

Análise Espacial da Vulnerabilidade Social com o Uso de Geotecnologias: Estudo de Caso na Zona Costeira Amazônica

Paulo Eduardo Silva Bezerra ¹
Milena Marília Nogueira de Andrade ²

RESUMO

A zona costeira Amazônia está vulnerável a diversas pressões naturais e antrópicas. A vulnerabilidade social refere-se as diferentes características da população expostas a uma determinada ameaça. As metodologias que analisam a vulnerabilidade através de indicadores e estatísticas têm sido cada vez mais difundidas. Assim, o objetivo desse trabalho é analisar a vulnerabilidade social através de estatísticas e geoprocessamento. Utilizou-se o método de Análises de Componentes Principais (ACP) e posteriormente os resultados foram inseridos em um Sistema de Informação Geográfica (SIG) para um estudo de caso na zona costeira amazônica, nos municípios de Curuçá e Marapanim. Foram identificados que os fatores idade, educação, densidade, responsável por domicílios, infraestrutura básica e moradia, renda e saneamento básico influenciam na vulnerabilidade social. Os fatores que tiveram as maiores influências na vulnerabilidade social foram a idade, educação e densidade. A abordagem apresentada pode ser utilizada como subsídio para o poder público na gestão e planejamento urbano.

Palavras-Chave: Análise Multicritério; Amazônia; Índice de Vulnerabilidade Social; Pará.

¹ Mestrado em andamento em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Pará, UFPA, Brasil. pauloeduardoea@gmail.com

² Doutorado em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido pela Universidade Federal do Pará, UFPA, Brasil. Universidade Federal Rural da Amazônia, UFRA; e na Universidade Federal do Pará, UFPA, Brasil. milenamarilia.andrade@gmail.com

As zonas costeiras são áreas preferencialmente habitadas ao longo do globo. Na zona costeira amazônica ocorrem impactos naturais e antrópicos relacionados a dinâmica costeira e aos processos decorrentes da urbanização, respectivamente (Souza Filho 2005). A exposição desta área é agravada pela elevada vulnerabilidade natural e socioeconômica (Szlafsztein & Sterr 2007).

O conceito de vulnerabilidade é amplamente utilizado nos trabalhos científicos por diversos autores. Para Torres (2000) a vulnerabilidade é a capacidade de antecipar, resistir, sobreviver e se recuperar de um determinado impacto. De acordo com UNISDR (2004) a vulnerabilidade é definida como um conjunto de processos de fatores físicos, econômicos e ambientais que aumenta a probabilidade de a população sofrer os impactos dos perigos.

Cutter (2011) define a vulnerabilidade social como as características da população e a sua capacidade de preparação para resposta ou recuperação ante alguns eventos adversos externos. Os principais fatores que influenciam a vulnerabilidade social podem variar de acordo com a característica dos indivíduos como a idade, saúde, educação, renda e emprego além de grupos como o crescimento populacional, crescimento urbano, economia e infraestrutura (Holand et al. 2011).

Estudos teóricos sobre a vulnerabilidade fornecem a base para sua mensuração através de índices e indicadores de vulnerabilidade por meio de fatores sociais e físicos (Birkmann & Welle 2016; Hummell et al. 2016; Cutter 2011). Segundo Araújo e Cândido (2014) as metodologias que analisam a vulnerabilidade são capazes de quantificar e qualificar o grau de vulnerabilidade que as pessoas estão expostas. O uso da estatística na elaboração dos índices de vulnerabilidade inclui a coleta e análise de dados e, já foi empregada em diversas áreas (Lixin et al. 2014; Cutter, Boruff & Shirley 2003; Andrade et al. 2010).

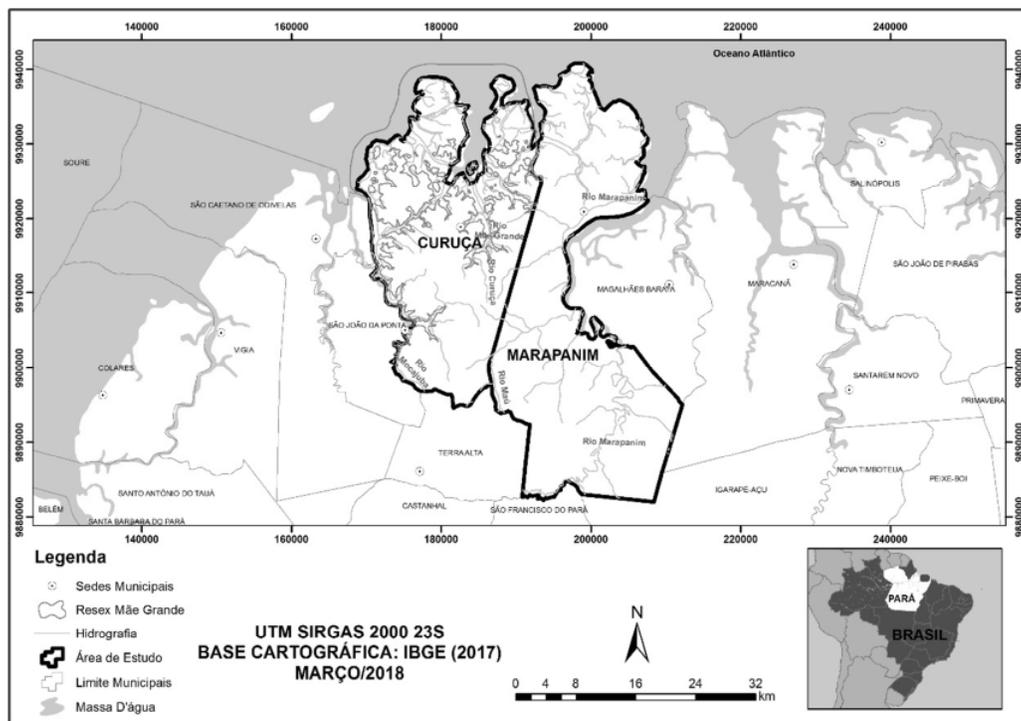
Hummell et al. (2016), em sua pesquisa, analisou a vulnerabilidade social em todo território brasileiro, criando um índice utilizando o método estatístico de Análises de Componentes Principais (ACP). No trabalho de Gonçalves et al. (2014), foi analisado a vulnerabilidade social na região Amazônica, utilizando técnicas estatísticas de interpolação. Ambos os trabalhos utilizaram geoprocessamento. Desse modo, o objetivo desse trabalho é analisar a vulnerabilidade social com uso de geotecnologias agregando técnicas de geoprocessamento e ACP nos municípios de Curuçá e Marapanim, na zona costeira Amazônia, a partir da análise das variáveis socioeconômicas.

MATERIAIS E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo corresponde aos municípios de Curuçá e Marapanim que estão localizados no contexto da zona costeira do estado do Pará (Brasil). Pertencem a mesorregião do Salgado no Nordeste Paraense (Figura 01), e possuem uma extensão territorial de 672,61 km² e 792 km², respectivamente (IBGE 2010). De acordo com os dados do IBGE (2010) o município de Curuçá possui uma população de 38.959 habitantes e densidade demográfica de 57,91 hab/km², enquanto que Marapanim possui 27.579 habitantes e uma densidade demográfica de 34,64 hab/km².

Figura 01. Mapa de Localização dos Municípios de Curuçá e Marapanim



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Com relação as áreas protegidas, no município de Curuçá está localizada a Reserva Extrativista (RESEX) Mãe Grande de Curuçá com extensão territorial de 370,6 km², ocupando aproximadamente 35% da área total do município com 52 comunidades tradicionais de pescadores e agricultores; abrange uma área litorânea com um ecossistema de manguezais e restingas (Sousa 2008). A hidrografia principal em Curuçá corresponde aos rios Mocajuba e Curuçá, e em Marapanim os rios Maú e Marapanim (IBGE 2010). O clima predominante na região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Am, quente e úmido, com uma temperatura média de 29,6°C e uma precipitação média anual acima 2.000 mm (Rivera 2015). A geomorfologia da área de estudo caracteriza-se por Tabuleiros e Planícies

Paulo Eduardo Silva Bezerra; Milena Marília Nogueira de Andrade

Flúviomarinha, Fluviais e Costeiras (CPRM 2013). A formação geológica predominante é a Formação Barreiras, de idade terciária composta por sedimentos conglomeráticos, sedimentos arenosos variando de intercalações de areia e argila (Rossetti et al. 1989). As áreas de planície são constituídas por depósitos aluvionares e depósitos litorâneos (CPRM 2013).

VULNERABILIDADE SOCIAL

A vulnerabilidade social foi analisada a partir de um índice de vulnerabilidade social adaptado com base nos trabalhos de Andrade et al. (2010) e Rezende (2016). Inicialmente foram selecionadas 21 variáveis disponíveis no formato de *Excel*, adquiridas no site do IBGE, para os 89 setores censitários dos dois municípios (Quadro 01). Os dados censitários correspondem a uma unidade territorial de planejamento para levantamento da amostragem a partir de malhas setoriais no Brasil (IBGE 2010). As variáveis referem-se Condições de Habitação e Infraestrutura, Estrutura etária e Gênero, Educação (Estrutura etária e Gênero) e Renda.

Quadro 01. Variáveis utilizadas na elaboração no índice de Vulnerabilidade Social

Variáveis	
Condições de Habitação e Infraestrutura	V1 - Domicílios particulares sem abastecimento de água da rede geral
	V2 - Domicílios particulares com banheiro ou sanitário via rede geral de esgoto, pluvial ou fossa séptica.
	V3 - Domicílios particulares permanentes sem banheiro
	V4 - Domicílios particulares permanentes com lixo não coletado
	V5 - Domicílios particulares permanentes sem energia elétrica
	V6 - Domicílios particulares permanentes alugados
	V7 - Domicílios particulares permanentes de mais de 4 moradores
Estrutura etária e Gênero	V8 - Responsáveis por domicílios responsáveis permanentes com 10 a 19 anos de idade
	V9 - Responsáveis por domicílios responsáveis permanentes de mais de 64 anos
	V10 - Mulheres responsáveis por domicílios responsáveis permanentes com 10 a 19 anos de idade
	V11 - Mulheres responsáveis por domicílios responsáveis permanentes de mais de 64 anos
	V12 - Pessoas entre 0 a 14 anos de idade
	V13 - Pessoas de mais de 64 anos de idade
	V14 - Responsáveis por domicílios responsáveis permanentes não alfabetizados
Educação (Estrutura etária e Gênero)	V15 - Responsáveis por domicílios responsáveis permanentes não alfabetizados com 10 a 19 anos de idade
	V16 - Responsáveis por domicílios responsáveis permanentes não alfabetizados com mais de 64 anos de idade
	V17 - Mulheres não alfabetizadas responsáveis por domicílios responsáveis permanentes
	V18 - Pessoas não alfabetizadas entre 5 a 14 anos de idade
	V19 - Pessoas não alfabetizadas com mais de 64 anos de idade
Renda	V20 - Responsáveis por domicílios responsáveis permanentes com rendimento nominal mensal
	V21 - Responsáveis por domicílios responsáveis permanentes com rendimento nominal mensal de até 3 salários mínimos

Fonte: Adaptado de Dias (2013); Rezende (2016); IBGE (2010).

Com o auxílio do *software* SPSS (IBM SPSS STATISTIC 23 2015) utilizou-se o método estatístico da Análise de componentes Principais (ACP). Esse método é uma análise fatorial utilizada

Paulo Eduardo Silva Bezerra; Milena Marília Nogueira de Andrade

para avaliar a adequação das variáveis, e para identificar a existência de indicadores que tem pouca influência e assim substituir o conjunto de dados originais pelas componentes principais (Almeida 2010). O método ACP elimina as variáveis redundantes, considerando apenas os componentes necessários para a realização da análise (Faro Jr 2010).

A taxa de variância foi calculada para verificar a influência do componente na vulnerabilidade social, ou seja, quanto maior a taxa da variância, maior a influência do componente no grau de vulnerabilidade. Os resultados mostraram que 77,28 % da viabilidade total das 21 variáveis são explicadas por 7 fatores, os quais serão foco dessa análise (Tabela 01). É importante frisar que o primeiro fator será mais importante que o segundo devido à sua maior variância.

Tabela 01. Percentual da variabilidade total para cada fator

Componente	% de Variância	% Variância Acumulada
1	21,161	21,161
2	17,146	38,307
3	11,536	49,843
4	8,444	58,287
5	7,594	65,881
6	6,531	72,412
7	4,875	77,286

Fonte: Elaborado pelo autor.

Posteriormente foi calculado os valores das cargas fatoriais que são utilizados como pesos com o intuito de estabelecer a quais componentes as variáveis estão associadas (Tabela 02). A guisa de exemplificação, para a variável (V1), percebe-se que a mesma está associada ao fator 5, pois possui um maior valor. Tal análise foi realizada para todas as variáveis e não foi levado em consideração os sinais positivos e negativos, apenas o maior valor em módulo. O sinal indica se a correlação é positiva ou negativa. As cargas fatoriais são utilizadas para estabelecer em quais dimensões as variáveis estão associadas de acordo com os pesos atribuídos (Dias 2013).

Tabela 02. Cargas fatoriais dos componentes em cada variável

Variáveis	Componentes						
	1	2	3	4	5	6	7
V1	-,227	-,016	,292	-,042	,622	,353	,116
V2	,393	,090	,293	,178	,176	,169	-,546
V3	-,227	-,216	,375	-,020	,021	,265	,562
V4	,279	,196	,023	-,026	,214	-,050	,721
V5	,001	,062	,022	,121	,836	-,005	-,072
V6	,080	-,174	,103	,042	-,559	,039	-,434
V7	-,103	,224	,843	,037	-,168	-,113	-,116
V8	-,125	,024	,135	,928	,034	-,108	-,038
V9	,926	,082	-,002	-,208	-,046	,044	,021
V10	-,016	,031	,027	,906	,119	-,165	-,133
V11	,830	,158	-,085	-,040	-,304	-,128	-,048
V12	-,033	,255	,870	,132	,202	,007	,054

Paulo Eduardo Silva Bezerra; Milena Marília Nogueira de Andrade

V13	,946	,034	-,126	,003	,020	,085	-,012
V14	-,224	,830	,322	-,008	,154	,011	,068
V15	-,170	,272	-,095	,514	-,185	,474	,288
V16	,295	,881	,091	-,088	-,003	-,028	,024
V17	-,056	,780	,299	,214	,083	-,202	,060
V18	-,252	,312	,546	,082	,449	-,008	,216
V19	,330	,845	,013	,092	,054	,020	-,033
V20	-,013	,232	,153	,305	-,110	-,804	,080
V21	,382	,056	,581	-,096	,146	,623	-,032

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após a determinação das cargas fatoriais, foram obtidos 7 fatores e suas respectivas variáveis. Para cada componente foi atribuído o nome de cada fator de acordo com a característica das variáveis (Quadro 02). Desta forma, o fator 1 está relacionado com a Idade, o Fator 2 com o nível de Educação, o Fator 3 com a Densidade de moradores e grupos etários específicos, o Fator 4 está relacionado com os Responsáveis por Domicílios, o Fator 5 está relacionado com a vulnerabilidade decorrente das condições de Infraestrutura Básica, o Fator 6 com as condições de Renda e o Fator 7 com o Saneamento Básico.

Quadro 02. Composição dos fatores para a elaboração do índice de Vulnerabilidade Social

Fator 1 - Idade
V9 - Percentual de responsáveis por domicílios responsáveis permanentes de mais de 64 anos
V11 - Percentual de mulheres responsáveis por domicílios responsáveis permanentes de mais de 64 anos
V13 - Percentual de Pessoas de mais de 64 anos de idade
Fator 2 - Educação
V14 - Percentual de responsáveis por domicílios responsáveis permanentes não alfabetizados
V16 - Percentual de responsáveis por domicílios responsáveis permanentes não alfabetizados com mais de 64 anos de idade
V17 - Percentual de mulheres não alfabetizadas responsáveis por domicílios responsáveis permanentes
V19 - Percentual de Pessoas não alfabetizadas com mais de 64 anos de idade
Fator 3 - Densidade
V7 - Percentual de domicílios particulares permanentes de mais de 4 moradores
V12 - Percentual de Pessoas entre 0 a 14 anos de idade
V18 - Percentual de Pessoas não alfabetizadas entre 5 a 14 anos de idade
Fator 4 - Responsáveis por Domicílios
V8 - Percentual de responsáveis por domicílios responsáveis permanentes com 10 a 19 anos de idade
V10 - Percentual de mulheres responsáveis por domicílios responsáveis permanentes com 10 a 19 anos de idade
V15 - Percentual de responsáveis por domicílios responsáveis permanentes não alfabetizados com 10 a 19 anos de idade
Fator 5 - Infraestrutura básica de Moradia
V1 - Percentual de domicílios particulares sem abastecimento de água da rede geral
V5 - Percentual de domicílios particulares permanentes sem energia elétrica
V6 - Percentual de domicílios particulares permanentes alugados
Fator 6 - Renda
V20 - Percentual de responsáveis por domicílios responsáveis permanentes com rendimento nominal mensal
V21 - Percentual de responsáveis por domicílios responsáveis permanentes com rendimento nominal mensal de até 3 salários mínimos
Fator 7 - Saneamento Básico
V2 - Percentual de domicílios particulares com banheiro ou sanitário via rede geral de esgoto, pluvial ou fossa séptica
V3 - Percentual de domicílios particulares permanentes sem banheiro
V4 - Percentual de domicílios particulares permanente com lixo não coletado

Fonte: Elaborado pelo autor.

Paulo Eduardo Silva Bezerra; Milena Marília Nogueira de Andrade

Os pesos para cada variável são obtidos a partir da aplicação das cargas fatorais para cada fator a partir de uma matriz de transformação. A matriz de transformação de componentes (Tabela 03), mostra as relações de congruência entre os fatores, estabelecendo a carga fatorial para cada fator (Almeida 2010). Assim, com a matriz é possível atribuir o peso para cada componente.

Tabela 03. Matriz de transformação de componentes com os pesos nas células em cinza

Componente	1	2	3	4	5	6	7
1	-,077	,685	,569	,254	,332	,162	-,017
2	,888	,344	-,063	-,169	-,193	-,153	-,003
3	-,105	,196	-,240	,624	-,403	-,241	-,532
4	,175	-,426	,582	,388	-,152	-,425	,308
5	,325	-,191	-,332	,597	,380	,443	,227
6	,007	-,042	,247	,007	-,675	,690	,080
7	,243	-,393	,322	-,107	,260	,200	-,751

Fonte: Elaborado pelo autor.

Posteriormente, foi calculada a média ponderada das variáveis (Tabela 04). Para a realização do cálculo utilizou-se os valores das cargas fatoriais dos componentes de cada variável multiplicados por seu respectivo fator e divididos pela soma de todas as cargas fatoriais. A mesma fórmula foi utilizada para todas as variáveis no *software Excel*. Para o cálculo foram utilizados os maiores valores em módulo.

Tabela 04. Média Ponderada das variáveis por fator

Fator 1	$\frac{(V9 * 0,926) + (V11 * 0,830) + (V13 * 0,946)}{0,926 + 0,830 + 0,946}$
Fator 2	$\frac{(V14 * 0,830) + (V16 * 0,881) + (V17 * 0,780) + (V19 * 0,845)}{0,830 + 0,881 + 0,780 + 0,845}$
Fator 3	$\frac{(V7 * 0,843) + (V12 * 0,870) + (V18 * 0,546)}{0,843 + 0,870 + 0,546}$
Fator 4	$\frac{(V8 * 0,928) + (V10 * 0,906) + (V15 * 0,514)}{0,928 + 0,906 + 0,514}$
Fator 5	$\frac{(V1 * 0,622) + (V5 * 0,836) + (V6 * 0,559)}{0,622 + 0,836 + 0,559}$
Fator 6	$\frac{(V20 * 0,804) + (V21 * 0,623)}{0,804 + 0,623}$
Fator 7	$\frac{(V2 * 0,546) + (V3 * 0,562) + (V4 * 0,721)}{0,546 + 0,562 + 0,721}$

Fonte: Elaborado pelo autor.

Logo após, os valores encontrados na Tabela 4 (média ponderada) foi multiplicado pelo peso de cada componente da matriz de transformação. Esse processo é realizado para equalizar os resultados, para que os mesmos tenham uma distribuição mais uniforme (Rezende 2016).

Onde:

Paulo Eduardo Silva Bezerra; Milena Marília Nogueira de Andrade

$$Fator(X) = Média Ponderada * Carga do fator(X) \quad (1)$$

Para normalizar o índice de vulnerabilidade no intervalo de 0 – 1 foi feita uma transformação de acordo com (Alcântara et al. 2013) na Equação (2).

$$Y_i = \frac{(X_i - X_{min})}{(X_{max} - X_{min})} \quad (2)$$

Onde:

Y_i é o valor transformado da i -ésima observação da variável em questão;

X_i é o valor observado da variável em questão;

X_{min} é o valor mínimo observado da variável em análise;

X_{max} é o valor máximo da variável em análise.

Os dados equalizados foram inseridos em um SIG para serem especializados no *software ArcGis 10.3* (ARCGIS 2016). Para cada fator foi produzido um mapa temático. A elaboração do mapa de Vulnerabilidade Social foi realizada a partir da média aritmética entres os 7 fatores, de acordo com a equação (3). Os resultados variam no intervalo de 0 a 1 e são distribuídos em vulnerabilidade baixa (0 – 0,25), média (0,25 – 0,5), alta (05 – 0,75) e muito alta (075 - 1).

$$IVS = \frac{\sum f}{n} \quad (3)$$

Onde:

IVS é o Índice de Vulnerabilidade Social;

f são os fatores;

n é o número total de fatores.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados do grau de vulnerabilidade são descritos para cada fator (Figura 02). O Fator Idade teve 21,16 % de influência no índice de vulnerabilidade social. Analisando a distribuição espacial, 5 setores (5,62 %) apresentaram vulnerabilidade muito alta, 30 setores (33,70 %) vulnerabilidade alta, 41 (46,06 %) setores de média vulnerabilidade e 13 (14,60 %) apresentaram uma vulnerabilidade baixa. Os setores com grau de vulnerabilidade muito alta e alta, representam 38,70 % da área total, estão concentrados a maior parte em áreas urbanas e com melhores condições de infraestrutura. Deste total 15,70 % da área encontra-se no município de Marapanim e 23 % dos setores estão localizados no município de Curuçá. As classes de vulnerabilidade média e baixa estão distribuídas em 54 setores

censitários, sendo 30 setores em Curuçá e 24 no município de Marapanim. A maior parte está localizada na zona rural e em áreas periféricas dos municípios.

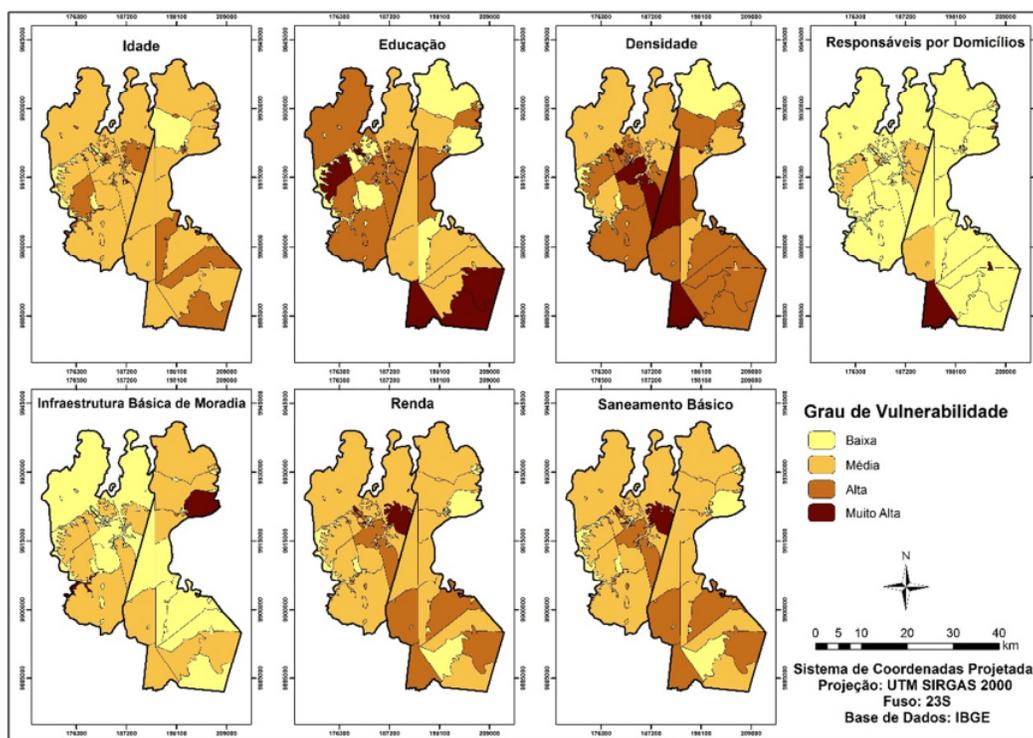
O Fator Educação foi o segundo componente que teve maior influência na vulnerabilidade social na área de estudo (17,14 %). Esse componente está diretamente relacionado com a presença de idosos (acima de 64 anos), pois, segundo Dias (2013), havia uma grande dificuldade no acesso à educação no passado da população aos equipamentos educacionais, fazendo com que as maiores taxas de alfabetização sejam da população de jovens devido a políticas públicas para manter as crianças e adolescentes na escola através dos programas sociais. Os setores enquadrados na vulnerabilidade muito alta e alta representam 33,69 % da área, com 22,47 % no município de Curuçá e 11,22 % em Marapanim. Nesses setores se encontram os maiores graus de vulnerabilidade em relação aos responsáveis por domicílios, mostrando que há uma forte ligação entre a baixa escolaridade e a responsabilidade pelo domicílio. É importante destacar que dos 30 setores com muito alta e alta vulnerabilidade, 26 estão concentrados na zona rural dos municípios, de acordo com o censo demográfico do IBGE (2010), sendo locais com menores condições socioeconômicas e conseqüentemente um menor número de escolas. As vulnerabilidades médias e baixas totalizam 59 setores censitários, com 27 setores em Marapanim e 22 no município de Curuçá. Sendo que a maior parte está localizado em áreas urbanas, que são áreas com maior infraestrutura e acesso à educação.

O Fator Densidade, com uma influência de 11,53 %, apresenta uma distribuição em 11 setores (12,35 %) de vulnerabilidade muito alta, 36 (40,44 %) de vulnerabilidade alta, 32 setores (35,95 %) vulnerabilidade média e 12 (13,48 %) apresentaram uma vulnerabilidade baixa. Esse resultado reflete que as residências localizadas na área de estudo possuem muitos moradores, sendo a maioria crianças e jovens com idade de 0 a 14 anos e não alfabetizadas. As vulnerabilidades muito alta e alta estão concentradas em áreas rurais. Assim, como mencionado no Fator Educação, as áreas que ficam distante do centro urbano apresentam um grau de vulnerabilidade social elevado. Em relação a classe de vulnerabilidade média e baixa, representam 47,21 % da área, com 31,46 % dos setores no município de Curuçá e 15,75 % em Marapanim.

O Fator Responsável por Domicílios teve uma influência de 8,44 % no índice de vulnerabilidade social. Sobre a distribuição espacial 2 setores (2,25 %) apresentaram vulnerabilidade muito alta, ambos no município de Marapanim; e 2 setores com vulnerabilidade alta, um em cada município; 11 setores (12,35 %) são de vulnerabilidade média e a grande maioria dos setores censitários, 74 (83,14 %) possuem vulnerabilidade baixa. Esse fator está diretamente relacionado com a presença de jovens (faixa etária de 10 a 19 anos). A grande presença de jovens se configura como um fator

importante da vulnerabilidade social, pois em muitos lugares, por não terem um emprego e uma renda suficiente para conciliar a escola e o trabalho, muitos jovens abdicam dos estudos para ficar responsáveis pela família (Rezende 2016).

Figura 02. Grau de vulnerabilidade dos fatores utilizados para o Índice de Vulnerabilidade Social



O Fator Infraestrutura Básica e Moradia, com 7,59 % de influência na vulnerabilidade, apresenta 4 (4,49 %) setores com vulnerabilidade muito alta, 3 em Marapanim e 1 em Curuçá; e apenas 2 setores (2,24 %) com vulnerabilidade alta no município de Marapanim; 17 setores (19,10 %) estão enquadrados na vulnerabilidade Média e 66 setores (74,15 %) apresentam vulnerabilidade baixa. Os 5 setores de maior vulnerabilidade estão localizados em zonas rurais, mais precisamente em áreas periféricas e nessas áreas concentram a maioria da população carente sem acesso à energia elétrica, sem abastecimento de água e morando em casa alugadas. De acordo com Heredia (2006), as precariedades em áreas rurais de infraestrutura, principalmente de energia elétrica e água encanada fazem com que as famílias rurais não tenham acesso a uma série de facilidade disponíveis em áreas urbanas. Apesar de os municípios de Curuçá e Marapanim apresentarem alguns setores com problemas de infraestrutura básica de moradia, esse fator apresenta 93,25 % de média e baixa vulnerabilidade.

O Fator Renda apresentou na análise fatorial uma variância de 6,53%. A vulnerabilidade muito alta está presente em 4 setores (4,491 %) no município de Curuçá, 15 (16,85 %) apresentaram uma

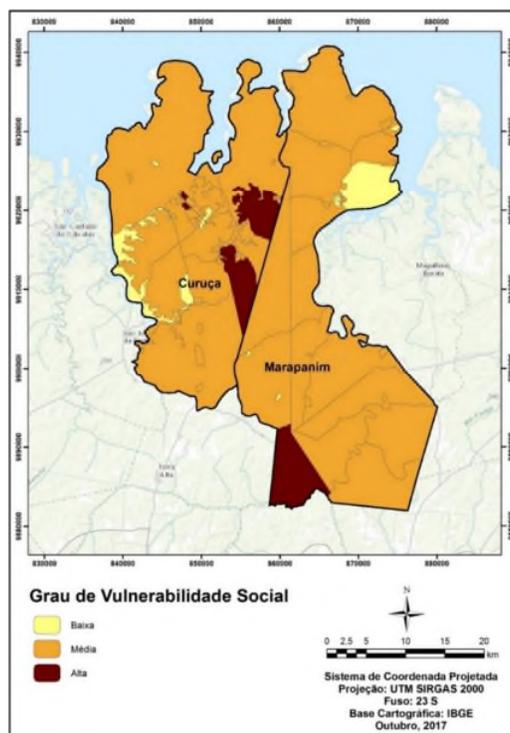
Paulo Eduardo Silva Bezerra; Milena Marília Nogueira de Andrade

vulnerabilidade alta e a maioria dos setores são de vulnerabilidade média e baixa com 52 e 17 setores respectivamente. De acordo com Cronemberger e Teixeira (2013), a renda é uns dos principais indicadores para a desigualdade social, pois uma pessoa sem rendimentos implica na perda de suprir a suas necessidades básicas, como o acesso a saúde, educação, lazer, moradia, e conseqüentemente aumenta a sensação de exclusão do indivíduo. O Fator Saneamento Básico teve menor variância com 4,87%.

MAPA DE VULNERABILIDADE SOCIAL

O mapa da vulnerabilidade social dos municípios de Curuçá e Marapanim apresentam 5 (5,61%) setores com vulnerabilidade social alta, 70 setores (78,65%) com vulnerabilidade social média e 14 (15,73%) com vulnerabilidade social baixa.

Figura 03. Mapa da Vulnerabilidade Social



Fonte: Os autores (2018).

Dos 5 setores que apresentaram uma vulnerabilidade alta, 4 estão localizados em Curuçá e apenas 1 em Marapanim e todos estão localizados em áreas rurais. Segundo dados do censo 2010 (IBGE 2010), 2.775 pessoas residem nesses setores, sendo a grande maioria localizadas no município de Curuçá com 2.533 habitantes e 242 no município de Marapanim.

Paulo Eduardo Silva Bezerra; Milena Marília Nogueira de Andrade

Na RESEX Mãe grande de Curuçá, que corresponde a 4 setores, possui um setor com vulnerabilidade alta no fator de Educação e Idade e muito alta em Saneamento básico. No entanto, a vulnerabilidade social foi mediana. Segundo Sousa (2008) as áreas da RESEX Mãe Grande de Curuçá apresentam sérios problemas de infraestrutura, saneamento básico e de educação. Os fatores Renda e Saneamento Básico são as variáveis que mais influenciam na vulnerabilidade social da área de estudo. Nos setores enquadrados com vulnerabilidade alta prevalecem pessoas com baixa renda e famílias que residem sem as condições básicas de saneamento. Muitas famílias vivem em condições com pouco acesso à serviços, principalmente nas áreas rurais da área de estudo (Figura 04).

Figura 04. Habitações na área de estudo com poucas condições de saneamento (a), abandonada (b), com estrutura em barro (c) e área urbanizada (d)



Fonte: Os autores (2018).

A maioria da população dos setores está localizado em áreas de vulnerabilidade média com 49.019 pessoas (IBGE 2010) (Tabela 07). Destas, 764 crianças estão localizadas em áreas de alta vulnerabilidade social. Segundo Rezende (2016) as crianças são as mais frágeis em relação a ausência de saneamento básico, infraestrutura e renda, pois estão mais suscetíveis a doenças e dependem das

Paulo Eduardo Silva Bezerra; Milena Marília Nogueira de Andrade

condições econômicas dos pais. Cerca de 15.699 são pessoas com até 1 salário mínimo e 7.644 pessoas responsável com até 1 salário. Ainda de acordo com este autor, a Renda é um dos principais fatores para o aumento da vulnerabilidade social em uma determinada cidade, pois essa variável propicia acesso a saúde, saneamento básico, educação e conseqüentemente uma melhor qualidade de vida. A população residente em áreas de baixa vulnerabilidade é de aproximadamente 8.689 pessoas em 9 setores localizados em áreas urbanas. Estas áreas possuem melhores condições econômicas e infraestrutura.

Tabela 07. Dados de população e renda na classe de Vulnerabilidade Social

Variáveis	Classes de Vulnerabilidade Social		
	Baixa	Média	Alta
Criança (até 11 anos)	1.588	11.564	764
Adolescente (12 a 18 anos)	1.245	7.915	442
Idoso (60 anos ou mais)	1.162	4.982	276
Renda “pessoa” (até 1 salário)	2.685	15.699	622
Renda “Responsável” (até 1 salário)	1.177	7.644	296
População Total	7.857	47.804	2400

Fonte: IBGE (2010).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O principal objetivo desta pesquisa foi analisar a vulnerabilidade social no município de Curuçá e Marapanim. Para isso, foram utilizados fatores socioeconômicos para realizar um diagnóstico da situação da vulnerabilidade social na área de estudo. A metodologia utilizada na pesquisa permitiu uma análise integrada dos dados sociais através de fatores. Com a utilização de técnicas de estatísticas multivariadas e de geoprocessamento foi possível elaborar mapas de vulnerabilidade, mostrando a situação da área de estudo em relação aos aspectos sociais.

Os fatores com maiores influências na vulnerabilidade social foram a idade, educação e a densidade. Os setores localizados nas áreas urbanas possuem melhores condições econômicas e de infraestrutura. Os fatores responsáveis por domicílios, infraestrutura básica de moradia, renda e saneamento básico tiveram menor representatividade na vulnerabilidade social. No entanto, esses fatores são de fundamental importância, principalmente nas áreas rurais, onde estão localizadas as áreas com maiores carências de vulnerabilidade social.

Desse modo, os resultados encontrados na vulnerabilidade social mostraram que a área de estudo apresentou vulnerabilidade alta, média e baixa, sendo que no município de Curuçá a vulnerabilidade alta ficou concentrada na área central da cidade e em Marapanim a maior parte ficou concentrada na área do sul, sendo que em ambos municípios as maiores vulnerabilidades ficaram concentradas em áreas rurais. A abordagem apresentada nesta pesquisa pode ser utilizada como subsídio para o poder público na gestão e planejamento urbano, levando em consideração a

Paulo Eduardo Silva Bezerra; Milena Marília Nogueira de Andrade

vulnerabilidade social, apontando assim as áreas que precisam de maior atenção para reduzir o grau de vulnerabilidade sociais, proporcionando uma melhor qualidade de vida.

REFERÊNCIAS

- Alcântara VS, Strach JCM, Ajara C 2013. Metodologia para Análise da Vulnerabilidade Socioambiental: Estudo de Caso Na Macrorregião Da Costa Verde. *Rev Bras Cart* 3(65):555-570.
- Almeida LQ 2010. *Vulnerabilidades Socioambientais De Rios Urbanos*. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 278 pp.
- Andrade MMN, Szlafsztein CF, Souza-Filho P, Araújo A, Gomes M 2010. A socioeconomic and natural vulnerability index for oil spills in an Amazonian harbor: A case study using GIS and remote sensing. *J Environ Manage* 91:1972-1980.
- Araújo MCC, Cândido GA 2014. Qualidade de Vida e Sustentabilidade Urbana. *Holos* 01:1807-1600.
- ARCGIS [Homepage on the Internet]. *ARCGIS DESKTOP 10.5: sistema de Informação geográfica*. ESRI. Software. [Update 2016 Dec 20; Cited 2017 Sept 1]. Available from: <https://www.esri.com/en-us/home>.
- Birkmann J, Welle T 2016. The World Risk Index 2016: Reveals the Necessity for Regional Cooperation in Vulnerability Reduction. *J Extreme Events* 2(1):1-21.
- CPRM [Homepage on the Internet]. *CPRM – GEOBANK. Dados, Informações e Produto do Serviço Geológico do Brasil*. [Update 2013 May 15; Cited 2017 Sept 2]. Available from: <http://geosgb.cprm.gov.br/>.
- Cronemberger IHGM, Teixeira SM 2013. Famílias Vulneráveis como expressão da questão social, à luz da política de assistência social. *Rev Eletrônica Informe Econ* 1(1):17-26.
- Cutter S, Boruff B, Shirley W 2003. Social Vulnerability to Environmental Hazards. *Soc Sci Quart* 84(2):242-261.
- Cutter SL 2011. A ciência da Vulnerabilidade: modelos, métodos e indicadores. *Rev Crític Ciênc Soc* 93:59-69.
- Dias GH 2013. *Identificação da vulnerabilidade socioambiental na área urbana de Mossoró-RN, a partir do uso de técnicas de análises espaciais*. Dissertação de Mestrado, Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, 166 pp.
- Faro Jr AC 2010. Análise por Componentes Principais de Espectros Nexafs na Especificação do Molibdênio em Catalisadores de Hidrotratamento. *Quim. Nova*, 33:1342-1347.
- Gonçalves KS, Siqueira ASP, Castro HA, Hacon SS 2014. Indicador da Vulnerabilidade Socioambiental na Amazônia Ocidental. O caso do município de Porto Velho, Rondônia, Brasil. *Ciênc & Saúde Coletiva* 19(9):3809-3817.
- Heredia BMA 2006. Gênero e acesso a políticas públicas no meio rural brasileiro. *Rev Nera* 9(8):1-28.

Paulo Eduardo Silva Bezerra; Milena Marília Nogueira de Andrade

Holand IS, Lujala P, Rod JK 2011. Social vulnerability assessment for Norway: A quantitative approach. *Norsk Geografisk Tidsskrift_Norwegian J of Geography* 65:1-17.

Hummell BML, Cutter SL, Emrich CT 2016. Social Vulnerability to Natural Hazards in Brazil. *Int J of Disaster Risk Sci* 7(2):111-122.

IBGE [Homepage on the Internet]. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2010. *Censo Demográfico*. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. [Update 2010 Dec 12; Cited 2017 Agust 2]. Available from: <http://www.censo2010.ibge.gov.br>.

IBM SPSS STATISTIC 23. [Homepage on the Internet]. IBM. Software. [Update 2015 Mar 03; Cited 2017 Sept 1]. Available from: <https://www.ibm.com/br-pt/marketplace/spss-statistics>.

Lixin Y, Xi Z, Lingling G, Dong Z 2014. Analysis of social vulnerability to hazards in China. *Environ Earth Sci* 71:3109-3117.

Rezende PS 2016. *Metodologia Para Avaliação da Vulnerabilidade Socioambiental: Estudo da Cidade de Paracatu (MG)*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 194 pp.

Rivera DSB 2015. *Conhecimento Tradicional como Instrumento para Conservação e Manejo do Caranguejo Uçá Ucides Cordatus (linnaeus, 1763) na Reserva Extrativista Marinha de São João da Ponta – Pará*. Dissertação de Mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 112 pp.

Rossetti DF, Truckenbrodt W, Góes AM 1989. Estudo paleoambiental e estratigráfico dos Sedimentos Barreiras e Pós-Barreiras na região Bragantina, nordeste do Pará. *Bol Mus Para Emílio Goeldi, Série Ciências da Terra* 1:25-74.

Sousa MAM 2008. *Reserva Extrativista Marinha Mãe Grande: permanência e mudança no trabalho do pescador artesanal, em Curuçá/PA*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Pará, Belém, 60 pp.

Souza Filho PW 2005. Costa de manguezais de macromaré da Amazônia: cenários morfológicos, mapeamento e quantificação a partir de dados de sensores remotos. *Rev Bras Geofis* 23(4):427-435.

Szlafsztein CF, Sterr H 2007. A GIS-based vulnerability assessment of coastal natural hazards, state of Pará, Brazil. *J Coast Conservat* 11:53-66.

Torres HG 2000. *A demografia do risco ambiental. População e meio ambiente: debates e desafios*. SENAC, São Paulo. p. 53-73.

UNISDR 2004. *Reducing disaster risk: a challenge for development*. United Nations Development Programme. UN, New York, 129p.

Spatial Analysis of Social Vulnerability Utilizing Geotechnologies: A Case Study in the Amazon Coastal Zone

ABSTRACT

Paulo Eduardo Silva Bezerra; Milena Marília Nogueira de Andrade

The Amazon coastal zone is vulnerable to various natural and anthropogenic pressures. Social vulnerability refers to the different characteristics of the population exposed to a particular threat . Methodologies that analyze vulnerability through indicators and statistical support have been increasingly widespread. Thus, the objective of this study is to analyze social vulnerability using statistics and geoprocessing techniques. It was utilized The Principal Component Analysis (PCA) as the main method and later the Geographical Information System (GIS) in the amazon coastal zone, in the municipalities of Curuçá and Marapanim. The results showed the factors that had the highest influences on social vulnerability were age, education and density.. The approach presented can be used as a subsidy to the government in urban planning and management.

Keywords: Multicriteria Analysis; Amazon; Social Vulnerability Index; Para.

Submissão: 04/04/2018

Aceite: 14/08/2018