

# MOVIMENTOS DE MASSA ASSOCIADOS A EVENTOS CHUVOSOS OCORRIDOS NO AGRESTE MERIDIONAL DE PERNAMBUCO NO ANO DE 2022

Azevedo, G.W.S. (UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO - CAMPUS GARANHUNS) ; Santos, V.C.V. (UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO - CAMPUS GARANHUNS) ; Lima, K.C. (UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO - CAMPUS GARANHUNS)

## RESUMO

Escorregamentos, ou deslizamentos são movimentos de materiais que recobrem as vertentes. Em margens de rodovias, esse movimento pode ocasionar diversos acidentes com mortes, além da interdição total ou parcial da via de circulação. Este trabalho tem por objetivo analisar deslizamentos ocorridos à margem da rodovia PE-187 em Pernambuco. Foram identificados movimentos rotacionais, rupturas circulares em terrenos declivosos com marcas de pisoteio por gado. Estes pontos ocorrem em terrenos falhados e fraturados com vertentes convexas, de declividade entre 20 e 75%. Considera-se que as rupturas no terreno em áreas com desmatamentos, cortes ou aterros, induzem os escorregamentos, que podem ocorrer de modo acentuado em situações de chuvas extremas.

## PALAVRAS CHAVES

*Deslizamentos; Eventos pluviométricos extremos; Rodovias; Sistema viário; Vertentes*

## ABSTRACT

Landslides, or slips, are movements of materials that cover slopes. Along highways, these movements can cause various accidents resulting in fatalities, as well as the total or partial closure of the roadway. This study aims to analyze landslides that occurred along the PE-XX highway in Pernambuco. Rotational movements and circular failures were identified in steep terrains with evidence of trampling by cattle. These occurrences are found in failed and fractured terrains with convex slopes, ranging from 20 to 75% gradient. It is considered that disturbances in the terrain, such as deforestation, excavations, or fillings, induce the landslides, which can occur significantly during extreme rainfall events.

## INTRODUÇÃO

Em regiões tropicais, os escorregamentos em encostas são frequentes durante a estação chuvosa, principalmente em situações com uma série contínua de eventos pluviométricos intensos e duradouros (BANDEIRA, 2003; RODRIGUES, 2013). De acordo com Tominaga (2012), os escorregamentos são processos de movimento de massa de materiais que recobrem a superfície das vertentes, a exemplo das rochas, solos e vegetação. Na literatura geomorfológica, escorregamentos correspondem a movimentos de massa sólida, relativamente acelerados, de curta duração, que ocorrem em contato com a superfície por influência gravitacional que desloca a massa para baixo, de modo a se distanciar do talude e tendo o plano de ruptura bem definido (GUERRA; CUNHA, 2009). Do ponto de vista geológico-geotécnico, movimento gravitacional de massa é um termo utilizado para explicar o processo de desprendimento de fragmentos de rocha e/ou das encostas. Ele pode ser causado por agentes exógenos ou endógenos. Nunes (2008) apontou que os principais fatores naturais que contribuem para a geração de movimentos de massas nas encostas, são a geometria e geomorfologia, a duração e intensidade das precipitações pluviométricas, a geologia local, geomecânicas, cobertura vegetal, ocupação do solo, sismos ou outras situações incomuns tais como rompimento de barragens. Em áreas intensamente modificadas por ação humana, os escorregamentos podem causar uma série de prejuízos sociais e econômicos. Quando ocorrem em áreas marginais a rodovias, os escorregamentos podem causar acidentes com mortes, além da destruição das redes elétrica, de abastecimento de água e de saneamento (OLIVEIRA, 2011). Podem causar a interdição total ou parcial da via de circulação, a destruição de imóveis rurais situados nas

proximidades, e, em última instância, podem isolar populações que precisam trafegar pela estrada (PIRES; CARMO JUNIOR, 2018). Ao longo do período chuvoso de 2022 no Agreste pernambucano, movimentos de massa ocorreram ao longo de diversas rodovias regionais. A atuação dos Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL's) durante esse período pode provocar chuvas finas e constantes, alternadas por eventos pluviométricos intensos (MACHADO et al., 2012). Esses eventos possuem alta capacidade de impacto no ambiente e causar danos significativos aos municípios da região. Dessa forma, este trabalho tem por objetivo analisar os escorregamentos ocorridos durante o inverno de 2022 no Agreste Meridional de Pernambuco. Por ser uma região de pluviosidade concentrada, com declividades do terreno acentuadas em diversos setores, as vertentes acabam por se tornar altamente susceptíveis a escorregamentos.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

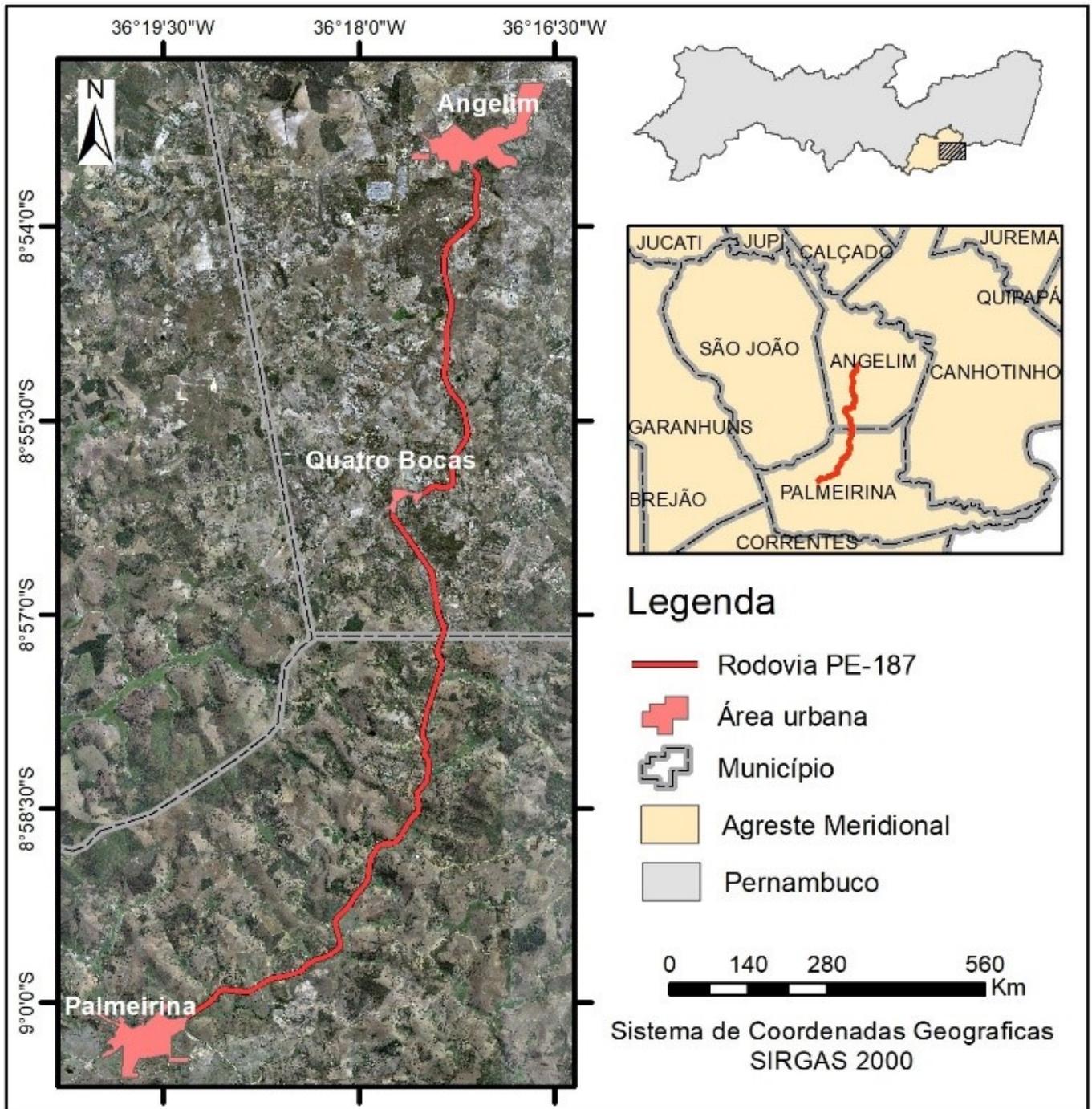
O trecho analisado da rodovia PE-187 possui 15, 47 km entre as cidades de Angelim e Palmeirina. Nesse trecho, o substrato rochoso é composto por suítes intrusivas do Paleoproterozóico (Metatextito Ibirajuba, frequentemente cortados por sheets graníticos) e por suítes intrusivas do Neoproterozóico, como o Plutão Serrote dos Macacos (monzogranitos a tonalitos), Plutão Saloá. (sienogranitos e monzogranitos) e os Plutões Japecanga e Miracica (metatextitos com mesossoma diorítico a tonalítico). São rochas intensamente fraturadas e falhadas, afetadas pela Zona de Cisalhamento de Canhotinho e pela Zona de Cisalhamento de Bonito (CPRM, 2008). O clima regional é classificado como Tropical Úmido, segundo classificação de Köppen, com precipitação média anual de 1.358 mm em Angelim e de 1.028 mm em Palmeirina (APAC, 2022). O modelado regional é dissecado estruturalmente (figura 2), cujas altitudes estão entre 482 e 895 metros. As formas de relevo predominantes são colinas e morros dissecados com declividades acentuadas e vales fluviais em forma de V ou em fundo chato com estreitas planícies aluviais. Recobrem as formas de relevo, solos do tipo Argissolo Vermelho-Amarelo e Argissolo Amarelo (ARAÚJO FILHO et al., 2012). A vegetação é composta por Floresta Estacional Semidecidual (SANTOS, 2021), intensamente antropizada. As áreas urbanas apresentaram população de 10.204 habitantes e de 8.188 habitantes, respectivamente, no ano de 2010, segundo IBGE (2010). Ao longo da rodovia, ocorrem diversas propriedades rurais ocupadas predominantemente por pastagens, além de pequenas atividades agrícolas de subsistência. Os procedimentos metodológicos adotados envolveram a elaboração de mapas temáticos no software ArcGIS 10.6, em escala 1:10.000, a partir de ortoimagens e modelo digital do terreno (MDT) do projeto Pernambuco Tridimensional (PE3D), do ano de 2016. Foram realizados trabalhos de campo no mês de agosto de 2022, para a identificação dos pontos onde ocorreram os escorregamentos. Cada ponto foi georreferenciado com auxílio de aparelho de GPS, descrito e fotografado. Foram realizados sobrevoos com auxílio de aeronave remotamente pilotada (ARP), com o intuito de se visualizar as feições de escorregamento, de modo a complementar a análise dos escorregamentos. Os tipos de escorregamentos foram classificados de acordo com a proposta de Augusto Filho (1992).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Para tanto, escolheu-se área de estudo a rodovia estadual PE-187, que liga as cidades de Angelim e Palmeirina (figura 1), de forma de contribuir com o conhecimento sobre esse tipo de dinâmica superficial que ocorre em períodos chuvosos. Ao longo do trecho analisado, foram identificados 13 pontos com ocorrência de deslizamentos as margens da rodovia. Estes predominaram no trecho entre a vila de Quatro Bocas e a cidade de Palmeirina. Este setor corresponde ao trecho com maior ocorrência de falhas e fraturas estruturais, com morros de vertentes íngremes e convexas, com declividades entre 20 e 75%. Nessas vertentes, os fluxos de escoamento são divergentes e os solos são recobertos por pastagens e vegetação antropizada, favorecendo a ocorrência de escorregamentos. Segundo Freitas (2016), os deslizamentos são influenciados pela morfologia da vertente. A altura desta, bem como a sua inclinação, constituem fatores importantes a serem considerados na análise do problema. Entretanto, nos planos de diaclasamento e de fratura da rocha, a ação do intemperismo pode originar faixas de materiais alterados, separando fatias rochosas inalteradas ou pouco intemperizadas. Nesses locais, o excesso de água e a ação da gravidade desempenham um papel importante no deslocamento maciço e veloz de material (BIGARELLA; PASSOS, 2003). Dos 13 pontos de escorregamentos identificados, todos apresentaram

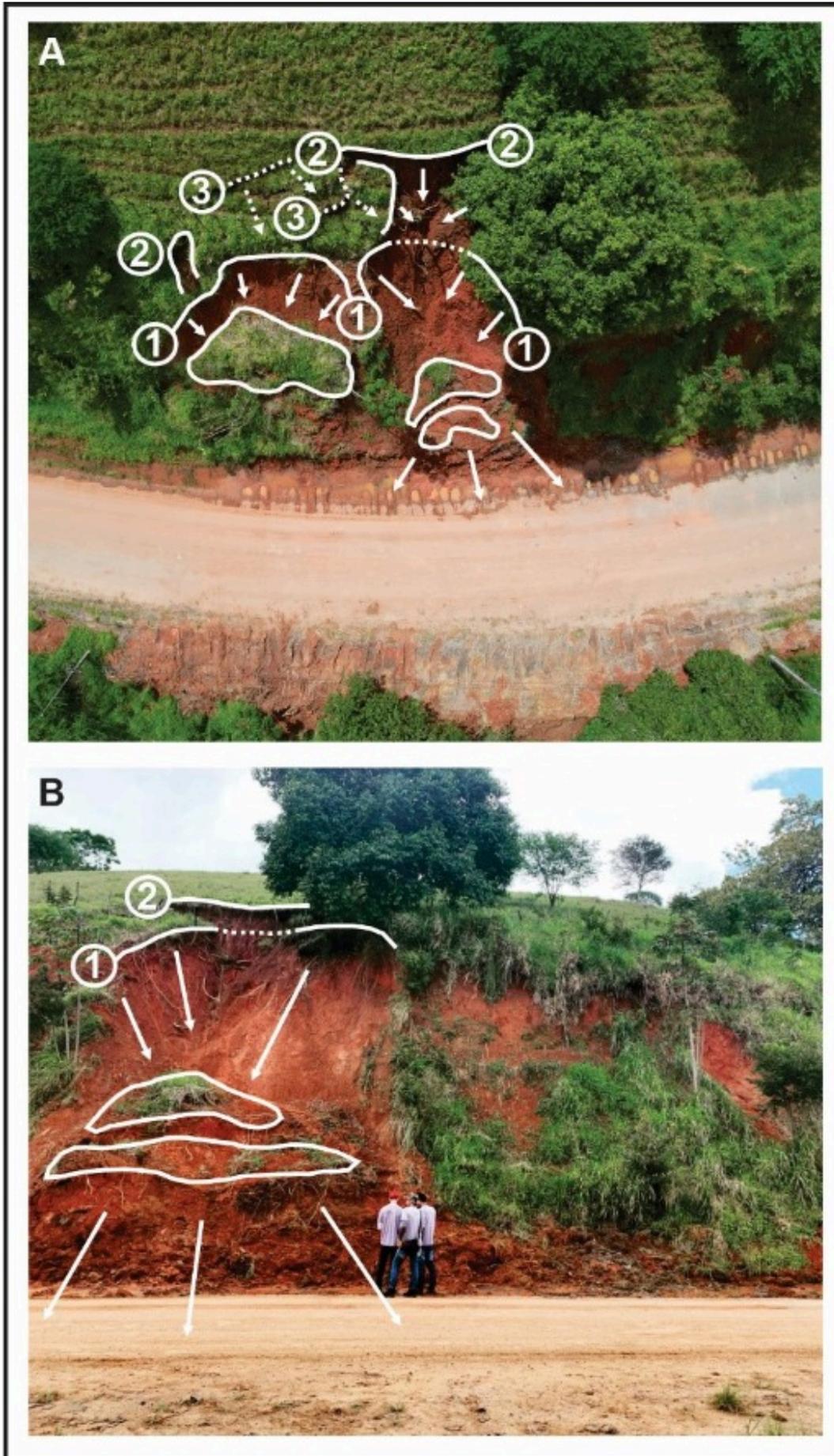
cicatriz no terço médio ou inferior das vertentes, em trechos acima ou nos próprios cortes efetuados quando da construção da rodovia. Pires e Carmo Junior (2018) afirmaram que as rodovias se constituem em grandes infraestruturas causadoras de impactos ambientais em decorrência da supressão da vegetação e da retirada de material necessário para a sua implantação. Portanto, ao se realizar cortes na vertente para a construção de rodovias, faz-se necessário prever a ocorrência de deslizamentos, como forma de se evitar tais processos. Observou-se em campo que os deslizamentos apresentaram poucos planos de deslocamento e deslocaram pequenos e médios volumes de material. Contudo, ocorreram a distâncias suficientes da rodovia para causarem o bloqueio total ou parcial em alguns trechos, observado pelo material remanescente na rodovia, após a sua remoção. Quanto aos tipos de escorregamento, foram identificados ao longo da rodovia movimentos planar/translacional e movimentos circular/rotacional. Os escorregamentos planares observados na área de estudo foram rasos, com plano de ruptura entre 0,5 e 1,5 metros de profundidade, localizados no contato solo- rocha, com material transportado constituído por rochas e solos. De acordo com Augusto Filho (1992), os escorregamentos planares ou translacionais ocorrem associados a solos pouco profundos, cujo deslocamento de material ocorre a partir de uma ruptura plana. Os escorregamentos translacionais estão, na maior parte dos casos, ligados a períodos de intensa e/ou duradoura precipitação pluviométrica, podendo ocorrer à saturação hídrica do solo, propiciando a elevação da suscetibilidade ao escorregamento (GIRÃO, 2007). Escorregamentos do tipo circular ou rotacional foram pouco observados, porém, ocorreram em trechos com solos mais profundos e rochas intensamente fraturadas. De acordo com Tominaga (2012), o início do movimento pode estar associado a cortes realizados na base das vertentes para a construção de rodovias, como ocorre na área de estudo, ou outros empreendimentos. Em alguns pontos com movimentos rotacionais, observou-se rupturas circulares em terrenos declivosos com marcas de pisoteio por gado, que, possivelmente, favoreceram o início do escorregamento. Nesses pontos, foi possível identificar planos de ruptura que indicam momentos sucessivos de ruptura e movimentação de material, resultantes das intensas chuvas ocorridas no período chuvoso de 2022 (figura 2). Para Gerscovich (2012), escorregamentos rotacionais se caracterizam a partir do momento em que o solo é parcialmente homogêneo, a superfície do deslocamento tende a apresentar uma feição circular, além de existirem materiais ou descontinuidades que representem resistências mais baixas. Assim, esse tipo de movimento de massa é caracterizado por superfície de ruptura curva (côncava para cima) ao longo da qual se dá um movimento rotacional da massa do solo deslocado, a qual tem por característica ser espesso e homogêneo (FERNANDES; AMARAL, 2009). Os períodos de maior pluviosidade na área de estudo correspondem aos meses entre maio e agosto, sendo o maior pico no mês de junho, isto advém de dados históricos que elucidam que este período favorece os movimentos de massa. De acordo com a APAC (2023) pode-se observar que a pluviosidade no município de Palmeirina atingiu números próximos dos 500 mm no mês de junho (figura 3), correspondendo ao maior pico durante toda a estação chuvosa. Ao ponto que o município de Angelim atingiu pouco menos dos 300 mm no mesmo mês. Esta diferenciação de precipitação ocorre entre os municípios por toda a estação, discorrendo que, no mês de agosto, por sua vez, são chuvas finas que ocorrem por vários dias consecutivos, seguindo por alguns dias sem chuvas. Vale ressaltar que no ano de 2022, entre os meses de maio e agosto, houve um aumento de 114,4% na pluviosidade acumulada de Angelim em comparação a média dos anos entre 2005 e 2021. Enquanto no município de Palmeirina este aumento foi de 95,6%. Desta forma, é possível observar que o aumento significativo da pluviosidade favoreceu o surgimento destes movimentos de massa. Nota-se como a pluviosidade foi um fator importante na alteração da estrutura do solo na área de estudo, pois a água infiltrada no solo, diminuiu sua coesão e aumentou sua porosidade. Com isso, a força de coesão entre as partículas do solo foi reduzida, tornando-o mais suscetível aos deslizamentos. A intensidade e a duração das chuvas também foram fatores críticos que afetaram a estabilidade do solo, visto que a intensidade da chuva durante quatro meses, muito maior do que a região costumava receber, favoreceu uma maior quantidade de água infiltrada no solo, resultando no aumento dos riscos de deslizamentos.

*Figura 1.*



Mapa de localização da rodovia PE-187.

Figura 2.



*Movimentos rotacionais e a ordem dos rompimentos durante o período chuvoso de 2022 (1 e 2) e os futuros rompimentos(3). Vista frontal do movimento (B)*

Figura 3.

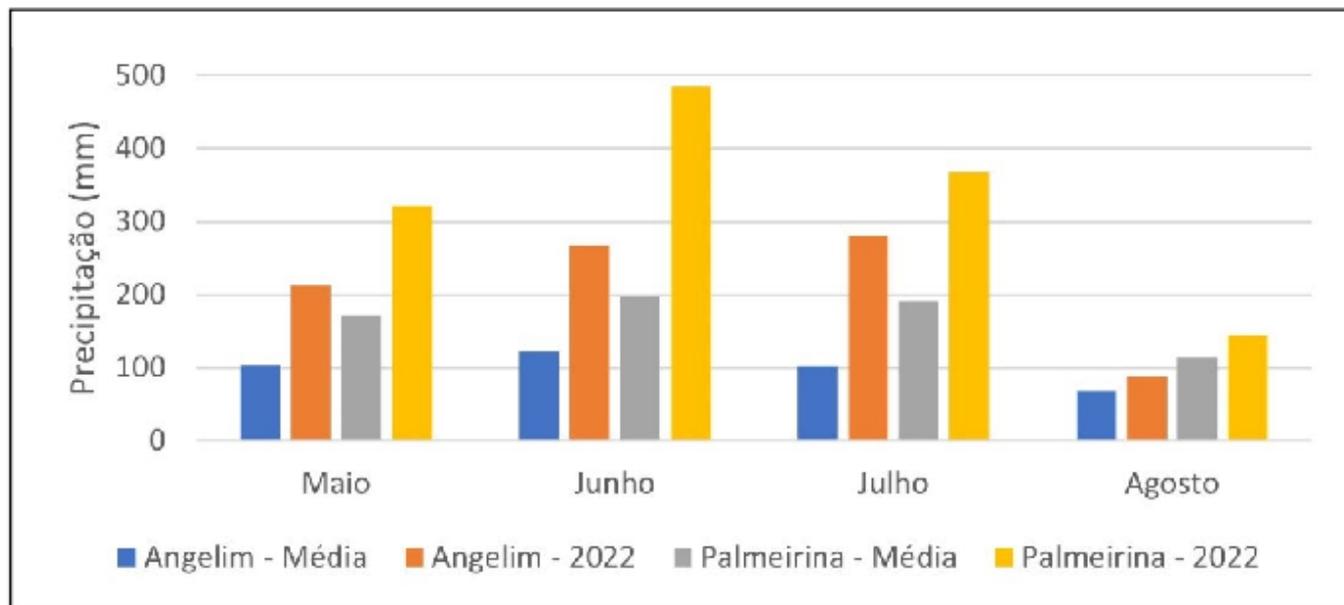


Gráfico de pluviosidade média dos municípios de Angelim e Palmeirina.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Destarte, mesmo em condições habituais de chuva, podem ocorrer escorregamentos induzidos, que são rupturas no terreno, potencializadas nas áreas que foram modificadas pelo homem por meio da retirada da vegetação, cortes ou aterros. Portanto, este trabalho procurou analisar a dinâmica dos escorregamentos ocorridos durante o inverno de 2022, cujos efeitos da pluviosidade foram diversos. Estes movimentos de massa podem ter um grande impacto em muitos aspectos ambientais. Em uma região como a estudada, com altos índices de chuvas, a partir do momento que a vegetação nativa é retirada, ocorre uma rápida aceleração dos movimentos de massa, sendo necessários estudos mais aprofundados a respeito da temática em outras rodovias do Agreste Meridional.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA (APAC). Precipitação média por município do estado de Pernambuco. 2022. Disponível em: <https://www.apac.pe.gov.br/193-climatologia/521-climatologia-por-municipio>. Acesso em: 02 de set. 2022.

AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA (APAC). Monitoramento Pluviométrico. 2023. Disponível em: <http://old.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php#>. Acesso em: 20 de abr. 2023.

ARAÚJO FILHO, J. C.; GOMES, E. C.; SILVA, F. H. B. B.; OLIVEIRA NETO, M. B.; PARAHYBA, R. da B. V.; CUNHA, T. J. F.; CAVALCANTI, A. C.; SANTOS, J. C. P.; SILVA, A. B.; LOPES, O. F.; LEITE, A. P.; SILVA, M. S. L.; RIBEIRO FILHO, M. R.; ACCIOLLY, L. J. de O.; MARQUES, F. A.; AMARAL, A. J. do; LIMA, P. C. de. Zoneamento agroecológico do estado de Alagoas: levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do estado de Alagoas - relatório técnico. Recife: Embrapa Solos, 2012. 245 p.

AUGUSTO FILHO, O. Cartas de risco de escorregamentos: uma proposta metodológica e sua aplicação no município de Ilha Bela, SP. São Paulo. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo - SP, 1992. 162 p.

BANDEIRA, A. P. Mapa de risco de erosão e escorregamento das encostas com ocupações

- desordenadas no município de Camaragibe-PE. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, PE, 2003. 209 p.
- BIGARELLA, J. J.; PASSOS, E.; Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais. Florianópolis: Ed. Da UFSC, 2003. 1436 p.
- FERNANDES, N. F.; AMARAL, C. P. Movimentos de massa: uma abordagem geológico-geomorfológica. In: GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. (org) Geomorfologia e Meio Ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand, 2009. p. 123-194.
- FREIRE, E. S. M. Movimentos coletivos de solos rochas e sua moderna sistemática. Revista Construção, Rio de Janeiro, v. 8, p. 10-18, 1965.
- FREITAS, R. R. L. Mapeamento de risco a movimentos de massa e inundação em áreas urbanas do município de Moreno-PE. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, CTG, 2016. 259 p.
- GIRÃO, O.; CORRÊA, A. C. B.; GUERRA, A.J.T. Encostas urbanas como unidades de gestão e planejamento, a partir do estudo de áreas a sudoeste da cidade do Recife – PE. Revista de Geografia. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. 24, no 3, set/dez. 2007.
- GUERRA, A. T.; CUNHA, S. B. Geomorfologia e meio ambiente. 7. Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. 396 p.
- MACHADO, C.C.C.; NOBREGA, R.S.; OLIVEIRA, T.H.; ALVES, K.M.A.S. Distúrbio ondulatório de leste como condicionante a eventos extremos de precipitação em Pernambuco. Revista Brasileira de Climatologia, 8, 11, p. 146-188, 2012.
- NUNES, A. L. L. S. Estabilidades de taludes rochosos em estradas. Simpósio de prática de engenharia geotécnica da região sul, 6º Geosul'2008, ABMS, Florianópolis, Santa Catarina, Anais, p. 1-11.
- OLIVEIRA, B. E. N. Mapeamento, Identificação e Análise dos Fatores Relacionados aos Processos Erosivos no Distrito Federal (DF) - Ênfase nas Voçorocas. 2011. 180 f. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal) -Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Florestal. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Universidade de Brasília. 2011.
- PIRES, R.R.; CARMO JUNIOR, G.N.R. Processos erosivos em rodovias: uma revisão sistemática sobre os métodos de previsão e monitoramento. E&S -Engineering and Science, v.4, n.7, p. 2-23, 2018.
- SANTOS, V.C.V.; LIMA, K.C.; ALMEIDA, I.C.S. Suscetibilidade à erosão laminar entre o Agreste seco e a Zona da Mata úmida: estudo de caso da bacia hidrográfica do rio Canhoto (PE/AL). In: SOUZA, S.O.; LIMA, K.C.; VALEZIO, E.V.; SAMPAIO, S.A. (Orgs.). Perspectivas e desafios do sertão nordestino. Petrolina: Ed. da UNIVASF, 2021. p. 51-62.
- TOMINAGA, L.K. Escorregamentos. In: TOMINAGA, L.K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Orgs.). Desastres naturais: conhecer para prevenir. São Paulo: Instituto Geológico, 2012. p. 27-38.