DOI: 10.5418/RA2017.1320.0004

AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE AOS PERIGOS NATURAIS: O CASO DO ESTADO DO CEARÁ, BRASIL

EVALUATION OF VULNERABILITY TO NATURAL HAZARD: THE CASE OF CEARÁ COUNTY, BRAZIL

EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD A LOS PELIGROS NATURALES EL CASO DEL ESTADO DE CEARÁ, BRASIL

João Luís Sampaio Olímpio

Mestre e Doutor em Geografia com ênfase em Dinâmica Ambiental e Territorial pela Universidade Estadual do Ceará. Universidade Federal do Ceará. Programa de Pós-graduação em Geografia. Campus do Pici. Pici. CEP: 60455-760 - Fortaleza, CE - Brasil.
E.mail: jluisolimpio@gmail.com

Maria Elisa Zanella

Doutora em Meio Ambiente e Desenvolvimento pela Universidade Federal do Paraná (2006). Participou como Bolsista de Estudos no Exterior na modalidade Docente no âmbito do Programa de Cooperação Internacional CAPES/AULP (2015). Docente da graduação e pós-graduação em Geografia e PRODEMA da Universidade Federal do Ceará. Coordenadora do Mestrado Programa de Desenvolvimento e Meio Ambiente - UFC. Pesquisadora Pq do CNPq. Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Departamento de Geografia. Campus do Pici. CEP: 60455-760 - Fortaleza, CE - Brasil
E.mail: elisazv@terra.com.br

Jader de Oliveira Santos

Doutor em Geografia (Geografia Física) pela Universidade de São Paulo (USP). Docente do Departamento e do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará (UFC). Professor colaborador do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Ambiente da Universidade de Cabo Verde - UNICV. Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Departamento de Geografia. Campus do Pici. Pici. CEP: 60455-760 - Fortaleza, CE - Brasil
E.mail: jader.santos@gmail.com

RESUMO

A avaliação da vulnerabilidade pode ser entendida como uma estimativa da capacidade dos grupos sociais de resistir e de adaptar-se às adversidades, bem como de promover o seu bem-estar. Nesta perspectiva, o objetivo da presente investigação é determinar os níveis de vulnerabilidade aos perigos naturais. Adotou-se um foco quantitativo que buscou aferir os graus de vulnerabilidade através de um índice que integrou indicadores demográficos, sociais, econômicos e de acesso aos serviços básicos. Como área de estudo foram selecionados os municípios do estado do Ceará, devido ao registro histórico de desastres naturais. Os dados foram levantados ao nível municipal e trabalhados com o uso de técnicas de geoprocessamento e da estatística, bem como da análise dos processos socioespaciais. Constatou-se que há o predomínio da classe de vulnerabilidade mediana com 47,3% dos municípios e que dez municípios possuem vulnerabilidade muito alta. A metodologia mostrou-se eficiente podendo ser adaptada para outros contextos geográficos.

PALAVRAS-CHAVES: vulnerabilidade; perigo natural; desastre; estatística espacial; SIG.

Revista da Anpege ISSN 1679-768X

ABSTRACT

The evaluation of vulnerability can be understood as an estimate of social groups' capacity to resist and adapt to adversity and to promote their welfare. In this perspective, the objective of this research is to determine the levels of vulnerability to natural hazards. It was adopted a quantitative focus that sought to check the degree of vulnerability through an index that incorporated demographic, social, economic and related to access to basic services indicators. As the study area, the municipalities of the state of Ceará were selected due to the historical record of natural disasters. The data were collected at the municipal level and worked with the use of geoprocessing and statistics, as well as the analysis of sociospatial processes. It was found that there is a predominance of the middle class of vulnerability with 47.3% of the municipalities and ten municipalities have very high vulnerability. The methodology proved to be efficient and can be adapted to other geographical contexts.

KEYWORDS: vulnerability; natural hazard; disaster; spatial statistics; SIG.

RESUMEN

La evaluación de la vulnerabilidad puede ser comprendida como una estimación de la capacidad de los grupos sociales de resistir y adaptarse a las adversidades, así como de promover su bienestar. En esta perspectiva, el objetivo de esta investigación es determinar los niveles de vulnerabilidad a los peligros naturales. Fue empleado un enfoque cuantitativo que objetivó medir los niveles de vulnerabilidad a través de un índice que integró indicadores demográficos, sociales, económicos y de disponibilidad de servicios básicos. Como área de estudio fueran elegidos los municipios del estado de Ceará, debido al registro de desastres naturales. Los datos fueran obtenidos en nivel municipal y trabajados con las técnicas de geoprocesamiento y de las estadísticas, así como el análisis de los procesos socioespaciales. Se fue posible comprobar que existe el predominio de clase de vulnerabilidad mediana con 47,3% de los municipios y que diez municipios tienen vulnerabilidad muy alta. La metodología ha demostrado ser eficaz y se puede adaptar a otros contextos geográficos.

PALABRAS-CLAVES: vulnerabilidad; peligro natural; desastre; estadística espacial; SIG.

Revista da Anpege
ISSN 1679-768X

INTRODUÇÃO

No transcorrer dos últimos decênios, a sociedade global vem se deparando com acontecimentos desastrosos que afetaram expressivamente vidas, propriedades e o meio ambiente, ocasionando momentos de criticidade em razão da desestruturação do espaço a partir dos impactos de forças adversas. Embora os desastres intriguem o homem desde os primórdios das sociedades, na história recente tais acontecimentos tornaram-se onipresentes, pois frequentemente são divulgadas notícias sobre eventos calamitosos ocorridos em diversas partes do planeta, os quais sempre estão associados a grandes perdas.

É neste contexto que os desastres têm sido objeto de estudos nas mais diversas áreas do conhecimento, assim como a noção de risco. No entanto, ainda há uma imensa gama de campos temáticos a serem abordados e discussões a serem tecidas. Ora, riscos e desastres podem estar presentes em qualquer atividade humana, desde que a sociedade não possua mecanismos eficientes para resistir e adaptar-se às adversidades, o que se convencionou denominar de vulnerabilidade. E é está última dimensão a temática do presente artigo, mais especificamente a sua relação com os perigos originados da dinâmica do meio natural.

As investigações acerca da vulnerabilidade são instrumentos que clarificam a leitura da realidade no entorno da organização espacial de ativos em um dado espaço geográfico, o que no contexto latino-americano, também representada a desigualdade na locação de recursos e, por consequência, presume a existência de níveis de vulnerabilidade. Deste modo, apontam para uma situação crucial: os eventos adversos geram danos distintos em cada porção geográfica, em virtude da presença ou não de ativos potencializadores da proteção social e minimizadores dos riscos. Tal contexto não se restringe a vulnerabilidade aos perigos naturais, mas também a outras adversidades, como a violência, a criminalidade, a precariedade do emprego, a discriminação, dentre muitas outras.

Assim, parte-se do pressuposto que o estudo da vulnerabilidade contribui para a compreensão dos riscos que os diferentes grupos sociais experimentam ao serem submetidos aos perigos naturais de mesma intensidade (BRAGA, OLIVEIRA, GIVISIEZ, 2006). Para tanto, a análise de um conjunto de fatores, específico a um dado perigo, é o caminho a ser percorrido para construção do quadro socioespacial de um território. É desta maneira, que a sociedade pode perceber os riscos e as oportunidades do seu ambiente e como o conhecimento destes aspectos contribui para a tomada de decisão sobre a gestão dos recursos (KATES, 1962).

Revista da Anpege ISSN 1679-768X

Atualmente, o uso de índices de vulnerabilidade é uma ferramenta amplamente empregada na identificação de territórios que abrigam grupos sociais em condições mais desfavoráveis, podendo, inclusive, revelar a predisposição daquele espaço aos riscos (SANTOS, 2015). A mensuração da vulnerabilidade a partir de índices sintéticos, além de um método de pesquisa, é um instrumento de comunicação ao tentar repassar rapidamente o conteúdo de uma realidade à sociedade, criando meios que fomentem a atuação dos agentes produtores quando da implantação de recursos. Tal afirmativa é mais evidente quando há a espacialização da vulnerabilidade, demonstrando-se os imbricados padrões espaciais de um território, onde, não raramente, os extremos convivem lado a lado.

Neste sentido, o presente artigo traz em seu bojo a aplicação de uma metodologia para a determinação da vulnerabilidade aos perigos naturais, por meio da construção de um índice sintético que integrou indicadores de caráter demográfico, social, econômico e de acesso aos serviços básicos. Como área de aplicação do mencionado índice selecionou-se o estado do Ceará, em decorrência da temporalidade de ocorrências de desastres naturais, sobretudo àqueles associados à dinâmica climática.

Compreende-se que o roteiro metodológico apresentado tem potencial para a definição de diagnósticos acerca da vulnerabilidade aos perigos naturais em diferentes escalas de análise, desde a global até o nível intraurbano, trazendo sua aplicabilidade aos estudos de risco.

Materiais e métodos

O roteiro metodológico da pesquisa fundamentou-se nas seguintes etapas: referencial teórico, definição da área de estudo, seleção dos dados, construção do Índice Intermunicipal de Vulnerabilidade aos Riscos Naturais (IVUL), análise da dependência espacial do índice e produção do material cartográfico.

Referencial teórico

O uso do conceito de vulnerabilidade pelas ciências contemporâneas assume um carácter multidimensional, ao estar presente em investigações sob diferentes perspectivas (SANTOS, 2015). Desta forma, as noções que envolvem a vulnerabilidade enfocam deste o indivíduo até a análise de uma sociedade e como cada uma reage às adversidades de distintas origens. Todavia, interessa ao presente artigo a vulnerabilidade na perspectiva dos riscos naturais, notadamente em uma análise que envolve as contradições socioespaciais de uma população.

Entretanto, independente da abordagem, as noções de vulnerabilidade têm características comuns. Primeiramente, elas mantêm uma relação de coexistência com um determinado

Revista da Anpege
ISSN 1679-768X

perigo e que, conjuntamente, constroem o estado de risco. Assim, a vulnerabilidade somente existe se há uma percepção de que alguém pode perder algo pela ocorrência de um fenômeno natural perigoso, cuja manifestação poderá resultar em dificuldades em sua recuperação (ROMERO; MASKREY, 1993).

Essas noções têm origem no senso comum onde a palavra vulnerabilidade tem, segundo Houaiss e Alles (2009, p. 1961), a seguinte definição: "qualidade ou estado do que é ou se encontra vulnerável". Já vulnerável corresponde a: "ferido, sujeito a ser atacado, derrotado frágil, prejudicado ou ofendido". Como visto, estes significados trazem consigo a noção de uma perda ou dano, provável ou concreto.

Nas ciências, exemplo disto são os estudos desenvolvidos pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* que entendem a vulnerabilidade (*vulnerability*) como a propensão ou predisposição de ser afetado negativamente por eventos naturais, cuja dinâmica foi alterada pelas mudanças climáticas. E compreende uma variedade de conceitos e elementos que incluem a sensibilidade ou suscetibilidade ao dano e a falta de capacidade de resposta e adaptação (IPCC, 2014).

Outro aspecto importante é que os fatores produtores da vulnerabilidade são específicos a um determinado fenômeno, de modo que um aspecto pode ser importante na análise da vulnerabilidade a um perigo, porém pode não ser para outro. A presença de água encanada nos domicílios ilustra tal afirmativa. Ela pode ser um indicador importante quando se avalia a vulnerabilidade em relação aos eventos de secas e epidemias, contudo, pode ter um destaque menor frente à vulnerabilidade aos terremotos e à erosão costeira. Por isso, a seleção de indicadores é uma etapa árdua que requer muita atenção dos pesquisadores.

Também cabe destacar, que a vulnerabilidade aos perigos naturais carrega consigo a característica da espacialidade, pois ela não se distribui homogeneamente no território, mas revela os padrões de vida de uma população, formados pelas diferentes formas de apropriação, produção e reprodução do espaço e, desta forma, estando consoante com a organização, distribuição e composição social (RIBEIRO, 1995; RODRIGUES, 2006). Nos espaços socialmente mais vulneráveis concatenam-se as piores condições socioeconômicas de uma população e normalmente estes grupos estão localizados em ambientes frágeis, sujeitos a processos característicos destes meios, a exemplo das inundações, alagamentos e movimentos de massa. Tais indivíduos não têm meios próprios, tampouco recebem auxílio para adaptar-se à dinâmica natural, de maneira que coexistem com os riscos (DESCHAMPS, 2004; ZANELLA *et al.*, 2009).

Revista da Anpege
ISSN 1679-768X

Para Kaztman e Filgueira (1999), a vulnerabilidade se refere a sua capacidade de controlar as forças que os afetam e sua intensidade depende da posse ou controle de ativos, isto é, dos recursos requeridos para o aproveitamento das oportunidades fornecidas pelo meio. Para os autores, os grupos excluídos de ativos são menos propensos a aproveitar as estruturas de oportunidades que lhe são oferecidas, cujo bom emprego poderia elevar o nível de bem-estar diante de situações adversas.

Destarte, a avaliação da vulnerabilidade de uma população e dos seus padrões de distribuição espacial é uma etapa imprescindível para a gestão dos riscos, sobretudo porque está presente antes, durante e depois dos eventos potencialmente lesivos.

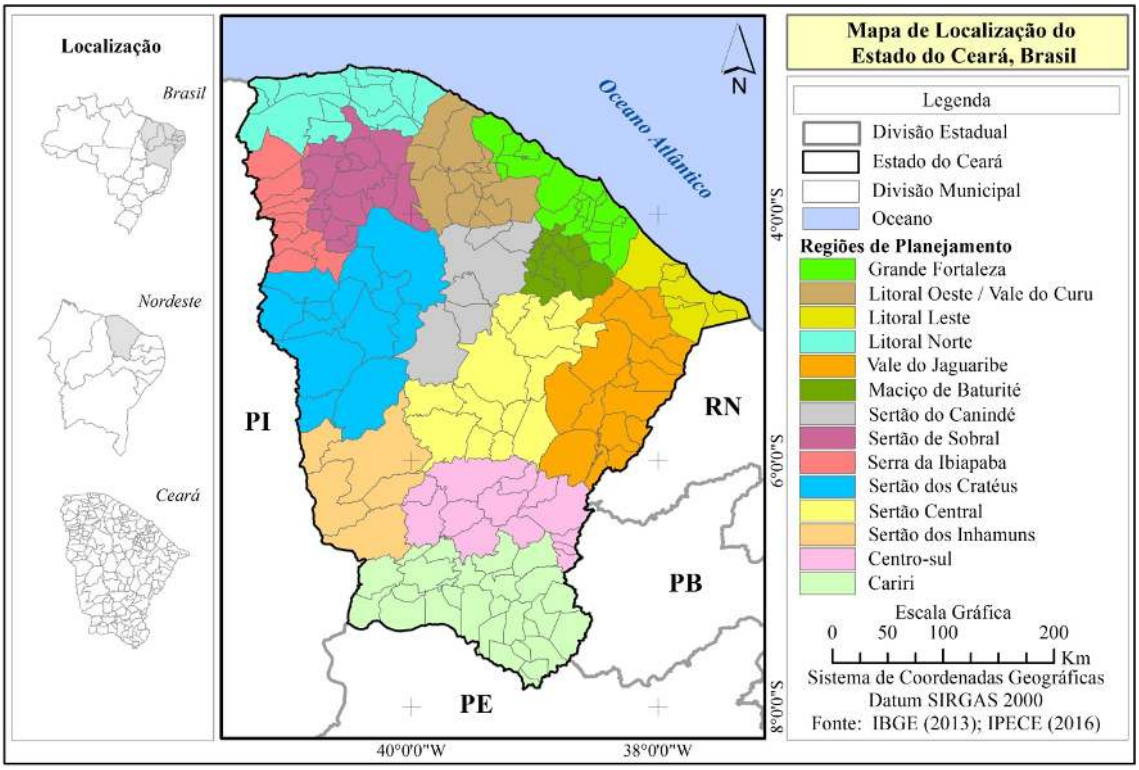
Definição da área de estudo

Como área de aplicação do IVUL, foram selecionados os 184 municípios do estado do Ceará, em função do registro histórico de desastres naturais e do contexto socioeconômico vigente. A metodologia permitiu a avaliação da importância de cada unidade municipal no contexto estadual.

O Ceará é um dos estados da região Nordeste do Brasil, estando localizado em sua porção setentrional, ocupando 148.886,308 km², o que equivale a 1,75% do território nacional. Está administrativamente compartimentado em quatorze regiões de planejamento (Figura 1). Também se encontra sob o domínio climático semiárido, mas, pontualmente, com áreas úmidas e subúmidas. Todavia, o estado como um todo é susceptível à variabilidade pluviométrica, ora ocorrendo escassez hídrica, ora excessos pluviométricos, os quais desestruturam os municípios e frequentemente geram danos deflagradores de decretações de Situação de Emergência (SE) ou Estado de Calamidade Pública (ECP) (OLÍMPIO, 2013). Em menor frequência e abrangência espacial, a zona costeira também é palco de desastres naturais produzidos pela intensificação dos processos erosivos.

Revista da Anpege
ISSN 1679-768X

Figura 1 – Mapa de localização do estado do Ceará, Brasil. Fonte: autores.



Seleção dos dados

Esta etapa teve por objetivo a seleção de indicadores pertinentes à determinação da vulnerabilidade, considerando as suas relações com a predisposição do meio aos fenômenos naturais adversos. Assim, buscaram-se informações em quatorze indicadores relativos aos critérios demografia, renda/economia, educação, qualidade da habitação e disponibilidade de recursos da saúde, os quais foram integrados para a construção do índice sintético. O quadro 1 discrimina os indicadores utilizados.

Quadro 1 – Indicadores selecionados para a determinação da vulnerabilidade

Critérios	Indicador
Demografia	I-1 - População residente
	I-2 - População residente com idade igual ou inferior a 14 anos
	I-3 - População residente com idade igual ou superior a 65 anos
Educação	I-4 - População analfabeta com 5 anos ou mais
	I-5 - Pessoas com 10 ou mais anos de idade sem instrução ou ensino fundamental incompleto
Economia e Renda	I-6 - Mulheres com renda igual ou inferior a salário mínimo
	I-7 - Homens com renda igual ou inferior a salário mínimo
	I-8 - Produto Interno Bruto (PIB)

Revista da Anpege ISSN 1679-768X

Critérios	Indicador
Situação dos domicílios	I-9 - Percentagem municipal de domicílios com abastecimento de água canalizada
	I-10 - Percentagem municipal de domicílios atendidos pela rede geral de esgoto
	I-11 - Percentagem municipal de domicílios com coleta de lixo
	I-12 - Percentagem municipal de domicílios com energia elétrica da companhia distribuidora
Disponibilidade de Recursos da Saúde	I-13 - Quantidade de profissionais de saúde
	I-14 - Quantidade de estabelecimentos de saúde que atendem pelo Sistema Único de Saúde (SUS)

Fonte: *autores.*

Os indicadores I-1 a I-12 consistem em dados coletados do censo demográfico de 2010 (IBGE, 2016). Já os indicadores I-13 e I-14 foram adquiridos junto no Anuário Estatístico do Ceará 2011 com dados de 2009-2010 (IPECE, 2016). Também foram levantadas as Portarias emitidas pelo poder executivo federal reconhecendo os decretos de SE ou ECP emitidos pelos poderes executivos municipais ou estadual[1], durante o período entre 2003 a 2013 (SEDEC, 2014).

Metodologia do Índice Intermunicipal de Vulnerabilidade aos Perigos Naturais (IVUL)

Os dados selecionados foram inseridos no programa Excel. Inicialmente, os indicadores foram padronizados, tendo em vista que cada um possui escalas e grandezas distintas. Assim, para cada indicador elegido foi calculado o percentual de cada município em relação ao total de municípios pesquisados. O valor obtido foi inserido na equação 1 (MEDEIROS; SOUZA; SANTOS, 2014):

(1)

$$I_{ps} = \frac{I_s - I_{-v}}{I_{+v} - I_{-v}}$$

Onde:

I_{ps} = valor padronizado do indicador "I" no município "s";
I_s = valor do indicador "I" no município "s";
I_{-v} = menor valor do indicador "I" no universo de municípios;
I_{+v} = maior valor do indicador "I" no universo de municípios.

[1] A Instrução Normativa do Ministério da Integração Nacional nº 1 de 24.08.2012 estabeleceu os procedimentos e critérios para a decretação de SE e ECP pelos entes federativos e para o reconhecimento federal da anormalidade. Também foram definidos conceitos importantes, sendo SE: situação de alteração intensa e grave das condições de normalidade em um determinado município, estado ou região, decretada em razão de desastre, comprometendo parcialmente sua capacidade de resposta, e; ECP: situação de alteração intensa e grave das condições de normalidade em um determinado município, estado ou região, decretada em razão de desastre, comprometendo substancialmente sua capacidade de resposta (BRASIL, 2012).

Revista da Anpege
ISSN 1679-768X

A equação retorna um conjunto de valores que variam de 0 (zero) a 1 (um), sendo que os mais próximos de um apresentam condições de vulnerabilidade mais agravantes, enquanto aqueles mais próximos de zero correspondem as melhores situações. Sublinha-se que os critérios relativos à saúde, à situação dos domicílios e ao indicador PIB são inversamente proporcionais aos demais, de modo que para estes foi necessário subtrair do valor um os resultados obtidos na equação acima. Posteriormente, foram atribuídos pesos para cada indicador (Quadro 2). A proposta adotada foi definida em função da importância de cada indicador na construção da vulnerabilidade aos eventos naturais adversos, baseada em critérios qualitativos. Neste caso, os pesos maiores conferiram um maior destaque para aqueles indicadores do IVUL que subjetivamente mais contribuem com a vulnerabilidade.

Quadro 2 – Ponderação dos Indicadores de Vulnerabilidade

Demografia			Educação		Renda/Economia			Situação dos Domicílios				Recursos da Saúde	
I-1	I-2	I-3	I-4	I-5	I-6	I-7	I-8	I-9	I-10	I-11	I-12	I-13	I-14
2	1	1	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2	1

Fonte: *autores.*

Em seguida, realizou-se a média ponderada dos indicadores. Os resultados foram novamente padronizados por meio da equação 1. Por fim, os valores definitivos foram ordenados e agrupados em cinco classes, determinadas pelo método "intervalos iguais", a saber: Muito Baixa (VMB), Baixa (VB), Mediana (VM), Alta (MA) e Muito Alta (VMA).

A metodologia apresentada busca destacar os atributos que ampliam ou minimizam a vulnerabilidade aos fenômenos naturais potencialmente geradores de danos. Seu desenvolvimento se deu por meio da adaptação das investigações que tratam, a partir de um contexto geográfico, da vulnerabilidade aos perigos naturais (OLÍMPIO, 2013; ZANELLA, *et al.*, 2013; MARCELINO; NUNES; KOBIYAMA, 2006) e das contribuições voltadas à análise da vulnerabilidade relacionada aos riscos sociais[2] (ARAÚJO, 2015; IPEA, 2015; SÃO PAULO, 2013; ROSA; COSTA, 2009).

Análise da dependência espacial do IVUL

Após a espacialização do IVUL, foi realizada a análise da dependência espacial do índice, a partir da execução de medidas de autocorrelação espacial. Desta forma, buscou-se a identificação de aglomerados espaciais (*clusters*), cujas observações apresentavam um padrão de similaridade.

[2] Destaca-se que em muitos trabalhos sobre a vulnerabilidade não há o emprego do conceito de "risco", contudo é notável que a sua noção sempre está presente, mesmo que sem uma apresentação conceitual evidente. Neste sentido, abrangem não somente os riscos naturais, como também aos riscos tecnológicos e, sobretudo os sociais.

Revista da Anpege ISSN 1679-768X

A autocorrelação é uma medida geral da estrutura da dependência espacial, mensurada pela correlação do valor de um indicador em uma dada área geográfica em relação aos valores do mesmo indicador observados nas áreas vizinhas (SOUZA, *et al.*, 2007). O valor da autocorrelação oscila entre +1 a -1. Valores mais próximos de +1 indicam forte padrão de correlação espacial, o que descreve *clusters* (altos valores tendem a estar localizados próximo uns dos outros e baixos valores tendem a estar próximos uns dos outros). Já os mais próximos de -1 apontam para autocorrelação espacial negativa, demarcando *outliers* (altos valores tendem a estar localizados próximos de valores baixos e vice-versa) (ROGERSON, 2012). Por sua vez, os valores próximos de zero indicam aleatoriedade, ou seja, inexistência de correlação espacial significativa (CARVALHO *et al.*, 2007).

Foi utilizado o *software* livre GeoDa[3] para a execução dos cálculos e análises espaciais. Selecionou-se a técnica estatística do Índice (I) Global de Moran para testar a hipótese nula de que a distribuição espacial do IVUL nos municípios é aleatória e a hipótese alternativa de que existe um regime espacial de valores similares ou diferentes. A equação 2 apresenta o I Global de Moran.

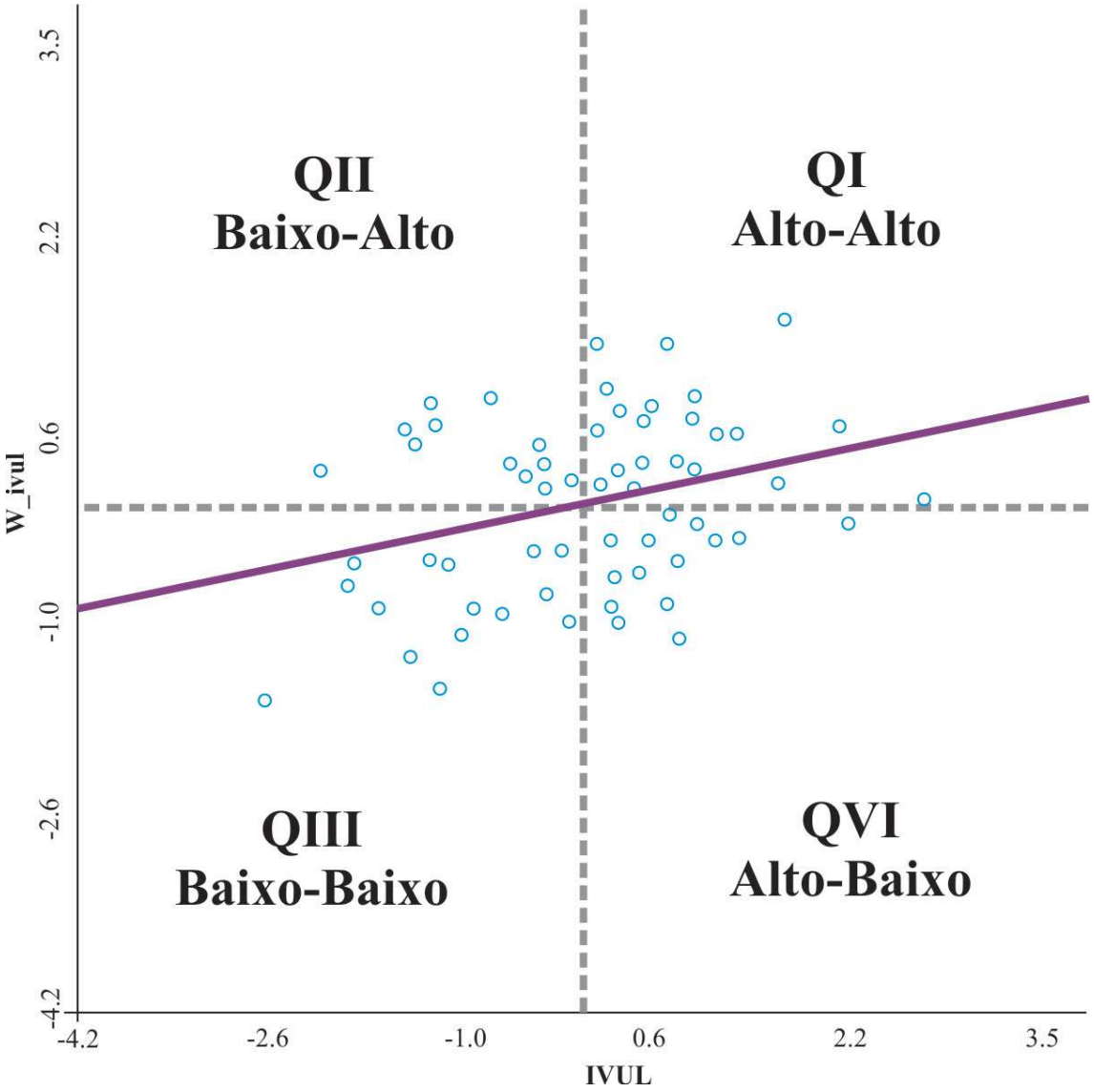
$$(2)\ I=\frac{\sum_i^n\sum_j^n w_{ij}(y_i-\bar{y})(y_j-\bar{y})}{(\sum_i^n\sum_j^n w_{ij})\sum_i^n(y_j-\bar{y})^2}$$

Onde n é o número de regiões, w_{ij} é a medida de proximidade geográfica entre as regiões i e j, y_i é o valor do atributo considerado na área i e $\bar{y}$ é o valor médio do atributo na região de estudo. Foram atribuídos pesos (w_{ij}) a partir de uma matriz de vizinhança tipo rainha (*queen*), avaliando-se a contiguidade de 1° a 3° ordem. Posteriormente, foi gerado o diagrama de espalhamento de Moran onde consta a dependência espacial do conjunto avaliado. Para tanto, I Moran Global é decomposto em quatro categorias, como pode ser visualizado na figura 2.

[3] Disponível para download no sítio eletrônico <geodacenter.github.io/download.html>. Acessado em 18 de jul. de 2016.

Revista da Anpege
ISSN 1679-768X

Figura 2 – Quadrantes de autocorrelação espacial de I Global de Moran.



No quadrante QI estão os *clusters* de distribuição alto-alto, formados por municípios com IVUL elevado cercado por vizinhos em condições semelhantes. Já o QIII é composto por *clusters* baixo-baixo, oriundos de municípios de menor vulnerabilidade contíguos a outros em situação similar. Quando a nuvem de observações está sobre estes quadrantes têm-se dependência espacial positiva.

Já no quadrante QII têm-se *outliers* de regime baixo-alto, onde municípios de IVUL menor estão circundados por municípios com IVUL maior. Por fim, no QIV há *outliers* com repartição espacial dada por alto-baixo, definida quando municípios de vulnerabilidade elevada estão contíguos a municípios de vulnerabilidade reduzida. Se os municípios estão em QII e QIV tem-se correlação espacial negativa. Para validar estatisticamente os

Revista da Anpege ISSN 1679-768X

resultados do I Global de Moran, foi realizado o teste de pseudo-significância (P-valor) com 999 randomizações.

Também foram avaliados os agrupamentos locais por meio de um indicador LISA (*Local Indicator for Spatial Autocorrelation*). Diferente dos indicadores globais que geram um único valor para todo o conjunto de dados, os indicadores LISA detalham os regimes de autocorrelação espacial das diferentes observações (municípios) da variável espacialmente distribuída. Neste caso, os indicadores locais produzem um valor específico para cada área, permitindo a identificação de agrupamentos locais em função da vizinhança de cada observação (CÂMARA *et al*. 2004). Para este detalhamento utilizou-se do Índice (Ii) Local de Moran, cujos resultados originaram mapas de *clusters* e de significância.

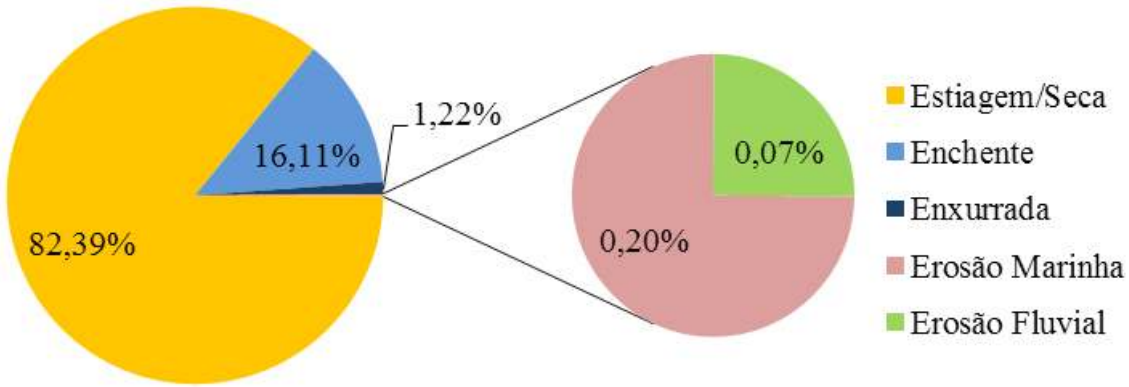
Os dados foram espacializados em um Sistema de Informação Geográfica (SIG). Para isto, foi empregado *software* ArcGIS 10.2.

Resultados e Discussões

Os desastres naturais do estado do Ceará

Entre os anos de 2003 a 2013, foram emitidas 1.824 Portarias reconhecendo as decretações de SE ou ECP no estado do Ceará. Deste montante, 1.564 foram deflagradas pelos fenômenos de seca ou estiagem, sendo, desta forma, os eventos mais frequentes. Em seguida, as enchentes e as enxurradas são os fenômenos com maior quantidade de registros, totalizando 237 e 19 Portarias, respectivamente. Por fim, foram emitidas duas Portarias para erosão costeira e uma para erosão fluvial. Na figura 3 é apresentada a distribuição percentual das tipologias de desastres naturais para o período destacado.

Figura 3 – Distribuição das tipologias de desastres naturais ocorridos no estado do Ceará. Fonte de dados: SEDEC (2014). Elaborado pelos autores.

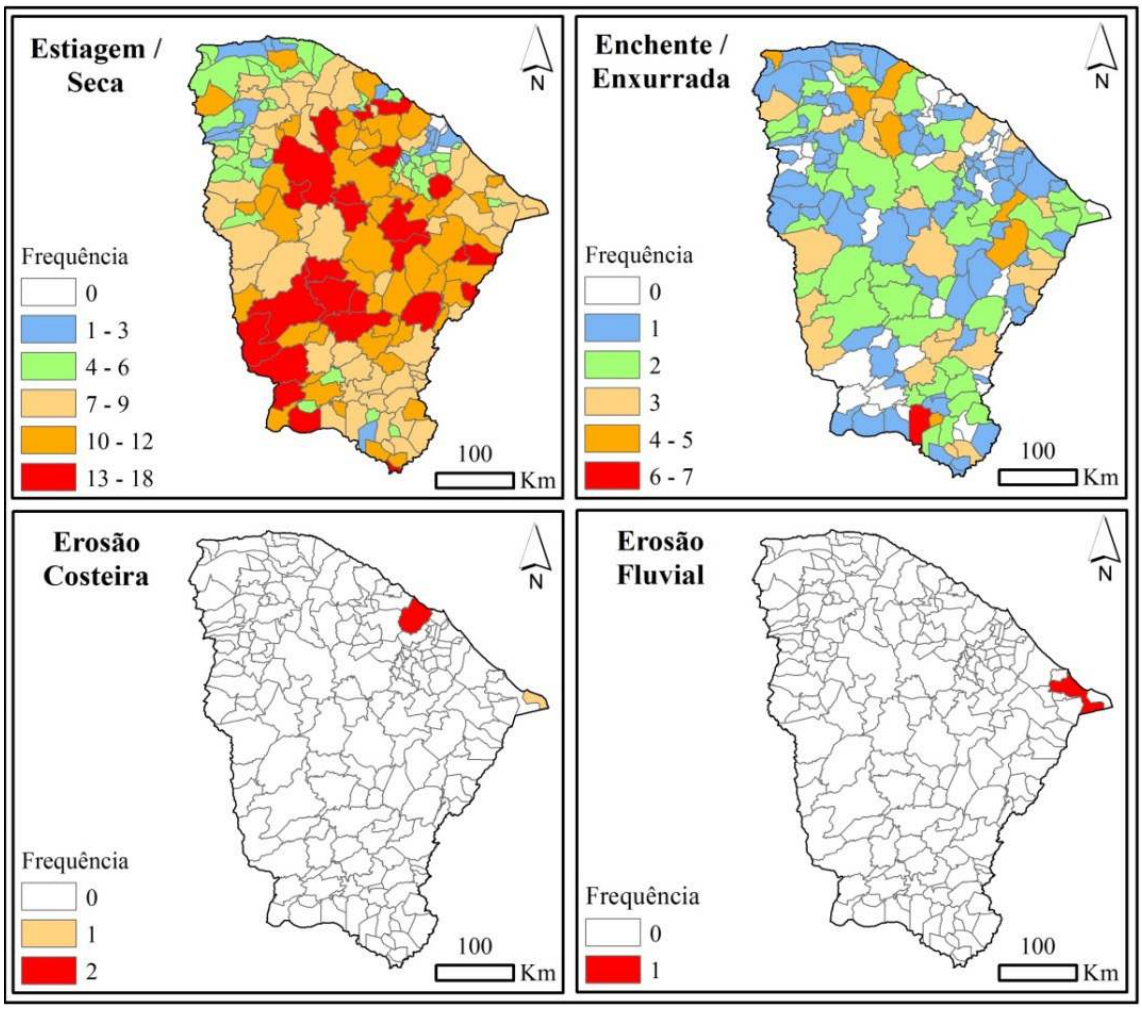


Revista da Anpege
ISSN 1679-768X

Em média, anualmente são emitidas 165,8 Portarias. Não obstante, há uma diferença expressiva nas frequências dos registros de crises, sobretudo em virtude do comportamento das chuvas de cada ano, o qual pode construir uma situação tendendo ora para a escassez hídrica, ora para os excessos hídricos.

Na figura 4 é demonstrada a distribuição espacial das frequências dos desastres naturais. Os cartogramas apontam que as estiagens e as secas se destacam quanto à abrangência dos impactos, pois afetaram, pelo menos uma vez, 180 dos 184 municípios cearenses, embora atinjam, principalmente, os sertões, em razão das características naturais, socioeconômicas e culturais reinantes. Tais eventos foram os únicos registrados em todos os anos investigados, porém com distribuições espaciais proporcionais às chuvas anuais. Ademais, apenas quatro municípios não obtiveram crises deflagradas por escassez hídrica no período destacado, são eles: Fortaleza, Eusébio e Horizonte na Grande Fortaleza e o município de Guaramiranga (Maciço de Baturité).

Figura 4 – Cartogramas de frequência das Portarias de reconhecimento da situação de desastre por tipologia de fenômeno. Fonte de dados: SEDEC (2014). Elaborado pelos autores.

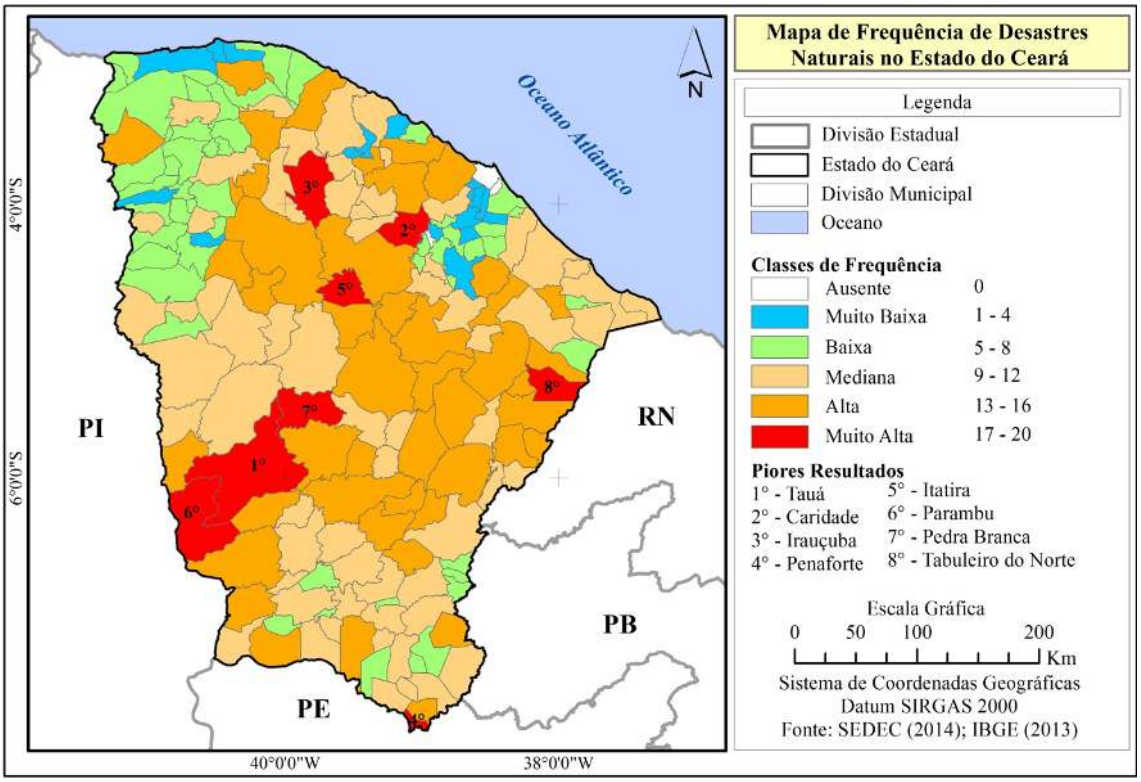


Revista da Anpege
ISSN 1679-768X

As inundações[4] também afetaram todas as regiões, porém com abrangência e frequência inferior aos desastres produzidos por secas e estiagens. De fato, 41,3% dos municípios tiveram reconhecidas apenas uma vez a situação de desastres deflagrados por inundações e outros 22,3% tiveram duas portarias. Além disso, 20,7% nunca decretaram ou tiveram reconhecidas situações de desastres.

No que tange à erosão costeira, embora ela afete várias localidades litorâneas, apenas atingiu nível de criticidade em dois municípios, a saber: Caucaia, na Grande Fortaleza, e Icapuí, litoral leste. Estes desastres são resultado da intervenção e ocupação de sistemas naturais que alimentam à dinâmica sedimentar costeira. Já a erosão fluvial foi registrada apenas no município de Aracati (Litoral Leste), em 2011, estando associada aos impactos decorrentes da exacerbação da erosão do rio Jaguaribe. Considerando todas as tipologias de desastres, a figura 5 apresenta a distribuição espacial da frequência de registros, segundo os municípios cearenses.

Figura 5 – Mapa de frequência de desastres naturais no estado do Ceará. Fonte de dados: SEDEC (2014). Elaborado pelos autores.



[4] De acordo com o Glossário de Defesa Civil, Estudos de Riscos e Medicina de Desastre (CASTRO, CALHEIROS, MOURA, 2004), publicação utilizada pelas entidades do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC), as inundações são o "transbordamento de água da calha normal de rios, mares, lagos e açudes, ou acumulação de águas por drenagem deficiente, em áreas não habitualmente submersas". Neste sentido, é um conceito mais abrangente, envolvendo os fenômenos de enchentes ou inundações graduais, enxurradas ou inundações bruscas, alagamentos e inundações litorâneas.

Revista da Anpege
ISSN 1679-768X

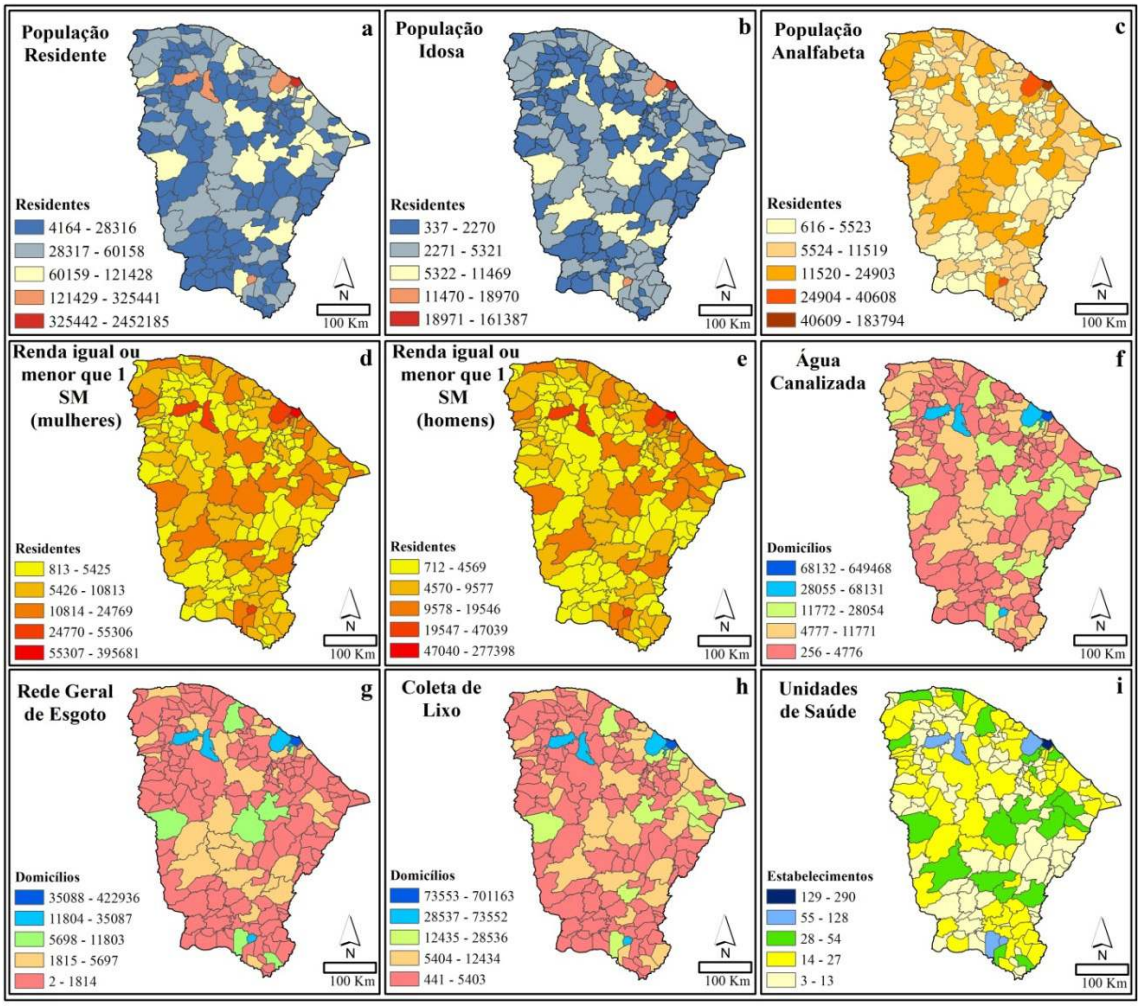
Conforme os resultados obtidos, apenas 1,6% (3) dos municípios não receberam portarias para qualquer fenômeno natural adverso, estando os mesmos localizados na Grande Fortaleza (Fortaleza e Eusébio) e no Maciço de Baturité (Guaramiranga). A classe muito baixa abrangeu 8,7% (16) dos municípios, os quais estão dispersos nas regiões da porção setentrional do estado, com destaque para Grande Fortaleza, Litoral Norte e Maciço de Baturité. Já a classe baixa abarcou 27,2% (50) dos municípios, envolvendo diversas regiões, mas com maiores concentrações no Litoral Norte, Ibiapaba, Sertão de Sobral e Cariri. A classe mediana foi a mais representativa com 33,7% (62), estando presente em todas as regiões, a exceção do Sertão dos Inhamuns. A classe alta envolveu 24,5% (45) municípios, sendo observadas concentrações nas regiões dos sertões interiores. A classe muito alta abrangeu 4,3% (8) dos municípios, distribuídos entre as regiões do Sertão dos Inhamuns (2), Sertão de Canindé (2), Sertão Central (1), Cariri (1), Vale do Jaguaribe (1) e Litoral Oeste / Vale do Curu (1).

CARACTERIZAÇÃO DEMOGRÁFICA E SOCIOECONÔMICA DO ESTADO DO CEARÁ

A vulnerabilidade aos perigos, naturais ou não, é uma situação vivida pelos grupos sociais. Nesta pesquisa, ela foi tratada a partir da análise da distribuição espacial dos indicadores selecionados. A figura 6 apresenta cartogramas com a espacialização de alguns destes, onde é possível visualizar os territórios com as piores e melhores condições. Neste sentido, é possível prognosticar quais são aqueles que têm maior ou menor capacidade de resistir e superar crises potenciais.

Revista da Anpege
ISSN 1679-768X

Figura 6 – Cartogramas representativos de alguns dos indicadores do IVUL. Fonte de dados: IBGE (2016). Elaborado pelos autores.



A heterogeneidade espacial dos ativos e seu reflexo na estrutura de oportunidades permite aferir que o processo de produção do espaço regional modelou um território extremamente desigual, sobretudo no que concerne a locação de ativos potencializadores do bem-estar social. Desta maneira, alguns municípios têm uma maior oferta de infraestruturas e serviços públicos, notadamente aqueles que possuem os principais espaços urbanos, ao passo que outros são extremamente deficientes, ocasionando uma menor capacidade de enfrentamento aos perigos de qualquer natureza. De forma antagônica, naqueles mesmos municípios também há uma concentração populacional, cujos índices de escolaridade e de renda estão entre os mais severos.

Em todos os cartogramas, destaca-se o município de Fortaleza, a capital do estado, seja dentro das melhores circunstâncias, seja nas piores. Para Rosa e Costa (2009), a capital

Revista da Anpege
ISSN 1679-768X

destaca-se como concentradora da maior parte dos investimentos da região e de uma população privilegiada. Ao mesmo tempo, também atrai um grande número de indivíduos com baixos ativos em busca da estrutura de oportunidade. Desta maneira, a cidade abriga expressivos segmentos populacionais expostos a diferentes condições de vulnerabilidade. Araújo (2015) considera que as contradições de Fortaleza são resultado da ação de distintos agentes que moldaram o espaço urbano ao longo dos anos, a partir das suas necessidades e do seu poder, refletindo em áreas com concentração de ativos e outras com déficit.

Seguindo a tendência global, a distribuição da população do estado é marcada pela concentração nos espaços urbanos, em detrimento da redução progressiva dos habitantes das zonas rurais. Conforme o censo de 2010 (IBGE, 2016), a população era composta por 8.452.381 indivíduos, sendo que 75,1% residiam em cidades e 24,9% nas áreas rurais. Observa-se uma concentração de pessoas nos municípios da Grande Fortaleza, especialmente na capital, e secundariamente em cidades de médio porte, como Sobral (Sertão de Sobral) e Juazeiro do Norte (Cariri) (Figura 6a). Essa situação reflete as condições de vida mais atrativas das cidades, devido a maior estrutura de oportunidades destes locais. Também está relacionada à maior segurança das atividades produtivas, não estando à mercê do comportamento das chuvas, fator limitante à agropecuária desenvolvida na região. Assim, as maiores cidades atraem para si a população interiorana e até mesmo de outros estados, como Piauí e Maranhão. Normalmente, são famílias carentes de recursos e desprovidas de meios para ocupar a cidade legal.

Também foram consideradas as variáveis população com idade inferior a 14 anos e superior a 65 anos por serem grupos etários mais vulneráveis. Considerando os valores absolutos, observa-se que em ambas há a mesma tendência de distribuição espacial da variável "População residente". Ressalta-se que o segundo grupo abarca 7,6% da população total (Figura 6b).

Tratando-se dos indicadores de educação, em 2010, o Ceará possuía 1.404.852 pessoas com cinco anos ou mais de idade analfabetas, concentradas, sobretudo, na Grande Fortaleza e em municípios de médio porte, como Juazeiro do Norte, Sobral e Iguatu, além de cidades de influência local (Figura 6c). Sublinha-se que, genericamente, os indivíduos com menor nível de instrução estão mais propensos a serem impactados de forma mais agressiva pelos eventos naturais perigosos.

Com relação à renda média dos domicílios, em 2010, ela era 551,61[5] reais, sendo que nas áreas urbanas a média era 651,33 reais e nas zonas rurais era 227,05 reais. Ressalta-se que

[5] No ano de 2010, o salário mínimo do Brasil era de 510,00 reais, valor estabelecido pela Lei nº 12.255, de 15 de junho de 2010. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12255.htm>. Acessado em: 11 de ago. de 2016.

Revista da Anpege ISSN 1679-768X

61,4% das famílias tinham um rendimento mensal de até dois salários mínimos e que 4,4% não possuíam renda alguma. De forma contrária, apenas 1,8% ganhava mais de 20 salários mínimos e 3,0% entre 10 a 20, relevando o quadro de extrema desigualdade econômica. Com relação à distribuição de mulheres e homens com renda inferior a um salário mínimo, destacam-se os municípios com expressivas concentrações populacionais (Figuras 6d e 6e).

Os indicadores relativos às condições dos domicílios têm por objetivo examinar a salubridade ambiental. No que tange ao abastecimento de água canalizada, há uma maior quantidade de domicílios atendidos em Fortaleza, Caucaia, Maracanaú e Maranguape (Grande Fortaleza), Juazeiro do Norte, Crato e Barbalha (Cariri) e Sobral (Sertão de Sobral). Por outro lado, em outros a cobertura é muito baixa, a exemplo de Salitre (Cariri), Ibaretama (Sertão Central) e até mesmo em municípios da Grande Fortaleza (Figura 6f). Nestes, a água é obtida diretamente de corpos hídricos, de carros-pipas ou por meio do armazenamento das águas pluviais em cisternas.

No que refere ao esgotamento sanitário, há uma maior quantidade de domicílios atendidos pela rede geral nas cidades de maior representatividade do estado (Figura 6g). Não obstante, também há municípios que estão entre os mais populosos, mas que apresentam uma menor oferta do serviço. Nas cidades, 42,6% dos domicílios são atendidos pela rede geral, enquanto 40,7% utilizavam fossa rudimentar. Já nas zonas rurais a fossa rudimentar é a principal forma de destinação dos dejetos, abarcando 60,9% dos domicílios, enquanto 0,8% são atendidos pela rede de esgotamento.

Com respeito à coleta de lixo, em 75,3% dos domicílios há coleta. O restante é queimado (17,1%), enterrado (0,8%), disposto em logradouro (6,4%), despejado em corpos hídricos (0,1%) ou têm outros destinos (0,3%). Em termos de oferta, dos dez municípios com maior cobertura do serviço, seis estão na Grande Fortaleza, além de cidades de médio porte (Juazeiro do Norte, Crato e Sobral). Já as menores ofertas estão presentes em Choró (Sertão Central), Viçosa do Ceará (Ibiapaba), Ipaporanga (Sertão dos Inhamuns), Amontada (Litoral Oeste / Vale do Curu) e Salitre (Cariri) (Figura 6h).

No que concerne ao número de estabelecimentos de saúde, o estado possuía 3.405, concentrados nas cidades de maior importância de cada região. Além disso, nos municípios de influência local há a concentração destes estabelecimentos, em detrimento a uma menor quantidade nos municípios do entorno (Figura 6i). Esta situação é observada inclusive na Grande Fortaleza, onde cidades que possuem uma população e uma oferta de serviços públicos significativos, não possuem estabelecimentos suficientes, ficando na dependência dos municípios que os detém.

Revista da Anpege
ISSN 1679-768X

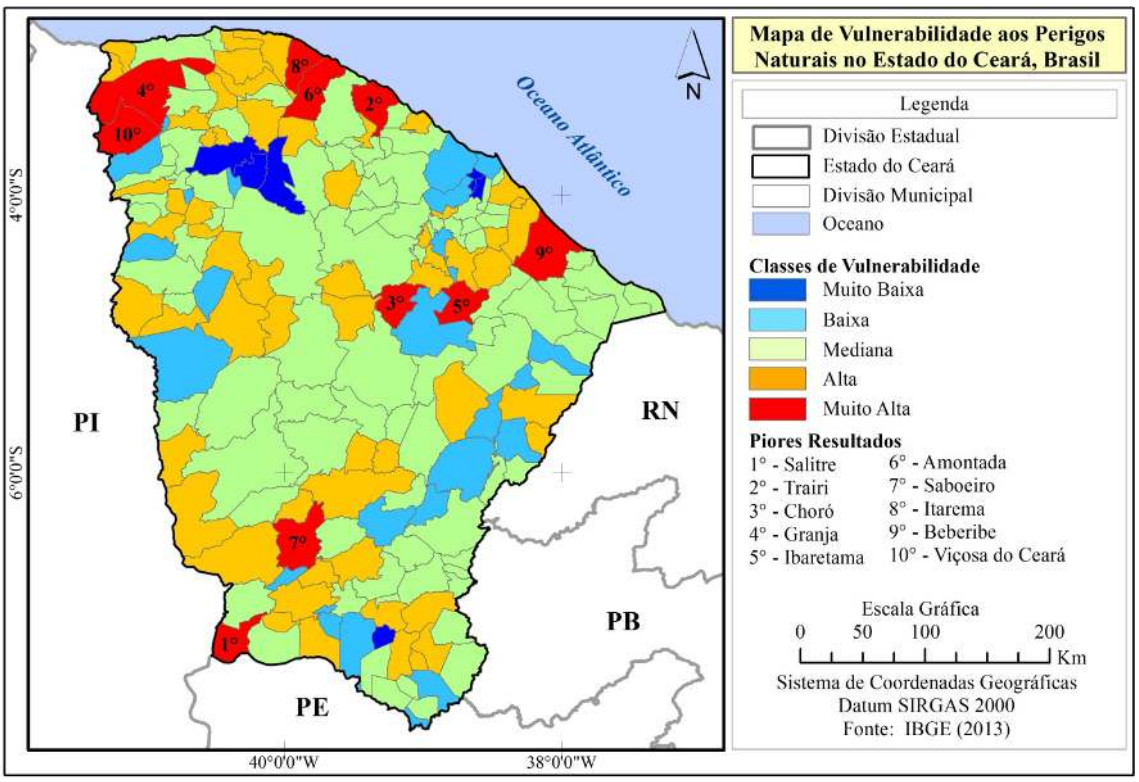
A VULNERABILIDADE INTERMUNICIPAL AOS PERIGOS NATURAIS

As transformações espaciais vigentes têm alterado sensivelmente a qualidade de vida da população cearense, sobretudo em um contexto de apropriação do meio por agentes público e privados que não raramente põem em risco a si, aos seus bens e, por vezes, grandes segmentos populacionais. Por outro lado, é observado que existe uma distinção na capacidade de gestão dos riscos e aproveitamento de oportunidades entre cada porção espacial.

A mensuração da vulnerabilidade consiste em um meio que objetiva identificar as desigualdades presentes em uma sociedade, as quais refletem diretamente a capacidade de resistir e adaptar-se às adversidades. Acrescenta-se que estas distinções socioespaciais quando apresentadas sob a forma de informação geográfica tornam ainda mais evidentes estas disparidades, ao demonstrar a distribuição espacial dos ativos. Os resultados obtidos são analisados a seguir.

Em 2010, a vulnerabilidade do Ceará era igual a 0,551. Portanto, estando na classe mediana. Para uma análise intra-estadual é apresentado o Mapa de Vulnerabilidade aos Perigos Naturais (Figura 7).

Figura 7 – Mapa de vulnerabilidade aos perigos naturais no estado do Ceará, Brasil. Fonte: autores.



Revista da Anpege
ISSN 1679-768X

A princípio, observa-se que as classes distribuem-se por todo o estado, havendo municípios com boas e más condições convivendo lado a lado. Na tabela 1 é apresentada a distribuição das classes de vulnerabilidade entre as regiões de planejamento. Constatou-se que a classe mediana também foi predominante entre os municípios e que existem concentrações espaciais de classes. Por exemplo, a classe VMB esteve presente em apenas três regiões. Em cinco regiões não houve municípios da classe VMB ou VB. Já a VM foi predominante em nove regiões.

Tabela 1 – Distribuição das classes de vulnerabilidade por regiões de planejamento

Região	Municípios	VMB	VB	VM	VA	VMA
Grande Fortaleza	19	2	3	8	5	1
Litoral Oeste / Vale do Curu	12	0	0	8	3	1
Litoral Leste	6	0	0	5	0	1
Litoral Norte	13	0	0	5	6	2
Vale do Jaguaribe	15	0	5	7	3	0
Maciço de Baturité	13	0	1	6	6	0
Sertão do Canindé	6	0	0	4	2	0
Sertão de Sobral	18	2	2	6	8	0
Serra da Ibiapaba	9	0	2	4	2	1
Sertão dos Cratéus	13	0	2	5	6	0
Sertão Central	13	0	1	8	2	2
Sertão dos Inhamuns	5	0	0	2	3	0
Centro-Sul	13	0	2	7	3	1
Cariri	29	1	6	12	9	1
Total	184	5	24	87	58	10

Fonte: *autores.*

A VM esteve presente em 47,3% (87) dos municípios, seguida pela classe alta com 31,5% (58) ao todo. O primeiro caso ocorre em todas as regiões do estado, sobretudo no Cariri, Sertão Central, Grande Fortaleza e Litoral Oeste / Vale do Curu. Grosso modo, nesta classe encontram-se aqueles que apresentam o PIB e a renda média *per capita* menores, além da reduzida oferta de serviços de saúde e esgotamento sanitário. Em contrapartida, as variáveis relativas à demografia reduzem o nível de vulnerabilidade. Já nos municípios de VA, somam-se aos fatores citados na classe anterior a maior participação dos indicadores "abastecimento de água canalizada" e "coleta de lixo por serviço de limpeza", visto que apresentam menores coberturas destes serviços.

Posteriormente, 13,0% (24) dos municípios apresentaram VB, incluindo Fortaleza e municípios da sua região metropolitana, além de cidades de médio porte, como Crato, Quixadá e Crateús. O município de Fortaleza possui a maior oferta de serviços públicos de

Revista da Anpege
ISSN 1679-768X

saúde e de infraestruturas. Ainda que considerando a baixa qualidade dos serviços públicos, apresenta as melhores condições em relação aos demais municípios. Contudo, os critérios relativos à demografia e à educação induzem a ampliação das condições de vulnerabilidade, tendo em vista que há uma concentração populacional dos indivíduos analfabetos ou com baixo índice de escolaridade. Além disso, possui a maior concentração de chefes de família com renda inferior a um salário mínimo. Em termos absolutos, a capital possui o maior contingente populacional em condição de vulnerabilidade adversa, notadamente às enchentes, aos alagamentos e, pontualmente, pelos deslizamentos de terra. Não obstante, é menos exposta aos impactos advindos da escassez hídrica, uma vez que a infraestrutura de abastecimento é relativamente eficiente e universalizada.

Araújo (2015) realizou um estudo sobre a evolução da vulnerabilidade social do município entre os anos de 2000 a 2010 e constatou que mesmo com as políticas públicas realizadas na última década, algumas áreas de Fortaleza permaneceram com altos índices de vulnerabilidade, notadamente aquelas situadas nos bairros mais periféricos e nas áreas de risco natural, havendo uma ocupação em forma de favelas e loteamento ilegais desprovidos recursos essenciais.

Medeiros, Souza e Santos (2014) estudaram a vulnerabilidade do município de Caucaia, que também esteve na classe VB. Os autores identificaram que mesmo as áreas de melhor situação também possuem bolsões de vulnerabilidade mais alta. Além disso, demonstraram que as áreas mais próximas da capital possuem maior dinâmica econômica e social.

De acordo com IVUL, existem dez municípios em situação de VMA. Nestes concatenam-se as piores situações entre as variáveis selecionadas, refletindo na exposição às adversidades sociais, econômicas e até mesmo a manutenção da vida. Desta maneira, tais municípios apresentam uma maior predisposição ao estabelecimento de crises que podem evoluir para desastres dependendo da intensidade do impacto dos processos naturais.

Conforme a metodologia desenvolvida, o município de Salitre (Cariri) é o mais vulnerável do estado. Isto decorre da menor oferta de abastecimento de água canalizada e encontra-se entre as piores situações nas variáveis "mulheres com renda igual ou inferior a um salário mínimo", "quantidade de profissionais de saúde" e "percentagem municipal de domicílios atendidos pela rede geral de esgoto".

A zona costeira apresenta cinco municípios na situação de VMA, sendo dois no Litoral Norte e os demais na Grande Fortaleza, no Litoral Leste e no Litoral Oeste / Vale do Curu. Aparentemente, estes territórios possuem melhores condições socioeconômicas, principalmente em virtude da imagem trabalhada pelo setor turístico. No entanto, os dados

Revista da Anpege ISSN 1679-768X

analisados confrontam esta impressão. Na realidade, a maioria da população adquire sua renda da atividade agropecuária, do serviço público e de benefícios sociais, ao passo que o turismo apenas contribui com uma parcela reduzida da população. A agropecuária é desenvolvida em um sistema de manejo rudimentar, caracterizado pela baixa eficiência, mínimo retorno econômico e elevado risco de perdas. Além disso, também contribui para a desproteção social a reduzida cobertura dos serviços públicos.

A mesma situação ocorre no município de Viçosa do Ceará (Serra da Ibiapaba), cuja sede municipal está situada no *front* úmido do planalto da Ibiapaba. Contudo, esta imagem de ambiente de clima mais ameno não é representativa de todo território municipal, pois o mesmo também abrange áreas naturalmente mais restritivas (clima semiárido e solos distróficos). Dentre os indicadores do IVUL, o mencionado município está entre as piores situações naqueles que tratam de economia/renda, disponibilidade de recursos da saúde e na variável "domicílios atendidos pela rede geral de esgoto".

Por fim, a classe também abrange dois municípios do Sertão Central e um do Sertão dos Inhamuns. De maneira geral, os indicadores que ocasionaram este resultado foram os relativos à economia/renda, situação do domicílio e recursos da saúde.

Apenas cinco municípios possuem VMB, a saber: Pacatuba e Maracanaú (Grande Fortaleza), Sobral e Forquinha (Sertão de Sobral) e Juazeiro do Norte (Cariri). Os dois primeiros possuem boa oferta dos serviços públicos avaliados, principalmente por estarem na região metropolitana e por possuírem instalações fabris de porte significativo, sobretudo o segundo que comporta um importante distrito industrial, refletindo nos valores médios de renda da população e dos municípios.

Já Sobral e Juazeiro do Norte são os principais municípios fora da Grande Fortaleza, tendo áreas de influência local e regional consolidadas. O primeiro é o menos vulnerável do estado. Apresenta a quarta economia, exercendo forte influência sobre a região norte do Ceará e sobre o centro-norte piauiense. Possui algumas indústrias, destacando-se as voltadas ao setor calçadista, alimentício e produtor de cimento. Estes fatores permitem que a renda média dos homens e mulheres seja a quarta maior do estado. Também é um polo regional de educação e saúde. Obviamente, em uma escala de maior detalhe é observada a presença de áreas de risco, em plena expansão, às margens do rio Acaraú.

Por sua vez, Juazeiro do Norte é um centro comercial, de saúde, educacional e industrial, principalmente têxtil e calçadista. Sua vulnerabilidade é, em parte, associada aos romeiros pobres originários de outras localidades que se estabeleceram na cidade, seja pelo desejo de morar perto do santo de devoção, seja por não terem recursos financeiros para retornar.

Revista da Anpege
ISSN 1679-768X

A situação de baixa vulnerabilidade resulta, principalmente, da cobertura dos serviços de coleta de lixo, estabelecimentos e profissionais de saúde, PIB e renda. A presença de Forquilha neste grupo decorre do baixo contingente populacional e, consequentemente, as variáveis relacionadas também obtiveram resultados inferiores.

Diante do exposto, visualiza-se o panorama da situação de proteção social em que vive a população dos municípios cearense. Também são observadas as diferenciações socioespaciais, dadas pela alocação de infraestruturas físicas, nas condições econômicas e no capital social, conferindo estados distintos de vulnerabilidade aos eventos potencialmente geradores de crises naturais.

Análise da dependência espacial do IVUL

Almejando verificar a existência ou não de autocorrelação espacial do IVUL, aplicou-se o Índice Global de Moran para testar as hipóteses nula (a distribuição do IVUL é aleatória) e alternativa (há dependência espacial na distribuição do IVUL). O Quadro 3 dispõe dos resultados do I Global e o respectivo P-valor para as contiguidades de 1°, 2° e 3° ordens.

Quadro 3 - Teste I Global Moran e Pseudo-significância para o IVUL

Ordem de Contiguidade	I Globalde Moran	P-valor
1° ordem	0,203202	0,001000
2° ordem	0,0341576	0,106000
3° ordem	-0,0178074	0,309000

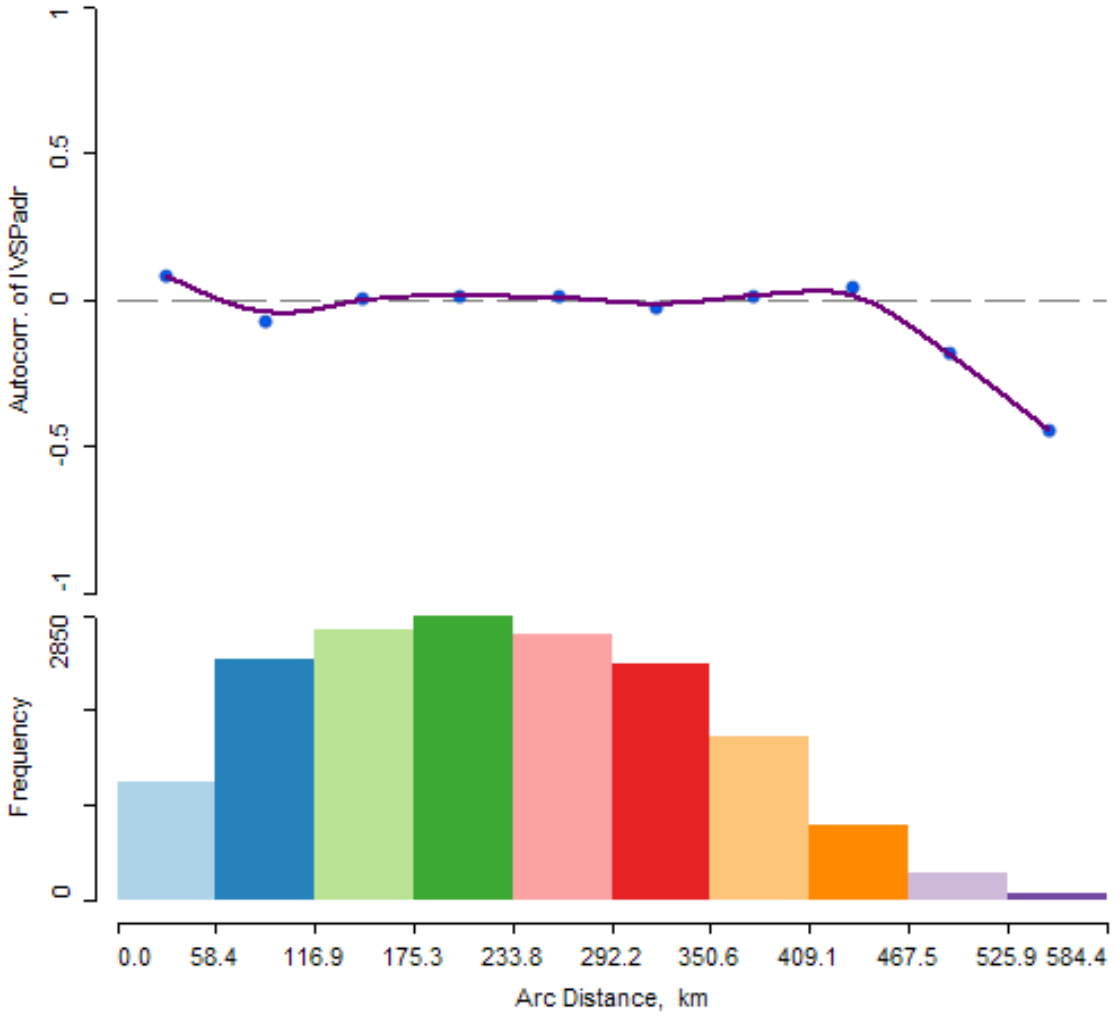
Fonte: *autores.*

Para 1° ordem, a hipótese nula é rejeitada, ou seja, a distribuição do IVUL não é aleatória. Este resultado é confirmado pelo P-valor ao expressar a probabilidade 99,9% do resultado não ter ocorrido por acaso. Já para contiguidade de 2º ordem foi observada aleatoriedade, confirmada pelo teste de pseudo-significância (10,6% de probabilidade de ter acontecido por acaso). Sendo assim, aceita-se a hipótese nula. Para a contiguidade de 3° ordem, o IVUL demonstra dependência espacial negativa, no entanto, o resultado próximo de zero indica aleatoriedade. Desta forma, pode se afirmar que a dependência espacial do IVUL é maior nos municípios confrontantes do município observado, de modo que à medida que a distância aumenta tende-se a aleatoriedade. A figura 8 apresenta o correlograma[6] da distribuição espacial do IVUL. Nele é observado que há uma aleatoriedade espacial desta variável, notadamente entre 58,4 a 467,5 km.

[6] "Correlograma é uma representação gráfica da autocorrelação, em função da distância, ou seja, indicando em que medida cada dado em uma determinada distância se relaciona com os demais dados" (CARVALHO et al., 2004, p. 23).

Revista da Anpege ISSN 1679-768X

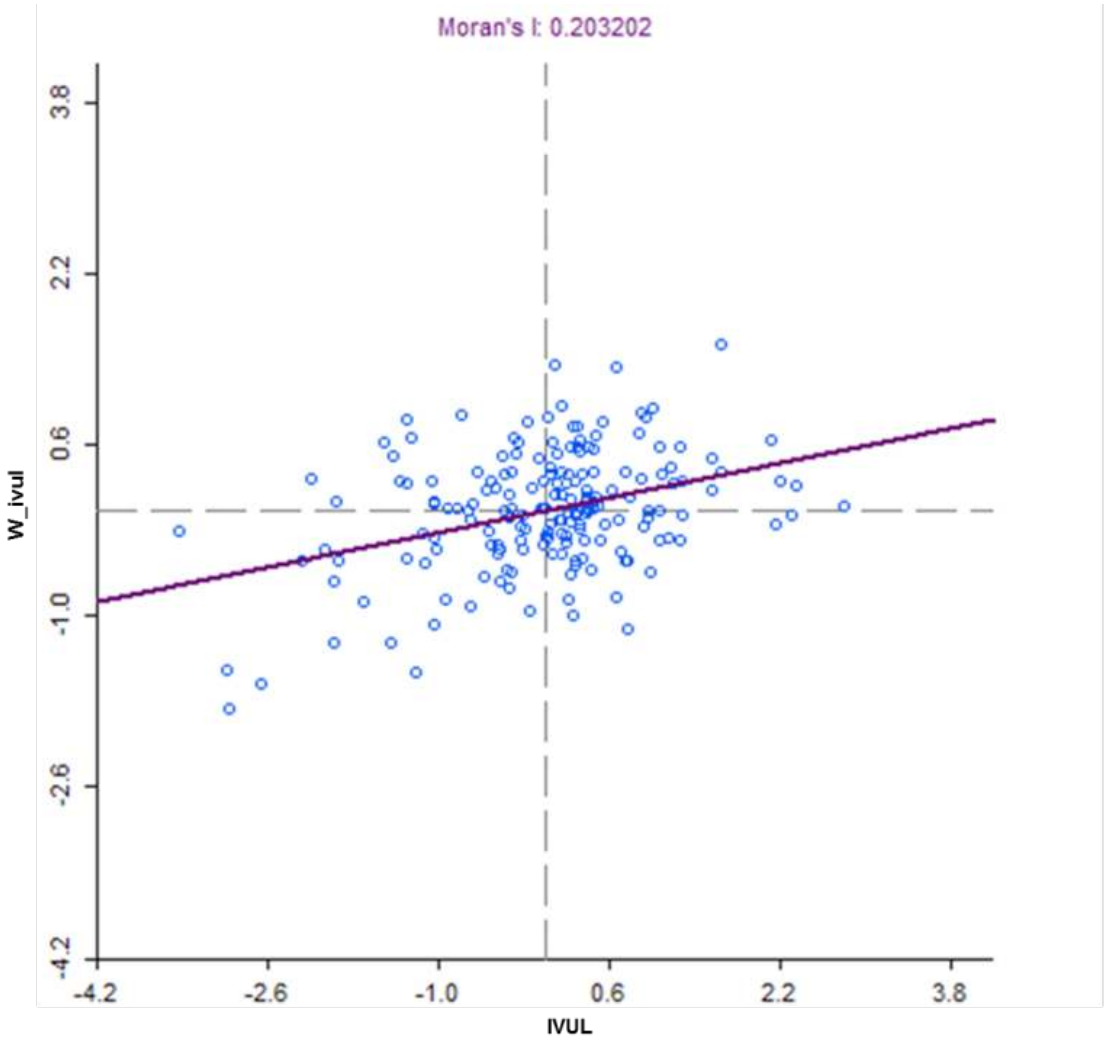
Figura 8 – Correlograma do IVUL para os municípios do estado do Ceará.



Na figura 9 consta o diagrama de espalhamento de Moran de 1° ordem. Como visto, a distribuição dos municípios abrange todos os quadrantes, porém a maioria das observações está próxima do centro do diagrama, indicando que estes tem baixa correlação espacial. O resultado do I Global de Moran indicou uma correlação positiva, embora de baixa intensidade.

Revista da Anpege
ISSN 1679-768X

Figura 9 – Diagrama de Espalhamento de Moran (1° Ordem). Fonte: autores.



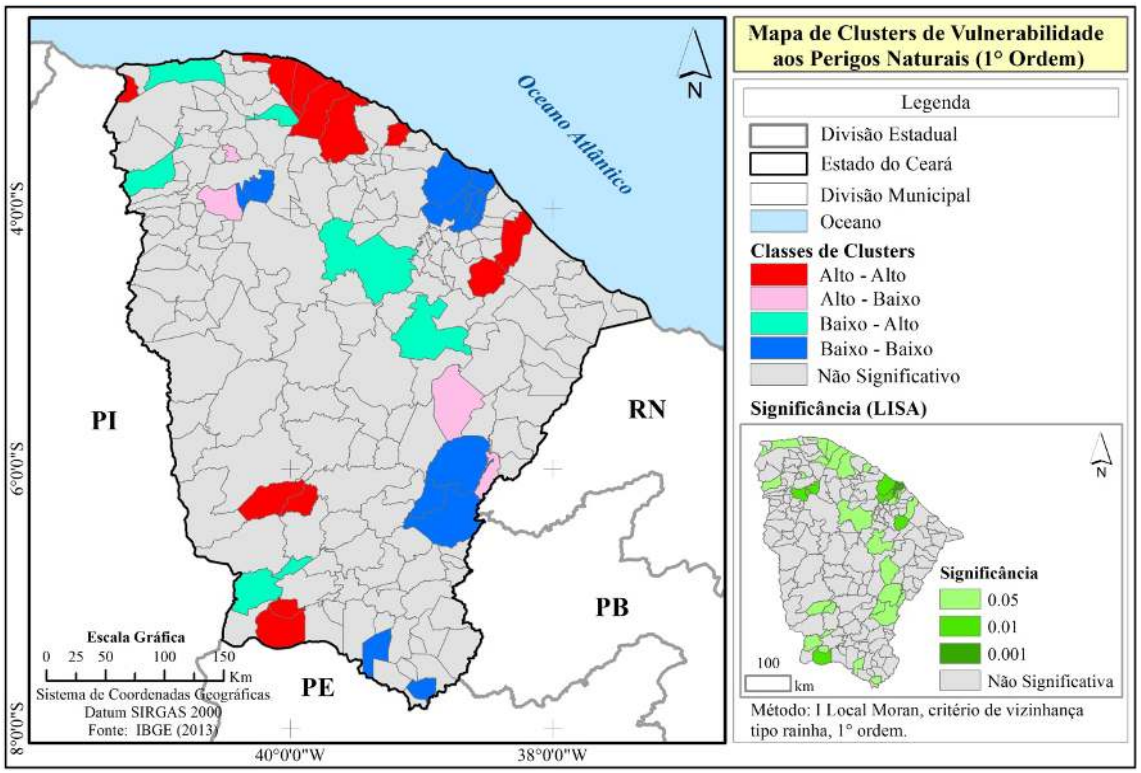
Confirmando-se a correlação espacial para 1° ordem, procedeu-se o cálculo do I Local de Moran, com intuito de verificar possíveis agrupamentos espaciais. A figura 10 apresenta o mapa de autocorrelação espacial local de Moran e as respectivas significâncias. Através da leitura do mapa, pode se verificar que entre os resultados estatisticamente significativos, há o predomínio da autocorrelação espacial positiva, todavia bem localizada no território em tela.

No que tange aos *clusters* alto-alto observa-se uma concentração no litoral oeste do estado abarcando os municípios de Trairi, Amontada, Itarema e Acaraú. Além destes, ainda há cinco *clusters* locais do mesmo quadrante. Estes resultados contribuem para fomentar o planejamento estratégico da gestão dos riscos, ao indicar quais as regiões que necessitam de maior atenção por parte das políticas e ações de proteção social frente às adversidades naturais.

Revista da Anpege ISSN 1679-768X

Em contrapartida, foram identificados cinco *clusters* de baixo-baixo. Destaca-se o agrupamento localizado na Grande Fortaleza. Na figura 7 observa-se a concentração espacial de baixos índices de vulnerabilidade circundados por áreas em condição mediana.

Figura 10 – Mapa de autocorrelação espacial local de vulnerabilidade aos perigos naturais no estado do Ceará, Brasil.



Fonte: *autores.*

Na região do Sertão Centro-Sul há outro *cluster* destacável composto pelos municípios de Icó, Óros e Jaguaribe, circundados por municípios de vulnerabilidade baixa e mediana, a exceção de Jaguaretama que apresentou vulnerabilidade alta. Situações semelhantes são observadas nos demais *clusters* locais.

O *outlier* baixo-alto é interpretado como uma região de transição ou um "bolsão", cujo indicador investigado apresenta naquela unidade espacial uma melhor situação em relação ao entorno. Grosso modo, na figura 11 é notável que os municípios que estão neste quadrante são centros locais que possuem uma maior estrutura de serviços, instituições públicas, indústrias e outros elementos que favorecem a sua articulação com as populações e empresas de municípios próximos. Esta pequena centralidade reflete nas condições de vulnerabilidade em razão da estrutura de oportunidades aí existente comparando-a com aquelas presentes nos municípios que gravitam estes centros.

Revista da Anpege
ISSN 1679-768X

No que concerne ao *outlier* alto-baixo, compreende alguns municípios de menor expressão no cenário estadual, mas vizinhos de municípios com melhor IVUL. Exemplo disto são os municípios de Pereiro e Jaguaretama que são limitantes do *cluster* baixo-baixo da região Sertão Centro-Sul.

Em termos quantitativos, a maior parte dos municípios foi classificada como não significativa, pois compreendem as situações que não se enquadram em um padrão espacial, notadamente quando cada município possui vizinhos com variados valores de IVUL.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora a história dos desastres naturais esteja associada à própria história das sociedades, é no tempo presente que eles tornaram-se mais severos ao terem um maior potencial de impacto. Contudo, suas intensidades e abrangências não dependem exclusivamente da manifestação de eventos extremos, mas estão correlacionados às interações destes com a superfície terrestre e com a vulnerabilidade dos grupos sociais.

Evidentemente, a vulnerabilidade não se distribui igualmente no espaço, mas há uma tendência de agrupamento dos indivíduos em pior situação, normalmente, constituindo as chamadas áreas de risco. Não obstante, como demonstrado, o estado de vulnerabilidade é inerente a um perigo específico, sendo formada por um conjunto de fatores que detém uma importância particular ao mesmo.

Fundamentada nestas considerações, a presente investigação determinou a vulnerabilidade aos perigos naturais do estado do Ceará, a partir da elaboração de um índice sintético que integrou indicadores demográficos, educacionais, econômicos, da qualidade dos domicílios e de recursos da saúde. Logo, a vulnerabilidade não esteve totalmente ligada à pobreza, mas envolveu um conjunto de fatores.

Em geral, o estado possui uma vulnerabilidade de porte mediano, mas ocorrendo situações mais amenas e mais severas. Grosso modo, no primeiro caso estão aqueles que no contexto estadual concatenam uma maior capacidade de alocação de recursos associada a condições sociodemográficas que promovem uma menor pressão sobre estes. Já as vulnerabilidades mais elevadas estão presentes naqueles onde há uma grande pressão sobre os poucos recursos instalados.

A metodologia mostrou-se satisfatória, sendo os seus principais pontos fortes: emprego de indicadores mensuráveis, representativos de um mesmo período, na mesma escala de

Revista da Anpege ISSN 1679-768X

análise e de fácil aquisição; aplicabilidade em estudos multiescalares; facilidade de adaptação dos indicadores e ponderações em detrimentos dos objetivos e das limitações de dados, e; resultados passíveis de representação espacial. Também há limitações, como a restrição dos resultados, que demonstram os níveis de vulnerabilidade em um determinado universo pesquisado, portanto não representativos de uma situação ideal.

Por fim, diante das incertezas da dinâmica natural, sobretudo no contexto atual em que o conhecimento científico não tem respostas precisas sobre as mudanças climáticas, se faz necessário o desenvolvimento de uma estrutura de oportunidades que permita o enfrentamento dos perigos naturais através de mecanismos de adaptação. Para tanto, a realização de diagnósticos acerca da vulnerabilidade é uma etapa fundamental do planejamento estratégico, pois ao determinar os espaços mais desprovidos de oportunidades legitima o investimento racional de recursos.

REFERÊNCIAS

1. ARAÚJO, R. V. **Vulnerabilidade Social**: transformações no espaço urbano de Fortaleza no inicio do século XXI. Fortaleza: UFC, 2015, 158p. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.
2. BRAGA, T. M; OLIVEIRA, E. L; GIVISIEZ, G. H. N. Avaliação de metodologias de mensuração de risco e vulnerabilidade social a desastres naturais associados à mudança climática. **São Paulo em perspectiva**, v. 20, n. 1, p. 81-95, 2006.
3. BRASIL. Instrução Normativa nº 1, 24 de agosto de 2012. Estabelece procedimentos e critérios para a decretação de situação de emergência ou estado de calamidade pública pelos Municípios, Estados e pelo Distrito Federal, e para o reconhecimento federal das situações de anormalidade decretadas pelos entes federativos e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, DF, seção 1, p. 30-39, 30 de ago. de 2012.
4. CÂMARA, G; CARVALHO, M. S; CRUZ, O. G; CORREA, V. Análise espacial de áreas. In: DRUCK, S.; CARVALHO, M.S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.V.M. (eds.) **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília, EMBRAPA, 2004.
5. CARVALHO, M. S; CRUZ, O. G; SOUZA, W. V; MONTEIRO, A. M. V. Conceitos básicos em análise de dados espaciais em saúde. In: SANTOS, S. M; SOUZA, W. V. (Orgs.). **Introdução à Estatística Espacial para a Saúde Pública**. Brasília: Ministério da Saúde, 2007.
6. CASTRO, A. L. C; CALHEIROS, L. G; MOURA, A. Z. B. **Glossário de Defesa Civil, Estudos de Riscos e Medicina de Desastres**. Brasília: MIN, 5 ed., 2004.
7. DESCHAMPS, M. V. **Vulnerabilidade Socioambiental na Região Metropolitana de Curitiba**. Curitiba: UFPR, 2004. 155p. Tese de Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

Revista da Anpege
ISSN 1679-768X

8. HOUAISS, A. S; ALLES, V. M. **Dicionário da língua portuguesa**. Instituto Antônio Houaiss de Lexicografia e Banco de Dados da Língua Portuguesa. Rio de Janeiro: Objetiva, 2009.

9. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA**. Disponível em: www.sidra.ibge.gov.br/cd/cd2010RgaAdAgsn.asp. Acessado em: 28 de jul. de 2016.

10. INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA - IPEA. **Atlas da vulnerabilidade social nos municípios brasileiros.** In: COSTA, M.A; MARGUTI, B. O. (Edit.). Brasília: IPEA, 2015.

11. INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ – IPECE. **Anuário Estatístico do Ceará 2011**. Disponível em: <www2.ipece.ce.gov.br/publicacoes/anuario/anuario2011/qualidade/index.htm>. Acessado em: 28 de jul. de 2016.

12. INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Cambio Climático 2014**:impactos, adaptación y vulnerabilidad. Suíça: IPCC, 2014.

13. KATES, R. W. **Hazard and Choice Perception in Flood Plain Management**.Chicago: University of Chicago, 1962.

14. KAZTMAN, R; FILGUEIRA. C. **Marco conceptual sobre activos, vulnerabilidad y estructura de oportunidades**. Montevideo, PNUD, 2009.

15. MARCELINO, E. V; NUNES, L. H; KOBIYAMA, M. Mapeamento de Risco de Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina. **Caminhos da Geografia**, Uberlândia, ano 8, v. 17, p. 72-84, 2006.

16. MEDEIROS, C. N; SOUZA, M. J. N; SANTOS, J. O. Análise das condições de vulnerabilidade social do município de Caucaia (CE). **Geografia**, Rio Claro, v. 39, n. 2, p. 383-401, 2014.

17. OLÍMPIO, J. L. S. **Desastres naturais associados à dinâmica climática no Estado do Ceará**: subsídios à gestão dos riscos de secas e de inundações. Fortaleza: UFC, 2013, 226p. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

18. RIBEIRO, M. J. Sociologia dos desastres. **Revista Sociologia** – problemas e práticas, n. 18, p.23-43, 1995.

19. RODRIGUES, A. M. Manejo Integrado, risco e vulnerabilidade social: evitar tragédias, corrigir problemas? In: PINHEIRO, D. R. C. (Org.). **Desenvolvimento Sustentável**: desafios e discussões. Fortaleza: ABC Editora, 2006.

20. ROGERSON, P. A. **Métodos Estatísticos para Geografia**: um guia para o estudante. Tradução de Paulo Fernando Braga Carvalho e José Irineu Rangel Rigotti. 3ed, Porto Alegre: Bookman, 2012.

21. ROMERO, G; MASKREY, A. Cómo entender los desastres naturales. In: MASKREY, A. (Comp.). **Los Desastres no son Naturales**. La Red/ITDG, Colombia, p. 1-7, 1993.

22. ROSA, S; COSTA, M.C.L. Vulnerabilidade Social de Fortaleza. In: DANTAS, E. W. C; COSTA, M. C. L. (Orgs.). **Vulnerabilidade Socioambiental**: na Região Metropolitana de Fortaleza. Fortaleza: edições UFC, 2009.

Revista da Anpege
ISSN 1679-768X

23. SANTOS, J. O. Relações entre fragilidade ambiental e vulnerabilidade social na suscetibilidade aos riscos. **Revista Mercator**, Fortaleza, v. 14, n. 2, p. 75-90, 2015.

24. SÃO PAULO. FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS. **Índice Paulista de Vulnerabilidade Social**. São Paulo: SEADE, 2013.

25. SECRETARIA NACIONAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL – SEDEC. **Sistema Integrado de Informações sobre Desastres**. Disponível em <s2id.mi.gov.br/>. Acessado em: mar. 2014.

26. SOUZA, W. V; CARVALHO, M. S; CRUZ, O. G; RAGONI, V. Análise Espacial de Dados de Áreas. In: SANTOS, S. M; SOUZA, W. V. (Orgs.). **Introdução à Estatística Espacial para a Saúde Pública**. Brasília: Ministério da Saúde, 2007.

27. ZANELLA, M. E; COSTA, M. C. D; PANIZZA A. C; ROSA, M. V. Vulnerabilidade Socioambiental de Fortaleza. In: DANTAS, E. W. C; COSTA, M. C. L. (Org.). **Vulnerabilidade Socioambiental**: na Região Metropolitana de Fortaleza. Fortaleza: edições UFC, 2009.

28. ZANELLA, M. E; OLÍMPIO, J. L; COSTA, M. C. L; DANTAS, E. W. C. Vulnerabilidade Socioambiental do baixo curso da bacia hidrográfica do rio Cocó. **Revista Sociedade & Natureza**, n. 23, v. 2, p. 317-332, 2013.

ARTIGO RECEBIDO EM JANEIRO DE 2017
ARTIGO ACEITO EM MAIO 2017