



## Índice de Vulnerabilidade Socioambiental (IVSA): Estudo de Caso do Bairro de Mãe Luíza – Natal/RN, Brasil em Escala de Detalhe

Ana Beatriz Câmara MACIEL<sup>1</sup>, Yuri Marques MACEDO<sup>2</sup>, Lutiane Queiroz de ALMEIDA<sup>3</sup>

**Resumo:** Este artigo tem como objetivo a elaboração de indicadores de risco relacionados a desastres socioambientais, sobre concepção teórico-metodológica dos estudos sobre o tema em Geografia. Tem como estudo de caso o bairro Mãe Luíza, em Natal, Estado do Rio Grande do Norte, cuja escolha se deu pela ocorrência de desastres socioambientais. Visa evidenciar como foi transposto o desafio de produção de metodologia para análise do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental (IVSA) exequível em escala de detalhe, de maneira mais simplificada possível. Para composição do IVSA, foram produzidos e correlacionados dois índices: o Índice de Vulnerabilidade Social (IVS); e o Índice de Exposição Físico-natural aos Movimentos de Massa (IEMM), com base em questionário aplicado em malha regular. Foram definidas cinco classes de IVSA para o bairro: Muito baixo; Baixo; Médio; Alto; e Muito Alto. Com a espacialização dos dados, foram encontrados sete núcleos de muito alta vulnerabilidade socioambiental.

**Palavras Chaves:** Áreas de risco; Vulnerabilidade social; Mãe Luíza/Natal-RN.

**Abstract:** This article aims at the development of risk indicators related to environmental disasters, on theoretical and methodological conception of studies on the subject in Geography. Its case study Mãe Luíza district of Natal, Rio Grande do Norte. Choose which was due to occurrence of environmental disasters. It aims to show how the methodology was implemented and the production challenge for analysis of the Environmental Vulnerability Index (IVSA) feasible in detail scale, the more streamlined way possible. For composition of IVSA they were produced and correlated two indices: the Social Vulnerability Index (IVS); and the Exposure Index Physical natural to Mass Movements (IEMM), based on questionnaire in regular grid. IVSA five classes were defined for the district: very low; low; east; high; and very high. With spatial data, were found seven nucleus of very high social and environmental vulnerability.

**Keywords:** Risk Areas; Social Vulnerability; Mãe Luíza/Natal-RN.

<sup>1</sup> Universidade do Rio Grande do Norte - UFRN/DGE

<sup>2</sup> CAERN - Companhia de Água e Esgoto do Rio Grande do Norte

<sup>3</sup> Departamento de Geografia Universidade do Rio Grande do Norte - UFRN/DGE

Autor para correspondência: Ana Beatriz Câmara Maciel

Endereço: Travessa Perito José Lourenço, nº21, Lagoa Nova, Natal/RN. CEP: 59054-655.

E-mail: [anaufrn@yahoo.com.br](mailto:anaufrn@yahoo.com.br)

Recebido em 13 de Novembro de 2015 / Aceito em 20 de Janeiro de 2016.

## 1. INTRODUÇÃO

O artigo apresenta a elaboração de indicadores socioambientais de risco de desastres, presente em áreas de ocupação humana precária associada à intensa dinâmica ambiental, na perspectiva dos estudos sobre esta temática em Geografia. Definiu-se como área de estudo o bairro Mãe Luiza, em Natal, na capital do Estado do Rio Grande do Norte (Figura 1). O local foi escolhido uma vez que, historicamente, apresenta diversas condições de vulnerabilidade e a exposição ao risco de desastres, sobretudo movimentos de massa.

O sítio urbano de Natal está disposto sobre ambientes de tabuleiros – Formação Barreiras; circundados por campos de dunas fixas e móveis; cortados pelas planícies: litorâneas,

fluviais, flúvio-lacustre e flúvio-marinha (OLIVEIRA, 2003). Todos esses ambientes detêm intensas limitações à ocupação urbana, principalmente quando da ausência de infraestrutura de saneamento e drenagem. O bairro está inserido em área de cordão dunar, com sedimentos inconsolidados e arenosos sobre intensa ação erosiva eólica e/ou pluvial, assim como ação de força gravitacional. Associado a esta configuração ambiental tem-se ocupação humana em acentuada declividade com baixo padrão construtivo das residências.

A configuração socioambiental do bairro promove o perigo de movimentos de massa a partir de suas características, que quando combinadas, favorecem tal processo, sendo potencialmente danoso à população residente. Esse processo se

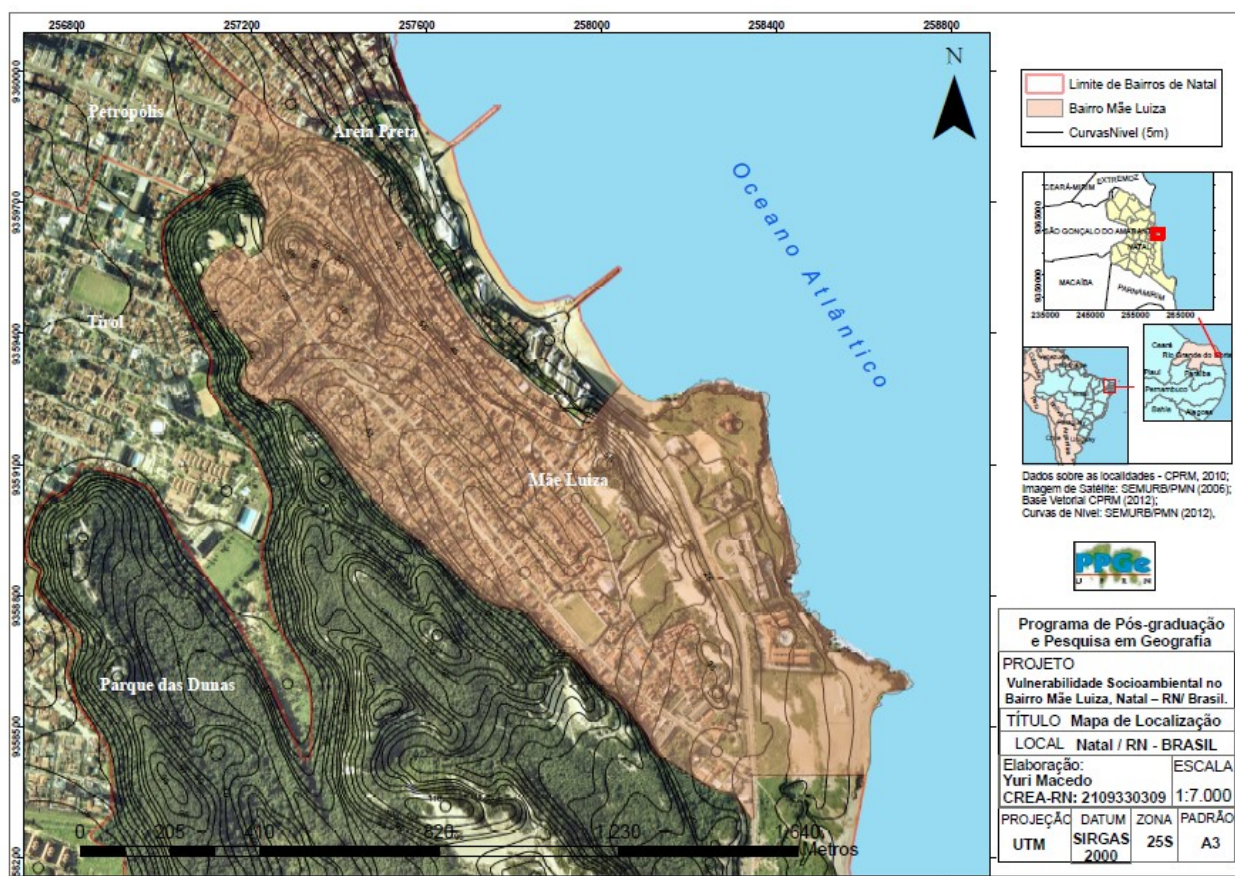


Figura 1 - Mapa de localização do bairro Mãe Luiza, Natal/RN. Elaboração: Yuri Marques Macedo. Baseado em SEMURB/PMN (2006), CPRM (2010), IBGE (2013), em ortofoto de levantamento realizado pela SEMURB/PMN (2006).

constitui num dos principais perigos do Brasil (CASTRO, 1998). Na dinâmica ambiental brasileira tem-se como principais condicionantes dos movimentos de massa: Ação antrópica; Geomorfologia; Geologia; Clima; e Vegetação (AUGUSTO FILHO e VIRGILLI, 1998; GUIDICINI e NIEBLE, 1976; GUIDICINI e NIEBLE, 1984; FERNANDES e AMARAL, 1996; *in* SILVA, 2011).

A população de baixa renda é vulnerável socialmente aos perigos ambientais e tecnológicos, pois não detém recursos necessários para prevenir e se recuperar em caso de ocorrência de sinistros. No momento em que há locais de moradias (bairros, vilas, assentamentos, comunidades, etc) com imbricação da vulnerabilidade social e intensa dinâmica ambiental, há a produção de “Territórios de Risco” (ALMEIDA, 2010). Nesse artigo foi aplicada a uma área com tais características, marcada, em geral, por habitações em situação precária, com risco eminente de desastre. O Bairro Mãe Luiza, em primeira análise, tem os perigos associados à movimentação de massa: quedas, corridas; e/ou escorregamento/deslizamento.

Dessa forma, o objetivo principal elaboração de indicadores socioambientais de risco de desastres, com análise e mapeamento das áreas de risco determinadas pela produção do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental (IVSA) do Bairro Mãe Luiza, Natal-RN. Nesta direção tem-se como objetivos específicos: i) Elaborar discussão conceitual sobre risco e vulnerabilidade, focando nas suas abordagens teórico-metodológicas; ii) Caracterizar o meio físico-natural da área de estudo, assim como os riscos associados no processo de uso e ocupação realizado pela

população no local; iii) Analisar a exposição da população local a riscos naturais e identificar quais são os perigos naturais em que está exposta, e qual o nível de vulnerabilidade diferencialmente disposto no Bairro; iv) Elaborar e analisar o mapa de vulnerabilidade socioambiental da área de estudo, direcionando sugestões e medidas mitigadoras, visando à redução do risco socioambiental encontrado na área.

Na figura 1 foi delineado o recorte espacial da área de estudo para este trabalho. Nota-se, a partir da proximidade das curvas de nível, obtidas em levantamento ortofogramétrico realizado pela Secretaria de Meio Ambiente e Urbanismo de Natal em 2006, com equidistância de um metro. A declividade acentuada na face leste e oeste do bairro, o que está relacionada à configuração do campo dunar; tal como planície interdunar na parte central do bairro pode ser evidenciada pelo afastamento das curvas.

## **2. RISCOS E VULNERABILIDADE: ALGUMAS REFLEXÕES**

Ao estudar as áreas de vulnerabilidade sociais e os riscos naturais de uma localidade deve-se ter em mente a necessidade de se compreender tanto a dinâmica dos elementos naturais que compõem um território, como também os condicionantes sociais que expõem um indivíduo ou grupo de indivíduos a situação de risco. São alguns conceitos fundamentais que foram produzidos por diversos autores ao longo do desenvolvimento desta temática até a atualidade, tais como: Riscos; Perigos; Vulnerabilidade; Desastre; e Catástrofe, são fundamentos dos estudos sobre vulnerabilidade socioambiental.

Para fundamentação deste artigo

foram utilizados os conceitos de Risco e Perigo propostos por Veyret (2007) e Smith (2001), respectivamente. Tais autores se enquadram como expoentes do desenvolvimento desta vertente da Geografia, assim como Blaikie *et al.* (1994), do qual utilizou-se o conceito de vulnerabilidade, em um apanhado conceitual de Cutter (1996).

O risco é uma construção social, está diretamente ligado à concepção da população em relação a algum perigo potencial de causar danos físicos e perdas materiais de grande monta, uma população pode não ter a percepção de que está em risco. Conforme aponta Veyret (2007) o:

“Risco é a percepção de um indivíduo ou grupo de indivíduos da probabilidade de ocorrência de um evento potencialmente perigoso e causador de danos, cujas consequências são uma função da vulnerabilidade intrínseca desse grupo ou indivíduo” (VEYRET, 2007, p.24).

Portanto, a partir das concepções expostas acima, o Risco socioambiental pode ser conceituado pela seguinte equação:  $R = P \times V$ , onde: R = Risco; P = Perigo e V= Vulnerabilidade.

O termo Perigo é utilizado como tradução mais adequada ao *Hazards*, desenvolvido nos Estados Unidos por White et al. (1927, *in* ALMEIDA, 2010). Perigo seria o agente causador de danos ou prejuízos materiais e/ou imateriais. Ou ainda para Veyret “esse termo é, às vezes, empregado também para definir as consequências objetivas de uma álea<sup>1</sup> sobre um indivíduo, um grupo de indivíduos, sobre a

organização do território ou sobre o meio ambiente. Fato potencial e objetivo” (VEYRET, 2007, p.24). Assim, para Smith (2001):

“O perigo é uma inelutável parte da vida e é uma das componentes do risco. Para o autor, perigo é uma ameaça potencial para as pessoas e seus bens, enquanto risco é a probabilidade da ocorrência de um perigo e de gerar perdas” (*Apud* ALMEIDA, 2010, p.99).

Nos anos 1980 os estudos sobre riscos naturais (“*Natural Hazards*”) passaram a ter foco no fator social da problemática. A vulnerabilidade seria a mensuração da capacidade de cada indivíduo para se preparar, lidar, resistir e possuir habilidade de resiliência quando exposto a um perigo. “A vulnerabilidade mede os impactos danosos do acontecimento sobre os alvos afetados” (*Dictionnaire de l’environnement*, 1991, *apud* VEYRET, 2007, p.24).

Diferente dos conceitos de risco e perigo, para o conceito de vulnerabilidade ainda não há um consenso bem definido, havendo assim, múltiplas definições para o que seria vulnerabilidade. Cutter (1996) realizou um apanhado de definições conceituais para o tema entre os anos de 1980 e 1995, no qual definiu 18 conceitos diferentes de vulnerabilidade. Com esta percepção, a vulnerabilidade é uma condição de susceptibilidade a algum evento potencial de causar danos materiais e físicos à população residente em ambientes de intensa dinâmica natural, como os já citados acima. É preciso determinar o conceito utilizado neste trabalho:

<sup>1</sup> Segundo (Veyret, 2007, p.24) álea seria o “acontecimento possível; pode ser um processo natural, tecnológico, social, econômico e sua probabilidade de realização”. Se vários acontecimentos são possíveis, fala-se de um conjunto de áleas. O termo equivalente em inglês é hazard e em português o termo é “perigo”.

[...]Por vulnerabilidade queremos dizer as características de uma pessoa ou grupo em termos de sua capacidade de prever, lidar com, resistir e se recuperar do impacto de um perigo natural. Trata-se de uma combinação de fatores que determinam o grau em que a vida de alguém e os meios de subsistência são postos em risco por um evento discreto e identificável na natureza ou na sociedade (BLAIKIE *et al*, 1994, *in* CUTTER, 1996).

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E TÉCNICOS

Anteriormente aos trabalhos de campo propriamente, buscou-se arquivar acervo bibliográfico e jornalístico sobre a temática de áreas de riscos e eventos desastrosos para a elaboração deste artigo. Diante disso, foram consultados jornais impressos e televisionados, assim como sítios da rede mundial de computadores, objetivando o embasamento histórico-empírico. Concomitantemente, foi produzido material cartográfico preliminar e cartas-imagem de campo. Também houve pesquisa em acervo digital de órgãos de gestão territorial urbana e ambiental, como a SEMURB – Secretaria de Meio Ambiente e Urbanismo de Natal; IDEMA – Instituto do Desenvolvimento Sustentável do Rio Grande do Norte; e CPRM – Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais do Brasil.

Deste modo se adquiriu arquivos digitais em formato *shapefile*, referentes a arruamento, bairros de Natal e curvas de nível (SEMURB/PMN, 2016); limites municipais, estaduais e corpos d'água (CPRM, 2012; e Lagoas (IDEMA, 2012) em ambiente S.I.G – Sistema de Informações Geográficas, em *software* computacional ArcGIS v. 10.0.

A metodologia de trabalho foi dividida em duas etapas paralelas, que se relacionam espacialmente no território do bairro, com a análise de risco socioambiental. A primeira etapa versa sobre o IVS – Índice de Vulnerabilidade Social; e segunda etapa o IEMM – Índice de Exposição aos Movimentos de Massa.

Com estas etapas concluídas, realizou-se análise integrada, com auxílio de técnicas de sobreposição cartográficas (*Overlay*) e classificação por lógica booleana. Deste modo, foi produzido (e especializado em mapa) o Índice de Vulnerabilidade Socioambiental para o local de estudo.

Utilizando-se dos resultados empregados por questionário no IVS, sobrepostos aos resultados do formulário referente ao IEMM. Sobre os dados cartográficos de base levantados junto aos órgãos citados anteriormente.

#### 3.1. Índice de Vulnerabilidade Social (IVS)

Para a produção do IVS – Índice de Vulnerabilidade Social para o Bairro de Mãe Luiza tomamos como ponto de partida a metodologia utilizada em 2010 por Almeida. A qual se baseou no Índice Paulista de Vulnerabilidade Social, elaborado pela Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (Fundação SEADE) do Estado de São Paulo (SEADE, 2008).

Esta metodologia foi adaptada em função das variáveis sociais propostas a serem produzidas em escala não compatível com o nível de detalhe que se propõe este artigo. Visando atender os fatores e variáveis que caracterizam condição de vulnerabilidade social, utilizaram-se dados coletados a partir de questionário e trabalho empírico em escala de detalhe.

Para operacionalizar este nível de

amostragem optou-se pelo levantamento sobre uma malha regular, que foi disposta na área de estudo com equidistância de 75m em Mãe Luiza. Em cada ponto (ou nó) desta malha, foi aplicado questionário por unidade domiciliar. Este dado, conseqüentemente, será representativo de seu entorno correspondente. Cada ponto foi plotado em GPS portátil modelo Garmim Vista-cx, com erro de precisão médio de 10 metros. A partir desse procedimento pode-se nos localizar e coletar os dados em todos os pontos dispostos nos limites do Bairro.

O ponto de maior complexidade e atenção desta etapa do trabalho se deu com a escolha de variáveis que representassem características de desvantagem social. Esta escolha se deu com base em variáveis que caracterizam condições de vulnerabilidade social aos eventos possíveis de desastres ambientais. Foram pesquisados diversos autores que aplicaram questionários nesta temática com êxito em suas análises, tais como Almeida (2010), Guerra (2009), Azevedo (2010), Zanella (2011) e Veyret (2013). Os quais serviram de base para a definição das perguntas/variáveis.

Para o questionário de campo foram elaboradas 17 perguntas, cada uma representando uma variável de vulnerabilidade social proposta, onde se ponderou com valores decimais entre -1 e 1, com classes de pesos de acordo com a importância do fator para a vulnerabilidade social (Quadro 1.) Tal definição foi possível a partir de discussões pelo grupo de estudo: Dinâmicas Ambientais, Riscos e Ordenamento. Com participação de professores e pesquisadores a fim de consenso, em constante construção.

Para elaboração das variáveis presentes no questionário de campo

elencou-se 17 perguntas, as quais satisfazem a critérios para a elaboração do Índice de Vulnerabilidade Social. São os seguintes: suscetibilidade (exposição), capacidade de resposta (ações em pós-desastre); adaptação aos eventos (resistência; capacidade de enfrentamento; ações preventivas)<sup>2</sup>. Deste modo, a amostragem inicial de coleta de informações foi de um (1) questionário para cada 39,9 domicílios da área de estudo. Foi observado que esse valor tem um erro agregado, pois os pontos de amostragem extrapolam o limite topográfico do Bairro, com vista a maior produtividade na interpolação do resultado encontrado.

O produto final de toda a análise desta etapa do trabalho reside no IVS – Índice de Vulnerabilidade Social, espacializado em ambiente SIG, representado a partir da interpolação dos valores pontuais, com utilização da ferramenta de geoprocessamento *Spatial analyst* (Análise Espacial) e método *Natural Neighbor* (Vizinho Natural). Esta ferramenta é um método estimador geoestatístico, que se baseia na interpolação de pontos amostrados para estimar pontos não amostrados. Isto é possível, geometricamente, a partir da triangulação entre pontos amostrados, onde cada vértice gerado é um novo ponto de acordo com a média entre os pontos amostrados, ponderada pela distância entre eles.

Em consequência, resultado classificou-se a partir do método de classificação *natural breaks* (quebras naturais), desenvolvido pelo cartógrafo americano George Jenks (1967), muito utilizado em Cartografia para a produção

<sup>2</sup> Baseado no Documento do IPCC – Painel Internacional Sobre Mudanças Climáticas (sigla em inglês): Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change.

de mapas coropléticos.

O método reduz o desvio padrão dentro das classes e maximiza sua variância, visando a otimização da visualização dos mapas.

O produto resultante desta etapa do trabalho foi espacializado em mapa

em cinco níveis ou classes: Nível 1: Vulnerabilidade Social Baixa; Nível 2: Vulnerabilidade Social Média; Nível 3: Vulnerabilidade Social Média a Alta; Nível 4: Vulnerabilidade Social Alta; e Nível 5: Vulnerabilidade Social Muito Alta.

Quadro 1 - Descrição das variáveis de vulnerabilidade social.

VARIÁVEIS (VN)	DESCRIÇÃO	LEGENDA	PESO
V1	Sexo do Responsável pelo domicílio	(0) Masculino; (1) Feminino	0,3
V2	Idosos Responsáveis pelo domicílio	Número de anos	0,01
V3	Quantidade total de moradores no domicílio	Número de moradores	0,25
V4	Quantidade de crianças até 12 anos no domicílio	Número de crianças	0,3
V5	Quantidade de idosos no domicílio	Número de Idosos	0,3
V6	Quantidade de pessoas com alguma necessidade especial	Número de pessoas	0,3
V7	Quantidade de Homens adultos no domicílio	Número de homens adultos	-0,1
V8	Nível de instrução do responsável pelo domicílio	(6) Analfabeto; (5) Fundamental incompleto; (4) Fundamental completo; (3) Médio incompleto; (2) Médio completo; (1) Superior.	0,05
V9	Renda total do domicílio	(4) Até 1 s.m.; (3) de 2 a 3 s.m.; (2) De 4 a 6 s.m.; (1) De 7 s.m. acima	0,2
V10	Presença de morador com experiência em treinamento sobre risco socioambiental	(0) sim; (1) não	0,1
V11	Presença de morador com curso de primeiros socorros	(0) sim; (1) não	0,1
V12	Posse de Veículo a motor no domicílio	(0) sim; (1) não	0,1
V13	Existência de outra residência para mudança em caso de desastre	(0) sim; (1) não	0,1
V14	Preparação financeira dos moradores do domicílio em caso de desastre	(0) sim; (1) não	0,1
V15	Reformas e melhorias estruturais nas habitações recentemente	(1) sim; (0) não	-0,2
V16	Atendimento dos moradores do domicílio por programas assistenciais do governo	(0) sim; (1) não	0,075
V17	Moradores com experiência em situações de desastre (perigo) socioambiental	(0) sim; (1) não	0,1

Fonte: Macedo (2015) baseado em ALMEIDA (2010).

### 3.2. Índice de Exposição aos Movimentos de Massa (IEMM)

A segunda etapa deste trabalho consiste na determinação do IEMM – Índice de Exposição aos Movimentos de Massa, o qual se baseia no trabalho realizado por Guerra *et al.* (2009). O trabalho consistiu em estudo realizado para a região serrana do Estado do Rio de Janeiro, onde sazonalmente há ocorrência de desastres socioambientais, sobretudo deslizamentos, com perdas físicas e danos ao patrimônio público e privado de grande monta.

Para a área de estudo, foi adaptada tal metodologia em função da realidade encontrada em Natal. Ocorre que, no Rio de Janeiro, há um embasamento rochoso granítico/gnáissico próximo à superfície, caracterizando uma cobertura de solo pouco espessa que, quando associado à alta declividade terreno, determina um ambiente de fragilidade a movimentos de massa, com escorregamento e/ou deslizamento. Já na realidade de Mãe Luiza, há o ambiente campo de dunas fixas e móveis. Os procedimentos para definição dos níveis seguiram esta metodologia, onde:

O nível de risco de cada área foi definido a partir de fatores de vulnerabilidade que dependem de uma série de condicionantes naturais e antrópicos. Para a quantificação dos níveis de risco foram elaboradas tabelas de fatores de vulnerabilidade a enchentes e a deslizamentos. O nível de cada fator de vulnerabilidade foi definido a partir de vistorias de campo através análises tácteis-visuais e de coletas de informações, durante essas vistorias. Para cada região vistoriada,

---

**Adaptation.** Parte do document Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (SREX), pela editora Cambridge University Press, (2012).

foi definido um nível de risco, podendo ser Muito Alto, Alto, Médio e Baixo (GUERRA *et al.*, 2009, p. 790).

Em seguida, houve adaptação da tabela de exposição a movimentos de massa proposta por esse autor, sendo aplicada ao bairro de Mãe Luíza, que possui risco associado a deslizamento, inclusive com eventos de desastres já registrados no local. No quadro 2, seguem as variáveis com as adaptações propostas para esta análise.

O Índice de Exposição aos Movimentos de Massa (IEMM) produzido teve como malha amostral as unidades geoambientais do bairro. A partir destas características, foi aplicado um formulário táctil-visual, conforme quadro 2. É preciso ressaltar que, conforme citado neste item, por se tratar de local antropizado, as variáveis levam em consideração as mudanças realizadas pelo homem em sua estabilização no bairro, e não somente características ambientais naturais, sem a influência antrópica.

As atividades de campo foram realizadas entre Março e Julho de 2014, com objetivo de preencher formulário em pontos conhecidos, de maneira a levantar características físicas dos ambientes encontrados no bairro, sobre a temática de vulnerabilidade à possibilidade de ocorrências desastre, especificamente a movimentos de massa (deslizamento, escorregamento, etc).

### 3.3. Índice de Vulnerabilidade Socioambiental (IVSA)

Após exposição dos resultados obtidos com o IVS e IEMM, buscou-se a sobreposição destas duas grandezas que compõem a fórmula do risco para um dado Território ou Lugar. Por meio de técnicas cartográficas, foram sobrepostos os dois mapas descritos anteriormente



nesta sessão, utilizando-se de Lógica Booleana, que combina os polígonos dos dois índices por correlação espacial, conforme classificação exposta na figura 2.

Quadro 2 - Fatores de exposição a deslizamento, adaptado de Guerra (2009), por Macedo (2015).

Variáveis	Fatores de Vulnerabilidade para Deslizamento de Terra	NÍVEL 1	NÍVEL 2	NÍVEL 3	NÍVEL 4	NÍVEL 5	PESOS
V1	Declividade (graus)	1° - 10°	11° - 20°	21° - 30°	31° - 40°	Acima de 40°	1
V2	Drenagem natural (quantidade de canais)	Locais que não recebem contribuição de canais de drenagem	Local que recebe pouca contribuição de canais de drenagem	Locais que não recebem contribuição de canais de drenagem maior e com surgência de água.	Local situado nos flancos dos canais de drenagem	Local situado dentro de um canal de drenagem (de primeira ordem)	1
V3	Rede de esgoto sanitário	Rede de esgoto de boa qualidade e bem distribuída espacialmente	Rede de esgoto com problemas de vazamento	Presença de fossa e rede de esgoto com vazamento	80% fossa e/ou sumidouro	Presença de valas a céu aberto	1
V4	Rede de águas pluviais	Rede de águas pluviais com um grande número de bueiros/canaletas, com boa distribuição espacial, e limpa.	Rede de águas pluviais com quantidade razoável de bueiros/canaletas com distribuição espacial regular	Presença de bueiros/canaletas mal distribuídos que não são suficientes para a vazão da água	Presença de bueiros/canaletas mal distribuídos e frequentemente entupidos e/ou canaletas quebradas	Ausência de bueiros/canaletas, canaletas quebradas e/ou canaletas com destino final na própria encosta.	1
V5	Abastecimento de água	Ótima qualidade das tubulações e ausência de vazamentos	Baixo nível de vazamento e em poucos lugares	Médio nível de vazamentos e bem espalhados pela região	Alto nível de vazamentos das tubulações distribuídas por toda a área.	Ausência total de abastecimento de água oficial	0,75
V6	Lançamento de detritos (lixo/entulho)	Ausência de lançamento de detritos	Presença de pequenas quantidades de detrito (espessura de até 0,50m) localizada em poucos lugares	Presença de razoável quantidade de detritos (espessura acima de 0,50m) distribuídos ao redor da ocorrência.	Presença de grandes quantidades de detritos (espessura acima de 1,0m) jogados a intervalos regulares e nos mesmos locais	Presença de grandes quantidades de detritos (espessura acima de 1,0m)	0,50
V7	Existência de cortes e/ou aterros	Ausência de cortes e/ou aterros	Cortes e/ou aterros pequenos (até 1,50m) em pouca quantidade e com contenções	Cortes e/ou aterros maiores que o anterior em tamanho (acima de 1,50m) e em quantidade e com contenções	Cortes e/ou aterros (até 1,50m) e sem contenções.	Cortes e/ou aterros maiores que o anterior (acima de 1,50m) e sem contenções	0,75
V8	Existência de obras de estabilização	Presença de obras de estabilização de boa qualidade e em bom estado, sem rachaduras, deformações ou infiltrações.	Obras de estabilização com pequenas rachaduras em poucos locais, com baixa deficiência da obra e altura até 1,50m.	Obras de estabilização com pequenas rachaduras e infiltrações localizadas ao longo da obra, com média deficiência e altura acima de 1,50m.	Obras de estabilização com bastante rachaduras e infiltrações localizadas ao longo de toda a obra e com alta deficiência da obra	Ausência de obras de estabilização de encostas em áreas com necessidade de obras de contenção	1
V9	Cobertura vegetal	Floresta densa e estabilizada	Árvore de médio porte e bem concentradas	Árvore de pequeno porte e bem espaçadas	Gramíneas capins e/ou arbustos	Solo exposto/Pavimentação	0,75
V10	Aspectos Geotécnicos das moradias	Imóveis alicerçados em concreto armado	Rocha pouco fraturada (concreções ferruginosas)	Aterro de entulho ou outro material de fácil desagregação	Área (Formação Dunar)	Material argiloso exposto	0,75
V11	Situação dos imóveis e seu entorno	Casas revestidas com bom aspecto e utilização de materiais de construção de boa qualidade.	Sinais de avaria observados na estrutura construída de mais de 3 imóveis	Sinais de escorregamento - árvores e/ou postes inclinados ou ciatrizes de movimento do solo	3 ou mais moradias tipo tapal, barraco de madeira e/ou papelão, ou outros materiais improvisados	Mais de 3 imóveis em risco eminente e visível, com rachaduras e/ou descolamento da fundação ou "embarrigamento" de parede(s)	1
V12	Qualidade da fundação das moradias	Casas com fundação em material estável, longe da crista e base de taludes/encosta.	Casas com fundação em material estável e estrutura construída deficiente.	Casas com fundação e estrutura construída deficientes, com presença de rachaduras.	Casas sem fundação ideal, sem calha, estrutura deficiente, com presença de rachaduras.	Casas sem fundação e sem estrutura com rachaduras e presença de afundamento do solo em alguns locais próximos.	1
V13	Impermeabilização do local (% de ocupação de casas e vias públicas)	0 a 10%	11 a 25%	26 a 35%	36 a 45%	Acima de 45%	0,50
V14	Existência de acessos viários sem pavimentação (% de ruas não calçadas)	0 a 10%	11 a 25%	26 a 35%	36 a 45%	Acima de 45%	0,50
V15	Existência de acesso para pedestres	Acima de 45%	36 a 45%	26 a 35%	11 a 25%	0 a 10%	0,50
V16	Densidade de ocupação (%)	0 a 15%	16 a 30%	31 a 50%	51 a 60%	Acima de 60%	1

A figura 2 mostra como foi elaborada a correlação entre IEMM e IVS para classificação do IVSA. Ao final tem-se uma matriz simplificada, com a correlação dos valores para obtenção do índice, relacionado à Vulnerabilidade

Socioambiental, resultando em cinco (5) classes, assim como os índices citados anteriormente, elencadas, respectivamente, como: 1) Muito Baixa; 2) Baixa; 3) Média; 4) Alta; 5) Muito Alta.

INDICE DE VULNERABILIDADE SOCIAL (IVS)		INDICE DE EXPOSIÇÃO FÍSICO-NATURAL AOS MOVIMENTOS DE MASSA (IEMM)																		
1 – Baixa 2 – Média 3 – Média Alta 4 – Alta 5 – Muito Alta		A – Nível 1 B – Nível 2 C – Nível 3 D – Nível 4 E – Nível 5																		
<b>INDICE DE VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL (IVSA) = (IVS x IEMM)</b>																				
IEMM IVS	A	B	C	D	E															
1						<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">IVSA</th> </tr> <tr> <th>Cores</th> <th>Classes</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: #ffff00;"></td> <td>Muito Baixa</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #ffcc00;"></td> <td>Baixa</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #ff9900;"></td> <td>Média</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #ff6600;"></td> <td>Alta</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #ff3300;"></td> <td>Muito Alta</td> </tr> </tbody> </table>	IVSA		Cores	Classes		Muito Baixa		Baixa		Média		Alta		Muito Alta
IVSA																				
Cores	Classes																			
	Muito Baixa																			
	Baixa																			
	Média																			
	Alta																			
	Muito Alta																			
2																				
3																				
4																				
5																				

Figura 2 – Metodologia para obtenção e classificação do IVSA. Fonte: ALMEIDA (2010).

Os resultados foram obtidos após a sobreposição cartográfica do IVS e IEMM, com utilização de Lógica Booleana. Este procedimento consiste na premissa de que as áreas (polígonos no mapa) de IVS e IEMM são relacionadas, seguindo o padrão exposto na figura 2. Cada classe destes dois índices representou um polígono no mapa e um valor numérico que fora correlacionado, para produção do índice geral. A partir dessa matriz de relacionamento, cada resultado da sobreposição foi enquadrado em uma classe de IVSA.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O objetivo deste trabalho foi a elaboração de uma metodologia plausível

e simplificada para a análise de risco socioambiental em escala de detalhe, que possa ser aplicada não só academicamente, mas pela sociedade civil e/ou entidades governamentais, tendo como estudo de caso, o risco socioambiental do bairro Mãe Luiza.

##### 4.1. Índice de Vulnerabilidade Social (IVS)

Pode-se perceber no mapa que a área urbanizada do bairro tem grande parte sobre condição de Vulnerabilidade Social Alta ou Muito Alta. Essa condição, associada às características topográficas, promove uma perigosa relação, que aumenta o nível de risco socioambiental da população, surgindo à demanda de

atenção voltada a dirimir o problema. Foram identificadas pelo menos seis (6) grandes áreas críticas de Vulnerabilidade Social (VS) alta e muito alta, algumas já conhecidas como locais de risco quanto às habitações e população residente, por meio de trabalhos anteriores (Figura 3).

Como resultado de todo este trabalho, identificou-se seis áreas de muito alta e alta VS, que foram detalhadas conforme MACEDO (2015), em estudo ampliado. São estas) Barro Duro, localizada próximo à Rua Largo do Farol; II) Sopapo, entre as ruas Camaragibe e Bartolomeu Ferraz; III) Topo do Morro 1, entre as ruas Da Guia e Novo Mundo; IV) Aparecida, entre a rua Guanabara e travessa Aluizio Alves; V) Topo de morro 2, entre as ruas São Pedro e Rua Antônio Felix; VI) Alto da Colina, entre as ruas João XXIII e Alto da Colina.

entre as ruas João XXIII e Alto da Colina.

As áreas com VS muito alta e alta apresentadas no mapa coincidem, em certa maneira, com as áreas de risco apontadas pela Defesa Civil de Natal. Desta forma, baseado em características sociais especificamente, o resultado detalhou a distribuição da vulnerabilidade social pelo bairro, evidenciando novas áreas não mapeadas, ou menos detalhadas, pelo órgão municipal citado.

Também mostra de modo direto, em que locais se devem direcionar ações de mitigação de problemas, assim como políticas de função social para estes locais de maior vulnerabilidade social, e consequentemente maior risco de ocorrência de desastre, como deslizamentos no caso de Mãe Luiza.

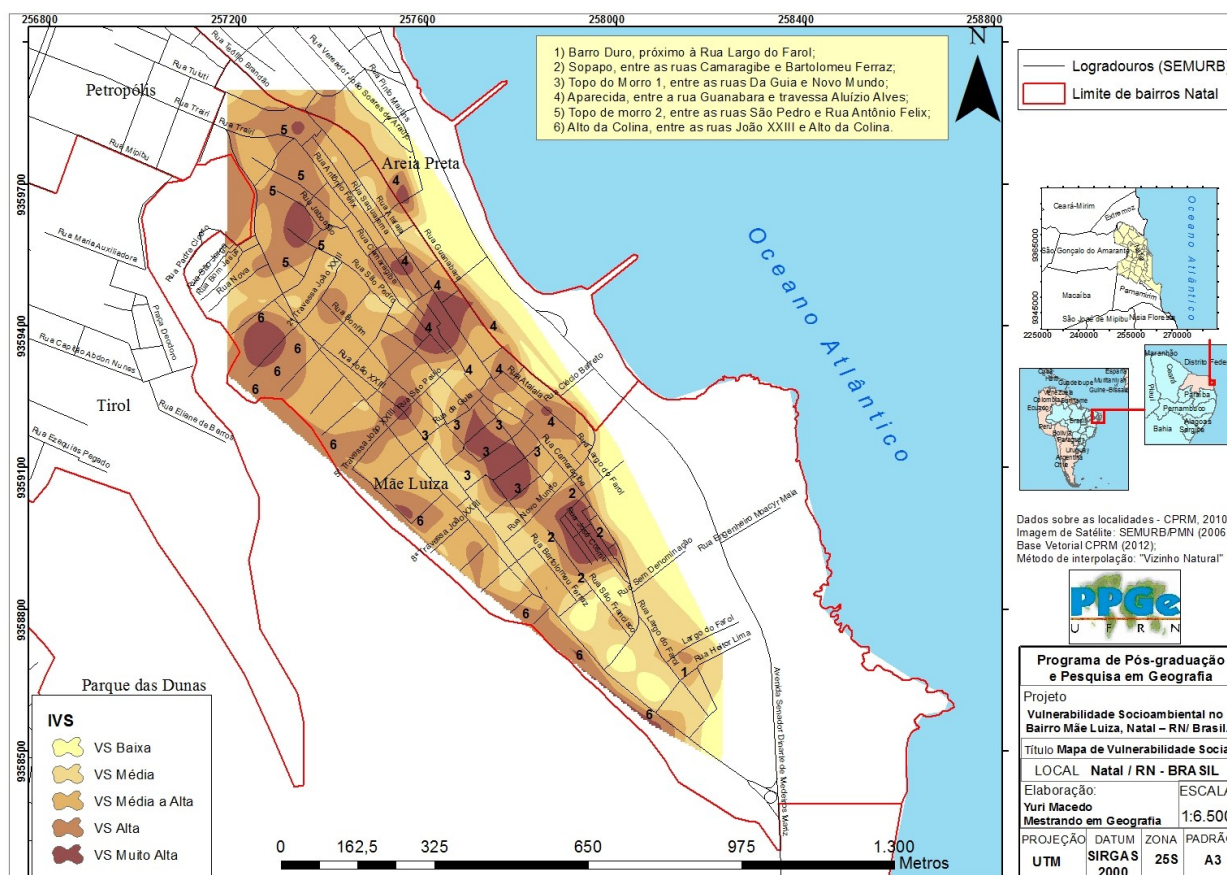


Figura 3 - Mapa de Vulnerabilidade Social de Mãe Luiza, Natal/RN - Brasil. Elaboração: Macedo (2015).

#### 4.2. Índice de Exposição aos Movimentos de Massa (IEMM)

Com base na extensão de cada unidade geoambiental delimitada pelo autor (MACEDO, 2015) escolheu-se pontos de amostragem, onde foram levantados 15 pontos, sendo: 2 (dois) pontos para Planície interdunar; 5 (cinco) pontos para Dunas fixas densamente habitadas; 4 (quatro) pontos para Encosta íngreme densamente habitada; 1 (um) ponto para Planície litorânea; 1 (um) ponto para Tabuleiro; e 2 (dois) para Dunas móveis e fixas pouco habitadas (ZPA-10).

Com objetivo de espacializar os resultados obtidos, a figura 4, mostra a configuração do bairro quanto ao IEMM encontrado para cada unidade geoambiental do bairro, em mapa. Com isso, de maneira simplificada, podem-se observar quais áreas do bairro têm

ambiente mais exposto ao perigo de movimento de massa, de forma a localizar os problemas detalhados nos tópicos a seguir.

Cada unidade foi analisada em função da realidade encontrada, da exposição aos perigos ambientais presentes em cada uma, tal como relacionamento com fatores sociais que definem o risco nestes locais. A partir de cada unidade, conforme discussões de gabinete e práticas de campo foi definido este grau de risco, utilizando como base o trabalho de GUERRA (2009), com base em formulário preenchido por análise táctil-visual em campo.

No mapa, pode-se evidenciar que a unidade de nível 5, portanto mais problemática, corresponde à “encosta íngreme densamente habitada”, localizada nas faces leste e oeste do bairro. Esta é bem visível na configuração

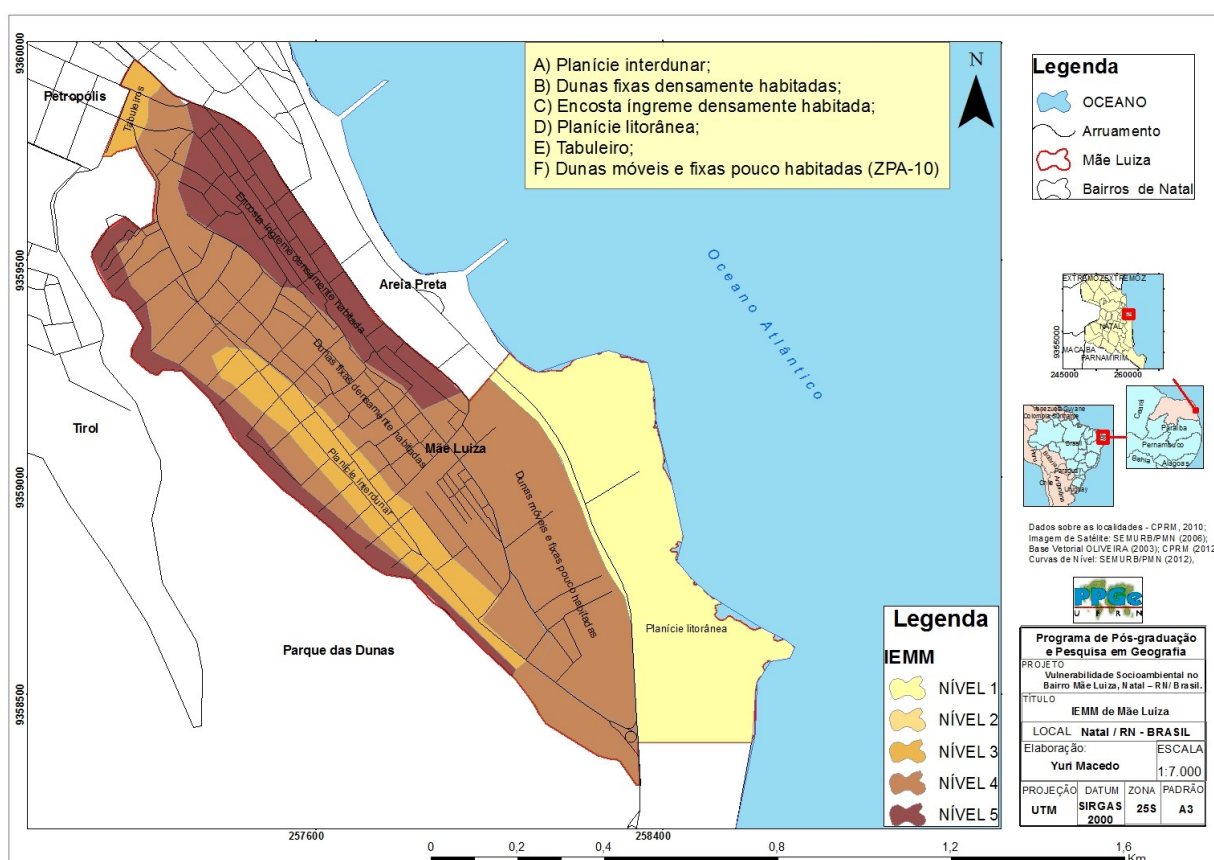


Figura 4 - Exposição aos Movimentos de Massa em Mãe Luíza, Natal/RN - Brasil. Elaboração: Macedo (2015).

topográfica do bairro, sendo de fácil identificação em campo, com problemas associados ao lançamento de efluentes na encosta, tal como ocupação precária em alta declividade. Estas características emergem a necessidade de a unidade ser analisada com maior atenção e foco em medidas mitigadoras e estruturantes para redução do problema.

### 4.3. Índice de Vulnerabilidade Socioambiental (IVSA)

Após a análise e correlação espacial destes dois índices, pode-se produzir o mapa sobre o IVSA, relacionando-os sobre o território (limites) do bairro, e indicando as áreas mais críticas. A exposição física e vulnerabilidade social, quando relacionadas no mesmo local, caracterizam territórios de risco, que demandam atenção e medidas

para redução do problema, visando à proteção de vidas humanas e/ou danos materiais.

A figura 5 apresenta a distribuição do IVSA em Mãe Luiza. As áreas mais escuras correspondem à sobreposição de elevado nível de IEMM com alto e muito alto nível de IVS, conforme matriz de correlação exposta anteriormente na figura 2.

A partir da análise do mapa pode-se concluir que há, em Mãe Luiza, pelo menos sete (7) áreas com Muito Alto IVSA. Este resultado tem como base a sobreposição de áreas de nível cinco (5) para IEMM com Muito Alto IVS. Somente este dado já acrescenta ao estudo de risco no bairro, pois o PMRR - Plano Municipal de Redução do Risco - material de referência para Defesa Civil Municipal - DCM propõem quatro áreas de risco

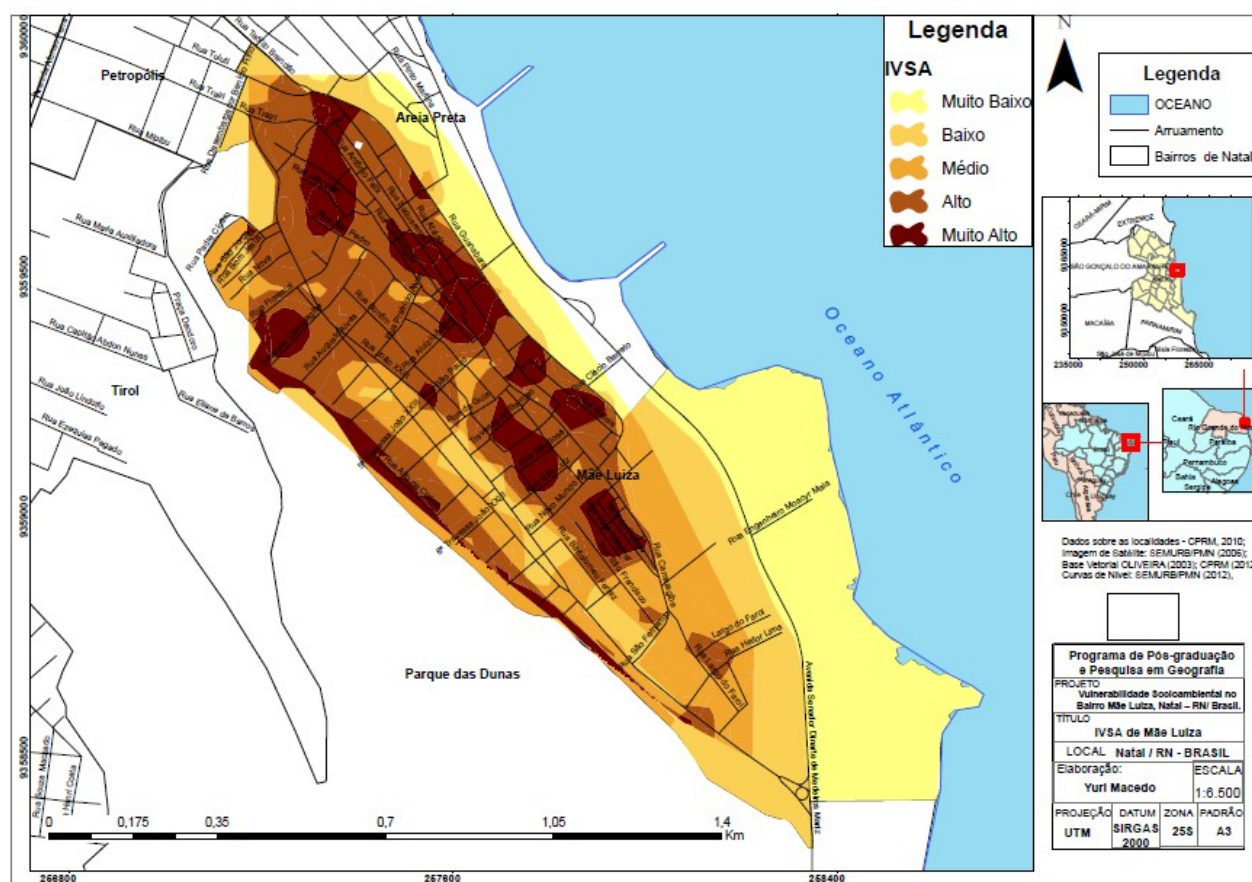


Figura 5 - Mapa de Vulnerabilidade Socioambiental de Mãe Luiza, Natal/Brasil. Elaboração: Macedo (2015), baseado em dados da pesquisa.

apenas. Com os resultados encontrados, podem-se propor duas novas áreas de risco em locais antes não identificados ou detalhados pela DCM.

A partir do Mapa de Vulnerabilidade Socioambiental do bairro Mãe Luiza, pode-se identificar que, em todas as áreas com alta vulnerabilidade social, identificadas, após o cruzamento com o IEMM, obtiveram Muito Alta vulnerabilidade socioambiental também.

Com esse resultado pode-se concluir que há correlação direta entre áreas de alta vulnerabilidade social com alta exposição a perigos ambientais. Contudo, ao mesmo tempo, pode-se concluir que estas áreas de risco são desvalorizadas e se oferecem para ocupação de famílias ou grupo de pessoas com baixo poder aquisitivo em condição de vulnerabilidade social, ou ainda, que o processo de ocupação no bairro ocorreu de forma a assentar pessoas ou grupos de menor vulnerabilidade social nas áreas mais seguras, restando às residências mais perigosas para os mais vulneráveis socialmente.

Estas duas hipóteses são confrontantes em estudos de risco socioambiental, entretanto neste trabalho, seguindo a corrente de pensamento que embasou toda análise, optou-se pela percepção que as populações com maior vulnerabilidade social são levadas a ocuparem locais perigosos por estes serem menos valorizados, se oferecendo, portanto, à ocupação por tais populações.

O bairro Mãe Luiza, como exposto, é conhecido como de alta vulnerabilidade social, porém esta configuração não se faz de maneira homogênea em toda extensão do bairro. Em busca dessas diferenciações que se estruturou esta análise, objetivo exitoso após análise dos resultados.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do conhecimento de campo e a produção do Mapa de Vulnerabilidade Socioambiental de Mãe Luiza, pôde-se perceber que a metodologia representou a realidade local de maneira satisfatória, sem distorções expressivas nem máscaras sobre o resultado final.

Há de se evidenciar que a construção teórico-metodológica das análises e tabulação dos dados tem que ser discutida e desenvolvida para maior refinamento dos resultados, entretanto as bases para o êxito nesta atividade se encontram estruturados sobre uma metodologia inovadora no que concerne aos estudos de risco socioambiental em escala de detalhe.

Deste modo, faz-se latente a proposição de medidas mitigadoras deste problema. São necessárias ações como: promoção de educação do risco socioambiental à população residente; melhorias estruturais em saneamento básico e arruamento no bairro; projetos de melhoria habitacional nas áreas de maior risco socioambiental; produção e promoção de mapeamento, cadastramento e remoção de moradias em risco eminente de desastre; consórcio de instituições voltadas a uma agenda comum sobre o tema no bairro; entre outras.

Neste sentido, a vulnerabilidade socioambiental de um local pode ser analisada nesta perspectiva.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. Q. Vulnerabilidades Socioambientais de Rios Urbanos: Bacia Hidrográfica do Rio Maranguapinho, Região Metropolitana de Fortaleza, Ceará. 2010. 278 f. Tese (Doutorado) - Departamento de IGCE, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2010.

- AZEVEDO, P. G. Vulnerabilidades Socioambientais na Zona de Proteção Ambiental - 9, Natal/RN. 2010. 120 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Curso de Geografia, Departamento de Pós-graduação e Pesquisa em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.
- BLAIKIE, P.; CANNON, T.; DAVIS, I.; WISNER, B. At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability, and Disasters. London: Routledge. 1994.
- CASTRO, A. L. C. Glossário de Defesa Civil: Estudo de Risco e Medicina de Desastres. Ministério do Planejamento e Orçamento. Brasília. 1998, 283p.
- CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Instruções e procedimentos de padronização no tratamento digital de dados para projetos de mapeamento da CPRM: manual de padronização. Rio de Janeiro, 2010.
- CUTTER, S. L. Vulnerability to environmental hazards. *Progress in Human Geography*, v. 20, n. 4, p. 529-539, 1996.
- GUERRA, A. J. T *et al.* Criação de um sistema de previsão e alerta de riscos a deslizamentos e enchentes, visando minimizar os impactos socioambientais no bairro Quitandinha, Bacia do Rio Piabanha (Afluente Do Paraíba do Sul), Município de Petrópolis-RJ. Anais II Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: Recuperação de Áreas Degradadas, Serviços Ambientais e Sustentabilidade, Taubaté, Brasil, 09-11 dezembro 2009, IPABHi, p. 785-824.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo demográfico 2010 - Natal. Rio de Janeiro, 2013.
- IDEMA – INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E MEIO AMBIENTE. Rio Grande do Norte. Dados estatísticos dos municípios. Disponível <http://www.idema.rn.gov.br/Conteudo.asp?TRAN+CATALG&TARG61&ACT=&PAGE=0&PARM=&LBL=Socioecon%F4mico>. Acesso em 10 de dezembro de 2015.
- IPCC. Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. a special report of working groups i and ii of the intergovernmental panel on climate change. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, New York, NY, USA. Disponível em: <[http://ipcc-wg2.gov/SREX/images/uploads/SREX-AII\\_FINAL.pdf](http://ipcc-wg2.gov/SREX/images/uploads/SREX-AII_FINAL.pdf)>. Acesso em: 25 ago. 2014. 2012.
- MACEDO, Y. M. Vulnerabilidade socioambiental no bairro Mae Luiza, Natal – Brasil. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Natal, RN, 2015. 175 f.
- OLIVEIRA, F. F. G. de. Caracterização e diagnóstico de impactos ambientais em Natal/RN com apoio de geoprocessamento. Dissertação (Mestrado em Geografia) – UFRN, Natal, 2003.
- SEMURB – SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E URBANISMO. Natal - Prefeitura Municipal de Natal (org.). Natal: Meu bairro, minha cidade. Natal: SEMURB, 2006. 528 Págs.
- SEADE (Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados). 2008. Memória das Estatísticas Demográficas - município de Natal. <http://www.seade.gov.br>. Acesso em 10/12/2015.

- SILVA, E. L. Aplicação de modelo de predição de escorregamentos para gestão de riscos de desastres como subsídio às políticas públicas locais no Município de Vitória/ES. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Brasília. Brasília. 119p. 2011.
- SMITH, K. Environmental: assessing risk and reducing disaster. 3rd. Ed. London: Routledge, 2001.
- VEYRET, Y. Os Riscos: O Homem como agressor e vítima do meio ambiente. São Paulo: Contexto, 2007.
- VEYRET, Yvette. Os riscos - o homem como agressor e vítima do meio ambiente. 3a. Ed. São Paulo: Contexto, 2013.
- ZANELLA, M. E; DANTAS, E. W. C; OLIMPIO, J.L.S. A Vulnerabilidade Ambiental do Município de Fortaleza. Boletim Goiano de Geografia. Goiânia, v. 31, n. 2, p. 13-27, 2011.