

---

## PROBLEMAS SOCIOAMBIENTAIS CAUSADOS PELAS CHUVAS EM CIDADES DA REGIÃO METROPOLITANA DE MACEIÓ, BRASIL

**Melchior Carlos do Nascimento**

Universidade Federal de Alagoas (Brasil)  
melchior.nascimento@igdema.ufal.br

Recibido: 15 de enero de 2019; Devuelto para revisión: 12 de febrero de 2019; Aceptado: 7 de marzo de 2019

---

**Problemas socioambientais causados pelas chuvas em cidades da Região Metropolitana de Maceió, Brasil (Resumo)** Os problemas urbanos decorrentes das precipitações pluviométricas têm atingido alguns municípios que integram a Região Metropolitana de Maceió – RMM, afetando ainda mais a qualidade de vida da população. Este estudo teve como finalidade principal avaliar a vulnerabilidade socioambiental junto aos problemas relacionados aos deslizamentos de terra, enchentes e inundações. Para tanto, o uso das geotecnologias foi essencial à integração espacial das diferentes variáveis temáticas. De maneira geral, as populações residentes nas áreas vulneráveis aos problemas de deslizamento de terra, enchente e inundação encontram-se relativamente fragilizadas sob o ponto de vista social. Por sua vez, a combinação entre os fatores fisiográficos permitiu identificar que em torno de 44,12% da área de estudo possuem entre *média, alta e muito alta* vulnerabilidade físico-ambiental ao deslizamento de terra. No caso das áreas vulneráveis à enchente/inundação, em torno de 74,17% da totalidade da área possuem entre *muito baixa e baixa* vulnerabilidade.

**Palavras-chaves:** vulnerabilidade socioambiental, geotecnologias, deslizamento de terra, enchentes e inundação.

---

**Socio-environmental problems caused by rainfall in Maceió Metropolitan Region, Brazil (Abstract)** Urban problems caused by rainfall have reached some municipalities that are part of the Metropolitan Region of Maceió - RMM, affecting even more the quality of life of the population. The main objective of this study was to assess socioenvironmental vulnerability to problems related to landslides and floods. For this, the use of geotechnologies was essential for the spatial integration of the different thematic variables. In general, populations living in vulnerable areas to landslide and flood problems are relatively socially fragile. Therefore, the combination of the physiographic factors allowed to identify that around 44.12% of the study area have medium, high and very high physical-environmental vulnerability to landslide. In the case of vulnerable areas to flooding, around 74.17% of the total area has very low and low vulnerability.

**Keywords:** socio-environmental vulnerability, geotechnologies, landslide and floods.

---

Os eventos climáticos extremos têm causado repercussões significativas nos cenários ambiental, econômico e social, os quais afetam as populações residentes, especialmente nas grandes áreas urbanas. Nesse contexto espacial, os transtornos com o desconforto térmico, os problemas de deslizamentos de terra, os alagamentos e as inundações decorrentes das chuvas intensas são as ocorrências mais frequentes<sup>1</sup>.

O estresse ambiental e os padrões socioespaciais existentes nos ambientes urbanos são resultados das lógicas de consumo e estão localizados em áreas de grupos sociais específicos<sup>2</sup>. No caso da urbanização brasileira, a sua estrutura foi marcada por um processo histórico de acumulação no qual a propriedade da terra e a exploração dos mais pobres e excluídos resultaram em espaços diferenciados com grande parte das populações urbanas vivendo em moradias precárias, com posse irregular e sem acesso a facilidades proporcionadas pelos serviços e equipamentos urbanos<sup>3</sup>.

Desta maneira, a ocupação irregular dos espaços urbanos e a exploração indiscriminada dos recursos naturais têm provocado prejuízos ao erário, além de comprometer a qualidade dos serviços públicos como abastecimento de água, esgotamento sanitário, transporte, entre outros serviços essenciais à garantia da qualidade de vida. Embora a estiagem prolongada possa ser considerada como principal evento climático na região Nordeste, nas regiões metropolitanas, predominam os problemas decorrentes das dinâmicas pluviométricas.

As enchentes, os deslizamentos de terra e às inundações, apesar da ocorrência desses eventos fazerem parte da dinâmica da paisagem, sendo muitas vezes admitidos como fenômenos naturais, a frequência e a intensidade com que eles acontecem possuem relação direta com as intervenções humanas, seja pela alteração efetiva da paisagem motivada pela prática das diversas atividades socioeconômicas seja pela forma de ocupação desordenada dos espaços urbanos.

No caso da Região Metropolitana de Maceió (RMM), os problemas urbanos decorrentes de eventos climáticos extremos têm ocorrido com frequência e atingido, cada vez mais, os habitantes das diversas localidades. Com uma população de aproximadamente 1,5 milhão de habitantes, os doze municípios que integram a RMM têm sido alvo de um acelerado processo de expansão urbana que, muitas vezes, acabam atropelando as condicionantes técnicas e legais. Como consequência surgem diversos casos de alagamentos, enchentes, deslizamentos de terras e inundações frequentemente registrados por toda a RMM, que desabrigam famílias e causam vítimas fatais. As condições de vulnerabilidade da RMM às chuvas intensas, entre outros fatores, estão associadas ao processo inadequado de ocupação humana.

Portanto, o desenvolvimento do presente estudo surge no cenário atual como subsídio elementar para auxiliar técnicos e gestores responsáveis pelo planejamento e implementação de medidas de contingenciamento aos prejuízos causados pelas

---

1 Nascimento, 2016, p. 9

2 Hogan *et al*, 2001, p. 398

3 Silveira; Bueno, 2013, p. 1

chuvas intensas que têm tornado frequentes as ocorrências de alagamentos, deslizamentos, enchentes e inundações nos municípios que integram a RMM.

Diante da conjugação de fatores naturais e antropogênicos, o acelerado crescimento urbano ressalta ainda mais a importância da investigação socioambiental, especialmente das iniciativas que permitam subsidiar as políticas de planejamento e gestão do território. Nesse sentido, é possível considerar o estudo sobre vulnerabilidade socioambiental como um aspecto relevante na identificação dos problemas urbanos e definição de diretrizes que possam estabelecer as bases adequadas para organização do espaço geográfico, especificamente com vista à redução das situações de riscos.

Assim sendo, a presente pesquisa teve como finalidade principal desenvolver metodologia para avaliar e caracterizar os indicadores socioambientais úteis para composição de níveis de vulnerabilidade aos eventos relacionados às chuvas na RMM, com auxílio de técnicas de geoprocessamento.

## Abordagem metodológica e área de estudo

### Localização da Região Metropolitana de Maceió

Localizada na porção central do litoral alagoano, a RMM é formada pelas cidades de Atalaia, Barra de Santo Antônio, Barra de São Miguel, Coqueiro Seco, Maceió, Marechal Deodoro, Messias, Murici, Paripueira, Pilar, Rio Largo, Santa Luzia do Norte e Satuba, conforme leis complementares 18, 38 e 40. Contudo, apesar do município de Atalaia fazer parte da RMM, o mesmo foi excluído da presente análise, mantendo-se no recorte espacial as demais cidades.

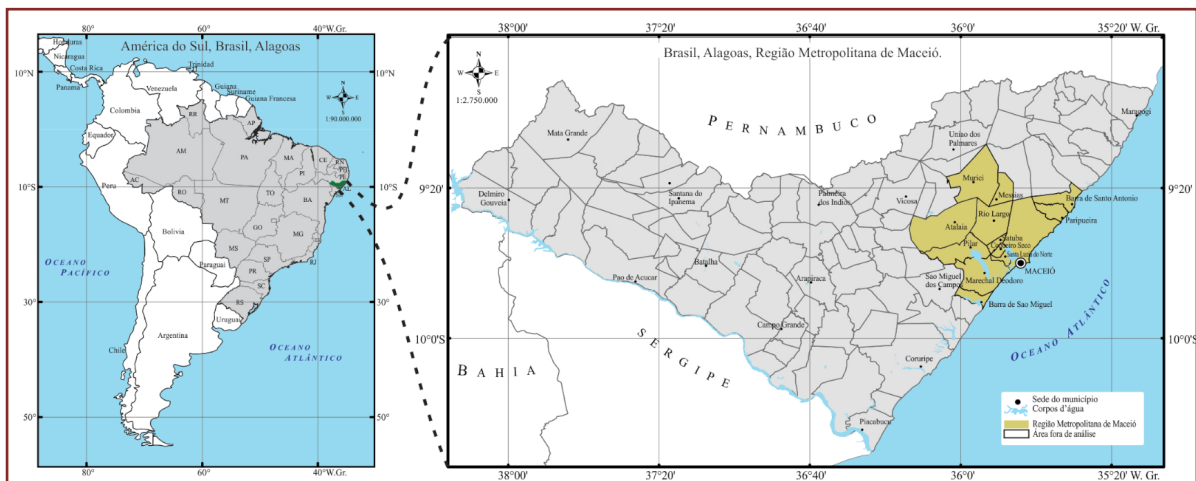


Figura 1. Localização dos municípios selecionados que integram a Região Metropolitana de Maceió, Alagoas, Brasil

Fonte: Elaboração própria a partir da Malha Municipal do IBGE

Tal decisão foi motivada pela baixa similaridade entre histórico de ocorrências relacionados as chuvas intensas do município de Atalaia e as outras cidades que integram a RMM. Portanto, com área total de aproximadamente 2.346,162km<sup>2</sup>, as

sedes urbanas dos municípios selecionados ocupam apenas 6,69% (156,961 km<sup>2</sup>) da extensão territorial da área alvo do presente estudo.

O quadrante correspondente a RMM encontra-se localizado entre as latitudes 09°08'17" e 09°52'12" sul do equador e as longitudes de 35°27'12" e 36°10'54" oeste de Greenwich. Ao norte, limita-se com os municípios de Branquinha, Flexeiras, Joaquim Gomes, Passo de Camaragibe, São Luís do Quitunde e União dos Palmares, ao sul com o município de Roteiro, ao leste com o Oceano Atlântico e ao oeste com os municípios de Atalaia, Boca da Mata Capela e São Miguel dos Campos. A figura 1 mostra a localização da RMM no território brasileiro, com destaque para os municípios selecionados.

### **Aspectos gerais da Região Metropolitana de Maceió**

As condições de vulnerabilidade socioambiental da RMM às chuvas intensas, entre outros fatores, estão associadas ao processo inadequado de ocupação e o uso intensivo da terra. As ocorrências na área de estudo estão majoritariamente relacionadas aos eventos influenciados pela dinâmica pluviométrica, na qual predominam os problemas de alagamentos, deslizamentos, enchentes e inundações.

Além das ocorrências de chuvas que deflagram esses tipos de eventos, os municípios que integram a RMM reúnem o maior número de aglomerados subnormais (favelas) do estado de Alagoas. Os últimos mapeamentos realizados pelo IBGE<sup>4</sup> indicam que a referida área de estudo concentra 94,6% das aglomerações subnormais mapeadas, que foi 129 localidades em todo território alagoano. A maioria dessas favelas está situada nas encostas ou áreas sob influência do regime de cheias dos rios e lagunas. Os habitantes dessas localidades estão em condições extremas sob o ponto de vista social; muitas vezes situados abaixo da linha da pobreza, acabam construindo as suas moradias em condições precárias, potencializando ainda mais o nível de vulnerabilidade socioambiental, por conseguinte as condições de riscos.

### **Procedimentos metodológicos**

Os procedimentos técnico-operacionais adotados foram desenvolvidos em um Sistema de Informação Geográfica (SIG), no qual foi possível avaliar e selecionar as variáveis mais relevantes para composição dos indicadores de vulnerabilidade socioambiental relacionados às chuvas intensas que influenciam decisivamente na ocorrência dos problemas socioambientais associados aos deslizamentos de terras e enchente/inundação.

Na fase inicial, foram realizados a coleta e tratamento dos dados físico, ambiental e socioeconômico produzidos por fontes secundárias. A seguir, procedeu-se à análise e à seleção das variáveis usadas na composição das temáticas admitidas neste estudo como indicadores. Por fim, realizou-se o cruzamento dos planos de informações para determinação da vulnerabilidade socioambiental nas duas modalidades de eventos avaliadas no presente estudo: deslizamento e enchente/inundação.

---

4 Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010.

A modelagem espacial com vista ao mapeamento das áreas de vulnerabilidade a deslizamento de terra e enchentes/inundação tem sido um aliado importante no planejamento, prevenção e contingenciamento dos problemas causados pelas chuvas. Convém destacar que, embora a integração dos fatores e condicionantes socioambientais estejam sendo utilizados como alternativa metodológica neste estudo, trata-se de resultados estimados, por conseguinte, passíveis de apresentar erros devido à complexidade dos processos inerentes à temática e pela indisponibilidade de base de dados cartográfica em escala de detalhe. A seguir são descritas as etapas empreendidas para o desenvolvimento e obtenção dos resultados desta pesquisa.

### **Seleção dos indicadores de vulnerabilidade socioambiental**

Essa etapa do estudo consistiu na definição dos cartogramas temáticos que permitissem correlacionar as características e condições físico-ambientais da área de estudo às diferentes formas de organização espacial. Ao se considerar a gênese, constituição física, forma e estágio de evolução como aspectos determinantes para qualificação do nível de suscetibilidade, foram definidos como variáveis do sistema físico ambiental: a litologia, geomorfologia, solos e declividade.

No caso do sistema antrópico, consideraram-se: a capacidade para identificar as alterações impostas pela ocupação humana, os aspectos demográficos e as formas dominantes de uso e ocupação do solo, sendo definidos como variáveis os cartogramas de uso do solo e cobertura vegetal e o índice de vulnerabilidade social (IVS) por setores censitários. As classes de uso do solo e cobertura vegetal foram mapeadas a partir das imagens de satélite e a composição do IVS foi calculada por meio das variáveis Renda, selecionada por ser capaz de medir a condição socioeconômica; Escolaridade, usada por inferir sobre o nível de conhecimento; e Demográficas e Saneamento Básico, adotadas por serem capazes de medir a condição de vida.

Embora a pluviometria seja considerada uma variável importante na qualificação das áreas de vulnerabilidade aos deslizamentos de terras e enchentes/inundações, a sua distribuição nos municípios que integram a RMM ocorre de forma pouco variada, sendo relativamente semelhante por toda região. Por essa razão, optou-se pela não incorporação desse plano de informação na presente análise.

Os cartogramas temáticos relativos aos sistemas Físico-ambientais e Socioeconômicos considerados capazes de identificar por meio da integração espacial as parcelas do território mais ou menos vulneráveis aos deslizamentos de terra e enchentes/inundação consistiram nas unidades Litológicas, Geomorfológicas, de Solos, Faixas de Declividade, Uso do solo e cobertura vegetal e Índice de Vulnerabilidade Social.

Considerando os níveis variados de suscetibilidade que cada um deles pode apresentar, foram atribuídos os valores 1, 2, 3, 4 e 5, respectivamente, muito-baixo, baixo, médio, alto e muito-alto, para determinar diferenças entre as classes correspondentes a cada cartograma, sendo adotado o valor 0 (zero) quando essa não estiver sujeita à ocorrência do evento ou fora da análise.



Tal definição foi baseada nas propriedades e características das classes mapeadas e na capacidade de interveniência das dinâmicas climáticas sobre cada uma delas. Portanto, admitiram-se os referidos valores, levando-se em conta apenas os eventos investigados no âmbito desta pesquisa: deslizamentos e enchentes/inundações.

**Definição de notas para os planos temáticos de origem físico-ambiental**

A decisão pela utilização do cartograma de unidades litológicas foi motivada por essa variável físico-ambiental ser capaz de contribuir para revelar a localização das parcelas do território mais propícias às ocorrências de deslizamentos de terra e enchentes/inundações, de forma a reduzir as dúvidas ou incertezas quando da realização das operações de álgebras de mapas. Além disso, a ação pluviométrica sobre alguns componentes geológicos pode promover efeitos físicos e químicos capazes de influenciar de maneira variada o grau de intemperismo. Por conseguinte, a desintegração mecânica ou a ação química conjugadas a outros fatores favorecem ainda mais as ocorrências de deslizamentos de terra.

Portanto, buscando qualificar os diferentes níveis de vulnerabilidade a deslizamento de terra e enchente/inundação, foram atribuídas as notas para cada classe litológica mapeada, conforme descrito na figura 2.



Figura 2. Escala de vulnerabilidade a deslizamento de terra e enchente/inundação das unidades litológicas predominantes na RMM, Alagoas, Brasil.

Fonte: Elaboração própria a partir da metodologia de Nascimento (2016)

As características morfológicas do terreno, a intensidade de dissecação do relevo e a amplitude altimétrica consistem em elementos da paisagem associados à geomorfologia, capazes de revelar o grau de suscetibilidade às dinâmicas hidrológicas e pluviométricas. Por essas razões, optou-se em incluir na matriz de análise do presente estudo o plano de informação espacial correspondente às unidades geomorfológicas.

As formas do relevo se inserem como um dos componentes de muita importância, sendo essencial para ocupação adequada do terreno o conhecimento da geomorfologia<sup>5</sup>. Para facilitar as combinações dos planos de informações temáticos, as unidades geomorfológicas mapeadas foram agrupadas e qualificadas quanto a sua suscetibili-

5 Ross, 1991, p. 13.

dade aos processos de deslizamentos e enchente/inundação, conforme descrito na figura 3.

| UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS |  |   |
|--------------------------|--|---|
| 0                        | Alagadiços Intertidais de Mare                                   | 4 |
| 0                        | Alagadiços Intertidais de Mare e Ilhas Lagunares                 | 4 |
| 3                        | Colinas Estruturais  | 0 |
| 4                        | Colinas Tabuliformes   | 0 |
| 4                        | Cristas-Barras Alinhadas e Topos e/ou Planos Abaulados           | 0 |
| 1                        | Depressão Confinada  | 4 |
| 5                        | Encostas de Maciço Estrutural Serrano                            | 0 |
| 4                        | Encostas de Planalto   | 0 |
| 4                        | Encostas de Vales Estruturais                                    | 0 |
| 5                        | Encostas de Vales Fluviais Tabuliformes                          | 0 |
| 5                        | Encostas Estruturais de Estuário Lagunar                         | 0 |
| 5                        | Encostas Estruturais Isoladas                                    | 0 |
| 5                        | Falésias Fósseis e Vales Fluviais Decapitados                    | 0 |
| 0                        | Ilhas Aluvionares de Vale Estrutural                             | 5 |
| 1                        | Lombas, Rampas e Terraços Colúvio-Aluvionares de Vale Estrutural | 3 |
| 0                        | Patamares Tabuliformes Aplanados                                 | 1 |
| 2                        | Rampas de Colúvio  | 0 |
| 0                        | Restingas  | 1 |
| 0                        | Terraços Flúvio-Marinheiros Lagunares e Cordões Praiais          | 1 |
| 0                        | Terraços Aluvionares de Vale Estrutural                          | 4 |
| 0                        | Terraços Colúvio-Aluvionares                                     | 3 |
| 0                        | Terraços Colúvio Aluvionares de Vales Estruturais                | 3 |
| 0                        | Terraços Fluviais  | 4 |
| 0                        | Terraços Flúvio-Lagunares  | 4 |
| 0                        | Terraços Flúvio-Marinheiros de Ilhas Lagunares                   | 2 |
| 0                        | Terraços Flúvio-Marinheiros Lagunares                            | 2 |
| 0                        | Terraços Marinheiros Coluvionares                                | 2 |
| 0                        | Terraços Marinheiros, Cristas e Cordões Praiais                  | 1 |
| 0                        | Terraços Marinheiros e Feixes de Cordões Praiais                 | 2 |
| 1                        | Topo do Planalto da Borborema                                    | 0 |
| 2                        | Topos de Maciço Estrutural Serrano Isolados                      | 0 |
| 1                        | Topos Estruturais Dissecados Isolados                            | 0 |
| 2                        | Topos Tabuliformes Dissecados                                    | 0 |
| 3                        | Topos Tabuliformes Dissecados Isolados                           | 0 |
| 3                        | Vales de Maciço Estrutural Serrano Isolados                      | 1 |
| 0                        | Várzeas e Terraços Fluviais                                      | 4 |
| 0                        | Várzeas e Terraços Flúvio-Lagunares                              | 4 |
| 0                        | Várzeas Fluviais   | 5 |
| 0                        | Várzeas Fluviais de Ilhas Lagunares                              | 5 |
| 0                        | Várzeas Flúvio-Lagunares   | 5 |

Figura 3. Escala de vulnerabilidade a deslizamento de terra e enchente/inundação das unidades geomorfológicas predominantes na RMM, Alagoas, Brasil

Fonte: Elaboração própria a partir da metodologia de Nascimento (2016)

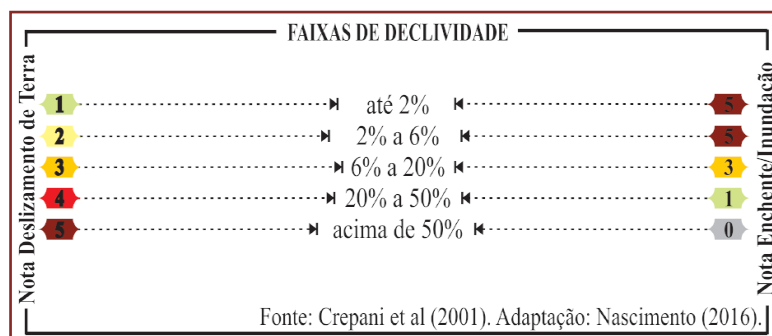
Por representar uma componente suscetível às precipitações pluviométricas e dinâmicas hidrológicas, as unidades de solos foram selecionadas como relevante variável físico-ambiental útil à análise da vulnerabilidade aos deslizamentos de terra

e enchente/inundação. As características do relevo estão intimamente ligadas aos processos pedogenéticos, que, por sua vez, podem ser implicitamente representados pelas diversas classes de solos distribuídas na paisagem<sup>6</sup>.

A causa fundamental da erosão hídrica, seja laminar, em sulcos ou ravinas, é a ação da chuva sobre o solo. Para esses autores, a menor ou maior suscetibilidade de um solo sofrer os processos erosivos da morfogênese depende da sua estrutura, tipo e quantidade das argilas, permeabilidade e profundidade do solo e a presença das camadas impermeáveis<sup>7</sup>. Com bases nessas considerações e na forma de distribuição e ocorrência dos solos na área de estudo, atribuíram-se as notas descritas na figura 4a e b.



Figura 4a. Fonte: Elaboração própria a partir da metodologia de Nascimento (2016)



Figuras 4.a e b Escala de vulnerabilidade a deslizamento de terra e enchente/inundação das unidades de solos e para as faixas de declividade predominantes na RMM, Alagoas, Brasil.

Fonte: Elaboração própria a partir da metodologia de Crepani et al (2001)

As faixas de declividade desempenham uma função decisiva na avaliação da vulnerabilidade da paisagem aos deslizamentos de terra e enchente/inundação. Quanto maior a declividade, mais rapidamente a energia potencial das águas pluviais transforma-se em energia cinética e maior é, também, a velocidade das massas de água e sua capacidade de transporte<sup>8</sup>. Ao contrário disso, os terrenos de menor declividade consistem em ambientes de acumulação, isto é, áreas sujeitas às dinâmicas hidrológicas. Dessa maneira, as faixas de declividade descritas na figura

6 Resende *et al*, 2002, p. 145

7 Crepane *et al*, 2001, p. 82.

8 Crepane *et al*, 2001, p. 75



4 basearam-se no estudo desenvolvido por Crepane *et al* (2001) admitiram tais intervalos de declividade apropriados para as escalas igual ou maior que 1:100.000.

**Definição de notas para as unidades temáticas de origem antropogênica**

A atribuição de valores qualificando as classes pertencentes ao mapa de uso do solo e cobertura vegetal considerou como critério a alteração na composição e diversidade da vegetação, em geral capaz de influenciar na compactação dos solos e nos processos erosivos, conseqüentemente, nas dinâmicas pluviométricas e hidrológicas. As alterações no meio ambiente, seja pelo desmatamento seja pelas alterações no solo, aumentam o fluxo de energia e matéria<sup>9</sup>. Tal fato pode contribuir decisivamente para a ocorrência de deslizamentos de terra e enchente/inundação. Assim sendo, a cobertura vegetal desempenha papel importante como ação protetora no tocante à perda de solos<sup>10</sup>.

Além dos aspectos relacionados ao volume de vegetação na paisagem, também foram consideradas como fator essencial para qualificação da vulnerabilidade às ocorrências de deslizamentos de terra e enchente/inundação as classes de uso/ocupação indicadoras da presença direta e indireta do ser humano na paisagem. Portanto, as áreas edificadas (áreas e sítios urbanos) e as áreas agrícolas possuem tal característica, isto é, ambas resultam da presença e intervenção direta do ser humano na paisagem, por conseguinte, receberam as maiores notas (figura 5). Para o caso, atribuiu-se a nota 5 (cinco) à classe denominada de área edificada por essa produzir alterações profundas na paisagem e por representar uma situação de risco quando da ocorrência de deslizamento de terra ou enchente/inundação.

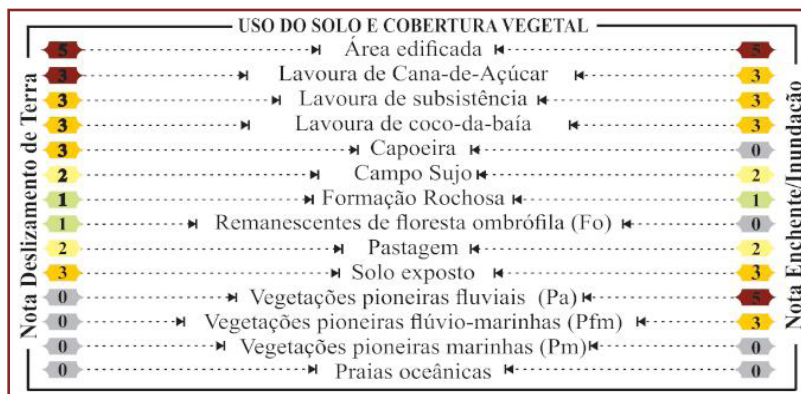


Figura 5. Escala de vulnerabilidade a deslizamento de terra e enchente/inundação das classes de uso do solo e cobertura vegetal predominantes na RMM, Alagoas

Fonte: Elaboração própria a partir de metodologia de Nascimento (2016)

O Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) reúne dimensões demográficas e socioeconômicas capazes de revelar as desigualdades sociais, bem como as condições e restrições dos grupos humanos para prevenir ou superar problemas advindos dos

9 Troppmair, 1988.

10 Medeiros *et al*, 2012, p. 482.

deslizamentos de terra e enchente/inundação. Considerando que o IVS pode variar de 0 (zero) a 1 (um), sendo o valor mais próximo de 1 (um) considerado como o de maior vulnerabilidade social, as notas atribuídas aos intervalos descritos no figura 6 seguem uma escala crescente.

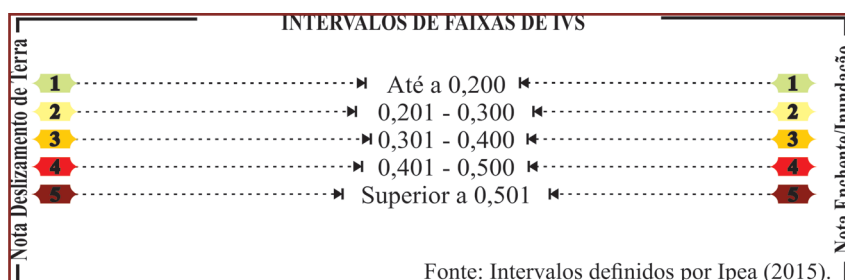


Figura 6. Escala de vulnerabilidade a deslizamento de terra e enchente/inundação por setor censitário referente ao número de habitantes na RMM, Alagoas

Fonte: Elaboração própria a partir de metodologia de Nascimento (2016)

### Integração dos planos temáticos de informação para determinação do índice de vulnerabilidade socioambiental

A integração das bases de dados temáticos para determinação do índice de vulnerabilidade socioambiental correspondeu à sobreposição dos cartogramas digitais com notas para cada classe temática que variaram de 0 a 5. A intercessão realizada por meio da operação *overlay* permitiu cruzar separadamente os dados de origens físico-ambientais, especificamente, os mapas de declividade, solos, geomorfologia e litologia, bem como o mapa de uso do solo e cobertura vegetal, para se ter como resultado a vulnerabilidade físico-ambiental aos deslizamentos de terra e enchente/inundação. Assim sendo, após o cruzamento dos planos de informações temáticos, a vulnerabilidade físico-ambiental ao deslizamento de terra e enchente/inundação foi determinada pelo cálculo da média aritmética, conforme a equação a seguir proposta<sup>11</sup>, em que: VA = Vulnerabilidade Ambiental; UL = Unidades Litológicas; USC = Uso do solo e Cobertura vegetal ; D = Classes de declividade; US = Unidades de Solos; e UG = Unidades Geomorfológicas.

$$V_A = \frac{U_L + U_G + U_S + USC + D}{5}$$

De posse dos dois cartogramas de vulnerabilidade físico-ambiental, um relacionado a deslizamento de terra e outro relativo à enchente/inundação, realizou-se mais uma intercessão, dessa vez utilizando-se o plano de informação correspondente ao IVS, que resultou nos cartogramas de vulnerabilidade socioambiental a des-

11 Nascimento, 2016, p. 96

lizamento de terra e enchente/inundação. A figura 7 ilustra os fluxos operacionais desenvolvidos por meio de geoprocessamento.

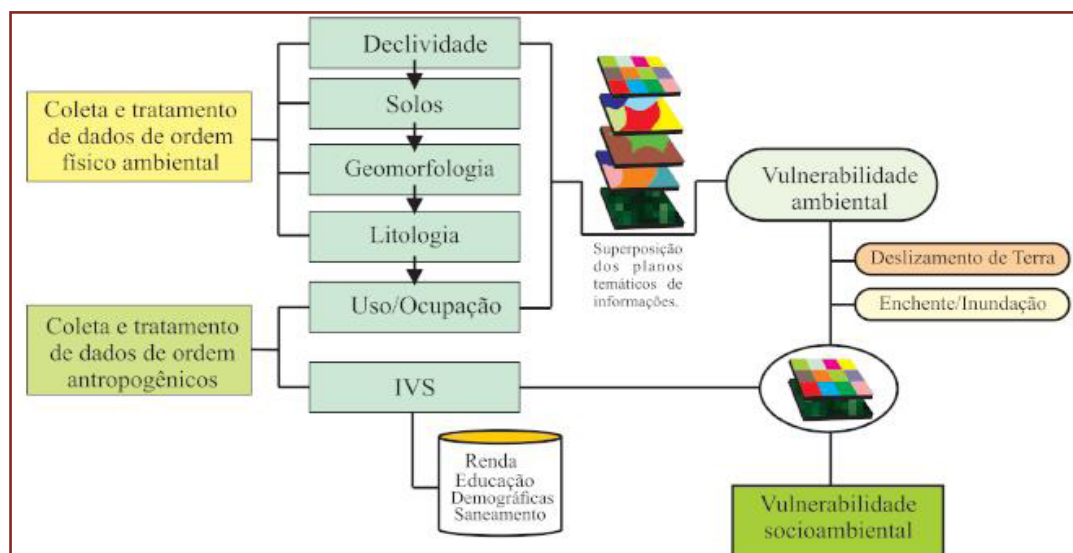


Figura 7. Esquema das etapas desenvolvidas por meio do uso de geoprocessamento

Fonte: Elaboração própria a partir da metodologia de Nascimento, 2016

### Tratamento e análise para apresentação dos resultados

Os planos de informações temáticos foram tratados determinando-se suas áreas, com a utilização de planimétricas digitais, cujos dados foram expressos em forma de figuras e quadros, contendo números absolutos e percentuais. A base de dados cartográfica utilizada para elaboração dos mapas foi projetada no sistema de coordenadas geográficas, no qual adotou-se como referência o sistema SIRGAS 2000<sup>12</sup>.

Assim sendo, a conjugação de todas as informações gráficas e quadros tornaram possíveis a análise sistêmica e o alcance holístico dos aspectos mais representativos da paisagem urbana dos municípios que integram a RMM.

O cruzamento dos mapas de vulnerabilidade ambiental e IVS por setores censitários resultou no mapa de vulnerabilidade socioambiental da RMM, com uma escala de valores entre 1 e 5, respectivamente, correspondente às classes *muito baixa*, *baixa*, *média*, *alta* e *muito alta* vulnerabilidade socioambiental a deslizamento e enchente/inundação. Para tanto, também foi calculada a média aritmética entre os referidos planos de informações, conforme equação<sup>13</sup>, em que  $V_{SA}$  = Vulnerabilidade socioambiental;  $V_A$  = Vulnerabilidade ambiental; e  $U_{IVS}$  = Cartograma do Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) por setores censitários.

$$V_{SA} = \frac{V_A + U_{IVS}}{2}$$

12 Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas

13 Nascimento, 2016, p. 98

## Resultados e Discussões

### As áreas predominantes de uso do solo e cobertura vegetal da região metropolitana de Maceió – RMM

Na RMM são encontradas diferentes formas de uso e ocupação do solo e cobertura vegetal; algumas delas foram introduzidas ainda durante a colonização portuguesa a partir do século XVII, como é o caso da lavoura da cana-de-açúcar e da atividade pecuária<sup>14</sup>, as quais, posteriormente, junto ao coco-da-baía, foram responsáveis pela supressão de parcelas significativas dos remanescentes de floresta ombrófila, cerrados, vegetações pioneiras fluviais, flúvio-marinhas e marinhas.

As atividades agropecuárias ainda continuam sendo responsáveis pelas principais alterações na paisagem da RMM, especialmente a lavoura de cana-de-açúcar e a pecuária bovina. Embora essas atividades agropecuárias tenham sido iniciadas no século XVII, a sua presença em Alagoas e na própria RMM revelam um perfil socioeconômico de um passado colonial. Assim sendo, as imagens do satélite *RapidEye*, nas bandas 2 (520 – 590nm), 3 (630 – 690 m) e 4 (690 – 730nm), obtidas em janeiro de 2011, e os levantamentos de campo permitiram identificar e mapear 17 (dezesete) classes de uso do solo e cobertura vegetal predominantes na RMM.

| Item | Uso do solo e cobertura vegetal   | Área            |               |
|------|-----------------------------------|-----------------|---------------|
|      |                                   | Km <sup>2</sup> | %             |
| 1    | Área edificada                    | 160,83          | 6,83          |
| 2    | Campo Sujo                        | 96,43           | 4,09          |
| 3    | Cana-de-açúcar                    | 918,89          | 39,02         |
| 4    | Capoeira                          | 18,53           | 0,79          |
| 5    | Coco-da-baía                      | 29,76           | 1,26          |
| 6    | Corpos d'água                     | 104,10          | 1,26          |
| 7    | Formação arenosa                  | 2,90            | 0,12          |
| 8    | Vegetação Pioneira Fluvial        | 77,42           | 3,29          |
| 9    | Vegetação Pioneira Flúvio-marinha | 26,07           | 1,11          |
| 10   | Formação Rochosa                  | 1,24            | 0,05          |
| 11   | Lavoura de subsistência           | 6,42            | 0,27          |
| 12   | Pastagem                          | 444,96          | 18,89         |
| 13   | Poços de Petróleo                 | 0,65            | 0,03          |
| 14   | Praia                             | 2,88            | 0,12          |
| 15   | Reflorestamento                   | 0,11            | 0,00          |
| 16   | Remanescente florestal            | 407,77          | 17,31         |
| 17   | Solo exposto                      | 56,25           | 2,39          |
|      | <b>Total</b>                      | <b>2.355,20</b> | <b>100,00</b> |

Quadro 1. Classes de uso do solo e cobertura vegetal identificadas a partir das imagens *RapidEye* na RMM, Alagoas, Brasil

Fonte: Elaboração própria

<sup>14</sup> Andrade, 2010.

O quadro 1 é possível verificar que a cana-de-açúcar e pastagem foram as classes de maiores ocorrências na área de estudo, com 918,89km<sup>2</sup> e 444,96km<sup>2</sup>, respectivamente. Juntas, essas classes ocupam aproximadamente 57,91% da RMM, reforçando a influência econômica e os intensos processos antrópicos aos quais têm sido submetidas.

No que se refere à suscetibilidade das classes de uso do solo e cobertura vegetal à precipitação pluviométrica, especificamente as ocorrências de deslizamento e enchentes/inundação, a maior preocupação recai sobre as parcelas da área de estudo com a presença humana e/ou ocupadas por alguma atividade antrópica. Nesse caso, destacam-se as áreas edificadas, cana-de-açúcar, coco-da-baía, mineração, pastagens e reflorestamento.

Observando-se a figura 8 pode-se verificar nas classes mapeadas de uso do solo e cobertura vegetal, quanto às possíveis ocorrências de deslizamento de terra e enchente/inundação, que a maior parte da RMM está ocupada por classes consideradas com média vulnerabilidade. Nesse caso, destacam-se as classes denominadas cana-de-açúcar (918,89km<sup>2</sup>), coco-da-baía (29,76km<sup>2</sup>) e os remanescentes florestais (407,77km<sup>2</sup>) ocupando as maiores extensões de terra.

As atividades agropecuárias são responsáveis pelas principais alterações na paisagem; os setores censitários tipificados como rurais representam 5,32% (72 unidades) do efetivo total mapeado pelo IBGE<sup>15</sup>, mas a extensão de terras ocupadas por esse tipo de setor censitário corresponde a aproximadamente 84,85% (1.998,47km<sup>2</sup>) da área de estudo.

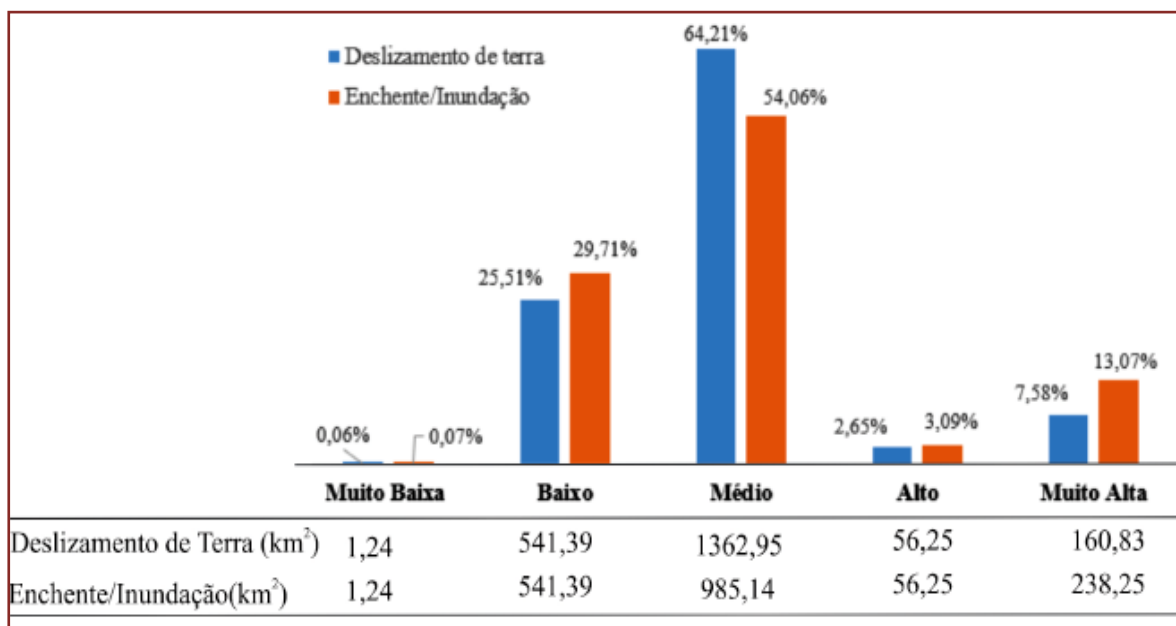


Figura 8. Extensão das classes de uso do solo e cobertura vegetal da RMM mapeadas por faixas de vulnerabilidade.

Fonte: Elaboração própria

15 Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010.



### Índice de Vulnerabilidade Social por setor censitário

Com base nos indicadores foi possível definir o valor IVS da RMM, sendo este equivalente a 0,402 (*Alta* vulnerabilidade social). De acordo com o quadro 2, os municípios de Coqueiro Seco e Santa Luzia do Norte, respectivamente, com 0,514 (*Muito Alta*) e 0,408 (*Alta*), apresentaram os piores valores de IVS. Em contrapartida, o município de Maceió obteve o melhor IVS da RMM, com valor correspondente a 0,300; a capital encontra-se no limite superior da faixa entre *Baixa* e *Média* vulnerabilidade social.

Ainda observando o quadro 2, é possível constatar que a dimensão infraestrutura foi quem mais influenciou no valor do IVS da RMM; os piores resultados foram atribuídos aos municípios de Coqueiro Seco e Santa Luzia do Norte, pela Muito Alta vulnerabilidade social para a dimensão infraestrutura, com IVS, respectivamente, equivalente a 0,629 e 0,611. No que se refere ao capital humano e renda, o município de Coqueiro Seco persiste apresentando os piores resultados em ambas as dimensões, com valores específicos de IVS, respectivamente, equivalentes a 0,489 e 0,424; a referida cidade possui *Alta* vulnerabilidade social. De maneira generalizada, todos os municípios que integram a RMM encontram-se em situação de *Média* e *Muito Alta* vulnerabilidade social.

|                      | Município              | Dimensão Social |                |              | IVS          |             |
|----------------------|------------------------|-----------------|----------------|--------------|--------------|-------------|
|                      |                        | C. Humano       | Infraestrutura | Renda        |              |             |
| 1                    | Barra de Santo Antônio | 0,412           | 0,461          | 0,456        | <b>0,443</b> | Alta        |
| 2                    | Barra de São Miguel    | 0,350           | 0,422          | 0,345        | <b>0,372</b> | Média       |
| 3                    | Coqueiro Seco          | 0,489           | 0,629          | 0,424        | <b>0,514</b> | Muito Alta  |
| 4                    | Maceió                 | 0,219           | 0,396          | 0,285        | <b>0,300</b> | Média       |
| 5                    | Marechal Deodoro       | 0,331           | 0,447          | 0,379        | <b>0,386</b> | Média       |
| 6                    | Messias                | 0,438           | 0,511          | 0,405        | <b>0,451</b> | Alta        |
| 7                    | Murici                 | 0,428           | 0,477          | 0,457        | <b>0,454</b> | Alta        |
| 8                    | Paripueira             | 0,276           | 0,511          | 0,337        | <b>0,374</b> | Média       |
| 9                    | Pilar                  | 0,364           | 0,482          | 0,377        | <b>0,408</b> | Alta        |
| 10                   | Rio Largo              | 0,235           | 0,418          | 0,299        | <b>0,317</b> | Média       |
| 11                   | Santa Luzia do Norte   | 0,338           | 0,611          | 0,379        | <b>0,443</b> | Alta        |
| 12                   | Satuba                 | 0,313           | 0,406          | 0,350        | <b>0,357</b> | Média       |
| <b>IVS Médio RMM</b> |                        | <b>0,349</b>    | <b>0,481</b>   | <b>0,374</b> | <b>0,402</b> | <b>Alta</b> |

Quadro 2. Valores de IVS por município

Fonte: Elaboração própria

Analisando o número de setores censitários por municípios e as faixas de IVS, verificou-se que Maceió, Murici, Pilar, Rio Largo e Satuba possuem setores censitários com *Muito Baixa* vulnerabilidade social; a maior parte destes está inserida na capital alagoana (233 unidades). As faixas de *Média* e *Muito Alta* vulnerabilidade social concentram a maior e menor quantidade de setores censitários, respectivamente 414 e 101 setores censitários.

Do total de setores censitários qualificados com *Média* vulnerabilidade social, os municípios de Maceió e Rio Largo concentram em termos absolutos os maiores quantitativos, respectivamente, 301 e 33 setores censitários. No entanto, analisando o quantitativo proporcional de setores censitários dos municípios que integram a RMM, foi possível inferir que Barra de São Miguel e Messias apresentam a maior proporção na faixa de IVS equivalente à *Média*. Isso significa que, do total de setores censitários existentes na Barra de São Miguel (18 unidades) e Messias (15 unidades), respectivamente, 12 (66,67%) e 8 (53,33%) possuem *Média* vulnerabilidade social.

Diante desse contexto, os resultados obtidos indicam que a RMM possui setores censitários em diferentes situações quanto a sua vulnerabilidade social. A RMM possui 738 (55,87%) setores censitários inseridos entre as faixas de IVS correspondentes à *Média*, *Alta* e *Muito Alta* vulnerabilidade social. Deste total, aproximadamente 56,09% (414 unidades) possuem *Média* vulnerabilidade social, em torno de 30,21% (223 unidades) e 13,68% (101 unidades), respectivamente, *Alta* e *Muito Alta* vulnerabilidade social. Os setores com *Muito Baixa* e *Baixa* Vulnerabilidade Social representam respectivamente 18,24% (241 unidades) e 25,89% (342 unidades).

Embora estudos evidenciem que não há como fazer generalizações no sentido de que somente as populações mais carentes do ponto de vista social e econômico sejam as únicas afetadas<sup>16</sup>, os referidos autores consideram que o fator socioeconômico tem um peso fundamental e central na determinação do grau de vulnerabilidade de um indivíduo ou grupo social frente às situações que envolvem risco a escorregamento.

De maneira geral, as condições de vulnerabilidade social verificadas revelam que uma parte representativa da população da RMM possui menor renda e está sem infraestrutura adequada, por conseguinte, encontra-se sujeita aos problemas decorrentes das precipitações pluviométricas intensas no que se refere às ocorrências de deslizamento de terra e enchente/inundação. Ao se considerar as faixas descritas, a maior parte dos habitantes da referida área de estudo possui média vulnerabilidade social.

### **Vulnerabilidade físico-ambiental a deslizamentos de terra**

Os deslizamentos de terra se constituem em um processo erosivo que induz diretamente o desprendimento do solo das altas e médias encostas desprovidas de cobertura vegetal ou ocupadas de forma indevida. Em geral, esse tipo de evento está associado à interação da precipitação pluviométrica sobre os fatores físicos, ambientais

16 Gamba e Ribeiro, 2012, p. 29

e antropogênicos, que se distribuem de maneira espacialmente variada no terreno. Por isso, a maior ou menor possibilidade de ocorrência depende basicamente das características fisiográficas e do grau de perturbação promovido pela sociedade.

Portanto, pela análise do quadro 3 é possível verificar que a participação percentual das classes que integram os planos temáticos de informações (PTI) usados no presente estudo por faixas de vulnerabilidade físico-ambiental ocorrem de forma variada. As classes que integram os planos temáticos de informações considerados como *muito baixa* (nota 1) vulnerabilidade correspondeu a um percentual de 26,18%. Dentre os planos de temáticos de informações utilizados, a declividade concentrou a classe com maior extensão de ocorrência na RMM; em torno de 1.183,32km<sup>2</sup> foram consideradas áreas com *muito baixa* vulnerabilidade a deslizamento de terra. Esses resultados corroboram os estudos realizados anteriormente<sup>17</sup>, que identificaram os ambientes com tendência à instabilidade de dinâmica fraca como o mais abrangente na RMM.

Já as classes inseridas nas faixas *muito alta* (nota 5) representam a segunda maior participação em termos percentuais, ou seja, em torno de 22,66% da extensão da área de estudo. Nesse caso, as classes pertencentes aos planos de informações litológicas (1.415,68km<sup>2</sup>) e geomorfológicas (520,50km<sup>2</sup>) ocupam as maiores extensões na faixa de vulnerabilidade considerada *muito alta* (quadro 3).

A integração dos referidos planos de informações temáticas permitiu identificar as áreas vulneráveis aos deslizamentos de terra na RMM. O quadro 4 mostra, por um lado, que a maior parte da área de estudo possui *baixa* vulnerabilidade físico-ambiental a deslizamento de terra (856,92km<sup>2</sup>), aproximadamente 36,38% de sua extensão territorial. Por outro lado, as áreas consideradas com *muito alta* vulnerabilidade representam apenas 0,42% (9,81km<sup>2</sup>) da RMM e estão concentradas, em sua maior parte, na cidade de Maceió.

| PTI                          | Muito Baixa     |       | Baixa           |       | Média           |       | Alta            |       | Muito Alta      |       |
|------------------------------|-----------------|-------|-----------------|-------|-----------------|-------|-----------------|-------|-----------------|-------|
|                              | km <sup>2</sup> | %     | km <sup>2</sup> | %     | km <sup>2</sup> | %     | km <sup>2</sup> | %     | km <sup>2</sup> | %     |
| Litologia                    | -               | -     | 45,74           | 4,01  | 457,71          | 23,76 | 59,80           | 3,29  | 1.415,68        | 65,41 |
| Declividade                  | 1.183,32        | 47,33 | 159,07          | 13,95 | 407,00          | 21,13 | 441,66          | 24,26 | 67,26           | 3,11  |
| Geomorfologia                | 80,68           | 3,23  | 313,92          | 27,53 | 44,78           | 2,32  | 381,69          | 20,97 | 520,50          | 24,05 |
| Solos                        | 833,02          | 33,32 | 88,82           | 7,79  | -               | -     | 937,09          | 51,48 | -               | -     |
| Uso da Terra                 | 403,03          | 16,12 | 532,75          | 46,72 | 1.016,93        | 52,79 | -               | -     | 160,72          | 7,43  |
| <b>Total(km<sup>2</sup>)</b> | <b>2.500,05</b> |       | <b>1.140,31</b> |       | <b>1.926,41</b> |       | <b>1.820,24</b> |       | <b>2.164,16</b> |       |
| <b>Total (%)</b>             | <b>26,18</b>    |       | <b>11,94</b>    |       | <b>20,17</b>    |       | <b>19,06</b>    |       | <b>22,66</b>    |       |

Quadro 3. Distribuição da área ocupada pelas classes que integram os PTI por faixa de vulnerabilidade a deslizamento de terra

Fonte: Elaboração própria

17 Nou et al, 1983

| <b>Vulnerabilidade a deslizamento de terra</b> | <b>km<sup>2</sup></b> | <b>%</b>      |
|--|-----------------------|---------------|
| Sem Ocorrência                                 | 228,55                | 9,70          |
| Muito Baixa                                    | 230,60                | 9,79          |
| Baixa  | 856,92                | 36,38         |
| Média  | 438,28                | 18,61         |
| Alta   | 591,04                | 25,09         |
| Muito Alta                                     | 9,81                  | 0,42          |
| <b>Total</b>                                   | <b>2.355,20</b>       | <b>100,00</b> |

Quadro 4. Área total das faixas de vulnerabilidade físico-ambiental ao deslizamento de terra da RMM, Alagoas, Brasil.

Fonte: Elaboração própria

Ainda observando o quadro 4, é possível verificar que a maior parte da RMM é formada por áreas consideradas entre *muito baixa* a *média* vulnerabilidades ao deslizamento de terra, sendo o somatório delas equivalente a 64,78% da referida área de estudo. De acordo com a integração dos planos temáticos de informações usados no presente estudo, as áreas consideradas com *alta* vulnerabilidade aos problemas de deslizamento de terra ocupam uma extensão de 591,04km<sup>2</sup>, isto é, aproximadamente ¼ (25%) da RMM.

| <b>Município</b>              | <b>Muito Baixa</b>    |          | <b>Baixa</b>          |          | <b>Média</b>          |          | <b>Alta</b>           |          | <b>Muito Alta</b>     |          |
|-------------------------------|-----------------------|----------|-----------------------|----------|-----------------------|----------|-----------------------|----------|-----------------------|----------|
|                               | <b>km<sup>2</sup></b> | <b>%</b> | <b>km<sup>2</sup></b> | <b>%</b> | <b>km<sup>2</sup></b> | <b>%</b> | <b>km<sup>2</sup></b> | <b>%</b> | <b>km<sup>2</sup></b> | <b>%</b> |
| Barra de Santo Antônio        | 10,35                 | 4,49     | 34,57                 | 4,03     | 16,57                 | 3,78     | 53,36                 | 9,03     | 0,13                  | 1,37     |
| Barra de São Miguel           | 9,03                  | 3,92     | 34,74                 | 4,05     | 2,17                  | 0,49     | 13,72                 | 2,32     | 0,02                  | 0,17     |
| Coqueiro Seco                 | 3,72                  | 1,61     | 19,39                 | 2,26     | 6,87                  | 1,57     | 9,03                  | 1,53     | 0,05                  | 0,46     |
| Maceió                        | 47,43                 | 20,57    | 137,32                | 16,02    | 73,41                 | 16,75    | 186,96                | 31,63    | 8,97                  | 91,55    |
| Marechal Deodoro              | 48,88                 | 21,20    | 135,93                | 15,86    | 8,20                  | 1,87     | 65,94                 | 11,16    | 0,07                  | 0,76     |
| Messias                       | 17,82                 | 7,73     | 32,12                 | 3,75     | 43,12                 | 9,84     | 19,26                 | 3,26     | 0,04                  | 0,41     |
| Murici                        | 33,30                 | 14,44    | 142,80                | 16,66    | 169,27                | 38,62    | 76,99                 | 13,03    | -                     | -        |
| Paripueira                    | 8,32                  | 3,61     | 22,04                 | 2,57     | 11,52                 | 2,63     | 46,19                 | 7,82     | 0,22                  | 2,27     |
| Pilar                         | 18,80                 | 8,15     | 134,87                | 15,74    | 30,42                 | 6,94     | 39,115                | 6,62     | 0,02                  | 0,24     |
| Rio Largo                     | 23,38                 | 10,14    | 139,13                | 16,24    | 74,29                 | 16,95    | 61,463                | 10,40    | 0,04                  | 0,39     |
| Santa Luzia do Norte          | 3,81                  | 1,65     | 9,88                  | 1,15     | 0,67                  | 0,15     | 10,24                 | 1,73     | 0,04                  | 0,45     |
| Satuba                        | 5,74                  | 2,49     | 14,15                 | 1,65     | 1,78                  | 0,41     | 8,762                 | 1,48     | 0,19                  | 1,94     |
| <b>Total (km<sup>2</sup>)</b> | <b>230,60</b>         |          | <b>856,92</b>         |          | <b>438,28</b>         |          | <b>591,04</b>         |          | <b>9,80</b>           |          |
| <b>Total (%)</b>              | <b>10,84</b>          |          | <b>40,29</b>          |          | <b>20,61</b>          |          | <b>27,79</b>          |          | <b>0,46</b>           |          |

Quadro 5. Área total das faixas de vulnerabilidade físico-ambiental ao deslizamento de terra entre os municípios que integram a RMM, Alagoas, Brasil

Fonte: Elaboração própria

De maneira geral, a maior parte da RMM possui *baixa* vulnerabilidade a deslizamento de terra, mas, se observados os resultados isoladamente, por município, é possível verificar que em algumas cidades predominam as áreas consideradas de *alta* vulnerabilidade. Tal fato pode ser constatado pela análise do quadro 5, em que se verificou que nos municípios metropolitanos da Barra de Santo Antônio (76,99km<sup>2</sup>), Maceió (186,96km<sup>2</sup>) e Paripueira (65,94km<sup>2</sup>) predominam as áreas com *alta* vulnerabilidade. Embora esses municípios tenham em seus históricos de ocorrências problemas variados relacionados às chuvas intensas, observou-se durante as incursões em campo que os mais frequentes estão associados aos deslizamentos de terra.

Durante as investidas em campo, observou-se que entre as razões possíveis de explicar a ocupação humana ou mesmo a instalação de novos adensamentos populacionais nas áreas vulneráveis aos deslizamento de terra, isto é, nas encostas e groções da RMM, destacam-se a incisiva presença do mercado imobiliário de natureza especulativa, responsável pelo aumento da segregação socioespacial, e a ineficiência operacional dos órgãos responsáveis pela fiscalização ambiental.

### Vulnerabilidade físico-ambiental à enchente/inundação

Na região metropolitana de Maceió, as enchentes/inundações costumam ocorrer em maior frequência nos terrenos de declividade baixa, em áreas de várzeas e nos terraços flúvio-lagunares e fluviais, onde se processam as erosões antrópicas em solos gleissados. De maneira geral, as classes pertencentes aos planos temáticos de informações que foram consideradas com *média* (nota 3) vulnerabilidade físico-ambiental à enchente/inundação têm sua ocorrência na maior parte da área de estudo.

| PTI                           | Muito Baixa     |       | Baixa           |       | Média           |       | Alta            |       | Muito Alta      |       |
|-------------------------------|-----------------|-------|-----------------|-------|-----------------|-------|-----------------|-------|-----------------|-------|
|                               | km <sup>2</sup> | %     | km <sup>2</sup> | %     | km <sup>2</sup> | %     | km <sup>2</sup> | %     | km <sup>2</sup> | %     |
| Litologia                     | 305,31          | 22,00 | 257,93          | 30,97 | 1.415,68        | 47,06 | -               | -     | 275,72          | 13,40 |
| Declividade                   | 441,66          | 31,82 | -               | -     | 407,00          | 13,53 | -               | -     | 1.342,39        | 65,22 |
| Geomorfologia                 | 592,79          | 42,71 | 40,94           | 4,92  | 122,32          | 4,07  | 144,31          | 41,72 | 55,38           | 2,69  |
| Solos                         | 47,24           | 3,40  | 1,29            | 0,15  | 64,63           | 2,15  | 201,58          | 58,28 | 84,63           | 4,11  |
| Uso/ocupação                  | 1,04            | 0,07  | 532,75          | 63,96 | 998,78          | 33,20 | -               | -     | 300,06          | 14,58 |
| <b>Total (km<sup>2</sup>)</b> | <b>1.388,05</b> |       | <b>832,92</b>   |       | <b>3.008,41</b> |       | <b>345,89</b>   |       | <b>2.058,18</b> |       |
| <b>Total (%)</b>              | <b>18,18</b>    |       | <b>10,91</b>    |       | <b>39,41</b>    |       | <b>4,53</b>     |       | <b>26,96</b>    |       |

Quadro 6. Distribuição da área ocupada pelas classes que integram os PTI por faixa de vulnerabilidade à enchente/inundação.

Fonte: Elaboração própria

Ao se analisar o quadro 6, é possível constatar que 39,41% das áreas foram mapeadas como sendo de *média* vulnerabilidade e 26,96% com *muito alta* (nota 5) vulnerabilidade. Já as classes consideradas com *alta* (nota 4), *baixa* (nota 2) e *muito baixa* (nota 1) vulnerabilidades ocupam, respectivamente, em torno de 4,53%, 10,91% e 18,18% da área de estudo. Admitindo que uma parcela significativa das classes que



integram os planos temáticos de informações utilizados não seja enquadrada em nenhuma faixa de vulnerabilidade, isto é, *sem ocorrência* (35,18%), ainda assim as características físico-ambientais e antropogênicas das classes mapeadas possuem de *média, alta e muita alta* vulnerabilidade, ou seja, em torno de 70,90% (quadro 6).

A integração dos planos temáticos de informações para delimitação das áreas vulneráveis à enchente/inundação segue o mesmo princípio metodológico utilizado no mapeamento das áreas vulneráveis ao deslizamento de terra. As notas atribuídas a partir das características físico-ambiental e socioeconômica também são capazes de indicar a propensão natural que a área possui em ser atingida por problemas relacionados às chuvas intensas. Portanto, a vulnerabilidade da RMM à enchente/inundação pode variar tanto entre as classes de um mesmo plano temático de informação como entre os próprios planos.

Assim sendo, a partir da análise integrada dos planos temáticos de informações, foi possível mapear as áreas propensas às ocorrências de enchente/inundação da RMM. De acordo com o quadro 7, verificou-se que 46,44% (1.093,83km<sup>2</sup>) da referida área de estudo possuem *baixa* vulnerabilidade físico-ambiental à enchente/inundação. As áreas consideradas como *muito alta* vulnerabilidade ocupam apenas 3,67% da área de estudo. As áreas *sem ocorrência* representam 5,34% e as parcelas de terras consideradas como *muito baixa* vulnerabilidade perfazem um total de 653km<sup>2</sup>, isto é, ocupam uma extensão correspondente a aproximadamente 27,73% da RMM.

| Vulnerabilidade Enchente/Inundação | km <sup>2</sup> | %     |
|------------------------------------|-----------------|-------|
| Sem Ocorrência                     | 125,68          | 5,34  |
| Muito Baixa                        | 653,00          | 27,73 |
| Baixa                              | 1.093,83        | 46,44 |
| Média                              | 243,01          | 10,32 |
| Alta                               | 153,31          | 6,51  |
| Muito Alta                         | 86,38           | 3,67  |

Quadro 7. Área total das faixas de vulnerabilidade físico-ambiental à enchente/inundação da RMM, Alagoas, Brasil

Fonte: Elaboração própria

Ao se analisar a vulnerabilidade físico-ambiental à enchente/inundação entre os municípios metropolitanos, constatou-se que as cidades de Murici e Rio Largo mesmo tendo históricos recorrentes de enchentes e inundações, sendo a última em 2010, apresentaram os maiores quantitativos de áreas consideradas como *baixa* vulnerabilidade, respectivamente, 185,79km<sup>2</sup> e 176,99km<sup>2</sup> (quadro 8). Esses dois municípios juntamente a Maceió também são responsáveis por 63,33% (413,15km<sup>2</sup>) do total da área da RMM consideradas como *muito baixa* vulnerabilidade físico-ambiental à enchente/inundação (quadro 8).

| Município                     | Muito Baixa     |       | Baixa           |       | Média           |       | Alta            |       | Muito Alta      |       |
|-------------------------------|-----------------|-------|-----------------|-------|-----------------|-------|-----------------|-------|-----------------|-------|
|                               | Km <sup>2</sup> | %     | Km <sup>2</sup> | %     | Km <sup>2</sup> | %     | Km <sup>2</sup> | %     | Km <sup>2</sup> | %     |
| Barra de Santo Antônio        | 43,31           | 6,63  | 56,25           | 5,14  | 17,39           | 7,16  | 8,76            | 5,71  | 10,03           | 11,61 |
| Barra de São Miguel           | 11,00           | 1,68  | 38,56           | 3,53  | 7,36            | 3,03  | 11,94           | 7,79  | 4,68            | 5,42  |
| Coqueiro Seco                 | 7,51            | 1,15  | 14,73           | 1,35  | 1,40            | 0,58  | 1,59            | 1,03  | 4,07            | 4,71  |
| Maceió                        | 154,40          | 23,64 | 175,63          | 16,06 | 92,21           | 37,94 | 39,61           | 25,84 | 17,19           | 19,90 |
| Marechal Deodoro              | 47,54           | 7,28  | 154,93          | 14,16 | 29,57           | 12,17 | 46,37           | 30,24 | 20,49           | 23,72 |
| Messias                       | 37,34           | 5,72  | 54,16           | 4,95  | 18,77           | 7,72  | 1,13            | 0,74  | -               | -     |
| Murici                        | 176,85          | 27,08 | 185,79          | 16,99 | 35,29           | 14,52 | 5,79            | 3,78  | -               | -     |
| Paripueira                    | 36,39           | 5,57  | 49,67           | 4,54  | 12,18           | 5,01  | 3,92            | 2,56  | 1,31            | 1,52  |
| Pilar                         | 43,17           | 6,61  | 158,70          | 14,51 | 6,42            | 2,64  | 14,80           | 9,65  | 7,89            | 9,13  |
| Rio Largo                     | 82,31           | 12,60 | 176,99          | 16,18 | 19,17           | 7,89  | 13,71           | 8,94  | 5,53            | 6,40  |
| Santa Luzia do Norte          | 7,14            | 1,09  | 11,09           | 1,01  | 1,70            | 0,70  | 1,79            | 1,17  | 6,86            | 7,94  |
| Satuba                        | 6,05            | 0,93  | 17,32           | 1,58  | 1,56            | 0,64  | 3,91            | 2,55  | 8,33            | 9,64  |
| <b>Total (Km<sup>2</sup>)</b> | <b>653,00</b>   |       | <b>1093,83</b>  |       | <b>243,01</b>   |       | <b>153,31</b>   |       | <b>86,38</b>    |       |
| <b>Total (%)</b>              | <b>29,29</b>    |       | <b>49,06</b>    |       | <b>10,90</b>    |       | <b>6,88</b>     |       | <b>3,87</b>     |       |

Quadro 8. Área total das faixas de vulnerabilidade físico-ambiental à enchente/inundação entre os municípios que integram a RMM, Alagoas, Brasil

Fonte: Elaboração própria

A integração dos planos temáticos de informações revelou que os municípios de Messias e Murici não possuem áreas com *muito alta* vulnerabilidade físico-ambiental à enchente/inundação. Tal fato pode estar associado às limitações da base de dados cartográfica, utilizada em termos de escala, especialmente na parcela da área correspondente ao município de Murici. Isso não significa que no caso específico de Murici, que já possui registradas em seu histórico diversas ocorrências de enchentes e/ou inundações, a inexistência dessas áreas consideradas como *muito alta* vulnerabilidade reduz a insegurança iminentemente presente entre as demais faixas de vulnerabilidade.

Dentre os municípios da RMM que possuem áreas consideradas como *muito alta* vulnerabilidade, as cidades de Marechal Deodoro, Maceió e Barra de Santo reúnem as maiores extensões de terras com *muito alta* vulnerabilidade à enchente/inundação, respectivamente 20,49km<sup>2</sup>, 17,19km<sup>2</sup> e 10,03km<sup>2</sup>

## **Delimitação das áreas de vulnerabilidade socioambiental**

O mapeamento da vulnerabilidade socioambiental da RMM foi realizado a partir da integração dos cartogramas de vulnerabilidade físico-ambiental relacionados a deslizamento de terra, à enchente/inundação e aos índices de vulnerabilidade social. Os resultados descritos a seguir revelam que os municípios que integram a RMM possuem variados graus de vulnerabilidade socioambiental às precipitações pluviométricas, especificamente aos eventos de deslizamentos de terra (figura 9), enchentes e inundações.

Embora as chuvas intensas sejam capazes de causar prejuízos sociais e econômicos nos espaços rural e urbano, a delimitação da vulnerabilidade socioambiental restringiu-se às áreas e sítios urbanos dos municípios que integram a RMM. Tal decisão advém do fato de que os adensamentos populacionais urbanos possuem um representativo histórico de ocorrências capaz de permitir a aferição dos resultados a partir da avaliação da opinião da população acerca dos problemas mapeados.

Portanto, a fim de se aproveitar os resultados obtidos da combinação espacial dos referidos cartogramas, optou-se pela mensuração das áreas e a contagem do número de ocorrência por setores censitários que, nesse caso, também podem oferecer informações úteis para fins de planejamento, pois, além de corresponder a um limite físico conhecido e respeitar a divisão intermunicipal, a referida unidade mapeada também conta complementarmente com os dados dos levantamentos censitários de diferentes períodos.

Cabe ressaltar que a combinação dos referidos cartogramas revelou que em um mesmo setor censitário podem coexistir áreas com distintos graus de vulnerabilidade socioambiental. Assim sendo, ao longo dos 1.282 setores censitários urbanos mapeados no último levantamento censitário do IBGE em 2010, foram identificadas 2.405 ocorrências de vulnerabilidade socioambiental a deslizamento de terra (quadro 9).

Analisando o quadro 9 é possível identificar que os sítios urbanos dos municípios que integram a RMM são pouco adensados e relativamente pequenos, sendo o mais representativo deles o da capital alagoana. Embora tal fato revele que a área de estudo ainda apresente uma moderada consolidação urbana, essa situação pode oferecer aos especialistas em gestão e planejamento, um cenário auspicioso para proposição de modelos de desenvolvimento que considere a sustentabilidade como variável determinante na configuração socioespacial e ambiental das cidades.

| Município               | Muito Baixa |      | Baixa        |      | Média        |      | Alta         |      | Muito Alta  |      |
|-------------------------|-------------|------|--------------|------|--------------|------|--------------|------|-------------|------|
|                         | qtd         | %    | qtd          | %    | qtd          | %    | qtd          | %    | qtd         | %    |
| Barra de Santo Antônio  | 0           | 0,0  | 7            | 1,1  | 10           | 1,2  | 10           | 1,7  | 3           | 2,4  |
| Barra de São Miguel     | 2           | 0,9  | 15           | 2,4  | 3            | 0,3  | 1            | 0,2  | 0           | 0,0  |
| Coqueiro Seco           | 0           | 0,0  | 4            | 0,6  | 4            | 0,5  | 4            | 0,7  | 1           | 0,8  |
| Maceió                  | 191         | 88,8 | 496          | 79,5 | 707          | 81,5 | 477          | 83,0 | 102         | 82,9 |
| Marechal Deodoro        | 10          | 4,7  | 33           | 5,3  | 21           | 2,4  | 12           | 2,1  | 2           | 1,6  |
| Messias                 | 0           | 0,0  | 1            | 0,2  | 11           | 1,3  | 7            | 1,2  | 0           | 0,0  |
| Murici                  | 1           | 0,5  | 9            | 1,4  | 14           | 1,6  | 3            | 0,5  | 0           | 0,0  |
| Paripueira              | 2           | 0,9  | 9            | 1,4  | 6            | 0,7  | 6            | 1,0  | 2           | 1,6  |
| Pilar                   | 4           | 1,9  | 10           | 1,6  | 25           | 2,9  | 17           | 3,0  | 2           | 1,6  |
| Rio Largo               | 2           | 0,9  | 26           | 4,2  | 52           | 6,0  | 30           | 5,2  | 10          | 8,1  |
| Santa Luzia do Norte    | 0           | 0,0  | 5            | 0,8  | 5            | 0,6  | 4            | 0,7  | 0           | 0,0  |
| Satuba                  | 3           | 1,4  | 9            | 1,4  | 10           | 1,2  | 4            | 0,7  | 1           | 0,8  |
| <b>Total (absoluto)</b> | <b>215</b>  |      | <b>624</b>   |      | <b>868</b>   |      | <b>575</b>   |      | <b>123</b>  |      |
| <b>Total (%)</b>        | <b>8,94</b> |      | <b>25,95</b> |      | <b>36,09</b> |      | <b>23,91</b> |      | <b>5,11</b> |      |

Quadro 9. Número de ocorrências entre os setores censitários de áreas com vulnerabilidade socioambiental a deslizamento de terra.

Fonte: Elaboração própria

Observando o quadro 9 é possível constatar o predomínio das áreas de *média* vulnerabilidade socioambiental entre os setores censitários, em torno de 868 ocorrências. Na sequência, destacam-se as áreas de *baixa* e *alta* vulnerabilidades socioambientais, respectivamente, com 624 e 575 ocorrências identificadas entre os setores censitários. A cidade de Maceió concentrou o maior número de ocorrências, em torno de 82,04% (1.973) do quantitativo registrado. Embora a *média* vulnerabilidade socioambiental tenha registrado o maior número de ocorrências entre os municípios que integram a RMM, ainda analisando o quadro 9, é possível verificar que nas cidades de Barra de São Miguel e Marechal Deodoro predominaram as áreas com *baixa* vulnerabilidade socioambiental, respectivamente, 15 e 33 ocorrências. Em ambos os casos, tal situação está associada ao fato de que os principais adensamentos urbanos encontram-se localizados em áreas propensas à enchente e/ou inundação.

As áreas urbanas mapeadas com algum grau de vulnerabilidade socioambiental a deslizamento de terra ocupam uma extensão de 395,99km<sup>2</sup>. No entanto, é possível verificar que o somatório das áreas com *média*, *alta* e *muito alta* vulnerabilidades socioambientais correspondem a aproximadamente 59,21% (195,40 km<sup>2</sup>), conforme quadro 10. A maior parte possui *média* vulnerabilidade socioambiental, em torno de 109,57km<sup>2</sup> (33,87%), e as áreas delimitadas com *muito baixa* e *baixa* vulnerabilidades socioambientais possuem, respectivamente, 20,13km<sup>2</sup> (6,22%) e 107,94km<sup>2</sup> (33,37%).

Portanto, pela análise do quadro 10 e figura 9, é possível verificar que as cidades que integram a RMM apresentaram algum grau de vulnerabilidade socioambiental a

deslizamento de terra. Pode-se dizer que o histórico de ocorrências da RMM relacionado ao problema em questão corrobora os resultados obtidos. Tal fato torna-se mais evidente quando observadas, de maneira individualizada, as cidades que integram a referida área de estudo.

| Município                     | Muito Baixa     |       | Baixa           |       | Média           |       | Alta            |       | Muito Alta      |       |
|-------------------------------|-----------------|-------|-----------------|-------|-----------------|-------|-----------------|-------|-----------------|-------|
|                               | km <sup>2</sup> | %     | km <sup>2</sup> | %     | km <sup>2</sup> | %     | km <sup>2</sup> | %     | km <sup>2</sup> | %     |
| Barra de Santo Antônio        | -               | -     | 7,25            | 6,72  | 8,00            | 7,30  | 4,68            | 5,76  | 0,11            | 2,37  |
| Barra de São Miguel           | 0,15            | 0,75  | 4,91            | 4,54  | 0,39            | 0,35  | 0,15            | 0,19  | -               | -     |
| Coqueiro Seco                 | -               | -     | 0,25            | 0,23  | 0,60            | 0,54  | 0,71            | 0,87  | 0,02            | 0,54  |
| Maceió                        | 16,93           | 84,09 | 45,93           | 42,55 | 70,24           | 64,10 | 60,20           | 74,09 | 3,76            | 82,02 |
| Marechal Deodoro              | 2,11            | 10,50 | 40,14           | 37,19 | 9,06            | 8,27  | 3,38            | 4,16  | 0,03            | 0,66  |
| Messias                       | -               | -     | -               | -     | 1,96            | 1,78  | 0,25            | 0,31  | -               | -     |
| Murici                        | -               | -     | 1,02            | 0,95  | 1,40            | 1,28  | 0,30            | 0,37  | -               | -     |
| Paripueira                    | 0,11            | 0,54  | 4,53            | 4,19  | 0,62            | 0,56  | 0,64            | 0,79  | 0,12            | 2,57  |
| Pilar                         | 0,42            | 2,11  | 0,51            | 0,47  | 7,61            | 6,94  | 2,03            | 2,50  | 0,02            | 0,50  |
| Rio Largo                     | 0,03            | 0,15  | 1,73            | 1,60  | 8,24            | 7,52  | 7,91            | 9,74  | 0,46            | 10,04 |
| Santa Luzia do Norte          | -               | -     | 0,93            | 0,86  | 0,57            | 0,52  | 0,60            | 0,73  | -               | -     |
| Satuba                        | 0,38            | 1,87  | 0,75            | 0,69  | 0,90            | 0,82  | 0,39            | 0,48  | 0,06            | 1,30  |
| <b>Total (km<sup>2</sup>)</b> | <b>20,13</b>    |       | <b>107,94</b>   |       | <b>109,57</b>   |       | <b>81,25</b>    |       | <b>4,58</b>     |       |
| <b>Total (%)</b>              | <b>6,22</b>     |       | <b>33,37</b>    |       | <b>33,87</b>    |       | <b>25,12</b>    |       | <b>1,42</b>     |       |

Quadro 10. Áreas dos municípios por faixa de vulnerabilidade socioambiental a deslizamento de terra.

Fonte: Elaboração própria

Assim sendo, todas as cidades possuem alguma parcela da área ou sítio urbano com *média* e *alta* vulnerabilidades socioambientais a deslizamento de terra. Do total de área com *média* vulnerabilidade socioambiental, aproximadamente, 64,10% (70,24km<sup>2</sup>) estão situadas na cidade de Maceió. No caso das áreas com *alta* vulnerabilidade socioambiental, destacam-se as cidades de Barra de Santo Antônio (5,76%), Rio Largo (9,74%) e Maceió (74,09%).

Dentre as razões capazes de explicar tais ocorrências, uma delas está relacionada ao processo desordenado de ocupação das encostas e vales das referidas cidades; este, por sua vez, está associado às migrações humanas decorrentes do declínio da agroindústria sucroalcooleira e do prolongamento da estiagem na região semiárida.

As áreas consideradas como *muito alta* vulnerabilidade socioambiental a deslizamento de terra ocupam uma extensão de 4,58km<sup>2</sup>. Dentre estas, destacam-se, por um lado, as cidades de Barra de Santo Antônio, Paripueira, Rio Largo e Maceió (quadro 10), sendo sozinhas responsáveis por 97,00% (4,44km<sup>2</sup>). Por outro lado, as áreas com *muito baixa* e *baixa* vulnerabilidades socioambientais ocupam uma extensão, respectivamente, de 20,13km<sup>2</sup> (6,10%) e 107,94km<sup>2</sup> (32,71%). A maior parte das áreas com *baixa* vulnerabilidade socioambiental está localizada nas cidades de Maceió e Mare-



chal Deodoro, sendo juntas responsáveis por 79,74% das áreas delimitadas. Já no caso das áreas com *muito baixa* vulnerabilidade socioambiental ao deslizamento de terra, as cidades de Maceió e Marechal Deodoro, juntas, concentram as maiores extensões em suas áreas urbanas, em torno de 94,59%.

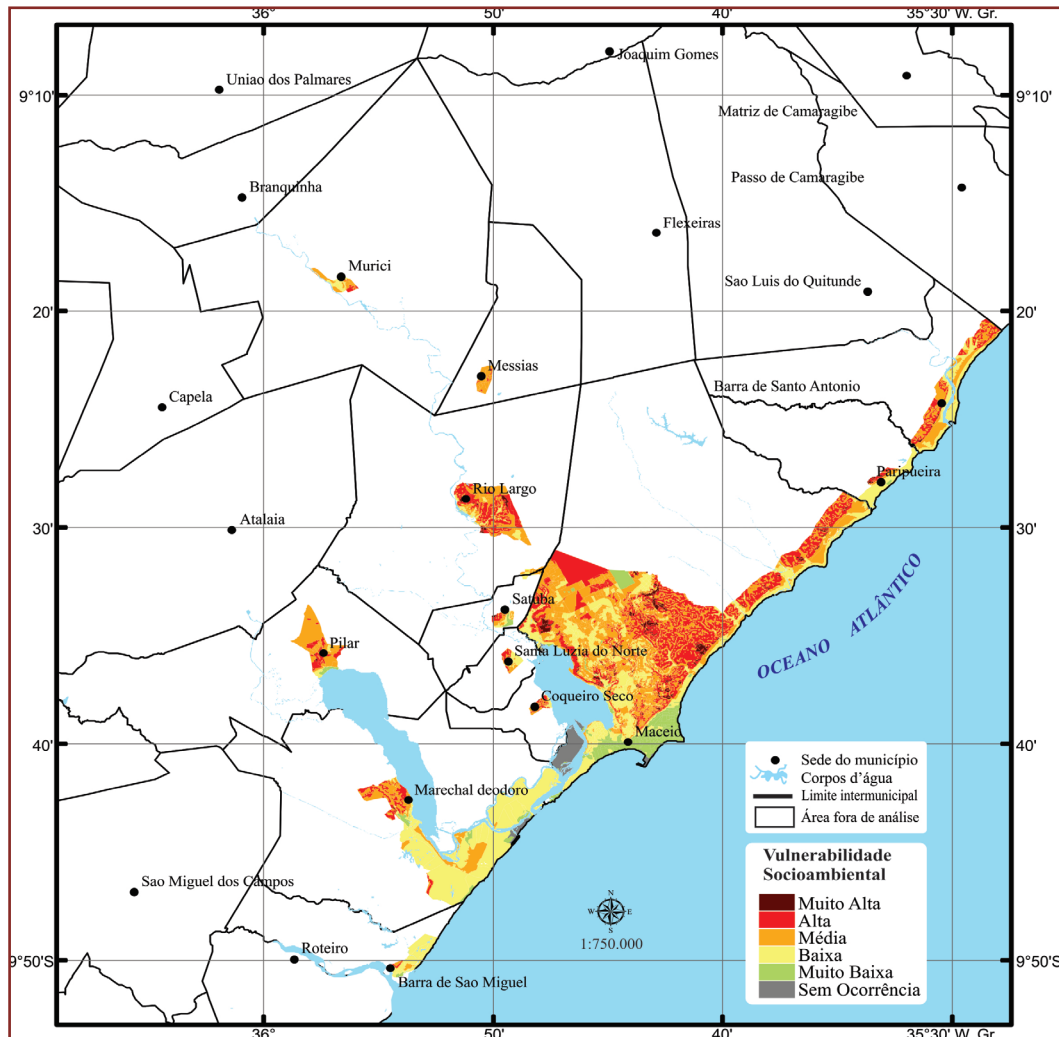


Figura 9. Distribuição espacial das áreas de vulnerabilidade socioambiental a deslizamento de terra entre as cidades que integram a RMM, Alagoas, Brasil.

Fonte: Elaboração própria

Conforme destacado anteriormente, o cruzamento dos cartogramas utilizados para determinação da vulnerabilidade socioambiental identificou que em um mesmo setor censitário pode existir mais de um grau de vulnerabilidade. Por essa razão, cabe esclarecer que os quantitativos referentes aos domicílios e moradores tratam de estimativas baseadas no percentual de área ocupada por cada faixa. Assim sendo, observando o quadro 11, é possível verificar que uma parcela significativa dos habitantes das cidades que integram a RMM reside em áreas com *média* vulnerabilidade socioambiental a deslizamento de terra, em torno de 264.660 moradores.

| Faixa de Vulnerabilidade Socioambiental a Deslizamento de Terra | Área            |       | Estimativa* |           |
|---|-----------------|-------|-------------|-----------|
|   | km <sup>2</sup> | %     | Domicílios  | Moradores |
| Muito Baixo   | 20,127          | 6,10  | 3.375       | 10.630    |
| Baixo   | 107,941         | 32,71 | 54.628      | 188.956   |
| Médio   | 109,566         | 33,20 | 75.029      | 264.660   |
| Alta  | 81,252          | 24,62 | 36.502      | 130.540   |
| Muito Alta  | 4,584           | 1,39  | 406         | 1.477     |

Quadro 11. Estimativa dos moradores por faixa de vulnerabilidade socioambiental a deslizamento de terra da RMM, Alagoas, Brasil

Fonte: Elaboração própria\*Baseado no percentual da área.

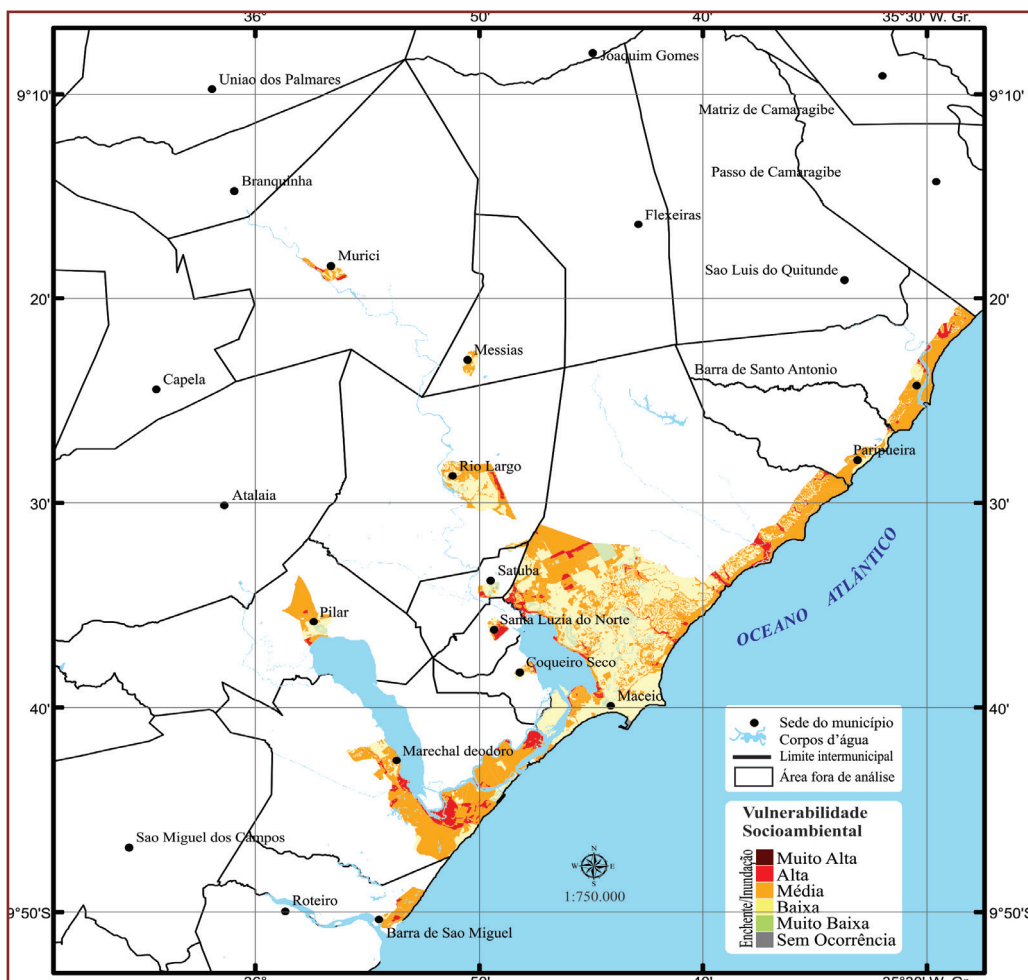


Figura 10. Distribuição espacial das áreas de vulnerabilidade socioambiental a enchente/inundação em cidades que integram a RMM.

Fonte: Elaboração própria

Já os quantitativos estimados nas áreas consideradas como *alta* (130.540 moradores) e *muito alta* (1.477 moradores) vulnerabilidades socioambientais perfazem um efetivo populacional de 132.017 moradores. Ao se considerar o resultado do úl-

timo levantamento censitário realizado pelo IBGE, este total se aproxima do efetivo de habitantes nas aglomerações subnormais existentes na RMM que foi de 123.163 moradores.

No caso das áreas vulneráveis aos problemas de enchentes ou inundações localizadas nos sítios urbanos, a combinação dos cartogramas de vulnerabilidade físico-ambiental e do índice de vulnerabilidade social permitiu identificar 2.094 ocorrências (figura 10).

Deste total, em torno de 910 ocorrências possuem *baixa* vulnerabilidade socioambiental e 806 ocorrências são consideradas como *média* vulnerabilidade (quadro 12). Juntas, essas duas faixas de vulnerabilidade são responsáveis por 81,95% das ocorrências registradas entre os setores censitários urbanos que integram a área de estudo.

O quadro 12 mostra ainda que a cidade de Maceió foi a única a apresentar muito alta vulnerabilidade socioambiental à enchente/inundação. Embora algumas cidades da RMM tenham em seus históricos de ocorrências registros de enchentes e inundações, os problemas mais frequentes associados às chuvas intensas ainda continuam sendo mais comuns na referida capital alagoana.

Também se observou que 210 ocorrências possuem *alta* vulnerabilidade socioambiental à enchente/inundação; a maior parte se localiza nas cidades de Maceió, Marechal Deodoro e Rio Largo (quadro 12).

| Município            | Muito Baixa |       | Baixa        |       | Média        |       | Alta         |       | Muito Alta  |        |
|----------------------|-------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|-------------|--------|
|                      | qtd         | %     | qtd          | %     | qtd          | %     | qtd          | %     | qtd         | %      |
| Barra de Sto Antônio | -           | -     | 8            | 0,88  | 11           | 1,36  | 6            | 2,86  | -           | -      |
| Barra de São Miguel  | -           | -     | 4            | 0,44  | 15           | 1,86  | 4            | 1,90  | -           | -      |
| Coqueiro Seco        | -           | -     | 4            | 0,44  | 4            | 0,50  | 3            | 1,43  | -           | -      |
| Maceió               | 142         | 87,12 | 760          | 83,52 | 619          | 76,80 | 151          | 71,90 | 4           | 100,00 |
| Marechal Deodoro     | 4           | 2,45  | 18           | 1,98  | 38           | 4,71  | 18           | 8,57  | -           | -      |
| Messias              | -           | -     | 10           | 1,10  | 11           | 1,36  | -            | -     | -           | -      |
| Murici               | -           | -     | 13           | 1,43  | 17           | 2,11  | 5            | 2,38  | -           | -      |
| Paripueira           | -           | -     | 11           | 1,21  | 10           | 1,24  | 5            | 2,38  | -           | -      |
| Pilar                | 4           | 2,45  | 19           | 2,09  | 25           | 3,10  | 4            | 1,90  | -           | -      |
| Rio Largo            | 7           | 4,29  | 49           | 5,38  | 44           | 5,46  | 7            | 3,33  | -           | -      |
| Santa Luzia do Norte | -           | -     | 4            | 0,44  | 4            | 0,50  | 5            | 2,38  | -           | -      |
| Satuba               | 6           | 3,68  | 10           | 1,10  | 8            | 0,99  | 2            | 0,95  | -           | -      |
| <b>Total (qtd)</b>   | <b>163</b>  |       | <b>910</b>   |       | <b>806</b>   |       | <b>210</b>   |       | <b>4</b>    |        |
| <b>Total (%)</b>     | <b>7,79</b> |       | <b>43,48</b> |       | <b>38,51</b> |       | <b>10,03</b> |       | <b>0,19</b> |        |

Quadro 12. Número de ocorrências entre os setores censitários urbanos das áreas com vulnerabilidade socioambiental à enchente/inundação.

Fonte: Elaboração própria

Este resultado corrobora com o histórico de problemas registrados pelas equipes de defesa civil desses referidos municípios, que destacaram durante as visitas técnicas realizadas às coordenadorias municipais de defesa civil problemas associados a alagamento e deslizamento de terra. De maneira geral, os episódios de enchentes e/ou inundações que afetam os municípios da região metropolitana têm causado mais prejuízos nas áreas situadas às margens do rio Mundaú e das maiores lagunas do estado de Alagoas, a Manguaba e Mundaú

No que se refere à extensão territorial das áreas urbanas, destacam-se aquelas com *média* vulnerabilidade socioambiental à enchente/inundação, as quais ocupam uma parcela de 162,96km<sup>2</sup>, em torno de 49,38%. Ao se analisar o quadro 13, é possível constatar que, dentre as cidades mais representativas com *média* vulnerabilidade socioambiental, assumem posições de destaques Maceió (48,49%) e Marechal Deodoro (24,24%). Em ambas as cidades, as localidades mais afetadas pelas enchentes e inundações durante o período chuvoso estão situadas às margens do sistema lagunar mundaú-manguaba.

Do total de áreas urbanas mapeadas como vulneráveis à enchente/inundação, aquelas com *baixa* vulnerabilidade socioambiental registraram a segunda maior extensão, o que ocupa uma área de 129,15km<sup>2</sup>, em torno de 39,14%. Já as áreas com *alta* e *muito alta* vulnerabilidades socioambientais correspondem, respectivamente a 25,70km<sup>2</sup> (7,79%) e 0,03km<sup>2</sup> (0,01%). As cidades de Maceió, Marechal Deodoro, Pilar, Rio Largo e Satuba concentram as áreas mapeadas com *muito baixa* vulnerabilidade socioambiental.

| Município                     | Muito Baixa     |       | Baixa           |       | Média           |       | Alta            |       | Muito Alta      |        |
|-------------------------------|-----------------|-------|-----------------|-------|-----------------|-------|-----------------|-------|-----------------|--------|
|                               | km <sup>2</sup> | %     | km <sup>2</sup> | %     | km <sup>2</sup> | %     | km <sup>2</sup> | %     | km <sup>2</sup> | %      |
| Barra de Santo Antônio        | -               | -     | 2,58            | 2,00  | 15,69           | 9,63  | 1,73            | 6,73  | -               | -      |
| Barra de São Miguel           | -               | -     | 0,24            | 0,18  | 4,97            | 3,05  | 0,39            | 1,51  | -               | -      |
| Coqueiro Seco                 | -               | -     | 0,68            | 0,53  | 0,69            | 0,43  | 0,20            | 0,78  | -               | -      |
| Maceió                        | 9,43            | 79,97 | 102,95          | 79,71 | 79,02           | 48,49 | 10,89           | 42,37 | 0,03            | 100,00 |
| Marechal Deodoro              | 0,89            | 7,57  | 5,85            | 4,53  | 39,50           | 24,24 | 9,43            | 36,68 | -               | -      |
| Messias                       | -               | -     | 1,08            | 0,84  | 1,13            | 0,69  | -               | -     | -               | -      |
| Murici                        | -               | -     | 0,70            | 0,54  | 1,52            | 0,93  | 0,51            | 1,97  | -               | -      |
| Paripueira                    | -               | -     | 1,89            | 1,47  | 3,97            | 2,44  | 0,14            | 0,55  | -               | -      |
| Pilar                         | 0,62            | 5,24  | 2,23            | 1,73  | 7,41            | 4,55  | 0,34            | 1,32  | -               | -      |
| Rio Largo                     | 0,21            | 1,82  | 9,38            | 7,26  | 7,96            | 4,89  | 0,81            | 3,15  | -               | -      |
| Santa Luzia do Norte          | -               | -     | 0,50            | 0,39  | 0,55            | 0,34  | 1,04            | 4,05  | -               | -      |
| Satuba                        | 0,64            | 5,40  | 1,06            | 0,82  | 0,53            | 0,33  | 0,23            | 0,88  | -               | -      |
| <b>Total (km<sup>2</sup>)</b> | <b>11,79</b>    |       | <b>129,15</b>   |       | <b>162,96</b>   |       | <b>25,70</b>    |       | <b>0,03</b>     |        |
| <b>Total (%)</b>              | <b>3,58</b>     |       | <b>39,18</b>    |       | <b>49,44</b>    |       | <b>7,80</b>     |       | <b>0,01</b>     |        |

Quadro 13. Áreas por faixas de vulnerabilidade socioambiental à enchente/inundação de municípios da RMM.

Fonte: Elaboração própria

Todas as cidades que integram a RMM possuem algum grau de vulnerabilidade à enchente/inundação, sendo as mais críticas, isto é, aquelas com *alta* e *muito alta* vulnerabilidades socioambientais Maceió, Marechal Deodoro, Barra de Santo Antônio, Santa Luzia do Norte e Rio Largo. Juntas, essas cinco cidades representam 7,24% da área urbana consideradas como *alta* e *muito alta* vulnerabilidades socioambientais, em torno de 23,92km<sup>2</sup>. Embora a dimensão do conjunto de áreas circunscritas aos referidos graus de vulnerabilidade seja aparentemente inexpressiva, a concentração de habitantes dessas localidades assevera a relevância dos planos de contingenciamento destinadas a reduzir os eventuais prejuízos sociais e econômicos decorrentes dos episódios de enchentes e inundações.

No caso específico da cidade de Maceió, as áreas mapeadas como *muito alta* vulnerabilidade socioambiental à enchente/inundação ocupam uma extensão de 0,03km<sup>2</sup> (3,00 hectares) e concentram uma população de aproximadamente 3.321 moradores.

| Faixa de Vulnerabilidade Socioambiental à Enchente/Inundação | Área            |       | Estimativa* |           |
|--|-----------------|-------|-------------|-----------|
|  | km <sup>2</sup> | %     | Domicílios  | Moradores |
| Muito Baixo  | 11,787          | 3,57  | 1.549       | 5.266     |
| Baixo  | 129,155         | 39,14 | 94.588      | 324.145   |
| Médio  | 162,958         | 49,38 | 103.703     | 368.724   |
| Alta   | 25,698          | 7,79  | 3.778       | 13.652    |
| Muito Alta   | 0,026           | 0,01  | 903         | 3.321     |

Quadro 14. Estimativa dos moradores por faixa de vulnerabilidade socioambiental à enchente/inundação da RMM, Alagoas, Brasil

Fonte: Elaboração própria \*Baseado no percentual da área.

Assim como as localidades vulneráveis a deslizamento de terra, também foi possível verificar que em um mesmo setor censitário podem ser encontradas áreas com diferentes graus de vulnerabilidade socioambiental à enchente/inundação. Dessa maneira, ao se analisar o quadro 14, constatou-se que a maior parte dos habitantes das cidades que integram a RMM está localizada nas áreas com *média* vulnerabilidade socioambiental à enchente/inundação, em torno de 368.724 moradores.

As áreas mapeadas com *alta* vulnerabilidade socioambiental à enchente/inundação são constituídas por um efetivo estimado de 3.778 domicílios, os quais são ocupados por uma população estimada de 13.652 moradores. Em geral, o histórico de ocorrências relacionados aos episódios de enchentes/inundações em algumas das cidades que integram a RMM tem sido marcado pela precipitação pluviométrica intensa, às vezes potencializada pelo aumento da vazão de defluência das barragens instaladas ao longo dos rios Manguaba e Mundaú.

De maneira geral, o mapeamento a partir da combinação dos cartogramas temáticos permitiu identificar as áreas pertencentes às cidades que integram a RMM, ao se detalhar os graus variados de vulnerabilidade socioambiental tanto relacio-



nados aos deslizamentos de terras, bem como aos problemas de enchentes/inundações. Na prática, os resultados obtidos indicam que uma parcela significativa dos adensamentos populacionais urbanos se encontram em situação vulnerável às chuvas intensas.

## Conclusões

A partir dos levantamentos de campo e das análises espaciais realizadas por meio da combinação de cartogramas digitais, foi possível atender à finalidade principal desta pesquisa: avaliar e caracterizar os indicadores socioambientais úteis para composição de níveis de vulnerabilidade aos eventos extremos de precipitação pluviométrica. Nesse sentido, as técnicas desenvolvidas no âmbito das geotecnologias contribuíram decisivamente para a construção dos procedimentos metodológicos, alicerçando as análises socioespaciais. Assim sendo, os resultados descritos mostraram que todos os municípios que integram a RRM possuem algum grau de vulnerabilidade socioambiental decorrentes das chuvas intensas relacionados aos deslizamentos de terra, enchentes e/ou inundação. As motivações socioeconômicas desempenham papel preponderante na identificação das faixas de vulnerabilidade, revelando, além do baixo padrão de vida das populações, as condições precárias da maioria dos bairros ou adensamentos populacionais pertencentes à RMM. No que se refere ao uso do solo e cobertura vegetal, foi possível constatar a partir da classificação visual das imagens de satélite que a cana-de-açúcar (39,02%) e as pastagens (18,89%) são as classes predominantes, ocupando juntas aproximadamente 57,91% da referida área de estudo.

Embora o processo de urbanização entre as cidades que integram a RMM aconteça de maneira irregular e desigual, observou-se que a maioria das famílias residentes em áreas vulneráveis as chuvas intensas procuraram estas localidades, entre outros fatores, devido ao declínio econômico e político do setor sucroalcooleiro e pelos problemas decorrentes dos longos períodos de estiagem nas regiões semiáridas. Portanto, além dos prejuízos ambientais, econômicos e sociais causados ao estado de Alagoas pelo insucesso da monocultura da cana-de-açúcar<sup>18</sup>, um novo colapso no setor sucroalcooleiro poderá contribuir para o aumento da ocupação irregular nas cidades da RMM.

De maneira geral, as populações residentes nas áreas vulneráveis aos problemas de deslizamento de terra e enchente/inundação, sobretudo aquelas situadas em áreas urbanas já consideradas de riscos iminentes, encontram-se relativamente fragilizadas sob o ponto de vista social. De acordo com os resultados, em torno de 55,87% dos setores censitários pertencentes à RRM possuem entre média, alta e muito alta vulnerabilidade social. A área de estudo possui alta vulnerabilidade social, isto é, IVS médio equivalente a 0.402, mas o município de Coqueiro Seco foi considerado como muito alta vulnerabilidade social, com IVS médio correspondente a 0.514.

---

18 Lima, 1998.

As características fisiográficas reúnem elementos indispensáveis para composição dos indicadores socioambientais, amplificando a capacidade da análise espacial sobre as áreas socialmente vulneráveis. Assim, o geoprocessamento assumiu posição de destaque, pois a integração espacial das variáveis temáticas selecionadas para identificação das áreas de vulnerabilidade físico-ambiental somente foi possível devido à capacidade operacional desse recurso tecnológico. A partir da combinação entre os diferentes planos temáticos, verificou-se que em torno de 44,12% da área de estudo possuem entre média, alta e muito alta vulnerabilidade físico-ambiental ao deslizamento de terra. No caso das áreas vulneráveis à enchente/inundação, em torno de 74,17% da totalidade da área possuem entre muito baixa e baixa vulnerabilidade.

Diante dessa constatação, observou-se que a ocorrência desses variados tipos de eventos ou desastres na RMM depende da interveniência das chuvas e da conjugação de fatores naturais e antropogênicos. Por conseguinte, é possível admitir que toda área de risco de deslizamento de terra, enchente ou inundação pode ser considerada potencialmente vulnerável. Isso significa reconhecer a amplitude dos resultados obtidos, bem como a inegável contribuição ao planejamento e gestão territorial.

## Bibliografia

- ANDRADE, M. C. *Usinas e Destilarias em Alagoas*. Maceió: EDUFAL, 2. ed., v. 1, 140 p. 2010.
- CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. *Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial*. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, Santa Maria-RS, 103 p. 2001.
- GAMBA, C.; RIBEIRO, W. C. Indicador e Avaliação da Vulnerabilidade Socioambiental no município de São Paulo. *GEOUSP - Espaço e Tempo*, São Paulo, n. 31, Especial, p. 19 - 31, 2012.
- HOGAN, D. J.; CUNHA, J. M. P.; CARMO, R. L.; OLIVEIRA, A. B. Urbanização e vulnerabilidade sócio-ambiental: o caso de Campinas. In: HOGAN, D. J.; CUNHA, J. M. P.; CARMO, R. L.; OLIVEIRA, A. B (orgs.) *Migração e ambiente nas aglomerações urbanas*. Campinas: NEPO/UNICAMP, p.397-418. 2001.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Setores Censitários do estado de Alagoas*, 2010.
- IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. *Atlas da Vulnerabilidade Social dos Municípios Brasileiros*. Brasília-DF, 77p. 2015.
- LIMA, A. A. A crise que vem do verde da cana: uma interpretação da crise financeira do Estado de Alagoas no período 1988-96. Maceió: Edufal, Série Apontamentos, 30, 1998. 74 p.

- MEDEIROS, M. D.; PEREIRA, V. H. C.; ALMEIDA, L. Q. Áreas de Vulnerabilidade Ambiental na zona oeste de Natal/ RN/ Brasil. *Revista Geonorte*, Edição Especial, v. 1, n. 4, p.474 – 486, 2012.
- NASCIMENTO, M.C. Contribuição metodológica para seleção de indicadores de vulnerabilidade socioambiental por meio das geotecnologias à Região Metropolitana de Maceió. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente – UNESP. Rio Claro-SP, 212 p. 2016.
- NOU, E.A.V.; BEZERRA, L.M.M.; DANTAS, M. Geomorfologia. In: Brasil, Ministério das Minas e Energia, Secretaria Geral, Projeto Radambrasil. Folhas SC. 24/25 Aracaju/Recife. Rio de Janeiro: DIPUB/RADAMBRASIL, 1983. p. 347-443 (Série: LRN. V. 30).
- RESENDE, M.; NILTON, C. REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. *Pedologia*: base para distinção de ambientes. Viçosa: NEPUT, 4 ed, 338 p. 2002.
- ROSS, J. L. S. *Geomorfologia: Ambiente e Planejamento*. São Paulo: Contexto, 2. ed. 85 p., 1991.
- SILVEIRA, A. F.; BUENO, L. M. M. *Sustentabilidade e Vivências em uma Bacia Hidrográfica Urbana: resultados de intervenções recentes*, Campinas/SP, Brasil. Encontro de Geógrafos de América Latina, Perú, p. 1-18, 2013.
- TROPMAIR, H. A. *Metodologia simples para pesquisar o meio ambiente*. Rio Claro: 1988, 232 p.

© Copyright: Melchior Carlos do Nascimento, 2019

© Copyright: Biblio3W, 2019.

Ficha bibliográfica:

NASCIMENTO, Melchior Carlos do. Problemas socioambientais causados pelas chuvas em cidades da Região Metropolitana de Maceió, Brasil. *Biblio3W, Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*. Barcelona: Universidad de Barcelona, 20 de agosto de 2019, vol. XXIV, nº 1.276. [ISSN: 1138-9796]