The socio-environmental vulnerability in the semiarid region of Paraíba

Jaricélia P. de O. Sena^{*}, João M. de Moraes Neto^{**}, Daisy B. Lucena^{***}

^{*}Engenheira de Biosistemas, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, jariceliasena@hotmail.com (autor correspondente)

^{**}Dr. em Recursos Naturais, Prof. Titular UAEA/CTRN/UFCG, Campina Grande-PB, j.miguel.moraes@hotmail.com,

^{***}Dra. em Meteorologia, Profa. Adjunta DGEOC/CCEU/UFPB, João Pessoa-PB, daisylucena@yahoo.com.br

Received 21 August 2019; accepted 31 October 2019A

Abstract

The concept of vulnerability has its roots in the study of the risk of natural events and results in a combination of factors that define the degree in where life and lifestyle are put at risk. It is a multidisciplinary and interdisciplinary concept, that is, applied in several sciences, allowing the dialogue between professionals with different disciplinary and political views. In this context, this study aims to measure the Vulnerability Index in general (IVG) based on socioeconomic epidemiological and climatic indicators at the most vulnerable regions of the semiarid region at the state of Paraíba. The data used were from the Brazilian Institute of Geography and Statistics, the Department of Information Technology of SUS (DATASUS) and the Executive Agency for Water Management at the State of Paraíba (AESA) from 1995 to 2017. For this, the vulnerability index for each of the above mentioned indicators was analyzed. The results show that the climate vulnerability index (CVI) was more evident in the Cariri/Curimataú microregion and some counties in the northeastern / Alto Sertão, influenced through the extreme events by the rain. The high rates of epidemiological vulnerability (IVE) were concentrated in the Sertão / Alto Sertão, these high values are due to the dengue index. The index of socioeconomic vulnerability (IVSE) was influenced by the high values of income, education, sanitation and health indicators. Related to the low values of the IVSE the indicators concerning the demography, education and health. After the individual analyzes, the general vulnerability index (IVG) showed that the most significant dimensions for IVG increase were CVI and IVE.

Keywords: socioeconomic, epidemiological, climatic.

Vulnerabilidade Socioambiental no Semiárido Paraibano

Resumo

O conceito de vulnerabilidade tem suas raízes no estudo de risco de eventos naturais e que resulta numa junção de fatores que definem o grau na qual a vida, e a forma de vida de alguém são colocadas em risco. É um conceito multidisciplinar e interdisciplinar, ou seja, aplicado em diversas ciências, permitindo o diálogo entre profissionais com distintas visões disciplinares e políticas. Neste contexto, o presente estudo objetiva mensurar por meio do Índice de Vulnerabilidade Geral (IVG) tendo como base indicadores socioeconômicos, epidemiológicos e climáticos das regiões mais vulneráveis do semiárido paraibano. Os dados utilizados foram do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, do Departamento de Informática do SUS (DATASUS) e da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA) no período de 1995 a 2017. Para isso, foi analisado o índice de vulnerabilidade para os indicadores supracitados. Os resultados mostram que o índice de vulnerabilidade climática (IVC) foi mais evidente na microrregião do Cariri/Curimataú, e alguns municípios do Sertão/Alto Sertão, influenciados pelos elevados eventos extremos de pluviometria. Os altos índices de vulnerabilidade epidemiológica (IVE) concentrou-se no Sertão/Alto Sertão, estes valores elevados devem-se ao índice de dengue. O índice de vulnerabilidade socioeconômica (IVSE) foi influenciado pelos altos valores dos indicadores de renda, educação, saneamento e saúde. Já para os baixos valores do IVSE os indicadores de demografia, educação e saúde. Após as análises individuais, o índice de vulnerabilidade geral (IVG) mostrou que as dimensões mais acentuada para o aumento do IVG foram o IVC e o IVE.

Palavras-chaves: socioeconômica, epidemiológica, climática

1. Introdução

O Brasil publicou em 2008 o Plano Nacional sobre Mudanças do Clima – PNMC, em que um dos objetivos é intensificar ações intersetoriais voltadas para a redução das vulnerabilidades das populações, esse efeito tem origem multicausal em diversos setores e sua análise deve ser feita de forma integrada e interdisciplinar (Brasil, 2008).

O conceito de vulnerabilidade tem suas raízes no estudo de risco de eventos naturais e que resulta numa junção de fatores que definem o grau na qual a vida e a forma de vida de alguém são colocadas em risco por um evento discreto e identificável na natureza e na sociedade (Raigoza e Marengo, 2007).

O termo vulnerabilidade é aplicado em diversas ciências tais como: Geografia, Demografia, Sociologia, Psicologia, entre outras, pertinente a seu próprio conceito multidisciplinar e interdisciplinar, além da complexidade dos fatores que explicam as suas causas (Cardona, 2004). Segundo Alves (2006), essa definição interdisciplinar se torna favorável, permitindo o diálogo entre profissionais com distintas visões disciplinares e políticas.

Alguns autores como Blaikie et al. (1994, p. 9), ressaltam que vulnerabilidade são “características de uma pessoa ou comunidade em termos de sua capacidade de antecipar, lidar com, resistir e recuperar – se dos impactos de um desastre climático”. Adger (1999, p. 249) diz que “é a exposição de indivíduos ou grupos ao estresse (mudanças inesperadas e ruptura nos sistemas de vida) resultante de mudanças socioambientais”. Pelling e Uitto (2001, p. 51) explicam que “é o produto da exposição física a um perigo natural e da capacidade humana para se preparar e recuperar-se dos impactos negativos dos desastres”.

Alwang et al. (2001) relatam que no conceito de “vulnerabilidade”, a insegurança é um dos fatores que acaba sendo potencializado em função das características da comunidade de responder ao risco, em virtude das condições sociais, o acesso a bens e a capacidade para a reação à situação de risco.

Vulnerabilidade e risco têm um fator em comum, a definição de ameaça. A ameaça é um perigo externo que uma sociedade ou indivíduo está exposto. Já a vulnerabilidade, é um fator desfavorável interno, em que uma sociedade ou indivíduo exposto é acometido pelo fenômeno que caracteriza a ameaça. Nesse contexto, o risco pode ser compreendido como a probabilidade de perdas que possa ocorrer a uma comunidade ou indivíduo exposto, em consequência do desenvolvimento da ameaça e da vulnerabilidade (Cardona, 2004).

Portanto, os riscos associados às mudanças do clima não podem ser avaliados separadamente dos contextos cultural, econômico e social de uma população. O reconhecimento de grupos populacionais mais vulneráveis e a aplicação de ações voltadas para fortalecer a resiliência desses grupos, são essenciais para elaborar estratégias de adaptação eficazes (Brasil, 2008).

No Brasil, a comunidade científica, com o intuito de estimar as vulnerabilidades, vem utilizando diversos índices sintéticos para mensurar graus de vulnerabilidade e para isso, são utilizados diversos indicadores como, demográficos, sociais, econômicos, de saúde, climáticos, entre outros (Cutter et al., 2003; Rygel et al., 2006). Esses indicadores de vulnerabilidade tem sido uma ferramenta importante para identificar e monitorar vulnerabilidade no tempo e no espaço (Rygel et al., 2006).

Nas últimas décadas pesquisas científicas em vulnerabilidade e adaptação às mudanças climáticas vêm crescendo, devido ao aumento de eventos extremos que afetam diretamente a sociedade humana (Santos et al., 2017).

A Organização Mundial de Meteorologia resalta que, os eventos extremos meteorológicos de forte intensidade é a principal causa de catástrofes naturais que atingem o homem, observados e registrados em escalas locais e regionais.

Os eventos extremos climáticos podem se tornar uma ameaça, se considerarmos como fenômenos desestabilizadores, por exemplo, um evento de uma chuva intensa em áreas expostas e mais vulneráveis à ocorrência desses eventos. Existe muitos casos que não é possível interferir na ameaça para diminuir o risco, e a escolha é modificar as condições de vulnerabilidade dos elementos expostos (Valverde, 2017).

Os impactos das mudanças climáticas nas áreas urbanas estão sujeitos a vários fatores, incluindo a resiliência e as vulnerabilidades das populações. Geralmente, as estratégias que previnem a redução da vulnerabilidade também caminham para um aumento da resiliência (Marques et al., 2013).

Diante disso, torna-se relevante a compreensão dos prováveis moduladores das vulnerabilidades socioambientais (Brasil, 2005; Confalonieri et al., 2009; Tibúrcio e Corrêa, 2012).

As regiões semiáridas são apontadas como as mais vulneráveis às mudanças climáticas, o aumento de temperatura e mudanças na precipitação pluviométrica podem torná-las regiões áridas, acarretando mudanças não só climáticas, mas fitogeográficas, nas práticas econômicas e sociais (Nóbrega et al., 2016).

Ao longo da história econômica, a região do semiárido brasileiro sofre com secas periódicas, os regimes fluviais temporários e intermitentes tem se agravado cada vez mais devido às negligências nas políticas de desenvolvimento regional, acarretando crescimento da pobreza, êxodo rural, degradação ambiental e decadência dos recursos hídricos (Nascimento, 2012). Contudo, é importante compreender que a vulnerabilidade de uma região não se deve apenas pelas questões climáticas, advém de um conjunto de processos e eventos físicos, sociais e políticos econômicos que colaboram para a ocorrência de perdas econômicas, fome e miséria (Sivakumar et al., 2005).

O semiárido brasileiro sempre foi acometido de grandes eventos extremos de secas, mais não é rara a ocorrência de grandes enchentes (Marengo, 2006). Os anos marcados pelas secas afetam drasticamente a população, principalmente a população rural (Marengo, 2008) bem como anos de eventos extremos positivos de chuva.

O Estado da Paraíba tem um clima que se caracteriza pela irregularidade espacial e temporal da pluviometria, o que acarreta desastres climáticos, tais como secas, veranicos e enchentes (Medeiros e Olinda, 2018). É caracterizado por dois regimes de chuvas, um em fevereiro a maio, nas regiões do Sertão/Alto Sertão e Cariri/Curimataú; e o outro de abril a julho, no Agreste e Litoral (Francisco e Santos, 2017). Um dos principais sistemas meteorológico responsável pelas chuvas na região semiárida da Paraíba é a Zona de Convergência Intertropical - ZCIT (Uvo, 1989; Limeira, 2008).

Diante da importância de compreender os eventos extremos de uma localidade e a influência sobre a sociedade, surgem vários estudos comparando e utilizando-se de métodos visando mensurar a vulnerabilidade socioambiental, atrelada a outras variáveis, como a climática e a social (Iwama et al., 2016). Posto isto, este trabalho objetiva mensurar por meio do Índice de Vulnerabilidade Geral tendo como base indicadores socioeconômicos, epidemiológicos e climáticos, as regiões mais vulneráveis do semiárido paraibano.

2. Material e métodos

O Estado da Paraíba está situado no extremo leste da região Nordeste do Brasil, com uma área de 56.372 km², entre os meridianos de 34°45'54" e 38°45'45" de longitude oeste e entre os paralelos de 6°02'12" e 8°19'18" de latitude sul, composto por 223 municípios (IBGE, 2010; Francisco, 2010).

O relevo do Estado da Paraíba apresenta-se de uma forma geral, bastante diversificado, tais como a Planície Atlântica, incluindo a encosta oriental do Planalto da Borborema, apresenta clima, segundo a classificação de Köppen, do tipo As' - Tropical Quente e Úmido, o Planalto da Borborema, a porção central do Estado, com clima do tipo Bsh - Semiárido quente e o Sertão, porção central do Estado, ocupa o terço oeste do Estado (Francisco, 2010). Apresenta pluviometria de verão, sucedendo nos meses de fevereiro a maio, resultantes da zona de convergência intertropical e temperaturas médias anuais superiores a 24°C (Limeira, 2008).

A vegetação é formada principalmente por plantas xerófitas cuja denominação mais comum é de caatinga, constituída de cactos, jurema e outras muito resistentes a longos períodos de estiagens.

O uso atual e a cobertura vegetal caracterizam-se por formações florestais definidas como caatinga arbustiva arbórea aberta, caatinga arbustiva arbórea fechada, caatinga arbórea fechada, tabuleiro costeiro, mangues mata úmida, mata semidecidual, mata atlântica e restinga (Paraíba, 2004).

Para o desenvolvimento deste estudo foram analisados 74 municípios do semiárido paraibano, os quais estão apresentados na Figura 1, com boa representação espacial. Os dados pluviométricos foram obtidos da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA) no período de 1995 a 2017. Os dados socioeconômicos foram obtidos no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010) e os epidemiológicos do Sistema de Informações Hospitalares (SIH/DATASUS). As análises foram feitas nos softwares Excel e RStudio, foi utilizado o Qgis para a espacialização dos dados.

Para a classificação dos índices de vulnerabilidade em alta, média e baixa, utilizou-se a técnica estatística de análise hierárquica de cluster, a qual baseia-se em um processo de divisão de população heterogênea em vários subgrupos mais homogêneos, procurando associar elementos de dados baseando-se na similaridade entre eles (Zaiane e Oliveira, 2003)

O índice de vulnerabilidade socioeconômica (IVSE), tem a finalidade de unir a informação de vários indicadores socioeconômicos num indicador sintético que possibilite estabelecer uma ordem em função do nível de vulnerabilidade socioeconômica.

Primeira etapa - selecionar os indicadores. Para o desenvolvimento do estudo foram analisados dez indicadores distribuídos em cinco categoria segundo a metodologia de Santos et al (2017).

- 1- Demografia – densidade demográfica (hab./km²) e o grau de urbanização (%);
- 2- Renda – população com renda Per capita de ½ a um salário mínimo, população com domicílios particulares permanentes com rendimento mensal de 1/2salário mínimo;
- 3-Educação – taxa de alfabetização (%);
- 4-Saneamento - domicílios que possuem e não possuem abastecimento de água (%), esgotamento sanitário (%), coleta de resíduos (%);
- 5- Saúde – taxa de mortalidade infantil com menos de um ano de idade (%) e esperança de vida ao nascer (%).

Segunda etapa – classificação e padronização dos indicadores, de forma que seus valores diferenciem entre 0 e 1. Foram classificados os indicadores em dois tipos: tipo 1, quanto maior for o valor do indicador, espera-se que menor seja a vulnerabilidade; e tipo 2, quanto menor for o valor do indicador, espera-se que menor seja a vulnerabilidade.

$$\text{Tipo 2: } I_p = \frac{I_{\text{observado}} - \text{Mínimo } I}{\text{Máximo } I - \text{Mínimo } I} \quad (2)$$

Terceira etapa – foi elaborado um índice sintético por dimensão (demografia, renda, educação, saneamento e saúde), o índice é calculado pela média aritmética simples dos indicadores analisados.

Quarta etapa – gerar o índice de vulnerabilidade socioeconômico (IVSE) por meio da média aritmética simples dos resultados das dimensões.

O índice de vulnerabilidade epidemiológica (IVE) foi desenvolvido com a finalidade de sintetizar, as informações contidas num grupo de duas doenças de veiculação hídrica em um único indicador, levando em conta a relação entre clima e surtos de doenças de veiculação hídrica (Patz et al., 2000; Curriero et al., 2001).

As endemias selecionadas para o estudo foram: Dengue e Esquistossomose. Os indicadores utilizados foram: notificação, informações de agravos de notificações, cura e casos confirmados.

Para a elaboração do IVE, foram necessárias três etapas:

Primeira etapa – seleção dos indicadores a serem utilizados. Será necessário a verificação das informações disponíveis e a maneira de integrar a informação de cada variável no índice.

Segunda etapa – os indicadores selecionados para a construção do IVE foram normalizados de acordo com a equação 3:

$$I_p = \frac{I_{\text{observado}} - \text{Mínimo}_I}{\text{Máximo}_I - \text{Mínimo}_I} \quad (3)$$

Terceira etapa – a elaboração do índice sintético de cada endemia por meio da média aritmética simples dos indicadores normalizados, diferenciando-se dos métodos utilizados por Brasil (2005) e Tibúrcio e Corrêa (2012), o qual atribuíram pesos diferenciados a cada endemia. O IVE foi elaborado segundo Santos et al (2017), que compreendem que as mesmas endemias devem ser postas de formas iguais na verificação do IVE.

Índice de Vulnerabilidade Climático

O índice de vulnerabilidade climática (IVC) foi aplicado no intuito de classificar os municípios, de acordo com o número de meses de precipitação extrema, superior ou inferior à média, como medida de exposição aos impactos.

Para identificação dos eventos extremos foi necessário à aplicação do método de *box-plot*, uma ferramenta utilizada para a identificação dos valores discrepantes (*outliers*), que considera a assimetria e a variabilidade de um determinado conjunto de dados. O box plot ou diagrama de caixas, refere-se a um gráfico que mostra vários pontos relevantes de conjuntos de dados, como por exemplo a dispersão, extensão e a natureza de qualquer desvio em relação à simetria e a identificação de outliers (Montgomery, 2004; Triola, 2005). Para sua construção, é necessário calcular 1º e 3º quartis, que representam respectivamente, aos valores referentes a 25% e 75% da amostra, e a mediana, correspondente a 50% da amostra.

A construção do box-plot é feita mediante a colocação dos valores máximos e mínimos ligados por uma caixa construída de valores referentes aos quartis (1º, 3º e mediana). O valor máximo (V.máx) é o que se destaca, devido ao seu alto valor de magnitude. Já o valor mínimo (V.mín) é o menor valor encontrado na série. A mediana é a posição central dos dados, que podem estar distribuídos de forma crescente ou decrescente. Ela está localizada no centro, definida do seguinte modo: quando os elementos da amostra são ordenados, a mediana é o valor que divide ao meio, isto é, 50% dos elementos da amostra são menores ou iguais à mediana, e os outros 50% são maiores ou iguais à mediana (Sena et

al., 2017). Destaca-se que os outliers ou pontos discrepantes é um valor que se distancia de quase todos os outros pontos da distribuição (Figura 2) (Triola, 2005).

O *box-plot* foi elaborado adotando-se uma faixa de percentis 5% a 95%, ou seja, todas as observações distantes deste intervalo serão consideradas fora do padrão ou pontos de dados que são atípicos dos valores restantes (*outliers*).

Figura 2 – Esquema de interpretação da técnica do box-plot. Fonte: Sena et al., 2017.

Para a elaboração do IVC será considerada a porcentagem de meses com precipitação extrema, de acordo com a equação 4:

$$IVC = \frac{P_{\text{observada}} - \text{Mínimo}}{\text{Máximo} - \text{Mínimo}} \quad (4)$$

Onde:

$P_{\text{observada}}$ é o valor da porcentagem de meses com precipitação extrema alta; Mínimo é o menor valor observado da porcentagem de meses com precipitação extrema; Máximo é o maior valor observado da porcentagem de meses com precipitação extrema.

Índice de Vulnerabilidade Geral

O índice de vulnerabilidade geral (IVG), é uma metodologia utilizada para avaliação quantitativa da vulnerabilidade por meio da análise de indicadores. O IVG foi publicado no Brasil pelo Ministério de Ciências e Tecnologia no ano de 2005, em um relatório com o resultado de três anos de pesquisas realizadas pela Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) (Brasil, 2005).

O IVG será construído pela média aritmética de três outros índices: IVSE, IVE e IVC, de acordo com a equação abaixo. O IVG é um índice composto, integra diversas variáveis e relaciona cada município de estudo uma medida comparativa (valor numérico) com reverência a sua vulnerabilidade. O valor do índice varia entre 0 e 1, onde o valor 0 indica menor vulnerabilidade e o valor 1, maior vulnerabilidade (Brasil, 2005; Confalonieri et al., 2009).

$$IVG = \frac{IVSE + IVE + IVC}{3} \quad (5)$$

3. Resultados e Discussão

Com o intuito de melhor compreender os resultados, a análise foi feita de forma separada para cada uma das dimensões e de forma integrada por meio de mapa de vulnerabilidade geral, com a finalidade de identificar qual índice elevou a vulnerabilidade em cada categoria.

Analisando o IVC (Figura 3), observa-se que a região que apresentou a maior quantidade de municípios com alta vulnerabilidade climática foi a do Cariri/Curimataú e alguns municípios do Sertão e

Alto Sertão. A alta vulnerabilidade climática nessas regiões se dá pelo número de eventos extremos da pluviometria. Destaca-se o Cariri Ocidental com 9 municípios com alta vulnerabilidade climática variando o IVC de 0,786 – 1,000. Os municípios que registraram maior número de eventos extremos de pluviometria foram, Serra Branca e Salgadinho com 27 eventos extremos cada, que correspondem a 10,23% das 264 observações e com o IVC de 0,964.

Figura 3 – Mapa do Índice de Vulnerabilidade Climática para 74 municípios do Estado da Paraíba, no período de 1995-2017.

No Sertão e Alto Sertão o município que registrou maior número de eventos extremos de pluviometria foi o município de Mãe D'água com 28 eventos extremos, que corresponde a 10,61% das observações e com IVC de 1,000.

Analisando o baixo IVC que varia de 0,179 – 0,500, percebe-se na Figura 3 que a região do Agreste é a que registrou menor número de eventos extremos de pluviometria. O Agreste é uma microrregião do Estado da Paraíba que se destaca por apresentar alta pluviometria. Segundo Duarte et al., (2015), a média pluviométrica varia de 700 mm/ano a 1.000 mm/ano, sendo que em algumas localidades isoladas podem apresentar média de até 1.220 mm/ano.

No Cariri/Curimataú 4 municípios evidenciaram alto IVE foram, São Sebastião do

Umbuzeiro (0,554), Boa Vista (0,484), Serra Branca (0,479) e Taperoá (0,461), consequentemente registraram maior índice de dengue. Apenas o município de São Sebastião do Umbuzeiro que registrou um índice de esquistossomose de 0,170, contribuindo para o elevado IVE desse município.

A microrregião do Agreste apenas 5 municípios apresentaram alta vulnerabilidade epidemiológica são eles, Alagoa Grande (0,489), Itabaiana (0,664), Araçagi (0,397), Lagoa Seca (0,423) e Puxinanã (0,481). Estes valores elevados devem-se ao índice de dengue (0,904; 0,664; 0,656; 0,846; 0,957) respectivamente, e o índice de esquistossomose no município de Itabaiana (1,000) (Figura 4).

Figura 4 – Mapa do Índice de Vulnerabilidade Epidemiológica para 74 municípios do Estado da Paraíba.

Analisando o IVSE, percebe-se na Figura 5 que alguns municípios do Cariri/Curimataú, Sertão/Alto Sertão e Agreste foram classificados de alta vulnerabilidade a partir dos indicadores utilizados. O município que apresentou o mais elevado valor do IVSE da microrregião do Cariri/Curimataú foi Casserengue (0,788), no Sertão/ Alto Sertão foi o município de Nova Olinda (0,782) e no Agreste o município de Dona Inês (0,893), indicando que em relação aos demais municípios são os que têm a pior situação de vulnerabilidade para está categoria. Este alto valor do IVSE pode ser explicado pelos altos valores apresentados nos índices de renda, educação, saneamento e saúde.

Em contrapartida, os municípios de Boa Vista, Santa Luzia e Campina Grande apresentaram os menores índices de vulnerabilidade socioeconômica de 0,573; 0,502; 0,052, respectivamente. O baixo IVSE desses municípios explica-se pelos baixos valores dos índices de demografia, educação e saúde.

Após a análise dos principais índices que compõem o IVG, é possível analisar esse índice com maior propriedade. Neste, observa-se que as microrregiões do Cariri/Curimataú e Sertão/Alto

Sertão evidenciaram maior número de municípios com alta vulnerabilidade (Figura 6).

Destaca-se o município de Taperoá no Cariri/Curimataú que evidenciou maior valor do IVG de 0,690, esse valor pode ser explicado pelo alto valor de vulnerabilidade epidemiológica (0,461) e pelo alto valor de vulnerabilidade climática (0,929), contribuindo significativamente para o aumento da vulnerabilidade geral do município, tornando-se as duas principais dimensões que elevam o IVG.

Por outro lado, os municípios de Barra de Santa Rosa, Congo, Junco do Seridó e Salgadinho deve-se, principalmente, aos altos valores de vulnerabilidade socioeconômica (0,719; 0,731; 0,721; 0,743) e climática (0,786; 0,893; 0,786; 0,964), respectivamente, consequentemente maior IVG (Figura 6).

No Sertão/Alto Sertão os municípios com alto IVG também apresentaram alto IVC, com exceção do município de Belém do Brejo do Cruz. Isso sugere que o IVC influenciou o alto valor do IVG para os municípios do Sertão/Alto Sertão. Já no Agreste apenas o município de Itabaiana que teve alto IVG (0,601), influenciado pelo alto IVE (Figura 6).

Figura 5 – Mapa do Índice de Vulnerabilidade Socioeconômica para 74 municípios do Estado da Paraíba.

Figura 6 – Mapa do Índice de Vulnerabilidade Geral para 74 municípios do Estado da Paraíba.

Observa-se que para o baixo IVG a microrregião do Agreste foi a que evidenciou maior número de municípios, nota-se que para 14 dos 18 municípios apresentaram baixa vulnerabilidade, no Sertão/Alto Sertão e Cariri/Curimataú apenas 6 municípios em cada microrregião. O principal fator de contribuição para a baixa vulnerabilidade deve-se aos baixos índices climático e epidemiológico que as microrregiões apresentaram. Com exceção do

município de Riacho de Santo Antônio que apresentou alto IVC.

As análises desses resultados não aferem o grau de vulnerabilidade pois não tem uma condição específica de referência, mas devem ser compreendidos como um comparativo entre os municípios ou localidades sob condições semelhantes.

Desta forma, como o IVG não se baseia em uma condição de referência, não é possível afirmar, a partir de um estudo regional, até que ponto essa maior vulnerabilidade compromete a capacidade dessa população em responder às demandas climáticas que está sujeita dentro de um contexto global (Corrêa e Tibúrcio, 2012).

4. Conclusões

A vulnerabilidade climática é mais evidente na microrregião do Cariri/Curimataú e alguns municípios do Sertão/Alto Sertão, pois apresentou maiores percentuais de eventos extremos. Em contrapartida, a baixa vulnerabilidade climática se concentrou na microrregião do Agreste, gerada pela baixa ocorrência de eventos extremos de pluviometria durante o período analisado.

O alto índice de vulnerabilidade epidemiológica concentrou-se no Sertão/Alto Sertão, 14 municípios são mais vulneráveis, estes valores elevados devem-se ao índice de dengue, desta forma influenciando o índice de vulnerabilidade epidemiológica. Para o índice de vulnerabilidade socioeconômica foi observado que os altos valores do mesmo podem ser explicado pelos altos valores apresentados nos índices de renda, educação, saneamento e saúde. Para os baixos índice de vulnerabilidade socioeconômica os indicadores que contribuíram foram os índices de demografia, educação e saúde.

A análise do índice de vulnerabilidade geral mostrou que as dimensões mais acentuada para o aumento do mesmo, foram o índice de vulnerabilidade climática e o índice de vulnerabilidade epidemiológico. Portanto, políticas públicas que visem à diminuição da vulnerabilidade na região em estudo devem priorizar esses setores.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e a Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba - FAPESQ pela bolsa de estudo.

Referências

Adger, W.N., 1999. Social vulnerability to climate change and extremes in Coastal Vietnam. *World Development* 27, 249-269.

Alves, H.P.F., 2006. Vulnerabilidade socioambiental na metrópole paulistana: uma análise sociodemográfica das situações de sobreposição espacial de problemas e riscos sociais e ambientais. *Revista Brasileira de Estudos de População* 23, 43-59.

Alwang, J., Siegel, P.B., Jorgensen, S.L., 2001. *Vulnerability: a view from different disciplines*. World Bank, Washington.

Blaikie, P.M., Cannon, T., Davis, I., Wisner, B., 1994. *Atrisk: natural hazards, people's vulnerability, and disasters*. Routledge, London.

Brasil. Plano nacional sobre mudança do clima, 2008. Comitê Interministerial Sobre Mudança do Clima. Brasília.

Brasil. Ministério da Integração Nacional, 2005. *Nova delimitação do Semiárido brasileiro*. Brasília.

Cardona, O.D., 2004. The need for rethinking the concepts of vulnerability and risk from a holistic perspective: a necessary review and criticism for effective risk management, in: Bankoff, G., Frerks, G., Hilhorst, D. *Mapping Vulnerability, Disasters, Development and People*. Earthscan, London, pp. 37-51.

Confalonieri, U.E., Marinho, D.P., Rodriguez, R.E., 2009. Public health vulnerability to climate change in Brazil. *Climate Research* 40, 175-186.

Curriero, F.C., Patz, J.A., Rose, J.B., Lele, S., 2001. The association between extreme precipitation and waterborne disease outbreaks in the United States, 1948-1994. *American Journal of Public Health* 91, 1194-1199.

Cutter, S.L., Boruff, B.J., Shirley, W.L., 2003. Social vulnerability to environmental hazards. *Social Science Quarterly* 84, 242-261.

Duarte, C.C., Nóbrega, R.S., Coutinho, R.Q., 2015. Análise climatológica e dos eventos extremos de chuva no município de Ipojuca Pernambuco. *Revista de Geografia (UFPE)* 32, 158-176.

Francisco, P.R.M., Santos, D., 2017. *Climatologia do Estado da Paraíba*. EDUFPG, Campina Grande.

Francisco, P.R.M., 2010. *Classificação e mapeamento das terras para mecanização agrícola do estado da Paraíba utilizando sistema de informações geográficas*. Dissertação (Mestrado). Areia, UFPB.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. *Censo demográfico*. Disponível: ftp://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo_Demografico_2010/. Acesso: 20 jul. 2019.

Iwama, A.Y., Batistella, M., Ferreira, L.C., Alves, D.S., Ferreira, L.C., 2016. Risco, vulnerabilidade e adaptação às mudanças climáticas: uma abordagem interdisciplinar. *Ambiente & Sociedade* 19, 95-118.

Limeira, R.C., 2008. *Variabilidade e tendência das chuvas no Estado da Paraíba*. Dissertação (Mestrado). Campina Grande, UFCG.

Marques, A.C., Silva, J.C.B.V., Hanisch, A.L., 2013. Mudanças climáticas: impactos, riscos e vulnerabilidades na agricultura. *Revista de Estudos Vale do Iguaçu* 1, 93-116.

- Marengo, J.A., 2008. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semiárido do Brasil. *Parcerias Estratégicas* 27, 149-75.
- Marengo, J., 2006. Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. MMA, Brasília.
- Medeiros, E.S., Olinda, R.A., 2018. Mapas de probabilidades para o trimestre chuvoso no Estado da Paraíba. *Revista Univap* 24, 19-29.
- Montgomery, D.C., 2004. *Introduction to Statistical Quality Control*. Tradução - Faria, A.M.L., Flores, V.R.L.F. 4th ed. John Wiley, New York.
- Nascimento, F.R., 2012. Os recursos hídricos e o trópico semiárido no Brasil. *GEOgraphia* 14, 82-109.
- Nobrega, R.S., Santiago, G.A.C.F., Soares, D.B., 2016 Tendências do controle climático oceânico sob a variabilidade temporal da precipitação no Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de climatologia* 18, 276-292.
- Paraíba, 2004. Proposta de Instituição do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba, conforme a resolução nº 1, de 31 de agosto de 2003, do Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba.
- Patz, J.A., Mcgeehin, M.A., Bernard, S.M., Ebi, K.L., Epstein, P.R., Grambsch, A., Gubler, D.J., Reither, P., Romieu, J., Rose, J.B., Samet, J.M., Trtanj, J., 2000. The potential health impacts of climate variability and change for the United States: executive summary of the report of the health sector of the US National Assessment. *Environmental Health Perspectives* 108, 367-376.
- Pelling, M., Uitto J.I., 2001. Small Island Developing States: natural disasters vulnerability and global change. *Global Environmental Change Part B: Environmental Hazard* 3, 49-62.
- Raigoza, D., Marengo, J.A., 2007. Generalidades sobre a avaliação da vulnerabilidade e do risco frente à mudança climática. Boletim dos Projetos "Using Regional Climate Change Scenarios for Studies on Vulnerability and Adaptation in Brazil and South America" e "Dangerous Climate Change". GOFCPTEC. (Boletim dos Projetos, 5).
- Rygel, L., O'Sullivan, D., Yarnal, B., 2006. A method for constructing a social vulnerability index: an application to hurricane storm surges in a developed country. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 11, 741-764.
- Santos, M.R.S., Vitorino, M.I., Pimentel, M.A.S., 2017. Vulnerabilidade e mudanças climáticas: análise socioambiental em uma mesorregião da Amazônia. *Revista Ambiente e Água* 12, 842-854.
- Sena, J.P.O., Moraes Neto, J.M.M.N., Lucena, D.B., 2017. Painel têmporo-espacial e box-plot para a análise da pluviosidade na região do Cariri Paraibano. *Revista Brasileira de Agrotecnologia* 7, 111-122.
- Sivakumar, M.V.K., Das, H.P., Brunini, O., 2005. Impacts of present and future climate variability and change on agriculture and forestry in the arid and semi-arid tropics. *Climatic Change* 70, 31-72.
- Tibúrcio, L.H., Corrêa, M.P., 2012. Análise de vulnerabilidade da microrregião de Itajubá por meio do IVG com vistas à mitigação dos impactos causados pelas mudanças climáticas. *Revista Ambiente e Sociedade* 15, 123-139.
- Triola, M.F., 2005. *Introdução à Estatística*. 9. ed. LTC, Rio de Janeiro.
- Uvo, C., 1989. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e a Precipitação da região Norte do Nordeste do Brasil. Dissertação (Mestrado). São José dos Campos, INPE.
- Valverde, M.C., 2017. A interdependência entre vulnerabilidade climática e socioeconômica na região do ABC Paulista. *Revista Ambiente e Sociedade* 20, 39-60.
- Zaiane, O.R., Oliveira, S.R.M., 2003. *On Data Clustering Analysis: scalability, constraints and validation*. University of Alberta, Edmonton.