



ABORDAGEM MULTIVARIADA DOS DADOS POPULACIONAIS DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRACURUCA

Francílio de Amorim dos Santos¹, Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0415-6673>

Lúcia Maria Silveira Mendes², Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2079-6651>

Maria Lucia Brito da Cruz³, Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2202-923X>

¹Instituto Federal do Piauí, Piri-piri, Piauí, Brasil*

²Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil**

³Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil***

Artigo recebido em 08/12/2022 e aceito em 26/03/2024

RESUMO

A pesquisa propôs-se a analisar um conjunto de dados relacionados às características e comportamentos populacionais com potencial para reagir às secas e as inundações na Sub-bacia Hidrográfica do rio Piracuruca (SBHRP). A Sub-bacia localiza-se no semiárido do Nordeste do Brasil (NEB), entre os estados do Ceará e do Piauí, onde drena uma área de 7.704 km². Para operacionalização do estudo foram adquiridas informações de 18 variáveis – demográficas, educacionais e renda – para os duzentos e noventa e seis setores censitários inseridos na SBHRP, junto ao banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A pesquisa empregou modelo de estatística multivariada Análise Fatorial (AF) e método Análise de Componentes Principais (ACP). Das 18 variáveis originais, apenas a variável C14 (Total do rendimento nominal mensal dos domicílios particulares improvisados) foi eliminada, pois apresentou coeficiente de comunalidade abaixo de 0,5. Foram extraídos quatro fatores, sendo que os Fatores 1 e 2 contribuíram positivamente para ampliar o potencial populacional para reagir às secas e às inundações, enquanto os Fatores 3 e 4 contribuíram de forma a reduzir esse potencial. Quando agrupados, os Fatores indicaram que predomina na Sub-bacia alta Criticidade, que se distribui por oitenta e sete (29,4%) setores da Sub-bacia em questão.

Palavras-chave: bacia hidrográfica; desastres naturais; população; análise fatorial.

*Doutor em Geografia. Docente do Instituto Federal do Piauí / Campus Piri-piri. E-mail: francilio.amorim@ifpi.edu.br.

**Doutora em Agronomia. Universidade Estadual do Ceará / Campus Itaperi. E-mail: lucia.mendes@uece.br.

***Doutora em Geografia. Universidade Estadual do Ceará / Campus Itaperi. E-mail: mlbcruz@gmail.com.

A MULTIVARIATED APPROACH TO THE POPULACION DATA OF THE PIRACURUCA WATER SUB-BASIN

ABSTRACT

The research aimed to analyze a set of data related to population characteristics and behaviors with potential to respond to droughts and floods in the Piracuruca River Sub-basin (PRS). The Sub-basin is located in the semiarid region of Northeastern Brazil (NEB), between the states of Ceará and Piauí, where it drains an area of 7,704 km². For operationalization of the study, information was obtained from 18 variables – demographic, educational and income – for the two hundred and ninety-six census tracts entered in the PRS, from the database of the Brazilian Institute of Geography and Statistical (BIGS). The research employed multivariate statistical model Factor Analysis (FA) and Principal Components Analysis (PCA) method. Of the 18 original variables, only variable C14 (Total nominal monthly income of improvised private households) was eliminated, as it presented a commonality coefficient below 0.5. Four Factors were extracted, the Factors 1 and 2 contributed positively to increase the population potential to respond to droughts and floods, while Factors 3 and 4 contributed to reduce this potential. When grouped, the Factors indicated that predominance in the high Criticality Sub-basin predominates, which is distributed among eighty-seven (29.4%) sectors of the Sub-basin in question.

Keywords: hydrographic basin; natural disasters; population; factor analysis.

ENFOQUE MULTIVARIADO DE DATOS DE POBLACIÓN DE LA SUBCUENCA DEL RÍO PIRACURUCA

RESUMEN

La investigación propuso analizar un conjunto de datos relacionados con características y comportamientos poblacionales con potencial de reaccionar ante sequías e inundaciones en la Subcuenca del Río Piracuruca (SBHRP). La Subcuenca está ubicada en el semiárido Nordeste de Brasil (NEB), entre los estados de Ceará y Piauí, donde drena un área de 7.704 km². Para operacionalizar el estudio, se adquirió información sobre 18 variables – demográficas, educativas y de ingresos – para los doscientos noventa y seis sectores censales incluidos en el SBHRP, junto con la base de datos del Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE). La investigación utilizó un modelo estadístico multivariado de Análisis Factorial (FA) y el método de Análisis de Componentes Principales (PCA). De las 18 variables originales, sólo se eliminó la variable C14 (Ingreso nominal mensual total de hogares privados improvisados), ya que presentaba un coeficiente de comunalidad inferior a 0,5. Se extrajeron cuatro factores: los factores 1 y 2 contribuyeron positivamente a ampliar el potencial de la población para reaccionar ante sequías e inundaciones, mientras que los factores 3 y 4 contribuyeron a reducir este potencial. Agrupados, los Factores indicaron que en la Subcuenca predomina la Criticalidad alta, la cual se distribuye en ochenta y siete (29,4%) sectores de la Subcuenca en cuestión.

Palabras clave: cuenca hidrográfica; desastres naturales; población; análisis factorial.

INTRODUÇÃO

Inicialmente, é importante destacar que o Nordeste do Brasil (NEB) apresenta-se como uma região marcada por extremos pluviométricos, fruto da ação conjunta de distintos sistemas atmosféricos e fenômenos oceânicos. Esses últimos interferem diretamente na dinâmica dos sistemas atmosféricos e, como tal, geram anos normais e/ou anômalos. Em anos com anomalias têm-se como resultados as secas, quando ocorrem precipitações abaixo da média histórica, e inundações, quando as anomalias são positivas e superam a média histórica.

Nesse cenário, tornou-se relevante o desenvolvimento de pesquisa voltada à compreensão do potencial humano para reagir a desastres naturais, particularmente as secas e as inundações, tomando como recorte espacial os setores censitários da Sub-bacia Hidrográfica do rio Piracuruca, situada entre os estados do Ceará e do Piauí. É possível que anualmente a população menos assistida pelo estado seja aquela que mais sofra com perdas, oriundas da ocorrência de secas e de inundações periódicas.

A bacia hidrográfica representa um sistema aberto, que integra diversos componentes. Para Suertegaray (2009), as bacias hidrográficas compreendem elemento espacial de integração e que, para Cazula e Mirandola (2010), são formadas por componentes que atuam de forma interdependente e harmônica e são controlados por um fluxo de massa e de energia. Ressalta-se a importância do estudo, posto que as consequências da ocorrência dos fenômenos naturais atinjam a bacia como um todo, embora de formas diferentes quando considerado o potencial humano para reagir à manifestação de desastres naturais.

De acordo com Maskrey (1993), os desastres naturais constituem fenômenos naturais perigosos (terremotos, furacão, maremoto) e determinados condicionantes socioeconômicos e físicos vulneráveis (situação econômica precária, habitações mal construídas, instabilidade do solo). Nesse estudo, deu-se ênfase à seca e a inundação. O primeiro é considerado um desastre climático caracterizado por longos períodos de baixa precipitação ou ausência de chuvas, suficiente para gerar graves desequilíbrios hidrológicos (BRASIL, 2014). Ao passo que a inundação se caracteriza por chuvas fortes e rápidas ou de longa duração (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2009).

A área onde se situa a Sub-bacia Hidrográfica do rio Piracuruca está sob a influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), principal sistema provedor de chuvas na região norte do Nordeste do Brasil. Esse sistema atmosférico tem máxima atuação nos meses de março a abril, quando atinge sua posição mais ao sul do Equador. O referido sistema tem seu posicionamento afetado pela ocorrência do *El niño* Oscilação Sul (ENOS) e dipolo do Atlântico.

Pois em anos que ocorrem *El niño* e dipolo positivo têm-se indicativo de anos secos, em detrimento de anos chuvosos quando há manifestação de *La niña* e dipolo negativo.

A proposta metodológica aplicada ao estudo foi adaptada do sugerido por Cunha *et al.* (2011). Da proposta original considerou-se apenas o estudo da Criticidade (C), que representa um conjunto de características e comportamentos populacionais que podem quebrar o equilíbrio do sistema e, ainda, os recursos ao alcance dessa população para responder ou lidar com cenários de desastres, conforme apontam Mendes *et al.* (2011).

Para operacionalização da pesquisa foi necessária aquisição de informações para 18 variáveis – demográficas, educacionais e renda – para os duzentos e noventa e seis setores censitários inseridos na Sub-bacia do rio Piracuruca, por meio do banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), do Censo de 2010. O estudo utilizou modelo de estatística multivariada Análise Fatorial (AF) em que os fatores foram extraídos pelo método Análise de Componentes Principais (ACP), cujos dados foram refinados por meio do *software SPSS Statistics*, versão 17, e emprego de técnicas de geoprocessamento no Sistema de Informação Geográfica (SIG) *QGIS*, versão 2.14.

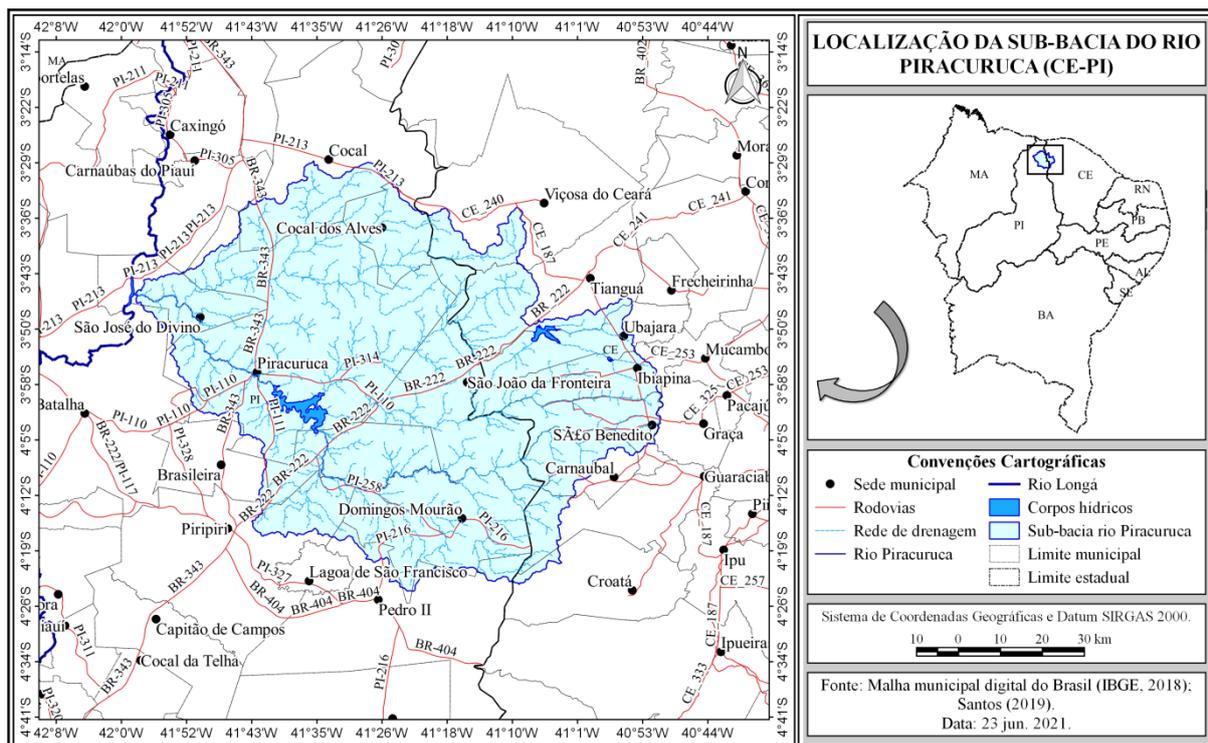
Diante da relevância apresentada para estudos ligados aos desastres naturais em bacias hidrográficas, a partir de dados censitários, o estudo teve como objetivo analisar um conjunto de informações relacionadas às características e comportamentos populacionais com potencial para reagir às secas e as inundações na Sub-bacia Hidrográfica do rio Piracuruca (SBHRP).

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A área em estudo

A área tomada como recorte espacial para estudo foi a Sub-bacia Hidrográfica do rio Piracuruca (SBHRP), localizada no semiárido brasileiro, precisamente entre os estados do Ceará e do Piauí (Figura 1). A Sub-bacia drena uma área de 7.704 km² e seu rio principal nasce no Planalto da Ibiapaba, a altura do município de São Benedito, no estado do Ceará, e deságua no rio Longá, no município de São José do Divino, no estado do Piauí (SANTOS, 2019). A SBHRP drena o território de vinte municípios, desses onze localizam-se no estado do Piauí e nove no estado do Ceará.

Figura 1 - Localização da Sub-bacia Hidrográfica do rio Piracuruca, situada na divisa dos estados do Ceará e do Piauí, Nordeste do Brasil.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Procedimentos metodológicos

O estudo considerou adaptações à metodologia apresentada por Cunha *et al.* (2011), onde se empregou apenas análise da Criticidade (C), uma componente que pode indicar a capacidade da população para reagir a secas e a inundações. Demandou-se aquisição de arquivos alfanuméricos e vetoriais, respectivamente, dos agregados por setores censitários dos resultados de universo e do índice de recortes para fins estatísticos, do Censo 2010, junto ao banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010a; 2010b).

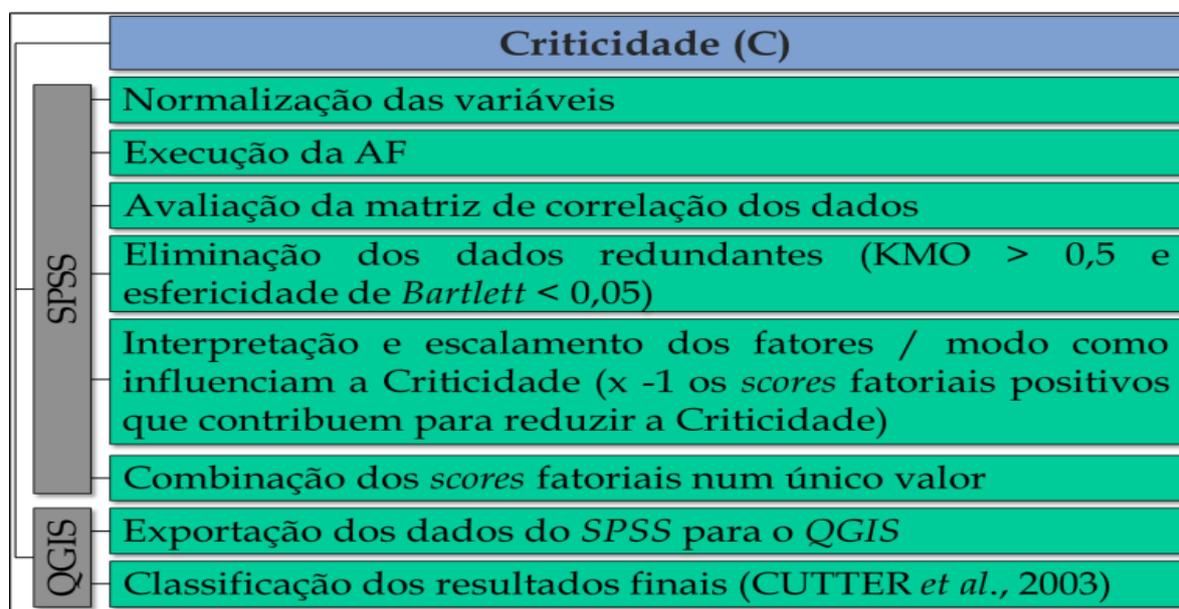
Foram elencadas variáveis demográficas, educacionais e de renda, como forma de construir a Criticidade da população, a partir dos duzentos e noventa e seis setores censitários (sendo cento e oitenta e seis setores rurais e cento e dez urbanos), inseridos no interior da Sub-bacia do rio Piracuruca. De posse dessas informações, procedeu-se a sua padronização, onde todos os valores de cada variável por setor censitário foram convertidos em valor percentual.

Na sequência, foi possível utilizar o *software SPSS Statistics*, versão 17, para aplicação de estatística multivariada Análise Fatorial (AF) e modelo de Análise das Componentes

Principais (ACP). Para Field (2009) e Rogerson (2012), a AF/ACP diz respeito a um método para reduzir a quantidade de dados, quando se trabalha com grande número de variáveis, fazendo-se a extração do máximo de informações possíveis e os fatores resultantes representem proporcionalmente a variabilidade do conjunto de dados. Destaca-se que para identificação das principais componentes de Criticidade (C) empregou-se, também, o método de rotação ortogonal *Varimax* com normalização *Kaiser*.

A validação do modelo AF/ACP constou da aplicação de 2 testes: o *Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)*, que varia de 0 a 1 e quanto mais próximo a 1 melhor o modelo; esfericidade de *Bartlett*, cuja significância deve ser igual ou menor a 0,05. Por sua vez, a diminuição do número de variáveis ocorreu tomando-se como base o valor de suas comunalidades e das suas correlações, eliminando-se aquelas cujas comunalidades sejam $<0,5$. A metodologia aplicada compreende 8 etapas (Figura 2), de acordo com a proposta sugerida por Cunha *et al.* (2011).

Figura 2 - Roteiro metodológico empregado para Análise Fatorial (AF)/Análise em Componentes Principais (ACP) da Criticidade (C) da Sub-bacia Hidrográfica do rio Piracuruca.



Fonte: Cunha *et al.* (2011). Adaptado pelos autores (2021).

Para obtenção da Criticidade aplicou-se a soma ponderada aos Fatores extraídos para a análise da Criticidade, considerando adaptações à metodologia de Cunha *et al.* (2011), onde se efetuou a soma do produto da comunalidade de cada variável por seu valor padronizado para cada setor censitário, a partir de um grupo de dezoito variáveis (Quadro 1).

Quadro 1 - Variáveis para análise da Criticidade (C) da Sub-bacia Hidrográfica do rio Piracuruca.

Criticidade (C)	
Código	Variável
C01	Densidade de domicílios particulares permanentes
C02	Densidade populacional
C03	Pessoas com 0 a 5 anos de idade
C04	Pessoas residentes - 65 ou mais de idade
C05	Pessoas responsáveis, do sexo feminino.
C06	Pessoas alfabetizadas com 5 ou mais anos de idade
C07	Pessoas responsáveis alfabetizadas
C08	Pessoas responsáveis, do sexo masculino.
C09	Pessoas responsáveis alfabetizadas, do sexo masculino.
C10	Homens responsáveis pelo domicílio particular
C11	Mulheres responsáveis pelo domicílio particular
C12	Pessoas residentes
C13	Total do rendimento nominal mensal dos domicílios particulares permanentes
C14	Total do rendimento nominal mensal dos domicílios particulares improvisados
C15	Pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de mais de 1/2 a 1 salário mínimo
C16	Pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de mais de 1 a 2 salários mínimos
C17	Pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de mais de 5 a 10 salários mínimos
C18	Pessoas responsáveis sem rendimento nominal mensal

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Reitera-se que a Criticidade para cada setor censitário da SBHRP foi calculada a partir do fator principal, onde se considerou sua influência positiva ou negativa nos resultados obtidos na análise, tomando-se como base a Equação 1:

$$C = (-F_1) + (-F_2) + F_3 + F_4 \quad \text{Eq. [1]}$$

Onde: F_n = Fatores de Criticidade resultantes da AF/ACP; $n = 1$ a 4.

Posteriormente, os valores de C para cada setor censitário da SBHRP foram exportados, no formato *excel* (*.csv), para a plataforma de trabalho no *QGIS*. Nesse SIG, pode-se executar procedimento para classificação, utilizando-se o método quebra naturais (*jenks*), para delimitação dos intervalos para as cinco classes de C (Tabela 1).

Tabela 1 - Intervalos, classes atribuídas e notas de Criticidade (C) para os setores censitários inseridos nos limites da Sub-bacia Hidrográfica do rio Piracuruca, para o ano de 2010.

Intervalos de C	Classes atribuídas	Notas
-28,05840740 a -11,93914040	Muito baixa	1
-11,93914040 a -4,44841431	Baixa	2
-4,44841431 a 0,69792666	Média	3
0,69792666 a 4,84258660	Alta	4
4,84258660 a 11,44525901	Muito alta	5

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da Criticidade da Sub-bacia do rio Piracuruca, considerou, inicialmente, dezoito variáveis. Contudo, após a primeira rodada de testes a variável C14 (Total do rendimento nominal mensal dos domicílios particulares improvisados) foi eliminada, pois seu coeficiente de comunalidade ficou abaixo de 0,5, especificamente 0,181. Quando executado novo procedimento o modelo exibiu comunalidades satisfatórias, pois todas as variáveis apresentaram valores acima de 0,5. Como forma de simplificar a interpretação dos fatores produzidos, procedeu-se à rotação ortogonal via método *Varimax*, onde cada variável foi associada ao fator que melhor se correlacionou, cujos resultados estão dispostos na Tabela 2.

A partir da Tabela 2, pode-se observar que todas as cargas fatoriais foram maiores que 0,50 para todas as variáveis (as cargas fatoriais relevantes são aquelas destacadas em negrito), com destaque para C02 (Densidade populacional) que exibiu a maior comunalidade, ou seja, 98,8% de sua variabilidade é explicada pelos fatores.

Cabe destacar que os quatro Fatores extraídos responderam por 86,209% da variância acumulada em relação às variáveis utilizadas para análise da Criticidade. O modelo em questão, com dezessete variáveis, foi validado pelo teste *KMO*, que apresentou valor de 0,813, e esfericidade de *Bartlett's*, cuja significância (Sig.) obteve valor 0,00, portanto menor que 0,05 (Tabela 3). Desse modo, o modelo foi considerado adequado, semelhante aos estudos de Mendes *et al.* (2011) e Bortoletto (2016), que obtiveram valores de *KMO* superiores a 0,7 e significância para o teste de esfericidade de *Bartlett's* menor que 0,05.

Tabela 2 - Cargas fatoriais após a rotação *Varimax* e comunalidades obtidas na análise fatorial das variáveis para a Criticidade (C) dos setores censitários da Sub-bacia Hidrográfica do rio Piracuruca.

Variáveis	Fatores				Comunalidades
	1	2	3	4	
C01	0,060	0,146	-0,029	0,980	0,986
C02	0,069	0,131	-0,029	0,982	0,988
C03	0,683	-0,025	0,252	-0,014	0,531
C04	0,046	0,035	0,785	-0,114	0,633
C05	0,414	0,367	0,692	0,202	0,826
C06	0,878	0,320	0,307	0,089	0,975
C07	0,751	0,519	0,284	0,218	0,962
C08	0,949	0,108	0,074	-0,062	0,922
C09	0,870	0,395	-0,010	0,133	0,931
C10	0,419	0,319	0,774	0,179	0,908
C11	0,866	0,296	0,274	0,073	0,917
C12	0,885	0,157	0,383	0,001	0,956
C13	0,511	0,813	0,122	0,139	0,957
C15	0,891	0,179	0,136	0,130	0,861
C16	0,543	0,686	0,080	0,202	0,814
C17	0,095	0,911	-0,023	0,104	0,851
C18	0,229	-0,278	0,704	-0,122	0,640
Autovalores	9,387	2,491	1,581	1,197	
% Variância Explicada	55,215	14,652	9,301	7,042	
% Variância acumulada	55,215	69,866	79,168	86,209	

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Tabela 3 - Testes *KMO* e *Bartlett's* empregados para análise da Criticidade (C) dos setores censitários da Sub-bacia Hidrográfica do rio Piracuruca.

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy	0,813
Approx. Chi-Square	10648,233
Bartlett's Test of Sphericity	Df
	136
	Sig.
	0,000

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Enfatiza-se que o modelo para Análise Fatorial/Análise de Componente Principal (AF/ACP) teve os fatores selecionados a partir dos critérios de Kaiser, cujos autovalores foram maiores ou iguais a 1, onde o percentual da variância explicada está representado na Tabela 4.

Nessa, observa-se que os quatro Fatores explicam 86,209% da variância acumulada, para os setores censitários situados na Sub-bacia do rio Piracuruca.

Tabela 4 - Variância total explicada por cada fator, conforme extração pelo método Análise Fatorial/Análise de Componente Principal (AF/ACP) da Criticidade (C).

Fatores	Autovalores Iniciais			Somadas de Rotação de Cargas Fatoriais		
	Total	% da Variância	% Variância Acumulada	Total	% da Variância	% Variância Acumulada
1	9,387	55,215	55,215	9,387	55,215	55,215
2	2,491	14,652	69,866	2,491	14,652	69,866
3	1,581	9,301	79,168	1,581	9,301	79,168
4	1,197	7,042	86,209	1,197	7,042	86,209

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Reitera-se que a variância acumulada rotacionada para Fator 1 foi de 55,215%, no Fator 2 de 69,866%, no Fator 3 de 79,168% e no quarto Fator de 86,209%. Logo, infere-se que os quatro Fatores extraídos são responsáveis por explicar 86,209% da variabilidade de todas as variáveis utilizadas para análise da Criticidade dos setores censitários da área em estudo. Dentre esses Fatores destaca-se o Fator 1, que responde por 55,215% da variância dos dados originais, ao passo que os outros 3 Fatores somam juntos 30,995% da variância.

Fator 1

As variáveis de maior correlação para o Fator 1, que integrou a análise de Criticidade, estão dispostas no Quadro 2. Pode-se observar que o Fator 1 está relacionado às variáveis que captam as condições de pessoas responsáveis alfabetizadas, gênero, residente, renda e estrutura etária, com destaque para a C08 (pessoas responsáveis, do sexo masculino), que apresentou valor de comunalidade de +0,949 e, como tal, maior influência no Fator em questão, ampliando o potencial de resposta quando da manifestação de desastres naturais. De modo geral, oito variáveis agrupadas no Fator 1 apresentaram correlação alta e positiva, ao passo que o sinal negativo do Fator relaciona-se à influência positiva que as variáveis exercem em relação à redução da Criticidade da Sub-bacia pesquisada.

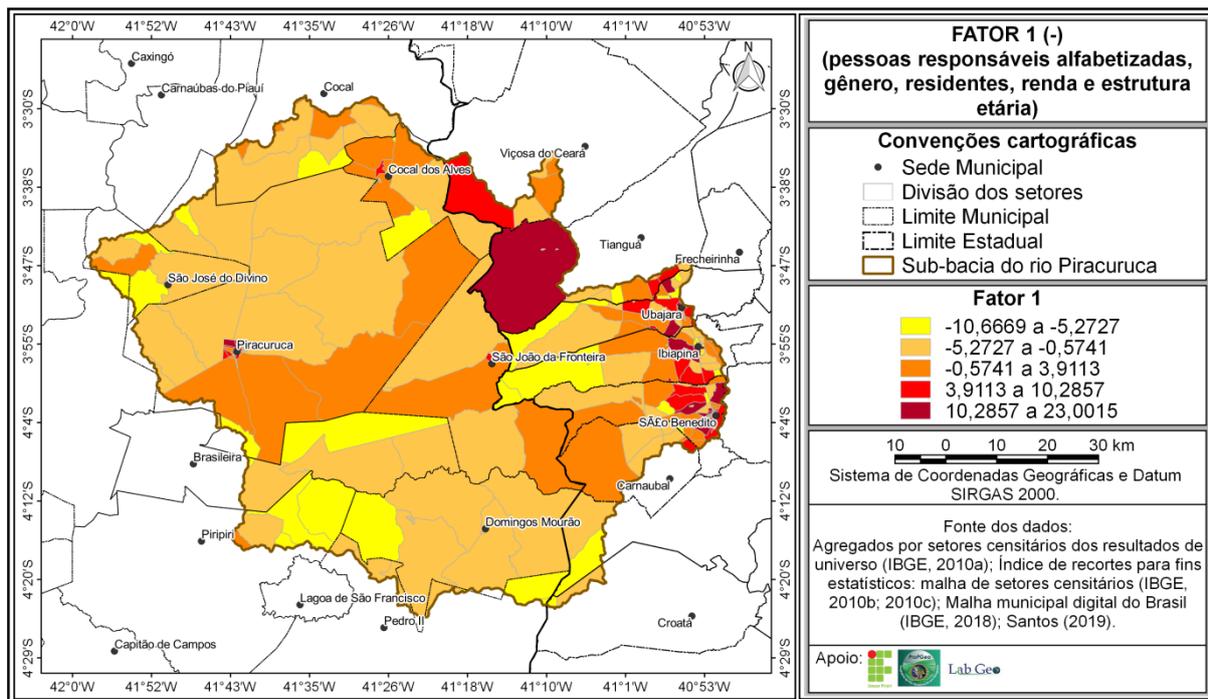
Quadro 2 - Síntese das variáveis de maior correlação do fator Criticidade (C), para a Sub-bacia Hidrográfica do rio Piracuruca ano 2010.

Fator (Sinal)	Variáveis de maior influência
1 (-) Pessoas responsáveis Alfabetizadas, Gênero, Residente, Renda e Estrutura Etária	C08 - Pessoas responsáveis, do sexo masculino (+0,949)
	C15 - Pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de mais de 1/2 a 1 salário mínimo (+0,891)
	C12 - Pessoas residentes (+0,885)
	C06 - Pessoas alfabetizadas com 5 ou mais anos de idade (+0,878)
	C09 - Pessoas responsáveis alfabetizadas, do sexo masculino (+0,870)
	C11 - Mulheres responsáveis pelo domicílio particular (+0,866)
	C07 - Pessoas responsáveis alfabetizadas (+0,751)
	C03 - Pessoas com 0 a 5 anos de idade (+0,683)

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Na Figura 3 estão espacializados os dados ligados as oito variáveis que integraram o Fator 1 (-). Nessa Figura, pode-se perceber a preponderância da classe -5,2727 a -0,5740, que se distribuiu por 104 (35,1%) setores censitários da Sub-bacia, distribuídas por toda a Sub-bacia. A essa classe seguiram-se as classes -0,5740 a 3,9113 e -10,6668 a -5,2727, que ocorreram em 80 (27,0%) e 50 (16,9%) setores, respectivamente, concentradas principalmente na parte central da Sub-bacia. Por sua vez, as classes 3,9113 a 10,2857 e 10,2857 a 23,0015 foram frequentes em 42 (14,2%) e 20 (6,8%) setores da Sub-bacia estudada, particularmente na sua parte cearense, referentes aos setores com maior potencial para resistir a desastres.

Figura 3 - Espacialização das variáveis ligadas ao Fator 1 por setor censitário da Sub-bacia Hidrográfica do rio Piracuruca, para o ano de 2010.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Fator 2

O Fator 2 abrange as variáveis que captam a renda nominal do domicílio mensal da população residente, onde se sobressaiu a variável C17 (pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de mais de 5 a 10 salários mínimos), que exibiu comunalidade de +0,911 (Quadro 3). As variáveis que formam esse Fator apresentaram correlação alta e positiva, ao passo que o sinal negativo diz respeito à interferência positiva na Criticidade, que possibilita ampliar o potencial da população para responder de forma satisfatória às secas e as inundações.

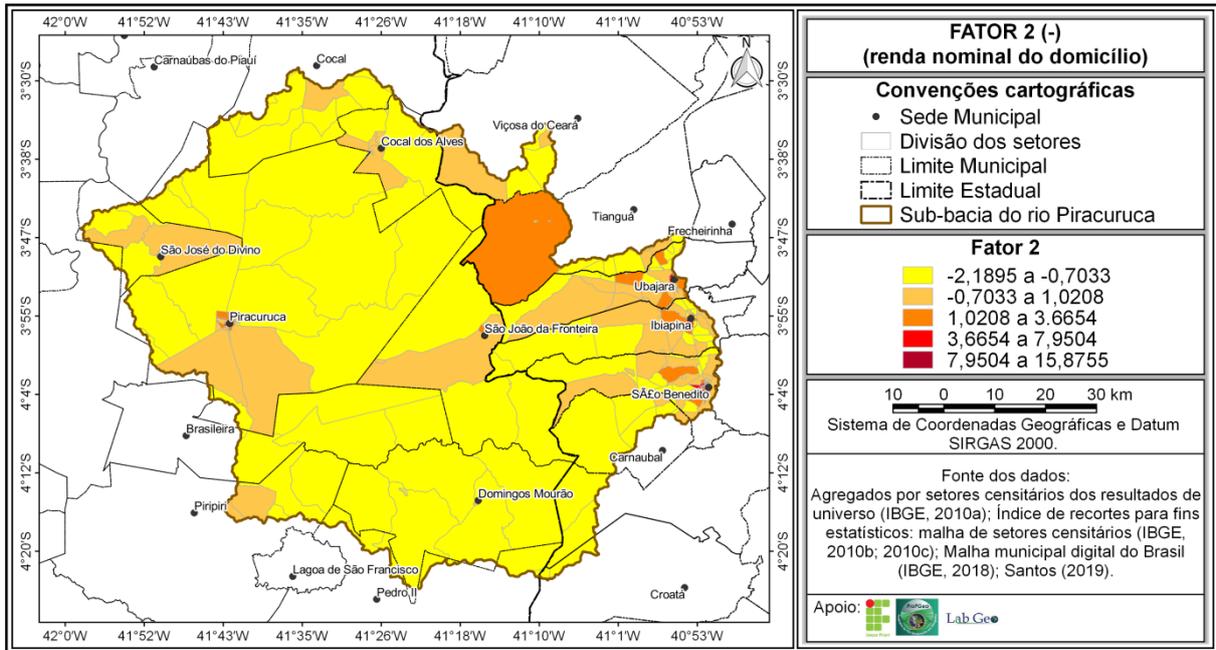
Quadro 3 - Síntese das variáveis de maior correlação do fator Criticidade (C), para a Sub-bacia Hidrográfica do rio Piracuruca ano 2010.

Fator (Sinal)	Variáveis de maior influência
2 (-) Renda Nominal do Domicílio	C17 - Pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de mais de 5 a 10 salários mínimos (+0,911)
	C13 - Total do rendimento nominal mensal dos domicílios particulares permanentes (+0,813)
	C16 - Pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de mais de 1 a 2 salários mínimos (+0,686)

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

A Figura 4 apresenta a espacialização dos dados das 3 variáveis que foram agrupadas no Fator 2 (-). Observa-se a predominância da classe -2,1895 a -0,7033, cuja frequência dá-se por 152 (51,4%) dos setores censitários da Sub-bacia, ocupando áreas em todos os municípios. A segunda classe mais expressiva foi a -0.70331980 a 1,02079924, que ocorreu por 84 (28,4%) dos setores, concentrada mais na parte cearense e centro-oeste da Sub-bacia. A terceira classe mais representativa foi a 1,0207 a 3,6653, identificada em 37 (12,5%) setores, ocorrendo principalmente na área cearense da Sub-bacia. As classes 3,6653 a 7,9504 e 7,9504 a 15,8754 somam juntas 23 (7,8%) setores e sua distribuição dá-se no lado cearense da Sub-bacia. Fato que demonstra que essa área é aquela que concentra os melhores níveis de renda e mais acentuado potencial responder de forma adequada às secas e as inundações.

Figura 4 - Espacialização das variáveis ligadas ao Fator 2 por setor censitário da Sub-bacia Hidrográfica do rio Piracuruca, para o ano de 2010.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Fator 3

No Fator 3 foram agrupadas as variáveis ligadas às pessoas responsáveis por gênero e estrutura etária, pessoas responsáveis masculinas e femininas e pessoas residentes sem rendimentos mensais, conforme se observa no Quadro 4. Nesse Fator destacou-se a variável C04 (pessoas residentes com 65 ou mais de idade), que demonstrou comunalidade de +0,785. As variáveis agrupadas no referido Fator apresentaram correlação alta e positiva, contudo contribuíram de forma negativa para a análise da Criticidade, ou seja, de forma a reduzir o potencial para responder aos desastres naturais, principalmente a variável ligada às pessoas residentes com 65 ou mais de idade.

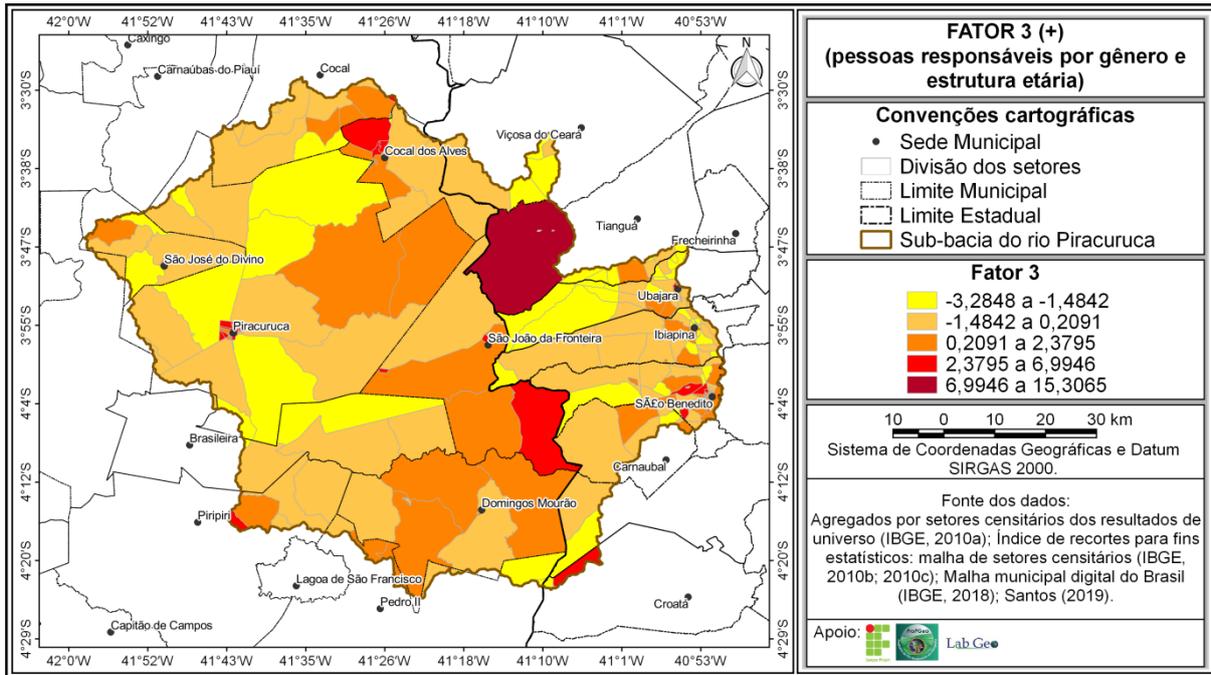
Quadro 4 - Síntese das variáveis de maior correlação do fator Criticidade (C), para a Sub-bacia Hidrográfica do rio Piracuruca ano 2010.

Fator (Sinal)	Variáveis de maior influência
3 (+) Pessoas responsáveis por Gênero e Estrutura Etária	C04 - Pessoas residentes com 65 ou mais de idade (+0,785)
	C10 - Homens responsáveis pelo domicílio particular (+0,774)
	C18 - Pessoas responsáveis sem rendimento nominal mensal (+0,704)
	C05 - Pessoas responsáveis, do sexo feminino (+0,692)

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Os dados, acima, que integraram o Fator 3 (+) foram espacializados e estão representados na Figura 5, onde se percebe o predomínio da classe -1.48417137 a 0.20907716, cuja distribuição ocorreu em 108 (36,5%) setores censitários e sua ocorrência estende-se por toda a Sub-bacia. Por sua vez, a classe -3.28484185 a -1.48417137 foi identificada por 79 (26,7%) setores da Sub-bacia e ocupa, principalmente, a parte central e o trecho cearense da Sub-bacia. A terceira classe mais representativa está ligada a 0.20907716 a 2.37954034 que foi frequente em 69 (23,3%) setores censitários e localiza-se, particularmente na parte central e cearense da Sub-bacia. Por sua vez, as classes 2.37954034 a 6.99457752 e 6.99457752 a 15.30648175 somam juntas 40 (13,5%) setores, dispersos pela parte cearense da Sub-bacia e trechos na parte norte e oeste, que apresentam as características com potencial para reagir adequadamente às secas e as inundações.

Figura 5 - Espacialização das variáveis ligadas ao Fator 3 por setor censitário da Sub-bacia Hidrográfica do rio Piracuruca, para o ano de 2010.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Fator 4

O Fator 4 congrega variáveis associadas à densidade populacional e aos domicílios particulares, onde se sobressai a variável C02 (densidade populacional), que apresentou comunalidade de +0,982 (Quadro 5). O referido Fator apresenta correlação positiva e muito alta, entretanto, contribui de forma negativa para a Criticidade da população, isto é, sua influência sugere redução do potencial para responder de forma adequada quando ocorrem secas ou inundações.

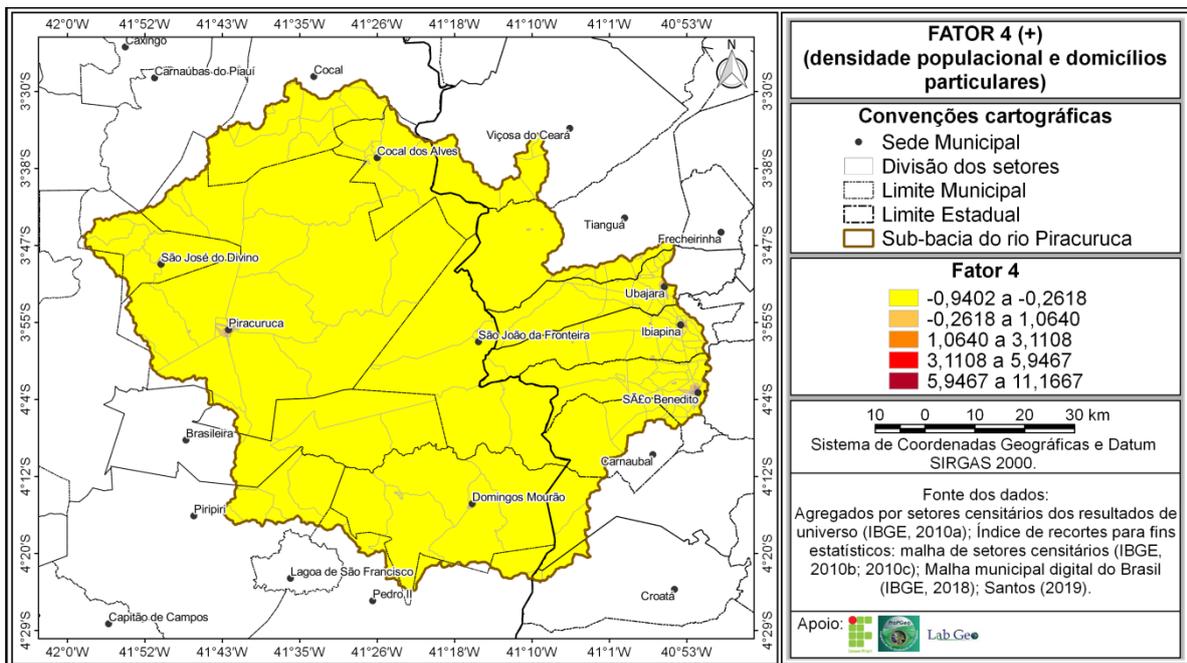
Quadro 5 - Síntese das variáveis de maior correlação do fator Criticidade (C), para a Sub-bacia Hidrográfica do rio Piracuruca ano 2010.

Fator (Sinal)	Variáveis de maior influência
4 (+) Densidade Populacional e Domicílios Particulares	C02 - Densidade populacional (+0,982)
	C01 - Densidade de domicílios particulares permanentes (+0,980)

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Na Figura 6 encontram-se espacializadas as variáveis que integraram o Fator 4 (+), onde se pode observar que prevalece a classe -0,9402 a -0,2617, cuja ocorrência deu-se por 208 (70,3%) setores censitários e estende-se por toda a Sub-bacia. A segunda classe mais representativa foi a -0,2617 a 1,0640, que agrupou 44 (14,9%) setores e sua localização dá-se no extremo leste e oeste da Sub-bacia. A classe 1,0640 a 3,1107 ocorreu por 26 (8,8%) setores censitários, particularmente no extremo leste da Sub-bacia. Por sua vez, as classes 3,1107 a 5,9467 e 5,9467 a 11,1666 somam juntas 18 (6,0%) setores e localizam-se nos municípios cearenses de Ibiapina, Ubajara e São Benedito, podendo-se esses serem considerados aqueles com maior potencial para reagir à ocorrência das secas e das inundações.

Figura 6 - Espacialização das variáveis ligadas ao Fator 4 por setor censitário da Sub-bacia Hidrográfica do rio Piracuruca, para o ano de 2010.



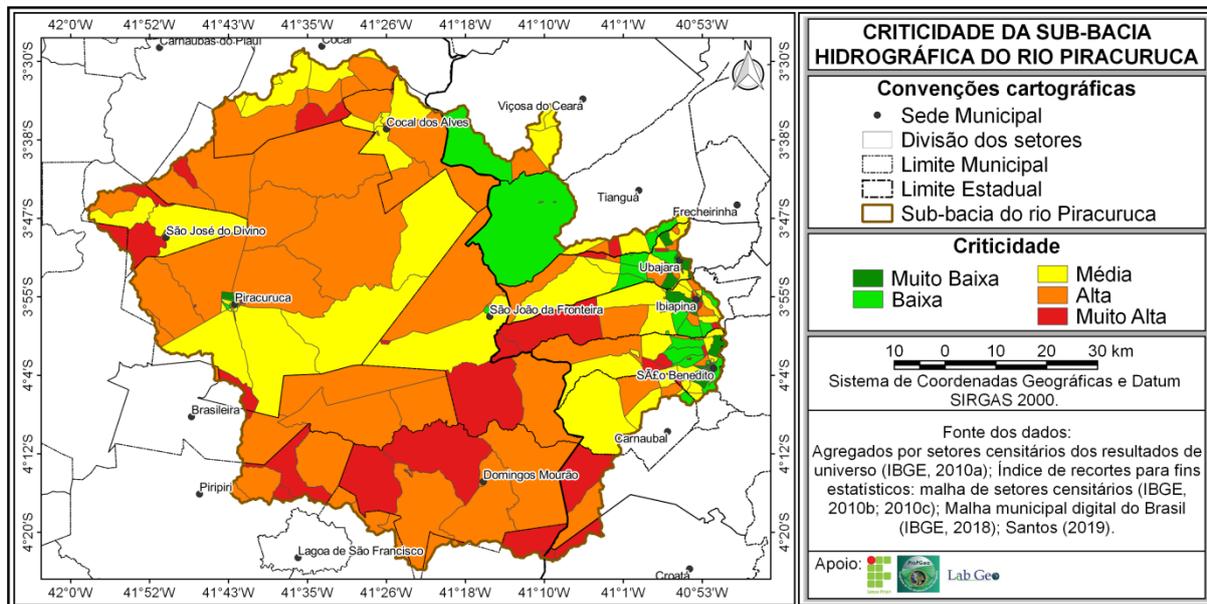
Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Criticidade (C)

A Figura 7 compreende a espacialização dos quatro Fatores extraídos e que foram integrados por meio da Criticidade. Dessa forma, pode-se observar-se a predominância de Criticidade alta, cuja ocorrência dá-se por 87 (29,4%) setores da Sub-bacia pesquisada, estando essa classe concentrada principalmente na parte piauiense da Sub-bacia. A segunda classe mais representativa foi de Criticidade média, que foi frequente por 83 (28,0%) setores e situa-se, particularmente, na parte setentrional da Sub-bacia. Por sua vez, a classe de Criticidade muito

alta distribuiu-se por 67 (22,6%) setores, notadamente, localizados no trecho sul e noroeste da Sub-bacia. Ao passo que as classes de Criticidade muito baixa e baixa totalizaram 59 (19,9%) setores da Sub-bacia estudada e concentram-se, principalmente no trecho cearense.

Figura 7 - Criticidade (C) dos setores censitários da Sub-bacia Hidrográfica do rio Piracuruca, para o ano de 2010.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Diante do exposto, é relevante salientar que as classes de Criticidade alta e muito alta, que respondem por 52% dos setores censitários da Sub-bacia estudada, dispersam-se principalmente pelos setores censitários rurais dos municípios piauienses, devido à presença do maior aporte de pessoas com faixa etária extrema, 0 a 5 anos e 65 anos ou mais. Essas pessoas demandam mais atenção e cuidado quando ocorrem secas e inundações. Outro ponto a ser considerado é a presença de mulheres responsáveis pela renda do domicílio e, ainda, a ocorrência de pessoas responsáveis sem rendimento ou com renda de até 1 salário mínimo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia empregada foi de suma importância para refinamento e agrupamento dos dados de variáveis distintas, particularmente no *SPSS*, e sua espacialização no *QGIS*, fato que permitiu melhor análise e entendimento das questões demográficas, educacionais e de renda que tem potencial para influenciar no potencial populacional para responder de forma ágil e adequada às secas e as inundações.

O estudo apontou que aqueles setores com alta e muito alta Criticidade da Sub-bacia do rio Piracuruca demandam investimentos governamentais para melhorar a qualidade de vida e das variáveis quantitativas, particularmente, no que concerne à renda *per capita* e abertura de novos postos de emprego e, também, estratégias para melhoria dos indicadores ligados à educação da população residente.

Reitera-se que a melhoria dos elementos, supracitados, terá impactos diretos na ampliação dos rendimentos e, conseqüentemente, acesso a moradia própria e ao planejamento familiar efetivo. Desse modo, poder-se-á aumentar o potencial da população para reagir adequadamente aos episódios de secas e de inundações, bem como contribuir de forma positiva para manutenção dos sistemas ambientais, respondendo de forma rápida quando ocorrer desastres naturais.

REFERÊNCIAS

BORTOLETTO, K.C. **Estudo das vulnerabilidades social e ambiental em áreas de riscos de desastres naturais no município de Caraguatatuba SP**. 2017. 217 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2017.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. Centro de Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres. **Anuário brasileiro de desastres naturais**: 2013. Brasília: CENAD, 2014.

CAZULA, L. P.; MIRANDOLA, P. H. Bacia Hidrográfica - conceitos e importância como unidade de planejamento: um exemplo aplicado na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado/SP - Brasil. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros**, Três Lagoas, n.12, Ano 7, nov. 2010.

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

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. **O processo de Bolonha e as reformas curriculares da geografia em Portugal**. Presented at the. Coimbra, Portugal, 2011.

FIELD, A. **Descobrendo a estatística usando SPSS**. Tradução: Lorí Viali. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 688p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Agregados por setores censitários dos resultados de universo**. Censo 2010a. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9662-censo-demografico-2010.html?edicao=10410&t=resultados>. Acesso em: 25 jun. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades**. 2018. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br>. Acesso em: 20 out. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Índice de recortes para fins estatísticos**: malha de setores censitários, censo 2010, base de faces de logradouros para o CE. Censo 2010b. Disponível em: ftp://geofp.ibge.gov.br/recortes_para_fins_estatisticos/malha_de_setores_censitarios/censo_2010/base_de_faces_de_logradouros/CE. Acesso em: 25 jun. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Índice de recortes para fins estatísticos**: malha de setores censitários, censo 2010, base de faces de logradouros para o PI. Censo 2010c. Disponível em: ftp://geofp.ibge.gov.br/recortes_para_fins_estatisticos/malha_de_setores_censitarios/censo_2010/base_de_faces_de_logradouros/PI. Acesso em: 25 jun. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Malha municipal digital do Brasil**: situação em 2018. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. Disponível em: http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm. Acesso em: 10 jun. 2019.

MASKREY, A. **Los desastres no son naturales**. [S.l.]: RED, 1993. 137p.

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

ROGERSON, P.A. **Métodos estatísticos para geografia**: um guia para o estudante. Tradução técnica: Paulo Fernando Braga Carvalho, José Irineu Rangel Rigotti. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012. 348p.

SANTOS, F.A. **Resiliência ambiental a secas e a inundações na Sub-bacia Hidrográfica do rio Piracuruca (CE-PI)**. 2019. 268p. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual do Ceará. Fortaleza, 2019.

SUERTEGARAY, D.M.A. Geografia física e geomorfologia: tema para debate. **Revista da ANPEGE**, Dourados, v.5, n.1, p.17-26, 2009.

TOMINAGA, L.K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Organizadores). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. 196p.