

AVALIAÇÃO DAS TIPOLOGIAS DOS MOVIMENTOS DE MASSA OCORRIDOS NO PERÍODO DE 1993-2022 NAS ENCOSTAS DA AVENIDA NIEMEYER, RIO DE JANEIRO – RJ

Juliana Soares Barbosa ¹

Prof^ª. Dr^ª. Maria Carolina Villaça Gomes ²

INTRODUÇÃO

Em um cenário de ambiente tropical úmido, os escorregamentos e as corridas de massa se enquadram como as principais tipologias de movimentos de massa em encostas íngremes recobertas por solos. Ao longo das últimas décadas, houveram episódios em que diversas localidades brasileiras foram severamente afetadas em decorrência destes eventos, tendo como exemplo os verões de 1966, 1967, 1988, 1996 e 2019 no município do Rio de Janeiro, quando centenas de movimentos de massa atingiram encostas naturais e ocupadas (Meis e Silva, 1968; Vieira e Fernandes, 2004), e demonstraram a correlação entre índices pluviométricos elevados e a ocorrência dos movimentos de massa.

Diante deste contexto de suscetibilidade, a elaboração de inventários de movimentos de massa é uma forma de documentar ocorrências, consolidar dados e fazer investigações mais aprofundadas sobre seus condicionantes, tipologias predominantes, materiais e distribuição espacial (Fernandes e Amaral, 1995). Este levantamento é uma primeira etapa fundamental na elaboração de planos adequados para a redução de impactos decorrentes dos processos, visando encontrar padrões em sua deflagração. No entanto, para uma utilização mais efetiva das informações, é necessário que os responsáveis por sua consolidação deem atenção especial para a qualidade dos dados, buscando alto nível de detalhamento para que as análises das ocorrências aconteça de forma mais precisa, de modo que evite generalizações.

No Rio de Janeiro, por conta dos sucessivos desastres associados a movimentos de massa e inundações, em 1966 foi criada a Fundação Geo-Rio, órgão da Prefeitura Municipal, que visa garantir a segurança geotécnica das encostas e da população, e é responsável pelas vistorias técnicas e sistematização dos dados de ocorrências. O sistema

¹ Mestranda do Curso de Geografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ,
jusoaresb@outlook.com

² Orientadora: Professora Adjunta do Instituto de Geografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, mcarolvg@gmail.com

Alerta Rio, que realiza o monitoramento das condições meteorológicas e emissões de alerta em caso de risco, foi implementado em 1996 para dar suporte à Fundação.

Nesse sentido, quando uma mesma localidade é atingida de forma recorrente, fica evidente a importância técnica e científica de se ter o conhecimento de padrões de ocorrências na área determinada. Um exemplo disso é a Avenida Niemeyer, localizada na Zona Sul do município, e que vem sofrendo com sucessivos processos de diferentes tipologias nas últimas décadas. Assim, este trabalho tem por objetivo avaliar as tipologias dos eventos associados a movimentos de massa e materiais registrados no entorno da Avenida Niemeyer, Rio de Janeiro/RJ, visando encontrar e reconhecer padrões.

REFERENCIAL TEÓRICO

a. Movimentos de massa: classificação e condicionantes

Os movimentos de massa envolvem uma variada gama de materiais e processos, o que acarreta na existência de uma variedade de tipologias. De modo geral, tais processos consistem no movimento de solo e rocha sob influência da gravidade, porém, frequentemente, a água está presente no sistema e desempenha um papel primordial na compreensão da dinâmica dos movimentos de massa e na sua deflagração. Dentre os parâmetros utilizados para a distinção dos processos, destacam-se: velocidade e mecanismo do movimento, material, modo de deformação, geometria do movimento e conteúdo de água (Selby, 1993).

Ao longo das décadas, diversos autores elaboraram e propuseram sistemas de classificação de movimentos de massa, levando em conta os critérios supracitados, como Sharpe (1938), Varnes (1958, 1975), Nemcok et al. (1972), Hutchinson (1988) e Sassa (1989). No Brasil, os esquemas propostos por Freire (1965), Guidicini e Nieble (1984) e IPT (1991) são os de maior destaque. À nível municipal, o inventário dos escorregamentos do município do Rio de Janeiro (Amaral, 1996) adotou a classificação do Glossário Multilíngue de Escorregamentos (WLI, 1993) que subdividiu os movimentos de massa em: queda, deslizamento e corrida.

b. Inventários: documentação e investigação dos movimentos de massa

A elaboração de inventários de movimentos de massa é uma forma de documentar ocorrências, consolidar dados, caracterizá-los e fazer investigações aprofundadas sobre seus condicionantes e a distribuição espacial (Fernandes e Amaral,

1995). Este levantamento é uma primeira etapa fundamental na elaboração de planos adequados para a redução de impactos. Logo, o inventário busca fazer o registro dos movimentos de massa do passado e presente, buscando uma base de dados sólida que sirva como aporte para a identificação de áreas com maior frequência de ocorrência e para previsão das futuras. Além disso, fornece um conhecimento dos mecanismos dos movimentos e fornece informações preliminares para a identificação de áreas de maior suscetibilidade (Fernandes e Amaral, 1995).

A partir de dados do registro da localização e, quando conhecido, a data de ocorrência e o tipo de movimentos de massa que deixaram vestígios discerníveis numa área (Pašek, 1975; Hansen, 1984a, 1984b; McCalpin, 1984; Wieczorek, 1984; Guzzetti et al., 2000), podem ser elaborados os inventários, que também podem ser preparados a partir de diversas técnicas (Guzzetti, 2006). Além da identificação das ocorrências, é preciso ter conhecimento sobre os fatores condicionantes e deflagradores dos movimentos de massa. Para tal, são utilizados diferentes métodos, como as imagens de satélites e radares, fotografias aéreas, mapeamento de campo, instrumentação e ensaios, tecnologia de processamento e tratamento de dados, entre outros (Fernandes e Amaral, 1995).

METODOLOGIA

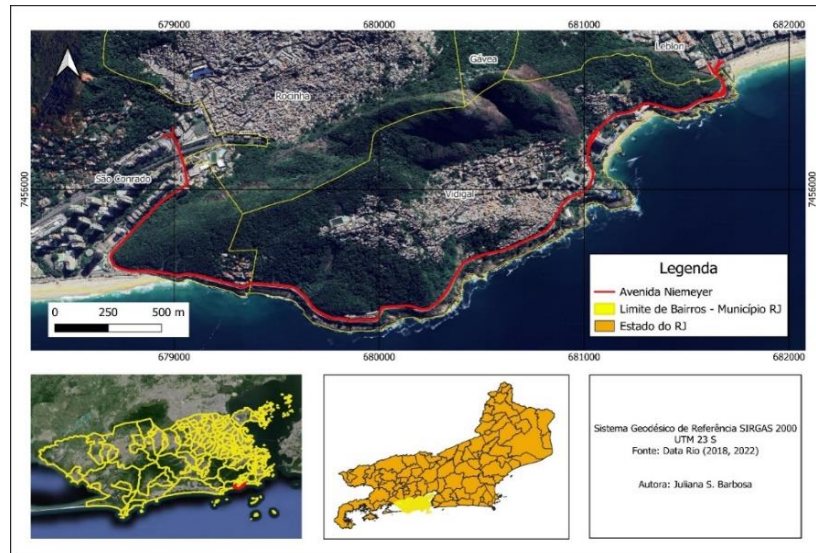
A área de estudo do presente trabalho, a Avenida Niemeyer (AN), está localizada na zona sul do município do Rio de Janeiro e se constitui como uma importante via arterial da cidade, estabelecendo a conexão entre os bairros do Leblon e São Conrado e passando pelas imediações do bairro do Vidigal (Figura 1). Em grande parte de sua extensão, a AN se encontra exposta à ocorrência de diferentes tipos de processos nas íngremes encostas que pertencem ao morro Dois Irmãos, que está em contato direto com o oceano.

A geologia da área da AN é constituída de rochas oriundas da colisão continental Pré-Cambriana (Valeriano, 2006; Valeriano *et al.* 2007a e 2007b), com predominância dos gnaisses facoidais. Observa-se uma densa rede de lineamentos, bem como outras falhas que cortam o morro em toda sua extensão, orientando vales e escarpas (Sobreira, 1989). Além disso, é notável a presença de juntas de alívio de tensão e fraturas no terço superior do morro Dois Irmãos, resultando em uma aglomeração de escarpas rochosas íngremes e domos (Fernandes *et al.*, 2010).

De modo geral, estão presentes solos residuais rasos e depósitos de encosta altamente heterogêneos, sendo observadas associações de argissolos vermelho-amarelos

eutróficos rasos, neossolos litólicos de substrato gnáissico. De acordo com mapas de cobertura vegetal e uso das terras do Data Rio e IBGE, as encostas da AN estão parcialmente cobertas por Floresta Ombrófila Densa em estágio médio e Vegetação Secundária.

Figura 1 – Localização da Avenida Niemeyer, RJ



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

As etapas deste trabalho se dividiram em: (a) inventário de ocorrências; (b) caracterização pluviométrica; e (c) caracterização topográfica.

a. Inventário de Ocorrências

Os dados referentes às ocorrências e seus atributos foram disponibilizadas pela Fundação Geo-Rio e pelo Alerta Rio, cujos registros possuem informações sobre logradouro, laudo, coordenadas, data e hora da ocorrência, data do pedido de vistoria, tipologia, volume mobilizado, consequências materiais e número de vítimas.

b. Caracterização Pluviométrica

Os dados de chuva utilizados foram coletados a partir da Estação Pluviométrica do Vidigal, operada pelo Alerta Rio, e pertencem à série temporal 2010-2022. Este conjunto de dados foi confrontado com os dados referentes às ocorrências, de forma a verificar a correlação entre os altos índices pluviométricos e a deflagração dos movimentos de massa identificados.

c. Caracterização Topográfica

Com objetivo de identificar as características topográficas das áreas afetadas pelos movimentos de massa registrados, foram utilizados os dados espaciais disponibilizados pelo Instituto Pereira Passos (IPP) e pelo Data Rio, de forma a gerar um modelo digital de elevação (MDE) na escala 1:10.000, utilizando a ferramenta “Topo to raster”.

A partir do MDE e com a utilização do *software* ArcMap, foram gerados os seguintes atributos topográficos: (i) declividade, utilizando a ferramenta “Slope”; (ii) curvatura, utilizando a ferramenta “Curvature” e; (iii) aspecto, utilizando a ferramenta “Aspect”. Após a criação das bases, foram alteradas a simbologia e caracterização de cada um, de forma a tornar mais clara sua interpretação e análise.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram encontrados os registros de 35 ocorrências de movimentos de massa na Avenida Niemeyer entre os anos de 1993 e 2022. Destas, 33 foram descritas pela Fundação Geo-Rio a partir do registro nos laudos de vistoria pós-evento, enquanto 2 ocorrências, datadas de 1993 e 1996, possuem descrição em documentos oficiais do Alerta Rio, mas não possuem dados de localização.

As ocorrências se concentraram em aproximadamente 96% nas declividades entre 0° e 30°, seguida por pontuais registros entre 30° e 40°. Acerca da curvatura das encostas, houve concentração em cerca 87% nas formas retilíneas, uma vez que os setores convexos estão associados aos topos e as curvaturas côncavas estão muito concentradas em áreas fortemente urbanizadas (impermeabilizadas). A respeito do aspecto das encostas, constatou-se que aproximadamente 90% das ocorrências foram deflagradas no quadrante sul, especialmente para S (51%), SE (27%) e SO (12%). No contexto em que se insere a AN, por conta de sua proximidade com o oceano, o conteúdo de umidade é alto. Além disso, a face do morro voltada para a AN se orienta majoritariamente para sul, que provê maior sombreamento e manutenção da umidade dos solos.

As tipologias dos movimentos de massa descritas nos relatórios pós-evento se caracterizam, resumidamente, em: escorregamentos, deslocamento de blocos e lascas, ruptura de talude, corridas de massa, processo erosivo e ruptura de obras de contenção/canaletas. É notório que os escorregamentos são a tipologia predominante, concentrando 28 ocorrências, sendo o solo o material mobilizado, em sua maioria (Figura 2). Destaca-se que, no ano de 2019, aquele que concentra o maior número de ocorrências,

além do solo, também foram registradas lascas, árvores, lixo e entulhos como materiais deslocados em todos os casos do dia 07 de fevereiro. Observa-se que o registro da tipologia “Ruptura de Obras de Contenção/Canaletas”, presente em 8 ocorrências, não se encaixa nas classificações de movimentos de massa mais usuais.

Figura 2 - Quantidade por tipologia e por material (Cabe destacar que uma mesma ocorrência pode se encaixar em mais de uma tipologia)

Tipologia	Qtd.	%
Escorregamentos	28	80
Ruptura de obras de contenção	8	23
Deslocamento de blocos ou lascas	5	14
Ruptura de talude corte	2	6
Processo erosivo	20	57
Ruptura de canaleta	1	3
Material	Qtd.	%
Solo	28	80
Lixo e entulho	17	49
Lascas	20	57
Árvores	17	49
Tálus/colúvio	3	9
Blocos	4	11
TOTAL	35	100

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Realizando uma avaliação mais aprofundada nas principais tipologias identificadas através dos dados levantados, nas ocorrências registradas como “escorregamentos de solo” houve a mobilização de volumes entre 8 e 400 m³, tendo provocado danos a bens públicos e particulares, riscos para terceiros e obstrução de vias. No que se refere às suas características topográficas, se concentraram na classe de declividade de 0° a 30°, sobretudo no terço médio das encostas.

Os casos catalogados como “escorregamentos tálus/colúvio” tiveram o volume de materiais mobilizado variando entre 12 e 40 m³, provocando danos a bens públicos e particulares e obstrução de vias. Em relação à sua classificação de declividade, os casos se concentram nas angulações de 0° a 30°, principalmente próximo ao sopé das encostas.

As ocorrências classificadas enquanto “deslocamento de blocos e lascas” variam com o volume de materiais deslocados de 0,01 a 8 m³, tendo como consequências os danos a bens públicos e obstrução de vias, sobretudo. Em relação à declividade, estas ocorrências se concentram mais próximas à base das encostas, também entre as angulações de 0° e 30°. Os episódios registrados como “ruptura de contenção” tiveram

volume mobilizado variando entre 0,01 e 20 m³, provocando danos a bens públicos e particulares e obstrução de vias. Acerca de sua classificação de declividade, enquadraram-se entre as angulações de 0° e 30°, concentrando-se do meio para a base das encostas.

Por fim, nas ocorrências classificadas enquanto “escorregamento de solo / escorregamentos translacionais (solo sobre rocha) carreando lascas, árvores, lixo e entulho em alguns pontos”, sendo esta classificação mais frequente nos registros da Geo-Rio, houve mobilização de material com volume variando entre 20 e 2000 m³, causando danos a bens públicos e particulares, riscos para terceiros, obstrução de vias e casos de mortes. Sobre suas características topográficas, os casos concentraram-se entre as angulações de 0° e 40° em variadas posições das encostas, mas, principalmente, no terço médio.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo avaliar as tipologias de movimentos de massa ocorridos nas encostas adjacentes à Avenida Niemeyer no Rio de Janeiro/RJ, no período 1993-2022. Dessa forma, buscou-se identificar a existência de padrões na deflagração das ocorrências, sobretudo no que se refere às características topográficas das encostas. Os resultados revelaram que a principal tipologia foi o escorregamento raso, em encostas de declividade entre 0° a 30°, tendo mobilizado, principalmente, massas de solo.

É notório o quanto a imprecisão dos dados disponibilizados pela Geo-Rio e pelo Alerta Rio afetam a qualidade da análise de informações e compromete sua utilização para fins de elaboração de medidas mitigadoras no âmbito do planejamento ambiental e gestão territorial. As ocorrências do ano de 2019, por exemplo, que tiveram grande visibilidade midiática e foram os casos mais significativos registrados na área nas últimas décadas, estavam com todos os dados preenchidos na planilha de forma similar, o que nos faz questionar a acurácia e confiabilidade das informações, visto que um número grande de ocorrência levaria a uma maior diversidade de tipologias e materiais mobilizados. Este cenário se mostra como uma deficiência crônica em outros trabalhos científicos utilizados como referência, demonstrando a importância da elaboração e desenvolvimento de uma base de dados sólida e que tenha continuidade.

Em um contexto de mudanças climáticas, aumento de eventos extremos e levando em conta a relação das fortes chuvas com a deflagração de movimentos de massa, ressalta-

se a importância do desenvolvimento de pesquisas voltadas para a previsão, prevenção e mitigação dos impactos relacionados aos processos aqui abordados. A identificação de padrões de ocorrências se mostra como um importante passo para um monitoramento mais efetivo de áreas que, com base em dados quantitativos, se mostram mais suscetíveis.

Palavras-chave: Encostas urbanas, Escorregamento Translacional, Escorregamento Rotacional.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, C.P. Inventário de Escorregamentos no Rio de Janeiro. 1ª Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas, Rio de Janeiro, 1996, Anais, volume 1, ABMS/ABGE, 546- 561 pp.
- FREIRE, E.S.M. Movimentos coletivos de solos e rochas e sua moderna sistemática. 1965. Construção, Rio de Janeiro, 8, 10-18pp.
- GUIDICINI, G. e NIEBLE, C.M. Estabilidade de taludes naturais e de escavação. 1984. Edgard Bl, cher, 2tm ed., 194p.
- GUERRA, A.J.G; CUNHA, S.B. Geomorfologia e Meio Ambiente. 14ª edição. Bertrand Brasil, 1995. Pages 123 – 186.
- GUZZETTI, F., CARDINALI, M., REICHENACH, P., CARRARA, A., 2000. Comparing landslide maps: a case study in the upper Tiber River Basin, Central Italy. Environmental Management 25 (3), 247–363.
- HANSEN, A., 1984a. Engineering geomorphology: the application of an evolutionary model of Hong Kong. Zeitschrift für Geomorphologie 51, 39–50.
- HANSEN, A., 1984b. Strategies for classification of landslides. In: Brunsten, D., Prior, D.B. (Eds.), Slope Instability. Wiley, New York, pp. 523–602.
- HUTCHINSON, J.N. General report: morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology. 5th Int. Symp. On Landslides, Lausanne, Vol 1, 3- 35pp, 1988.
- MCCALPIN, J., 1984. Preliminary age classification of landslides for inventory mapping. Proceedings 21st annual Engineering Geology and Soils Engineering Symposium. University Press, Moscow, Idaho, pp. 99–111.
- MEIS, M.R.M de; SILVA, J.X da. Considerações geomorfológicas a propósito dos movimentos de massa ocorridos no Rio de Janeiro. Revista Brasileira de Geografia, [S. l.], p. 55 - 72, 30 jan. 1968.
- PASEK, J., 1975. Landslide inventory. International Association Engineering Geologist Bulletin 12, 73–74.
- SASSA, K. Geotechnical classification of landslides, 1989. Landslides News, 3, 21-24pp.
- SELBY, M. J. Mass Wasting of Soils. In: Hillslope Materials and Processes. 2. ed. [S. l.]: Oxford University Press, USA, 1993. cap. 13, p. 249-298.
- SHARPE, C.F.S. Landslide and Related Phenomena, 1938. Pageant, New Jersey, 137p.
- VARNES, D.J. Landslides types and processes, 1958. Highway Research Board, Special Report, Vol. 29, 20-47pp.
- VARNES, D.J. Slope movement and types and processes, 1978. In: Schuster, R.L. e Krizek, R.J. (eds), Landslides: Analysis and control. Transportation Research Board Special Report 176. National Academy of Sciences, Washington DC, 11-33pp.
- VIEIRA, B.C.; FERNANDES, N.F. Landslides in Rio de Janeiro: The role played by variations in soil hydraulic conductivity. Wiley InterScience, [S. l.], p. 791 - 805, 2004.