

## Aplicação da análise fatorial para determinação da vulnerabilidade socioeconômica e ambiental nos municípios do Estado da Paraíba

O objetivo deste trabalho foi analisar a vulnerabilidade socioeconômica e ambiental nos municípios do Estado da Paraíba, a partir de variáveis descritoras de quatro principais dimensões: Socioeconômica, Demográfica, Assistência à saúde e ambiental. A metodologia tomou por base a aplicação de estatística multivariada a partir da técnica de análise fatorial (AF). As variáveis selecionadas foram oriundas do Censo 2010 do IBGE e de dados ambientais médios e acumulados mensais de 1990 a 2010 obtidos junto ao INMET. A partir da AF foi possível determinar o Índice de Vulnerabilidade da Socioeconômica e Ambiental (IVSA) que permitiu compreender as relações existentes entre os fatores ajustados, sendo possível identificar cinco principais forças concorrentes que atuam sobre o processo de vulnerabilidade nos municípios do estado da Paraíba. As principais variáveis descritoras foram: temperatura média do ar (99,4%); máxima temperatura média (98,8%) e precipitação anual (98,8%) (dimensão Climática); IDHM da renda (96,2%) e renda per capita (96,1%) (dimensão Socioeconômica). Assim, a lógica da vulnerabilidade no estado da Paraíba foi definida por fatores que condicionam o ambiente e a capacidade de trabalho, sendo verificada, predominantemente, nas áreas com maiores quantitativos populacionais e que também apresentam maior valor econômico.

**Palavras-chave:** Análise multivariada; Nordeste do Brasil; Risco; Desigualdades socioambientais.

## Application of factor analysis to determine socioeconomic and environmental vulnerability in the municipalities of Paraíba State

The objective of this study was to analyze the socioeconomic and environmental vulnerability in the municipalities of Paraíba State, based on descriptive variables of four main dimensions: Socioeconomic, Demographic, Health Care and Environmental. The methodology was based on the application of multivariate statistics based on the factor analysis (FA) technique. The selected variables were derived from the IBGE 2010 Census and from monthly to cumulative environmental data from 1990 to 2010 obtained from INMET. From the AF it was possible to determine the Socioeconomic and Environmental Vulnerability Index (IVSA) that allowed understanding the relationships between the adjusted factors, and it was possible to identify five main competing forces that act on the vulnerability process in the municipalities of Paraíba state. The main descriptive variables were: mean air temperature (99.4%); maximum average temperature (98.8%) and annual precipitation (98.8%) (Climate dimension); MHI of income (96.2%) and per capita income (96.1%) (Socioeconomic dimension). Thus, the logic of vulnerability in the state of Paraíba was defined by factors that condition the environment and work capacity, being verified predominantly in areas with larger population quantities and also presenting higher economic value.

**Keywords:** Multivariate analysis; Northeast of Brazil; Risk; Social and environmental inequalities.

Topic: **Epidemiologia e Saúde Ambiental**

Received: **08/06/2019**

Approved: **10/07/2019**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Jullianna Vítório Vieira de Azevedo 

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/9978011179725606>  
<http://orcid.org/0000-0002-3721-7372>  
[julliannavitorio@hotmail.com](mailto:julliannavitorio@hotmail.com)

Patrício Marques de Souza 


Universidade Federal de Campina Grande, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/0395671025242338>  
<http://orcid.org/0000-0002-2064-3818>  
[patriciomsouza@ig.com.br](mailto:patriciomsouza@ig.com.br)

Carlos Antonio Costa dos Santos 

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/8478223179930197>  
<http://orcid.org/0000-0003-2414-2911>  
[carlostorm@gmail.com](mailto:carlostorm@gmail.com)

Madson Tavares Silva 

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/8829792848536805>  
<http://orcid.org/0000-0003-1823-2742>  
[madson.geotech@gmail.com](mailto:madson.geotech@gmail.com)

Débora Aparecida da Silva Santos 

Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/9193787723474678>  
<http://orcid.org/0000-0003-1862-7883>  
[deboraassantos@hotmail.com](mailto:deboraassantos@hotmail.com)



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2019.004.0008

### Referencing this:

AZEVEDO, J. V. V.; SOUZA, P. M.; SANTOS, C. A. C.; SILVA, M. T.; SANTOS, D. A. S.. Aplicação da análise fatorial para determinação da vulnerabilidade socioeconômica e ambiental nos municípios do Estado da Paraíba. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v.10, n.4, p.97-111, 2019. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2019.004.0008>

## **INTRODUÇÃO**

Mudanças ambientais têm ocorrido de maneira crescente e em diversos graus de intensidade sobre a qualidade de vida da população em escala planetária. Possíveis evidências vislumbram que esses desequilíbrios ambientais, possam ser cumulativos, irreversíveis e irreparáveis (OPAS, 2011). A Cúpula Mundial para o Desenvolvimento Sustentável, em Johannesburgo, 2002, influenciada pelos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM), ratificou a tendência de se consolidar o modelo de desenvolvimento sustentável na sociedade atual. Além do mais, é fundamental, que no mundo globalizados em que vivemos, vincular as questões ambientais ao desenvolvimento social e econômico (ONU, 2002; DREXHAGE et al., 2010; PNUD, 2015).

Portanto, é ideal que o desenvolvimento seja sustentável. Porém, sempre que se faz uma reflexão sobre sustentabilidade, necessariamente, deve-se levar em conta a necessidade de determinar as vulnerabilidades existentes (OPAS, 2011). De modo geral a vulnerabilidade de um sistema está associada diretamente à sua capacidade de resistência a ações externas, tendo como conceitos determinantes a compreensão da condição de um sistema ou a sua predisposição para ser danificado por perigos. Ainda sim vários autores (ADGER, 2006; LANGE, 2010; SONWA et al., 2012) relatam que a vulnerabilidade é uma função da exposição a um estressor, o que remete a uma capacidade de resposta a um determinado evento externo.

De acordo com Brooks et al. (2005) a vulnerabilidade torna-se um contínuo estado latente diante da eminência de um confronto a ser enfrentado. Além disso, a vulnerabilidade é específica do contexto e varia muito entre as percepções e dimensões a serem consideradas (JABAREEN, 2013). Desta forma, sua conceituação não está associada a um conceito direto, tão pouco existe consenso em relação ao seu significado preciso (KHAN, 2012).

E assim, a conceituação e avaliação da vulnerabilidade torna-se um passo crítico na mitigação de desastres e adaptação às mudanças ambientais (TATE et al., 2011; KHAN, 2012). Menoni et al. (2012) relata que grande parte das contribuições para tal definição surge de conceitos multidisciplinares com definições que se tornam concorrentes, no entanto, a avaliação da vulnerabilidade envolve diversos desafios práticos, inclusive disposição, complexidade do problema, má compreensão das questões e a importância dos resultados (PATT et al., 2009).

Avaliações da vulnerabilidade de populações são mecanismos pelos quais as organizações podem mensurar os impactos atuais e projetar sobre cenários futuros. Especificamente, as avaliações das mudanças ambientais e da vulnerabilidade à indicadores que caracterizam o desenvolvimento social e econômico apoiando assim a compreensão e identificação dos impactos sobre a população (LUERS, 2003). Tais avaliações podem melhorar a capacidade adaptativa através da identificação e da informação sobre decisões e medidas mitigadoras e adaptativas para populações mais vulneráveis (KLEINOSKY, 2003).

Sobre essa perspectiva as pesquisas de vulnerabilidade humana-ambiental dizem respeito a processos ambientais globais de grande e pequena escala, e especialmente aos impactos locais do clima sobre populações negligenciadas (KASPERSON et al., 2005). Dentre os elementos mais sensíveis das

populações destaca-se a saúde, principalmente no tocante de doenças transmitidas por vetores que existem em todo o mundo.

Dentro deste contexto, a identificação da gênese descritiva dos processos torna a leitura de tais vulnerabilidades mais clara sendo possível produzir efeitos sobre as propostas e de desenhos das políticas públicas visando o bem-estar dos cidadãos e uma das formas que melhor sintetizam a realidade de uma região ou local é o índice que pode mensurar o nível ou risco de exposição. Tais índices sintéticos são oriundos da compilação de dimensões compostas por indicadores de natureza socioeconômicas, ambientais e da saúde. A síntese descrita por índices representa elementos importantes para construção do processo de tomadas de decisão do poder público (VIANNA et al., 2008).

O Índice de Vulnerabilidade da Socioeconômica e Ambiental (IVSA) aqui apresentado tem a pretensão de sinalizar o acesso, a ausência ou a insuficiência de alguns 'ativos' em áreas do território do estado da Paraíba, os quais deveriam, a princípio, estar à disposição de todo cidadão, por força da ação do Estado. Os cinco subíndices que o compõem o IVSA estão divididos da seguinte forma: Infraestrutura Urbana; Educação; Renda e Trabalho; Demografia e cobertura assistencial; e Clima que representam cinco grandes conjuntos de ativos, cuja posse ou privação determina as condições de bem-estar das populações nas sociedades contemporâneas. Para identificar as principais dimensões que agem sobre a dinâmica da vulnerabilidade socioeconômica e ambiental nos municípios do estado do Paraíba, utilizou-se o método estatístico multivariado de análise fatorial (AF).

## METODOLOGIA

### Área de estudo

O Estado da Paraíba está localizado na porção oriental da Região Nordeste do Brasil, entre os meridianos de 34° 54' 54" e 38° 45' 45" de longitude a oeste de Greenwich e os paralelos de 6° 02' 12" e 8° 19' 18" de latitude sul e sua área é de 56.439km<sup>2</sup>. Geograficamente subdividido em quatro grandes regiões, baseado principalmente no tipo de vegetação e precipitação: Zona da Mata floresta, Agreste, Borborema e Sertão (figura 1).

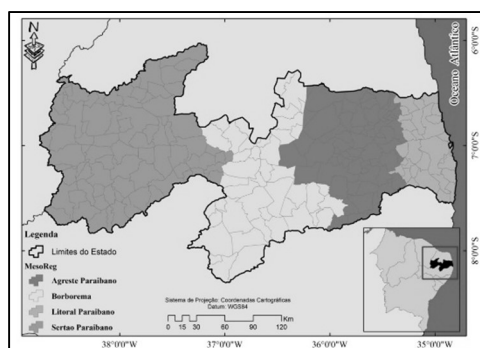


Figura 1: Localização da área de estudo.

A Zona da Mata e o Agreste têm regimes relativamente mais elevados de chuvas. Borborema e Sertão (a região semiárida) são tipicamente dentro do bioma Caatinga, que engloba uma área de 900.000km<sup>2</sup> (11% do território brasileiro), e é o único grande bioma que ocorre exclusivamente no Brasil. A Caatinga é

caracterizada por uma vegetação de arbustos xerófilos e florestas de espinhos, que consiste principalmente de pequenas, árvores espinhosas que perdem suas folhas sazonalmente. Cactos, plantas de tronco grosso, escova espinhosa e gramíneas adaptadas ao árido compõem a camada do solo. No entanto, durante os períodos de seca não há vegetação (ANDRADE-LIMA, 1981).

O clima é caracterizado por ser quente e semiárido, com temperaturas médias 27°C, e a precipitação média anual são tipicamente inferiores aos 500mm. Tem duas estações bem definidas: uma estação chuvosa de fevereiro a maio, e um longo período de seca para algumas regiões que se estende de junho a janeiro. No entanto, ocorrências de secas que por vezes duram mais de um ano é também uma característica da região (BATISTA et al., 2007).

## Banco de dados

Os dados populacionais utilizados para o cálculo dos indicadores foram obtidos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), com base em dados oriundos do Censo Demográfico de 2010. Também foram utilizadas outras fontes de dados para coleta de dados socioeconômicos e de assistência à saúde, como Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Programa de Desenvolvimento das Nações Unidas (PNUD), Ministério de Desenvolvimento Social e Combate à Fome (MDS) e bases de dados do DATASUS.

## Dados ambientais

Foram utilizadas séries de dados médios e acumulados mensais no período de janeiro de 1990 a dezembro de 2010 das variáveis precipitação pluvial, temperatura do ar, umidade relativa e velocidade do vento, junto ao BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa do INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. As variáveis selecionadas para compor o presente estudo foram divididas em quatro dimensões e estão agregados em nível municipal (tabela 1).

**Tabela 1:** Variáveis explicativas incluídas no estudo.

Categoria	Variável	Descrição
Socioeconômico	%25+ESC	% de 25 anos ou mais com superior completo
	%CVPb	% Crianças de vulneráveis à pobreza
	%ExPb	% Extremamente pobres
	%Pb	% de pobres
	%VPb	% de vulneráveis à pobreza
	R10R	Renda per capita mínima do décimo mais rico
	RPC	Renda per capita
	TAnf18+	Taxa de analfabetismo - 18 anos ou mais
	IDHME	IDHM Educação
	IDHMR	IDHM Renda
	NPBF	Programa Bolsa Família (PBF) - número de benefícios
	Gini	Índice de Gini
	Theil	Índice de Theil - L
Demográfico	ACA	Área colhida - cana-de-açúcar
	MI	Migração
	DM2+	Densidade de moradores por cômodo (Mais de 2)
	PpR	População rural
	PpT	População Total
	PpU	População Urbana
	%CRAAS	Cobertura de redes de abastecimento de água
%CRESI	Cobertura de esgotamento sanitário	
Assist. à saúde	NESF	Número de Equipes da Saúde da Família
Ambiental	Pcp	Precipitação pluvial anual
	Pcpm	Precipitação pluvial mínima mensal

Pcp	Precipitação pluvial máxima mensal
Tm	Temperatura média
Tmi	Temperatura mínima média
Tmim	Temperatura mínima mínima
Tmix	Temperatura mínima máxima
Tmm	Temperatura média mínima
Tmx	Temperatura média máxima
Tx	Temperatura máxima média
Txm	Temperatura máxima mínima
Txx	Temperatura máxima máxima
Vpm	Umidade relativa média
Vpmn	Umidade relativa mínima
Vpx	Umidade relativa máxima
W	Velocidade do vento média
Wm	Velocidade do vento mínima
Wx	Velocidade do vento máxima

## Análise Fatorial

A análise Fatorial (AF) foi utilizada para identificar as relações existentes entre o conjunto de variáveis observáveis, definidas como dependentes, e uma variável latente ou fator (CORRAR et al., 2007, HAIR et al., 2009). Tal técnica possibilitou identificar as dimensões isoladas da estrutura dos dados para então determinar o grau em que cada variável é explicada por cada dimensão ou fator (MANLY, 2008). A composição do modelo de análise fatorial foi estimada a partir de  $X_i = a_i F + \varepsilon_i$ , em que  $X$ :  $(X_1, X_2, \dots, X_m)$  é um vetor transposto  $p$  dimensional de variáveis aleatórias observáveis;  $F = (F_1, F_2, \dots, F_m)$  é um vetor transposto  $r$  dimensional com  $(r < m)$  de variáveis não observáveis ou fatores (ou variáveis latentes);  $\varepsilon_i = (\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n)$  é um vetor transposto  $p$  dimensional de erros aleatórios ou fatores únicos; e  $a_i =$  é a matriz  $(p, q)$  de constantes desconhecidas, chamadas de cargas fatoriais.

O grau das correlações simples com as correlações parciais foi estimado utilizando-se a estatística proposta pelo teste Kaiser Meyer Oklin (KMO) de acordo com  $KMO = \frac{\sum_{i \neq j} r_{ij}^2}{\sum_{i \neq j} r_{ij}^2 + \sum_{i \neq j} a_{ij}^2}$ , em que:  $r_{ij}^2 =$  para todo  $i \neq j$  é o coeficiente de correlação original entre variáveis;  $a_{ij}^2$  é o quadrado dos elementos fora da diagonal da matriz anti-imagem da correlação e este corresponde ao coeficiente de correlação parcial.

Com intuito de redistribuir a variância dos primeiros fatores para os demais e atingir um padrão fatorial mais simples e teoricamente mais significativa foi utilizado a técnica de rotação dos fatores a partir do método 'Varimax' (HAIR et al., 2009). Assim, foi necessário testar se a matriz de correlações é uma matriz identidade e avaliar a possível adequação da análise fatorial.

Logo, utilizou-se o teste de esfericidade de Bartlett a partir de  $X^2 = - \left[ n - 1 - \frac{1}{6} (2p + 5) \right] \sum_{i=1}^p \ln \lambda_i$ , em que:  $\lambda_i$  representa a variância explicada por cada fator; 'n' é o número de observações; e 'p', o número de variáveis envolvidas no processo. A comunalidade foi utilizada como critério para validação das variáveis no ajuste do modelo fatorial e foi determinada pela estimativa da variância de  $X_i$  explicada através dos fatores comuns e foi determinada seguindo  $h_i^2 = \alpha_{i1}^2 + \alpha_{i2}^2 + \dots + \alpha_{im}^2$ .

De acordo com o número de observações que fazem parte do conjunto de dados analisados torna-se necessário a delimitação ou a seleção das dimensões que possam descrever com maior grau a variabilidade presente na análise. No presente estudo foi utilizada a técnica de raiz latente como método restritivo para limitar a quantidade de fatores. Tal técnica parte do princípio que autovalores considerados insignificantes

devem ser descartados da análise, como critério de exclusão toma-se valores inferiores a 1, e, portanto os autovalores selecionados podem explicar assim a variância de pelo menos uma variável para que seja mantida para interpretação (HAIR et al., 2009).

### Índice de Vulnerabilidade Socioeconômico e Ambiental (IVSA)

O IVSA foi definido como uma combinação linear dos escores fatoriais e a proporção da variância explicada por cada fator em relação à variância dos fatores comuns que descrevem as principais características ambientais e socioeconômicas da área de estudo a partir da próxima equação. Para melhor detalhamento da metodologia, propõe-se consultar Bryman et al. (2001). Tem-se  $F_{ij} = b_1x_{i1} + b_2x_{i2} + \dots + b_px_{ip}$ , em que:  $F_{ij}$  é a variável dependente não observável, mas que pode ser estimada por intermédio da técnica de análise fatorial fazendo uso da matriz do vetor X de variáveis observáveis.

A matriz  $F_{ij}$  de regressão a ser estimada a partir dos n escores fatoriais pode ser prejudicada devido à magnitude e/ou devido às unidades de medida das variáveis dependentes x. Neste caso, torna-se necessário substituir a matriz original  $x_{is}$  pela matriz de variáveis padronizadas  $W_{ij}$  e estimados seguindo a  $W_{ij} = \frac{(x_i - \bar{x})}{s}$ , em que:  $x_i$  é o valor observado;  $\bar{x}$  é o valor médio; e s é o desvio padrão das observações. Assim, a estimativa do IVSA foi obtida de acordo com  $IVSA = \sum_{j=1}^q \left( \frac{\lambda_j}{\sum_j \lambda_j} \times FP_{ij} \right)$ ,  $0 \leq IVSA \leq 1$ , em que:  $\lambda_j$  representa a variância explicada por cada fator;  $\sum_j \lambda_j$  é a soma total da variância explicada pelo conjunto de fatores comuns e  $FP_{ij}$  é o escore padronizado para se obter os valores positivos dos escores originais essenciais para hierarquizar os municípios.

O cálculo dos escores padronizados foi feito a partir da próxima primeira equação, quando a relação é positiva, e a próxima segunda equação, quando a relação é negativa, segundo Carvalho et al. (2007). Têm-se  $FP_{ij} = \left( \frac{F_i - F_{min}}{F_{max} - F_{min}} \right)$  e  $FP_{ij} = \left( \frac{F_{max} - F_i}{F_{max} - F_{min}} \right)$ , em que:  $F_{min}$  representa os valores mínimos observados para os escores fatoriais associados a vulnerabilidade socioeconômico e ambiental nos municípios do estado do Paraíba; e  $F_{max}$  representa os valores máximos observados para os escores fatoriais associados a vulnerabilidade socioeconômico e ambiental do estado do Paraíba.

A escala hierárquica de classificação dos municípios corresponde aos quantis estatísticos determinados pela frequência das observações:  $IVSA \geq 0,6723$  = Baixa vulnerabilidade;  $0,6221 \leq IVSA \leq 0,6723$  = Média vulnerabilidade;  $0,5385 \leq IVSA \leq 0,6221$  = Vulnerabilidade moderada;  $0,4596 \leq IVSA \leq 0,5385$  = Alta vulnerabilidade;  $0 \leq IVSA \leq 0,4596$  = Vulnerabilidade extrema.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados obtidos e apresentados na tabela 2 foi possível avaliar a partir do teste de Kaiser Meyer Olkin - KMO os padrões existentes entre as correlações entre os indicadores utilizados, assim como para a constatação de relação entre os dados socioeconômicos e ambientais no estado da Paraíba. A estatística do teste indicou um valor na ordem de 0,8776, destacando a existência de correlações parciais

entre pares de variáveis, e assim de acordo com (HAIR et al., 2009) pode-se tomar a decisão de rejeitar a hipótese de a matriz de correlação ser uma matriz identidade, e torna-se possível à aplicação da análise fatorial (AF) ao conjunto de observações. O teste de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) apresenta variação entre 0 e 1, quanto mais próximo de 1 maior a capacidade de extração da variável.

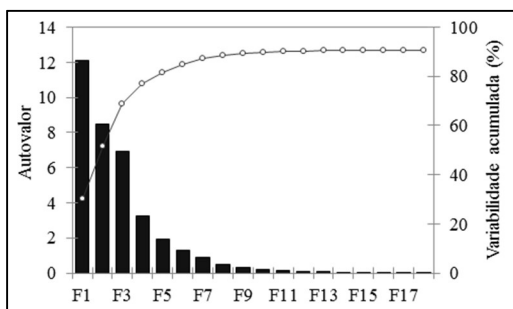
Tomados como referência as pesquisas de Palant (2007) e Friel (2009), os quais sugerem valores acima de 0,6 como limites razoáveis para extrações iniciais, todavia intervalos superiores a 0,85 são considerados excelentes. Já Hair et al. (2006) sugere 0,50 como patamar aceitável. Após a verificação da adequação da base de dados, e tomados os indicadores que são passíveis da aplicação da AF, foi possível extrair os fatores (fatores principais) que irão compor a capacidade de explicação da variância total do conjunto de dados.

A principal característica da técnica é de verificar, o máximo possível, a variância dos parâmetros observados a partir de combinações lineares das variáveis. Segundo Dancey et al. (2004), a AF se destaca por utilizar apenas a variância compartilhada, ou seja, não utiliza em sua totalidade. Tabachnick et al. (2000) destaca que os resultados obtidos a partir da AF apresentam menos contaminação por conta da variabilidade de erro. A quantidade de fatores tomados vai resultar na melhor representação do padrão de correlação entre as variáveis observadas. Todavia um grande número de fatores aumenta a quantidade total de variância explicada pelos fatores.

**Tabela 2:** Estatística do teste Kaiser Meyer Olkin (KMO) para adequação da amostra.

Indicadores	KMO	Indicadores	KMO	Indicadores	KMO	Indicadores	KMO
%CRAAS	0,880	IDHME	0,893	Pcp	0,787	Tmix	0,885
%CRESI	0,852	IDHMR	0,866	Pcpm	0,853	Tm	0,902
%CVPb	0,949	PpT	0,849	Pcpx	0,821	Tmm	0,891
%ExPb	0,900	PpR	0,794	W	0,772	Tmx	0,910
%Pb	0,930	PpU	0,852	Wm	0,801	Vpm	0,790
%VPb	0,924	MI	0,918	Wx	0,828	Vpmn	0,780
Theil	0,627	DM2+	0,954	Tx	0,914	Vpx	0,898
Gini	0,657	TAnf18+	0,940	Txm	0,930		
NPBF	0,889	%25+ESC	0,870	Txx	0,926		
NESF	0,944	R10R	0,959	Tmi	0,883		
ACA	0,878	RPC	0,866	Tmim	0,893		

A partir da figura 2, verifica-se a distribuição do Scree plot que descreve a dispersão do número de fatores em função da curva da variância individual de cada fator, buscando-se, assim, identificar o momento de linearidade da curva (torna-se horizontal ou sofre uma queda abrupta). De acordo com Catell (1978), tal comportamento indica que muita variância foi perdida e, por isso, deve-se parar de extrair fatores.



**Figura 2:** Scree plot: Curva da variância individual de cada fator.

Ainda como critério de escolha do número de fatores para descrição do conjunto de observações, utilizou-se a soma da variância acumulada para determinar a quantidade de fatores que devem ser extraídos. HAIR et al. (2006) sugere o patamar de 60% como sendo aceitável. Todavia, o critério de Kaiser ou regra do autovalor sugere que devem ser extraídos apenas os fatores com autovalores acima de um. Isso porque se o fator apresenta baixo autovalor, ele está contribuindo pouco para explicar a variância nos parâmetros originais. A partir dos resultados do teste baseado na soma quadrática das variações das contribuições, também definido de raiz latente, identificaram-se inicialmente apenas seis fatores de influenciam na variável vulnerabilidade socioeconômica e ambiental.

Estes fatores definem a combinação linear entre as variáveis socioeconômicas e ambientais, as quais apresentam capacidade de explicar 85% da variabilidade total existente entre estas variáveis dependentes sobre a composição e vulnerabilidade do espaço (tabela 3). Cada fator representa um conjunto de variáveis que caracteriza a vulnerabilidade dos municípios do estado da Paraíba de acordo com os indicadores que foram propostos no presente estudo.

**Tabela 3.** Variância total explicada pelos fatores na definição das dimensões.

Fatores	Condições iniciais			Componentes rotacionados	
	Autovalores	Variabilidade (%)	% Variância acumulada	Variabilidade (%)	% Variância acumulada
F1	12,09	30,21	30,21	28,5	28,5
F2	8,48	21,19	51,41	21,4	49,9
F3	6,94	17,36	68,76	15,9	65,8
F4	3,24	8,1	76,87	9,5	75,4
F5	1,91	4,77	81,64	6,3	81,6
F6	1,32	3,29	84,93	-	-

Os autovalores obtidos na AF foram submetidos à rotação VARIMAX com o objetivo de detectar quais variáveis representam melhor os fatores e, com isso, facilitar a interpretação dos resultados. Os dois primeiros fatores explicam cerca de 50% da variância total, ou seja, 28,5% e 21,4%, respectivamente. O método de rotação se refere ao método matemático que rotaciona os eixos no espaço geométrico. Isso torna mais fácil determinar quais variáveis são carregadas em quais componentes, ou seja, o principal objetivo da rotação dos fatores é tornar o resultado empírico encontrado mais facilmente interpretável, conservando as suas propriedades estatísticas.

Como o presente estudo caracteriza-se por uma análise fatorial confirmatória, além dos critérios estatísticos torna-se importante destacar que os indicadores escolhidos representam níveis de desenvolvimento, escolaridade, renda e variáveis meteorológicas que condicionam o clima, principalmente as condições hídricas, térmicas e de ventilação de cada localidade do estado da Paraíba. E assim a capacidade de explicação ou de retenção dos indicadores pelos fatores que estão associados diretamente ao valor da comunalidade, tais valores são significativos quando  $h^2 > 0,6$ , calculados após ajuste da rotação Ortogonal VARIMAX, explicando a intensidade da variabilidade total de cada variável ou conjunto de fatores.

Os métodos para a formação de índices são diversos, todavia com a utilização da AF foi possível verificar que todas as variáveis são significativamente importantes para compor os fatores, e explicar as interrelações existentes e a estrutura de covariância proveniente da correlação de cada variável e seu



respectivo fator (tabela 4). Todas as variáveis possuem forte relação com os fatores retidos, pois apresentaram elevadas comunalidades.

Neste contexto, destacam-se as principais variáveis com maior capacidade de explicar cada um dos cinco fatores: Climático = Temperatura média do ar (99,4%); Máxima temperatura média (98,8%) e Precipitação anual (98,8%); Socioeconômico = IDHM da renda (96,2%) e Renda per capita (96,1%); Demográfico = População total (100%) e Número de beneficiados com bolsa família (99,1%); Ventilação = Umidade mínima (96,6%) e Intensidade do vento (91,%); Desenvolvimento = Índice de Theil (97,9%) e Índice de Gini (94,0%) mostrando que boa parte das variâncias dessas variáveis foi explicada pelos respectivos fatores de agregação, podendo, assim, caracterizar a dinâmica da vulnerabilidade no estado da Paraíba.

A rotação ortogonal produziu cargas fatoriais após a rotação da matriz de dados, que permitiu associações das variáveis a um determinado fator (tabela 4). O método estimou os valores das cargas fatoriais de cada variável "input" a um determinado fator, e, a partir de então, deu-se a escolha das variáveis que compõem cada uma das cinco dimensões.

**Tabela 4:** Matriz de componentes após cargas rotacionadas pelo método VARIMAX.

Indicadores	Climático	Socioeconômico	Demográfico	Ventilação	Desenvolvimento	Comunalidade final (h <sup>2</sup> )
%25+ESC	0,057	<b>0,771</b>	0,074	0,117	0,206	0,674
%CRAAS	0,368	<b>0,657</b>	0,138	0,196	0,116	0,653
%CRESI	-0,433	<b>-0,526</b>	0,033	0,154	-0,276	0,616
%CVPb	-0,038	<b>-0,896</b>	-0,097	0,092	0,074	0,829
%ExPb	-0,148	<b>-0,818</b>	-0,067	-0,036	0,352	0,849
%Pb	-0,149	<b>-0,891</b>	-0,019	0,117	0,260	0,92
%VPb	-0,039	<b>-0,918</b>	-0,089	0,190	0,131	0,919
ACA	0,364	-0,172	0,258	<b>0,415</b>	0,355	0,607
DM2+	0,201	-0,030	<b>0,798</b>	0,124	0,123	0,727
Gini	-0,091	-0,022	0,373	0,000	<b>0,724</b>	0,94
IDHME	-0,006	<b>0,784</b>	-0,112	0,016	0,100	0,666
IDHMR	0,064	<b>0,920</b>	0,196	-0,111	0,031	0,962
MI	-0,064	0,294	<b>0,783</b>	0,063	0,136	0,739
NESF	0,027	0,179	<b>0,954</b>	0,127	0,067	0,974
NPBF	0,013	0,129	<b>0,971</b>	0,067	0,117	0,991
Pcp	<b>0,528</b>	-0,189	0,268	0,435	0,442	0,988
Pcpm	0,089	-0,265	0,437	<b>0,582</b>	0,174	0,78
Pcpx	<b>0,631</b>	0,078	-0,026	-0,045	0,537	0,84
PpR	-0,105	-0,151	<b>0,819</b>	-0,051	0,015	0,719
PpT	0,011	0,159	<b>0,967</b>	0,115	0,097	1,000
PpU	0,034	0,326	<b>0,834</b>	0,142	0,137	0,849
R10R	-0,018	<b>0,833</b>	0,218	-0,087	0,045	0,791
RPC	0,064	<b>0,920</b>	0,198	-0,112	0,029	0,961
TAnf18+	0,168	<b>-0,761</b>	0,088	-0,091	0,037	0,742
Theil	-0,092	-0,044	0,316	-0,060	<b>0,771</b>	0,979
Tm	<b>0,978</b>	0,104	-0,010	-0,124	0,004	0,994
Tmi	<b>0,963</b>	0,121	-0,013	-0,009	-0,060	0,978
Tmim	<b>0,967</b>	0,114	-0,008	-0,008	-0,040	0,974
Tmix	<b>0,916</b>	0,079	0,003	-0,021	-0,109	0,903
Tmm	<b>0,972</b>	0,096	-0,015	-0,108	-0,014	0,981
Tmx	<b>0,972</b>	0,090	-0,008	-0,174	0,034	0,988
Tx	<b>0,956</b>	0,057	-0,009	-0,179	0,062	0,959
Txm	<b>0,960</b>	0,056	0,028	-0,088	0,046	0,943
Txx	<b>0,921</b>	0,059	-0,062	-0,279	0,085	0,943
Vpm	<b>0,659</b>	-0,117	0,239	0,543	-0,304	0,982
Vpmn	0,522	-0,128	0,251	<b>0,604</b>	-0,379	0,966
Vpx	<b>0,820</b>	-0,103	0,237	0,423	-0,152	0,986
W	-0,423	0,006	0,022	<b>0,829</b>	-0,051	0,91
Wm	-0,363	-0,036	0,116	<b>0,788</b>	0,077	0,792
Wx	-0,437	0,104	0,002	<b>0,734</b>	-0,107	0,833

## **Dimensões da vulnerabilidade socioeconômica e ambiental no estado do Paraíba**

### **Dimensão Climática**

Esta dimensão foi contemplada com o maior número de variáveis (32,5%) do total. Ao fator foi associado um poder explicativo da variância total de 28,5%, tendo as variáveis que caracterizam a componente térmica do ambiente destacando a Temperatura média do ar (97,8%); Temperatura média mínima e Temperatura média máxima (97,2%) cada uma. Tais composições refletem as maiores cargas fatoriais, revelando seu alto grau de importância para explicar essa dimensão. Ainda podem compor essa dimensão as variáveis relacionadas à Umidade máxima (82%) e a Precipitação pluvial anual máxima (63,1%). Esses resultados permitem o ajuste da função de cargas fatoriais associada de todas as variáveis que compõem o respectivo fator.

Todas as variáveis associadas à dimensão climática apresentaram sinal positivo (+), todavia o sinal da coordenada fatorial (para cada município) indicará se a ocorrência de mudanças positivas em cada uma delas reflete resultados positivos/negativos quanto à vulnerabilidade ambiental, principalmente no que se refere ao aquecimento do ambiente, umidade do ar e a quantidade de chuva que podem configurar características diferentes dependendo de onde se localize o município (Sertão ou Litoral) em questão. Essas variáveis são fontes de vantagens à medida que se deseja mensurar e monitorar as condições de tempo e clima para prevenção de desastres naturais, principalmente no que se remete a períodos de estiagem, secas ou eventos de enchentes e inundação em grandes centros urbanos.

Tais variáveis destacam-se possivelmente pelo fato de a região de estudo localizar-se próximo a linha do Equador, onde a grande oferta de energia solar provoca pequena variação de temperatura do ar em algumas microrregiões do Estado. Como também a variabilidade da precipitação pluvial se caracteriza por regimes bem definidos e delimitação de períodos em secos e chuvosos, que se alternam ao longo dos anos, no tocante dos períodos chuvosos são caracterizados por no máximo 4 meses que detêm cerca de 70% do volume esperado para o ano todo (BATISTA et al., 2007).

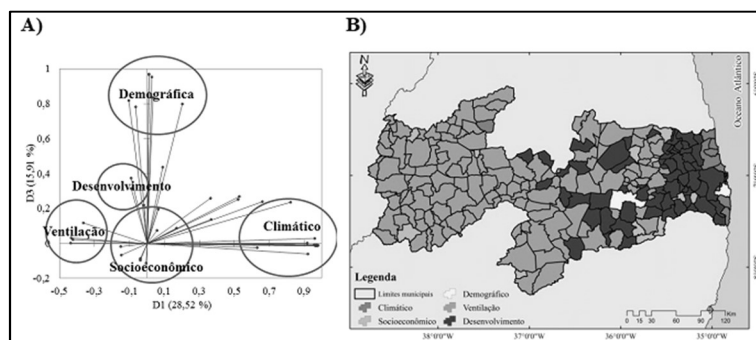
### **Análise dos fatores**

A aplicação da AF (figura 3A) permitiu compreender as relações existentes entre os fatores ajustados, sendo possível identificar cinco principais forças concorrentes que atuam sobre o processo de vulnerabilidade nos municípios do estado da Paraíba. Duas são motivadas por variáveis que caracterizam as componentes ambientais, definidas pelas dimensões Climática e da Ventilação, e as outras três dimensões são representadas pela dinâmica da população, caracterizada por variáveis que refletem a educação, renda e desenvolvimento. Sobre a mesma temática o estudo de Alcântara et al. (2013) sobre a vulnerabilidade socioambiental da macrorregião da Costa Verde (RJ) consideraram tanto variáveis ambientais como socioeconômicas.

Percebe-se que as forças entre as dimensões (Socioeconômico, Demográfico e Desenvolvimento) são somadas, uma vez que regiões com indicadores de educação e renda significativos dificilmente apresentam

índices de desenvolvimento baixos, bem como são apresentados em grandes centros urbanos. Pode-se, então, inferir que regiões com elevado desenvolvimento humano tendem a apresentar maiores cargas de indicadores de educação e renda. Mas não implica afirmar que fatores advindos de grandes cidades não possam ser configurados por núcleos negligenciados da sociedade, ou seja, a análise na escala municipal pode ser atenuada por parâmetros médios que vão refletir uma suavização da amplitude entre classes sociais inseridas no recorte espacial, sendo assim o reflexo das comunidades mais carentes não vão exercer pressões para reduzir as cargas do fator desenvolvimento (Fator Demográfico).

As regiões caracterizadas pelo fator Ventilação (figura 3B) são compostas em sua maioria por municípios localizados na mesorregião do Cariri e Sertão da Paraíba, são áreas ambientalmente sensíveis, pois são caracterizadas por elevada fragilidade natural, principalmente atribuída pela forte restrição hídrica. Todavia a presença do Planalto da Borborema também pode explicar os efeitos orográficos sobre esses municípios.



**Figura 3:** Análise Fatorial (AF): A) Mapa temático baseado na AF para classificar municípios; e B) em relação aos fatores de vulnerabilidade socioeconômica e ambiental no estado da Paraíba.

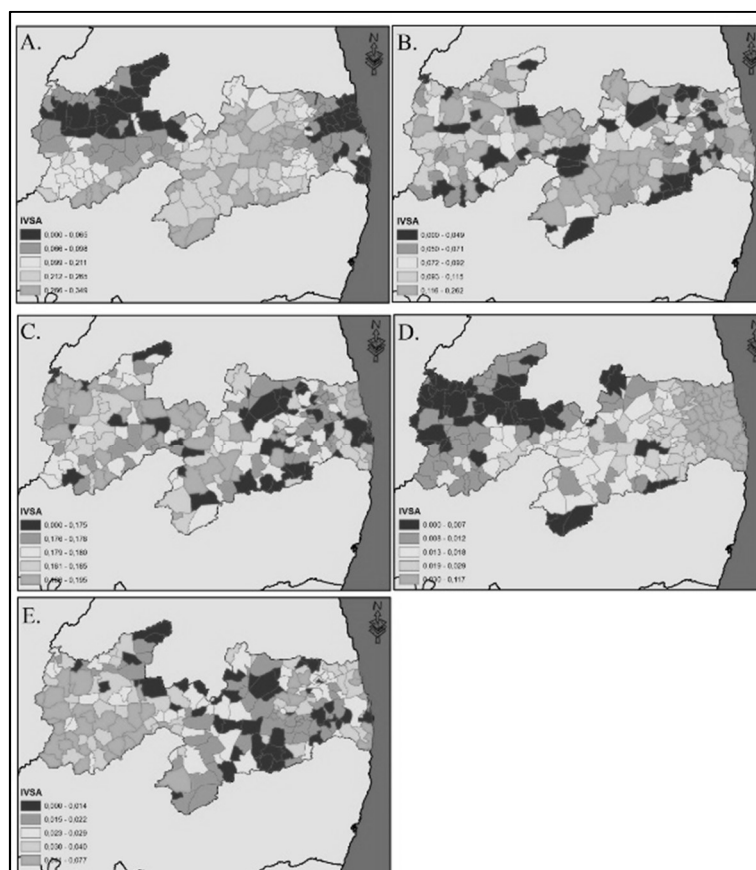
Os escores fatoriais positivos na dimensão Climática (figura 4A) são indicativos de que estes municípios apresentam padrões homogêneos de temperatura média do ar e acumulados anuais de precipitação pluvial, dado que esse fator explicou também a maior variabilidade do conjunto de dados e ao mesmo tempo o que carregou o maior número de variáveis. Todavia valores próximos a zero foram verificados para municípios do litoral (temperaturas elevadas e maiores registros anuais de precipitação) e nos municípios que configuram o Sertão do estado (temperaturas elevadas e baixo volume de precipitação).

A dimensão Socioeconômica (figura 4B) foi caracterizada por indicadores de renda (IDHM da renda e Renda per capita) destacando com as menores vulnerabilidades os municípios com maiores populações ou que apresentam significativas atividades geradoras de renda. Segundo Alcântara et al. (2013) os indicadores de infraestrutura domiciliar, educação, renda e estrutura familiar descrevem grande parte dos estudos sobre vulnerabilidade socioeconômica.

As demais dimensões apresentam capacidade de explicações de pouco mais de 30% da variabilidade dos dados, em destaque a dimensão Demográfica (15,9%) (figura 4C). Todos os municípios que apresentam  $IVSA < 0,17$  na dimensão Demográfica apresentaram baixos escores fatoriais, revelando um quadro de baixa capacidade de gestão municipal. Os principais indicadores estão relacionados ao quantitativo da população e o número de beneficiados com bolsa família, ou seja, verificam-se os menores valores do IVSA

principalmente para os maiores centros urbanos e as regiões metropolitanas de Campina Grande e João Pessoa.

Cabe ressaltar que os municípios que apresentaram IVSA baixos encontram-se numa posição desfavorável quanto ao risco de fenômenos naturais ou epidemiológicos, pois apresentam fatores negativos na maioria dos escores das dimensões. A evolução para os estágios médios ou moderados somente se dará possivelmente através de investimentos em educação e geração de emprego e nas práticas de desenvolvimento sustentável.



**Figura 4:** Distribuição das dimensões da vulnerabilidade socioeconômica e ambiental no estado do Paraíba. Dimensão Climática (A); Socioeconômica (B); Demográfica (C); Ventilação (D); e Desenvolvimento (E).

Nesse contexto o principal objetivo da pesquisa Barata et al. (2011) foi construir um índice sintético constituído por diferentes indicadores para descrever a vulnerabilidade no estado do Rio de Janeiro que se possibilita a obtenção de uma métrica de vulnerabilidade municipal para fins comparativos. As dimensões de Ventilação e Desenvolvimento são apresentadas nas figuras 4D e 4E, respectivamente, e caracterizam-se pelas menores capacidades de explicação das variabilidades dos indicadores utilizados na presente pesquisa.

A configuração espacial do Fator 4 (Ventilação) é caracterizada por maiores valores de IVSA nas regiões do Litoral e Zona da Mata, em que possivelmente a brisa marítima pode ser o principal fator associado. Ainda os efeitos orográficos podem atenuar a capacidade de circulação da atmosfera para municípios à jusante do Planalto da Borborema, reduzindo assim os valores médios da umidade do ar e da velocidade do vento, que são os indicadores mais significativos da dimensão.

Por fim a dimensão do Desenvolvimento caracterizada por índices de desenvolvimento da população (Gini e de Theil) que apresentam valores de IVSA inferiores a 0,1 para todos os municípios do estado. Para esta dimensão não se verifica uma região geográfica com predominância de valores baixos ( $0 < IVSA < 0,08$ ), o que reflete, de maneira geral, valores homogêneos de Gini e de Theil para todo o estado.

De modo geral a partir dos resultados obtidos verifica-se que os índices e indicadores adotados são modelos descritores da interação entre atividade antrópica e meio ambiente, sendo sua principal vantagem o fato dos índices serem capazes de comunicar realidades complexas de forma resumida. Barata et al. (2011) afirma que os índices compostos integram e resumem diferentes dimensões de um tema, proporcionando a comparabilidade entre as unidades de análise.

Os resultados apresentados na (figura 5) representam a construção de um índice composto que captasse a vulnerabilidade socioambiental e sugerem que apenas 22 (10%) dos municípios do estado da Paraíba apresentaram baixa vulnerabilidade de acordo com o IVSA, com índice superior ( $IVSA > 0,67$ ). Estas microrregiões obtiveram elevados valores positivos nos dois mais importantes escores fatoriais e sinal baixo nos três últimos.

Estas regiões geralmente estão ligadas por indicadores ambientais e socioeconômicos que refletem a característica local do município, ainda ao processo de interação com regiões metropolitanas. Portanto, nessas áreas a capacidade de resiliência deve ser estudada para o melhor entendimento do processo global, para tomada de decisão para os demais municípios, podendo assim ser utilizado como ferramenta que beneficiem as populações locais existentes e que não possuem grande capacidade de resistência a determinados fenômenos.

Nesta lógica, os 58 municípios (26% do total) que apresentaram valores de  $IVSA < 0,4596$  (Vulnerabilidade extrema) representam principalmente as regiões do alto sertão e zona da mata do estado. As atividades de pecuária e agricultura são praticadas nos moldes tradicionais e ocorrem nas duas regiões por muitas vezes coexistindo, onde a maioria das microrregiões do alto sertão os avanços são na caprinocultura e ovinocultura, sendo observada em alguns municípios da zona da mata a atividade agrícola canavieira e de subsistência.

A composição da vulnerabilidade socioeconômica e ambiental nos municípios do estado da Paraíba encontra-se no geral atrelada às variabilidades climáticas e as desigualdades sociais proporcionadas por disparidades na economia e educação de algumas regiões, as quais promoveram contrastes significativos no panorama do estado. Com base nas dimensões foi possível determinar as principais variáveis e suas correlações, identificando aquelas que mais contribuiriam para identificar e quantificar a vulnerabilidade socioeconômica e ambiental nos municípios do estado da Paraíba, e que podem ser explicadas pela ação mais efetiva de políticas públicas, bem como melhor cobertura de educação básica e geração de renda.

A dinâmica de expansão de territórios mais vulneráveis pode ser deflagrada em cenários de conjunturas políticas que inviabilizem a ação emergencial do estado, ou ainda num cenário de epidemias ou manifestação de doenças negligenciadas que podem colapsar parte da população que se encontra sobre maior risco. Ainda assim, soma-se a atual paisagem impactos eventuais das mudanças climáticas que podem

condicionar a região para a ocorrência de mosaicos nas paisagens, em que a produção de alimento e algumas outras atividades podem reduzir sua capacidade de adaptação e resultar numa diminuição da produção de riqueza.

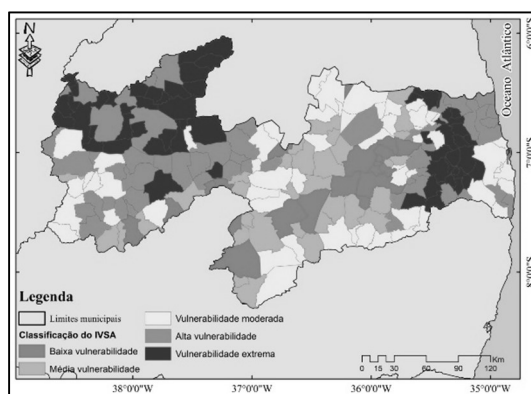


Figura 5: Classificação dos municípios segundo o Índice de Vulnerabilidade Socioeconômica e Ambiental (IVSA) no estado do Paraíba.

## CONCLUSÕES

A lógica da vulnerabilidade no estado da Paraíba foi definida por fatores que condicionam o ambiente e a capacidade de trabalho, pois se verificou predominante nas áreas com maiores quantitativos populacionais e que também apresentam maior valor econômico, como exemplo a região metropolitana de João Pessoa.

Essas informações podem direcionar os tomadores de decisão na estruturação de políticas voltadas a gerir o avanço econômico conciliado com o desenvolvimento social dos municípios mais vulneráveis. Por outro lado, torna-se necessário que políticas efetivas sejam colocadas em prática visando à formação e o desenvolvimento sustentável das populações e sejam direcionadas também para populações negligenciadas nas grandes cidades, como forma de reduzir as pressões sobre as áreas o ambiente urbano, eliminando a possibilidade de degradação e conversão de paisagens naturais preservadas. A adoção dessas medidas poderia ser um marco importante no processo de incorporação do desenvolvimento sustentável no estado da Paraíba.

## REFERÊNCIAS

ADGER, W. N.. Vulnerability. **Global Environmental Change**, v.16, n.3, p.268-281, 2006.

ANDRADE-LIMA, D.. The caatinga dominium. **Revista Brasileira de Botânica**, v.4, p.149-153, 1981.

BARATA, R. B.; RIBEIRO, M. C. S. A.; CASSANTI, A. C.. Social vulnerability and health status: a household survey in the central area of a Brazilian metropolis. **Cadernos de Saúde Pública**, v.27, p.164-175, 2011.

BATISTA, J. S.; RIET-CORREA, F.; TEIXEIRA, M. M. G.; MADRUGA, C. R.; SIMÕES, S. D. V.; MAIA, T. F.. Trypanosomiasis by *Trypanosoma vivax* in cattle in the Brazilian semiarid: description of an outbreak and lesions in the nervous system. **Veterinary Parasitology**, v.143, p.174-181, 2007.

BERRY, P.; CLARK, K. L.; FLEURY, M. D.; PARKER, S.. Human health. In *Canada in a Changing Climate: Sector Perspectives on Impacts and Adaptation*. Ottawa: 2014.

BROOKS, N.; ADGER, W. N.; KELLY, P. M.. The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation. **Global Environmental Change**, v.15, n.2, p.151-163, 2005.

BRYMAN, A.; CRAMER, D.. **Quantitative data analysis with SPSS release 10 for windows**: A guide for social scientists. New York: Routledge, 2001.

CARVALHO, D. F.; SANTANA, A. C.; NOGUEIRA, A. K. M.; MENDES, F. A. T.; CARVALHO, A. C.. Análise do desempenho competitivo da indústria de móveis de madeira do Estado do

Pará. **Amazônia: Ciência e Desenvolvimento**, Belém, v.2, n.4, p.37-36, 2007.

CATTELL, R. B. **The Scientific Use of Factor Analysis in Behavioral and Life Sciences**. Nova York: Plenum, 1978.

CORRAR, L. J.; PAULO, E.; DIAS FILHO, J. M.. **Análise multivariada para cursos de Administração, Ciências Contábeis e Economia**. São Paulo: Atlas, 2007.

DANCEY, C; REIDY, J.. **Estatística Sem Matemática para Psicologia: Usando SPSS para Windows**. Porto Alegre: Artmed, 2006.

DREXHAGE, J.; MURPHY, D.. **Sustainable Development: from Brundtland to Rio 2012**. Nova Iorque: ONU, 2010.

HAIR, J. J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C.. **Análise multivariada de dados**. 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

JABAREEN, Y. Planning the resilient city: concepts and strategies for coping with climate change and environmental risk. **Cities**, v.31, p.220-229, 2013.

KASPERSON, R. E.; DOW, K.; ARCHER, E.; CACERES, D.; DOWNING, T.; ELMQVIST, T.; ERIKSEN, S.; FOLKE, C.; HAN, G.; IYENGAR, K.. **Ecosystems and Human Well-Being: Current State and Trends**. Washington: Island Press, 2005.

KHAN, S.. Vulnerability assessments and their planning implications: a case study of the Hutt Valley, New Zealand. **Natural Hazards**, v.64, p.1587-1607, 2012.

KLEINOSKY, L. R.; YARNAL, B.; FISHER, A.. Vulnerability of Hampton Roads, Virginia to Storm-Surge Flooding and Sea-Level Rise. **Natural Hazards**, v.40, p.43-70, 2007.

LANGE, H. J.; SALA, S.; VIGHI, M.; FABER, J. H.. Ecological vulnerability in risk assessment: a review and perspectives. **Science Total Environmental**, v.408, p.3871-3879, 2010.

LUERS A. L.; LOBELL D. B.; SKLAR, L. S.; ADDAMS, C. L.; MATSON, P. A.. **Global Environmental Change**, v.13, p.255-267, 2003.

MENONI, S.; MOLINARI, D.; PARKER, D.; BALIO, F.; TAPSELL, S.. Assessing multifaceted vulnerability and resilience in order to design risk: mitigation strategies. **Natural Hazards**, v.64, p.2057-2082, 2012.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Johannesburg Declaration on Sustainable Development**. Johannesburg: ONU, 2002.

OPAS. Organização Pan-Americana da Saúde. **Determinantes ambientais e sociais da saúde**. Rio de Janeiro: OPAS, 2011.

PATT, A. G.; SCHROTER D.; VEGA-LEINERT, A. C. D. L.; KLEIN, R. J. T.. Vulnerability research and assessment to support adaptation and mitigation: common themes from the diversity of approaches. IN: PATT, A. G.; SCHROTER, D.; KLEIN, R. J. T.; VEGA-LEINERT, A. C. D. L.. **Assessing Vulnerability to Global Environmental Change: Making Research Useful for Adaptation**. London: Earthscan, 2009.

PNUD. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Nova Iorque: PNUD, 2015.

SONWA, D. J.; SOMORIN, O. A.; JUM, C.; BELE, M. Y.; NKEM, J.. Vulnerability, forest-related sectors and climate change adaptation: the case of Cameroon. **Forest Policy and Economics**, v.23, p.1-9, 2012.

TABACHNICK, B.; FIDELL, L.. **Using multivariate analysis**. Needham Heights: Allyn & Bacon, 2007.

TATE, E.; BURTON, C. G.; BERRY, M.; EMRICH, C. T.; CUTTER, S. L.. Integrated hazards mapping tool. **Trans GIS**, v.15, n.5, p.689-706, 2011.

A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detém os direitos materiais desta publicação. Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas sob coordenação da **Sustener Publishing**, da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.