



Mercator - Revista de Geografia da UFC
ISSN:
ISSN: 1984-2201
edantas@ufc.br
Universidade Federal do Ceará
Brasil

SLIDES NO ESTADO DE PERNAMBUCO

**Direção: Luiz Rosito Pronto, Fabrício
Nery Dias, Túlio**
SLIDES NO ESTADO DE PERNAMBUCO
Mercator - Revista de Geografia da UFC, vol. 21, núm. 1, pp. 1-17, 2022
Universidade Federal do Ceará
Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=273674020003>

SLIDES NO ESTADO DE PERNAMBUCO

Fabício Direção: Luiz Rosito Pronto

xavier.joaquimps@gmail.com

Túlio Nery Dias

xavier.joaquimps@gmail.com



Acceso abierto diamante

INTRODUÇÃO

A leve urbanização dos países em desenvolvimento tem contribuído para a proliferação de casas em encostas íngremes, muitas vezes de forma inadequada, intensificando a ocorrência de deslizamentos, resultando na expansão de áreas de risco e causando a destruição de casas com muitos danos econômicos e fatalidades (AYALA, 2002; NATENZON e RÍOS, 2015, LISTO et al., 2021). Somente para o Brasil, estima-se uma população de aproximadamente 8.266.000 habitantes em áreas de risco de deslizamentos e inundações em 825 municípios do país (IBGE, 2018a; ALVALÁ et al., 2019).

No Nordeste do Brasil, em termos gerais, os estados de Pernambuco e Bahia se destacam quando eclodem movimentos de massa. Juntos, ambos concentram 89,5% desses processos desde 1991 (CEPED/UFSC, 2013; SANTOS et al., 2018). Nesse contexto, Pernambuco apresenta uma variedade longitudinal de usos e ocupações do solo muito influenciada por questões geomorfológicas e climáticas. O estado apresenta uma diversidade de paisagens e contrastes ambientais cujos processos morfodinâmicos, principalmente erosão e deslizamentos, atuam amplamente em todo o território, tanto em áreas úmidas quanto semiáridas. Apenas na Região Metropolitana do Recife (RMR), por exemplo, os municípios de Recife, Jaboatão dos Guararapes,

Embora sejam recorrentes as ocorrências de perdas sociais e econômicas e fatalidades causadas por deslizamentos em Pernambuco, deve-se considerar que existe uma lacuna na sistematização de informações relacionadas a esses processos em base espacial georreferenciada em nível estadual, principalmente, em termos de localização e aos tipos de condicionantes deflagrantes. No entanto, esse tipo de base permite que análises sejam feitas para um melhor entendimento do problema, possibilitando o desenvolvimento de modelos preditivos. Além disso, facilita o ordenamento e planejamento territorial e a minimização de perdas por processos catastróficos, entre outros benefícios, como a padronização de informações e sistemas de monitoramento, previsão e alerta.

A construção de um banco de dados para movimentos de massa, dentre eles, deslizamentos, deve considerar sua finalidade e a extensão da área de interesse, que por sua vez, define as técnicas de obtenção e a qualidade geral dos dados (GUZZETTI et al., 2000; GUZZETTI et al., 2012). Bancos de dados em âmbito global e continental geralmente visam avaliar o impacto de deslizamentos, priorizando informações como tipo e magnitude do evento, número de vítimas, danos à sociedade, entre outros, geralmente com menor precisão temporal e espacial.

Abordagens para inventários globais integrados a bancos de dados podem ser vistas nos trabalhos de Kirschbaum et al. (2010) e por Kirschbaum, Stanley e Zhou (2015). O primeiro buscou descrever uma metodologia para catalogar sistematicamente deslizamentos (escala global) usando informações da mídia, bem como relatórios em tempo real dos anos de 2003, 2007 e 2008 com processos registrados em 44, 60 e 67 países, respectivamente (Kirschbaum et al., 2010). Por sua vez, Kirschbaum, Stanley e Zhou (2015) produziram um catálogo global online de deslizamentos (Global Landslide Catalog) desencadeados por

chuvas intensas entre 2007 e 2013, com dados de reportagens da mídia, bancos de dados secundários, produções científicas, entre outros. Este catálogo reuniu 5.741 ocorrências de deslizamentos,

Em escala nacional, os trabalhos de Pereira et al. (2014) na região norte de Portugal (base de dados de deslizamentos no norte de Portugal) com registros de 1900 a 2010; por Pennington et al. (2015) a partir da criação do National Landslide Database of Great Britain, contendo mais de 17.000 registros de deslizamentos em encostas naturais e artificiais e o trabalho de Calvello e Pecoraro (2018), intitulado *FraneItalia (slides in Italy)*, que utilizou informações da mídia entre 2010 e 2017. Esses trabalhos reuniram, em linhas gerais, maior quantidade de informações oriundas da mídia e de fontes acadêmicas, como início e duração dos deslizamentos, características do processo, consequências, entre outros. Geralmente, apresentam melhor precisão temporal,

No Brasil, o Centro Nacional de Gestão de Riscos e Desastres (CENAD) criou o Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD) em 2012, com o objetivo de aprimorar a gestão de ações estratégicas, preparação e resposta a desastres no território nacional. O sistema concentra, no nível federal, informações sobre desastres, dos quais 36 deslizamentos foram registrados em Pernambuco. Ainda nesse sentido, o Centro Universitário de Estudos e Pesquisas em Desastres (CEPED) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) produziu o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais de 1991 a 2012 (CEPED/UFSC, 2013). O mesmo registrou 24 deslizamentos em todo o estado de Pernambuco no período avaliado. As iniciativas locais também devem ser mencionadas, especialmente aquelas derivadas dos bancos de dados da Defesa Civil Municipal, como,

Galli et al. (2008), Kirschbaum et al. (2010), Parise (2001), Guzzetti et al. (2012), Pereira et al. (2014) e Calvello e Pecoraro (2018) destacam que os bancos de dados podem ser preparados para múltiplas finalidades: (i) documentar a extensão dos processos; (ii) investigar sua distribuição, tipos e padrões em relação às características morfológicas e geológicas; (iii) permitir uma melhor compreensão da evolução de paisagens dominadas por processos e (iv) constituir uma fase preliminar em relação às avaliações de suscetibilidade, perigo e risco, essenciais para uma melhor tomada de decisão e para o ordenamento e planejamento das ações humanas no território. Na maioria das vezes, geralmente estão associados a SIG (Sistema de Informação Geográfica), constituindo um Banco de Dados Georreferenciados (BDG), reunindo informações geoambientais, como elevação, declividade, geologia, cobertura pedológica e uso do solo (agentes desencadeadores de deslizamentos). Esse tipo de base proporciona a avaliação espacial do fenômeno em diferentes contextos ambientais, auxiliando na identificação de ocorrências e, conseqüentemente, na localização de áreas cujo monitoramento é prioritário. Assim, o objetivo deste trabalho é avaliar a ocorrência de deslizamentos no estado de Pernambuco, seus condicionantes e as áreas mais afetadas. na localização de áreas cujo monitoramento é prioritário. Assim, o objetivo deste trabalho é avaliar a ocorrência de deslizamentos no estado de Pernambuco, seus condicionantes e as áreas mais afetadas. na localização de áreas cujo monitoramento é prioritário. Assim, o objetivo deste trabalho é avaliar a ocorrência de deslizamentos no estado de Pernambuco, seus condicionantes e as áreas mais afetadas.

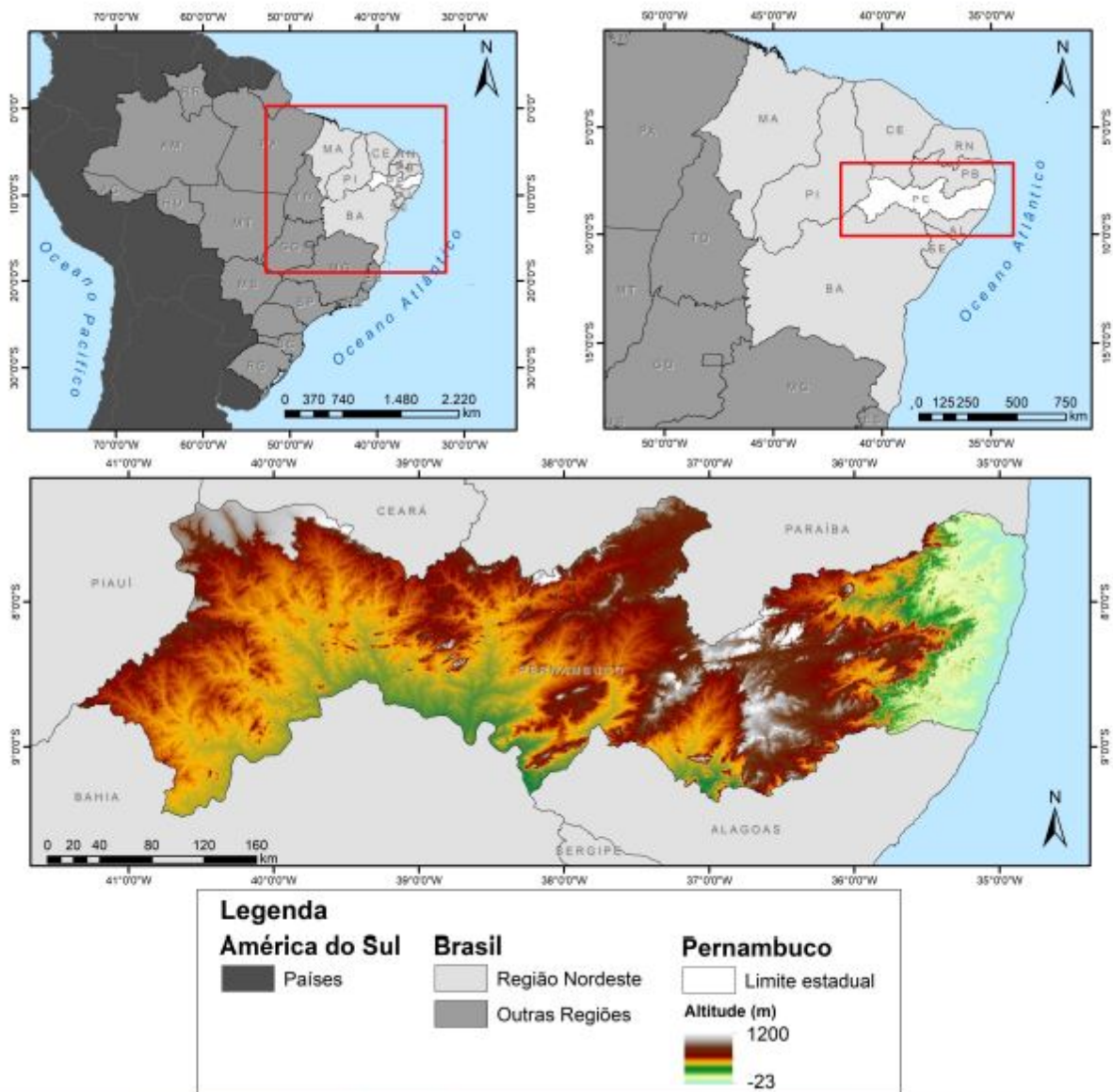
ÁREA DE ESTUDO: ESTADO DE PERNAMBUCO

Pernambuco está localizado inteiramente na região intertropical e tem altitude máxima de 1200 m (Figura 1). Possui uma área de 98.068 km² e uma população de 8.796.000 habitantes, com maior densidade populacional nas áreas mais próximas ao litoral (principalmente na RMR) devido a sua formação histórica e econômica (ARAÚJO FILHO et al., 2000; ANDRADE, 2007; CEPED/UFSC, 2013; IBGE, 2018b).

Localiza-se, predominantemente, sobre rochas ígneas e metamórficas pré-cambrianas, pertencentes ao Cráton do São Francisco e à Província da Borborema (eg Granito e Granodiorito) que ocupam 90% do território. Os demais setores são compostos por rochas sedimentares paleomesozóicas interiores (por exemplo, Arenito, Folhelho e Siltito) e bacias sedimentares mesocenezóicas costeiras (CPRM, 2001; ANDRADE, 2007; FERREIRA; DANTAS e SHINZATO, 2014).

O relevo é resultado da evolução de eventos geológicos e geomorfológicos, associados à abertura do Oceano Atlântico durante o Cretáceo. Ferreira, Dantas e Shinzato (2014) apontam nove grandes domínios geomorfológicos em Pernambuco: Planície Costeira, Tábua Costeiras (Planalto Sedimentar Litoral), Piemonte da Borborema, Planalto da Borborema, Depressão Sertaneja, Chapada do Araripe, Bacia do Jatobá, Planície do Rio São Francisco e grupos das Bacias Sedimentares Interiores.

Existem pelo menos três tipos mesoclimáticos associados a ambientes úmidos (precipitação total anual entre 800 mm e 2.000 mm), semiúmido (entre 600 mm e 800 mm) e semiárido (precipitação total inferior a 600 mm em média) (FERREIRA e MELLO, 2005). Os Setores Úmidos de Pernambuco estão localizados no Planalto da Borborema, enquanto os setores sub-áridos estão localizados no Planalto da Borborema e, portanto, os setores semiáridos estão localizados, em sua maior parte, na Depressão Sertaneja, embora ocorram a partir das terras altas do Planalto da Borborema.



#fig1pt.jpg

Figura 1

Mapa de localização e hipsometria da área de estudo (PE).

Fonte: Autores. Banco de dados: NASA Earth Data.

Estudos mostram uma correlação positiva com a diferenciação climática em relação à geomorfologia de Pernambuco, principalmente na interface entre precipitação e altitude no estado ALBUQUERQUE et al., (2019). Molion e Bernardo (2002) e Ferreira e Melo (2005) microescala. Dois mecanismos de macroescala

se destacam: os sistemas frontais e a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Na mesoescala, você é particularmente responsável por chuvas torrenciais deflagrando movimentos de massa, complexos convectivos e brisas marítimas e terrestres. Na microescala, círculos orográficos e pequenas células convectivas (MOLION e BERNARDO, 2002; FERREIRA e MELLO, 2005).

Girão et al. (2006) verificou-se que para a Região Metropolitana do Recife (RMR), por exemplo, todas as chuvas mais intensas são provenientes de sistemas sinóticos suplementares, destacando-se os sistemas de ondas do leste (calhas barométricas). Estes atacam rapidamente as encostas urbanas da RMR e funcionam como gatilhos que induzem a atividade (reativação) de lâminas em formas esculpidas na Formação Barreiras (GIRÃO et al., 2006). Assim, as encostas da RMR apresentam alto potencial de instabilidade, devido à sucessão de processos erosivos e deslizamento nas coberturas miocênicas da referida formação, potencializadas em áreas antropizadas (ALHEIROS e AUGUSTO FILHO, 1997; SANTANA e LISTO, 2018).

O domínio das Planícies e Áreas Litorâneas, entrando, em parte, no Piemonte da Borborema, concentra o maior contingente populacional de Pernambuco (cerca de quatro mil pessoas), no qual a RMR é uma das maiores áreas metropolitanas do Brasil. Nesse setor, localiza-se o principal polo econômico do estado, o Complexo Industrial Portuário de Suape (FERREIRA; DANTAS e SHINZATO, 2014). Historicamente, entretanto, os processos de deslizamentos são mais frequentes nos Tabuleiros, principalmente devido à interface entre as chuvas mais intensas e a estrutura das rochas sedimentares e formas tabulares ou morros dissecados precariamente ocupados pela RMR (ALHEIROS e AUGUSTO FILHO, 1997). Destaca também as injustiças sociais derivadas dos padrões de uso, ocupação e planejamento de seus sítios urbanos.

MATERIAIS E MÉTODOS BASES TEÓRICAS E ELABORAÇÃO DO MAPA DE INVENTÁRIO

Segundo Guzzetti e colaboradores (2000), invenção seguirão procedimentos internacionais em sua elaboração. Esses autores dividem esses tipos de mapeamento em duas categorias: (i) arquitetônico e (ii) geomorfológico. A primeira refere-se aos métodos de coleta de dados de arquivos e registros de outras fontes, como bases de dados nacionais ou globais, jornais e revistas, relatórios técnicos e produções acadêmicas. A segunda está associada à coleta de dados primários e pode ser produzida para um único evento desencadeador (p.; PEREIRA et al., 2014; KIRSCHBAUM; STANLEY e ZHOU, 2015; CALVELLO e PECORARO, 2018).

Segundo Guzzetti e colaboradores (2000; 2012), cada técnica está associada ao objetivo e extensão da área de estudo (escala), à resolução, às características dos dados disponíveis, aos recursos e à experiência do pesquisador. Galli et al. (2008) relatam que é frequente o uso de mais de uma técnica, como a associação entre levantamentos arquivísticos, fotointerpretação de imagens de satélite e trabalho de campo. Nesse sentido, o trabalho seguiu as pressões relativas do tipo de arquivo, considerando a escala da área de estudo (menor detalhe), também associada a fontes primárias (por exemplo, obtenção de dados de campo e interpretação de imagens de satélite). Dessa forma, o levantamento e captura das lâminas foi disponibilizado para o território continental de Pernambuco na série temporária 1988-2019.

Quanto a dados primários, dez trabalhos de campo exploratórios para georreferenciamento de scarres de deslizamentos foram feitos entre 2017 e 2019. Esses municípios estão abertos a partir da Região Metropolitana do Recife (ex. Recife, Ipojuca e Camaragibe), Zona da Mata (ex. Quipapá, Palmares e Aliança), Agreste (ex. Guaranhuns e Gravatá) e Sertão Pernambucano (ex. Triunfo, Santa Cruz da Baixa Verde, Exu, entre outros).

As imagens de satélite utilizadas para a interpretação e localização de escorregamentos foram retiradas dos bancos de dados do software Google Earth Pro (LANDSAT 90° ou vertical). As cicatrizes foram identificadas de acordo com os critérios indicados por Guzzetti et al (2000; 2012), tais como, geometria dos processos, aspecto, diferença de cores e texturas, ausência de vegetação e sua posição na encosta (Figura 2).



#fig2en.jpg

Figura 2

Exemplo de imagem de satélite utilizada para localizar uma cicatriz de deslizamento na escarpa sul da Chapada do Araripe (município de Exú, semiárido de PE).

Fonte: banco de dados do software Google Earth Pro (2018).

Muitos eventos também foram catalogados a partir de fontes secundárias, tais como: (i) trabalhos acadêmicos (análise de congressos, artigos de periódicos, livros, dissertações e teses) pesquisados on-line nas plataformas Google Acadêmico e Periódicos CAPES; (ii) relatórios técnicos de instituições públicas, como o Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos de Desastres (CENAD), o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) e a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), entre outros; (iii) banco de dados fornecido pelas Coordenadorias Municipais de Defesa Civil (COMDEC) e (iv) reportagens. As informações midiáticas (jornalísticas) foram obtidas a da consulta e digitalização de databases de dados online e do Arquivo Público de Pernambuco, entre 1988 e 2019,

Para o registro de todas as ocorrências, os dados capturados, sejam por fontes primárias ou secundárias, precisavam conter pelo menos a localização em um par de coordenadas ou informações de localização que pudessem ser georreferenciadas em ambiente SIG (por exemplo, endereço ou localização aproximada).

ELABORAÇÃO DO BANCO DE DADOS GEOREFERENCIADOS

De acordo com a etapa anterior, as ocorrências de escorregamentos foram geocodificadas e rerepresentadas por vetores do tipo ponto, considerando a escala do Banco de Dados (estadual), o que impossibilitava a representação por vetores do tipo polígono. A utilização do ambiente SIG permitiu a elaboração de mapas de operação para Pernambuco com legendas compatíveis com os planos de informação do BDG.

Nesta etapa, há informações relacionadas aos códigos dos processos e suas coordenadas (Tabela 1), para acréscimo de planos temáticos de dados/informações (e.g. geologia, declividade, solos, entre outros), que são relevantes quando relacionados aos mapas de operações/invenções (Tabela 1). Tais informações foram armazenadas em formato vetorial no BDG, permitindo a sobreposição com os inventários e análise dos principais condicionantes e danos causados.

| Categoria | Dado obrigatório | Fonte | Exemplo | Importância/Significado |
|---------------------------|------------------|--|-----------------------------------|--|
| Código do processo | Sim | Resultado da pesquisa | Escorregamento (ES0273) | O código atribuído a cada ocorrência possui a seguinte estrutura: as duas primeiras letras são as iniciais do processo (ex: Escorregamento, ES) e a numeração representa a sequência da catalogação (ex: primeiro escorregamento catalogado como ES0001; milésimo escorregamento catalogado como ES1000) e assim sucessivamente. |
| Processo | Sim | Campo, imagens de satélite e bibliografias secundárias | Escorregamento | Inventário dos escorregamentos por ocorrências. |
| Coordenadas | Sim | Levantamentos com GPS e Geocodificação em SIG | 08° 03' 14" S 34° 52' 51" W | Georreferenciamento das ocorrências. |
| Município | Sim | IBGE (2018b) | Recife | Delimitação oficial do limite do estado de Pernambuco e seus municípios. |
| Classificação do processo | Não | Campo e bibliografias secundárias | Escorregamento Translacional Raso | A classificação não foi um parâmetro obrigatório para este inventário, quanto às tipologias dos escorregamentos (translacional, rotacional ou em cunha). Os processos foram classificados apenas em sua tipologia principal (escorregamentos). |
| Data de ocorrência | Sim* | Campo e bibliografias secundárias | 13/06/2019 | A catalogação do mês de ocorrência, quando possível, foi relevante para a relação com parâmetros pluviométricos. |
| Elevação | Sim | SRTM e PE3d | 80 metros | Extração de informações de altitude, declividade e demais parâmetros topográficos. |
| Declividade | Sim | SRTM e PE3d | 11,8° | Aumento da velocidade do escoamento superficial e movimentação de materiais superficiais. |
| Geologia | Sim | CPRM (2001) | Formação Barreiras | Diferentes mineralogias, graus de intemperismo com susceptibilidades distintas. |
| Solos | Sim | Silva <i>et al.</i> (2001) | Argissolos | Relação morfogênese/pedogênese e suas condições de estabilidade. |
| Uso e ocupação da terra | Sim | IBGE (2018c) | Residencial | Pressões antropogênicas responsáveis por potencializar e deflagrar os processos. |
| Danos | Não | Campo e bibliografias secundárias | Óbito | Número de vítimas e perdas sociais e econômicas. |

#tab1pt.jpg

Tabela 1 - Resumo das variáveis (banco de dados) e suas descrições. O dado "Data da Ocorrência" foi pensado para ser o mais completo possível (hora/dia/mês/ano), porém, como a maioria das ocorrências não apresentava esse detalhamento, a ocorrência deveria conter, no mínimo, o ano para sua ocorrência. Inserção no Banco de Dados.

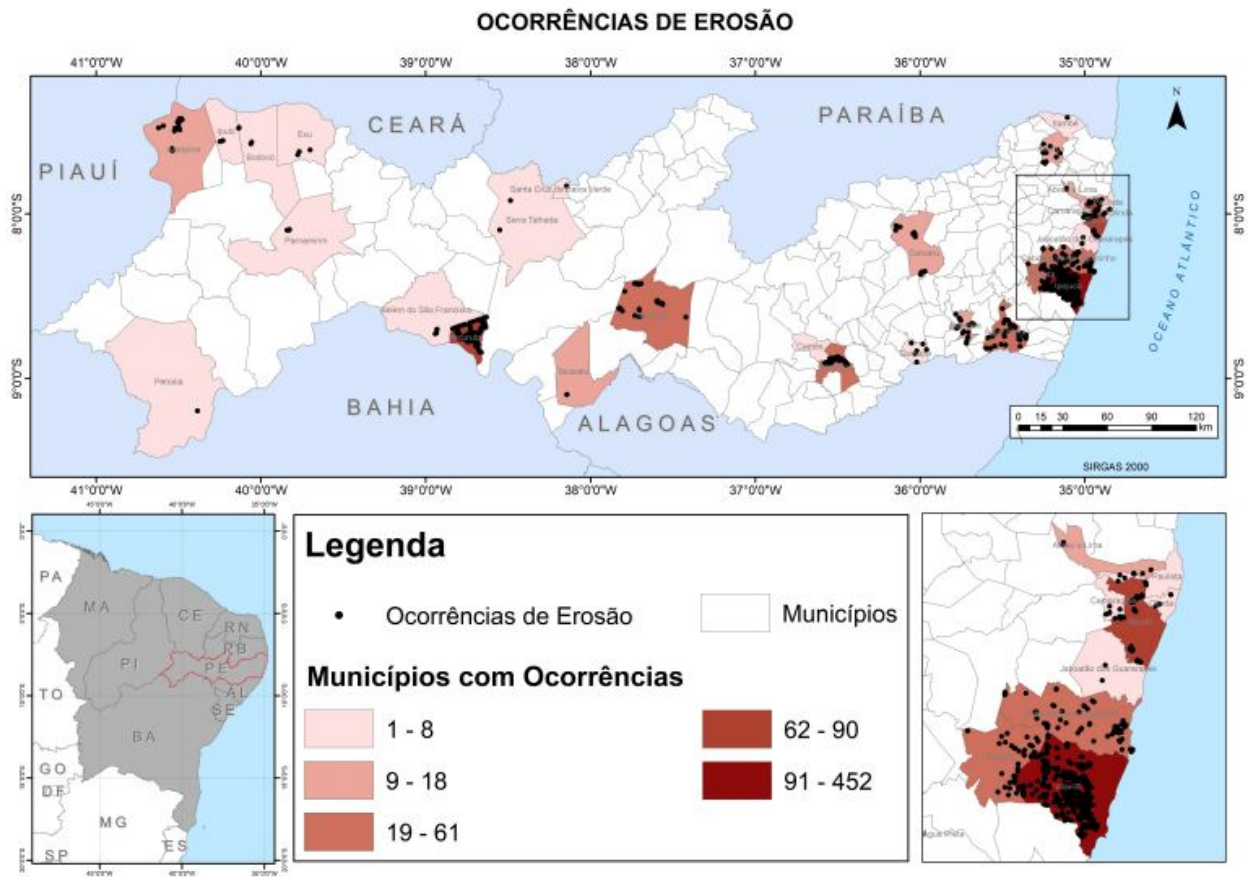
Fonte: Autores.

Fonte: Autores.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram inventariados 3.138 deslizamentos entre 1988 e 2019 para o estado de Pernambuco (Figura 3). Os processos catalogados estão localizados na Região Metropolitana do Recife e na Zona da Mata Sul de Pernambuco (com cerca de 98% dos deslizamentos) (Figura 4). Ocasionalmente, percorrem o Sertão Pernambucano e o Sertão Pernambucano (Figura 5).

Destes, 74% estão concentrados no Piemonte da Borborema coberto por Floresta Aberta Sombreada e clima tropical úmido (3 meses secos), principalmente no município de Jaboatão dos Guararapes (RMR). Essas áreas são caracterizadas pela geologia cristalina com formas predominantemente montanhosas e íngremes com topos convexos, favorecendo o desprendimento de material das encostas.



#fig3pt.jpg

Figura 3

Mapa de ocorrências de escorregamentos (inventário) para o estado de Pernambuco.

Fonte: Autores.



#fig4pt.jpg

Figura 4

Exemplos de lâminas executadas na Região Metropolitana do Recife (RMR): (A) Slide ES0223 no município de Camaragibe, (B) Slide ES0369 também no município de Camaragibe e (C) Slide ES3125 na zona norte do município de Recife, dois quais, em todos eles dois processos são observados em áreas precariamente pobres com muito preconceitos sociais e econômicos.

Fontes: (A) Diário de Pernambuco (2015), (B) Portal G1 PE (2019) e (C) Diário de Pernambuco (2015).



#fig5pt.jpg

Figura 5

Deslizamento de terra ES0409 na escarpa da Chapada do Araripe (município de Exu), semiárido pernambucano.
Fonte: Autores (2018).

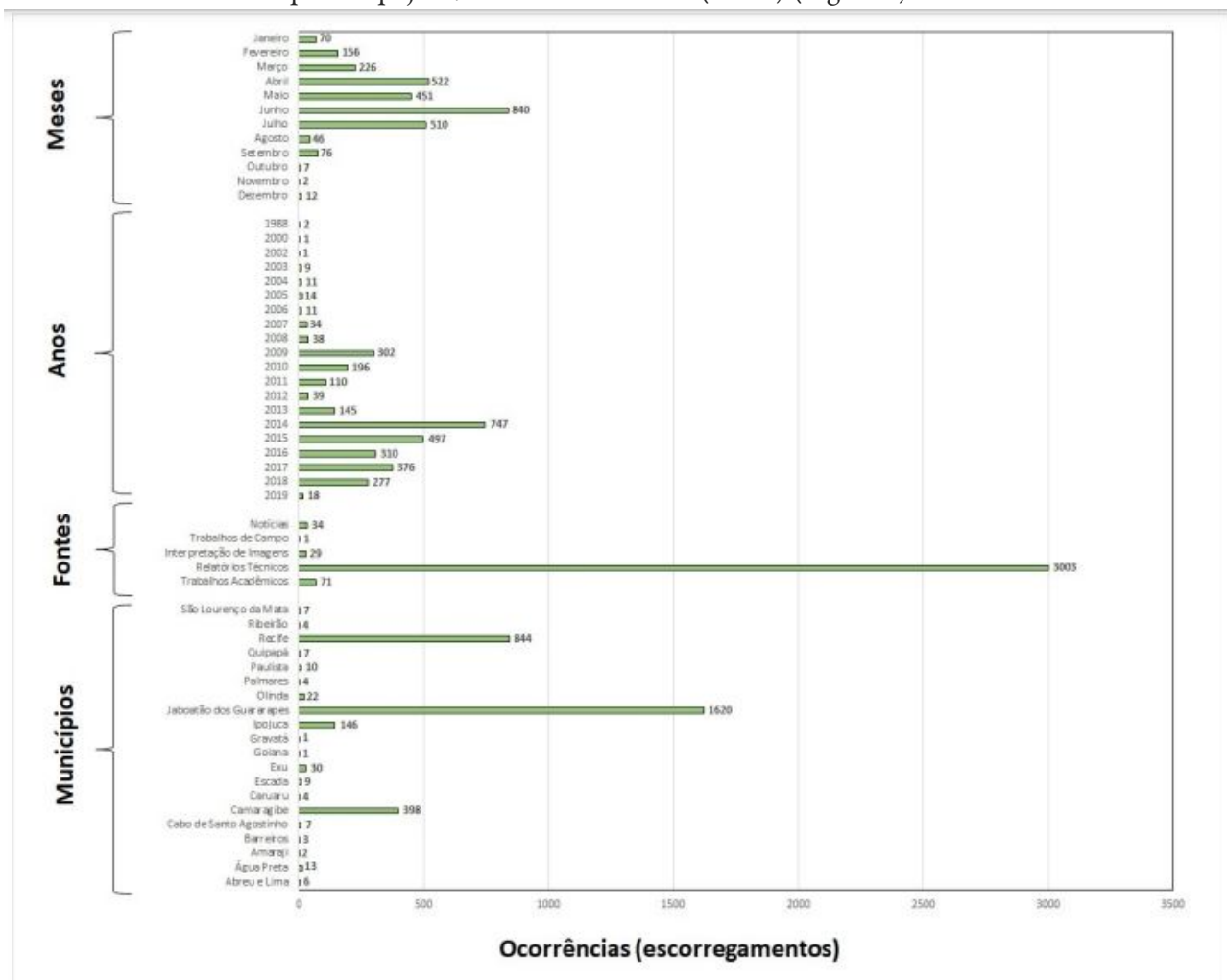
Além disso, 14% dos processos localizaram-se nas Tábuas Costeiras com Mata Aberta de Sombra e clima tropical quente úmido (3 meses secos), como no município de Paudalho (região da Mata Sul) e Recife (RMR). É uma unidade com geologia sedimentar (Formação Barreiras) mais suscetível ao cisalhamento, principalmente quando ocorrem grandes volumes de chuvas devido à ação das brisas marítimas e continentais e dos Distúrbios das Ondas de Leste. Além disso, são áreas de ocupação precária (áreas de risco de deslizamentos) com muitas condições de vulnerabilidade física e social (por exemplo, cortes e aterros tecnicamente incorretos; jogar água diretamente na encosta; excesso de lixo e entulho; no topo das encostas), além da supressão da cobertura vegetal.

Na relação entre deslizamentos e meses do ano (Figura 6), percebe-se uma maior concentração entre os meses de abril e julho, períodos com maior índice de precipitação no litoral de Pernambuco, cujo volume de chuva é maior entre o outono e o inverno. As chuvas de verão, apesar de sua curta duração, também tendem a provocar deslizamentos, pois apresentam energia suficiente para liberar massas suscetíveis, principalmente nos ambientes mais antropizados (potencialmente instáveis).

Quanto à série temporal (anos), os deslizamentos aumentaram, principalmente a partir de 2009 (Figura 6), quando foram iniciados os autos da Defesa Civil. Esse aumento gradativo está relacionado não apenas ao maior adensamento populacional e, portanto, à interferência humana na instalação de unidades habitacionais precariamente instaladas, mas também à maior frequência de registros oficiais, principalmente pela Defesa Civil Municipal.

Com relação às fontes utilizadas, 3.003 deslizamentos (95%) foram adquiridos por relatórios técnicos (por exemplo, bancos de dados fornecidos pelas Defesas Civas Municipais de Camaragibe, Jaboatão dos

Guararapes e Recife e pelo CEMADEN), além da CPRM (BITAR, 2014) e SINPDEC (2019) (Figura 6). Setenta e uma ocorrências foram captadas do trabalho acadêmico de Torres (2014), que mapeou deslizamentos no município de Ipojuca, litoral sul do estado (RMR) (Figura 6).



#fig6pt.jpg

Figura 6

Banco de dados mostrando o número de deslizamentos por plano de informação (parte um).

Fonte: Autores.

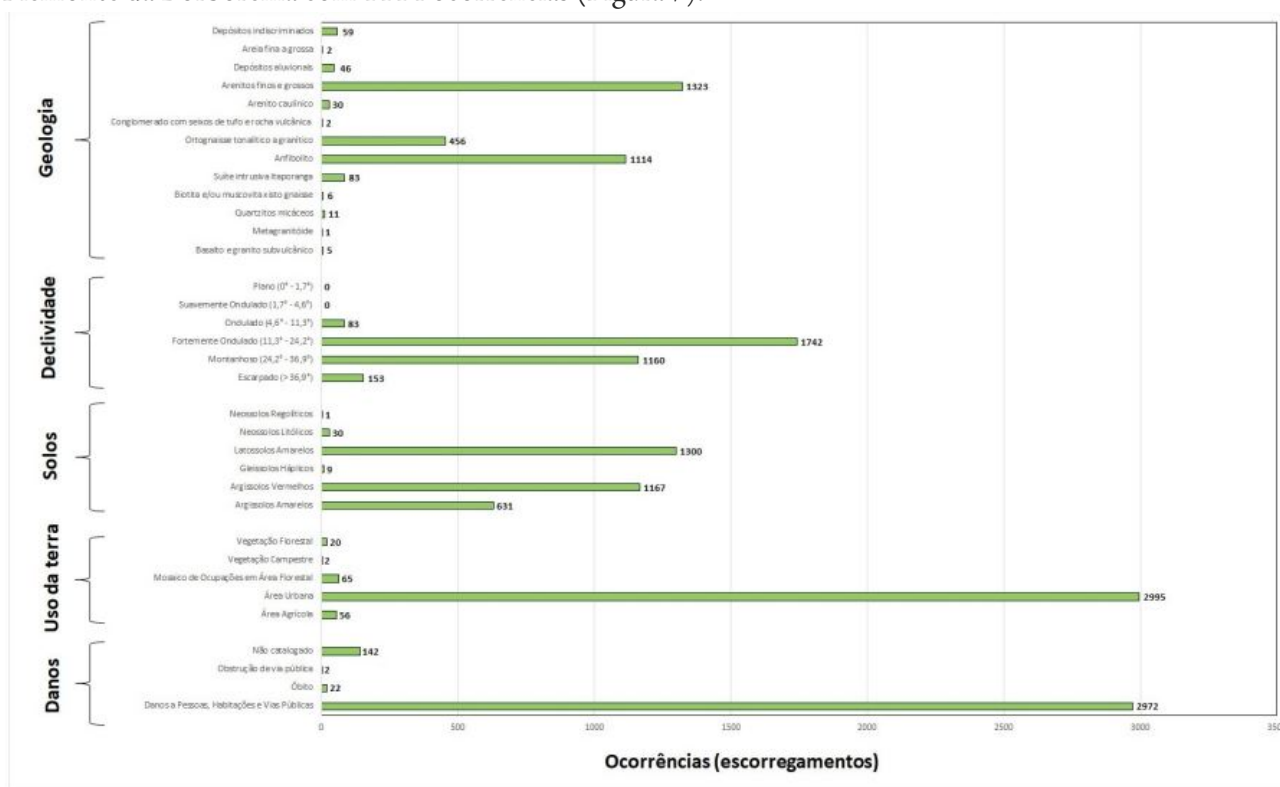
Vinte e nove deslizamentos foram catalogados pela interpretação de imagens de satélite, restritas à escarpa do flanco sul da Chapada do Araripe (clareza do processo em ambiente semiárido com poucas nuvens, vegetação e ausência de interferência antrópica significativa), em além da validação em trabalho de campo (Figura 6). Das fontes jornalísticas, foram captadas 16 ocorrências do Jornal Diário de Pernambuco, 12 do Portal G1, 5 do Jornal do Commercio e 1 ocorrência do Jornal O Globo, totalizando 34 recortes obtidos desse tipo de fonte (Figura 6). As notícias jornalísticas foram importantes fontes de consulta, sobretudo pela riqueza de detalhes, referentes às perdas e danos econômicos e sociais nas áreas urbanas (Figura 4).

Os municípios mais atingidos foram os da RMR, como Jaboatão dos Guararapes (1.620 deslizamentos), Recife (844), Camarajibe (398), Ipojuca (146), Olinda (22) e Paulista (10 deslizamentos) (Figura 6). A área de influência da RMR é caracterizada por uma expansão urbana acelerada em terrenos de sedimentação cenozóica, mais susceptíveis a processos morfodinâmicos (FERREIRA; DANTAS e SHINZATO, 2014). Grande parte da serra do Recife foi ocupada por populações de classes sociais mais baixas, devido à apropriação do mercado imobiliário em áreas mais favoráveis à construção, aumentando o número de áreas de risco (ALHEIROS, 1998; PFALTZGRAFF, 2007; XAVIER et al., 2019).

Nesse sentido, a interferência antrópica na RMR vem alterando a topografia e a dinâmica hidrológica das encostas por meio da criação de planaltos e quebras por corte, além da desconsolidação de materiais indiscriminados em lixões, realizados pela população local, comum em áreas de risco. Tais interferências assumem papel relevante na deflagração de deslizamentos devido ao aumento da instabilidade e ausência de obras de proteção geotécnica. Além disso, a ocupação criou knickpoints artificiais, que alteraram o perfil de equilíbrio dos taludes e geraram taludes artificiais com taludes incompatíveis com o ângulo de repouso dos materiais que estruturam esse relevo (sedimentos incoesivos da Formação Barreiras) (SANTANA e LISTO, 2018).

Além dos limites da RMR, destaca-se o município de Exu (30 lanços), inserido no flanco sul da placa do Araripe (semi-árido pernambucano) (Figura 5 e Figura 6). Tais ocorrências localizam-se nas escarpas inclinadas da referida placa, de estrutura sedimentar, mais suscetível a deslizamentos, cujos eventos pluviométricos (mais restritos) ocorrem devido à ação da ZCIT (Zona de Convergência Intertropical) e dos Vórtices Ciclônicos de Alto Nível.

Em relação à geologia (Figura 7), as litologias da Formação Barreiras (arenitos finos e grossos) concentraram o maior número de deslizamentos com 1323 ocorrências, principalmente no Planalto Sedimentar Costeiro (Tabuleiros) da RMR. Destacam-se também as litologias cristalinas (eg anfibolito) do Piemonte da Borborema com 1114 ocorrências (Figura 7).



#fig7pt.jpg

Figura 7

Banco de dados mostrando o número de deslizamentos por plano de informação (segunda parte).

Fonte: Autores.

No parâmetro declividade, os deslizamentos localizaram-se, como esperado, nas áreas mais íngremes, principalmente nas classes fortemente onduladas (11,3° e 24,2°) e montanhosas (24,2° e 36,9°), respectivamente, com 1742 e 1160 ocorrências (Figura 7) indo ao encontro dos resultados encontrados em Gao (1993), Montgomery e Dietrich (1994), Alheiros e Augusto Filho (1997), D'Amato Avanzi et al. (2004), Fernandes et al. (2004), Listo e Vieira (2012) e Santana e Listo (2018). Essas áreas coincidem com as encostas do Piemonte da Borborema e dos Tabuleiros Costeiros, que no passado eram originalmente cobertas por Florestas Estacionais Semidecíduais e Umbrófilas típicas da Mata Atlântica.

No entanto, tais coberturas foram praticamente devastadas pela colonização iniciada no século XVI, durante o ciclo da cana-de-açúcar. Assim, os remanescentes florestais restringem-se a pequenas áreas nos topos de morros e, raramente, nos fundos de vales. Essas localidades eram propícias para a monocultura da cana-de-açúcar, que não costuma apresentar manejo conservacionista (ANDRADE, 2007; FERREIRA; DANTAS e SHINZATO, 2014). Assim, são ambientes altamente antropizados com declives que variam entre fortemente ondulados e íngremes (na borda das pranchas). Apresentam, portanto, maior probabilidade de deslizamentos desencadeados por chuvas torrenciais em eventos derivados de distúrbios de ondas nos ventos alísios, complexos convectivos e brisas marítimas e terrestres.

Em relação aos solos, destacam-se os latossolos amarelos (1300 ocorrências), os argilosos vermelhos (1167) e os argilosos amarelos (631), todos muito susceptíveis (Figura 7). O aumento da argila no horizonte B textural dos solos argilosos dificulta a infiltração da água, porém satura as camadas superiores que se desprendem e deslizam para baixo até o nível de base. Os Latossolos, por sua vez, possuem estruturas que favorecem a infiltração e, uma vez saturados, quebram (SIDLE; PEARCE e O'LOUGHLIN, 1985; DIAS e HERRMANN, 2002).

Aproximadamente 95% dos deslizamentos estão localizados em áreas urbanas (2.995 ocorrências) (Figura 7), reforçando a maior incidência de processos condicionados por parâmetros antrópicos em Pernambuco. Consequentemente, causam danos a pessoas, casas e vias públicas (2972 danos) e mortes (22 catalogadas) (Figura 7).

Muitos autores (e.g. ALHEIROS, 1998; PFALTZGRAFF, 2007; BERLIM; OLIVEIRA e CARVALHO, 2015) atribuem a gênese dos deslizamentos em Pernambuco a uma suscetibilidade natural associada à forma de ocupação deficitária, principalmente na Formação Barreiras presente na RMR. Berlim, Oliveira e Carvalho (2015) destacam ainda as intervenções antrópicas incompatíveis com a dinâmica das encostas, como cortes, drenagem difusa de efluentes sem drenagem sanitária, cultivo de bananeiras e outras espécies vegetais que acumulam água, deposição de resíduos sólidos e ausência de canais para escoamento de águas pluviais, ou seja, diversas condições que aumentam o risco de deslizamentos.

CONCLUSÃO

No estado de Pernambuco, existe uma quantidade relevante de trabalhos técnicos e acadêmicos que tratam de escorregamentos, porém não foi observada até o momento nenhuma tentativa de reunir as ocorrências em um único banco de dados de forma interinstitucional. Nesse cenário, o presente trabalho utilizou uma metodologia de inventário de processos do tipo arquivo com coleta de dados primários e secundários para a composição do BDG. Dessa forma, foram catalogados 3.138 deslizes, o que supera em precisão, informação e quantidade em relação aos bancos anteriores.

Os resultados mostraram padrões de comportamento quanto à ocorrência de deslizamentos em Pernambuco. Estas concentravam-se em declives acentuados (acima de 11,3°) no Piemonte da Borborema, com base em litologias cristalinas, e nos Tabuleiros Costeiros, sob rochas sedimentares, principalmente da Formação Barreiras, composta por latossolos e solos argilosos, nas áreas urbanas do Região Metropolitana de Recife com graves prejuízos sociais e econômicos.

Os deslizamentos presentes no município de Exu (semi-árido) divergem do contexto ambiental de outras ocorrências no estado, pois, apesar de estarem localizados em áreas de declividade e sedimentação (fatores bastante influentes para a gênese do processo), possuem pouca incidência pluviométrica, pois estão localizadas a sotavento da Chapada do Araripe (escarpas meridionais) com baixa interferência antrópica. Mais estudos são necessários para definir os eventos desencadeadores dessas ocorrências, entretanto, algumas hipóteses podem ser levantadas, como deflagração por simples ação de energia potencial gravitacional ou mesmo eventos de precipitação extrema ou atividade neotectônica.

Bases espaciais georreferenciadas em nível estadual podem orientar a tomada de decisões estratégicas da gestão pública quanto à preservação e ocupação de novas áreas, bem como a aplicação de medidas mitigadoras. Também fornecem uma base relevante para outras metodologias de previsão (cartas de suscetibilidade, vulnerabilidade e risco), além de favorecer a padronização dos dados, tanto para a sociedade

quanto para as instituições públicas. Ou seja, permitem uma análise qualitativa e quantitativa (estatística) das localidades mais afetadas e ajudam a responder quais são os principais condicionantes, favorecendo o planejamento urbano e rural. Espera-se, portanto, que os resultados desta pesquisa se configurem como um passo inicial para a padronização dos escorregamentos em Pernambuco.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, LS, NÓBREGA, RS, MOREIRA, WAB, MENEZES, RSCA (2019). Relação entre Relevo e Clima como Proposta para a Caracterização da Fisiologia da Paisagem em Pernambuco, Brasil. *Geo UERJ*, 34, p. 1-24.
- ALHEIROS, MM (1998). Riscos de Deslizamentos na Região Metropolitana do Recife. Tese (Doutorado em Geologia) - Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 129p.
- ALHEIROS, M.M., AUGUSTO FILHO, O. (1997). Landslides and coastal erosion hazards in Brazil. *International Geology Review*, 398, p. 756-763.
- ALVALÁ, R.C.S., DE ASSIS DIAS, M.C., SAITO, S.M., STENNER, C., FRANCO, C., AMADEU, P., RIBEIRO, J., SOUZA DE MORAES SANTANA, R.A., NOBRE, C.A. (2019). Mapping characteristics of at-risk population to disasters in the context of Brazilian early warning system. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 41, p. 101326.
- ANDRADE, M.C.O. (2007). Pernambuco e o Trópico. *Revista do Instituto de Estudos Brasileiros*, 45, p. 11.
- ARAÚJO FILHO, J.C., BURGOS, N., LOPES, O.F., SILVA, F.H.B.B., MEDEIROS, L.A.R., MELO FILHO, H.F.R., PARAHYBA, R.B.V., CAVALCANTI, A.C., OLIVEIRA NETO, M. B., SILVA, F.B.R., LEITE, A.P., SANTOS, J.C.P., SOUZA NETO, N.C., SILVA, A.B., LUZ, L.R.Q.P., LIMA, P.C., REIS, R.M.G., BARROS, A.H.C. (2000). Levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do Estado de Pernambuco. Recife: Embrapa Solos, 382 p.
- AYALA, I.A. (2002). Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries. *Geomorphology*, 47, p. 107-124.
- BERLIM, A., BARBOSA, A.G., OLIVEIRA, N.M.G.A., CARVALHO, J.A.R. (2015). Ocupação Irregular e Vulnerabilidade de Riscos Geológicos no Bairro do Curado: Jaboatão dos Guararapes-PE. In: *TERRA - Saúde Ambiental e Soberania Alimentar*. Ituiutaba: Barlavento, p. 68-78.
- BITAR, O.Y. (2014). Cartas de Suscetibilidade a Movimentos de Massa e Inundação: 1:25.000. Brasília: IPT, 50 p.
- CALVELLO, M., PECORARO, G. (2018). FraneItalia: a catalog of recent Italian landslides. *Geoenvironmental Disasters*, 5, p.1-16.
- CENTRO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ENGENHARIA E DEFESA CIVIL - CEPED/UFSC (2013). Atlas Brasileiro de Desastres Naturais: 1991 a 2012. 2. ed. Florianópolis: CEPED-UFSC, 130 p.
- CPRM-Serviço Geológico do Brasil (2001). Geologia e Recursos Minerais do Estado de Pernambuco. Recife: 215 p.
- D'AMATO AVANZI, G., GIANNECCHINI, R., PUCCINELLI, A. (2004). The influence of the geological and geomorphological settings on shallow landslides. An example in a temperate climate environment: the june 1996 event in northwestern Tuscany (Italy). *Engineering Geology*, 73, p. 215-228.
- DIÁRIO DE PERNAMBUCO. Dois mortos em deslizamento de barreira na Bomba do Hemetério. Disponível: www.diariodepernambuco.com.br/noticia/vidaurbana/2015/06/dois-mortos-em-deslizamento-de-barreira-na-bomba-do-hemeterio. Acesso em 18/07/2020.
- DIAS, F.P., HERRMANN, M.L.P. (2002). Susceptibilidade a Deslizamentos: Estudo de Caso no Bairro Saco Grande, Florianópolis-SC. *Caminhos de Geografia*, 3, p. 57-73.

- FERNANDES, N.F., GUIMARAES, R.F., GOMES, R.A.T., VIEIRA, B.C., MONTGOMERY, D.R., GREENBERG, H. (2004). Topographic controls of landslides in Rio de Janeiro: field evidence and modeling. *Catena*, 55, p. 163-181.
- FERREIRA, A.G., MELLO, N.G.S. (2005). Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a Influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. *Revista Brasileira de Climatologia*, 1, p. 15-28.
- FERREIRA, R.V., DANTAS, M.E., SHINZATO, E. (2014). Origens das Paisagens. In: TORRES, F.S. DE M., PFALTZGRAFF, P.A. DOS S. (Eds.). *Geodiversidade do Estado de Pernambuco*. Recife: CPRM, p. 51-71.
- GALLI, M., ARDIZZONE, F., CARDINALI, M., GUZZETTI, F., REICHENBACH, P. (2008). Comparing landslide inventory maps. *Geomorphology*, 94, p. 268-289.
- GAO, J. (1993). Identification of Topographic Settings Conducive to Landsliding from Nelson County, Virginia, U.S.A. *Earth Surface Processes and Landforms*, 18, p. 579-591.
- GIRÃO, O., CORRÊA, A.C.B., GUERRA, A.J.T. (2006). Influência da climatologia rítmica sobre áreas de risco: o caso da Região Metropolitana do Recife para os anos de 2000 e 2001. *Revista de Geografia (UFPE)*, 23, p. 3-41.
- GUZZETTI, F., CARDINALI, M., REICHENBACH, P., CARRARA, A. (2000). Comparing landslide maps: A case study in the upper Tiber River basin, central Italy. *Environmental Management*, 25, p. 247-263.
- GUZZETTI, F., MONDINI, A.C., CARDINALI, M., FIORUCCI, F., SANTANGELO, M., CHANG, K.T. (2012). Landslide inventory maps: New tools for an old problem. *Earth-Science Reviews*, 112, p. 42-66.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA – IBGE (2018a). *População em áreas de risco no Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE, 91 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA – IBGE (2018b). *Malhas Municipais Digitais*. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: https://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm. Acesso em 10 jul. 2018.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA – IBGE (2018c). *Monitoramento da Cobertura e Uso da Terra do Brasil 2014-2016*. Rio de Janeiro: IBGE, 32 p.
- KIRSCHBAUM, D., STANLEY, T., ZHOU, Y. (2015). Spatial and temporal analysis of a global landslide catalog. *Geomorphology*, 249, p. 4-15.
- KIRSCHBAUM, D.B., ADLER, R., HONG, Y., HILL, S., LERNER-LAM, A. (2010). A global landslide catalog for hazard applications: Method, results, and limitations. *Natural Hazards*, 52, p. 561-575.
- LISTO, F.L.R., VIEIRA, B.C. (2012). Mapping of risk and susceptibility of shallow-landslide in the city of São Paulo, Brazil. *Geomorphology*, 169-170, p. 30-44.
- LISTO, F.L.R., GOMES, M.C.V., FERREIRA, F.S. (2021). Evaluation of shallow landslide susceptibility and Factor of Safety variation using the TRIGRS model, Serra do Mar Mountain Range, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 107, p. 01-13.
- MALAMUD, B.D., TURCOTTE, D.L., GUZZETTI, F., REICHENBACH, P. (2004). Landslide inventories and their statistical properties. *Earth Surface Processes and Landforms*, 29, p. 687-711.
- MOLION, L.C.B., BERNARDO, S.O. (2002). Uma Revisão da Dinâmica das Chuvas no Nordeste Brasileiro. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 17, p. 1-10.
- MONTGOMERY, D.R., DIETRICH, W.E. (1994). A physically-based model for the topographic control on shallow landsliding. *Water Resources Research*, 30, p. 1153-1171.

