ENTRELUGAR

VULNERABILIDADE SOCIAL DO BAIXO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO POTI – PIAUÍ/BRASIL

SOCIAL VULNERABILITY OF THE LOW COURSE OF THE RIO POTI HYDROGRAPHIC BASIN - PIAUÍ / BRAZIL

VULNERABILIDAD SOCIAL DEL CURSO BAJO DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RIO POTI - PIAUÍ / BRASIL

Livania Norberta Oliveira
Universidade Federal do Piauí.
livaniageo@gmail.com

Lúcio Sobral Cunha
Universidade de Coimbra.
luciogeo@fl.uc.pt

Maria Lúcia Brito Cruz
Universidade Estadual do Ceará.
mlbcruz@gmail.com

Eugênia C. Pereira
Universidade Federal de Pernambuco
verticillaris@gmail.com

RESUMO

Objetivou-se compreender a relação entre o ambiente físico e antrópico, para analisar o nível de vulnerabilidade social e as alterações sobre os aspectos físicos no baixo curso do rio Poti (Piauí-Brasil). Foi elaborado o Índice Municipal de Vulnerabilidade Social (IMVS), com base na análise fatorial por componentes principais por setor censitário, utilizando os *softwares* SPSS e ArcMap 10.2. Constatou-se que a área rural apresenta IMVS de alto a muito alto devido à baixa densidade demográfica, reduzida infraestrutura, baixa renda, o reduzido nível de escolaridade e o maior envelhecimento da população, tendo em vista que sua maior parte economicamente ativa encontra-se nas áreas urbanas. Quanto aos aspectos naturais, verificou-se que a vegetação tem forte influência na conservação do ambiente, que a sua retirada, de forma inadequada provoca impactos negativos ao meio ambiente e, consequentemente, sobre a população. Assim, o conhecimento sobre vulnerabilidade social em uma bacia hidrográfica permite aos governantes integrar políticas e medidas preventivas no planejamento e estratégias de desenvolvimento sustentável em meio urbano e rural.

PALAVRAS-CHAVE: Vulnerabilidade social. Bacia hidrográfica. Rio Poti. Planejamento. Desenvolvimento sustentável.

ABSTRACT

The objective was to understand the relationship between the physical and anthropic environment, to analyze the level of social vulnerability and the changes on the physical aspects in the low course of the Poti River (Piauí-Brazil). The Municipal Social Vulnerability Index (IMVS) was elaborated, based on the factor analysis by main components by census sector, using the software SPSS and ArcMap 10.2. It was found that the rural area has high to very high IMVS due to the low demographic density, reduced infrastructure, low income, the low level of education and the greater aging of the population, considering that most of them are economically active. in urban areas. As for the natural aspects, it was found that the vegetation has a strong influence on the conservation of the environment, that its removal, in an inadequate way, causes negative impacts on the environment and, consequently, on the population. Thus, knowledge about social vulnerability in a river basin allows government officials to integrate preventive policies and measures in the planning and strategies of sustainable development in urban and rural areas.

Keywords: Social vulnerability. Watershed. Poti river. Planning. Sustainable development.

RESUMEN

El objetivo fue comprender la relación entre el entorno físico y antrópico, analizar el nivel de vulnerabilidad social y los cambios en los aspectos físicos en el curso bajo del río Poti (Piauí-Brasil). Se elaboró el Índice de Vulnerabilidad Social Municipal (IMVS), con base en el análisis factorial por componentes principales por sector censal, utilizando el software SPSS y ArcMap 10.2. Se encontró que el área rural tiene IMVS de alta a muy alta debido a la baja densidad demográfica, la reducida infraestructura, los bajos ingresos, el bajo nivel de educación y el mayor envejecimiento de la población, considerando que la mayoría de ellos son económicamente activos en áreas urbanas. En cuanto a los aspectos naturales, se encontró que la vegetación tiene una fuerte influencia en la conservación del medio ambiente, que su remoción, de manera inadecuada, provoca impactos negativos en el medio ambiente y, en consecuencia, en la población. Así, el conocimiento sobre la vulnerabilidad social en una cuenca hidrográfica permite a los funcionarios del gobierno integrar políticas y medidas preventivas en la planificación y estrategias de desarrollo sostenible en áreas urbanas y rurales.

Palabras clave: Vulnerabilidad social. Cuenca hidrográfica. Río Poti. Planificación, Desarrollo sostenible

INTRODUÇÃO

Os estudos que fazem a integração de dados geoespaciais com os socioeconômicos são muitos no contexto dos impactos socioambientais da atualidade (CUTTER, 2011), principalmente com o uso de dados quantitativos, relativos à economia, à sociedade e à demografia, para a avaliação da vulnerabilidade social. Freitas e Cunha (2013) destacam que os caminhos para a análise da vulnerabilidade social passam por diferentes componentes quantitativos e qualitativos que se complementam e que não podem ser desprezados. Assim, conhecer o contexto em que se insere o grupo social envolvido, em termos socioeconômicos e ambientais, é o ponto de partida para os estudos neste viés, nos quais devem ser incorporadas, também, a cultura e a percepção da sociedade envolvida para que seja possível uma melhor precisão no mapeamento da vulnerabilidade social.

Para Cunha (2015) e Mendes et al. (2011) a cartografia da vulnerabilidade social, a partir da observação do nível de criticidade (relacionado com as características das populações) e a capacidade de suporte (relacionada com a infra-estruturação dos territórios) permite uma análise comparativa entre diferentes áreas de um território, sendo essencial sua aplicação para uma gestão mais eficaz dos recursos e das infraestruturas disponíveis, bem como para uma melhor adequação das políticas públicas relacionadas com a proteção civil, a emergência e o socorro.

A bacia hidrográfica, é um recorte geográfico que vem passando por fortes pressões em face das demandas de uso dos seus recursos naturais para o desenvolvimento socioeconômico, que muitas vezes vão além da capacidade de resistência e de resiliência dos seus geossistemas (ALMEIDA; CARVALHO, 2010; ASEFA et al., 2014; GODOY; CRUZ, 2016; IORIS et al., 2008; LIMA; AUGUSTIN, 2014; OLIVEIRA; SILVA, 2014).

A bacia hidrográfica do rio Poti (BHRP), abrange porções territoriais dos Estados do Ceará e do Piauí, apresentando uma extensão total aproximada de 52.270 km^2, sendo quase na sua totalidade inserida no Estado do Piauí, com 38.797 km^2,

onde abrange trinta e oito municípios, dos quais onze estão localizados na área do baixo curso, incluindo a capital Teresina.

O rio Poti caracteriza-se por ser do tipo semi-intermitente, tornado-se perene somente a partir do seu baixo curso, quando recebe drenagem de dois importantes tributários, o rio Berlengas e o rio Sambito, correspondendo uma área de aproximadamente 4.600 km^2, cerca de 11,30% do total da bacia hidrográfica. Desta forma, optou-se por avaliar a vulnerabilidade social do baixo curso do rio Poti (BCRP) localizado na porção Centro-Norte do Estado do Piauí (Figura 1), tendo em vista sua importância para a manutenção da sociedade e do ambiente.

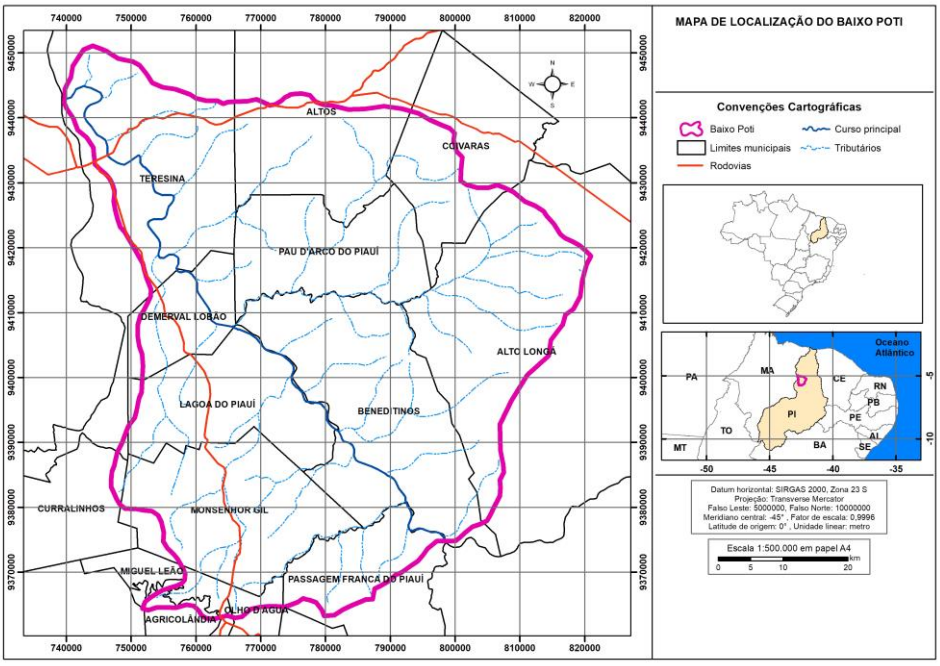

Figura 1 - Localização do baixo curso do rio Poti, Piauí, Brasil
Fonte: Elaborado pelos autores, 2019

Para Dwyer et al. (2004), a vulnerabilidade social é uma questão de capacidade de recuperação da sociedade face à ocorrência de desastres naturais, aproximando-se do conceito de resiliência. Já Birkmann et al. (2010) defendem que, para caracterizar adequadamente a vulnerabilidade social, é necessário considerar a vulnerabilidade do ecossistema. Neste contexto, Cunha (2015) considera vulnerabilidade um conjunto de características e condições territoriais e ambientais

dos lugares, bem como as socioeconômicas e as culturais dos indivíduos e, das comunidades que regulam a sua capacidade de resistência e de resiliência, face à manifestação de processos perigosos, sendo relevantes para a dimensão dos graus de perda provocados por estes.

Para Adger et al. (2004), a vulnerabilidade é o resultado de interações, complexas e fracamente entendidas, que implicam o envolvimento tanto de processos físicos como da dimensão humana.

Conforme Kasperson (2005), em função da contínua degradação ambiental, medir a vulnerabilidade é uma tarefa crucial se o propósito for apoiar a transição para um mundo mais sustentável. Uma vez que o desenvolvimento sustentável é caracterizado por três pilares (ambientais, econômicos e sociais), torna-se cada vez mais necessária uma abordagem integrada dos problemas ambientais, reconhecendo que estes não podem ser analisados isoladamente.

Desta forma, a abordagem da vulnerabilidade pode ser aplicada no contexto humano-ambiente de forma mais ampla e intimamente ligada. Conforme Mendes et al. (2011), para uma correta avaliação da vulnerabilidade social e da sua integração como instrumento eficaz de planejamento, deve-se atender aos seguintes aspectos: dimensões estruturais do território; características biofísicas; estrutura e dinâmica demográficas; capital social e redes sociais; dimensões socioculturais; políticas públicas, de desenvolvimento e de investimento público; atividade econômica. Destacam, todavia, que a integração dos fatores biofísicos e socioculturais na análise da vulnerabilidade social implica uma perspectiva mais abrangente.

Para Cutter (2003), as características que influenciam a vulnerabilidade social mais frequentemente encontradas na literatura são a idade, o gênero, a raça e o status socioeconômico. Outras características como as populações com necessidades especiais, a qualidade dos assentamentos humanos (tipo de habitação e construção, infraestrutura) e o ambiente construído também são importantes na compreensão da vulnerabilidade social. Considera, ainda, que a população rural pode ser mais vulnerável devido aos rendimentos mais baixos e, pela maior dependência das economias locais, como a extração de recursos, a exemplo da agricultura e da pesca.

Conforme o IPEIA (2015), a desigualdade entre os índices do Norte-Nordeste evidencia a existência de um país polarizado, com realidades, necessidades e prioridades distintas, que devem ser mais profundamente investigadas a fim de superar as, ainda existentes, desigualdades regionais.

Nesse contexto, áreas do semiárido do Nordeste Brasileiro são a expressão atual desses problemas, carentes de mapeamento de vulnerabilidade social para subsidiar planos de gestão sustentável de ambientes rurais e urbanos, com vista à manutenção da qualidade do meio físico e biótico e bem-estar das populações.

Diante disso, neste trabalho, objetivou-se avaliar a vulnerabilidade social na área do baixo curso do rio Poti-Piauí (Brasil), com o propósito de fornecer subsídios ao planejamento territorial, incluindo-se questões vinculadas às dimensões socioespacial e de gestão.

MATERIAIS E MÉTODO

Por considerar importante a cartografia da vulnerabilidade social nas políticas de gestão e ordenamento territorial, neste trabalho foi elaborado o Índice Municipal de Vulnerabilidade Social (IMVS), baseado na metodologia desenvolvida por Mendes et al. (2011) e por Cunha et al. (2011), que integra a criticidade das populações com a capacidade de suporte do sistema territorial para cada setor censitário. Este índice foi elaborado com base na análise fatorial dos componentes principais (ACP) de um conjunto de variáveis demográficas, ambientais, sociais e culturais da população e do seu edificado, por setor censitário que compõem a área do BCRP, com base nos dados do censo demográfico de 2010.

A análise fatorial consiste em um conjunto de técnicas do campo da estatística multivariada que busca a identificação de semelhanças entre um número determinado de variáveis com o propósito de explicar a sua estrutura. O resumo dos dados utilizando essa técnica se dá por meio da identificação das comunalidades das variáveis de interesse e das suas correlações. Assim, são determinadas quais variáveis têm comportamentos semelhantes entre si, em que medida e quanto cada um dos fatores identificados explica a variância do modelo criado, culminando na obtenção

dos *scores* fatoriais que consistem nos valores transformados das variáveis inicialmente inseridas no processo fatorial (MARTINEZ; FERREIRA, 2010).

Neste trabalho a ACP é utilizada por permitir eliminar do universo em análise as variáveis redundantes e, agrupar as restantes em diferentes fatores (CUNHA et al., 2011). Trata-se de uma metodologia cuja elaboração é desenvolvida com base nas seguintes etapas: (I) Normalização das variáveis a partir dos denominados z - *scores*, cuja média é zero e o desvio-padrão é 1; (II) Execução da análise fatorial no SPSS (versão 17, no caso da nossa pesquisa); (III) Análise da matriz de correlação dos dados, no sentido de eliminar do universo em análise os dados redundantes (análise da multicolineariedade); (IV) Após a exclusão dos dados redundantes, executa-se novamente a análise fatorial até atingir determinados parâmetros considerados necessários para que os resultados sejam considerados válidos (taxa de variância superior a 60%, com valor de KMO (*Kaiser - Meyer - Olkin*) e de níveis de comunalidades superiores a 0,5). (V) Interpretação e escalamento dos fatores resultantes, no modo de como estes influenciam a vulnerabilidade social. Uma vez que os valores nem sempre apresentam a orientação desejada, torna-se necessário escalar os índices parcelares no sentido de que quanto mais elevado o resultado final da equação, maior será a vulnerabilidade social do espaço.

Neste sentido, no caso de os *scores* fatoriais de variáveis que contribuem para diminuir a vulnerabilidade apresentarem uma orientação positiva, será necessária a sua multiplicação por – 1; (VI) Combinação dos *scores* fatoriais de cada unidade territorial num único valor em termos de criticidade ou capacidade de suporte, usando uma ponderação com base no valor da variância explicada por fator (CUNHA et al., 2011); (VII) Exportação dos dados do SPSS para o ArcMap 10.2, a fim de projetar os resultados na sua componente espacial. A união entre a tabela exportada do SPSS e a tabela do ArcMap é elaborada através do código de cada setor censitário pelo IBGE (2011); (VIII) Classificação dos resultados finais da equação de avaliação do IMVS com base nos critérios usados por Cutter et al. (2003).

Destaca-se que a área do BCRP é composta por 11 municípios que integram 1.252 setores no censo de 2010, e que serviram como base para a coleta dos

dados amostrais disponíveis, incluindo as áreas urbanas e rurais, com diferentes usos, com áreas construídas e com ocupação humana, bem como áreas que ainda não estão construídas nem ocupadas.

Na sequência, com base nos trabalhos apresentados por Cutter (2003; 2011) e por Cunha et al. (2011), a vulnerabilidade social foi determinada através de análise fatorial, utilizando para o efeito o *software* de análise estatística SPSS. Partiu-se de um conjunto de 79 variáveis, organizadas em sete grupos: educação, domicílios, gênero, morador, etnia, renda e idade, das quais 35 foram mantidas após a realização de um teste de colinearidade e exclusão dos dados redundantes, que resultaram 6 fatores explicativos da vulnerabilidade social.

Nesse sentido, os fatores identificados foram classificados nos termos de sua contribuição. Foram considerados como fatores positivos os que contribuíram para reduzir a vulnerabilidade social e considerados como negativos quando aumentaram essa vulnerabilidade. Esse procedimento foi realizado para todas as variáveis válidas utilizadas. O Quadro 1 apresenta o raciocínio para o estabelecimento da contribuição de cada fator observado para a vulnerabilidade social no BCRP, com destaque da variável dominante para contribuir para vulnerabilidade positiva ou negativa.

Quadro 1 - Contribuição dos fatores para avaliar a vulnerabilidade social do BCRP

Fator	Contribuição final para vulnerabilidade	Variável dominante
Fator 1	Negativa	Domicílio com coleta de lixo
Fator 2	Negativa	Responsável com renda de 5-10 salários
Fator 3	Positiva	Pessoas acima de 65 anos
Fator 4	Negativa	Responsável- homem
Fator 5	Positiva	Domicílio/área
Fator 6	Negativa	Morador/domicílio

Fonte: Elaborado pelos autores, 2019

A classificação dos fatores latentes identificados para a vulnerabilidade social do BCRP mostrou que os fatores 1, 2, 4 e 6 apresentaram contribuição negativa, ou seja, consistem nas variáveis que aumentam a vulnerabilidade social para os setores censitários que representam, enquanto os demais fatores 3 e 5 apresentaram contribuição positiva.

Nesta pesquisa decidiu-se por calcular as dimensões da vulnerabilidade social por meio da utilização da técnica da soma ponderada (Cunha et al., 2011), tendo em vista que nesse procedimento são considerados os diferentes aspectos dos fatores latentes obtidos, bem como as suas particularidades. Desse modo, o cálculo de cada uma das dimensões para cada unidade de análise da área de estudo foi determinado por meio da Equação 1. As contribuições, quando positivas, equivalem a "1" e quando negativas, equivalem a "-1".

$$D = (Cf1 * F1x1 * Vf1) + \ldots (Cfn * Fnxn * Vfn)$$

Onde:

D = Dimensão da vulnerabilidade

Cf = Contribuição do Fator [10]

F = Valor do fator para cada unidade de análise

V = Percentagem de variância explicada de cada fator obtido

Os *scores* nos diferentes fatores para cada setor censitário foram exportados para o *software* ArcMap, 10.2, o que permitiu a atribuição de um resultado final do IMVS para cada setor censitário estatístico e a sua cartografia, após uma classificação empírica dos resultados entre muito baixa, baixa, média, alta e muito alta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O relevo do BCRP se caracteriza por ser do tipo suave ondulado a ondulado, apresentando predomínio da declividade de 3 a 20%. O solo predominante é o Plintossolo Argilúvio distrófico, seguido do Plintossolo Pétrico concrecionário e do Latossolo Amarelo distrófico. A cobertura vegetal reflete as condições climáticas e pedológicas da área, apresentando transições vegetais entre caatinga, cerrado e floresta de babaçu (OLIVEIRA, 2018).

A área do BCRP caracteriza-se por ser predominantemente rural, em que a atividade agrícola é a principal fonte de renda e sobrevivência para a população local. Na Tabela 1 se observa a população total e extensão territorial da área de estudo, na qual se verifica que a população de Lagoa do Piauí, Pau D'arco do Piauí e Coivaras é

predominantemente rural. Observa-se ainda que entre os anos 2000 e 2016 a população aumentou, sobretudo na cidade de Teresina, por se caracterizar como um polo de saúde, educação e comércio do Estado do Piauí, atraindo pessoas de todo o Estado e de outras regiões do Brasil.

Tabela 1 - Municípios incluídos na área do baixo curso da bacia hidrográfica do rio Poti (Piauí, Brasil), com respectiva população.

Municípios	População 2000	População 2010	População 2015	População rural 2015 (%)	Extensão territorial (km^2)
Altos	39.122	38.822	39.795	30%	957,655
Teresina*	725.360	814.230	847.430	5%	1.391,98
Demerval Lobão*	12.489	13.278	13.575	19%	216,807
Beneditinos*	9.712	9.911	10.032	37%	9.712,00
Lagoa do Piauí*	3.488	3.863	3.987	57,90%	426,634
Pau D'arco do Piauí*	3.713 (2007)	3.757	3.957	86%	430,817
Monsenhor Gil*	10.309	10.333	10.410	48,60%	568,731
Passagem Franca	4.195	4.543	4.491	47,10%	4.195,00
Coivaras	3.507	3.811	3.942	69,50%	485,496
Alto Longá*	12.000	13.646	14.040	49,80%	1.737,84
Miguel Leão	1.370	1.253	1.228	31%	93,515

Fonte: IBGE, 2016 (* possui a sede municipal inserida na área de estudo)

Segundo o censo demográfico de 2015 (IBGE, 2016), alguns municípios apresentam mais da metade da população vivendo em áreas rurais, como: Pau D'arco do Piauí (86%), Lagoa do Piauí (57,90%) e Coivaras (69,50%), sendo que Alto Longá (49,80%), Monsenhor Gil (48,60%) e, Passagem Franca do Piauí (47,1%) possuem quase metade da população também vivendo nas áreas rurais. Isto repercute diretamente na vulnerabilidade social dessa população, tendo em vista que a área rural possui menor capacidade de suporte em infraestrutura de saneamento, assistência médica e renda familiar.

As atividades socioeconômicas desenvolvidas na área, com exceção da cidade de Teresina, em sua maior parte são para a manutenção de pequenos

produtores agrícolas que, em sua maioria, ainda utilizam técnicas relativamente rudimentares. Nota-se, por exemplo, que a antropização dos ambientes no baixo curso da bacia do rio Poti se manifesta na exploração de duas atividades principais: pecuária e agricultura de subsistência. A pecuária é realizada de maneira extensiva e com predomínio do superpastoreio; já a agricultura é feita de maneira itinerante e com o uso de queimadas, o que reduz a biodiversidade e expõe o solo aos efeitos da erosão.

Na Tabela 2 observam-se os fatores retidos das 35 variáveis, que possibilitaram explicar 60,2 % da variância encontrada entre todos os setores censitários do BCRP e, que apresentaram mais de 5 % da variância explicativa, com a respectiva variável dominante de cada fator.

Tabela 2- Fatores retidos que apresentaram acima de 5% da variância explicativa e significância explicada para avaliação do IMVS do baixo curso do rio Poti(Piauí, Barsil)

Fator	Designação	Variância explicada (%)	Variável dominante	Correlação (variável dominante/fator) (%)
1	Infraestrutura	22,04	Domicílio com coleta de lixo	0,888
2	Renda	13,64	Responsável com renda de 5-10 salários	0,828
3	Idade	6,87	Pessoas acima de 65 anos	0,814
4	Gênero	6,58	Responsável- homem	0,867
5	Domicílio	5,88	Domicílio/área	0,980
6	Moradores	5,18	Morador/domicílio	-0,864

Fonte: Autor, 2019

A Tabela 2 demonstra que o primeiro fator reflete, principalmente, nos serviços de saneamento e coleta de lixo dos domicílios e explica 22,04 % da variância. Destaca-se que o crescimento desordenado de Teresina, associado aos deficientes sistemas de esgotamento sanitário, que contempla apenas 17 % da capital, e de deposição final de lixo (SANTOS et al., 2011; OLIVEIRA e SILVA, 2014).

Tal situação não difere para as demais áreas urbanas dos Municípios do BCRP. Já para área rural, o sistema de coleta do lixo e esgotamento sanitário é deficiente ou inexistente, deixando a população e, consequentemente o seu ambiente, vulneráveis pelo tratamento inadequado dos efluentes e resíduos sólidos. A respeito

dos resíduos sólidos, destacam Domingos e Boeira (2015), que a quantidade de lixo gerada no mundo tem sido grande. Em adição, seu gerenciamento inadequado, além de provocar gastos financeiros significativos, resulta em graves danos ao meio ambiente e à população. O assunto tem se tornado tópico de debates em diversas áreas do conhecimento.

O segundo fator explica 13,6 4% da variância e está relacionado com a renda dos responsáveis por domicílio. Isto se reflete na desigualdade social e econômica da área de estudo, onde a maior parcela dos responsáveis por domicílio sobrevive com menos de um salário-mínimo. Estes estão concentrados, na sua maior parcela, no espaço rural, onde a renda familiar é subsidiada pela aposentadoria dos mais idosos, ou pelos programas sociais do Governo. Segundo Toigo e Conterato (2017), a pobreza e a vulnerabilidade estão relacionadas, a melhoria das condições econômicas de um grupo social pode conduzir, de modo sistemático, à adoção de medidas apropriadas de redução de sua vulnerabilidade.

Já o terceiro fator explica 6,87 % da variância e relaciona-se com o grupo de pessoas acima de 65 anos. A população idosa está mais concentrada nas áreas rurais em contraste com a população mais jovem, predominante nas áreas urbanas, que também concentram a maior parcela da população economicamente ativa, segundo dados do IBGE (2010). Tal situação reflete-se numa maior vulnerabilidade social da área rural. Conforme Braga et al. (2010), o rápido envelhecimento populacional no país gera preocupação quanto à capacidade dos sistemas sociais e de saúde para atender essa nova demanda. Dessa forma, a identificação de áreas com maior concentração de idosos, somada à garantia da distribuição adequada e equitativa dos serviços de saúde para essas populações são relevantes para a redução da vulnerabilidade social.

O quarto fator explica 6,58 % da variância e está associado ao gênero, tendo como principal variável o homem como responsável pela renda familiar por domicílio, conforme o censo de 2010. Na atualidade observa-se que a mulher vem, cada vez mais, assumindo a responsabilidade pela renda familiar. Conforme Tadeu (2012), no contexto atual, diversas pesquisas apontam o papel da mulher no âmbito da

economia social, que tem logrado peso considerável, chegando a superar os homens em algumas sociedades, como se observa no Brasil.

O quinto fator se relaciona com a quantidade de domicílios por área, que explica 5,88 % da variância. Destaca-se que as áreas urbanas concentram a maior parte dos domicílios registrados, apresentando melhor estrutura de pavimentação e saneamento, em contraste com as áreas rurais do BCRP. Tal realidade influencia no sexto fator, que representa apenas 5,18 % da variância, e está associado à quantidade de moradores por domicílio, o que, de acordo com o censo demográfico (IBGE, 2010), é maior nas áreas urbanas.

De acordo com Oliveira e Silva (2014), 95 % da população de Teresina, cidade mais urbanizada da BCRP, vivem na área urbana, exercendo forte pressão sobre os recursos naturais devido ao seu crescimento acelerado, desordenado e pela alta densidade demográfica. Essa realidade é também comum à maioria das cidades brasileiras.

Esses fatores realçam os resultados sobre os Municípios que compõem o BCRP. Na Figura 2 observa-se que as áreas urbanas, como em Teresina, e as áreas sede dos municípios eminentemente rurais, apresentam IMVS de muito baixo a moderado, devido à acumulação de poder econômico da população, oferta de infraestrutura e oportunidade de emprego. Esses dados apresentam-se em contraste com as áreas rurais da bacia, que apresentam IMVS de alto a muito alto, onde há o predomínio da população mais idosa, relacionada com a agricultura e com menor poder aquisitivo e acesso à infraestrutura de saneamento básico.

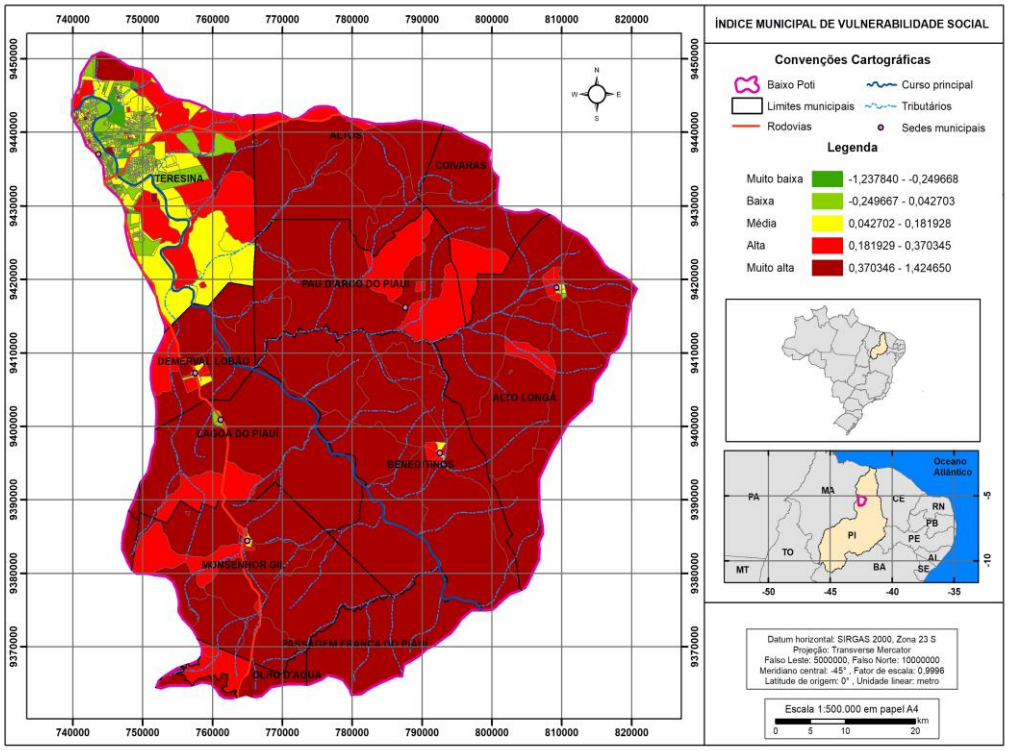

Figura 2- Índice Municipal de Vulnerabilidade Social do baixo curso do rio Poti (Piauí, Brasil)
Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

A leitura da vulnerabilidade social no BCRP permite observar que na área rural do BCRP a classificação do IMVS é alta (13 %) a muito alta (79 %), em função do menor índice populacional, da reduzida infraestrutura dos domicílios em termos de abastecimento de água e esgotamento sanitário, da baixa renda da população, do nível de escolaridade e maior envelhecimento da população, tendo em vista que a maior parte da população economicamente ativa se encontra nas áreas urbanas (Figura 2). Neste contexto, Da Costa e Costa (2016) ao discutirem a questão da pobreza no Brasil, notam que esta é mais severa nas áreas rurais, devido à ausência e/ou precariedade, nessas áreas, dos serviços de educação, saúde, saneamento básico, dentre outros serviços públicos, o que coloca a população residente em uma situação de maior vulnerabilidade em relação a polução que reside em áreas urbanas.

Para a capital Teresina e para as áreas onde se encontram as sedes municipais no BCRP, o IMVS foi classificado de moderado (5 %) a baixo (2 %). Na cidade de Teresina os bairros das áreas periféricas da cidade apresentaram, no entanto,

um IMVS de moderado a alto, principalmente os setores que ficam nas margens do rio Poti na zona S e SE. Já a área central e leste apresentaram IMVS baixo a muito baixo, por apresentarem melhor infraestrutura de saneamento, de domicílios e poder aquisitivo.

Destaca-se que a cidade de Teresina, por se caracterizar como polo de saúde, educação e comércio no Estado do Piauí, apresenta a maior densidade demográfica da área em estudo, seguida dos Municípios de Altos e Passagem Franca (Figura 3).

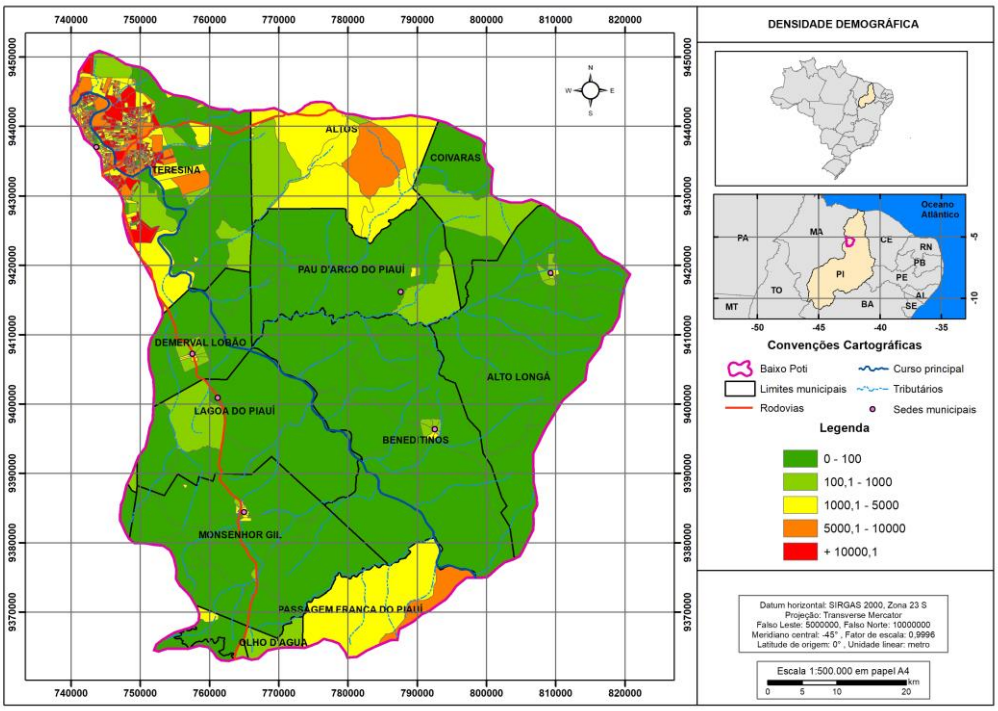

Figura 3: Mapa da densidade demográfica do BCRP-Piauí-Brasil
Fonte: Autores, 2019.

Conforme o censo demográfico de 2010 (IBGE, 2010), aproximadamente 9,49 % da população vivia na área rural do BCRP, em contraste com 90,51 % da população que habitava a zona urbana. Destaca-se ainda o fato de muitas famílias viverem nas áreas urbanas e se deslocarem para as rurais somente aos finais de semana, ou em período de plantio. Tal situação acontece em virtude de os municípios rurais se localizarem próximo da capital do Estado.

Diante disso, verifica-se que a área do BCRP se caracteriza por ser predominantemente rural, que apresenta baixa densidade demográfica e maior vulnerabilidade social, em contraste com as áreas urbanas, que apresentam maior densidade demográfica, como em Teresina, Altos e Passagem Franca. Entretanto, destaca-se que a cidade de Teresina apresenta vulnerabilidade social de moderada a muito baixa, em contraste com os municípios de Altos e Passagem Franca que possuem vulnerabilidade social muito alta.

Na Tabela 3 observam-se as principais culturas agrícolas desenvolvidas nos municípios do BCRP, referentes ao ano de 2015 e com produção acima de mil toneladas. Dessas culturas, o arroz, a cana-de-açúcar, a mandioca, a melancia e o milho possuem produção do tipo temporário. Já o cultivo da banana e manga possuem produção do tipo permanente.

Tabela 3- Principais cultivos agrícolas no baixo curso do rio Poti-Piauí (Brasil)

Cultivo agrícola	Total 2015 (toneladas)	Maior produtor/Município
Arroz	1.738	Monsenhor Gil com 499 t
Cana-de-açúcar	201.649	Teresina com 200.930 t
Mandioca	7.589	Monsenhor Gil 5.000 t
Melancia	5.472	Pau D'arco do Piauí com 1.000 t
Milho (em grão)	1.988	Teresina com 525 t
Banana	1.030	Teresina com 602 t
Manga	1.612	Teresina com 440 t

Fonte: IBGE, 2016

A área plantada por cultura temporária representa maior extensão por comparação com a área de cultura permanente, sendo os Municípios de Teresina e Monsenhor Gil os de maior representatividade neste setor (IBGE, 2016).

Destaca-se que a cultura temporária apresenta várias contradições. De acordo com Vital (2007) e Delamare et al. (2017), apesar de seu valor econômico, a prática pode acarretar impactos ao meio físico, que envolvem a erosão do solo, a contaminação dos recursos hídricos pelo uso de agrotóxico e à biodiversidade devido

a implantação da monocultura. Desta forma, a intensificação da extração de recursos e o uso da terra ocasionada pelas pressões antropogênicas aumenta a vulnerabilidade dos ecossistemas.

Observa-se ainda na Tabela 3, que em Teresina se concentra a maior parte dos cultivos agrícolas, sendo a cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) a cultura de maior produção, seguida do cultivo de mandioca (*Manihot esculenta*) e melancia (*Citrullus lanatus*). Destaca-se que, na maioria das vezes, o cultivo é feito por pequenos agricultores com a utilização de métodos rudimentares, utilizando a cultura de vazante nas margens do rio Poti e de seus tributários para subsistência das famílias e comercialização nos mercados públicos dos municípios.

No BCRP é frequente o uso das margens do rio para o cultivo de culturas temporárias, devido a sua baixa vazão na maior parte do ano em função da sazonalidade das precipitações, mais concentradas nos meses de janeiro a abril, bem como por estas áreas apresentarem solos propícios para desenvolvimento da agricultura de ciclo curto. Contudo, o manejo inadequado dos recursos naturais na margem do rio oferece riscos e implica na vulnerabilidade do ambiente.

Costa et al. (2015), ao analisarem os recursos naturais do município de Demerval Lobão, localizado na área em estudo, identificaram alterações em algumas áreas ocasionadas pela atividade humana, em detrimento do desmatamento, que é praticado de acordo com interesses particulares, sendo a mata dos cocais uma das mais agredidas, ocasionando aumento da erosão dos solos, assim como o assoreamento de riachos e do rio Poti. Diante disso, o ambiente fica vulnerável à ação antrópica, que consequentemente influenciará a vulnerabilidade da população envolvida que utiliza esses recursos para manter sua subsistência. Situação similar ocorre nos demais municípios do baixo curso da bacia do rio Poti.

Diante do exposto, verifica-se que o conhecimento sobre vulnerabilidade, tanto no âmbito social como ambiental, permite aos tomadores de decisão integrar políticas de redução de vulnerabilidade e medidas preventivas no planejamento e estratégias de desenvolvimento em meio urbano e rural, em benefício da sociedade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados obtidos permitiram compreender a relação entre o ambiente físico e antrópico, contribuindo para analisar a vulnerabilidade social e ambiental em uma porção territorial da bacia hidrográfica, mais precisamente a BCRP, bem como analisar as realidades da área e da sua população para a definição e delimitação de ações preventivas e gestão do poder público. Dessa forma, este método pode ser aplicado em outros recortes geográficos.

O modelo de análise fatorial utilizado permitiu avaliar a vulnerabilidade social da bacia hidrográfica, correlacionando características socioeconômicas e de infraestrutura, sendo útil como ferramenta de gestão territorial. Por outro lado, a cartografia do índice municipal de vulnerabilidade social na BCRP permitiu uma análise comparativa entre diferentes áreas, que refletiu, entre outros fatores, as distintas estratégias públicas adotadas pelos gestores.

Constatou-se, também, que as formas de ocupação desordenada da bacia hidrográfica e o manejo inadequado dos recursos naturais existentes, colocam em risco o ambiente, em muitos casos, comprometendo a resiliência dos ecossistemas, por não haver avanços nas técnicas de preservação dos recursos naturais. Diante dessa realidade, os corpos hídricos, o solo e a vegetação ficam comprometidos, devendo haver maior atenção da gestão pública em políticas sustentáveis aos pequenos produtores para um desenvolvimento mais sustentável da área.

Dessa forma, o planejamento preventivo sobre os sistemas ambientais e socioeconômicos existentes em uma bacia hidrográfica é importante pelo fato de mitigar os impactos negativos, particularmente os que exibem maior vulnerabilidade, como contributo para o aumento do grau de resiliência das comunidades locais.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi desenvolvido com o apoio da CAPES através do Programa de doutorado Sanduíche no Exterior e da FACEPE pela bolsa de Pós-

graduação na modalidade doutorado na UFPE. Um dos autores agradece ao CNPq pela bolsa de Produtividade em Pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L.Q. de; CARVALHO, P.F.de. Representações, riscos e potencialidades de rios urbanos: análise de um (des) caso histórico. **Caminhos de Geografia Uberlândia**. V. 11, nº. 34 jul, p. 145 – 161, 2010,

ASEFA, T.; CLAYTON,J.; ADAMS,A.; ANDERSON,D. Performance evaluation of a water resources system under varying climatic conditions: Reliability, Resilience, Vulnerability and beyond . **Journal of Hydrology** . Nº. 508. p. 53–65, 2014.

BIRKMANN, J.; VON TEICHMANN, K. Integrating disaster risk reduction and climate change adaptation: key challenges-scales, knowledge, and norms. **Sustainability Science**. v. 5, n.2, p.171-184, 2010

BRAGA, Luciana de Souza et al . Diferenciais intra-urbanos de vulnerabilidade da população idosa. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 12, p. 2307-2315, 2010

COSTA, M. A.; MARGUTI, B. O. **ATLAS DA VULNERABILIDADE SOCIAL NOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS**. IPEA, 2015.

CUNHA, L. Vulnerabilidade e riscos naturais: Exemplos em Portugal. In: FREITAS, M. I. C., LOMBARDO, M. e ZACHARIAS, A. **Vulnerabilidades e Riscos**: Reflexões e Aplicações na Análise do Território, Rio Claro, UNES, IGCA, CEAPLA, 2015, pp. 55-62.

CUNHA, L.; MENDES, J. M.; TAVARES, A.; FREIRIA, S. Construção de modelos de avaliação de vulnerabilidade social a riscos naturais e tecnológicos. O desafio das escalas. In: **Trunfos de uma Geografia Activa**: Desenvolvimento Local, Ambiente, Ordenamento e Tecnologia. IUC, 2011, p. 627-637.

CUTTER, S. The vulnerability of science and the science of vulnerability**. Annals of the Association of American Geographer**. n. 93, p.1-12, 2003

CUTTER, Susan L. A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. **Global Environmental Change.** Nº.18, p. 598–606, 2008.

CUTTER, S. A ciência da vulnerabilidade: modelos, métodos e indicadores. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, n.93, junho 2011, 59-69, 2011.

CUPPENS, A.; SMETS I, WYSEURE G. Definition of realistic disturbances as a crucial step during the assessment of resilience of natural wastewater treatment systems. **Water Scienci. Technol**. n.65, 1506-1513, 2012.

DA COSTA, R. F. R.; e COSTA, G. C. Pobres no campo, ricos na cidade? Uma análise multidimensional da pobreza. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba, v. 54, n. 3, 2016. . Disponível em: <Disponível

em: http://www.scielo.br/pdf/resr/v54n3/1806-9479-resr-54-03-00537.pdf>. Acesso em: 09 jan. 2017.

DELAMARE, T. O.; SATO, S. E.; SIMON,A.L. H. Análise da cobertura e uso da terra da colônia de pescadores z3 – Pelotas (RS): elementos para o zoneamento geoambiental. **Anais do XVII Simposio Brasileiro de geografia Física Aplicada**. Campinas, São Paulo, 2017. Disponível em: < file:///C:/Users/livania/Downloads/1982-11268-1-PB.pdf> . Acesso em: out, 2017.

DWYER, A.; ZOPPOU, C. NIELSON, O., DAY, S., ROBERTS, S. Quantifying Social Vulnerability: A methodology for identifying those at risk to natural hazards. **Geoscience Australia Record**. 101p. 2004.< Disponível em: http://www.geosci.usyd.edu.au/users/prey/Teaching/Geos-2111GIS/Ref/GA4267-IdentifyingRisks.pdf >. Acesso em: out,2017.

DOMINGOS, D. de C.; BOEIRA, S. L. Solid Urban Domestic Waste Management: Analysis of Current Situation in the City of Florianópolis. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, Vol.4, n.3, pp.14-30, 2015.

GODOY, V.N de, CRUZ, R.C. Self-management of water resources - case study of river basin Santa Maria- RS. **Ciência e Natureza**, Santa Maria v.38 n.2, Mai.- Ago. p. 980 –997, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo demográfico de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Disponível em: < https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/ > . Acesso em: Julho de 2015.

_____.(IBGE). **Produção Agrícola Municipal 2015**. Rio de Janeiro: IBGE, 2016.

IORIS, A.A.R.; HUNTER, C.; WALKER, S. The development and application of water management sustainability indicators in Brazil and Scotland**. Journal of Environmental Management**, vol. 88, p. 1190-1201, 2008.

LIMA, Iracilde M. de M. F.; AUGUSTIN, Cristina H. R. R. Bacia Hidrográfica do Rio Poti: dinâmica e morfologia do canal principal no trecho do baixo curso. **Revista Geonorte**. v.5. n 20, 2014

MARTINEZ, L., & FERREIRA, A. **Análise de dados com SPSS:** primeiros passos. Lisboa: Escolar editora, 2010.

MENDES, J., TAVARES, A., CUNHA, L., FREIRIA, S. A vulnerabilidade social aos perigos naturais e tecnológicos em Portugal. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, 93, p 95-128, 2011.

OLIVEIRA, L. N. de. **Análise da capacidade de resiliência do ambiente na área do baixo curso da bacia hidrográfica do Rio Poti (Piauí).** Tese (Doutorado em Geografia)- Universidade Federal de Pernambuco.131f. 2018.

OLIVEIRA, L.N; SILVA, C.E. Qualidade da água do rio Poti e suas implicações para atividade de lazer em Teresina-PI**. Revista Equador** (UFPI), V.3, nº1, p. 128 – 147,2014.

PESTANA, M. H.; GAGEIRO, J. N.. **Análise de dados para ciências sociais a complementaridade do SPSS** (6a). Lisboa: Edições Sílabo Lda. 2014

SALLES, M. do S. T. M.; ALBURQUERQUE, L.B. **Teresina e sua condição urbana.** Teresina, 2002. Disponível em: < http://www.ufpi.br/mesteduc/eventos/iiencontro/GT-15/GT-15-02.html > Acesso em: 28 de Abr. de 2015.

SANTOS, E. S. dos; MOTA,S.; SANTOS,A.B dos.; MONTEIRO,C.A.B; FONTENELE,R.M.M. Avaliação da sustentabilidade ambiental do uso de esgoto doméstico tratado na piscicultura. **Engenharia Sanitaria Ambiental.** v.16, n.1.Rio de Janeiro, Mar. 2011

SUERTEGARAY. D. Geografia e interdisciplinaridade. Espaço geográfico: interface natureza e sociedade . **Geosul**, Florianópolis, v.18, n.35, p. 43-53, jan./jun. 2003

SOUZA, B. I; SUERTEGARAY, D. M. A. Considerações sobre a geografia e o ambiente. OKARA: **Geografia em debate**, v.1, n.1, p. 05-15, 2007

TADEU, S. A. **Mulher e Trabalho na economia social: estereótipos e desigualdades e as teorias sobre as desigualdades entre os gêneros. Espaço Jurídico**, V..9, n.2,p.141-150, 2012

TOIGO, C. H.; CONTERATO, M. A.. Pobreza, Vulnerabilidade e Desenvolvimento no Território Rural Zona Sul: o que aponta o Índice de Condição de Vida?. **Rev. Econ. Sociol. Rural,** Brasília , v. 55,n. 2,p. 267-284, jun. 2017 . Disponível em < **http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-20032017000200267&lng=pt&nrm=iso** >. Acesso em: outubro de 2017.

TURNER, B. L.; KASPERSON, R. E.; MATSON, P.A.; MCCARTHY, J. J.; CORELL, R. W.; CHRISTENSEN,L.; ECKLEY,N.; X KASPERSON,J.X.; LUERS,A.;MARTELLO, M.L.; POLSKY,.; PULSIPHER,A.; SCHILLER,A. A framework for vulnerability analysis in sustainability science. **Proceedings of the National Academy of Sciences***,* v.100, n.14, p.8074–8079, 2003.

VITAL, M.H.F. Impacto Ambiental de Florestas de Eucalipto. Rio de Janeiro. **Revista do BNDES**, v. 14, n. 28, p.235-276, 2007.

Recebido em junho de 2020.

Revisado em fevereiro de 2021.

Aceito para publicação em março de 2021.