7, n. 2, p. 3-11, 2006. <https://doi.org/10.20502/rbg.v7i2.74>
- SELBY, M. J. **Hillslope: materials & processes**. New York. 264p. 1993.
- TATIZANA, C., A. T. OGURA, L. E. S. CERRI, M. C. M. ROCHA. Modelamento numérico da análise de correlação entre chuvas e escorregamentos aplicado às encostas da Serra do Mar no município de Cubatão In: 5º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia. **Anais... ABGE**, São Paulo, 1987, p. 237-248.
- TOPODATA. **Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil**. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/>. Acesso em: janeiro de 2015.
- VIEIRA, B.C. **Previsão de Escorregamentos Translacionais Rasos na Serra do Mar (SP) a Partir de Modelos Matemáticos em Bases Físicas**. Tese (Doutorado em Geografia). Rio de Janeiro. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 193 p. 2007.
- VIEIRA, B.C.; MARTINS, T.D. Modelos em geografia física: conceitos e aplicações na previsão de escorregamentos. **GEOUSP: espaço e tempo**, v. 20, p. 194, 2016.
- VIEIRA, B.C.; MARTINS, T.D.; LISTO, F.L.R.; MONTGOMERY, D.R. Previsão de escorregamentos rasos utilizando modelos matemáticos em bases físicas, In: GUNTHER, W.M.R. CICCOTTI, L. RODRIGUES, A.C. **Desastres: múltiplas abordagens e desafios**. 2017, p. 231-242.
- VIEIRA, B.C.; RAMOS, H. Aplicação do Modelo SHALSTAB para Mapeamento da Suscetibilidade a Escorregamentos Rasos em Caraguatatuba, Serra do Mar (SP). **Revista do Departamento de Geografia**, v. 29, p. 161-174. 2015.
- WOLLE, C. M.; CARVALHO, C.S. Deslizamentos em encostas na Serra do Mar - Brasil. **Revista Solos e Rochas**. p. 27-36. 1989.
- Z Aidan, R.T.; FERNANDES, N.F. Zoneamento de Suscetibilidade a Escorregamentos Rasos em Encostas Aplicado à Bacia de Drenagem Urbana do Córrego do Independência – Juiz de Fora (MG). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 10, n. 2, p. 57-76, 2009. <https://doi.org/10.20502/rbg.v10i2.131>

Data de submissão: 16/02/2017. Data de aceite: 26/07/2017.