

PARÂMETROS TOPOGRÁFICOS DERIVADOS DE MODELO DIGITAL DO TERRENO: SUBSÍDIO PARA AVALIAÇÃO PRELIMINAR DE MOVIMENTOS DE MASSA NA ZONA DA MATA PERNAMBUCANA

Bruno Alexandre Alves da Silva¹, Maria Rafaela da Silva Cruz², Ana Márcia Moura da Costa³, Tathiane de Souza Alves⁴, Fabrizio de Luiz Rosito Listo⁵

¹Graduando em Geografia, UFPE, Recife – PE, brunnoas084@gmail.com

²Graduando em Geografia, UFPE, Recife – PE, mariarafaelacruz@gmail.com

³Graduando em Geografia, UFPE, Recife – PE, anamouracosta08@gmail.com

⁴Graduando em Geografia, UFPE, Recife – PE, tathiane48@hotmail.com

⁵Geógrafo, Professor do Depto. de Ciências Geográficas, UFPE, Recife – PE, fabrizio.listo@ufpe.br

RESUMO: Os movimentos de massa, principalmente os escorregamentos, estão relacionados a eventos pluviométricos naturais na dinâmica de encostas, mas que podem ser potencializados pela ação antrópica. O município de Quipapá, Zona da Mata Sul de Pernambuco, destaca-se por seu histórico em eventos desse contexto, sobretudo pela ocorrência de escorregamentos. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é avaliar, de forma preliminar, a influência de parâmetros topográficos, derivados de Modelo Digital do Terreno, na potencialização de movimentos de massa, especialmente escorregamentos, no município de Quipapá. Para cumprir este objetivo, foram gerados seis mapas temáticos a partir da elaboração de um Modelo Digital do Terreno de alta resolução em ambiente SIG. Os resultados demonstraram que predominam no município áreas de declividade irregular para habitação e predomínio de formas retilíneas, caracterizando-se como um terreno susceptível a processos gravitacionais topograficamente.

PALAVRAS-CHAVE: geotecnologias, análise espacial, movimentos gravitacionais

INTRODUÇÃO: Um dos principais fenômenos de desastres naturais no Brasil são os movimentos de massa, principalmente os escorregamentos, relacionados a eventos pluviométricos intensos e prolongados (CARVALHO e GALVÃO, 2006). Tais processos consistem em eventos naturais da dinâmica de evolução geomorfológica da paisagem, em áreas com predomínio de formas côncavas, geralmente em relevos inclinados. Algumas ações antrópicas vêm contribuindo para a ocorrência e a magnitude destes processos. Desta forma, no estado de Pernambuco, destacam-se pelos altos índices de movimentos de massa, principalmente nos períodos mais chuvosos, a Região Metropolitana do Recife (RMR) e a Zona da Mata Sul de Pernambuco, ambas as regiões com elevadas ocorrências entre 1991 e 2012 (CEPED, 2013). É nesse contexto, que se destaca o município de Quipapá (Figura 1), por ser uma das regiões que apresentam a maior suscetibilidade a movimentos de massa na Zona da Mata Pernambucana (IPT e CPRM, 2014). Altamente atingido por escorregamentos no ano de 2004, o município apresenta solos argissolos vermelho-amarelos distróficos, medianamente profundos, moderadamente drenados, bastante suscetíveis a esses eventos (EMBRAPA, 2011), além de uma pluviometria média anual de 1066.3 mm (CPRM, 2011). Com o desenvolvimento e a difusão dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) e a consequente automação das rotinas relacionadas ao levantamento desses dados, os condicionantes topográficos (ex. declividade, forma, entre outros) são parâmetros fundamentais para a compreensão dos processos existentes na paisagem, dando suporte à tomada de decisões no planejamento urbano (PIKE, 2000, entre outros). Dessa forma, o objetivo principal deste trabalho é avaliar, de forma preliminar, a influência de parâmetros topográficos, derivados de Modelo Digital do Terreno, na potencialização de movimentos de massa, especialmente escorregamentos no município de Quipapá, bem como, estabelecer uma relação com a carta de suscetibilidade a movimentos de massa elaborada pela CPRM (*Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais*) para o município.

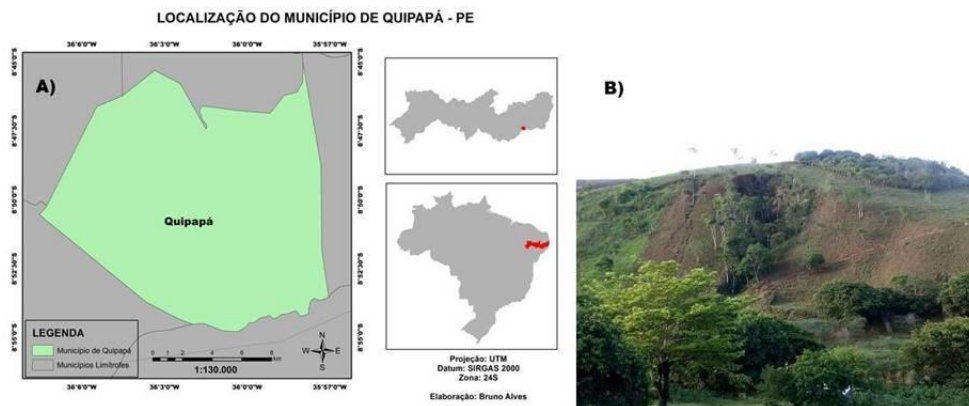


Figura 1 - **A)** Localização da área de estudo; **B)** Ocorrência de cicatriz de escorregamento em cunha (evento de 2004) no município.

MATERIAL E MÉTODOS: Todos os mapas topográficos (Tabela 1) foram gerados a partir do MDT (Modelo Digital do Terreno) disponibilizado pela CPRM com resolução de 30 m, tendo, como base, a coleta de informações planialtimétricas do município a partir da digitalização de cartas 1:25.000, fornecidas pelo Exército Brasileiro. Dessa forma, por meio do *Software ArcGIS10.2*, o mapa de declividade foi gerado a partir da ferramenta *Raster Surface* (extensão *3D Analyst tools*) classificado em três intervalos de declividade, de acordo com Lei Lehmann (Lei Federal n. 6.766/79), que afirma que a ocupação urbana é permitida no intervalo de 0° - $9,6^{\circ}$ de declividade, no segundo intervalo ($9,7^{\circ}$ - $16,7^{\circ}$) são necessários laudos e análises técnicas para a ocupação e no terceiro intervalo ($>16,8^{\circ}$) não é permitida a ocupação. Ainda utilizando a ferramenta *Raster Surface*, foram gerados os mapas de orientação das encostas (aspecto), indicando as direções da rosa-dos-ventos, para as quais as encostas estão voltadas e para onde se direciona o fluxo; o mapa de relevo sombreado, que fornece visualização detalhada da superfície; e o mapa de curvatura, que classifica as formas das encostas como côncavas, retilíneas ou convexas. Aplicando a ferramenta *Flow Direction*, foi elaborado o mapa de direção de fluxo, classificado por $\log_{10}(m^2)$, indicando a concentração dos fluxos superficiais e subsuperficiais da drenagem (RAMOS et al, 2003) (Tabela 1). Em seguida, todos os mapas temáticos foram comparados a carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa elaborada pela CPRM (2014) com mesma escala, cujo método de suscetibilidade aplicado foi a partir de diferentes pesos aplicados aos principais fatores condicionantes dos escorregamentos (ex. hipsometria, declividade, padrões de relevo e dados hidrológicos), tratando-se, portanto, de uma análise heurística. Nesta carta, as classes de suscetibilidade foram classificadas como alta, média ou baixa, apontando, dessa forma, as áreas onde a propensão ao processo é maior (CPRM, 2014).

Tabela 1 – Classes temáticas dos mapas elaborados a partir do MDT.

MAPAS (PARÂMETROS TOPOGRÁFICOS)	CLASSES
Declividade (graus)	$<9,6^{\circ}/9,7^{\circ}-16,7^{\circ}/>16,7^{\circ}$
Aspecto	N, NE, E, SE, S, SW, W, NW
Forma	Côncava, Retilínea, Convexa
Direção de Fluxo ($\log_{10} m^2$)	1-24/24,1-80/80,1-159/160-231/232-255
Hipsometria (m)	366-471/ 472-529/530-580/581-632/663-780
Relevo Sombreado (m)	0-190/110-145/146-174/175-203/204-254

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A partir das análises dos mapas temáticos elaborados (Figura 2), o município de Quipapá apresentou declividade uniforme em relação a suas classes. A declividade é um parâmetro bastante relevante para a compreensão de movimentos de massa, devida sua influência na instabilização de encostas pela ação da gravidade. Dessa forma, o primeiro intervalo ($<9,6^\circ$) apresentou uma frequência de 34% da área total do município, sendo esta classe propícia a ocupação. O segundo intervalo ($9,7^\circ-16,7^\circ$), que de acordo com a legislação federal necessita de avaliação técnica para a ocupação, apresentou uma frequência de 31% e, por fim, o último intervalo ($>16,7^\circ$) é predominante no município, com 35% de frequência (Figura 2). Destaca-se o fato de serem áreas impróprias para a ocupação, devido a maior possibilidade de ocorrência de acidentes em função de movimentos de massa. Com relação ao mapa de curvatura (Figura 2), o município apresentou maior frequência de encostas retilíneas (42%), seguida de formas côncavas (32%) e, com menor percentual, convexas (27%). É importante considerar que as formas côncavas são áreas de concentração de fluxo e com maior carga de pressão durante eventos pluviométricos intensos, sendo, portanto, mais suscetíveis a rupturas. As formas retilíneas também apresentam um alto grau de perigo por apresentarem declividades constantes ao longo do seu perfil, o que facilita o rápido deslocamento de sedimentos superficiais. Já as encostas convexas, por distribuírem os fluxos para as encostas, apresentam um menor grau de suscetibilidade. O mapa de direção de fluxo (Figura 2), que possui alta relação com as formas das encostas, apresentou, conforme esperado, uma maior concentração de fluxo em encostas côncavas, bem como em encostas de média declividade ($9,7^\circ-16,7^\circ$), tornando-as altamente suscetíveis, considerando-se que a saturação do solo contribui para a elevação do peso específico, auxiliado pela ação da gravidade, favorecendo rupturas e possíveis acidentes. Com relação ao mapa hipsométrico (Figura 2), o município apresenta altitudes que variam entre 366m a 780m, devido, sobretudo, a sua posição geomorfológica (transição e subida da escarpa do Planalto da Borborema). No mapa de relevo sombreado (Figura 2) é possível observar feições a partir de suas classificações, sendo as áreas mais escuras, aquelas com maior elevação e predominantes na área, e as mais claras, com baixa elevação. Por fim, o mapa de aspecto (orientações das encostas) apresentou maior frequência nas classes voltadas para sudeste, seguida pelas classes sudoeste e norte (Figura 2). A carta de suscetibilidade do município de Quipapá a movimentos gravitacionais de massa elaborada pela CPRM (2014), conforme a Figura 3, possui uma frequência de 21% de classes de alta suscetibilidade, 12% de média suscetibilidade e 67%, baixa suscetibilidade. Na comparação desta carta com os mapas temáticos elaborados, verificou-se que as áreas de média e alta suscetibilidade ocorrem nas áreas de maior declividade (conforme esperado), em encostas convexas, predominantemente, orientadas para o nordeste, em feições hipsométricas menos elevadas e com variadas classes de direções de fluxos.

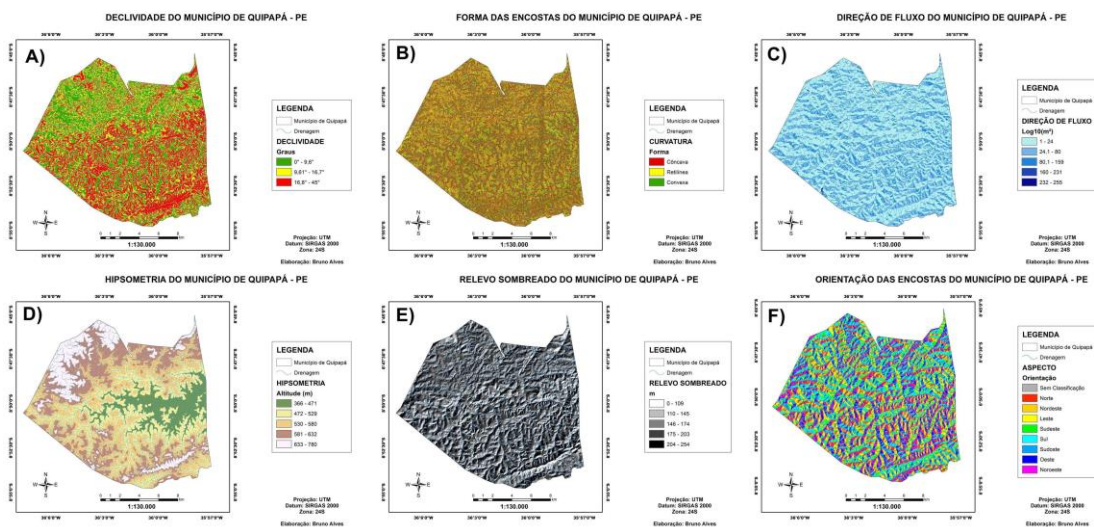


Figura 2 - Mapas Topográficos elaborados a partir do MDT; A) Declividade; B) Formas; C) Direção de Fluxo; D) Hipsometria; E) Relevo sombreado; F) Aspecto.

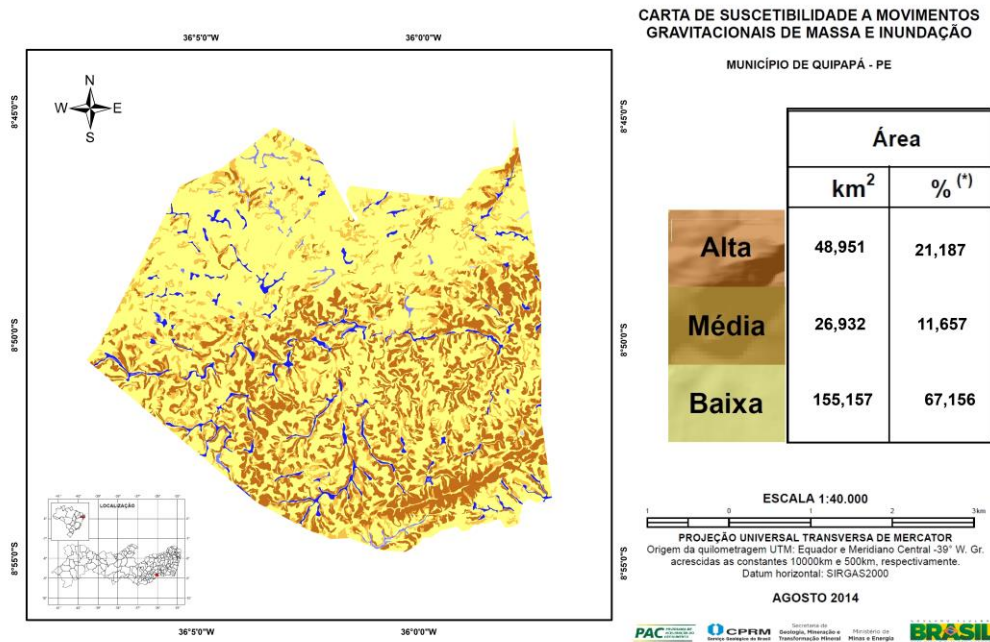


Figura 3 - Carta de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa do Município de Quipapá. Fonte: CPRM (2014).

CONCLUSÕES: Os parâmetros topográficos apresentam forte influência na identificação de eventos relacionados a movimentos gravitacionais. O município se destacou dentre os parâmetros mais relevantes (declividade e curvatura) na ocorrência dos processos, com elevados índices de instabilidade, somados a condicionantes pedológicos (solos mais frágeis a eventos gravitacionais) tornando-se, assim, altamente suscetível a movimentos de massa, topograficamente. A declividade indicou que a ocupação é irregular ou precisa de análises técnicas em 66% do município. Destaca-se, dessa forma, a importância do uso de Geotecnologias para a análise dos parâmetros topográficos, sobretudo em áreas de difícil acesso, como contribuição para a compreensão de condicionantes geomorfológicos na deflagração de processos de dinâmica superficial da paisagem.

REFERÊNCIAS:

ALHEIROS, M.M; SOUZA, M.A.A.; BITOUN, J.; MEDEIROS, S.M.G.M. de; AMORIN JÚNIOR, W.M. **Manual de ocupação dos morros da região metropolitana do Recife. Fundação de Desenvolvimento Municipal – FIDEM.** Recife: Ensol. 32p. 2004.

ALMEIDA, M.C. J. de & FREITAS, C.G.L. **Uso do solo urbano: suas relações com o meio físico e problemas decorrentes.** In: Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, 2., São Carlos. Anais...São Paulo: ABGE, p. 195-200. 1996.

BANDEIRA, A. P. COUTINHO, R. Q.; ALHEIROS, M. M. **Proposta de Estudo de Movimentos de Massa Associados às Chuvas para Suporte a Planos Preventivo de Defesa Civil na Região Metropolitana do Recife.** II Simpósio de Engenheiros Geotécnicos Jovens, Belo Horizonte – MG, 2016.

BANDEIRA, A. P. **Parâmetros técnicos para gerenciamento de áreas de riscos de escorregamentos de encostas na região metropolitana do Recife.** Tese de doutorado em Engenharia Civil. UFPE, Recife-PE. 2010.

CARVALHO, C. S. e GALVÃO, T. (Org.) **Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas: Guia para Elaboração de Políticas Municipais.** Brasília: Ministério das Cidades; Cities Alliance, 2006.

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES (CEPED). **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais: 1991 a 2012.** Universidade Federal de Santa Catarina. 2 ed. Volume Pernambuco. Florianópolis: CEPED - UFSC, 130p, 2013.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Quipapá - PE.** Rio de Janeiro, 2014. 1 mapa, color. Escala 1:40.000.

FERNANDES, N.F.; GUIMARÃES, R.F.; GOMES, R.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, Volume 2, Número 1. p. 51-71. 2001.

IPT e CPRM. **Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação (escala 1:25.000).** Livro eletrônico, São Paulo: IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo; Brasília, DF: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, (Publicação IPT; 2016), 2014.

IPT – Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo. **Banco de Dados de Mortes por Escorregamento no Brasil.** São Paulo, 2009.

NETO, D. S e COSTA, B. L. **Uso de Geotecnologias para Mapeamento de Risco Obtido por Meio de Inventário de Cicatrizes de Deslizamentos na Bacia do Rio Cachoeira no Município de Niterói - RJ.** Anais do VII CBG, Vitória - ES, 10 a 16 de ago. 2014.

PIKE, R.J. **Geomorphometry – diversity in quantitative surface analysis.** In: Progress in Physical Geography, vol.24, n.1. SAGE Publications. pp.1-20. 2000.

PINTO, C. R.; PASSOS, E.; CANEPARO, S. C. **Mapeamento de suscetibilidade aos movimentos de massa com uso da Avaliação Multicritério pelo método da Média Ponderada Ordenada.** Caderno de Geografia, v.25, n.43, 2015.

RAMOS, V.M., GUIMARÃES, R.F., REDIVO, A.L., GOMES, R.A.T., FERNANDES, N.F., CARVALHO FILHO, O.A. **Aplicação do modelo SHALSTAB em ambiente arcview para o mapeamento de áreas susceptíveis a escorregamentos rasos na região do Quadrilátero Ferrífero-MG.** Espaço e Geografia (5), 49-57. 2002.

RAMOS, V.M., GUIMARÃES, R.F., REDIVO, A.L., CARVALHO JUNIOR, O.A., FERNANDES, F.N., GOMES, R.A.T. **Avaliação de Metodologias de Determinação do Cálculo de Áreas de Contribuição.** Revista Brasileira de Geomorfologia (2), pp. 41-49. 2003.

SANTOS, H. G. dos; CARVALHO JUNIOR, W. de; DART, R. de O.; AGLIO, M. L. D.; SOUSA, J. S. de; PARES, J. G.; FONTANA, A.; MARTINS, A. L. da S.; OLIVEIRA, A. P. de. **Mapa de Solos do Brasil.** EMBRAPA SOLOS. 2011