

Análise da vulnerabilidade a escorregamentos no município de Camaragibe-PE como subsídio à gestão de riscos


Landslides vulnerability analysis in Camaragibe city-state of Pernambuco as a support for risk management

Análisis de la vulnerabilidad a deslizamientos de tierra en la ciudad de Camaragibe-provincia de Pernambuco como subsidio para la gestión del riesgo

Tawana de Melo Pereira ¹  <https://orcid.org/0000-0002-3167-4900>

Fabrizio de Luiz Rosito Listo ²  <https://orcid.org/0000-0002-2664-1442>

1 Universidade Federal da Paraíba  João Pessoa (PB), Brasil

2 Universidade Federal de Pernambuco  Recife (PE), Brasil

Autor de correspondência: tawana.melo@ufpe.br

Recebido: 27 Maio 2023. Aceito: 28 Ago. 2023.

Editor de seção: Antônio Carlos Oscar Junior

Resumo

A avaliação da vulnerabilidade é um elemento chave para a redução do risco de desastres, considerando que escorregamentos atingem à população de forma diferenciada, isto é, aquelas em situação de maior precariedade são mais impactadas. No estado de Pernambuco, existem diversos assentamentos informais com risco a escorregamentos, especialmente, na Região Metropolitana do Recife (RMR), onde se localiza a cidade de Camaragibe. Assim, o objetivo deste trabalho é analisar a vulnerabilidade a escorregamentos em áreas densamente ocupadas no bairro dos Estados, Camaragibe (PE). Um segundo objetivo procurou avaliar o papel de parâmetros topográficos (ameaças naturais) na deflagração de escorregamentos. Foram gerados mapas topográficos de declividade, curvatura e orientação das encostas por meio de um Modelo Digital do Terreno (MDT) de alta resolução. A partir de um inventário de escorregamentos, foi realizada uma análise conjunta por meio dos índices Frequência de Distribuição (FD) e Concentração de Escorregamentos (CE). A vulnerabilidade foi mapeada por meio dos critérios propostos pelo Índice de Vulnerabilidade Social (IVS), que utiliza as bases de dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Dos principais resultados, o índice CE apontou a maior suscetibilidade a escorregamentos nas encostas mais íngremes (43,5%), côncavas (66,3%) e orientadas para Norte (22,8%). O bairro dos Estados apresentou um IVS igual a 0,443, considerado de alta vulnerabilidade. Os grupos sociais mais vulneráveis ainda sofrem as piores consequências dos escorregamentos, com dimensões catastróficas, indicando que uma avaliação conjunta entre suscetibilidade (ameaça) e vulnerabilidade é essencial para uma gestão integral de riscos.

Palavras-chave: Vulnerabilidade. Risco. Escorregamentos. Região Metropolitana de Recife. Camaragibe.

Abstract

Vulnerability assessment is a key element of disaster risk reduction, considering that the landslides affect the population in a differentiated way, that is, those in a more precarious situation are more impacted. In the state of Pernambuco, there are several slums at landslides risk, especially, in the Metropolitan Region of Recife (RMR), where the city of Camaragibe is located. Thus, the objective of this work is to analyze the landslides vulnerability in densely occupied areas in the “neighborhood of Estados”, Camaragibe (PE). A second objective looked for to evaluate the topographical parameters role (natural threats) in triggering landslides. We generate topographic maps of slope, curvature and aspect using a high resolution Digital Elevation Model (DEM). Based on an landslides inventory, we performed a joint analysis using the Frequency of Distribution (FD) and Concentration of Landslide (CL) indexes. Vulnerability was mapped using the criteria proposed by the Social Vulnerability Index (IVS), which uses the databases of the Institute for Applied Economic Research (IPEA). Among the main results, the CL index indicated that there is a greater susceptibility to landslides on the steepest slopes (43.5%), concave (66.3%) and oriented to the North face (22.8%). The “neighborhood of Estados” presented an IVS equal to 0.443, considered of high vulnerability. The most vulnerable social groups still suffer the worst consequences of landslides, with catastrophic dimensions, indicating that a joint assessment between susceptibility (threat) and vulnerability is essential for an integral risk management.

Keywords: Vulnerability. Risk. Landslides. Metropolitan Region of Recife. Camaragibe.

Resumen

La evaluación de la vulnerabilidad resulta un elemento clave para reducir el riesgo de desastres, considerando que los deslizamientos afectan de manera diferente a la población, es decir, aquellos en una situación más precaria son más impactados. En el estado de Pernambuco, hay varios asentamientos informales en riesgo de deslizamientos, especialmente en la Región Metropolitana de Recife (RMR), donde se encuentra la ciudad de Camaragibe. Así, el objetivo de este trabajo es analizar la vulnerabilidad a deslizamientos en áreas densamente ocupadas en el “barrio de Estados”, Camaragibe (PE). Un segundo objetivo buscó evaluar el papel de los parámetros topográficos (amenazas naturales) en el desencadenamiento de los deslizamientos. Se generaron mapas topográficos de pendiente, curvatura y orientación usando un Modelo Digital del Terreno (MDT) de alta resolución. Con base en un inventario de deslizamientos, se realizó un análisis conjunto utilizando los índices de Frecuencia de Distribución (FD) y Concentración de Deslizamientos (CD). La vulnerabilidad fue mapeada utilizando los criterios propuestos por el Índice de Vulnerabilidad Social (IVS), que utiliza las bases de datos del Instituto de Investigación Económica Aplicada (IPEA). De los principales resultados, el índice CD mostró la mayor susceptibilidad a deslizamientos en

las pendientes más pronunciadas (43,5%), cóncavas (66,3%) y orientadas al norte (22,8%). El “barrio de Estados” presentó un IVS igual a 0,443, considerado de alta vulnerabilidad. Los grupos sociales más vulnerables aún sufren las peores consecuencias de los deslizamientos, con dimensiones catastróficas, lo que indica que una evaluación conjunta de susceptibilidad (amenaza) y vulnerabilidad es fundamental para una gestión integral del riesgo.

Palabras clave: Vulnerabilidad. Riesgo. Deslizamientos de tierra. Región Metropolitana de Recife. Camaragibe.

Introdução

No estado de Pernambuco, existem diversos assentamentos informais com risco a escorregamentos, especialmente, na Região Metropolitana do Recife (RMR), onde se localiza a cidade de Camaragibe (CEPED, 2013; XAVIER *et al.*, 2022). Em geral, os escorregamentos são do tipo translacional e ocorrem, principalmente, sobre tabuleiros constituídos por sedimentos da Formação Barreiras (PFALTZGRAFF, 2007; XAVIER *et al.*, 2022; LISTO e SANTOS, 2023).

As encostas da RMR apresentam uma alta instabilidade potencial aos escorregamentos, quando submetidas à convergência de certos elementos desencadeadores, derivados dos tipos de ocupação, de eventos climáticos e das características intrínsecas da paisagem (topográficas e geológicas), manifestada pela ocorrência de processos erosivos e por escorregamentos sobre as coberturas sedimentares miocênicas da Formação Barreiras (SANTANA e LISTO, 2018). Tais formas são também potencializadas pelas áreas antropizadas (pressões antropogênicas), apresentando, assim, uma incidência maior de escorregamentos (ALHEIROS e AUGUSTO FILHO, 1997; ARAI, 2006; SANTANA e LISTO, 2018).

A elevada declividade das bordas dos tabuleiros também favorece a ocorrência dos escorregamentos. Trata-se de formas recobertas por solos residuais caracterizadas por tabuleiros dissecados constituídos por sedimentos e por depósitos colúvio-aluvionares (BANDEIRA, 2003). A maior parte de escorregamentos e de erosões (que evoluem para voçorocamentos) na RMR foram registradas em áreas densamente ocupadas nesta unidade geológica-geomorfológica (PFALTZGRAFF, 2007).

Do ponto de vista antrópico, ocorrem cortes nas encostas para construção de moradias, aterros com solos remanescentes de cortes, acúmulo de lixo, desmatamentos, inexistência de rede de drenagem pluvial, entre outras práticas inadequadas (Figura 1) (PFALTZGRAFF, 2007; BANDEIRA, 2010). Conforme Xavier *et al.* (2022), os escorregamentos em Camaragibe ocorrem a sul no município, cujo adensamento populacional é maior.

Nesse contexto, existem 111.174 habitantes nas áreas colinosas de Camaragibe, sendo que deste total, há 34.992 moradores ou 8.748 famílias em áreas de risco a escorregamentos no município (ALHEIROS *et al.*, 2004; PMRR, 2006). O déficit de habitações regulares pela população mais vulnerável tem sido uma das causas da existência de desastres quando ocorrem escorregamentos, sobretudo, pela ausência de infraestrutura adequada, além de outros fatores, tais como renda, educação, número de habitantes por moradia, grupo etário, entre outros.

Figura 1. Cicatriz de escorregamento em área precariamente ocupada, com diversos cortes e aterros sob colina dissecada no município de Camaragibe (a) e vista panorâmica da densa ocupação de áreas de risco sob as formas tabulares e instalação de medidas mitigadoras paliativas (lonas plásticas – setas) (b).

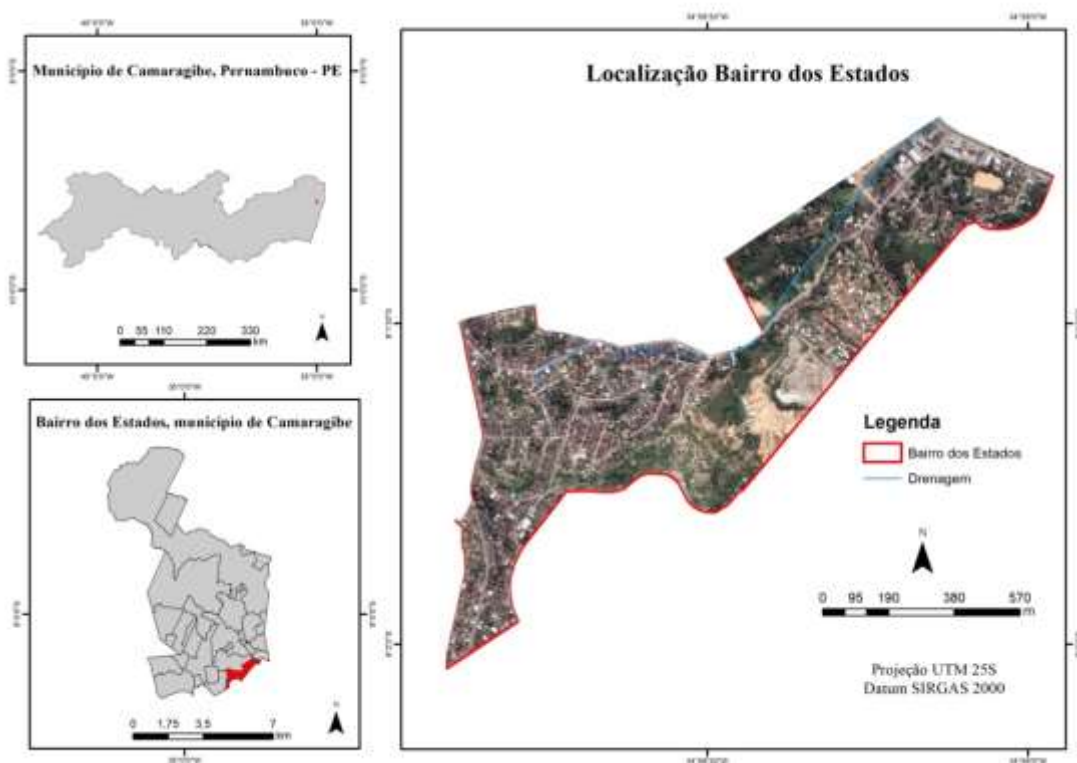


Fotos: CPRM (2014).

O Bairro dos Estados, situado a sul de Camaragibe (Figura 2), apresenta muitas ocorrências de escorregamentos, devido a suas características climáticas e geomorfológicas (ameaças naturais), acentuados por pressões antropogênicas. Contudo, as áreas precariamente instaladas são mais impactadas em termos de perdas socioeconômicas e vítimas, revelando que a vulnerabilidade é um elemento chave para a redução do risco de desastres (NATENZON e RÍOS, 2015).

A vulnerabilidade é caracterizada tanto por aspectos socioeconômicos (ex. densidade populacional, renda, educação, entre outros) quanto construtivos (ex. uso e ocupação, tipologia das edificações, etc.) (GUILLARD-GONÇALVES e ZÊZERE, 2018). É muitas vezes, influenciada pelo grau de exposição de um dado sistema, principalmente, nos países em desenvolvimento. Nestes, há muitas moradias com menor acesso a infraestrutura adequada (AYALA, 2002) e, por isso, o mapeamento de índices de vulnerabilidade pode revelar a exposição de comunidades em condições de moradias e serviços básicos precários.

Figura 2. Mapa de localização da área de estudo (bairro dos Estados, Camaragibe/PE).



Fonte: Elaborado pelos autores. Base de dados: Google Earth Pro (2017).

Objetivos

Este trabalho tem como objetivo geral analisar a vulnerabilidade a escorregamentos em áreas densamente ocupadas no bairro dos Estados, Camaragibe-PE. Um segundo objetivo procurou avaliar o papel dos parâmetros topográficos (ameaças naturais) na deflagração de escorregamentos, bem como uma análise conjunta (ameaça e vulnerabilidade).

Estratégia Metodológica

Avaliação dos Parâmetros Topográficos

Os mapas topográficos (declividade, curvatura e orientação das encostas) foram elaborados a partir de um MDT (Modelo Digital do Terreno) com resolução de 2 m, obtido pelos bancos de dados do Projeto Pernambuco Tridimensional (PE-3D, 2018). O mesmo foi cedido pela Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco (CONDEPE/FIDEM) por meio de convênio com o Grupo de Pesquisa em Geotecnologias aplicadas a Geomorfologia de Encostas e Planícies (ENPLAGEO/UFPE). Os dados foram processados no *software ArcGIS 10.5* – licença acadêmica.

O mapa de declividade foi gerado a partir da ferramenta *Slope* na extensão *Raster Surface (3D Analyst Tools)* classificado em três intervalos de declividade, de acordo com Lei Lehmann (Lei Federal n. 6.766/79). De acordo com esta lei, a ocupação urbana é permitida nas classes 0°-9,6° e 9,7°-16,7°, porém na classe >16,8°, a ocupação somente é permitida após análises e laudos técnicos.

O mapa de curvatura foi gerado a partir da ferramenta *Curvature*, ainda na extensão *Raster Surface*, que a classifica em formas côncavas, retilíneas ou convexas. Assim, o mapa foi calibrado de acordo com a classificação proposta por Valeriano (2003), da qual, a forma convexa possui valor maior que 0,08; a retilínea entre -0,08 e 0,08 e a côncava menor que 0,08.

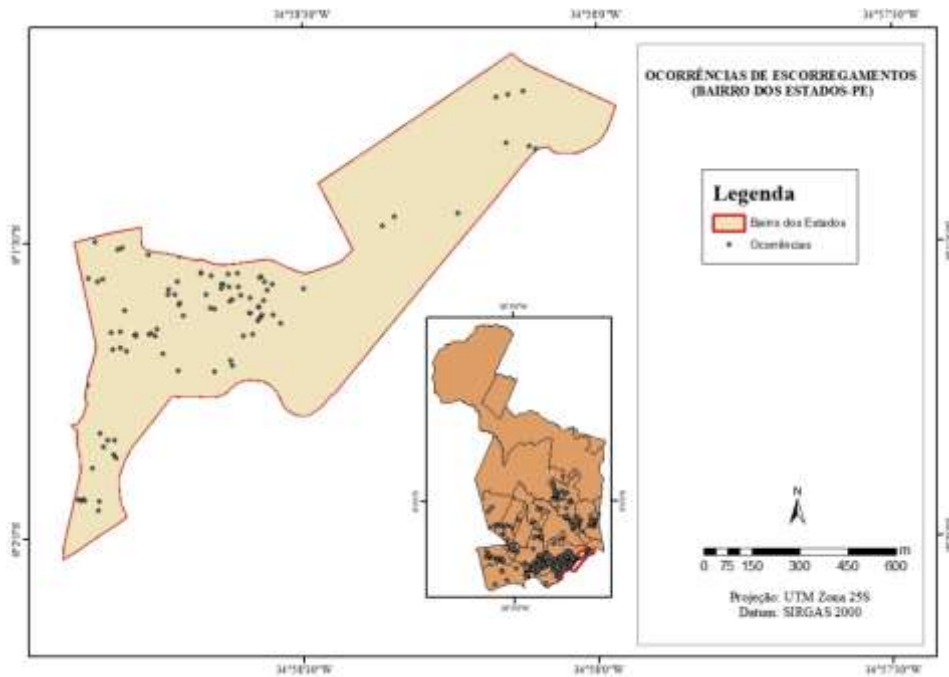
O mapa de orientação das encostas também utilizou a ferramenta *3D Analyst Tools*, opção *Aspect*. As orientações das encostas foram classificadas de acordo com as direções da rosa-dos-ventos para as quais as mesmas estão voltadas: Norte (N), Nordeste (NE), Leste (L), Sudeste (SE), Sul (S), Sudoeste (SO), Oeste (O) e Noroeste (NO).

Inventário de Escorregamentos, Análise Conjunta e Validação

Para validação dos mapas temáticos supracitados foram utilizadas 92 ocorrências de escorregamentos (na forma vetorial de ponto) inventariadas por Xavier *et al.* (2022) no bairro dos Estados (Figura 3). Estes autores realizaram o mapeamento dos processos tanto por meio de dados primários obtidos em trabalhos de campo e fotointerpretação de imagens de satélite (*software Google Earth Pro*) quanto a partir de dados secundários, a partir de bancos de dados cedidos pela Defesa Municipal de Camaragibe, além de trabalhos acadêmicos, tais como Torres (2010).

A análise conjunta (e validação) foi realizada a partir da sobreposição dos mapas topográficos e escorregamentos por meio do cálculo de índices sugeridos por Gao (1993). Trata-se dos índices Concentração de Escorregamentos (CE): razão entre o número de células de cada classe afetada pelas ocorrências e o total de células correspondentes aos escorregamentos (Equação 1) e Frequência de Distribuição (FD): percentual de cada classe (dos mapas temáticos) (Equação 2). O cálculo desses índices foi realizado no *software ArcGIS*, pela ferramenta *Spatial Analyst* por meio da opção *Raster Calculator*.

Figura 3. Inventário de escorregamentos no bairro dos Estados (Camaragibe-PE).



Base de dados: Xavier et al. (2022).

$$CE = \frac{n^{\circ} \text{ de células de cada classe}}{\text{áreas afetadas por escorregamentos}} * 100 \quad (\text{Equação 1})$$

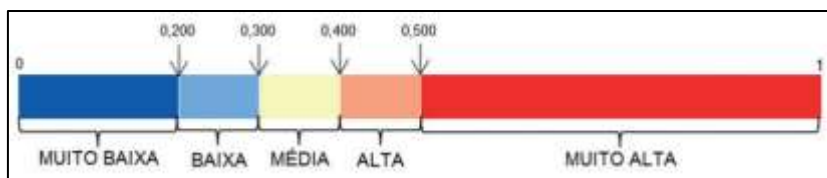
$$FD = \frac{n^{\circ} \text{ de células de cada classe}}{\text{total de células}} * 100 \quad (\text{Equação 2})$$

Índice de Vulnerabilidade Social (IVS)

O Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) foi mapeado utilizando-se os dados do ano de 2010, conforme as Unidades de Desenvolvimento Humano (UDHs), definidas pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Para a construção dos indicadores usou-se como base o Atlas de Desenvolvimento Humano (ADH) do Brasil. O mesmo destaca as situações indicativas de exclusão e de vulnerabilidade social no território brasileiro, sob uma perspectiva que ultrapassa a identificação da pobreza entendida apenas como insuficiência de recursos monetários (IPEA, 2015).

Para a análise da vulnerabilidade foram considerados três subíndices, a saber: i) infraestrutura urbana, ii) capital humano e iii) renda e trabalho. O IVS é um índice que varia entre 0 e 1, sendo que, quanto mais próximo de 1, maior é a vulnerabilidade social do local (Figura 4). Os dados foram organizados em bancos de dados e tratados em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica) para a elaboração final do mapa de vulnerabilidade.

Figura 4. Classificação do Índice de Vulnerabilidade Social (IVS).



Fonte: IPEA (2015).

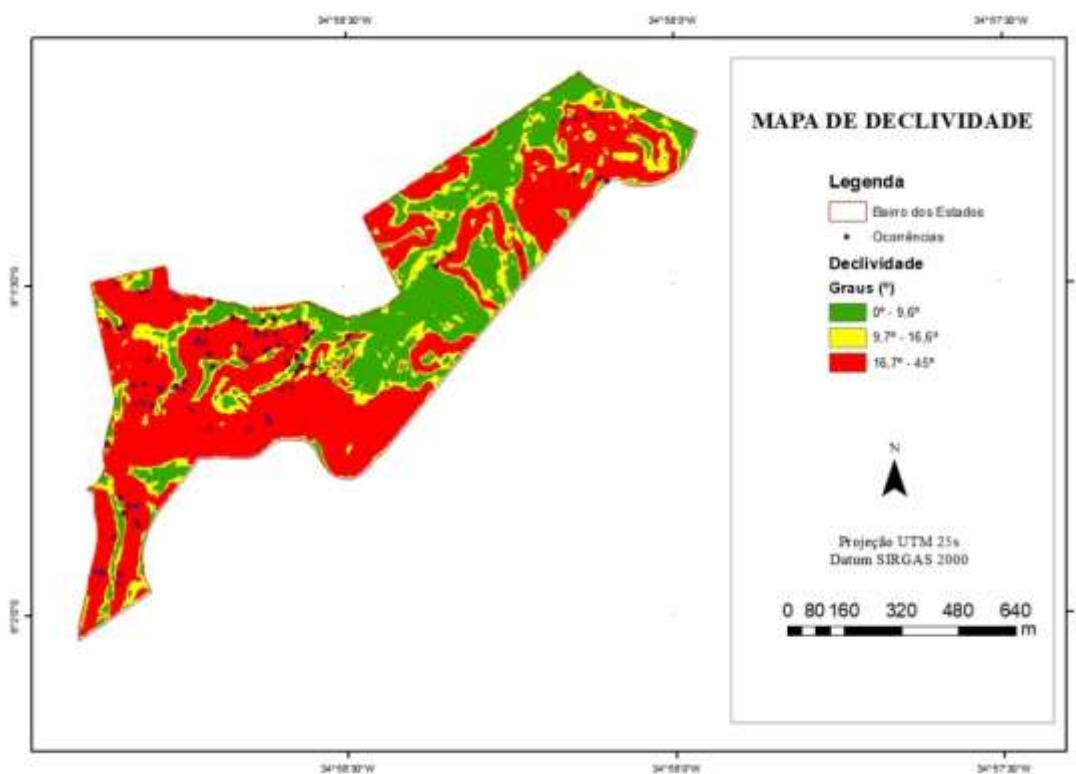
Resultados e Discussões

Parâmetros Topográficos e Análise Conjunta

O mapa de declividade apresentou, quanto a Frequência de Distribuição (FD), 30,7% de áreas muito declivosas ($>16,7^\circ$), 24% de declividade média ($9,7^\circ-16,6^\circ$) e 45,3% de declividade baixa ($0^\circ-9,6^\circ$). Quanto à Concentração de Escorregamentos (CE), 43,5% dos processos concentraram-se na classe de maior declividade, enquanto 38% ocorreram no intervalo $9,7^\circ$ e $16,6^\circ$ e, somente, 18,5% na menor classe (Figura 5 e Figura 6).

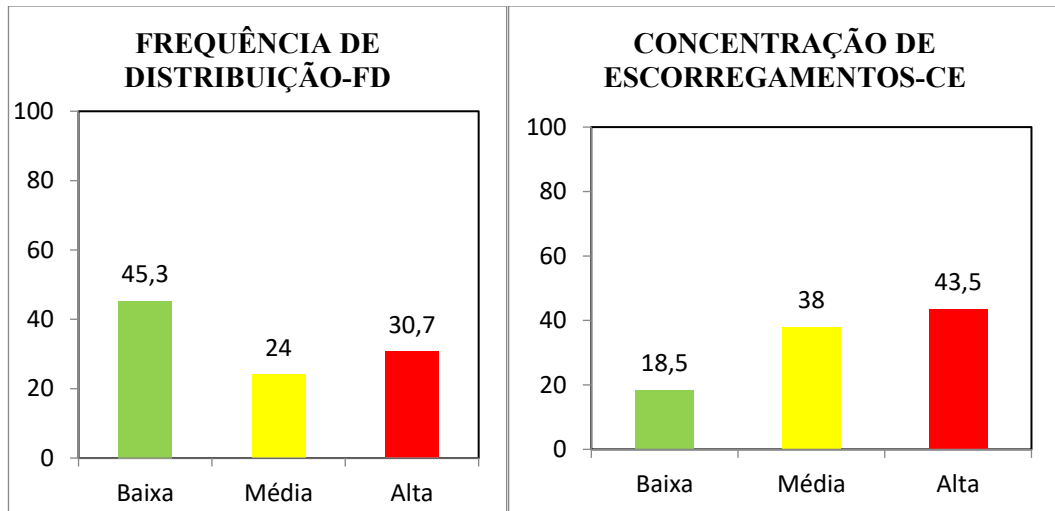
Nesse sentido, as áreas de alta declividade (Figura 6) possuem uma maior tendência à ocorrência de escorregamentos, conforme já é comum na literatura geomorfológica. Os processos agravam-se, ainda, em função de outros condicionantes geológicos-geomorfológicos, destacando-se a estrutura incoesa de sedimentos da Formação Barreiras.

Figura 5. Mapa de declividade do bairro dos Estados.



Fonte: Elaborado pelos autores. Base de dados: Pernambuco (2018) e Xavier et al. (2022).

Figura 6. Índices de FD e CE das classes de declividade



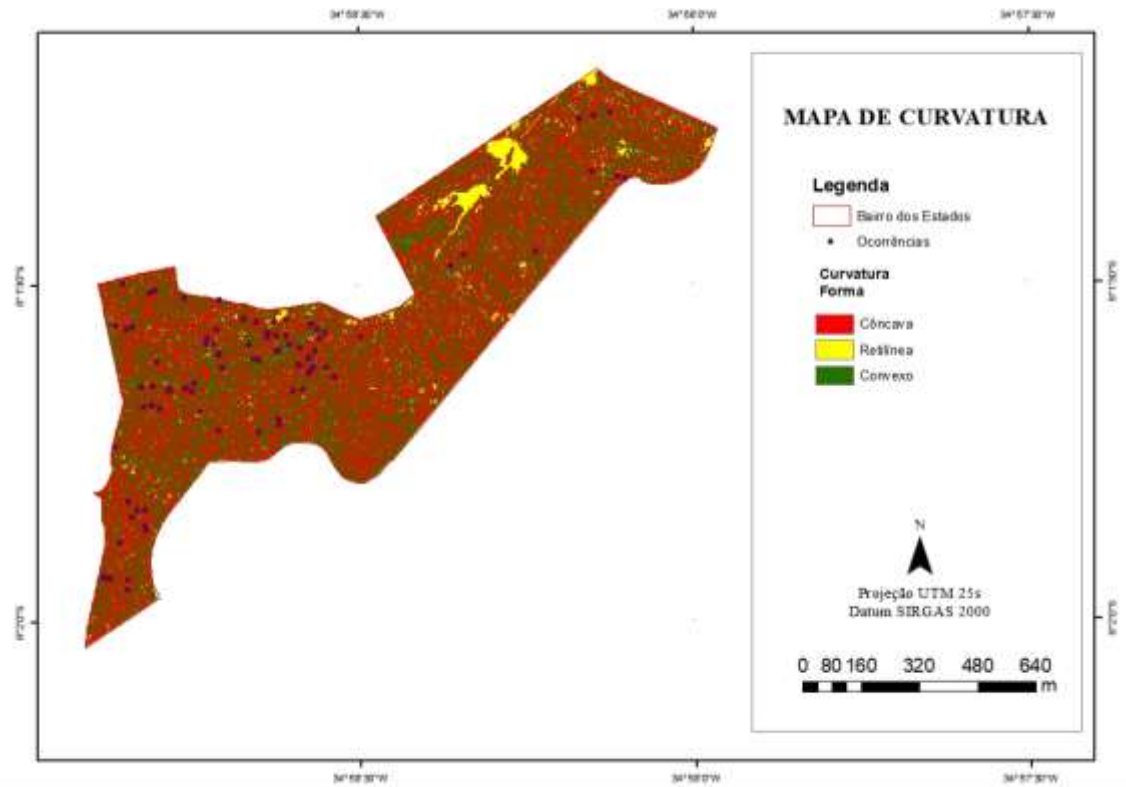
Fonte: Elaborado pelos autores. Base de dados: Pernambuco (2018) e Xavier et al. (2022).

Quanto à curvatura (Figura 7) houve um predomínio de formas côncavas (FD de 48,6%) e convexas (FD de 47,3%) com apenas 4,2% de formas retilíneas (Figura 8 e Figura 9). O predomínio de formas côncavas e convexas corrobora para o desencadeamento e a aceleração dos escorregamentos nas encostas, devido concentração de fluxos hídricos, acentuados pelos padrões precários de ocupação (interferência na hidrologia das encostas). Tais modificações, entre outras consequências, promovem, portanto, uma série de mudanças na forma dessas encostas, que provocam alterações no direcionamento da drenagem (LISTO e SANTOS, 2023).

A CE foi mais elevada nas formas côncavas (66,3%), enquanto as formas convexas e retilíneas apresentaram respectivamente 30,4% e 3,3% (Figura 8). É nas formas côncavas que há o aumento do fluxo hídrico para uma única direção, corroborando o escoamento concentrado no solo e maiores taxas de infiltração.

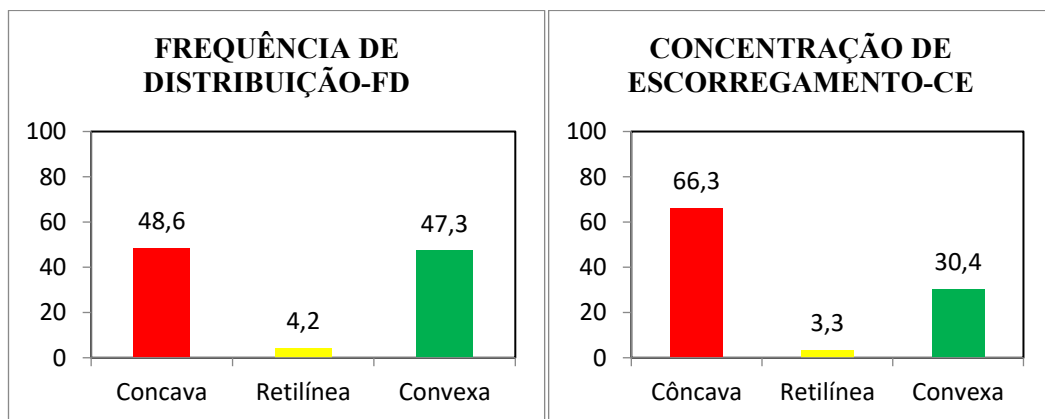
Com relação à FD da orientação das encostas, 20% estão voltadas para norte, 17,6% para noroeste, 16,2% para nordeste, 11,9% para leste, 10,6% para oeste, 10,1% para sudeste, 7% para sudoeste e 6,7% para sul. Quanto à CE, os escorregamentos predominaram nas encostas voltadas para norte (22,8%), leste (19,6%) e sudeste (17,4%). Uma menor concentração foi identificada nas encostas voltadas para nordeste (15,2%), noroeste (14,1%), oeste (5,4%), sudoeste (3,3%) e sul (2,2%) (Figura 9 e Figura 10). Dessa forma, predominam no bairro as encostas orientadas para norte, noroeste e nordeste, que em uma análise conjunta, equivalem às áreas mais declivosas ($>16,7^\circ$) e com formas côncavas.

Figura 7. Mapa de curvatura do bairro dos Estados.



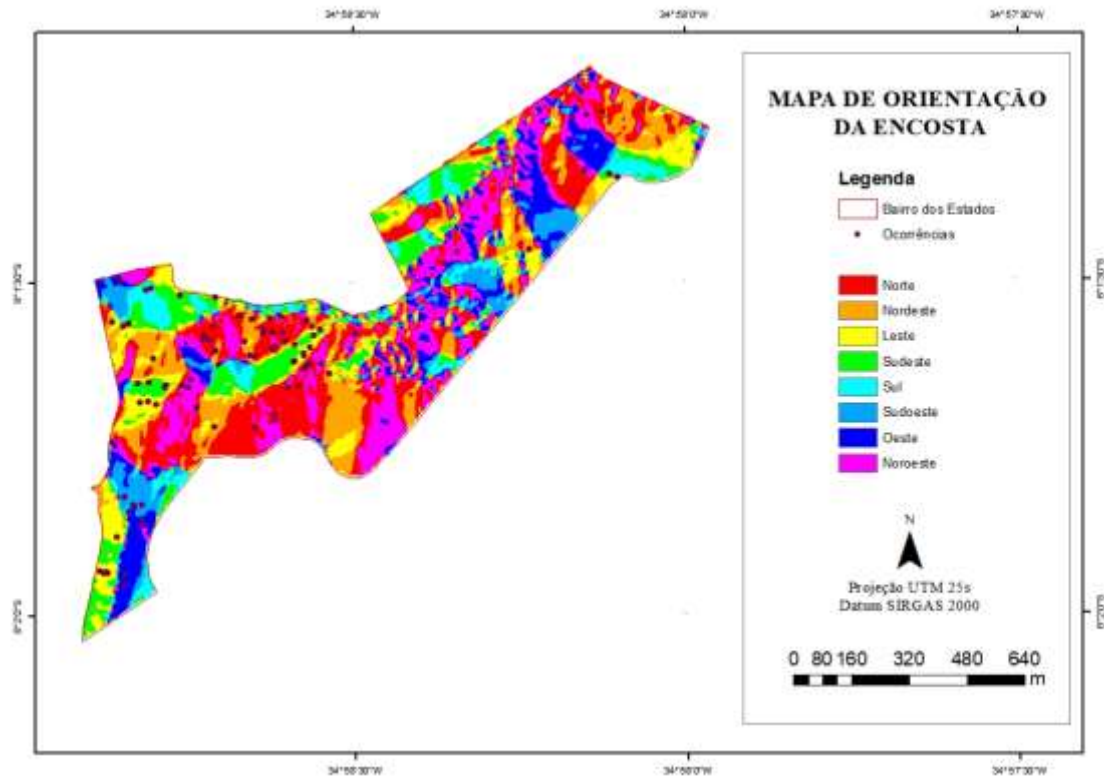
Fonte: Elaborado pelos autores. Base de dados: Pernambuco (2018) e Xavier et al. (2022).

Figura 8. Índices de FD e CE das classes de curvatura.



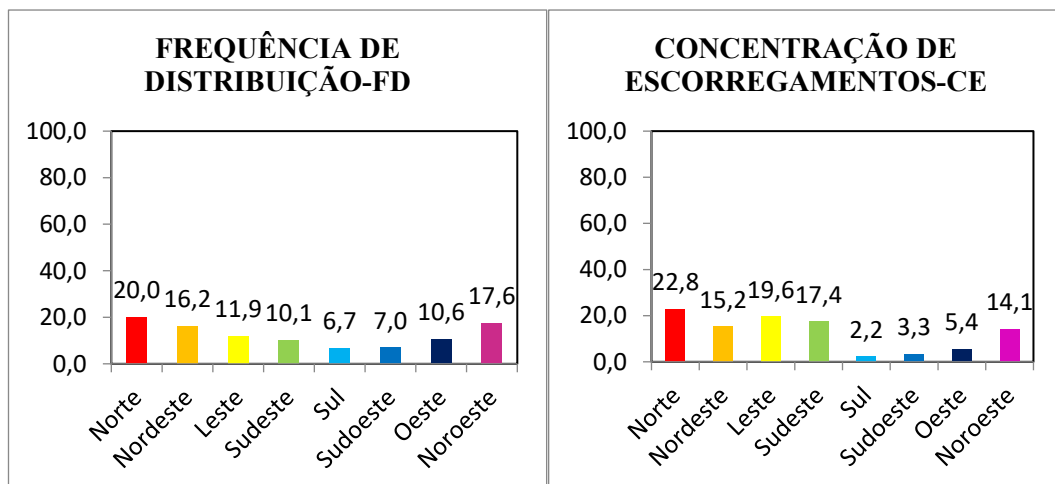
Fonte: Elaborado pelos autores. Base de dados: Pernambuco (2018) e Xavier et al. (2022).

Figura 9. Mapa de orientação da encostas do bairro dos Estados.



Fonte: Elaborado pelos autores. Base de dados: Pernambuco (2018) e Xavier et al. (2022).

Figura 10. Índices de FD e CE das classes de orientação da encosta.



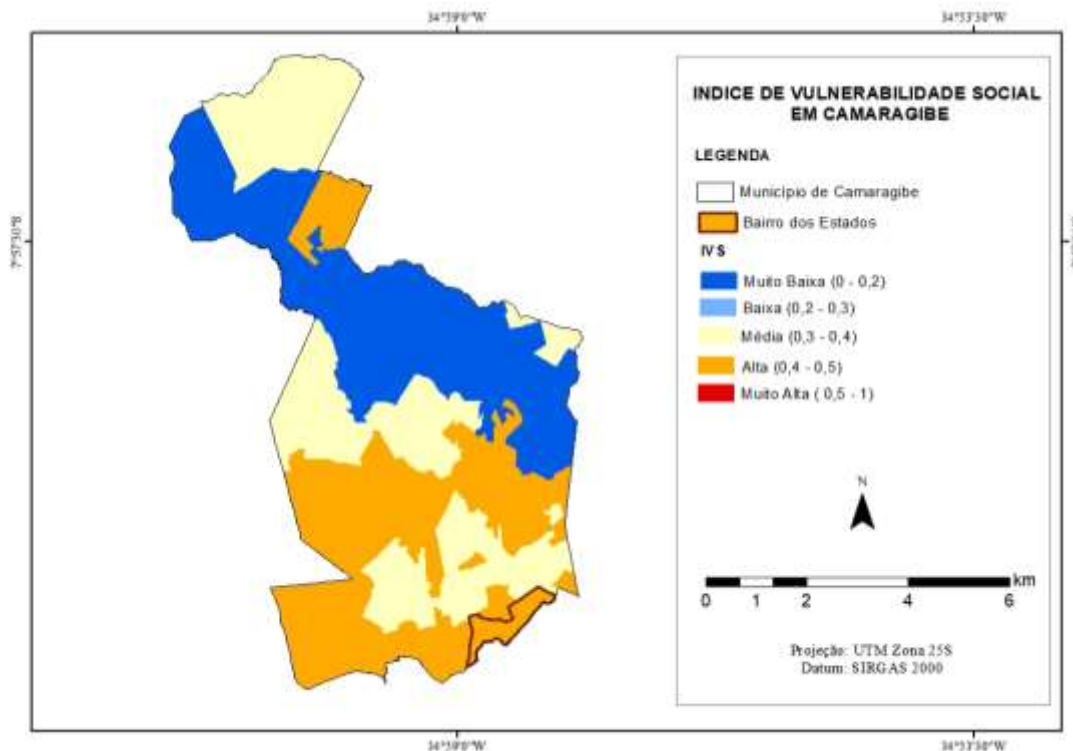
Fonte: Elaborado pelos autores. Base de dados: Pernambuco (2018) e Xavier et al. (2022).

Mapa de Vulnerabilidade

Conforme o mapa de vulnerabilidade do município de Camaragibe (Figura 11), as áreas menos vulneráveis (classes muito baixa, baixa e média) equivalem aquelas de maior poder aquisitivo, tais como chácaras e bairros nobres, além de áreas pouco ou não ocupadas de Camaragibe (isto é recobertas por resquícios vegetais).

As áreas mais vulneráveis (classes alta e muito alta) equivalem aos assentamentos precários com falta de infraestrutura adequada, situados em áreas de relevos dissecados, declivosos e colinosos e ocorrem em praticamente toda a face sul de Camaragibe (Figura 11 e Figura 12). Há ausência de serviços de saneamento básico, tais como canalização de esgoto e águas pluviais, má coleta de lixo e mobilidade urbana comprometida. Nesse tocante, o bairro dos Estados foi classificado no intervalo de alta vulnerabilidade (entre 0,4 e 0,5), cujo IVS específico equivale a 0,443.

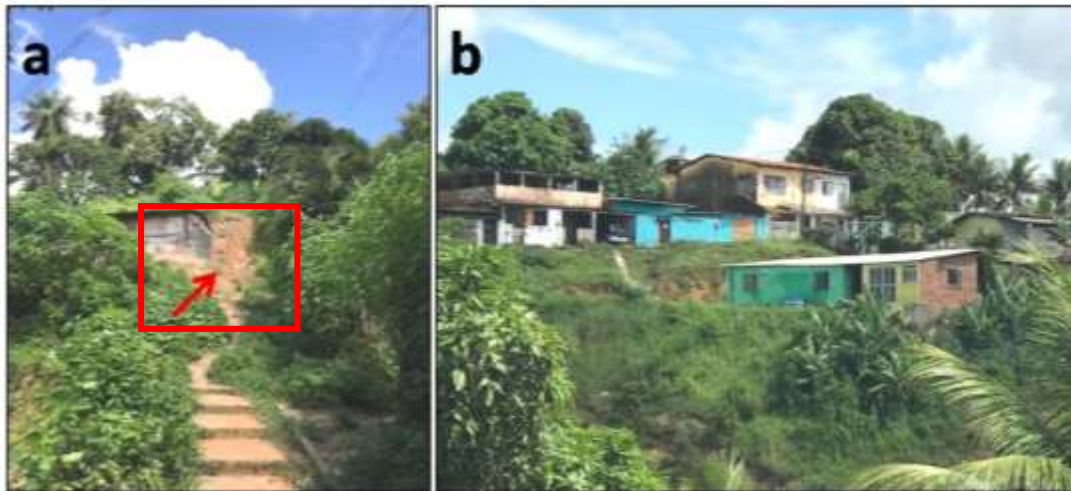
Figura 11. Mapa de vulnerabilidade/Índice de Vulnerabilidade (IVS) do município de Camaragibe-PE com destaque ao bairro dos Estados.



Fonte: Elaborado pelos autores. Base de dados: IPEA (2015).

Pressões antropogênicas (responsáveis pela elevação da vulnerabilidade) foram observadas, a saber: remoção da cobertura vegetal, lançamento e concentração de águas pluviais e servidas, vazamento na rede de água e de esgoto, execução de cortes com alturas e inclinações acima de limites tecnicamente seguros, aterros inadequados, lançamento de lixo e entulho, presença de medidas mitigadoras pouco eficientes (ex. lonas plásticas), cultivos inadequados (ex. bananeiras, jaqueiras, mangueiras), entre outros (Figura 12).

Figura 12. Moradia construída em madeira (alta vulnerabilidade), com possível cicatriz de escorregamento a montante (a). Ocupações em encosta declivosa com cortes nos taludes para construção de moradias e presença de bananeiras (cultivo inadequado) (b).



Fotos: Autores (2018).

Conclusões

A principal contribuição deste trabalho é demonstrar a importância da componente vulnerabilidade dentro de uma gestão integral de risco, que muitas vezes acaba sendo vista como secundária, dando-se maior enfoque as ameaças naturais e ao grau de exposição. No entanto, reduzir a vulnerabilidade resulta num elemento fundamental para redução do risco de desastres.

O bairro dos Estados apresenta alta vulnerabilidade social influenciada pela precariedade da infraestrutura de suas moradias, serviços básicos, entre outros aspectos, assim como praticamente toda parte sul do município de Camaragibe. Dessa forma, é necessária a realização de políticas públicas estruturais e não estruturais para correção dos aspectos aqui mencionados, aliados a uma gestão participativa e em diálogo constante com sua população.

Quanto às ameaças naturais, as encostas mais íngremes, côncavas, orientadas para norte e leste, inseridas no contexto dos tabuleiros sedimentares da Formação Barreiras no município de Camaragibe são as mais suscetíveis. Portanto, necessitam de maior monitoramento, sobretudo na antecipação de alertas de precipitação intensa, bem como obras estruturais, instalação de rotas de fuga, pontos de abrigo, comunicação de risco e melhoria urbana. Destaca-se que, dentro dos componentes do risco a escorregamentos, ameaças naturais e vulnerabilidades devem ser avaliadas paralelamente e com suas devidas atenções.

Este trabalho poderá contribuir com a gestão pública e lideranças comunitárias, na medida em que as áreas de maior suscetibilidade e de vulnerabilidade estão mapeadas e, assim, podem ser monitoradas e relampejadas pelas autoridades competentes, assim como no auxílio das comunidades na melhor preparação no enfrentamento ao risco de desastres.

Referências

ALHEIROS, M.M., AUGUSTO FILHO, O. Landslides and coastal erosion hazards in Brazil. *International Geology Review*, London, v. 398, p. 756-763, 1997.

- ALHEIROS, M.M., SOUZA, M.Â.A., BITOUN, J., MEDEIROS, S.M.G.M., JÚNIOR, W.M.A. Manual de Ocupação dos Morros da Região Metropolitana do Recife. Fundação de Desenvolvimento Municipal FIDEM; coord. Margareth Mascarenhas Alheiros... (et al.). - Recife: Ensol, 2004.
- ALVES, H.P.F. Análise da vulnerabilidade socioambiental em Cubatão-SP por meio da integração de dados sociodemográficos e ambientais em escala intraurbana. *Revista Brasileira de Estudos de População*, Rio de Janeiro, v.30, p.349-366, 2013.
- ARAI, M. A Grande Elevação Eustática do Mioceno e Sua Influência na Origem do Grupo Barreiras. *Revista do Instituto de Geociências –USP, São Paulo*, v.6, n. 2, p. 1-6, 2006.
- AYALA, I.A. Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries. *Geomorphology*, Amsterdam, n. 47, p.107–124, 2002.
- BANDEIRA, A.P.N. Mapa de Risco de Erosão e Escorregamento das Encostas Ocupadas do Município de Camaragibe- PE. Dissertação de Mestrado. UFPE. CTG. Engenharia Civil, Recife- PE, 2003.
- BANDEIRA, A.P.N. Parâmetros Técnicos para o Gerenciamento De Áreas De Riscos De Escorregamentos De Encostas Na Região Metropolitana Do Recife. Tese (Doutorado) – Departamento de Engenharia Civil, UFPE, p.42, 2010.
- CEPED. Atlas Brasileiro de Desastres Naturais: 1991 a 2012 / Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. 2. ed. rev. ampl. – Florianópolis: CEPED UFSC, 2013.
- CPRM. Geologia e Recursos Minerais do Estado de Pernambuco. Recife: 2014. 215 p.
- GAO, J. Identification of Topographic Settings Conducive to Landsliding from Nelson County, Virginia, U.S.A. *Earth Surface Processes and Landforms*, Bureau, v.18, p. 579-591, 1993.
- GUILLARD-GONÇALVES, C., ZÉZERE, J. Combining Social Vulnerability and Physical Vulnerability to Analyse Landslide Risk at the Municipal Scale. *Geosciences*, Basel, v. 8, 294, p.1-17, 2018.
- LISTO, F.L.R., SANTOS, E.M. Scenarios of susceptibility to shallow landslides using the SHALSTAB model and validation by ROC curve, Metropolitan Region of Recife, northeastern Brazil. *Revista de Geografia*, Recife, v. 40, p. 218-243, 2023.
- NATENZON, C.E., RÍOS, D. (2015). Riesgos, catástrofes y vulnerabilidades. Aportes desde la geografía y otras ciencias sociales para casos argentinos. 1a ed. Buenos Aires: Colección Bitácora Argentina, 228 p.
- PERNAMBUCO. Pernambuco Tridimensional. Secretaria de Desenvolvimento Econômico. [S.l.]. 2018.
- PFALTZGRAFF, A. S. Mapa de Suscetibilidade A Deslizamentos Na Região Metropolitana Do Recife. Tese (Doutorado), Programa de Pós-Graduação Em Geologia, UFPE, 2007.
- PMRR – Plano Municipal de Redução de Risco de Camaragibe. Relatório técnico Gusmão Engenheiros Associados Ltda. Camaragibe, 2006.
- SANTANA, J.K.R., LISTO, F.L.R. Alterações Morfológicas de Encostas e Deflagração de Escorregamentos em Áreas Densamente Urbanizadas: Uma análise evolutiva em uma sub-bacia do município de Recife (PE). *Revista de Geografia (UFPE)*, v. 35, n. 3, p. 1–19, 2018.
- XAVIER, J.P.S., LISTO, F.L.R., NERY, T.D. Escorregamentos no estado de Pernambuco. *MERCATOR*, Fortaleza, v. 21, p. 1-16, 2022.

Contribuição dos autores

Conceitualização: PEREIRA, T. de M.; LISTO, F. de L. R. **Curadoria de dados:** PEREIRA, T. de M.; LISTO, F. de L. R. **Análise formal:** PEREIRA, T. de M.; LISTO, F. de L. R. **Aquisição de financiamento:** LISTO, F. de L. R. **Investigação:** PEREIRA, T. de M.; LISTO, F. de L. R. **Metodologia:** PEREIRA, T. de M.; LISTO, F. de L. R. **Administração do projeto:** LISTO, F. de L. R. **Recursos:** LISTO, F. de L. R. **Software:** Não aplicável. **Supervisão:** LISTO, F. de L. R. **Validação:** PEREIRA, T. de M.; LISTO, F. de L. R. **Visualização:** PEREIRA, T. de M.; LISTO, F. de L. R. **Escrita – rascunho original:** PEREIRA, T. de M. **Escrita – revisão & edição:** LISTO, F. de L. R.

Base de dados

Projeto Pernambuco Tridimensional (PE-3D, 2018), cedido pela Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco (CONDEPE/FIDEM).

<http://www.pe3d.pe.gov.br/mapa.php>

Áreas de Ocorrências de Escorregamentos. <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/37999>

Índice de Vulnerabilidade Social. <http://ivs.ipea.gov.br/index.php/pt/planilha>

Financiamento

Este trabalho recebeu financiamento do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) para manutenção de bolsa de Mestrado (processo 130815/2020-9) e da Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pelo financiamento do projeto APQ-0966-1.07/21.

Conflito de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Aprovação do conselho de ética

Este trabalho recebeu parecer positivo de aprovação emitido pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Pernambuco (Parecer n.o 4.120.454).

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento desta pesquisa a partir da concessão de bolsa de Mestrado (processo 130815/2020-9), à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pelo financiamento do projeto APQ-0966-1.07/21, à Defesa Civil Municipal de Camaragibe pela disponibilização de dados e acompanhamento em trabalhos de campo, ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), à Comissão Organizadora do XIX Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada e à equipe editorial da revista GeoPUC do Programa de Pós-Graduação em Geografia, Departamento de Geografia e Meio Ambiente da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.
