

Diagnóstico e espacialização de eventos de movimentos de massa no município de Maceió - AL

Carlos de Oliveira Bispo¹
Ferdnando Mariano Brito Silva¹
Rogério Ewerton Ferreira da Silva Nascimento¹
Patrícia dos Santos¹
Joanna Borba²
Regla Toujaguez¹

¹ Universidade Federal de Alagoas - UFAL
Avenida Lourival de Melo Mota, s/n – Tabuleiro dos Martins, Maceió – AL, Brasil,
CEP 57072-900
bispocarlos93@gmail.com; fednando.mbs@gmail.com; rogerioewertonufal@gmail.com;
patricya.santos@hotmail.com; toujague@yahoo.com

² Coordenadoria Municipal de Defesa Civil de Maceió - COMDEC
Avenida Governador Afrânio Lages, 297. Farol. Maceió-AL, Brasil,
CEP 57050-015
borbajoanna@gmail.com

Abstract.

The number of people living in risk areas of erosion, landslides, and floods has increased substantially over the last 20 years. In Brazil, this is no different. The main damages associated with this practice are severe loss of soil and loss of life. Therefore, knowing the spatial distribution of human occupation in these areas is critical for better spatial identification of associated processes and the recovery of the affected areas. In such cases, the use of geotechnology has proven to be a viable tool for mapping and environmental assessment of geological and geomorphological risk areas. After heavy rains in July 2015 in the city of Maceio, we attended the request of the municipal authorities of civil defense to realize a diagnose and to propose spatialize two accelerated soil loss events occurring in high geological risk sectors of the city. For gathering information in the field were used field notes, previous and georeferenced vector files available on Agro-Ecological Zoning of the State of Alagoas for data processing. Soil loss processes in the areas identified were: rain erosion followed by landslides. The spatial distribution of data recorded in the field with the use of vectors, provided to the Maceio Civil Defense new tools with capability to view, store, manage and prevent, effectively, the occurrence of subsequent soil loss events in the geological and geomorphological risk areas of the city.

Palavras-chave: geological risk, landslides, erosion, geotechnologies, risco geológico, escorregamentos, erosão, geotecnologias.

1. Introdução

Nos últimos 20 anos a ocupação desordenada de encostas urbanas tem se tornado um problema recorrente na maioria das cidades brasileiras. Tragédias relacionadas a processos destrutivos do solo: erosão acelerada, escorregamentos e enchentes tem afetado e afetam várias regiões do Brasil (BRASIL, 2007). Principalmente a região Nordeste detém, depois do Centro Oeste, o maior número de desastres (27%) devido à diversas formas de erosão. Diferente dos movimentos de massa os quais afetaram o nordeste do país em menor proporção (4,23%). Embora, as vezes, com resultados catastróficos (CENAD, 2012).

A maioria desses desastres poderiam ter sido evitados, ou ao menos minimizados, com um planejamento territorial eficaz. Aliado a campanhas de conscientização permanentes sobre os benefícios de uma ocupação adequada (Parizzi, 2014). Porém, ante a carência dessas ações

prévias, o resultado é a ocorrência frequente de desastres devido ao mal uso e ocupação do solo em áreas que, pelas suas limitações geológico- geomorfológicas são consideradas impróprias para habitação (Jorge e Guerra, 2013; Correia, 2010). Essas limitações são verificadas em campo a partir de parâmetros condicionantes de: susceptibilidade e vulnerabilidade indicando o grau de risco geológico da área.

Área de risco geológico é um local passível de ser atingido por fenômenos ou processos naturais e/ou induzidos que causem efeito adverso. Vulnerabilidade entende-se como o grau de perda que uma comunidade pode sofrer ao ser afetada por um fenômeno ou processo. Já susceptibilidade se refere à potencialidade da área para a ocorrência de processos como os movimentos de massa. Sejam estes de origem natural ou induzidos pela ação antrópica (Brasil, 2007).

Os movimentos de massa, e dentro destes os mais comuns, os escorregamentos, resultam da ruptura de solo/rocha sob ação direta da gravidade, devido à redução da resistência dos materiais de vertente. Trata-se de movimentos coletivos de material sem ação direta da água. A qual, quando presente, pode ocasionar verdadeiros desastres (Tominaga, 2009). Porém, para que esses movimentos aconteçam diversos condicionantes do ambiente agem em conjunto. São eles, condicionantes geológicos (tipo de rocha e suas características físico-químicas e mecânicas), geomorfológicos (declividade), pedológicos (textura do solo/ presença de planta de cobertura e espécie), climáticos (regime de chuvas) e antrópicos (uso do solo) (Tominaga, 2009; Bigarella, 2003).

Maceió, município do estado de Alagoas-Brasil se encontra no contexto geológico da bacia sedimentar Alagoas-Sergipe, de idade Cenozoica. Composta, principalmente, de sedimentos pouco ou mal consolidados (areia fina a grossa, pouco argilosa) da Formação Barreiras (CPRM, 2012). A qual é considerada condicionante geológico importante no território para a ocorrência de processos erosivos e movimentos de massa (Rodrigues, et al, 2013). Junto à Geologia, os condicionantes geomorfológicos: alta declividade e ambiente de tabuleiros costeiros podem ser agravados pelos condicionantes climáticos (chuvas de inverno) e, pela ação antrópica (ocupação desordenada) (PMRR, 2007; CENAD, 2014).

A pesar da importância desses condicionantes na análise dos movimentos de massa, segundo Pinto, et al (2013) a litologia (condicionantes geológicos) é às vezes substituída, erroneamente, por informações pedológicas. A cobertura vegetal e o tipo de solo são parâmetros ainda parcialmente utilizados em estudos de risco. Mesmo com auxílio de Geotecnologias as quais permitem tratar um volume considerável de dados em gabinete poupando tempo e recursos. E permitindo o diagnóstico rápido dos movimentos de massa (Leal *et. al*, 2012).

Falta as vezes conhecimento por parte dos tomadores de decisões (como a Defesa Civil) sobre ferramentas Geotecnológicas como Sensoriamento Remoto e Sistema de Posicionamento Global (GPS) (INPE, 2008). E sobre o papel dos distintos condicionantes do meio na ocorrência de desastres.

Portanto, atendendo à solicitação da Defesa Civil de Maceió de analisar os movimentos de massa ocorridos no município em Julho de 2015 e, no intuito de contribuir com esse órgão na troca de conhecimentos sobre uso de Geotecnologias para a gestão de risco, o presente trabalho objetiva: diagnosticar e espacializar dois movimentos de massa ocorridos no município de Maceió – AL. Através da integração de geotecnologias e a análise dos condicionantes que aceleram esses processos em campo. Espera-se com este estudo, subsidiar a tomada de decisões da Coordenadoria Municipal de Defesa Civil no município de Maceió – COMDEC.

2. Metodologia de Trabalho

Localização da área de estudo.

Os escorregamentos alvo deste estudo localizam-se no município de Maceió (IBGE, 2010). Situado na parte leste do Estado de Alagoas com coordenadas geográficas: 9°39'57" S e 35°44'07" W (Figura 1).

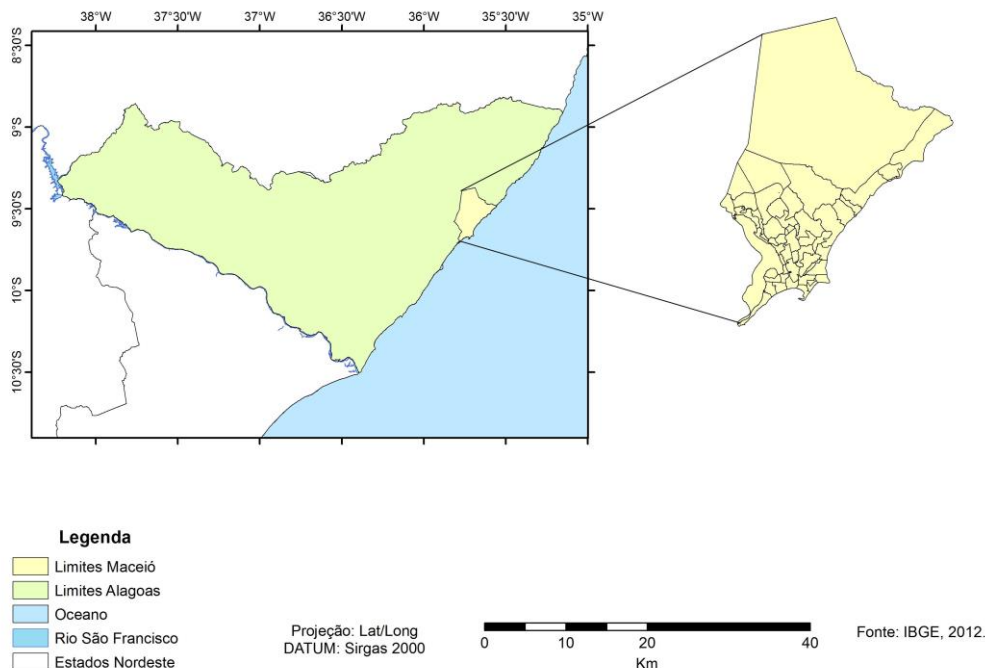


Figura 1: Mapa de Localização do Município de Maceió.

Adaptado de: <http://geo.seplande.al.gov.br/geoweb/src/php/app.php>

Procedimento metodológico

Para atingir o objetivo proposto seguiram-se os procedimentos: visita aos locais estudados (encosta no bairro Centro e encosta do Bolão) com preenchimento de ficha de campo considerando os parâmetros condicionantes de suscetibilidade da área e vulnerabilidade da população exposta para a ocorrência de movimentos de massa (BRASIL, 2007). Foi feita a coleta de pontos (coordenadas geográficas) através de aparelho GPS e registros fotográficos.

Depois, em gabinete, a partir dos pontos coletados fez-se a espacialização dos locais de escorregamentos analisados. Para isso utilizaram-se arquivos vetoriais georreferenciados disponibilizados no Zoneamento Agroecológico do estado de Alagoas (BRASIL, 2008) e imagens de alta resolução espacial disponibilizadas através do software Google Earth Pro. Esses arquivos foram geoprocessados através do software QGIS 2.6.1, para a geração dos mapas.

3. Resultados e Discussão

Diagnostico dos processos de perda do solo

Diante da análise dos parâmetros de suscetibilidade e vulnerabilidade através das fichas descritivas constatou-se similaridade entre as duas áreas.

No que se refere à Geologia como parâmetro da suscetibilidade, ambas as áreas de ocorrência dos movimentos de massa encontram-se na mesma estrutura geológica, a Formação Barreiras (**Tabelas 1 e 2**). Isto corrobora estudos prévios na área que indicam esta formação como principal condicionante geológica para a ocorrência desses eventos (Rodrigues, et al, 2013; PMRR, 2007; CENAD, 2014).

Tabela 1: Ficha Descritiva, (área 1) escorregamento no Bairro Centro.

Parâmetros da suscetibilidade	Descrição
Localização	Rua Gazeta de Alagoas, nº 160
Coordenada UTM	Zona 25L, Lat. 8931175.36 m S, Long.199452.20 m E
Geologia	Sedimentos da Formação Barreiras
Relevo – inclinação média do	Talude de inclinação 70° em média, (negativo no topo),
Tipo de solo	Latossolo vermelho-amarelo
Águas (chuva, escoamento,	Período chuvoso
Presença de vegetação (tipo)	Sim, gramíneas e árvores no topo e margens
Tipo de processo	Escorregamento Planar
Parâmetros da vulnerabilidade	Descrição
Tipo de ocupação	Fileira de casas associadas no fundo do mesmo talude de corte. Casas de bom padrão construtivo
Presença de cortes e aterros, distância da(s) casa (s) com	Sim, corte a 4 metros. Hoje 2 metros aproximadamente
Exposição de águas servidas	Não
Vegetação acumulada na encosta	Não
Lixo	Não

Sobre sedimentos argilo-arenosos e argilosos desta formação observou-se a predominância de Latossolo Vermelho-Amarelo. Isto indica a suscetibilidade alta desta classe de solo (condicionante pedológico) para a ocorrência de movimentos de massa (CPRM, 2012). Neste caso, a limitante de material mais argiloso (menos poroso) foi potencializada pelas chuvas intensas (condicionante climático) propiciando o encharcamento do solo e a perda de coesão entre as partículas. Consequentemente, a queda na resistência dos materiais da vertente trouxe como resultado a ocorrência do escorregamento. Identificado em ambos os casos (área 1 e área 2) como translacional ou planar (Tominaga, 2009) (**Fig.1**).

Na área 1 a inclinação do talude é de aproximadamente 80° na base (**Fig. 2**) e negativo no topo com aproximadamente 15 metros de altura, já na área 2 o talude apresentou inclinação variando entre 60° e 90° na lateral da encosta com altura estimada de 35 metros. É importante salientar que, segundo a Lei Lehmann, de parcelamento urbano (Lei Nº 6.766) nenhum dos casos acima cumprem a mesma devido à elevada declividade (condicionante geomorfológico) dos locais (>30°) (**Fig.3**). Proibidos para a construção de residências. Em ambos os casos, observa-se como a ação antrópica pode acelerar a ocorrência de deslizamentos devido ao mau uso do solo e desconhecimento da Geologia local e seus materiais de alteração, os solos. Os quais se encontram também, sem vegetação (Bigarella, 2003; Jorge e Guerra, 2013).

Analisando o condicionante climático das chuvas, incluindo neste caso também, o escoamento; nas duas áreas foi identificada erosão pluvial em sulcos. No entanto na área 2 (**Tab.2**) tem-se como agravante o lançamento de águas servidas (**Fig. 3**).

Tabela 2: Ficha Descritiva, (área 2) escorregamento no bairro Farol (encosta do Bolão).

Parâmetros da suscetibilidade	Descrição
Localização	Encosta do Bolão
Coordenada UTM	Zona 25 L, Lat. 8931659.97 m S, Long. 199399.76 m E
Geologia	Formação Barreiras
Relevo – inclinação média do local de ocorrência	Inclinação variável. Na porção central da encosta em torno de 60°, a direita 90°. Altura 30-35 metros
Tipo de solo	Latossolo Vermelho-Amarelo.
Águas (chuva, escoamento, surgências).	Sulcos de erosão, acompanhando as drenagens caídas.
Presença de vegetação (tipo)	Sim, gramíneas e árvores no topo e margens
Tipo de processo	Escorregamento Planar ou translacional. (material ao centro)
Parâmetros da vulnerabilidade	Descrição
Tipo de ocupação	Irregular
Presença de cortes e aterros, distância da(s) casa (s) com relação ao talude	Sim, corte a 4 metros. Hoje 2 metros aproximadamente
Exposição de águas servidas	Sim
Vegetação acumulada na encosta	Não
Lixo	Sim

Observação

Presença de planta indicadora de boa fertilidade do solo na base da encosta (Jurubeba). Indício de perda constante da camada 0-20 cm do solo, camada fértil de locais mais altos da encostas e acúmulo na base.

Em relação a vegetação, na área 1 a vegetação (condicionante pedológico) encontrasse em estágio mais avançado de regeneração, apresentando no topo da encosta arbóreas com características de vegetação de restinga e a predominância de gramíneas nas áreas de maior inclinação. Lembrando que arbóreas não são recomendadas para áreas de encosta pelo peso que podem significar para o solo (Brasil,2007). Já na área 2, a vegetação parece não ter conseguido desenvolver-se ao ponto de conseguir estabelecer-se na área, portanto encontramos uma faixa de plantas pioneiras variando entre gramíneas e outras leguminosas. Esse tipo de cobertura vegetal, caso se estabeleça pode ser um elemento importante para estabilizar a encosta e frear o processo de perda de solo.



Figura 2: Registro fotográfico da área 1, destacando (A) medida de contenção da encosta realizada pela Coordenadoria Municipal de Defesa Civil - COMDEC, (B) Solo carreado pela ação do escorregamento, (C) Vegetação predominante de restinga, (D) Imóveis na base do talude. Fonte: Autores, 2015.



Figura 3: Registro fotográfico da área 2, destacando (A) região do escorregamento com acúmulo de solo carreado, (B) sulco erosivo causado por água servida, (C) Vegetação em estágio primário de regeneração, com predominância em gramíneas, (D) Ocupação Irregular no topo da encosta. Fonte: Autores, 2015.

Quanto ao processo de ocupação as áreas diferem totalmente, pois na área 1 (**Fig.2**) as moradias são de bom padrão construtivo e se encontram na base da encosta, além de possuir no topo uma faixa de aproximadamente 15 metros de vegetação. Na área 2 (**Fig.3**) o tipo de ocupação é irregular com casas de baixo padrão construtivo localizadas no topo da encosta. Uma vez mais, a ação antrópica modificando a declividade natural da encosta com cortes e aterros para a ocupação, deixando em desequilíbrio o meio e potencializando a ocorrência de movimentos de massa (Pinto, 2013).

Ao analisarmos o solo carreado pelo escorregamento na base das encostas analisadas verificou se a presença de grande quantidade matéria orgânica em decomposição (condicionante pedológico), além da presença de resíduos sólidos provenientes de lixo doméstico. Ambos, fatores deflagradores dos escorregamentos (Tominaga, 2009; Bigarella, 2003).

Diante dos parâmetros analisados compreende-se que as características das áreas estão sujeitas aos mesmos processos erosivos, com destaque para a erosão pluvial e seu processo de drenagem. Logo se encontram suscetíveis aos posteriores movimentos de massa. Estes identificados em ambas as áreas como escorregamento, essencialmente na sua forma planar.

Apesar da proximidade dos dois pontos estudados, não é possível definir um padrão de condicionantes geológicos de interferência externa causadores de tal processo. É necessário uma ampliação nos estudos em outras áreas para que se possa futuramente tentar definir as medidas de planejamento necessárias para minimizar os prejuízos a população e ao poder público.

Um produto de grande auxílio para alcançar esse objetivo seria a construção de um banco de dados num sistema de informações geográficas (SIG) dos escorregamentos e das características das cicatrizes ocasionadas pelos movimentos de massa no município de Maceió. A **Figura 4** mostra o mapa gerado após essa análise e traz a localização dos escorregamentos analisados. Com ele, é possível fazer a distinção de forma visual da

especialização desses fenômenos no território do município que poderá servir como ferramenta a ser utilizada para auxiliar nas futuras ocorrências atendidas pela COMDEC.

Dessa maneira a integração das duas técnicas de diagnósticos mostrasse totalmente útil do ponto de vista técnico operacional, devendo ser ampliada e aprimorada para que possa atender as diferentes demandas (Leal et. al, 2012).

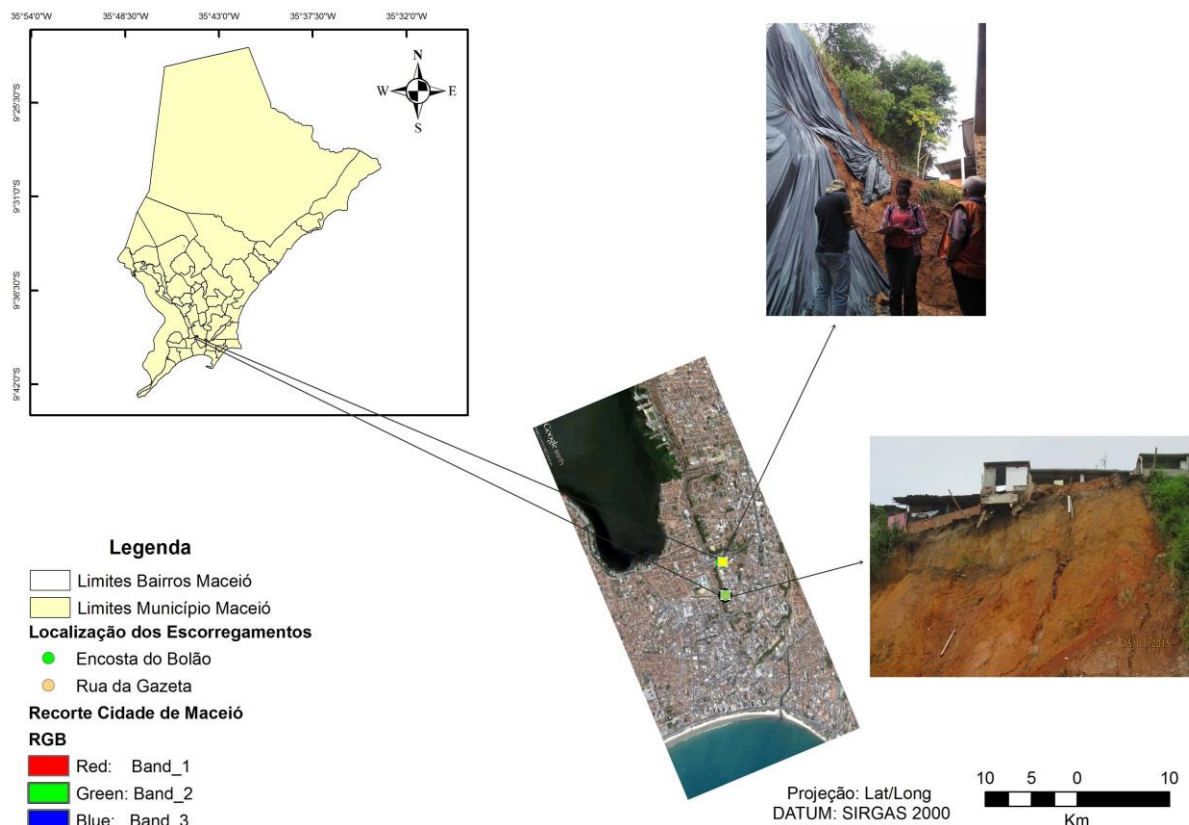


Figura 2: Localização dos escorregamentos (movimentos de massas) analisados.

4. Conclusões

O diagnóstico dos locais avaliados em campo e gabinete permitiu classificar os processos de perda do solo nas áreas como: erosão pluvial seguida de escorregamentos planares. Permitindo também evidenciar a ação conjunta dos condicionantes que afetam a suscetibilidade e a vulnerabilidade da população exposta. Embora a geologia e a classe de solo associada à formação Barreiras, a declividade, a ação das chuvas e do homem sejam parâmetros constantes em ambas as áreas diagnosticadas se fazem necessários estudos mais detalhados que indiquem um padrão espacial desses processos nas áreas de estudo.

A espacialização dos dados registrados em campo com uso de vetores georreferenciados fornecerão à Defesa Civil de Maceió novas ferramentas com potencialidade para visualizar, armazenar, gerir e prevenir de forma eficaz a ocorrência de eventos posteriores de perda do solo em menor tempo. Podendo melhor atender à população que permanece nessas áreas de risco geológico-geomorfológico.

Recomenda-se verificar a possibilidade de uso de gramíneas como Vetiver (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty) para a recuperação das encostas estudadas com solo exposto.

Referências Bibliográficas

Brasil. MINISTÉRIO DAS CIDADES / INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios** / Celso Santos Carvalho, Eduardo Soares de Macedo e Agostinho Tadashi Ogura, organizadores – Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007. 175 p.

Brasil. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Zoneamento Agroecológico do Estado de Alagoas (ZAAL)**. 2008. Disponível em http://www.uep.cnps.embrapa.br/publico/download/ZAAL_install.zip. Acesso em 20/03/2014.

Bigarella, J. J.; Passos, E. Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais. Florianópolis: Ed. Da UFSC, 2003 v. 3 (p.877-1436). In: Pinto, R. C.; Passos, E.; Caneparo, S. C. Considerações a respeito dos condicionantes utilizados em pesquisas envolvendo movimentos de massa. **Geoinf**, v. 5, n. 1, p. 102-124, 2013.

CENAD. **Anuário brasileiro de desastres naturais: 2011**. Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres. - Brasília: CENAD, 2012. 80 p.

CENAD. **Levantamento de dados e análise da vulnerabilidade a desastres naturais para elaboração de mapas de risco e apresentação de proposta de intervenções para prevenção de desastres no município de Maceió-AL**. Módulo II. Fatores físicos e ambientais de vulnerabilidade a inundações e deslizamentos do município de Maceió-AL. Brasília: Ministério da Integração/ Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres - CENAD, 2014. 101 p.

Correia, L. F. **Ocupação desordenada e irregular do solo em áreas de risco no município de Niterói – RJ: Uma análise histórico-espacial dos deslizamentos no município**. In Encontro Nacional dos Geógrafos, 16, 2010, Porto Alegre. Anais do XVI Encontro Nacional dos Geógrafos. Porto Alegre: AGB, 2010.

CPRM. **Mapa da Geodiversidade do estado de Alagoas**. Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais – CPRM, 2012.

Jorge, M. C. O; Guerra, A. J. T. Erosão dos solos e movimentos de massa-recuperação de áreas degradadas com técnicas de bioengenharia e prevenção de acidentes. In: **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas**. Org. Guerra, A. J. T. & Jorge, M. C. O. SP- Oficina de Textos. 2013, p. 7-30.

Leal, J. V.; Todt, V.; Thum, A. B. **O uso de SIG para monitoramento de Áreas Degradadas - Estudo de Caso: APP do Arroio Gil, Triunfo-RS**. Revista Brasileira de Cartografia (2013) Nº 65/5: 967-983.

Marcelino, E. V. **Desastres Naturais e Geotecnologias: conceitos básicos**. São José dos Campos: 2008, 38 p. (INPE-15208-PUD/193).

Parizzi, M.G. Desastres naturais e induzidos e o risco urbano. **Geonomos**, 22(1), p.1-9, 2014.

Pinto, R. C.; Passos, E.; Caneparo, S. C. Considerações a respeito dos condicionantes utilizados em pesquisas envolvendo movimentos de massa. **Geoinf**, v. 5, n. 1, p. 102-124, 2013.

PMRR. **Plano Municipal de Redução de Risco**. Ministério das Cidades. Maceió, AL. vol. 1-5. 2007.

Rodrigues, B. T.; Calheiros, S. Q. C.; DE MELO, N. A. Potencial de movimento de massa no município de Maceió-Alagoas. **Geo UERJ**, v. 1, n. 24, p. 207-227, 2013.

Tominaga, L. K. Escorregamentos. In: Tominaga, L. K.; Santoro, J.; Amaral, R. (Org.) **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009, pg. 27-38.