



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO - UFPE
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS – CTG
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

FRANCISCO MARCELO DE ALENCAR MAIA

**ANÁLISE DA VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL APLICADA A
MUNICÍPIOS DO AGRESTE PERNAMBUCANO**

**RECIFE
2018**

FRANCISCO MARCELO DE ALENCAR MAIA

**ANÁLISE DA VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL APLICADA A
MUNICÍPIOS DO AGRESTE PERNAMBUCANO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação – Stricto Sensu - Mestrado Acadêmico em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Área de concentração: Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos.

Orientador: Profº Dr. José Roberto Gonçalves de Azevedo

Coorientadora: Profª Drª. Renata Maria Caminha Mendes de Oliveira Carvalho

**RECIFE
2018**

- M217a Maia, Francisco Marcelo de Alencar.
 Análise da vulnerabilidade socioambiental aplicada a municípios do
 agreste pernambucano / Francisco Marcelo de Alencar Maia. – Recife,
 2018.
 93 folhas, il., fig., tabs.,abrev., sigl. e símb.
- Orientador: Prof. Dr. José Roberto Gonçalves de Azevedo.
 Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Renata Maria Caminha Mendes de Oliveira Carvalho.
- Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
 Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2018.
 Inclui Referências.
1. Engenharia Civil. 2. Risco ambiental. 3. Impacto socioambiental.
 4. Barragem de Jucazinho. I. Azevedo, José Roberto Gonçalves de
 (Orientador). II. Carvalho, Renata Maria Caminha Mendes de Oliveira
 (Coorientadora). III. Título.

FRANCISCO MARCELO DE ALENCAR MAIA

**ANÁLISE DA VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL APLICADA A
MUNICÍPIOS DO AGRESTE PERNAMBUCANO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação – *Stricto Sensu* - Mestrado Acadêmico em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil. Área de concentração Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos.

Aprovada em 13 de agosto de 2018

BANCA EXAMINADORA

Prof^o Dr. José Roberto Gonçalves de Azevedo
Universidade Federal de Pernambuco
Orientador

Prof^a Dra. Renata Maria Caminha Mendes de Oliveira Carvalho
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco
Coorientadora

Prof^a Dra. Sylvana Melo dos Santos
Universidade Federal de Pernambuco
Examinadora Interna

Prof^a Dra. Leidjane Maria Maciel de Oliveira
Universidade Federal de Pernambuco
Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação
Examinadora Externa

Dedico essa dissertação à minha pequena Bárbara.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao Deus do Universo que concedeu a toda sua criação o esplendor da beleza infinita.

Agradeço aos meus pais, Guilherme Álvaro e Ana Carlina pela criação sem a qual eu não teria chegado aonde cheguei. Aos meus irmãos José Álvaro, Guilherme Junior e Eduardo Rubens, obrigado pelo amor e pelos exemplos de vida.

Agradeço à minha companheira Ana Carolina de Souza Pieretti, e tendo dito companheira, quero expressar todo o significado e amor que essa palavra grandiosa tem a oferecer. Agradeço à pequena Bárbara, que ainda não nasceu, mas que um dia, quem sabe, quando ler essas palavras, saberá o tamanho do amor que por ela já tenho.

Um enorme agradecimento ao meu orientador, o professor Dr. José Roberto Gonçalves de Azevedo, pela imensa sabedoria e paciência que me ajudou muito, não só a concluir esse projeto como também a crescer como estudante e pesquisador. Agradeço também à minha coorientadora, a professora Dra. Renata Maria Caminha, pela disponibilidade e meticulosa contribuição, obrigado pela sua inteligência.

Agradeço, enormemente, à professora Dra. Maria Tereza Duarte Dutra e ao professor Dr. Manoel Raimundo de Sena Junior, que me ajudaram em momentos difíceis dessa jornada e também a entender que nunca se sabe tudo sobre algum assunto e que isso nos leva a um buscar incansável por mais conhecimento.

Agradeço à Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, ao Centro de Tecnologias e Geociências – CTG, ao Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e à família do Laboratório de Recursos Hídricos, pelo compromisso exemplar com a formação de pesquisadores e o apoio acadêmico ao longo do curso. Agradeço, em especial, às secretarias da Pós-Graduação em Engenharia Civil, Andrea Negromonte, Claudiana Santiago e Cleide Marques que sempre me receberam com muita alegria e disposição em ajudar.

Agradeço também aos demais professores da Pós-Graduação em Engenharia Civil, pelos ensinamentos que tanto contribuíram para o meu crescimento e o de todos os colegas do programa. Agradeço aos meus colegas por compartilharem essa grandiosa experiência de crescimento comigo.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior CAPES e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pelo financiamento da bolsa de estudos que me foi concedida.

RESUMO

Com o avanço das mudanças climáticas e as preocupações com as populações mais vulneráveis a essas mudanças, surge a necessidade de desenvolver ferramentas de observação das condições socioambientais em que essas populações vivem. Os indicadores têm sido uma ferramenta importantíssima no gerenciamento das condições ambientais e fundamental para os gestores públicos nas tomadas de decisões. O presente trabalho teve como objetivo calcular o Índice de Vulnerabilidade Socioambiental (IVSA) através da análise fatorial de 16 indicadores do censo demográfico 2010 do IBGE para os municípios do agreste pernambucano. Os municípios foram escolhidos para avaliar a realidade socioambiental no entorno da barragem de Jucazinho, que passou por diversos problemas estruturais e não pôde armazenar água de setembro de 2016 a abril de 2018. A análise fatorial realizada com 23 municípios do Agreste Pernambucano abastecidos pela barragem resultou em um valor do teste KMO de 0,541. Também foi realizada uma análise retirando 5 municípios que resultou em um teste KMO de 0,549, e comparado os valores do IVSA entre as duas análises. O resultado final da comparação das análises classificou os municípios de: Gravatá, Santa Cruz do Capibaribe, Surubim, Taquaritinga do Norte, Toritama e Vertentes com baixo IVSA; Caruaru, Orobó, Passira, Riacho das Almas, Santa Maria do Cambucá e Vertente do Lério com médio IVSA; Bom Jardim, Casinhas, Cumaru, Frei Miguelinho, João Alfredo e Salgadinho com alto IVSA, o que os caracterizou com maior risco aos desastres ambientais. Concluiu-se que os resultados foram significativos e a comparação das duas análises importantíssimas para garantir a coerência dos resultados, permitindo entender um pouco mais sobre a região estudada. O método de análise fatorial deve ser utilizado com mais dados de observação sendo, portanto, menos empregado na avaliação de pequenas regiões. Sugere-se para trabalhos posteriores o aprimoramento dos indicadores no modelo socioambiental e a avaliação temporal dos dados, bem como a incorporação de técnicas de geoprocessamento.

Palavras-Chave: Risco ambiental. Impacto socioambiental. Barragem de Jucazinho.

ABSTRACT

With the advancement of climate change and the concerns of the populations most vulnerable to these changes, there is a need to develop tools to observe the socio-environmental conditions in which these populations live. Indicators have been a very important tool in the management of environmental conditions and fundamental for public managers in decision making. The objective of this study was to calculate the Socioenvironmental Vulnerability Index (IVSA) through the factorial analysis of 16 indicators of the 2010 IBGE demographic census for the municipalities of the Agreste of Pernambuco. The municipalities were chosen to evaluate the social and environmental reality in the vicinity of the Jucazinho dam, which underwent several structural problems and could not store water from September 2016 to April 2018. The factorial analysis carried out with 23 municipalities of Agreste Pernambucano supplied by the dam resulted at a KMO test value of 0.541. An analysis was also performed, removing 5 municipalities, which resulted in a KMO test of 0.549, and compared the IVSA values between the two analyzes. The final result of the comparison of the analyzes classified the municipalities of: Gravatá, Santa Cruz do Capibaribe, Surubim, Taquaritinga do Norte, Toritama and Verts with low IVSA; Caruaru, Orobó, Passira, Riacho das Almas, Santa Maria do Cambucá and Vertente do Lério with medium IVSA; Bom Jardim, Casinhas, Cumaru, Frei Miguelinho, João Alfredo and Salgadinho with high IVSA, which characterized them with greater risk to environmental disasters. It was concluded that the results were significant and the comparison of the two most important analyzes to guarantee the coherence of the results, allowing to understand a little more about the region studied. The factor analysis method should be used with more observation data and, therefore, less used in the evaluation of small regions. It is suggested for later work the improvement of the indicators in the socio-environmental model and the temporal evaluation of the data, as well as the incorporation of geoprocessing techniques.

Keywords: Environmental risk. Socioenvironmental impact. Jucazinho's Dam.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 –	Mapa da nova delimitação do Semiárido.....	20
Figura 02 –	Divisão geográfica de Pernambuco segundo mesorregiões.....	24
Figura 03 –	Divisão geográfica de Pernambuco segundo Regiões Geográficas Intermediárias.....	25
Figura 04 –	Divisão do Estado de Pernambuco quanto à relação solo-paisagem.....	27
Figura 05 –	Mapa do Agreste Pernambucano e sua subdivisão em microrregiões.....	46
Figura 06 –	Localização da barragem de Jucazinho na bacia do Rio Capibaribe.....	48
Figura 07 –	Vista da Barragem de Jucazinho a jusante.....	49
Figura 08 –	Pluviograma da estação pluviométrica de Toritama-PE com volumes acumulados mensais de junho de 2011 a fevereiro de 2018.....	49
Figura 09 –	Volume acumulado na barragem de Jucazinho de dezembro de 2005 a junho de 2016.....	50
Figura 10 –	Fluxograma do método comparativo analítico para dados da análise fatorial multivariada.....	55
Figura 11 –	Gráfico de <i>Scree Plot</i> dos autovalores encontrados na extração dos fatores para análise com 23 municípios.....	60
Figura 12 –	– Comparativo entre a Média do Agreste Pernambucano, o Estado de Pernambuco e o Estado do Rio de Janeiro quanto as variáveis X1 - % de Homens Rural < 15 anos, X2% - de Mulheres Rural < 15 anos, X3 % - de Homens Rural > 60 anos e X4 % - de Mulheres Rural > 60 anos.....	64
Figura 13 –	Comparativo entre a Média do Agreste Pernambucano, o Estado de Pernambuco e o Estado do Rio de Janeiro quanto as variáveis X5 - % Crianças < 5anos e X6 - % de Idosos > 60 anos.....	64
Figura 14 –	Comparativo entre a Média do Agreste Pernambucano, o Estado de Pernambuco e o Estado do Rio de Janeiro quanto as variáveis X7 – IDH Renda, X8 – IDH Longevidade, X9 – IDH Educação e X12 – Índice de Gini.....	65
Figura 15 –	Comparativo entre o Agreste Pernambucano, o Estado de Pernambuco e o Estado do Rio de Janeiro quanto a variável X10 – População que vive com menos de meio salário mínimo.....	66

Figura 16 – Comparativo entre a Média do Agreste Pernambucano, o Estado de Pernambuco e o Estado do Rio de Janeiro quanto a variável X11 – Renda média per capita.....	66
Figura 17 – Comparativo entre a Média do Agreste Pernambucano, o Estado de Pernambuco e o Estado do Rio de Janeiro quanto as variáveis X13 – Razão de Renda, X14 - % de Pavimentação, X15 - % de Esgoto a céu aberto e X16 - % de Lixo acumulado.....	67
Figura 18 – Classificação dos municípios estudados quanto ao resultado do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental calculado.....	71
Figura 19 – Gráfico <i>Scree Plot</i> gerado na análise fatorial com 18 municípios.....	75
Figura 20 – Classificação dos 18 municípios abastecidos por Jucazinho quando ao Índice de Vulnerabilidade Socioambiental.....	79
Figura 21 – Classificação dos 18 municípios abastecidos por Jucazinho quando à média do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental das duas análises fatoriais realizadas.....	82

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Composição do valor agregado bruto - VAB, segundo as Regiões de Desenvolvimento de Pernambuco entre os anos de 2010 a 2015.....	28
Tabela 02 – Municípios abastecidos pela barragem de Jucazinho.....	47
Tabela 03 – Descrição das variáveis utilizadas na construção do Indicador composto IVSA.....	52
Tabela 04 – Relação das Variáveis iniciais utilizadas na análise fatorial.....	57
Tabela 05 – Matriz de correlações das variáveis da análise fatorial realizada nos 23 municípios do Agreste pernambucano.....	57
Tabela 06 – Resultados do teste KMO e de esfericidade de Bartlett para a análise com 23 municípios.....	58
Tabela 07 – Comunalidade das variáveis iniciais para a análise com 23 municípios.....	59
Tabela 08 – Variância total explicada na análise fatorial pelo método de componente principal para análise com 23 municípios.....	59
Tabela 09 – Cargas fatoriais extraídas por análise de componente principal não rotacionadas para análise com 23 municípios.....	61
Tabela 10 – Cargas fatoriais rotacionadas extraídas por análise de componente principal e rotação Varimax para análise com 23 municípios.....	62
Tabela 11 – Agrupamento das variáveis iniciais em fatores segundo Guimarães <i>et al.</i> (2014).....	62
Tabela 12 – Agrupamento das variáveis iniciais em fatores para a análise com 23 municípios.....	63
Tabela 13 – Fórmula dos Fatores com as cargas fatoriais escolhidas baseadas na Equação 01 para análise com 23 municípios.....	68
Tabela 14 – Resultados dos Fatores calculados pela Equação 01 para análise com 23 municípios.....	68
Tabela 15 – Resultado dos Fatores calculados pela Equação 02 para análise com 23 municípios.....	69
Tabela 16 – Classificação quanto ao Índice de Vulnerabilidade Socioambiental em três grupos de Vulnerabilidade para análise com 23 municípios.....	70
Tabela 17 – Resultado dos testes de KMO e esfericidade de Bartlett para análise fatorial com 18 municípios.....	72

Tabela 18 – Matriz de correlação das variáveis da análise fatorial realizado com 18 municípios.....	73
Tabela 19 – Comunalidades encontradas após a extração dos fatores, para cada variável, na análise fatorial com 18 municípios.....	74
Tabela 20 – Resultados da variância acumulada na análise fatorial com 18 municípios.....	74
Tabela 21 – Cargas fatoriais não rotacionadas gerados na análise fatorial com 18 municípios.....	76
Tabela 22 – Cargas fatoriais rotacionadas geradas na análise fatorial com 18 municípios.....	76
Tabela 23 – Fórmula dos Fatores com as cargas fatoriais escolhidas baseadas na Equação 01 na análise com 18 municípios.....	77
Tabela 24 – Resultado dos Fatores calculados pela Equação 01 na análise com 18 municípios.....	77
Tabela 25 – Resultados dos fatores padronizados calculados através da equação 02 para os 18 municípios estudados.....	78
Tabela 26 – Resultados dos Índices de Vulnerabilidade Socioambiental e a classificação dos 18 municípios estudados.....	79
Tabela 27 – Comparação entre análise fatorial com 23 e com 18 municípios.....	80
Tabela 28 – Comparação dos resultados da análise fatorial com 23 municípios, com 18 municípios e a média dos resultados.....	83

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
ASA	Articulação do Semiárido Brasileiro
CONDEPE/FIDEM	Agência Estadual de Planejamento e Pesquisa de Pernambuco
DNOCS	Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
INSA	Instituto Nacional do Semiárido
IPCC	<i>Intergovernmental Panel of Climate Change</i>
IVSA	Índice de Vulnerabilidade Socioambiental
PIB	Produto Interno Bruto
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SUDENE	Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste

LISTA DE SÍMBOLOS

pH	Potencial hidrogeniônico medido a partir da água;
F_i	Fator calculado a partir do método de análise fatorial;
a_{ij}	Carga fatorial calculada a partir do método de análise fatorial;
X_i	Variável inicial ou valor do indicador municipal;
F_i'	Fator padronizado par ao primeiro quadrante;
$F_{\min}$	Valor do fator mínimo para padronização;
$F_{\max}$	Valor do fator máximo para padronização;
$IVSA_i$	Índice de Vulnerabilidade Socioambiental municipal
X1	Proporção de homens em ambiente rural abaixo de 15 anos
X2	Proporção de mulheres em ambiente rural abaixo de 15 anos
X3	Proporção de homens em ambiente rural acima de 60 anos
X4	Proporção de mulheres em ambiente rural acima de 60 anos
X5	Proporção de Crianças
X6	Proporção de Idosos
X7	Índice de Desenvolvimento Humano fator renda
X8	Índice de Desenvolvimento Humano fator longevidade
X9	Índice de Desenvolvimento Humano fator educação
X10	Proporção da População que vive com menos de meio salário mínimo
X11	Renda Média
X12	Índice de Gini
X13	Razão de Renda
X14	Porcentagem de ruas com pavimentação
X15	Porcentagem de ruas com esgoto a céu aberto
X16	Porcentagem de ruas com lixo acumulado

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	OBJETIVOS	17
1.1.1	Objetivo Geral	17
1.1.2	Objetivos Específicos	17
2	REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1	O SEMIÁRIDO E O AGRESTE PERNAMBUCANO.	19
2.1.1	Características do Semiárido	19
2.1.2	O Agreste Pernambucano	23
2.1.3	O Semiárido e a seca	28
2.2	A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS DIANTE DA ESCASSEZ HÍDRICA.	31
2.3	BARRAGENS E MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO SEMIÁRIDO.	35
2.4	DESASTRES, VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL E RISCO.	37
2.5	ÍNDICE DE VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL	41
2.5.1	Metodologias para o cálculo do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental.....	42
2.5.2	Índice de Vulnerabilidade Socioambiental segundo Guimarães <i>et al.</i> (2014).....	44
3	MATERIAIS E MÉTODOS	46
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA OBJETO DE ESTUDO	46
3.2	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	50
3.2.1	Definição de Indicadores para as variáveis do modelo	51
3.2.2	Determinação e cálculo do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental dos municípios abastecidos pela Barragem de Jucazinho.....	52
3.2.3	Utilização de método comparativo analítico.....	54
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	56
4.1	ANÁLISE FATORIAL PARA CONJUNTO DE DADOS INICIAIS	56
4.2	ANÁLISE FATORIAL PARA CONJUNTO DE DADOS REDUZIDOS	72
4.3	RESULTADOS DO MÉTODO COMPARATIVO ANALÍTICO	80
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	84
	REFERÊNCIAS.....	86

1 INTRODUÇÃO

As barragens têm sido utilizadas ao longo da história da humanidade para a garantia dos recursos hídricos nos grandes centros populacionais e também para a segurança contra o efeito das grandes cheias e inundações em comunidades construídas no entorno dos rios, regiões onde ocorre a maior fertilidade do solo. Porém, com o avanço da urbanização dos grandes centros populacionais, pós-revolução industrial, e com o crescimento exponencial da população mundial, as barragens se tornaram indispensáveis ao desenvolvimento humano e o avanço tecnológico permitiu a construção de barragens cada vez maiores (VIVO, 2008).

No Brasil, com o intuito de combater o problema da seca no Nordeste, e com o avanço do conhecimento técnico e científico acumulado a partir da construção das grandes hidrelétricas brasileiras até então, as barragens se consolidaram como a opção tecnológica que erradicaria de vez a seca do Nordeste.

Estudos mais aprofundados sobre o clima da região nordeste permitiu a delimitação e classificação de grande parte da região, e uma parte do estado de Minas Gerais, como predominância do clima Semiárido. Esse clima que se apresenta com baixa pluviosidade, médias elevadas de temperatura anual e longos períodos de estiagem, é onde se concentra cerca de 12% da população do país que vive distribuída principalmente em grandes centros urbanos ou no campo exercendo agricultura para sua própria subsistência (IBGE, 2017). O clima semiárido associado à má distribuição de terras, herança do modelo de ocupação territorial português das capitanias hereditárias, fazem com que a população que vive principalmente da atividade agrícola esteja concentrada em ambientes de alta vulnerabilidade.

O Semiárido pode ser dividido em sub-regiões de características geológicas (quanto ao relevo e composição do solo), bióticas (quanto à predominância dos tipos de vegetação) e quanto às divisões geopolíticas e socioeconômicas. Dentro destas subdivisões, o Semiárido encontra-se dividido em macrorregiões: Zona da Mata, Agreste, Sertão e Meio Norte.

A região do Agreste, caracterizada pelo clima de transição entre a Zona da Mata litorânea, de clima quente e sub-úmido e o clima do Sertão, quente e seco, apresenta características de formação geológicas bem diversas. É nessa faixa de transição onde são encontrados os Brejos de Altitudes, regiões de relevo elevado e predominância de chuvas orográficas, com solo mais bem desenvolvido propício para a agricultura. Nessa região encontram-se grandes centros de desenvolvimento econômico e populacional, com as cidades de: Caruaru (Pernambuco), Campina Grande (Paraíba), Arapiraca (Alagoas) e Feira de Santana (Bahia).

No Agreste Pernambucano situa-se a barragem de Jucazinho (Antônio Gouveia Neto), o maior reservatório para abastecimento humano do Agreste, com capacidade de armazenamento de mais de 327 milhões de metros cúbicos de água, atendendo diretamente pelo menos 15 municípios dentre os quais estão: Surubim, Cumaru e Passira (COMPESA, 2018). A barragem, concebida para projeto de abastecimento, desde 2016, devido à estiagem local e ao surgimento de trincas e rachaduras estruturais, bem como à deterioração dos equipamentos de segurança e da estrutura de tomada d'água, parou seu funcionamento com risco de segurança, segundo relatório da APAC (2016). Assim a região do entorno da barragem passou a contar com o abastecimento intermitente por meio de outras fontes.

O desabastecimento dos municípios no entorno de Jucazinho, é um elemento preocupante para o abastecimento humano e também para a manutenção das atividades econômicas da região, causando o agravamento das condições de risco dessa população.

A Vulnerabilidade Socioambiental, definida como a susceptibilidade à qual uma população está submetida ao risco iminente de perdas materiais e humanas devido à ocorrência de um desastre ambiental, pode ser empregada na situação dos municípios abastecidos por Jucazinho mediante o fenômeno climatológico das secas prolongadas da região. Assim o Índice de Vulnerabilidade Socioambiental (IVSA) torna-se uma ferramenta importantíssima para o estudo das condições em que se encontram esses municípios.

O estudo da Vulnerabilidade Socioambiental dos municípios abastecidos no entorno da barragem de Jucazinho utilizou como dados primários os indicadores fornecidos pelo censo demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para o ano de 2010, ano esse em que as atividades da barragem estavam em pleno funcionamento, com volume total para abastecimento. Assim a caracterização feita no estudo tende a avaliar as condições anteriores ao desabastecimento, dando um panorama geral sobre as condições socioambientais da região. As condições de vulnerabilidade dessas comunidades podem ser ainda mais alarmantes do que os encontrados nos resultados da pesquisa.

Para o cálculo do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental existe uma gama de metodologias utilizadas na literatura, cada qual com uma modelagem específica para um determinado tipo de desastre. A metodologia escolhida para o estudo foi a utilizada por Guimarães *et al.* (2014), que calcularam um Índice de Vulnerabilidade Socioambiental generalizado para os municípios do Estado do Rio de Janeiro, levando em consideração dados do censo demográfico do IBGE para o ano de 2010, e modelando os dados com o auxílio de análise fatorial multivariada.

O estudo realizado sobre as condições socioambientais dos municípios do agreste pernambucano dividiu-se em duas partes: a primeira, com ênfase nos municípios abastecidos pela barragem de Jucazinho, consistiu no aprofundamento e entendimento das relações econômicas, sociais e ambientais que esses municípios apresentaram entre si e suas relações com a barragem, e na segunda parte, com o objetivo de utilizar a análise fatorial multivariada para o cálculo de um Índice de Vulnerabilidade Socioambiental generalizado, foi empregado método comparativo analítico para estudo das propriedades do índice encontrado.

Esta pesquisa se detém a avaliar a relação dos municípios estudados com a barragem, apenas através do índice calculado, desconsiderando efeitos econômicos paralelos que a barragem pode proporcionar à região, tais como projetos de irrigação em larga escala ou o beneficiamento do abastecimento ao polo industrial da região. O objetivo é avaliar o grau de susceptibilidade à Seca na região e se a barragem contribui ou não para a amenização dessa condição.

1.1 OBJETIVOS

Os objetivos são...

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar a vulnerabilidade socioambiental de municípios do Agreste Pernambucano no entorno da barragem de Jucazinho.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Realizar a Análise Fatorial Multivariada e calcular os Índices de Vulnerabilidade Socioambiental para os 23 municípios do Agreste Pernambucano, abastecidos pela barragem de Jucazinho;
- Realizar a Análise Fatorial Multivariada e calcular os Índices de Vulnerabilidade Socioambiental para uma amostra reduzida com a retirada de 5 municípios do conjunto já estudado;
- Comparar os resultados dos Índices de Vulnerabilidade Socioambiental para as duas análises realizadas;

- Classificar os municípios em categorias de propensão à vulnerabilidade socioambiental diante de eventos ambientais ou climáticos, com os resultados do modelo;
- Elaborar mapa da distribuição espacial dos municípios a partir da análise do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental para os resultados encontrados.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Escrever algum coisas...

2.1 O SEMIÁRIDO E O AGRESTE PERNAMBUCANO.

O cenário de escassez de recursos hídricos característico da região semiárida brasileira é sem dúvida uma parte importante do entendimento de como ocorre a ocupação desse território. Apesar da constante preocupação da população que vive nessa região com os prolongados períodos de estiagem pluviométrica, há a formação de grandes centros econômicos com importante participação no Produto Interno Bruto (PIB) nacional bem como o desenvolvimento de uma cultura riquíssima em diversidade e regionalismo. É desta forma que se dá o desenvolvimento humano no Semiárido brasileiro: aliando um olhar constante para o clima com uma capacidade humana de superar qualquer adversidade (MANCAL *et al.*, 2016).

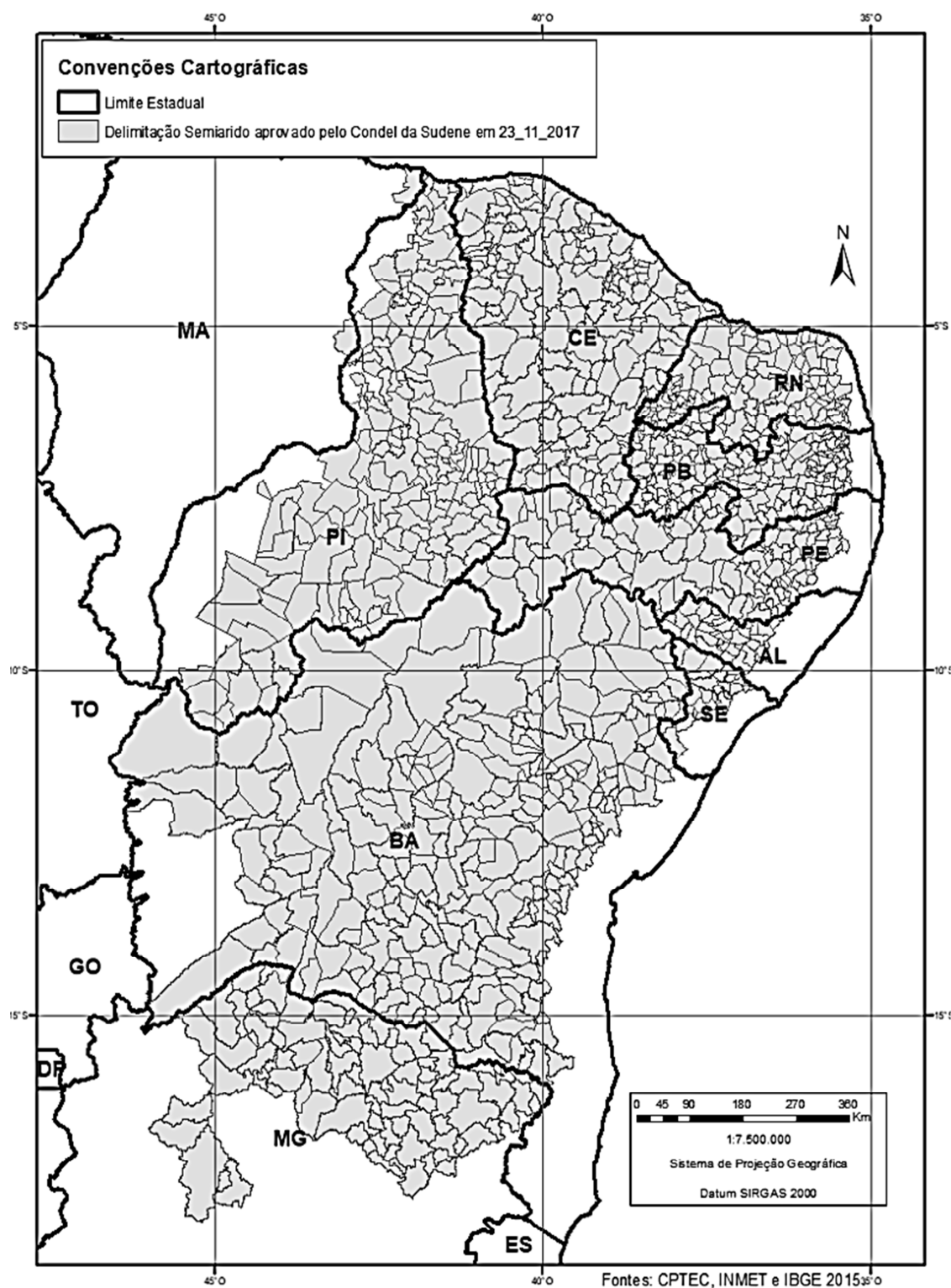
2.1.1 Características do Semiárido

O entendimento do desenvolvimento humano e das condições que contribuem negativa ou positivamente para a consolidação econômica e social das populações vulneráveis do Nordeste brasileiro é necessário para compreender inicialmente em que contexto ambiental e climático elas estão inseridas. No Nordeste, a grande concentração de municípios com baixo Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) está presente na região climática denominada: Semiárido (IBGE, 2017).

O Ministério da Integração Nacional definiu, em 2005 (BRASIL, 2005) as características que delimitaram o Semiárido brasileiro, que são: precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 mm; índice de aridez de até 0,5 calculado pelo balanço hídrico (relação entre precipitação e evapotranspiração potencial) no período entre 1961 e 1990; e risco de seca maior que 60% tomando-se como referência o período entre 1970 e 1990.

Pelo critério elaborado em 2005 foram inseridos na região semiárida mais de 20% dos municípios brasileiros (1.135) abrigando cerca de 12% da população do país, ou seja, mais de 23 milhões de brasileiras e brasileiros, divididos em 61,97% na zona urbana e 38,03% na zona rural (IBGE, 2017). Em 2017, uma nova classificação realizada pelo Conselho Deliberativo da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) aumentou o número de municípios para 1.262 (SUDENE, 2017), como pode ser visto na Figura 01.

Figura 01 - Mapa da nova delimitação do Semiárido



Fonte: ANA (2018).

Quanto aos aspectos climáticos o Semiárido apresenta como características: a baixa incidência pluviométrica com sazonalidade concentrada em um curto período de mais ou menos três meses e estiagem ao longo do resto do ano; a pequena amplitude térmica anual que varia aproximadamente 5°C e a elevada taxa de evaporação potencial cerca de cinco vezes maior do que a precipitação (BRAGA, 2016).

A vegetação predominante no Semiárido é composta pelo bioma da caatinga, a mata branca na língua Tupi, e tem como características a vegetação xerófita e fisionomia decidual e espinhosa, com abundância das cactáceas e bromeliáceas. Essas características são importantes mecanismos adaptativos para o rigoroso clima quente e seco, como estiagens de até oito meses. A Caatinga, ou Savana Estépica brasileira, é tida como única no mundo, porém apesar da sua capacidade adaptativa ao clima as condições de degradação desse bioma têm avançado ao longo dos últimos anos pelo efeito da desertificação (GALVÃO *et al.*, 2013).

Sobre a geologia do Semiárido, Galvão *et al.* (2013) relatam que grande parte do Nordeste brasileiro é composto por rochas ígneas e metamórficas, formando o Complexo Cristalino Pré-Cambriano integrando a área denominada de Cratônica brasileira. Segundo os autores 60% do território do semiárido é composto por rochas cristalinas e o restante é formado pela sedimentação dessas rochas cristalinas depositadas em grandes bacias, como as bacias Paleozoica-Mesozoica Parnaíba e a Meso-Cenozoica Interior de São Francisco entre outras. Também estão presentes, no Semiárido, depósitos Terciários e Quaternários de deposições variadas (fluviais, lacustres, eólicas, etc.) a exemplo das barreiras litorâneas, solos de aluviões, dunas, mangues e praias. Essas formações possuem solos de sedimentação diversificados de conglomerados, arenitos de diversas graduações, siltitos, argilitos e folhelhos, além dos sedimentos de origem química: calcários, margas, dolomitas e sais de sódio e potássio.

As características da região semiárida associadas a fenômenos climáticos característicos como aquecimento das águas da superfície do Oceano Pacífico e do fenômeno *El Niño* geram longos períodos de escassez hídrica, essa concomitância de eventos que causa longos períodos de baixa pluviosidade é comumente chamada de Seca. As secas do Semiárido nordestino, muito conhecidas na literatura brasileira, variam em duração e intensidade, mas todas geram um agravamento das condições de vulnerabilidade das populações que habitam a região. Historicamente as secas são períodos associados com o aumento da destruição da vegetação nativa do bioma Caatinga, do avanço da desertificação, da escassez de alimentos e

da consequente emigração de populações humanas para as periferias dos grandes centros urbanos (BRAGA, 2016).

Durante muitos anos o entendimento da seca como um evento cataclísmico somente reforçou a busca de um enfrentamento direto contra o clima e uma tentativa humana de contornar os efeitos climáticos utilizando tecnologias de grandes proporções como as barragens. É importante ressaltar que a evolução tecnológica é um bem precioso da humanidade, sendo seu desenvolvimento e aplicação um importante elemento de melhoria das condições de vida humana na terra (MEDEIROS *et al.*, 2011). Mas essas tecnologias precisam ser empregadas de acordo com a realidade que elas se propõem a melhorar. Entender o contexto político, econômico e social de uma região é o primeiro passo para propor medidas que incidam de verdade como um meio transformador.

Quanto às relações econômicas e sociais do Semiárido é preciso entender um pouco sobre as questões agrárias e distribuição de terras nessa região que favorecem o modelo de produção do agronegócio em contra partida do modelo de agricultura familiar. Sobre o tema, Santos e Vidal (2015) realizaram um excelente estudo em seu trabalho sobre o modelo de produção da agricultura familiar. Segundo os autores o principal entrave para o desenvolvimento desse modelo produtivo é a questão de terras, sem acesso a maiores áreas para a produção as famílias se veem obrigadas a utilizar meios e técnicas que garantam uma maior produção muitas vezes excedendo o potencial agrícola do solo e suas limitações geoambientais.

Santos e Vidal (2015) apresentaram dados da Articulação no Semiárido Brasileiro (ASA) onde a distribuição de terras para agricultura familiar é de apenas 4,2% do total da área agrícola nacional, e nessa pequena porção de terra estão presentes mais de 2 milhões de unidades familiares. Ainda sobre as condições econômicas, 31,4% da população do Semiárido, mais de 5 milhões de pessoas, vivem com até um salário mínimo (valores de 2014). Assim observa-se que as famílias que praticam a agricultura familiar o fazem pela sua subsistência e ainda são levadas a utilizar técnicas de cultivo que podem esgotar o potencial agrícola dos seus solos com o objetivo de produzir um mínimo de renda, enquanto a grande maioria do território agrícola nacional ou produz monoculturas de exportação, que não compõem a base alimentar nacional, ou são grandes latifúndios improdutivos.

Quanto à agricultura familiar, entende-se como uma atividade produtiva onde a força de trabalho não é assalariada e sim consolidada ao grupo familiar, essa atividade milenar é gerida no entendimento de que a família depende do solo e, portanto, é fundamental manter um equilíbrio entre produção e preservação. A dinâmica de produção de excedente é o que

permite a unidade familiar negociar seus produtos e garantir renda, essa produção não é exclusivamente agrícola, a criação de ruminantes e não ruminantes também integram as diversificadas formas de produção dentro do contexto da agricultura familiar. Segundo Santos e Vidal (2015) é importante entender como se dá a divisão sexual do trabalho no meio da agricultura familiar, onde geralmente os homens são responsáveis pela produção agrícola e criação de ruminantes e as mulheres pela criação dos não ruminantes, o que fortalece a diversificação de produtos e garante o abastecimento do mercado regional.

As mulheres historicamente sempre foram as responsáveis pelo cuidado e manutenção do lar e das atividades de beneficiamento dos alimentos e manutenção dos bens necessários à vida no campo. Assim o tempo de deslocamento das mulheres para a manutenção da água em uma unidade familiar rural é considerado um parâmetro de qualidade de vida no campo. O acesso à água de qualidade, nas unidades rurais, permite as mulheres tempo para trabalhar em outras atividades produtivas como a criação de pequenos animais e artesanato complementando a renda da família (PONTES, 2013).

Segundo Santos e Vidal (2015) três pontos são importantes para a consolidação da agricultura familiar no campo: o território, que representa a área de exercício de poder ou a superfície total das unidades familiares; a posição/localização das unidades familiares no semiárido, o que represente a ocupação de terras com o melhor geoposicionamento do ponto de vista estratégico para produção e escoamento de mercadorias, ou próximos a grandes centros econômicos; e a rede de apoio, que em geral representa formas de organização política como cooperativas ou sindicatos que fortalecem os processos decisórios e consolidam trocas de experiências e informações importantes para o melhoramento técnico das produções familiares. O aperfeiçoamento técnico das famílias rurais permite a ampliação de renda e melhores condições no uso sustentável do solo, bem como a implantação de infraestrutura da unidade familiar permitindo melhor qualidade de vida e maior produção.

Carvalho (2009) apontou também para a necessidade de estudos sobre projetos de irrigação na agricultura familiar na região semiárida, tecnologia essa que pode contribuir para o fortalecimento desse segmento econômico e contribuir para a utilização sustentada dos recursos hídricos da região.

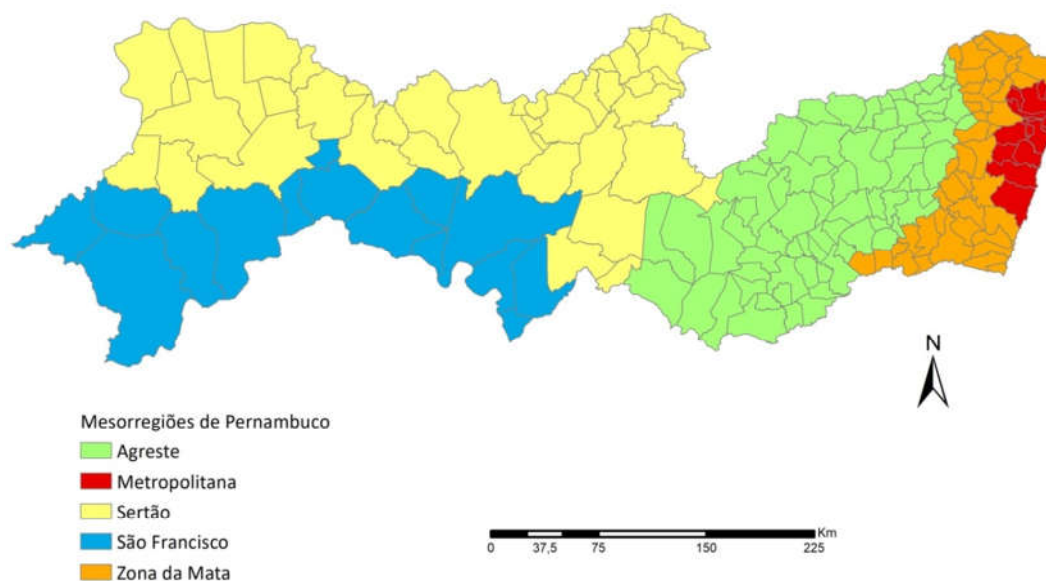
2.1.2 O Agreste Pernambucano

Segundo o IBGE (1990) o Brasil passa a ter uma classificação geográfica de mesorregiões quanto aos aspectos de organização do espaço para regiões delimitadas pelas

seguintes dimensões: Os aspectos naturais, a rede de articulações espaciais e os processos determinantes sociais. Assim surge uma divisão não administrativa que delimita os espaços geográficos em unidades de identidade regionais. Em 2017 o IBGE (2018) atualizou a divisão geográfica brasileira dividindo-a em Regiões Geográficas Imediatas e Regiões Geográficas Intermediárias.

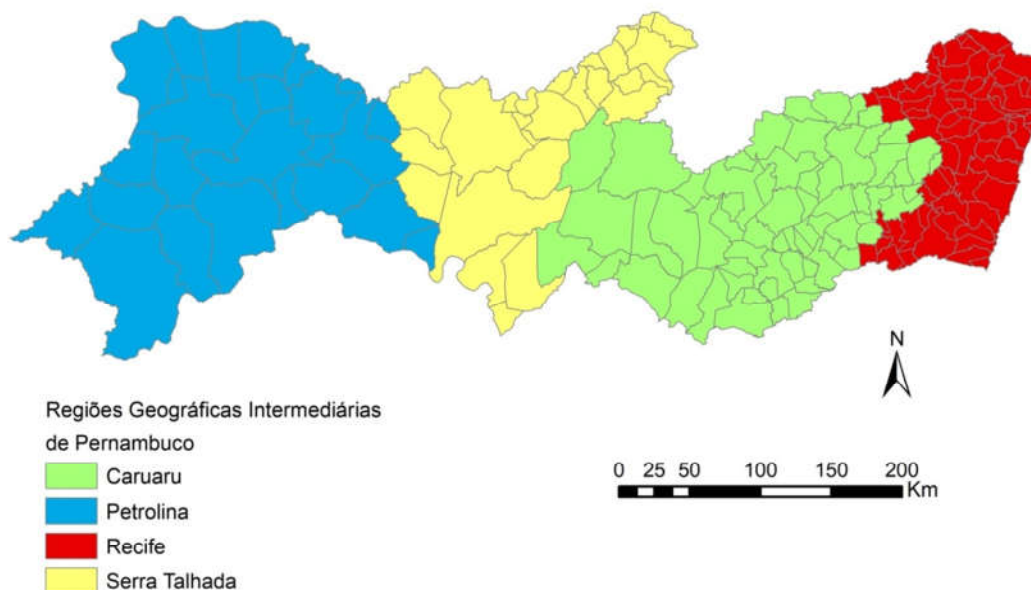
O Estado de Pernambuco é subdividido, segundo a metodologia antiga do IBGE (1990) em quatro mesorregiões, sendo do litoral ao interior do estado dispostos na seguinte ordem: Metropolitana do Recife, Zona da Mata de Pernambuco, Agreste Pernambucano, Sertão Pernambucano e São Francisco Pernambucano. Segundo a nova divisão geográfica brasileira, o Estado de Pernambuco apresenta quatro regiões geográficas intermediárias: Recife, Caruaru, Serra Talhada e Petrolina (IBGE, 2018). As duas classificações são apresentadas nas Figuras 02 e 03.

Figura 02 – Divisão geográfica de Pernambuco segundo mesorregiões



Fonte: Autor, a partir de dados do IBGE (1990).

Figura 03 – Divisão geográfica de Pernambuco segundo Regiões Geográficas Intermediárias



Fonte: Autor, a partir de dados do IBGE (2017).

Atualmente a nomenclatura segundo o IBGE (1990) é a mais empregada em trabalhos científicos, delimitando o Estado de Pernambuco em Mesorregiões e Microrregiões a partir de uma visão geopolítica e espacial. Escolheu-se, no presente estudo, adotar a nomenclatura até então mais utilizada na literatura, para facilitar o entendimento da escolha da região. Futuros trabalhos científicos deverão utilizar a nova nomenclatura proposta pelo IBGE (2017).

Para o entendimento da mesorregião do Agreste Pernambucano é necessário estudar três aspectos da sua condição geopolítica e ambiental: os aspectos bióticos, referentes ao tipo de vegetação predominante e composição do bioma local, os aspectos físicos, referentes às características geológicas, pedológicas, relevo, clima e hidrografia, e os aspectos socioeconômicos, referentes ao tipo de economia predominante da região e sua relação com o desenvolvimento local.

Sobre os aspectos bióticos, o Agreste pernambucano se insere dentro do Semiárido e por tanto seu bioma predominante é a Caatinga. Na porção mais a leste do Agreste e nos Brejos de Altitude, regiões elevadas com clima mais ameno, pode-se observar uma transição entre a vegetação característica da Zona da Mata para Caatinga, com vegetação de formação

mista entre mata atlântica (floresta subperenifolia) e vegetação subcaducifolia, que realizam a desfolhagem parcial em épocas específicas do ano. No restante do Agreste Central e na transição com o Sertão a vegetação varia de hipoxerófila a hiperxerófila, com árvores de pequeno a médio porte e presença de cactáceas (SANTOS *et al.*, 2016).

Sobre a caracterização do perfil do solo, segundo a EMBRAPA (ARAÚJO FILHO, 2000) no Zoneamento Agroecológico de Pernambuco há no Agreste Pernambucano predominância de Planossolo Háplico, com boa concentração de Neossolo Litólico e de Argissolo Vermelho-Amarelo.

O Planossolo Háplico, taxonomicamente, compreende solos com horizonte superficial (A) arenoso, com estrutura fraca e boa drenagem, porém apresenta um horizonte subsuperficial (B) com drenagem ruim, muito duro quando seco e muito plástico e mole quando úmido o que dificulta o manejo e a crescimento das raízes das plantas. Quanto à presença de matéria orgânica no solo, esta está concentrada principalmente no horizonte superficial, porém o tráfego de máquinas, a movimentação do solo e o cultivo excessivo contribuem para a compactação e erosão dessa camada de solo que favorece a oxidação acelerada e redução da matéria orgânica no solo (SOUSA *et al.*, 2013).

Os solos do tipo Planossolo Háplico, quanto aos aspectos químicos, mostram-se com pH ligeiramente ácido, entre 5,3 e 5,9, aumentando em relação a profundidade. No geral, são solos com baixo potencial agrícola, principalmente quando são apresentados no bioma Caatinga, na região do Sertão, no Agreste, esse solo se apresenta com uma camada superficial mais espessa, podendo ser utilizado para a plantação de pastagem, como capim e palma forrageira, e para a agricultura, como feijão, milho, sorgo e cana-de-açúcar (SOUSA *et al.*, 2013).

O Neossolo é um solo pedologicamente pouco desenvolvido, com horizonte superficial (A) relativamente próximo das características mineralógicas do seu material de origem. São rasos, com predominância de rocha e pedregulhos, atingindo a rocha sã em até 50 cm de profundidade (ALMEIDA *et al.*, 2015), no Agreste são encontrados os tipos Litólicos, que apresenta horizonte superficial mais rochoso, e Rególico com horizonte superficial mais arenoso.

Os Argissolos são solos que apresentam acentuada variação na quantidade de argila nas suas camadas superficial (A) e subsuperficial (B), possuem ampla variação de suas características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas. Com coloração variada entre o vermelho, amarelo e acinzentado, textura de pouco a muito argilosa, com drenagem de imperfeita a acentuada (TORRES e PFALTZGRAFF, 2014).

Quanto à compartimentação ambiental e relação solo-paisagem predomina no Agreste Pernambucano o Planalto da Borborema (Figura 04). O Planalto constitui-se de uma grande estrutura elevada, com altitude entre 400 e 900 m, relevo suave com algumas elevações que podem chegar a mais de 1.100 m. Acima de 800 m de altitude, estão compreendidos os chamados brejos de altitude, regiões de clima úmido, temperatura amena e com melhor recursos de solos para a agricultura (ARAÚJO FILHO, 2000). Nos brejos de altitude se desenvolvem atividades agrícolas diferenciadas como café, fruteiras, hortaliças e floricultura.

Figura 04 – Divisão do Estado de Pernambuco quanto à relação solo-paisagem



Fonte: Torres e Pfaltzgraff (2014).

Quanto à pluviosidade da região, a média anual varia em cerca de 750 mm, com exceção das regiões de Brejos de Altitude, que podem apresentar até 1750 mm/ano, principalmente devido aos efeitos orográficos que causam o barramento das massas de ar úmidas oriundas da costa litorânea. Quanto à temperatura média anual, nas regiões de Brejos de Altitude o valor varia de 19° a 22° C, e nas demais regiões do Agreste varia de 22,1° a 27° C (SANTOS *et al.*, 2016).

Sobre a organização macroeconômica do Agreste Pernambucano, Sousa e Silva (2015) trazem dados do SEBRAE que apontam para a importância da atividade têxtil na região, atividade essa que empregou mais de 100 mil pessoas entre os anos de 2000 e 2009, e gerou o equivalente a 5% do PIB de Pernambuco. Porém, segundo a Agência Estadual de

Planejamento e Pesquisas de Pernambuco (CODEPE/FIDEM) a principal atividade econômica do estado de Pernambuco e da região do Agreste é atribuída ao setor de serviços, seguida pela atividade industrial e pela Agropecuária (PERNAMBUCO, 2018), como mostra a Tabela 01.

Tabela 01 – Composição do valor agregado bruto - VAB, segundo as Regiões de Desenvolvimento de Pernambuco entre os anos de 2010 a 2015

Regiões de Desenvolvimento e municípios			Pernambuco	Região de Desenvolvi- mento Agreste Meridional	Região de Desenvolvi- mento Agreste Central	Região de Desenvolvi- mento Agreste Setentrional
Composição setorial (%)	2010	Agropecuária	4,78	12,67	8,17	8,99
		Indústria	21,93	7,77	13,16	12,76
		Serviços	73,29	79,56	78,67	78,25
	2011	Agropecuária	4,43	13,14	8,60	8,37
		Indústria	21,57	7,86	12,85	11,65
		Serviços	74,00	79,00	78,55	79,98
	2012	Agropecuária	3,54	11,55	7,53	6,72
		Indústria	21,99	8,55	13,57	15,42
		Serviços	74,47	79,90	78,90	77,85
	2013	Agropecuária	3,51	10,16	7,22	6,12
		Indústria	21,51	8,98	13,04	13,58
		Serviços	74,98	80,86	79,74	80,30
	2014	Agropecuária	3,33	9,67	6,84	6,31
		Indústria	18,60	6,52	12,42	10,91
		Serviços	78,07	83,81	80,74	82,78
	2015	Agropecuária	3,88	12,09	8,01	5,65
		Indústria	20,00	8,09	12,43	11,60
		Serviços	76,13	79,82	79,57	82,74

Fonte: Pernambuco (2018).

2.1.3 O Semiárido e a seca

A relação intrínseca que existe entre o Semiárido brasileiro e a seca, vai muito além da questão climática. Por muitos anos o entendimento da seca como uma adversidade, inimiga da população do semiárido, reforçou relações culturais que são incorporadas na lida diária desses povos com o meio ambiente em que vivem (ASSIS, 2012).

Hofstatter, Oliveira e Souto (2016), demonstram em um trabalho sobre educação ambiental no Semiárido baiano a complexidade do entendimento dos habitantes sobre o clima em que vivem. Segundo os autores, no imaginário dessa população, religiosidade e misticismo se fundem numa visão de que o sertanejo nasce sobre o estigma do sofrimento e que na lida com a seca se fortalece com o fardo inevitável que se pôs sobre ele. Essa visão, muitas vezes reforçada pela mídia de que o ambiente do Semiárido é impróprio para uma vida digna e próspera tem raízes históricas em um processo de dominação cultural que serviu por muito tempo aos interesses de uma pequena classe oligárquica dominante.

Albuquerque e Rêgo (2013) realizaram um levantamento da história da ação estatal no Semiárido brasileiro. Segundo os autores, desde o início na ocupação colonial, no século XVII, até o final do XIX houve pouca intervenção na região. Em 1877-79 com o avanço da tragédia da grande Seca, onde mais de 200 mil pessoas morreram em decorrência de fome, sede, saques ou da insegurança instaurada na região, houve a mobilização estatal com o intuito de combater a seca com a construção de açudes, mas que acabavam sendo construídos nas fazendas dos grandes proprietários rurais, coronéis que dominavam política e economicamente a região, contribuindo para a consolidação da indústria da seca.

Com a criação da Companhia Hidroelétrica do São Francisco (CHESF) e o Departamento Nacional de Obras Contra a Seca (DNOCS), ambos em 1945, com o intuito de avançar com o desenvolvimentismo nacional, inicia-se o plano de intenção quinquenal, que culminou na construção da hidrelétrica de Paulo Afonso e da rodovia Rio-Bahia, e que consolidou um marco nacional na busca por soluções para a seca. Apesar dos investimentos para elevar o patamar de industrialização do Nordeste, não houve alteração na dinâmica social da região. As obras de infraestrutura consolidavam um pacto que garantia o apoio das oligarquias regionais ao Estado Novo e aos governos seguintes (ALBUQUERQUE e RÊGO, 2013).

Com a criação do Banco do Nordeste do Brasil (BNB), em 1952, no intuito de viabilizar empréstimos industriais e agroindustriais para o desenvolvimento do Nordeste, e a criação da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) em 1959, como base da política de integração nacional do Plano de Metas do governo JK (1955-60), o governo tenta um rompimento com as oligarquias regionais, a partir da burocratização e descentralização de tomadas de decisão, com o desenvolvimento de uma autarquia voltada a resolver os problemas do Semiárido propondo uma economia adequada ao seu meio físico. Porém essas medidas foram utilizadas pelas próprias oligarquias em seu favor, que se beneficiaram com os empréstimos do BNB e foram capazes de regular as ações da SUDENE

que passou a funcionar através da barganha política para realizar qualquer ação no semiárido (ANDRADE e CORDEIRO NETO, 2016).

Os anos posteriores não foram favoráveis à SUDENE, que devido à autoridade instaurada com o golpe militar em 1964 e o Plano Nacional de Desenvolvimento (PNDs), entre 1970 e 1984, novamente centralizam as decisões políticas ao Governo Federal, desconsiderando o acúmulo histórico técnico, científico e social da Superintendência. Assim, seguem-se anos de modernização conservadora aos custos de financiamento internacional, voltados ao desenvolvimento industrial e da agroindústria com grandes projetos de irrigação em determinados polos de crescimento econômico (exemplo, Vale do São Francisco), consolidando a concentração de renda e poder político dos grandes proprietários de terras e devastado o bioma natural da Caatinga (SILVA, 2007)

Assim vê-se que a formação social do Semiárido constitui-se basicamente pelo poder hierárquico da política do coronelismo o que gerou uma cultura de submissão, comodismo e clientelismo. A localização do Semiárido, distante dos centros de decisão política, e representado como um local incapaz de grande produção econômica, contribuiu para reforçar uma identidade submissa da população rural, conformada com o que fosse possível conseguir através do assistencialismo do governo (HOFSTATTER, OLIVEIRA E SOUTO 2016). Seria necessária uma transformação do povo para mudar esses paradigmas.

Nas últimas décadas a gestão política dos problemas voltados à seca passou por diversas mudanças, novos agentes como as ONGs e entidades civis ocuparam o vácuo deixado pelo Estado. A Igreja Católica foi uma das entidades que contribuíram para o fortalecimento do desenvolvimento comunitário, atuando em regularizações fundiárias, garantindo o acesso aos benefícios da seguridade social, promovendo a alfabetização de jovens e adultos, organizando os sindicatos rurais e lutando pelo acesso à água e a terra da população rural. Assim as lutas por direitos e acesso à água nas comunidades mais pobres se tornou uma forma de unificar a população contra a concentração de terras e a instaurada indústria da seca (ASSIS, 2012).

Nesse conjunto de iniciativas organizadas pelos movimentos civis se buscava o enfrentamento das desigualdades do campo com a redução da vulnerabilidade das famílias rurais com a promoção do acesso à água, acesso a terra, acesso a moradia, a preservação ambiental e a dignidade humana. Essas lutas, que fortaleciam as cooperativas/associações rurais, tinham como premissa a agricultura familiar como forma de inclusão socioprodutiva sustentável e solidária. Movimentos, como o organizado pela Igreja Católica de construção de cisternas de placas de cimento no Semiárido através de doações e trabalho cooperativo,

contribuíram para a emancipação das comunidades rurais do modelo clientelista de acesso à água pela ação política e tornou-os agentes do seu próprio destino. Construiu-se assim, através do próprio povo, uma forma de lidar com o problema da seca mudando as estruturas sociais, econômicas e políticas regionais (ASSIS, 2012).

No ano de 1999, durante a 3ª Conferência das Partes da Convenção de Combate à Desertificação e à Seca (COP3) da Organização das Nações Unidas (ONU), sediada em Recife-PE, as organizações civis de luta por direitos no Semiárido lançaram a Declaração do Semiárido Brasileiro que rompeu com o pensamento de combate à Seca, e apontou medidas concretas para a prática e convivência com o Semiárido, como o projeto de construção de um milhão de cisternas (ASA, 2018).

Surgida desse processo da Declaração do Semiárido Brasileiro a Articulação do Semiárido Brasileiro (ASA Brasil) é uma rede formada por mais de três mil organizações da sociedade civil que tem como missão promover a luta por direitos no campo e o desenvolvimento sustentável através da convivência com o Semiárido. Suas ações são pautadas na cultura do estoque de água, alimentos, sementes, animais e todos os elementos indispensáveis a vida na região (ASA, 2018). São organizações como essa que provam que a sociedade civil é capaz de gerir um processo pleno, participativo e democrático, com auxílio do Estado, e romper com a visão assistencialista que por muito tempo foi a principal forma empregada pelo Estado à população do Semiárido, mesmo que essa não seja uma tarefa fácil.

Mancal *et al.* (2016) realizaram uma reflexão sobre as condições adaptativas das comunidades rurais do Semiárido, e concluíram que as secas, hoje, não provocam mais o cenário de fome e a migração da população do campo, como comumente observado nos fenômenos no século XX. Isso se deve, segundo os autores, principalmente pelos programas assistenciais, mas ainda há muito no que se avançar. As comunidades rurais, apesar das estratégias implementadas de convivência com a seca, ainda não se apropriaram dos recursos necessários a garantir sua capacidade adaptativa. É necessário fortalecer o capital econômico e humano dessas comunidades para que elas sejam capazes de potencializar as ações governamentais.

2.2 A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS DIANTE DA ESCASSEZ HÍDRICA.

Para compreender o atual modelo de Gestão de Recursos hídricos no país é necessário compreender como se origina a política global de preservação do meio ambiente e

o modelo de desenvolvimento sustentável diante das adversidades climáticas estudas pelos pesquisadores desde a década de 1970.

As discussões sobre a preservação do meio ambiente e as consequências de um crescimento econômico e desenvolvimento sem limites remontam do Clube de Roma em 1971, quando ambientalistas ao redor do mundo se unem para o lançamento do informe intitulado de Os Limites do Crescimento. O texto ficou conhecido pelo surgimento do conceito de “Crescimento Zero”, que alertava para os problemas de inviabilidade dos meios de crescimento econômicos da época. A tentativa de frear o vigente modelo de crescimento econômico não foi visto com bons olhos pelas grandes potências econômicas, mas as consequências climáticas já eram preocupantes e mereciam a atenção mundial.

Em 1987, durante a reunião da Comissão Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD) é produzido o Relatório Brundtland que consolida o conceito de Desenvolvimento Sustentável como sendo “o desenvolvimento que satisfaz as necessidades da geração presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras para satisfazer as suas próprias necessidades”. Segundo Lima (2009), apesar de o relatório ter consolidado um dos principais conceitos de desenvolvimento da atualidade ele também foi uma tentativa de contrapor o argumento do crescimento zero proposto pelo Clube de Roma. Seu argumento era de que a pobreza era responsável pela má utilização dos recursos gerando pressão sobre o sistema ambiental, assim se fazia necessário a erradicação da pobreza absoluta com mais crescimento econômico de maneira sustentável.

A conciliação entre economistas e ambientalistas se deu através da proposição da Organização das Nações Unidas (ONU) da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, sediada no Rio de Janeiro em junho de 1992, reunindo líderes do mundo todo para definir estratégias para um desenvolvimento sustentável a nível global.

A importância da Conferência, mais conhecida como Rio 92, foi tremenda. Nela se firmaram dois tratados internacionais fundamentais à construção de um novo modelo de desenvolvimento: a Convenção sobre Alterações Climáticas e a Convenção sobre Diversidade Biológica; e três documentos importantes: a Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, a Declaração de Princípios sobre Manejo das Florestas e a Agenda 21. A Agenda 21 é sem dúvida o documento mais conhecido em relação às diretrizes ambientais mundiais firmadas na Rio 92, ela propôs um calendário de ações, com programas e atividades mundiais capazes de reverter a situação de degradação ambiental e estabelecer o desenvolvimento sustentável como base da economia. Outro resultado importante da Rio 92

foi a proposição da Convenção das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima que culminaria com o Protocolo de Quioto, responsável pela regulação da emissão dos gases de efeito estufa no planeta.

Lima (2009) discutiu em seu trabalho que apesar da Agenda 21 ter se tornado o marco do desenvolvimento sustentável, e que vários países terem se comprometido em formar comissões para implantação das estratégias propostas pela agenda, a não adesão dos EUA, principal poluidor do planeta, enfraqueceu a ideia de consolidação de um tratado mundial que mudasse o modo de produção econômico vigente para o modelo de Desenvolvimento Sustentável. Ficava assim a sugestão de que os países se comprometessem, mas sem força de um tratado mundial.

O Brasil como centro da discussão mundial sobre o desenvolvimento sustentável na Rio 92, avançava em consolidar suas próprias políticas de meio ambiente. Em 1981 se define a Política Nacional de Meio Ambiente, com o objetivo conciliar o desenvolvimento econômico com a preservação do meio ambiente, definindo áreas prioritárias de ação governamental e estabelecendo critérios e padrões de qualidade para os recursos ambientais. Ficam responsáveis pela manutenção e fiscalização de ações ambientais o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), o Ministério do Meio Ambiente (MMA), o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis (IBAMA) (junção dos antigos Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal - IBDF, Superintendência da Pesca – SUDEPE, Superintendência da Borracha – SUDHEVEA e a Secretaria do Meio Ambiente – SEMA) e o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) (BRASIL, 2018).

O Brasil instituiu em 1997 a Lei Nº 9.433 que define a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SINGREH). Segundo o Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2018) a PNRH é um instrumento responsável pela orientação da gestão de águas no país, que visa “estabelecer um pacto nacional para a definição de diretrizes e políticas públicas voltadas para a melhoria da oferta de água, em quantidade e qualidade, gerenciando as demandas e considerando ser a água um elemento estruturante para a implementação das políticas setoriais, sob a ótica do desenvolvimento sustentável e da inclusão social”. Na prática, a PNRH só entrou em vigor em 2006 quando foi aprovado pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos, após extensa mobilização da sociedade civil sob a coordenação da Agência Nacional da Água (ANA).

São também objetivos da PNRH: melhorar a disponibilidade hídrica, superficial e subterrânea, em quantidade e qualidade; reduzir os conflitos reais e potenciais do uso da água,

assim como em eventos hidrológicos críticos; e manter a percepção da conservação da água como valor socioambientalmente relevante. (BRASIL, 2018). Wolkmer e Pimmel (2013) discutem sobre a importância do processo de governança da água que foi aprofundado junto ao debate que possibilitou o surgimento do PNRH. Segundo as autoras, o conceito de governança (*governance*) surgiu através do Banco Mundial para classificar práticas de um Estado eficiente, utilizado no contexto das reformas neoliberais. O conceito foi então sendo apropriado por teóricos e ganhou uma nova tipologia: Uma prática governamental de abordagem mais participativa, envolvendo atores públicos e privados, descentralizando o processo de tomada de decisão e fortalecendo as dinâmicas democráticas.

Assim a Política Nacional de Recursos Hídricos, descentraliza o poder de tomada de decisão aplicando os conceitos de governança e institui as bacias hidrográficas como unidades de planejamento e onde se decidem as estratégias de gestão. Passa-se então de uma abordagem tecnocrata e autoritária, voltada para o processo de intensa industrialização, para uma abordagem com foco regional e baseada no desenvolvimento sustentável (WOLKMER e PIMMEL, 2013).

Apesar da descentralização da tomada de decisões e a governança empregada no PNRH, uma gestão totalmente democrática e voltada para garantir os direitos básicos da população ainda é uma realidade distante no contexto brasileiro. Fonseca e Bursztyn (2009) discutem em seu trabalho sobre a banalização do conceito de governança ambiental e a utilização do poder descentralizado como forma de fortalecimento de elites locais privilegiadas. A incorporação de uma lista de critérios de prática sustentáveis para enquadrar agentes como elementos de boa governança, pode gerar o que os autores chamam de “*free-riders*”, que são elementos que se aproveitam do cumprimento da burocracia necessária para serem considerados sustentáveis, mas que na realidade não desempenham qualquer tipo de prática nesse âmbito.

Sobre o Semiárido brasileiro e o contexto das secas, as políticas públicas fazem-se necessárias como elementos de superação à escassez hídrica. Após 20 anos da Rio 92, em 2012, foi realizada novamente a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável no Rio de Janeiro, a Rio +20. O evento recomendou o desenvolvimento de planos que possam garantir a mitigação das consequências das secas e ajuda as áreas propensas a longas estiagens, bem como o auxílio aos refugiados ambientais. Porém apesar do avanço dos últimos anos ainda se está muito longe da garantia de segurança hídrica no semiárido (SANTANA, 2015).

No Semiárido várias tecnologias de baixo custo foram sendo empregadas desde os anos 70 no intuito de garantir a mínima condição de subsistência hídrica. Cisternas, barreiros para irrigação de salvação, captação in situ, exploração de vazante e barragens subterrâneas são algumas das técnicas que se consolidaram através da contribuição de diversos pesquisadores e foram embasadas em conhecimentos populares (SANTANA, 2015).

As cisternas são uma tecnologia popular que utiliza o armazenamento da água de chuva para abastecimento humano e dessedentação animal. Inicialmente um projeto comunitário, com o objetivo de fortalecer e emancipar as populações mais carentes, foi incorporado pelo Programa um Milhão de Cisternas (P1MC), posteriormente substituído pelo Programa Água para Todos. A partir da iniciativa governamental mais de um milhão de famílias foram atendidas com a construção de cisternas e a garantia mínima de armazenamento hídrico (SANTANA, 2015).

2.3 BARRAGENS E MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO SEMIÁRIDO.

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2018) as barragens são tecnologias de grande porte utilizadas para o represamento do fluxo natural de um rio gerando o acúmulo de água a jusante em um reservatório. As barragens, segundo a lei nº 12.334/2010, podem ser utilizadas para: acumulação de água, geração de energia hidrelétrica, disposição final ou temporária de rejeitos de minerais, ou para a disposição de resíduos industriais.

Esse enorme empreendimento tem sido debatido por diversos cientistas devido ao seu grau de transformação do meio natural. A ação antrópica no meio natural tem contribuído para a alteração dos regimes pluviométricos e consequente desequilíbrio do ciclo hidrológico. Segundo Dadson, Acreman e Harding (2013), essa intervenção humana no ciclo hidrológico mediante a construção de barragens, juntamente com extração contínua de reservas subterrâneas e a utilização de água para fins de irrigação extensiva, gera impactos direto no clima. Muitas vezes a demanda de água antrópica é maior em volume do que outros componentes naturais do balanço hídrico, assim em regiões onde a captação de rios ou águas subterrâneas são maiores do que a capacidade de recarga torna-se iminente o colapso dos recursos hídricos e o aumento da vulnerabilidade das comunidades locais.

O cenário de aquecimento global previsto para o século XXI torna preocupante o cenário de escassez hídrica no Semiárido. Segundo Braga (2016) essa região sofrerá com uma diminuição significativa do regime pluviométrico e as secas prolongadas serão mais

recorrentes, gerando a alteração de energia no bioma da Caatinga e o consequente avanço da desertificação.

Marengo *et al.* (2011) aponta para o efeito do avanço da “aridização”, ou seja, uma situação na qual o déficit hídrico da região semiárida, que hoje dura de 6 a 7 meses no ano, seria estendida para o ano todo, causando a impossibilidade do desenvolvimento da agricultura de sequeiro na região e consequente aumento da vulnerabilidade das comunidades já em situação de risco.

Assim as barragens podem não só, não ser uma solução para a convivência da população do semiárido com a seca, como também ser uma das causas que levam as condições climáticas da região a piorarem. Considerando apenas o efeito de aumento de temperatura nos cenários propostos pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) para o século XXI, já seria preocupante o aumento exponencial do efeito da evaporação e consequente redução drástica nos níveis dos reservatórios. Alguns Indicadores ainda apontam para a redução de até 70% das reservas subterrâneas dos aquíferos nordestinos até o ano de 2050, devido à diminuição das chuvas e perda de recargas devido ao consumo humano (MARENGO *et al.*, 2011).

Outro aspecto pouco levado em consideração pelos estudos de impactos ambientais e pelas políticas públicas que apoiam a construção das barragens é o dano às comunidades que precisam ter suas terras desapropriadas para a construção da barragem. Segundo Ferreira *et al.* (2014), as perdas humanas e históricas durante o processo de construção de uma barragem são enormes. Em seu trabalho, que aponta para a ineficiência dos processos compensatórios de perdas sofridas pelas comunidades, os autores analisaram a importância do patrimônio imaterial, subjetivo, que não é levado em conta quando se pesa a relação custo benefício de uma obra de grandes proporções como a construção de uma barragem. Segundo os autores o valor monetário utilizado para compensar as perdas da população atingida pela construção de uma barragem deve aproximar-se do valor que essa população dá ao recurso perdido, devendo refletir mais sobre o aspecto da qualidade de vida do que sobre o modelo de desenvolvimento econômico do país.

Fica claro que antes mesmo de serem avaliadas as opções de estratégias para uma dada região, a barragem, como um empreendimento econômico de grande porte, movimenta os interesses econômicos e faz com que seja a única opção visível como solução para a região. A dignidade humana das comunidades que sofreram as perdas irreparáveis da desapropriação e deslocamento involuntário é totalmente negligenciada quando comparada com as forças que se movem para justificar economicamente e ambientalmente a necessidade da construção da

barragem. Queiroz e Motta-Veiga (2012) apresentam ainda os efeitos danosos na saúde das comunidades e a alteração no seu modo de vida devido ao deslocamento compulsório e a ruptura social, causados pela construção da barragem.

É necessário, portanto, políticas públicas que garantam a utilização de tecnologias condizentes com a realidade do semiárido, e que permitam uma transformação social das comunidades vulneráveis a partir da convivência com o clima. Exemplos de tecnologias já sendo empregadas no Semiárido com grande êxito para a garantia de recursos hídricos das comunidades mais vulneráveis são as cisternas e as barragens subterrâneas.

2.4 DESASTRES, VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL E RISCO.

Com o avanço da urbanização e o crescimento da população global, aliados à escassez de terras e a má distribuição de renda, observa-se um aumento do contingente populacional que passou a viver em áreas propensas a desastres (FREIRE, BONFIM e NATENZON, 2014). Apesar do avanço das tecnologias que possibilitaram uma mudança nesse cenário, as soluções de engenharia junto à saúde pública possuem um dilema: as intervenções antrópicas no ambiente, com o crescimento socioeconômico das atividades humanas, ampliam o ambiente construído favorecendo certos eventos climáticos (SPINK, 2014) contribuindo assim para os desastres.

Desastres são resultantes de eventos climáticos naturais ou causados pelas ações humanas, sobre um ecossistema de vulnerabilidade que gera danos humanos, materiais, ambientais e econômicos (CASTRO e CALHEIROS, 2007; FREIRE, BONFIM e NATENZON, 2014). Apesar dos desastres naturais ocorrerem por todo o mundo, existem regiões que são mais susceptíveis que outras. Isso se dá devido à frequência e magnitude com que essas regiões são afetadas, mas também devido à vulnerabilidade dos seus sistemas sociais (GUIMARÃES *et al.*, 2014). Dados sobre desastres ambientais apontam para um maior impacto em países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento (FREITAS *et al.*, 2012).

Na literatura brasileira, vários autores têm concordado que o conceito de vulnerabilidade é composto por três importantes elementos: exposição ao risco, capacidade de reação e adaptação diante da materialização do risco (resiliência) (FREIRE, BONFIM e NATENZON, 2014; GUIMARÃES *et al.*, 2014; ALVES, 2013; FREITAS, CUNHA e RAMOS, 2013; OBERMAIER, 2011). Assim, vulnerabilidade, no entendimento socioambiental, pode ser definida como o estado de susceptibilidade a danos causados por desastres naturais, associando as relações de mudanças ambientais com a capacidade de

adaptação do indivíduo ou grupo vulnerável e sua resiliência em manter as estruturas fundamentais após o desastre para a continuidade do seu desenvolvimento (OBERMAIER, 2011).

Essa definição de vulnerabilidade tem sido utilizada com frequência por grupos acadêmicos e entidades governamentais, principalmente pelo enfoque mais abrangente do que a tradicional associação direta de vulnerabilidade com pobreza. A abordagem dessa relação direta entre vulnerabilidade e pobreza, baseada exclusivamente no nível de renda monetária e em índices de desenvolvimento humano regionais, não abrangem a exposição ao risco e perturbações provocadas por eventos econômicos e ambientais nas vidas de grupos vulneráveis (ALVES, 2013).

As potencialidades organizativas das comunidades vulneráveis (como formação de cooperativas produtivas) ou características próprias dessas comunidades (como o empreendedorismo na utilização de uma planta típica como fonte de renda, ou artesanato típico cultural) são fatores que garantem a resiliência e permanência de grupos vulneráveis em seus ambientes, portanto, representam importantes estratégias das próprias comunidades em lidar com os impactos que as afetam (ANDRADE, SILVA e ROZENDO, 2014).

Os conceitos de vulnerabilidade social e pobreza são diferentes, mas possuem uma forte ligação. A vulnerabilidade de um grupo ou indivíduo está relacionada com a condição de susceptibilidade desse grupo a eventos de perdas futuras, condições essas que serão agravadas para os indivíduos com menos recursos ou sem acesso a infraestrutura pública (DA SILVA ROSA *et al.*, 2015; KATZTMAN *et al.*, 1999; DASGUPTA *et al.*, 2005).

É importante ressaltar que o conceito de vulnerabilidade é utilizado num contexto multidisciplinar em áreas como o direito, segurança alimentar, macroeconomia, psiquiatria, saúde, prevenção de desastres, etc. Não existe apenas um conceito que seja utilizado por todas as áreas. Assim o enfoque deste trabalho é a utilização do termo de vulnerabilidade associados às condições socioambientais de comunidades que vivem em condições de risco inerentes a seca na região do Semiárido (SPINK, 2014).

Na literatura, a abordagem socioambiental é uma referência ao produto da relação entre os sistemas da sociedade e os da natureza, e as constantes transformações que essa relação sofre ao longo do tempo. É necessária uma abordagem multidisciplinar tendo em vista que a problemática inerente da relação humana com o meio ambiente é o produto combinado no mesmo espaço e tempo dos fenômenos naturais e dos fenômenos antrópicos que alteram o espaço em função de suas necessidades (OLÍMPIO *et al.*, 2013). Quando essa relação entre o homem e o meio ambiente não se dá de maneira harmônica, gera danos expressivos em ambos os lados.

Para as geociências o termo vulnerabilidade vem sendo utilizado para expressar instabilidade dos ambientes, consistindo no grau de estabilidade ou instabilidade dos elementos físicos e bióticos frente à intensidade dos processos de mudança ambiental. Assim entende-se por vulnerabilidade ambiental a capacidade de resposta do meio as ações antrópicas. No campo das ciências sociais a vulnerabilidade associado ao conceito de sociedade, é entendida como as formas em que pessoas e grupos sociais são afetados por fenômenos diversos, levando em conta como as questões culturais, étnicas, políticas, econômicas, educacionais, sociais e de saúde irão diferenciar determinados grupos quanto à intensidade com que elas serão afetadas por esses fenômenos (ZANELLA *et al.*, 2013). A desigualdade e a má distribuição de renda são fatores que influenciam na vulnerabilidade social. Uma vez que as questões de acesso à moradia, emprego, saúde pública, educação, entre outras infraestruturas urbanas, são relacionadas com a desigualdade social, os grupos urbanos mais vulneráveis são consequentemente aqueles que possuem menor renda e que vivem em ambiente rural.

Uma das teorias que se destaca como precursora do entendimento do conceito de vulnerabilidade é a teoria social do risco. Freire, Bonfim e Natenzon (2014) e Alves (2013) abordaram em seus trabalhos essa teoria que fala sobre a condição da “sociedade do risco”. Segundo os autores vivemos em uma época onde cada vez mais a população mundial é afetada por danos cada vez maiores. Porém, os desastres não são igualmente danosos para todos. A desigualdade social torna grupos populacionais mais susceptíveis a esses danos do que outros. Para Freire, Bonfim e Natenzon (2014) o risco de um grupo populacional é definido pela equação: $\text{Risco} = \text{Perigo} \times \text{Vulnerabilidade}$. Os autores definiram ainda quatro esferas importantes para os estudos dos desastres, são elas: a periculosidade do fenômeno natural; a condição socioeconômica antes do desastre e a capacidade de superá-lo; a exposição, gerada pela relação entre a vulnerabilidade e a periculosidade; e a incerteza, ou a capacidade técnica e conhecimento para antever o desastre.

Outra área de pesquisa que abordou o conceito de vulnerabilidade é a Psicologia Social. Lemos e Higuchi, (2011), contextualizam as questões de desigualdade social e vulnerabilidade com a relação psicológica das ações humanas e seus grupos. A autora contextualiza o conceito de *ethos* socioambiental, que é a concepção e forma do compromisso ambiental que define as atitudes dos sujeitos sobre o meio ambiente. O conceito de *ethos* abrange a relação do sujeito com o seu ambiente, suas aspirações, valores e princípios orientadores que configuram o sua atitude de responsabilidade e cuidado com a vida, desde o convívio em sociedade até a conservação do ambiente que lhe rodeia.

Além das abordagens que correlacionam as ações humanas com o meio ambiente, há na literatura um destaque iminente para as questões de alteração climática. Em 2008, foi publicado no Brasil o Plano Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) que teve como objetivo combater os problemas advindos das mudanças climáticas. Um de seus objetivos foi o fortalecimento de ações para reduzir a vulnerabilidade das populações (TIBÚRCIO e CORRÊA, 2012). Como consequência desse plano, a vulnerabilidade passou a ser observada pelos gestores como um elemento multidisciplinar que contextualiza as questões culturais, sociais e econômicas de uma população como fatores que influenciam nas respostas aos impactos das mudanças climáticas.

Dentro dos estudos de mudanças climáticas, principalmente nos estudos sobre desastres naturais (*natural hazards*) e avaliação de risco (*risk assessment*), é presente a preocupação com a interação entre os riscos locais e o grau de exposição da população submetida a eles (ALVES, 2013). Esforços globais e nacionais têm mapeado as comunidades já em condições de vulnerabilidade que serão severamente atingidas pelas mudanças climáticas. É preciso, então, entender o contexto histórico de ocupação do território brasileiro e de onde surgem as vulnerabilidades urbanas e sociais da sua população como forma de mapear suas origens para assim propor estratégias concretas de enfrentamento de sua vulnerabilidade.

Durante o aceleramento do crescimento econômico brasileiro no século XX, as cidades brasileiras, centros de grandes transformações econômicas, sociais e espaciais, passaram por um processo de intensa industrialização, concentrando capital e trabalho. Esse processo de industrialização das cidades aliado a má distribuição de terras agrícolas (concentradas nas mãos de grandes latifundiários) promoveu a migração do homem do campo para a cidade (DA SILVA ROSA *et al.*, 2015; SANTOS, 2006; e ALMEIDA, 2003). Esse êxodo rural-urbano, condicionado pela apropriação de terras pelo capital, também se refletiu nas cidades. Com a ausência de políticas públicas que garantisse a distribuição adequada de terra para moradias dignas e com supervalorização do capital imobiliário das melhores porções de terras, os grupos sociais mais desfavorecidos tiveram que ocupar os espaços de menor valor comercial, ou que muitas vezes não estariam disponíveis para habitação, tais como as áreas de preservação ambiental (DA SILVA ROSA *et al.*, 2015).

A ocupação por comunidades de baixo poder aquisitivo de áreas de proteção ambiental ocorre devido o modelo de fragmentação espacial baseado na desigualdade social (FREIRE, BONFIM e NATENZON, 2014). Esse modelo de desigualdade espacial submete os grupos de baixo poder aquisitivo a elevadas condições de vulnerabilidade por ocuparem

áreas propícias a desastres naturais. São áreas como regiões de encostas, suscetíveis a deslizamentos, ou áreas como leitos de rios, que são sazonalmente alagadas devido ao período chuvoso natural da região.

A ocupação de áreas periféricas urbanas por parte de comunidades de baixo poder aquisitivo se dá de maneira desordenada e irregular. As ocupações ocorrem através de invasões e permanências, consequentemente surgem aglomerados urbanos informais associados à exclusão social, onde é comum a ausência de políticas públicas (DA SILVA ROSA *et al.*, 2015). O dilema do déficit habitacional de que as políticas públicas de zoneamento para uso e ocupação do solo não conseguem abranger as necessidades das populações de baixa renda, gera, portanto, o deslocamento dessa população para áreas impróprias de habitação, geralmente áreas propensas a desastres naturais, criando comunidades vulneráveis que não serão assistidas pelo poder público, devido o caráter ilegal de suas moradias.

2.5 ÍNDICE DE VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL

Com o avanço do estudo das mudanças climáticas e o entendimento de que determinados desastres ambientais se agravarão em regiões de pobreza pelo mundo, o conceito de vulnerabilidade ganhou um enfoque preventivo e passou a ser utilizado nos processos de gestão ambiental. Assim, para facilitar o processo de modelagem da realidade e o entendimento dinâmico das questões de vulnerabilidade, diversos autores propuseram a utilização de indicadores ambientais ou índices de vulnerabilidade, com um enfoque socioambiental (MALTA, COSTA e MAGRINI, 2017)

Indicadores são ferramentas de auxílio da gestão ambiental de caráter quantitativo resultantes da relação de pelo menos duas variáveis primárias (temporal, espacial, ambiental, etc.), e são também utilizados na modelagem matemática da realidade facilitando a compreensão dos fenômenos, aumentando a capacidade de comunicação de dados primários e adaptando a informação para uma linguagem simples auxiliando as tomadas de decisões (MAGALHÃES JR, 2007).

É de suma importância que alguns critérios sejam observados durante a utilização de indicadores, pois eles devem possuir qualidades que justifiquem a sua escolha: simplicidade, nível de acessibilidade social (fácil compreensão), objetividade, relevância, flexibilidade, condições de análise (técnico-científico), mensurabilidade, comparabilidade como outros indicadores e qualidade dos dados (MAGALHÃES JR, 2007 e HAMILTON, 1996).

Os principais tipos de indicadores utilizados no mundo são: indicadores socioeconômicos e de qualidade de vida; indicadores ecológicos; indicadores biológicos; indicadores de estrutura política/legal/institucional; indicadores ambientais; indicadores hidrológicos; indicadores demográficos; e Indicadores de desenvolvimento sustentável (MAGALHÃES JR, 2007). Todos são conjuntos de elementos capazes de, em uma escala métrica, determinar uma medida referenciada de uma característica da realidade.

Há uma pequena confusão entre a diferença de indicadores e índices, como bem explicaram Shiche *et al.* (2007). Segundo o autor em uma análise simplificada ambos, indicador e índice, possuem o mesmo significado: representam uma medida da realidade. Porém, para o autor, índice é “o valor agregado final de todo um procedimento de cálculo onde se utilizam, inclusive, indicadores como variáveis que o compõem” (SICHE *et al.*, 2007), ou seja, pode-se dizer que o índice é um indicador de metodologia mais complexa.

Dentro do contexto de impactos globais uma ferramenta tem se mostrado eficaz na compreensão dos elementos que contribuem para o risco de comunidades em situação de vulnerabilidade é o índice de vulnerabilidade socioambiental. Diversas são as metodologias empregadas para a sua formulação, mas todas concordam na eficácia dos indicadores como elementos de monitoramento dinâmico das condições de risco. O índice de vulnerabilidade socioambiental, como tem sido visto na literatura, retrata através de um recorte socioeconômico, político e ambiental as relações entre os desastres ambientais e a susceptibilidade de comunidades vulneráveis aos danos causados por esses desastres.

Atualmente, devido à própria multidisciplinaridade que culminou no surgimento do índice, constata-se o surgimento de diversas metodologias para o seu cálculo. Ainda não há um consenso sobre a melhor forma de como formatar o índice de vulnerabilidade socioambiental, mas o surgimento de novas técnicas (como o geoprocessamento) tem apontado para uma visão espacial e de melhor compreensão dinâmica desse índice. A tendência geral é de que o índice de vulnerabilidade socioambiental seja um conjunto de informações sobre as condições de exposição ao risco, a capacidade de reação frente ao desastre e a resiliência de um grupo estudado. Alguns trabalhos e metodologias aplicadas pelos autores serão apresentadas a seguir.

2.5.1 Metodologias para o cálculo do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental

A seguir são apresentadas algumas das metodologias encontradas na literatura sobre o Índice de Vulnerabilidade Socioambiental e seu cálculo. As metodologias diferem quanto ao

modelo de cálculo utilizado e quanto ao entendimento de que aspectos quantitativos devem ser empregados como variáveis iniciais do modelo do índice.

Gamba e Ribeiro (2012) calcularam o Índice de Vulnerabilidade Socioambiental voltado para o processo de escorregamento, através da média aritmética de três conjuntos de indicadores: O Índice de Vulnerabilidade Infraestrutural, composto pelos índices de cobertura de água, esgoto e coleta de lixo; o Índice de Vulnerabilidade Social, composto pelos índices de renda mensal, moradores de favelas e anos de estudo; e o Índice de Vulnerabilidade Ambiental, composto pelos fatores de temperatura, inclinação do terreno e cobertura vegetal.

Através de estudos sobre os impactos das queimadas na Amazônia, Gonçalves *et al.* (2014) propuseram um Indicador sintético de vulnerabilidade socioambiental através de uma abordagem qualitativa, quantitativa e de geoprocessamento. Para isso foi utilizado a disposição espacial dos dados de informações sociais das comunidades, da infraestrutura habitacional urbana (questões de saúde pública) e do mapeamento ambiental das queimadas. As informações georreferenciadas foram ponderadas em uma escala numérica e pode observar as condições de vulnerabilidade socioambiental das comunidades em relação às queimadas.

Alves (2013) também se utiliza de ferramentas de georreferenciamento para a sobreposição espacial das cartografias das áreas de risco com a malha censitária do censo 2010 do IBGE. O autor utilizou o conceito de vulnerabilidade associado às condições de habitação e definiu área de elevado risco ambiental (distância de até 50 metros de cursos d'água, declividade da encosta superior a 30 graus ou áreas de manguezais), em seguida foi calculado o percentual de área em situação de risco ambiental de cada município estudado. Com esses dados, Alves propôs um Índice de Vulnerabilidade Socioambiental calculado a partir da porcentagem de risco ambiental encontrada através dos processos de georreferenciamento e o indicador de renda domiciliar per capita.

Freitas, Cunha e Ramos (2013) abordam uma metodologia semelhante às adotadas por Guimarães *et al.* (2014) e por Alves (2013), estudando os municípios de Portugal, utilizou técnicas estatísticas de análise fatorial para determinar um conjunto de correlações significativas entre um grupo de variáveis aleatórias e ferramentas de geoprocessamento para a espacialização dos resultados. A vulnerabilidade social, em seu trabalho, foi definida como o produto da Criticidade com a Capacidade de Suporte. A criticidade foi calculada pelos seguintes grupos de variáveis: Economia e Condições de Vida da População, que utilizaram variáveis de taxa de emprego, crédito de habitação, êxodo rural e a taxa de analfabetismo; População e Proteção Social, baseado na taxa de natalidade e população residente menor de 14 anos; Economia, que foi baseado no poder de compra da população; Transformação no

Meio Rural, que levou em conta os indicadores de exploração de agrícola; e a Qualidade da Educação, que observou a taxa de evasão escolar. A Capacidade de Suporte foi calculada a partir dos seguintes grupos de variáveis: Condições Econômicas, baseado no número de empresas e estabelecimentos bancários e na proporção de habitação que dividem o espaço urbano; Condição dos Alojamentos, que levou em consideração as condições habitacionais e sua segurança; o Envelhecimento de Edifícios e Alojamentos Vagos, que observou o abandono de imóveis urbanos; A Proporção de Edifícios novos; e A Presença de uso de Edifícios Sazonais.

Tibúrcio e Corrêa (2012) apontaram em seu trabalho a definição do Índice de Vulnerabilidade Geral (IVG), para inundações, como uma composição dos fatores socioeconômicos, epidemiológicos e climatológicos, cada um construído a partir da utilização de indicadores comuns na literatura. O índice de vulnerabilidade socioeconômico foi construído com base em 11 indicadores divididos em 5 grupos: Demografia, Renda, Educação, Saneamento e Saúde. O índice de vulnerabilidade epidemiológico foi baseado na ocorrência de casos de doenças por veiculação hídrica comuns em inundações (diarreia e gastroenterite, hepatites virais e esquistossomose). E por último o índice de vulnerabilidade climático considerou eventos de precipitação superiores ou inferior à média da região.

Apesar da diversidade de metodologias, a formulação do índice de vulnerabilidade socioambiental, tem em comum nos autores citados, a correlação entre as condições socioeconômicas de um grupo de indivíduos, tanto nas questões de habitação quanto nas questões de acesso aos serviços públicos de qualidade e as condições ambientais que proporcionam a situação de risco. Essa perspectiva reflete a composição do conceito de vulnerabilidade pelos fatores de exposição ao risco, capacidade de reação e capacidade de adaptação ou resiliência.

2.5.2 Índice de Vulnerabilidade Socioambiental segundo Guimarães *et al.* (2014)

Guimarães *et al.* (2014) traz na metodologia do seu trabalho a formulação do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental através da escolha de variáveis independentes por meio de análise multivariada de dados com análise fatorial. A análise fatorial multivariada permite correlacionar variáveis aleatórias entre si e atribuir pesos as suas correlações. Assim com essa medida é possível interpretar melhor a correlação entre essas variáveis e escolher as melhores combinações, reduzindo o número necessário de variáveis no processo. Foram utilizadas 16 variáveis (indicadores sociodemográficos) inicialmente. O IVSA foi calculado a partir da

média dos seguintes grupos de indicadores: População Rural Vulnerável (índice de homens e mulheres vivendo em ambiente rural abaixo de 15 anos e acima de 60 anos), Desenvolvimento Humano (componentes de longevidade, renda e educação do IDH), Desigualdade Social (índice de Gini e razão de renda), Planejamento Urbano (pavimentação, esgoto e coleta de lixo), Vulnerabilidade Demográfica (crianças abaixo de 5 anos e idosos acima de 60 anos) e Vulnerabilidade Econômica (renda média abaixo do salário mínimo).

A metodologia de Guimarães *et al.* (2014) propõe um Índice de Vulnerabilidade Socioambiental generalizado, avaliando os princípios que o autor considerou importante na capacidade adaptativa de uma comunidade, com base em uma extensa pesquisa bibliográfica. A generalidade dessa metodologia permite a aplicação da mesma para antever uma gama de riscos possíveis a uma determinada população, sem necessariamente se ater a apenas um. Dentro do entendimento de vulnerabilidade como foi explicado da seção 2.4 anterior, como o estado de susceptibilidade a danos causados por desastres, levando em conta as relações das mudanças ambientais com a capacidade de adaptação do sujeito, Guimarães *et al.* (2014) apresentou em sua metodologia uma abordagem voltada ao entendimento das relações sociais de um município com o meio ambiente e com as estruturas do poder público que garantem o bem estar desse município.

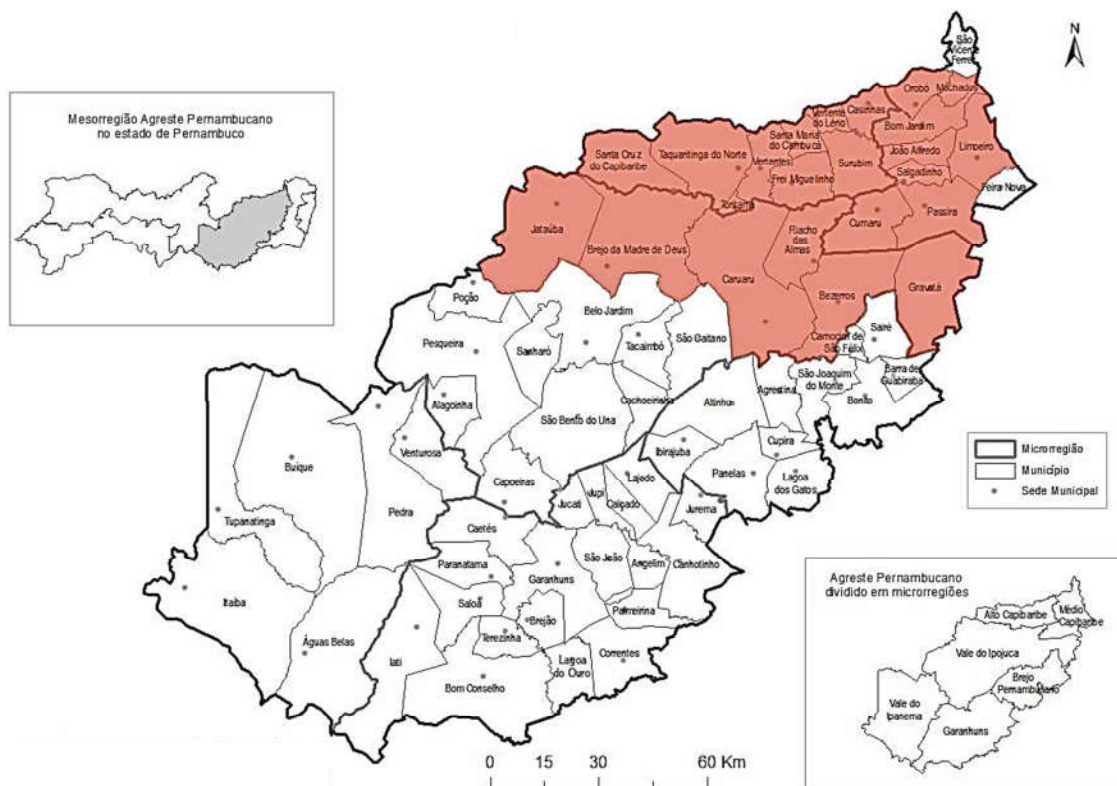
3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA OBJETO DE ESTUDO

As características mais importantes da região do Agreste Pernambucano foram apresentadas na seção 2.1. A seguir serão apresentadas as características dos municípios estudados e um pouco mais sobre a barragem de Jucazinho.

Na Figura 05 são apresentados os municípios do Agreste Pernambucano e sua classificação segundo microrregiões geopolíticas, em destaque estão os vinte e três municípios classificados no estudo como abastecidos direto ou indiretamente pela barragem. A Tabela 02, em seguida, mostra a área e a população estimada de cada município da região de estudo.

Figura 05 – Mapa do Agreste Pernambucano e sua subdivisão em microrregiões



Fonte: IBGE (2017).

Tabela 02 – Municípios abastecidos pela barragem de Jucazinho

Município	Área (Km²)	População Estimada (hab.)	Microrregião
Bezerros	490,82	60.549	Vale do Ipojuca
Bom Jardim	218,43	39.025	Médio Capibaribe
Brejo da Madre de Deus	762,34	50.138	Vale do Ipojuca
Caruaru	920,61	356.128	Vale do Ipojuca
Casinhas	115,87	14.274	Alto Capibaribe
Cumaru	292,23	11.559	Médio Capibaribe
Frei Miguelinho	212,71	15.328	Alto Capibaribe
Gravatá	506,79	83.241	Vale do Ipojuca
Jataúba	714,60	17.026	Vale do Ipojuca
João Alfredo	139,87	33.485	Médio Capibaribe
Limoeiro	273,74	56.140	Médio Capibaribe
Machados	60,04	15.820	Médio Capibaribe
Orobó	138,66	23.768	Médio Capibaribe
Passira	326,76	28.889	Médio Capibaribe
Riacho das Almas	314,00	20.392	Vale do Ipojuca
Salgadinho	87,22	10.747	Médio Capibaribe
Santa Cruz do Capibaribe	335,31	105.761	Alto Capibaribe
Santa Maria do Cambucá	92,15	14.013	Alto Capibaribe
Surubim	252,85	45.263	Alto Capibaribe
Taquaritinga do Norte	475,18	28.358	Alto Capibaribe
Toritama	25,70	44.189	Alto Capibaribe
Vertente do Lério	73,63	7.641	Alto Capibaribe
Vertentes	196,32	20.460	Alto Capibaribe

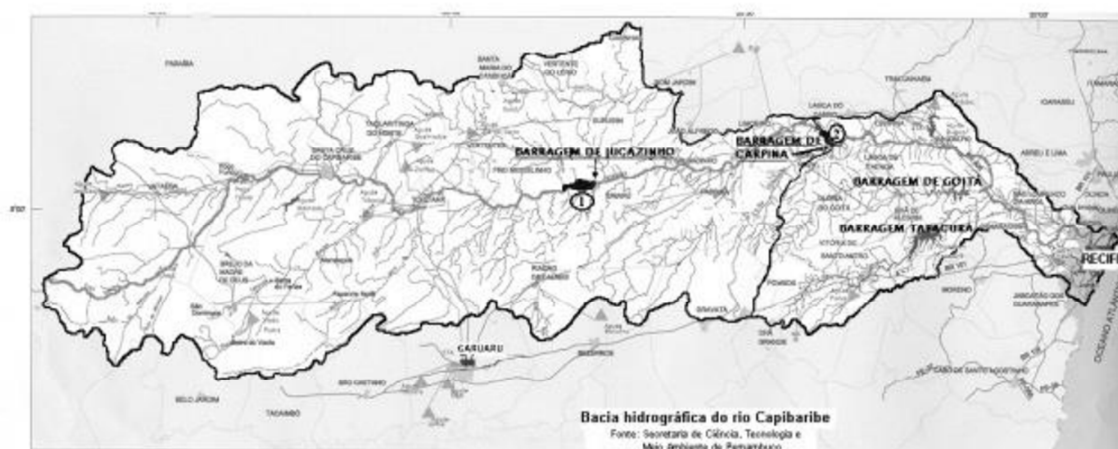
Fonte: IBGE (2017).

Os municípios pernambucanos abastecidos diretamente pela barragem de Jucazinho segundo o DNOCS são: Casinhas, Cumaru, Frei Miguelinho, Passira, Riacho das Almas, Salgadinho, Santa Cruz do Capibaribe, Santa Maria do Cambucá, Surubim, Toritama, Vertente do Lério e Vertentes (DNOCS, 2017). Gravatá, Caruaru e Bezerros, são municípios vizinhos de importante relação econômica na região e também são abastecidos pela barragem, porém de forma suplementar aos abastecimentos locais já existentes. Alguns municípios como: Bom Jardim, Jataúba, João Alfredo, Limoeiro, Machados, Orobó e Taquaritinga do Norte, são relevantes para o entendimento da região e da dinâmica da bacia hidrográfica, esses municípios eventualmente se beneficiam da barragem em períodos de estiagem pelo abastecimento de caminhões pipa.

A barragem de Jucazinho, construída na divisa entre os municípios de Frei Miguelinho, Riacho das Almas e Surubim (7°57'50''S e 35°44'30''W), situada na bacia do Rio Capibaribe (Figura 06) mais precisamente na região do alto Capibaribe, tem capacidade

de armazenamento de 327 milhões de metros cúbicos de água. Jucazinho iniciou sua construção em 1993, teve suas obras interrompidas em 1995 devido ao não cumprimento do RIMA do projeto e ao não pagamento de indenizações das comunidades atingidas (Couro Dantas, Capivara e Trapiá) (BRASIL, 2000). Só entrou em operação no ano de 2003 e não opera desde 2016, quando por eventuais danos estruturais causados pela falta de manutenção da mesma, a barragem não pôde armazenar água com o risco de colapso (Figura 07). Entre o período de Julho de 2016 a março de 2018 não houve qualquer acumulação na barragem (INSA, 2018) apesar das chuvas terem mantido um regime pluviométrico semelhante no período entre 2011 e 2017 como mostra as Figura 08 e 09. Somente agora, após obras de revitalização da barragem que ocorreram entre Julho a Agosto de 2017, Jucazinho volta a acumular com as primeiras chuvas de Abril (INSA, 2018).

Figura 06 – Localização da barragem de Jucazinho na bacia do Rio Capibaribe



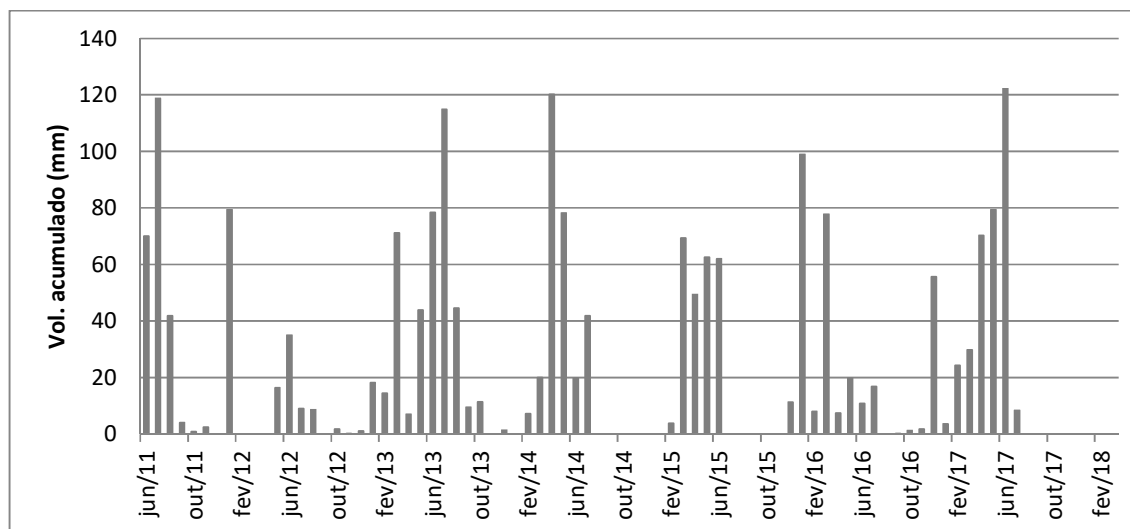
Fonte: Lima (2017).

Figura 07 – Vista da Barragem de Jucazinho a jusante



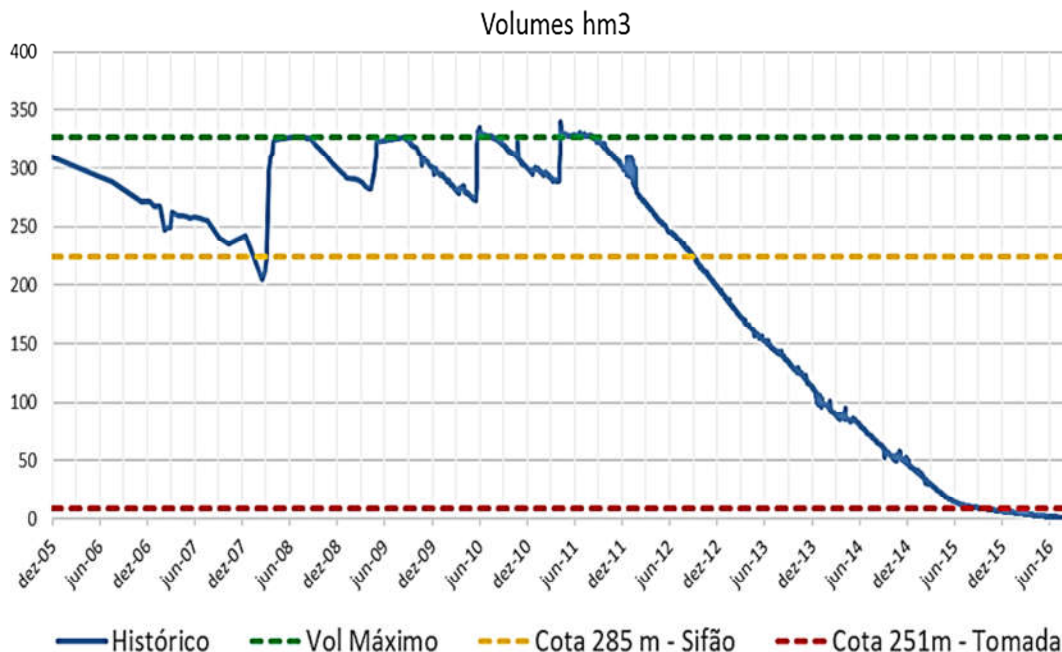
Fonte: ANA (2018).

Figura 08 – Pluviograma da estação pluviométrica de Toritama-PE com volumes acumulados mensais de junho de 2011 a fevereiro de 2018



Fonte: ANA (2018)

Figura 09 – Volume acumulado na barragem de Jucazinho de dezembro de 2005 a junho de 2016



Fonte: Ana (2018).

A importância econômica e social da barragem de Jucazinho é enorme. Compondo o principal meio de abastecimento dos municípios adjacentes, contribui também na indústria local e em projetos de irrigação. A escolha dos municípios abastecidos por Jucazinho como objeto de estudo se deve pela sua importância socioeconômica na região e na possibilidade de avaliar o contexto socioambiental da região do Agreste pernambucano. Tendo em vista o que vários autores apresentam na literatura a discussão sobre os impactos antrópicos que o uso e ocupação do solo geram nas condições ambientais e climáticas, e sendo a barragem a tecnologia empregada durante anos na proposta do governo em gestão de recursos hídricos com o enfoque de combate à seca, é importante avaliar seu papel na composição socioeconômica e ambiental dos municípios do seu entorno.

Uma maneira de compreender a situação socioambiental dos municípios é a utilização de um indicador composto que avalie o grau de disposição dos municípios a ocorrência de desastres naturais. Neste caso o Índice de Vulnerabilidade Socioambiental.

3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.2.1 Definição de Indicadores para as variáveis do modelo

Para o cálculo do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental foi utilizada a metodologia empregada por Guimarães *et al.* (2014). Neste trabalho foi utilizada a análise fatorial multivariada em dados do censo demográfico brasileiro do IBGE, no ano de 2010, nos municípios do Rio de Janeiro para a classificação dos mesmos quanto ao grau de vulnerabilidade socioambiental e compara os resultados com os eventos de desastres causados pelas cheias que ocorreram no estado no ano de 2013. O IVSA empregado por Guimarães *et al.* (2014) foi comparado com os dados da Defesa Civil quanto ao número de atingidos pelas chuvas no mesmo ano. Como resultado os dados calculados apresentaram significativa semelhança com os dados da Defesa Civil o que levou a concluir que o IVSA foi uma ótima ferramenta para ser empregada no processo de Gestão de Riscos Ambientais.

A análise fatorial multivariada é uma técnica de interdependência cujo propósito principal é definir a estrutura inerente entre as variáveis analisadas (HAIR JR. *et al.*, 2009). Esse método consiste em desvendar a estrutura de correlações que existe entre um grupo de muitas variáveis escolhidas, definindo um conjunto de fatores que representam a própria interrelação das variáveis iniciais. Essa técnica é empregada pelo pesquisador com dois objetivos: avaliar a ortogonalidade das variáveis iniciais e suas correlações positivas ou negativas e reduzir o número de variáveis agrupando-as em variáveis estatísticas chamadas de fatores. Os fatores são construtos feitos a partir da combinação linear entre as variáveis iniciais e representam a correlação dessas variáveis agrupadas de maneira a fragmentar a análise geral dos dados em etapas menores. A utilização dos fatores facilita a compreensão detalhada dos dados iniciais e permite ao pesquisador rejeitar variáveis que não contribuam significativamente com a variância acumulada da análise.

É importante ressaltar que a análise fatorial é uma ferramenta estatística e que por si só não produz resultados completos. Sua função é auxiliar o pesquisador no entendimento das correlações das variáveis estudadas. É de suma importância que o pesquisador tenha claro a correlação que se deseja estudar com os dados iniciais, caso contrário, a análise fatorial irá gerar fatores de correlação que não condizem com a realidade (HAIR JR. *et al.*, 2009).

Na Tabela 03, são apresentados os indicadores utilizados no presente trabalho, proposto na metodologia de Guimarães *et al.* (2014), suas descrições, a fonte de onde foram retirados os dados e o tipo de escala de medida dos indicadores. Todos os dados foram obtidos a partir de bancos de dados governamentais disponibilizados no endereço eletrônico de cada órgão de pesquisa citado. As variáveis empregadas são do tipo métricas, ou seja,

podem ser medidas e comparadas em relação a uma escala numérica que representa uma quantidade ou grau relativo de um atributo.

Tabela 03 – Descrição das variáveis utilizadas na construção do Indicador composto IVSA

Descrição de Variáveis da Base de Dados				
Descrição de Variáveis			Fonte	Tipo de Variável
X ₁	HR < 15 anos	Proporção de homens com idade inferior a 15 anos no meio rural	Censo IBGE 2010	Métrica
X ₂	MR < 15 anos	Proporção de mulheres com idade inferior a 15 anos no meio rural	Censo IBGE 2010	Métrica
X ₃	HR ≥ 60 anos	Proporção de homens com idade igual ou maior a 60 anos no meio rural	Censo IBGE 2010	Métrica
X ₄	MR ≥ 60 anos	Proporção de mulheres com idade igual ou maior a 60 anos no meio rural	Censo IBGE 2010	Métrica
X ₅	Prop. Crianças	Proporção da população com menos de 05 anos	Censo IBGE 2010	Métrica
X ₆	Prop. Idosos	Proporção da população com mais de 60 anos	Censo IBGE 2010	Métrica
X ₇	IDH renda	Índice de Desenvolvimento Humano, componente renda.	Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil	Métrica
X ₈	IDH longevidade	Índice de Desenvolvimento Humano, componente longevidade.	Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil	Métrica
X ₉	IDH educação	Índice de Desenvolvimento Humano, componente educação.	Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil	Métrica
X ₁₀	Pop. < 1/2 SM	Número de pessoas (adultos e crianças) que vive com renda familiar inferior a 1/2 salário mínimo	Censo IBGE 2010	Métrica
X ₁₁	Renda Média	Renda média per capita	DATASUS	Métrica
X ₁₂	Índice de Gini	Grau de concentração da distribuição de renda domiciliar per capita de uma determinada população e em um determinado espaço geográfico.	DATASUS	Métrica
X ₁₃	Razão de Renda	Número de vezes que a renda agregada do quinto superior da distribuição da renda (20% mais ricos) é maior do que a renda do quinto inferior (20% mais pobres) na população residente.	DATASUS	Métrica
X ₁₄	% Pavimentação	Proporção do município com pavimentação regular das ruas	Censo IBGE 2010	Métrica
X ₁₅	% Esgoto a céu aberto	Proporção do município com esgoto a céu aberto	Censo IBGE 2010	Métrica
X ₁₆	% Lixo acumulado	Proporção do município com lixo acumulado em ruas	Censo IBGE 2010	Métrica

Fonte: Autor

3.2.2 Determinação e cálculo do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental dos municípios abastecidos pela Barragem de Jucazinho

Guimarães *et al.* (2014) propôs a construção de um indicador composto chamado Índice de Vulnerabilidade Socioambiental capaz de classificar municípios quanto ao grau de

risco ambiental frente a adversidades climáticas. Em seu trabalho Guimarães *et al.* (2014) utilizou inicialmente 21 variáveis que foram reduzidas às 16 apresentadas anteriormente, em 6 fatores, através da análise fatorial.

Sabendo que os fatores (F_i) são independentes e ortogonais entre si, determinados pela transformação linear das variáveis iniciais (X_i), pode-se representar sua relação matemática pela Equação 1:

$$F_i = a_{i1}X_1 + a_{i2}X_2 + a_{i3}X_3 + \dots + A_{ik}X_k + e_i \quad (1)$$

Onde, “ a_{ik} ” representam as cargas fatoriais, ou as medidas de correlações entre as variáveis e seus respectivos fatores; “ e_i ” corresponde ao erro; e “ k ” é o número de variáveis empregadas. Como forma de simplificação e melhora dos resultados foram utilizadas apenas as cargas fatoriais maiores do que 0,3 (HAIR JR. *et al.*, 2009) e desconsiderou-se os erros.

A medida de adequação da amostra será realizada através do teste Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) aceitando a amostra para valores acima de 0,5.

O índice de Vulnerabilidade Socioambiental será composto pela relação dos fatores encontrados na análise fatorial classificando os municípios quanto aos seus escores fatoriais. O IVSA, portanto, não é uma medida do grau de vulnerabilidade em si, mas um índice classificatório para determinar dentro de um grupo de municípios quais os mais vulneráveis e quais os menos vulneráveis.

Os escores fatoriais são distribuídos simetricamente em torno da média zero, concedendo valores negativos para os municípios com menor vulnerabilidade e positivo para municípios com maior vulnerabilidade. Para que altos escores fatoriais negativos não elevem a magnitudes dos fatores associados a esses municípios os escores serão padronizados através de uma transformação para o primeiro quadrante positivo através da Equação 2:

$$F'_i = \frac{F - F_{min}}{F_{max} - F_{min}} \quad (2)$$

Na fórmula acima “ F_{min} ” e “ F_{max} ” são respectivamente os valores mínimo e máximo do conjunto de escores associados a cada município de cada fator.

Com a transformada dos escores fatoriais positivos o IVSA pode ser calculado pela raiz quadrada da soma dos quadrados dos fatores:

$$IVSA_i = \sqrt{(F'_1{}^2 + F'_2{}^2 + F'_3{}^2 + \dots + F'_n{}^2)} \quad (3)$$

Onde “n” é o número de fatores empregados na análise fatorial.

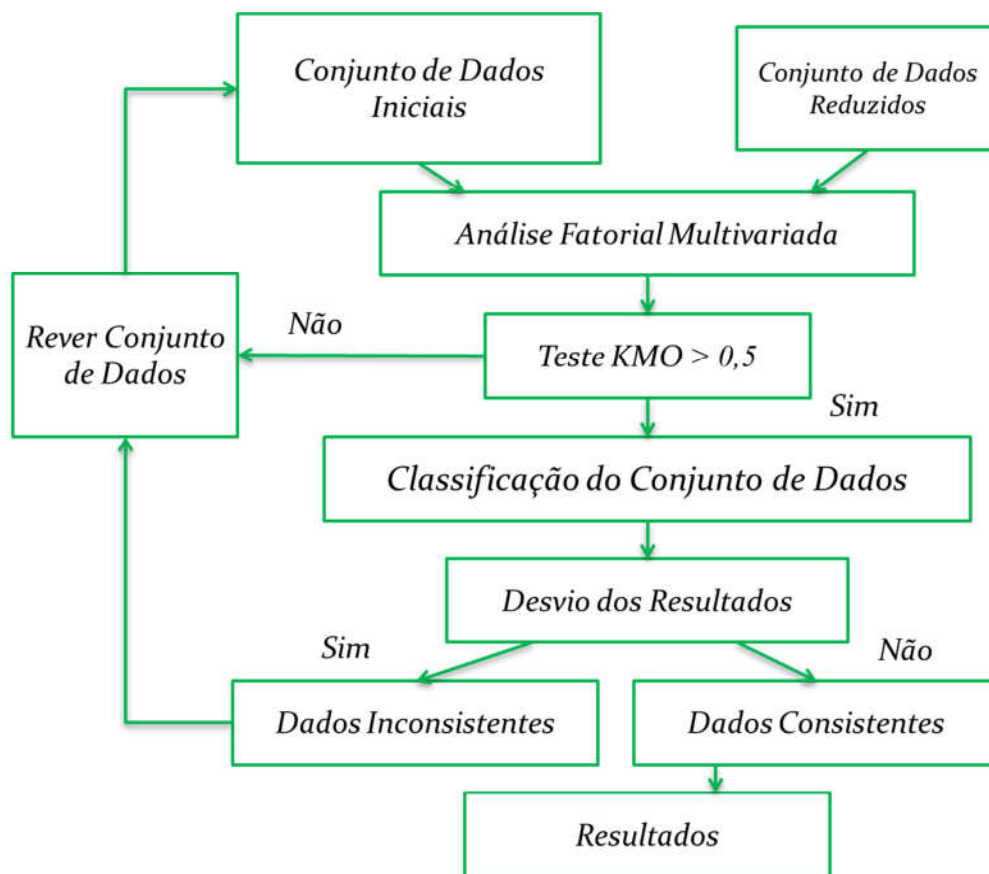
A análise fatorial foi feita com o auxílio do software SPSS 22 da IBM®. Foi utilizada uma licença teste para o programa com validade de 30 dias.

3.2.3 Utilização de método comparativo analítico

Uma vez que o método de análise fatorial multivariada permite a classificação hierárquica de um grupo de elementos a partir da análise da correlação entre suas características mensuráveis (HAIR JR. *et al.*, 2009), é possível empregar o método de análise comparativa alterando a quantidade de elementos no grupo. Assim, ao aumentar a quantidade de elementos no grupo objeto de estudo é possível que haja a diluição das características e uma consequente ampliação das medidas da hierarquia resultado da análise.

Utilizando o método comparativo analítico e diminuindo a área de influência de estudo é possível comparar a análise fatorial multivariada realizada com a amostra inicial (23 municípios) com a análise com a área de influencia reduzida (18 municípios) e ponderar o desvio de resultados entre as duas análises. Para consolidar os resultados, a média das duas análises pode ser utilizada como resultado definitivo. Caso ocorram desvios significativos entre a amostragem inicial e a reduzida o método de análise fatorial empregado será considerado inconsistente, pois há neste caso, algum elemento da amostra que não condiz com o contexto do grupo de elementos estudados.

Figura 10 – Fluxograma do método comparativo analítico para dados da análise fatorial multivariada



Fonte: Autor (2018).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ANÁLISE FATORIAL PARA CONJUNTO DE DADOS INICIAIS

Nesta seção serão apresentados os resultados encontrados com a aplicação da Análise Fatorial multivariada nos dados de 16 indicadores do Censo Demográfico de 2010 (IBGE) (Tabela 04), dos 23 municípios do Agreste pernambucano abastecidos pela barragem de Jucazinho, direta e indiretamente, com o objetivo de calcular o Índice de Vulnerabilidade Socioambiental desses mesmos municípios através da metodologia proposta por Guimarães *et al.* (2014).

O Índice de Vulnerabilidade proposto pelos autores, com base na análise fatorial multivariada, não consistiu em uma medida definitiva do grau de vulnerabilidade dos municípios estudados. O índice é capaz de hierarquizar um conjunto de dados iniciais, classificando-os em uma ordem crescente. Assim, dentro de um grupo de municípios estudados, o IVSA foi capaz de classifica-los do menos vulnerável ao mais vulnerável, dentro do contexto desses municípios. Para o estudo dos municípios abastecidos pela barragem de Jucazinho essa metodologia demonstrou ser a mais propícia, uma vez que o objetivo do estudo é entender a relação dos municípios com a barragem, sendo a barragem, portanto, o seu contexto de ligação.

A análise foi realizada com auxílio do programa SPSS 22 da empresa IBM, utilizando o método de redução de dimensão a partir da análise fatorial. Foi solicitado ao programa que a análise fornecesse os coeficientes, o nível de significância e que realizasse o teste de esfericidade de Bartlett e KMO. Para o processo de extração foi solicitado que o programa realizasse a extração por análise de componente principal utilizando um número fixo de extração para 6 fatores (propostos por Guimarães *et al.*, 2014) e que fornecesse o *Scree Plot* (gráfico de distribuição da variância acumulada em cada iteração). O método de rotação utilizado foi o Varimax e que os escores fatoriais fossem salvos como variáveis de Bartlett.

X ₁₃	0,480	1,000			
X ₁₄	0,210	0,600	1,000		
X ₁₅	-0,013	0,546	0,441	1,000	
X ₁₆	-0,037	0,366	0,396	0,334	1,000

Fonte: Autor (2018).

Na Tabela 06 foi apresentado o resultado do teste de medida de Kaiser-Meyer-Olkin, ou resumidamente teste KMO, seu resultado foi de 0,541. O teste KMO é uma relação estatística que avalia a proporção da variância dos dados em relação a um fator comum a todas as variáveis. Quanto mais próximo de 1, maior é a correlação entre as variáveis e portanto mais adequado é a amostra para a análise fatorial. Para Hair Jr. *et al.* (2009) o ideal para o teste KMO é estar acima de 0,5. Os autores também recomendam a utilização de pelo menos cinco observações por variável analisada, assim o adequado para essa análise seria a utilização de 80 municípios (5 observações x 16 variáveis), para o presente estudo, mais municípios que o próprio Agreste pernambucano. Guimarães *et al.* (2014) realizou a análise fatorial em todo o estado do Rio de Janeiro (92 municípios) e obteve um resultado no teste KMO de 0,75. Assim, pode-se observar que apesar de o número de observações não ser o adequado para a análise fatorial a correlação existente é forte suficiente para alcançar um valor superior a 0,5 com apenas 23 municípios.

A Tabela 06 também apresenta o resultado do teste de esfericidade de Bartlett. Esse teste é definido como a estatística que analisa a hipótese nula de que as variáveis não sejam correlacionadas na população, isso é feito através da comparação da matriz de correlações com uma matriz identidade da mesma ordem. O resultado do teste de esfericidade de Bartlett obteve uma significância próxima de zero, o que leva a rejeição da hipótese nula, e garante a existência de correlação entre algumas variáveis. Hair Jr. *et al.* (2009) recomendam um valor abaixo de 0,5 para o teste de esfericidade de Bartlett.

Tabela 06 – Resultados do teste KMO e de esfericidade de Bartlett para a análise com 23 municípios

Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adequação de amostragem.	0,541
Aprox. Qui-quadrado	555,383
Teste de esfericidade de Bartlett	df
	120
	Sig. 0,000

Fonte: Autor (2018).

A Tabela 07 apresenta os valores da Comunalidade das variáveis após a extração da análise fatorial. As comunalidades representam a variância de cada variável explicada pelos

fatores após a extração da análise fatorial. Quanto maior a comunalidade maior é a sua relação com o fator. Comunalidades abaixo de 0,5 representam variáveis com baixa variância explicada pelo modelo e que, portanto, devem ser retiradas da análise fatorial. Hair Jr. *et al.* (2009) recomendam a utilização de variáveis que apresentaram comunalidade acima de 0,7.

Tabela 07 – Comunalidade das variáveis iniciais para a análise com 23 municípios

Variáveis	Comunalidade
X ₁ - % Homens Rural < 15 anos	0,975
X ₂ - % Mulheres Rural < 15 anos	0,976
X ₃ - % Homens Rural > 60 anos	0,981
X ₄ - % Mulheres Rural > 60 anos	0,979
X ₅ - % Crianças < 5 anos	0,928
X ₆ - % Idosos > 60 anos	0,895
X ₇ - IDH Renda	0,919
X ₈ - IDH Longevidade	0,918
X ₉ - IDH Educação	0,845
X ₁₀ - Pop < 1/2 Salário Mínimo	0,887
X ₁₁ - Renda Média per capita	0,791
X ₁₂ - Índice de Gini	0,939
X ₁₃ - Razão de Renda	0,903
X ₁₄ - % Pavimento	0,798
X ₁₅ - % Esgoto a céu aberto	0,797
X ₁₆ - % Lixo acumulado	0,923

Fonte: Autor (2018).

Na Tabela 08, é apresentada a variância total acumulada após cada processo de extração de fatores. Destaca-se o sexto fator como ideal para a construção do modelo explicativo das variáveis através dos fatores, onde estão acumulados 90,34% da variância total do modelo. A partir do sétimo fator, a porcentagem da variância acumulada em cada extração começa a decair significativamente e se estabiliza em valores próximos de zero. Esses resultados podem ser vistos mais facilmente na Figura 11, que mostra o gráfico *Scree Plot* de decaimento das variâncias acumuladas na extração de cada valor.

Tabela 08 – Variância total explicada na análise fatorial pelo método de componente principal para análise com 23 municípios

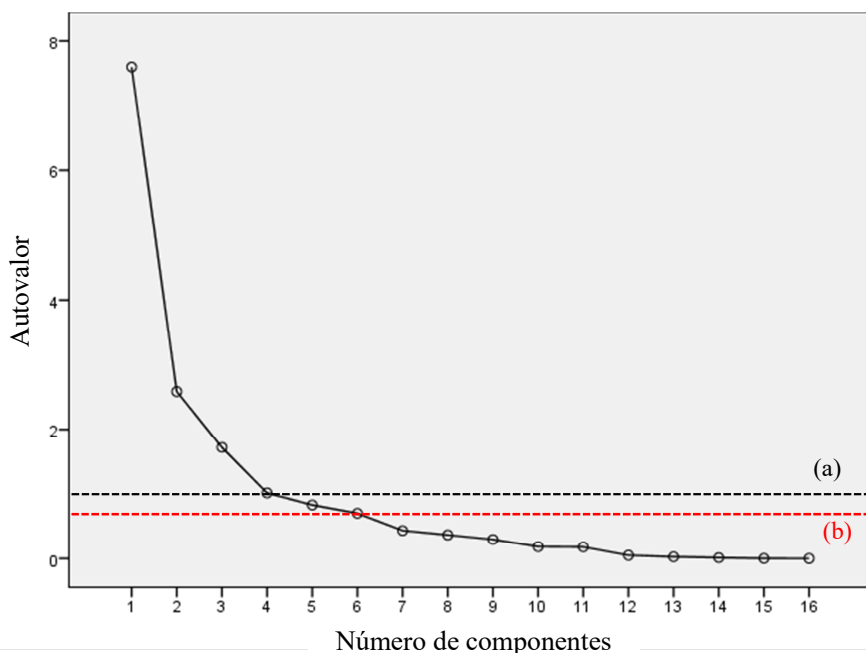
Fatores	Valores próprios iniciais			Somadas de extração de carregamentos ao quadrado			Somadas rotativas de carregamentos ao quadrado		
	Total	% de variância	% cumulativa	Total	% de variância	% cumulativa	Total	% de variância	% cumulativa
1	7,598	47,490	47,490	7,598	47,490	47,490	5,118	31,988	31,988
2	2,587	16,171	63,661	2,587	16,171	63,661	2,207	13,794	45,782
3	1,721	10,754	74,415	1,721	10,754	74,415	2,012	12,572	58,354
4	1,017	6,357	80,772	1,017	6,357	80,772	1,946	12,160	70,513
5	0,830	5,189	85,960	0,830	5,189	85,960	1,611	10,068	80,581
6	0,701	4,380	90,341	0,701	4,380	90,341	1,561	9,759	90,341

7	0,434	2,714	93,055		
8	0,367	2,292	95,346		
9	0,297	1,857	97,204		
10	0,183	1,143	98,346		
11	0,178	1,114	99,460		
12	0,049	0,305	99,765		
13	0,025	0,158	99,924		
14	0,012	0,073	99,997		
15	0,001	0,003	100,000		
16	2,450E-6	1,531E-5	100,000		

Fonte: Autor (2018).

Ainda sobre a Tabela 08, são apresentados os resultados das variâncias acumuladas para a soma de carregamentos ao quadrado (processo de extração dos fatores normal) e as somas rotativas dos carregamentos. A rotação dos fatores é uma técnica utilizada dentro da análise fatorial que permite construir uma matriz de pesos mais fácil de interpretar. O ideal na análise fatorial é que cada variável apresente um alto peso em apenas um fator, mas na prática os pesos das variáveis se acumulam no primeiro fator. Assim, para distribuir a variância acumulada nos demais fatores é necessário a rotação. Foi utilizada a rotação *Varimax*, que tende a maximizar os pesos das variáveis em seus fatores correspondentes.

Figura 11 – Gráfico de *Scree Plot* dos autovalores encontrados na extração dos fatores para análise com 23 municípios



Fonte: Autor (2018).

O teste de *Scree Plot* é utilizado para identificar a número ótimo de fatores que podem ser extraídos antes que a variância única comece a dominar a estrutura sobre a variância comum. Em outras palavras, antes da linearização da curva de variância. No *Scree Plot* da Figura 11 uma análise visual sugeriria a utilização de quatro fatores (linha pontilhada a), pois a partir desse ponto pode-se notar uma linearização da variância. A escolha de seis fatores corresponde à metodologia empregada por Guimarães *et al.* (2014) e também a um aumento da variância explicada de 80,77% para 90,34% nos presentes resultados (linha pontilhada b).

As Tabelas 09 e 10 apresentam os resultados das cargas fatoriais, não rotacionadas e rotacionadas respectivamente, encontradas pelo SPSS. Em destaque estão as maiores cargas de cada variável inicial, associando-as a um fator. Como a carga fatorial representa o peso das variáveis na construção dos fatores e seu quadrado, matematicamente, corresponde ao percentual de variância explicada no fator pela variável, Hair Jr. *et al.* (2009) recomendam a exclusão de cargas abaixo de $\pm 0,4$ (que correspondem a variância explicada de 16%), assim as cargas abaixo desse valor não foram representadas nas Tabelas 09 e 10.

Tabela 09 – Cargas fatoriais extraídas por análise de componente principal não rotacionadas para análise com 23 municípios

Variáveis	Cargas Fatoriais					
	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆
X ₁ - % Homens Rural < 15 anos	0,936					
X ₂ - % Mulheres Rural < 15 anos	0,936					
X ₃ - % Homens Rural > 60 anos	0,922					
X ₄ - % Mulheres Rural > 60 anos	0,919					
X ₅ - % Crianças < 5 anos		-0,723	0,510			
X ₆ - % Idosos > 60 anos	0,664	0,451	-0,409			
X ₇ - IDH Renda	-0,932					
X ₈ - IDH Longevidade	-0,741			0,560		
X ₉ - IDH Educação	-0,530	0,531				
X ₁₀ - Pop < 1/2 Salário Mínimo	-0,613	0,486			0,478	
X ₁₁ - Renda Média per capita	-0,664	0,430				
X ₁₂ - Índice de Gini		0,818				
X ₁₃ - Razão de Renda		0,520	0,604			
X ₁₄ - % Pavimento	0,538		0,497			
X ₁₅ - % Esgoto a céu aberto	0,653					
X ₁₆ - % Lixo acumulado	0,509		0,503	-0,410		0,487

Fonte: Autor (2018).

Tabela 10 – Cargas fatoriais rotacionadas extraídas por análise de componente principal e rotação Varimax para análise com 23 municípios

Variáveis	Cargas Fatoriais Rotacionadas					
	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆
X ₁ - % Homens Rural < 15 anos	0,926					
X ₂ - % Mulheres Rural < 15 anos	0,928					
X ₃ - % Homens Rural > 60 anos	0,924					
X ₄ - % Mulheres Rural > 60 anos	0,923					
X ₅ - % Crianças < 5 anos				-0,904		
X ₆ - % Idosos > 60 anos	0,574			0,722		
X ₇ - IDH Renda	-0,637	-0,415				
X ₈ - IDH Longevidade	-0,414		0,613			-0,595
X ₉ - IDH Educação			0,849			
X ₁₀ - Pop < 1/2 Salário Mínimo			0,439		0,766	
X ₁₁ - Renda Média per capita	-0,421		0,601		0,490	
X ₁₂ - Índice de Gini		0,564		0,648		
X ₁₃ - Razão de Renda		0,909				
X ₁₄ - % Pavimento		0,743				
X ₁₅ - % Esgoto a céu aberto		0,461			-0,607	
X ₁₆ - % Lixo acumulado						0,906

Fonte: Autor (2018).

Percebe-se que sem o processo de rotação *Varimax* as variâncias estariam acumuladas no primeiro fator, tal como mostrado na Tabela 09. É possível observar a presença de muitas cargas cruzadas, ou seja, variáveis que possuem variância significativa (maior do que $\pm 0,4$) acumulada em mais de um fator (X₆, X₇, X₈, X₁₀, X₁₁, X₁₂ e X₁₅). O trabalho de Guimarães *et al.* (2014) forneceu um arranjo diferente de agrupamento das variáveis iniciais (apresentado na Tabela 11) em relação ao encontrado no presente trabalho. Na Tabela 12 são apresentadas as variáveis escolhidas para cada fator seguindo o critério da maior variância acumulada por fator, onde cada variável é relacionada com um único fator.

Tabela 11 – Agrupamento das variáveis iniciais em fatores segundo Guimarães *et al.* (2014)

Fatores	Denominação	Variáveis	Variância Explicada
F ₁	População Rural Vulnerável	X ₁ , X ₂ , X ₃ e X ₄	26,29%
F ₂	Desenvolvimento Humano	X ₇ , X ₈ e X ₉	17,54%
F ₃	Desigualdade Social	X ₁₂ e X ₁₃	13,71%
F ₄	Planejamento Urbano	X ₁₄ , X ₁₅ e X ₁₆	13,46%
F ₅	Vulnerabilidade Demográfica	X ₅ e X ₆	11,27%
F ₆	Vulnerabilidade Econômica	X ₁₀ e X ₁₁	10,35%

Fonte: Guimarães *et al.* (2014).

Tabela 12 – Agrupamento das variáveis iniciais em fatores para a análise com 23 municípios

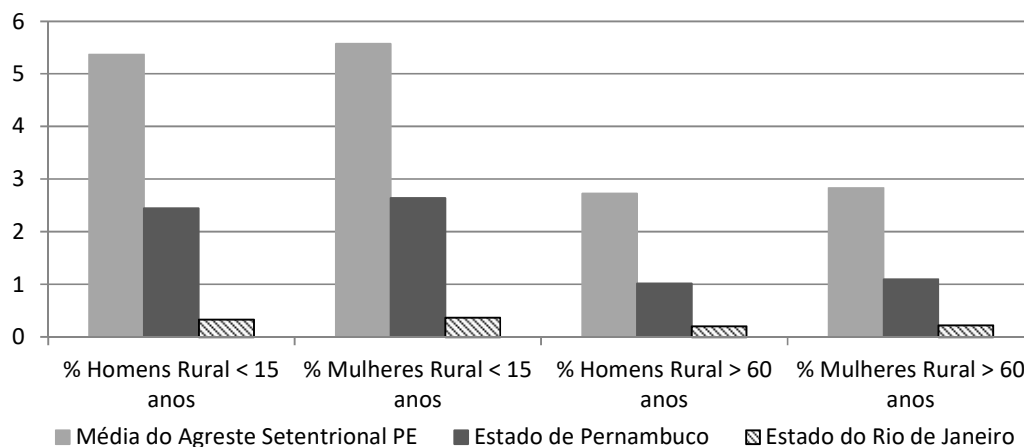
Fatores	Variáveis	Variância Explicada
F ₁	X ₁ , X ₂ , X ₃ , X ₄ e X ₇	31,98%
F ₂	X ₁₃ e X ₁₄	13,79%
F ₃	X ₈ , X ₉ e X ₁₁	12,57%
F ₄	X ₅ , X ₆ e X ₁₂	12,16%
F ₅	X ₁₀ e X ₁₅	10,07%
F ₆	X ₁₆	9,76%

Fonte: Autor (2018).

Apesar do comportamento das cargas fatoriais não ter definido o agrupamento das variáveis iniciais nos mesmos fatores que Guimarães *et al.* (2014) a variância explicada em cada fator foi muito próxima dos valores apresentados em seu trabalho. Essa diferença está associada ao número de amostras utilizadas no presente trabalho (23 municípios) em comparação com as amostras utilizadas por Guimarães *et al.* (2014) (92 municípios) e com a realidade socioambiental de cada Estado. As Figuras de 12 a 17 apresentam a comparação dos valores dos indicadores para o Estado do Rio de Janeiro, utilizados por Guimarães *et al.* (2014), para o Estado de Pernambuco e para os valores médios dos indicadores dos 23 municípios do presente trabalho (denominado nas figuras de Agreste PE).

Na Figura 12 tem-se a comparação das variáveis X₁ (Proporção de homens abaixo de 15 anos vivendo em zona rural), X₂ (Proporção de mulheres abaixo de 15 anos vivendo em zona rural), X₃ (Proporção de homens acima de 60 anos vivendo em zona rural) e X₄ (Proporção de mulheres acima de 60 anos vivendo em zona rural) dos três conjuntos de dados. Pode-se perceber uma diferença significativa entre as populações estudadas nos dois trabalhos, sendo a população rural nos 23 municípios do Agreste Pernambucano muito maior que a população rural do Estado do Rio de Janeiro e maior que a média do Estado de Pernambuco.

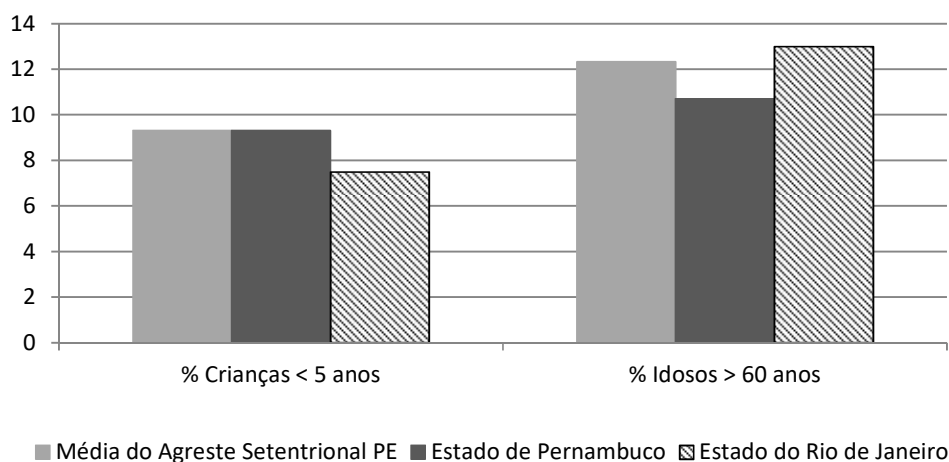
Figura 12 – Comparativo entre a Média do Agreste Pernambucano, o Estado de Pernambuco e o Estado do Rio de Janeiro quanto as variáveis X_1 - % de Homens Rural < 15 anos, X_2 % - de Mulheres Rural < 15 anos, X_3 % - de Homens Rural > 60 anos e X_4 % - de Mulheres Rural > 60 anos



Fonte: IBGE (2010).

Na Figura 13 é apresentada a comparação quanto as variáveis X_5 (proporção da população total abaixo de 05 anos) e X_6 (proporção da população total acima de 60 anos), onde a proporção de crianças foi maior para os 23 municípios do estudo e para o Estado de Pernambuco (praticamente iguais quando comparados entre si) do que o Estado do Rio de Janeiro, e em relação à proporção de idosos o Estado do Rio de Janeiro possui a maior proporção.

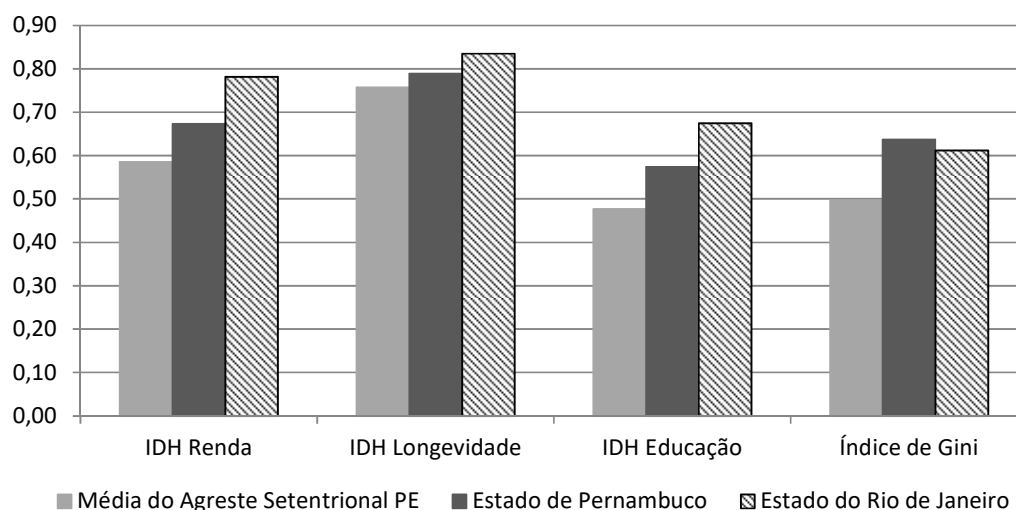
Figura 13 – Comparativo entre a Média do Agreste Pernambucano, o Estado de Pernambuco e o Estado do Rio de Janeiro quanto as variáveis X_5 - % Crianças < 5 anos e X_6 - % de Idosos > 60 anos



Fonte: IBGE (2010).

Na Figura 14 tem-se a comparação das variáveis X_7 (IDH Renda), X_8 (IDH Longevidade), X_9 (IDH Educação) e X_{12} (Índice de Gini). Pode-se observar que os valores de IDH são maiores para o Estado do Rio de Janeiro. Apesar do Índice de Gini ser menor para os 23 municípios estudados, o que significa distribuição igualitária de renda entre os mais pobres e os mais ricos, dentro do contexto estudado, e quando comparados os valores de renda média per capita (Figura 16), é revelado um contexto de baixa renda da maioria da sua população.

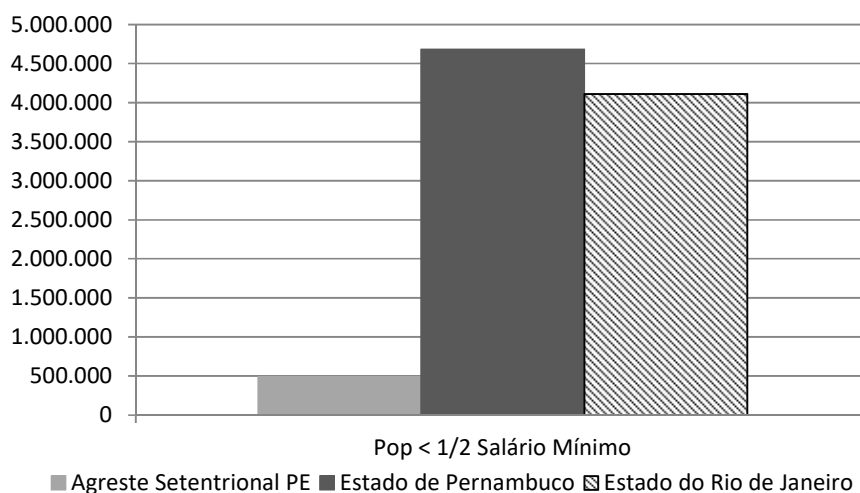
Figura 14 – Comparativo entre a Média do Agreste Pernambucano, o Estado de Pernambuco e o Estado do Rio de Janeiro quanto as variáveis X_7 – IDH Renda, X_8 – IDH Longevidade, X_9 – IDH Educação e X_{12} – Índice de Gini



Fonte: IBGE (2010).

As cargas cruzadas das variáveis X_6 (Proporção de idosos acima de 60 anos) e X_8 (IDH longevidade) podem ser associadas à deficiência do modelo de análise fatorial em correlacionar o aumento da faixa etária da população com a significativa parcela dessa população que vive em zona rural com baixa renda, contribuindo negativamente no termo de longevidade do IDH.

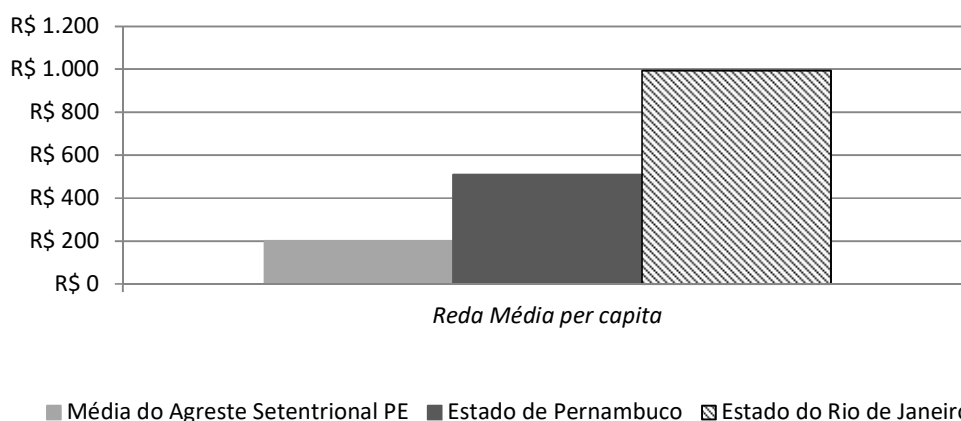
Figura 15 – Comparativo entre o Agreste Pernambucano, o Estado de Pernambuco e o Estado do Rio de Janeiro quanto a variável X_{10} – População que vive com menos de meio salário mínimo



Fonte: IBGE (2010).

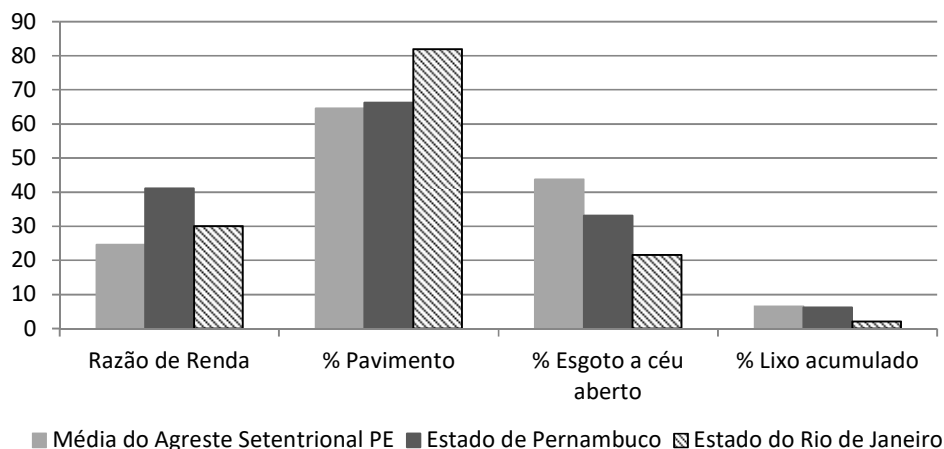
A Figura 15, trás a comparação entre os valores absolutos das populações dos Estados de Pernambuco e Rio de Janeiro e dos 23 municípios estudados no presente trabalho. Pela proporção territorial que os municípios estudados representam do Estado de Pernambuco (7,16%) não se pode inferir resultados sobre os estados. Já na Figura 16, onde é apresentada a comparação entre as Rendas médias *per capita*, fica claro que a realidade econômica dos municípios de Pernambuco é significativamente diferente (e menor) da dos municípios do Rio de Janeiro, com o valor médio de renda dos 23 municípios estudados abaixo da do Estado de Pernambuco.

Figura 16 – Comparativo entre a Média do Agreste Pernambucano, o Estado de Pernambuco e o Estado do Rio de Janeiro quanto a variável X_{11} – Renda média *per capita*



Fonte: IBGE (2010).

Figura 17 – Comparativo entre a Média do Agreste Pernambucano, o Estado de Pernambuco e o Estado do Rio de Janeiro quanto as variáveis X_{13} – Razão de Renda, X_{14} - % de Pavimentação, X_{15} - % de Esgoto a céu aberto e X_{16} - % de Lixo acumulado



Fonte: IBGE (2010).

A Figura 17 apresenta uma comparação entre os indicadores X_{13} (Razão de Renda), X_{14} (Porcentagem de cobertura de pavimentação), X_{15} (Porcentagem de domicílios com esgoto a céu aberto) e X_{16} (Porcentagem de lixo acumulado em logradouros). Pode-se observar que a Razão de Renda, assim como o Índice de Gini (Figura 14), coloca os 23 municípios estudados no presente trabalho, com uma melhor distribuição de renda entre as categorias dos mais ricos e dos mais pobres na população observada, mas dado o contexto de renda em que essa realidade é apresentada, pode-se inferir que as condições econômicas são baixas para toda a população.

As cargas cruzadas das variáveis X_7 (IDH renda), X_{10} (População vivendo com menos de meio salário mínimo), X_{11} (Renda média per capita) e X_{12} (Índice de Gini), são respostas das condições econômicas dos 23 municípios estudados, que apesar de possuir uma aparente distribuição igualitária de renda, na verdade está submetida à uma condição de baixa renda generalizada.

Como pôde ser visto nas Figuras 12 a 17, a realidade econômica e de distribuição populacional dos municípios estudados em comparação com a realidade do Estado do Rio de Janeiro apresentado no trabalho de Guimarães *et al.* (2014) são muito distintas. Assim, a utilização da metodologia de análise fatorial para categorização da vulnerabilidade socioambiental deixa de considerar elementos importantes de interpretação quando mudado o contexto social e econômico do objeto de estudo. Faz-se necessário, portanto, uma abordagem

diferenciada, ou pela escolha de diferentes indicadores para as variáveis do modelo ou pela escolha de um modelo diferente para a interpretação dos dados.

Na Tabela 13 são apresentadas as fórmulas dos fatores montadas sobre a equação 01 com as cargas fatoriais escolhidas (selecionadas as maiores cargas fatoriais de cada variável, não incluindo as cargas fatoriais cruzadas). A Tabela 14 traz os valores calculados para cada município baseado nas fórmulas da Tabela 13, estão destacados os valores máximos (negrito) e mínimos (entre parênteses) para cada fator.

Tabela 13 – Fórmula dos Fatores com as cargas fatoriais escolhidas baseadas na Equação 01 para análise com 23 municípios

Fator	Fórmulas dos fatores com as cargas fatoriais escolhidas
$F_1 =$	$0,926 X_1 + 0,928 X_2 + 0,924 X_3 + 0,923 X_4 - 0,637 X_7$
$F_2 =$	$0,909 X_{13} + 0,743 X_{14}$
$F_3 =$	$0,613 X_8 + 0,849 X_9 + 0,601 X_{11}$
$F_4 =$	$- 0,904 X_5 + 0,722 X_6 + 0,648 X_{12}$
$F_5 =$	$0,766 X_{10} - 0,607 X_{15}$
$F_6 =$	$0,906 X_{16}$

Fonte: Autor (2018).

Tabela 14 – Resultados dos Fatores calculados pela Equação 01 para análise com 23 municípios

Município	Fatores Calculados a partir da Equação 01					
	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6
Bezerros	4,98	75,75	207,25	3,66	26028,00	2,03
Bom Jardim	21,31	80,31	145,38	2,48	19666,16	12,84
Brejo da Madre de Deus	7,76	49,11	174,61	-2,09	22146,69	4,39
Caruaru	3,19	72,17	326,05	-0,80	97837,50	(1,26)
Casinhas	32,61	74,69	32,59	0,34	6467,52	9,97
Cumaru	18,68	73,99	44,69	2,75	7283,70	15,34
Frei Miguelinho	28,45	64,55	53,41	5,58	5323,40	3,62
Gravata	3,19	55,50	237,09	1,09	31950,20	3,61
Jataúba	16,02	72,43	143,93	0,21	8415,46	14,13
João Alfredo	18,43	75,41	160,59	2,38	14879,13	14,63
Limoeiro	6,12	60,33	231,34	2,44	22229,34	2,13
Machados	13,54	125,07	133,54	-1,98	7281,93	11,48
Orobó	23,52	103,65	140,71	2,11	12137,74	3,00
Passira	17,64	62,84	46,93	1,44	12169,35	2,39
Riacho das Almas	19,18	69,43	58,25	2,24	7561,53	2,09
Salgadinho	22,07	99,27	(29,54)	1,39	4311,59	7,02
Santa Cruz do Capibaribe	(0,28)	44,77	88,82	-4,25	18647,68	2,22
Santa Maria do Cambucá	28,98	63,30	49,42	1,11	4675,73	3,01
Surubim	8,37	58,36	66,15	1,40	20550,92	4,72
Taquaritinga do Norte	9,17	(39,12)	252,53	-0,74	7094,74	2,42
Toritama	0,87	51,30	78,16	(-5,40)	8044,19	2,31
Vertente do Lério	28,33	73,33	39,44	2,43	(3416,71)	4,54
Vertentes	10,20	71,84	61,66	0,80	5791,14	6,64

Fonte: Autor (2018).

Na Tabela 15 são apresentados os valores padronizados dos fatores calculados pelas fórmulas da Tabela 13 utilizando a Equação 02. Na Tabela 14 foram encontrados valores positivos e negativos para os fatores, bem como valores muito altos para o fator F_5 , a padronização utilizando a Equação 02 tem como objetivo tornar todos os valores encontrados para os fatores positivos e entre zero e um, para posteriormente serem empregados na Equação 03, com o mesmo peso.

Na Tabela 16 tem-se o resultado do cálculo do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental, ressaltando que o índice é uma comparação na mesma escala dos municípios estudados, não sendo, portanto um valor absoluto de medida, mas sim uma hierarquização dos mesmos. Os resultados são classificatórios, pondo os municípios em três categorias de valores: Os municípios que apresentaram valores altos no IVSA e, portanto possuem alta propensão que eventos ambientais ou climáticos causem maiores danos à população (vulnerabilidade), os municípios que apresentaram valores médios de IVSA e os municípios que apresentaram baixo IVSA e, portanto estão menos propensos a grandes danos à população caso haja algum evento de desastre ambientais ou climáticos.

Tabela 15 – Resultado dos Fatores calculados pela Equação 02 para análise com 23 municípios

Município	Fatores transformados utilizando a Equação 02					
	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6
Bezerros	0,15	0,43	0,60	0,83	0,24	0,05
Bom Jardim	0,65	0,48	0,39	0,72	0,17	0,82
Brejo da Madre de Deus	0,23	0,12	0,49	0,30	0,20	0,22
Caruaru	0,09	0,38	1,00	0,42	1,00	0,00
Casinhas	1,00	0,41	0,01	0,52	0,03	0,62
Cumaru	0,57	0,41	0,05	0,74	0,04	1,00
Frei Miguelinho	0,87	0,30	0,08	1,00	0,02	0,17
Gravatá	0,09	0,19	0,70	0,59	0,30	0,17
Jataúba	0,49	0,39	0,39	0,51	0,05	0,91
João Alfredo	0,56	0,42	0,44	0,71	0,12	0,95
Limoeiro	0,18	0,25	0,68	0,71	0,20	0,06
Machados	0,41	1,00	0,35	0,31	0,04	0,73
Orobó	0,72	0,75	0,37	0,68	0,09	0,12
Passira	0,54	0,28	0,06	0,62	0,09	0,08
Riacho das Almas	0,58	0,35	0,10	0,70	0,04	0,06
Salgadinho	0,67	0,70	0,00	0,62	0,01	0,41
Santa Cruz do Capibaribe	0,00	0,07	0,20	0,10	0,16	0,07
Santa Maria do Cambucá	0,89	0,28	0,07	0,59	0,01	0,12
Surubim	0,25	0,22	0,12	0,62	0,18	0,25
Taquaritinga do Norte	0,28	0,00	0,75	0,42	0,04	0,08
Toritama	0,02	0,14	0,16	0,00	0,05	0,07
Vertente do Lério	0,87	0,40	0,03	0,71	0,00	0,23
Vertentes	0,31	0,38	0,11	0,56	0,03	0,38

Fonte: Autor (2018).

Tabela 16 – Classificação quanto ao Índice de Vulnerabilidade Socioambiental em três grupos de Vulnerabilidade para análise com 23 municípios

Toritama	0,23	Baixa Vulnerabilidade Socioambiental
Santa Cruz do Capibaribe	0,29	
Brejo da Madre de Deus	0,70	
Surubim	0,78	
Vertentes	0,85	
Passira	0,88	
Taquaritinga do Norte	0,91	
Riacho das Almas	0,98	
Gravatá	1,00	Média Vulnerabilidade Socioambiental
Limoeiro	1,05	
Santa Maria do Cambucá	1,11	
Bezerros	1,14	
Vertente do Lério	1,21	
Salgadinho	1,22	
Jataúba	1,28	
Orobó	1,31	Alta Vulnerabilidade Socioambiental
Casinhas	1,35	
Frei Miguelinho	1,37	
Machados	1,38	
Bom Jardim	1,42	
Cumaru	1,43	
João Alfredo	1,45	
Caruaru	1,53	

Fonte: Autor (2018).

Na Figura 18, é apresentado o resultado do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental distribuído visualmente no mapa dos municípios estudados. Destaca-se também na Figura 18 a localização da barragem de Jucazinho permitindo uma interpretação visual da distribuição do IVSA nos municípios do seu entorno.

Figura 18 – Classificação dos municípios estudados quanto ao resultado do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental calculado



Fonte: Autor (2018).

Na Figura 18, com a distribuição espacial do IVSA pode-se avaliar o grau de susceptibilidade dos municípios próximos a Jucazinho quanto aos danos causados por desastres ambientais. Os resultados sugerem que os municípios de Caruaru, Cumaru e Frei Miguelinho, apesar da proximidade com a barragem estão socioambientalmente mais vulneráveis do que os demais municípios abastecidos pela barragem. Os municípios mais ao norte também apresentaram IVSA alto, indicando alta propensão a danos em eventuais desastres ambientais, são eles: Casinhas, Bom Jardim, João Alfredo, Orobó e Machados. Entre os municípios citados, Casinhas, Cumaru e Frei Miguelinho se beneficiam diretamente do abastecimento por Jucazinho.

A metodologia empregada através da utilização do IVSA avalia a vulnerabilidade integrando aspectos sociais (demográficos e econômicos) e ambientais dos municípios estudados. Logo, fica claro através dos resultados, que a barragem de Jucazinho, apesar de contribuir significativamente na economia local, não pode ser considerada o único elemento de segurança hídrica dos municípios do seu entorno. A má distribuição de renda e a grande parcela da população vivendo em ambiente rural, associadas às baixas condições de

saneamento e infraestrutura urbana, refletem mais sobre as condições de vulnerabilidade dessas comunidades do que a existência ou não da barragem.

Observa-se também que os dados utilizados pelo presente estudo são do Censo Demográfico do IBGE para o ano de 2010, ano em que a barragem de Jucazinho encontrava-se em pleno funcionamento com uma média de volume acumulado de pelo menos 90% (INSA, 2018), considerando que desde o período de 2012 a barragem apresentou avarias e não pode mais acumular, os cenários de vulnerabilidade calculados para os municípios do presente trabalho podem ser bem mais alarmantes.

Um estudo temporal dos dados para o próximo censo demográfico previsto pelo IBGE para o ano de 2020 pode esclarecer maiores informações sobre o comportamento da vulnerabilidade socioambiental para os municípios abastecidos pela barragem de Jucazinho, além de entender a dinâmica de funcionamento de influencia socioeconômica que a barragem teve na região ao longo do tempo.

4.2 ANÁLISE FATORIAL PARA CONJUNTO DE DADOS REDUZIDOS

Com o objetivo de entender o comportamento do modelo de vulnerabilidade socioambiental construído a partir da análise fatorial dos 16 indicadores do Censo Demográfico do IBGE para o ano de 2010, foi reduzido o número de municípios no modelo de 23 para 18, no intuito de consolidar a quantidade mínima de municípios capazes de compatibilizar com a técnica de análise fatorial e realizar uma comparação analítica. Foram escolhidos os seguintes municípios: Bom Jardim, Caruaru, Casinhas, Cumaru, Frei Miguelinho, Gravatá, João Alfredo, Orobó, Passira, Riacho das Almas, Salgadinho, Santa Cruz do Capibaribe, Santa Maria do Cambucá, Surubim, Taquaritinga do Norte, Toritama, Vertente do Lério e Vertentes. Essa combinação de municípios foi escolhida pelo critério de atendimento do teste KMO com valor acima de 0,5, sendo a única que obteve este resultado (Tabela 17).

Tabela 17 – Resultado dos testes de KMO e esfericidade de Bartlett para análise fatorial com 18 municípios

Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adequação de amostragem.		0,549
	Aprox. Qui-quadrado	445,088
Teste de esfericidade de Bartlett	df	120
	Sig.	0,000

Fonte: Autor

Na Tabela 18 é apresentada a matriz de correlação da análise fatorial com os 18 municípios selecionados. São destacadas as correlações abaixo de 0,3 que segundo Hair Jr. *et al.* (2009) são de baixa significância. Observa-se que, com a análise fatorial reduzida, apenas a variável X_{12} (Índice de Gini) apresentou grande quantidade de correlações abaixo de 0,3, sendo, portanto, o modelo com 18 municípios mais consolidado do que o de 23 municípios quanto às correlações entre as variáveis.

Tabela 18 – Matriz de correlação das variáveis da análise fatorial realizado com 18 municípios

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}
X_1	1,000										
X_2	0,999	1,000									
X_3	0,956	0,958	1,000								
X_4	0,951	0,955	0,999	1,000							
X_5	-0,362	-0,373	-0,484	-0,493	1,000						
X_6	0,695	0,706	0,806	0,815	-0,743	1,000					
X_7	-0,897	-0,896	-0,856	-0,851	0,495	-0,660	1,000				
X_8	-0,695	-0,689	-0,662	-0,653	0,286	-0,611	0,749	1,000			
X_9	-0,460	-0,440	-0,488	-0,469	-0,023	-0,275	0,433	0,549	1,000		
X_{10}	-0,472	-0,465	-0,471	-0,464	-0,039	-0,277	0,562	0,460	0,627	1,000	
X_{11}	-0,511	-0,501	-0,525	-0,515	-0,059	-0,277	0,587	0,614	0,654	0,746	1,000
X_{12}	-0,152	-0,142	-0,106	-0,098	-0,555	0,187	-0,013	0,105	0,257	0,472	0,206
X_{13}	0,461	0,472	0,493	0,500	-0,703	0,524	-0,650	-0,277	-0,009	-0,053	-0,168
X_{14}	0,501	0,503	0,441	0,439	-0,238	0,307	-0,579	-0,461	-0,217	-0,003	-0,171
X_{15}	0,562	0,561	0,587	0,583	-0,538	0,526	-0,728	-0,568	-0,401	-0,418	-0,336
X_{16}	0,335	0,338	0,316	0,316	-0,351	0,337	-0,507	-0,637	-0,079	-0,219	-0,180
	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}	X_{16}						
X_{12}	1,000										
X_{13}	0,672	1,000									
X_{14}	0,198	0,530	1,000								
X_{15}	0,018	0,541	0,425	1,000							
X_{16}	0,004	0,322	0,325	0,374	1,000						

Fonte: Autor (2018).

Na Tabela 19 são apresentadas as comunalidades das 16 variáveis utilizadas na análise fatorial. Todas alcançaram valores maiores que 0,7, o que segundo Hair Jr. *et al.* (2009) representa valor ótimo para utilização da variável na análise fatorial.

Tabela 19 – Comunalidades encontradas após a extração dos fatores, para cada variável, na análise fatorial com 18 municípios

Variáveis	Comunalidade
X ₁ - % Homens Rural < 15 anos	0,971
X ₂ - % Mulheres Rural < 15 anos	0,974
X ₃ - % Homens Rural > 60 anos	0,984
X ₄ - % Mulheres Rural > 60 anos	0,983
X ₅ - % Crianças < 5 anos	0,934
X ₆ - % Idosos > 60 anos	0,891
X ₇ - IDH Renda	0,937
X ₈ - IDH Longevidade	0,888
X ₉ - IDH Educação	0,737
X ₁₀ - Pop < 1/2 Salário Mínimo	0,864
X ₁₁ - Renda Média per capita	0,893
X ₁₂ - Índice de Gini	0,982
X ₁₃ - Razão de Renda	0,902
X ₁₄ - % Pavimento	0,917
X ₁₅ - % Esgoto a céu aberto	0,923
X ₁₆ - % Lixo acumulado	0,946

Fonte: Autor (2018).

Na Tabela 20, são apresentadas as variâncias acumuladas após a extração de cada fator, bem como a variância total acumulada em destaque. A variância total para a análise com 18 municípios, de 92,04%, é levemente superior à variância total da análise com 23 municípios (90,34%).

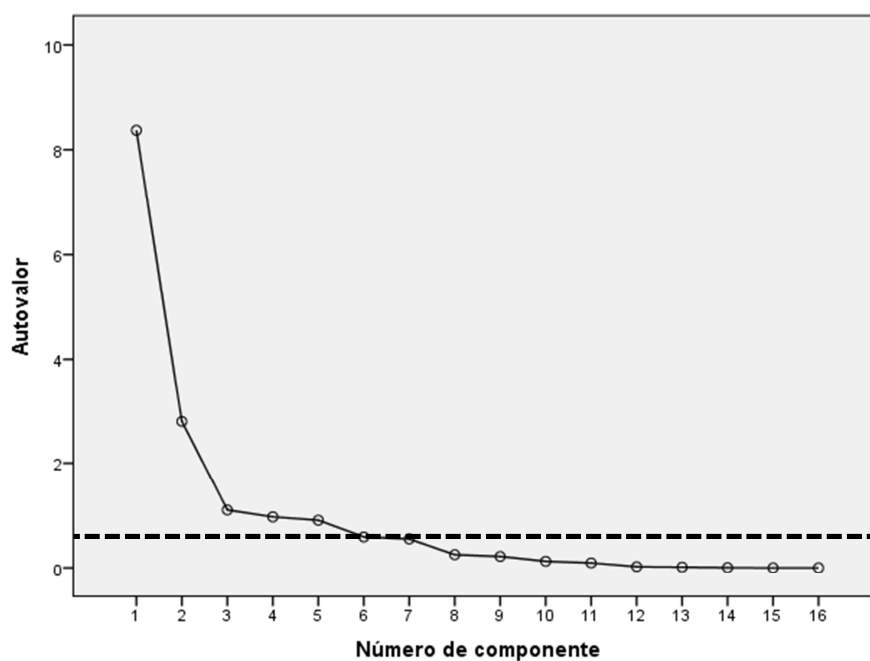
Tabela 20 – Resultados da variância acumulada na análise fatorial com 18 municípios

Fatores	Valores próprios iniciais			Somadas de extração de carregamentos ao quadrado			Somadas rotativas de carregamentos ao quadrado		
	Total	% de variância	% cumulativa	Total	% de variância	% cumulativa	Total	% de variância	% cumulativa
1	8,368	52,301	52,301	8,368	52,301	52,301	5,406	33,790	33,790
2	2,800	17,501	69,802	2,800	17,501	69,802	2,856	17,853	51,643
3	1,099	6,868	76,670	1,099	6,868	76,670	2,311	14,444	66,087
4	0,968	6,047	82,717	0,968	6,047	82,717	1,633	10,203	76,290
5	0,904	5,650	88,367	0,904	5,650	88,367	1,296	8,099	84,389
6	0,587	3,670	92,037	0,587	3,670	92,037	1,224	7,648	92,037
7	0,548	3,423	95,461						
8	0,251	1,568	97,029						
9	0,217	1,356	98,385						
10	0,126	0,785	99,170						
11	0,093	0,584	99,754						
12	0,021	0,133	99,886						
13	0,013	0,082	99,968						
14	0,005	0,029	99,997						
15	0,000	0,003	100,000						
16	5,262E-7	3,289E-6	100,000						

Fonte: Autor (2018).

Na Figura 19, é apresentado o gráfico *Scree Plot* da análise fatorial dos 18 municípios escolhidos. O gráfico sugere a utilização de 6 ou 7 fatores, mas utilizando o mesmo critério de escolha de parada da quantidade de fatores pela variância acumulada da análise que envolviam os 23 municípios iniciais, foram selecionados 6 fatores (linha pontilhada).

Figura 19 – Gráfico *Scree Plot* gerado na análise fatorial com 18 municípios



Fonte: Autor (2018).

As Tabelas 21 e 22 apresentam os resultados das cargas fatoriais, não rotacionadas e rotacionadas respectivamente, encontradas pelo SPSS, para a análise com 18 municípios. Foram suprimidas as cargas menores que $\pm 0,4$. Em destaque estão as maiores cargas fatoriais para cada variável.

Tabela 21 – Cargas fatoriais não rotacionadas gerados na análise fatorial com 18 municípios

Variáveis	Cargas Fatoriais					
	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆
X ₁ - % Homens Rural < 15 anos	0,927					
X ₂ - % Mulheres Rural < 15 anos	0,927					
X ₃ - % Homens Rural > 60 anos	0,940					
X ₄ - % Mulheres Rural > 60 anos	0,937					
X ₅ - % Crianças < 5 anos	-0,534	-0,696				
X ₆ - % Idosos > 60 anos	0,793					
X ₇ - IDH Renda	-0,957					
X ₈ - IDH Longevidade	-0,807					
X ₉ - IDH Educação	-0,543	0,529				
X ₁₀ - Pop < 1/2 Salário Mínimo	-0,556	0,625				
X ₁₁ - Renda Média per capita	-0,606	0,519				
X ₁₂ - Índice de Gini		0,847		-0,408		
X ₁₃ - Razão de Renda	0,598	0,660				
X ₁₄ - % Pavimento	0,551				0,635	
X ₁₅ - % Esgoto a céu aberto	0,732					0,549
X ₁₆ - % Lixo acumulado	0,487		-0,635			

Fonte: Autor (2018).

Tabela 22 – Cargas fatoriais rotacionadas geradas na análise fatorial com 18 municípios

Variáveis	Cargas rotacionadas					
	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆
X ₁ - % Homens Rural < 15 anos	0,888					
X ₂ - % Mulheres Rural < 15 anos	0,895					
X ₃ - % Homens Rural > 60 anos	0,918					
X ₄ - % Mulheres Rural > 60 anos	0,922					
X ₅ - % Crianças < 5 anos	-0,459		-0,697			
X ₆ - % Idosos > 60 anos	0,801					
X ₇ - IDH Renda	-0,676					
X ₈ - IDH Longevidade	-0,486	0,472		-0,623		
X ₉ - IDH Educação		0,807				
X ₁₀ - Pop < 1/2 Salário Mínimo		0,764				
X ₁₁ - Renda Média per capita		0,896				
X ₁₂ - Índice de Gini			0,952			
X ₁₃ - Razão de Renda			0,761			
X ₁₄ - % Pavimento					0,862	
X ₁₅ - % Esgoto a céu aberto						0,784
X ₁₆ - % Lixo acumulado				0,938		

Fonte: Autor (2018).

Percebe-se, na Tabela 21, a mesma configuração de distribuição de cargas apresentada na análise com 23 municípios quanto à acumulação de variância das cargas no primeiro fator, o que sugere a utilização de um método de rotação que permita distribuir as cargas em torno dos demais fatores. O método de rotação utilizado foi o *Varimax*. Percebe-se também a redução no número de cargas cruzadas na Tabela 22 em relação à análise com 23 municípios

que caiu de sete variáveis com cargas cruzadas para apenas duas, reforçando um melhoramento do modelo.

Na Tabela 23 são mostradas as fórmulas dos fatores baseadas nas cargas fatoriais encontradas na Tabela 22 por meio da Equação 01. Nota-se que os fatores F5 e F6 apresentaram apenas uma variável cada em sua composição. Este comportamento do modelo está relacionado com a escolha do número de fatores utilizados, que nesse caso foi forçado ao número de seis fatores devido a metodologia empregada por Guimarães *et al* (2014).

Tabela 23 – Fórmula dos Fatores com as cargas fatoriais escolhidas baseadas na Equação 01 na análise com 18 municípios

Fator	Fórmulas dos fatores com as cargas fatoriais escolhidas
$F_1 =$	$0,888 X_1 + 0,895 X_2 + 0,918 X_3 + 0,922 X_4 + 0,801 X_6 - 0,676 X_7$
$F_2 =$	$0,807 X_9 + 0,764 X_{10} + 0,896 X_{11}$
$F_3 =$	$- 0,697 X_5 + 0,952 X_{12} + 0,761 X_{13}$
$F_4 =$	$- 0,623 X_8 + 0,938 X_{16}$
$F_5 =$	$0,862 X_{14}$
$F_6 =$	$0,784 X_{15}$

Fonte: Autor (2018).

Na Tabela 24 é apresentado o valor calculado dos fatores a partir das fórmulas da Tabela 23. Estão em destaque os valores máximos (em negrito) e mínimos (entre parênteses) utilizados para a padronização das cargas na Tabela 25.

Tabela 24 - Resultado dos Fatores calculados pela Equação 01 na análise com 18 municípios

Município	Fatores transformados utilizando a Equação 01					
	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆
Bom Jardim	31,45	19864,35	16,10	12,81	3,53	43,69
Caruaru	11,11	98074,65	9,47	(0,81)	0,51	9,70
Casinhas	41,79	6514,53	11,00	9,87	4,82	20,98
Cumarú	29,46	7360,90	15,50	15,43	3,27	39,46
Frei Miguelinho	41,91	5424,09	14,71	3,27	5,93	46,44
Gravata	12,57	32233,46	10,81	3,25	0,56	18,37
João Alfredo	28,93	15124,33	15,37	14,70	3,13	58,91
Orobó	33,77	12348,01	25,07	2,62	3,88	42,92
Passira	27,27	12253,33	16,45	1,99	2,86	60,49
Riacho das Almas	29,66	7636,87	12,49	1,70	3,27	11,81
Salgadinho	31,15	4401,22	22,92	6,81	3,49	74,72
Santa Cruz do Capibaribe	(5,57)	18736,90	2,45	1,79	(0,07)	(8,36)
Santa Maria do Cambucá	39,01	4766,98	6,72	2,66	4,40	39,67
Surubim	18,45	20610,43	13,24	4,42	1,44	20,05
Taquaritinga do Norte	17,42	7476,14	1,48	2,01	1,29	31,60
Toritama	5,78	8149,36	(1,16)	1,89	0,11	13,71
Vertente do Lério	38,78	(3509,68)	8,04	4,25	4,73	56,94
Vertentes	20,43	5896,89	3,99	6,42	1,68	38,62

Fonte: Autor (2018).

Tabela 25 – Resultados dos fatores padronizados calculados através da equação 02 para os 18 municípios estudados

Município	Fatores transformados utilizando a Equação 02					
	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆
Bom Jardim	0,71	0,17	0,62	0,82	0,59	0,53
Caruaru	0,15	1,00	0,35	0,00	0,08	0,02
Casinhas	1,00	0,03	0,41	0,62	0,81	0,19
Cumaru	0,66	0,04	0,60	1,00	0,55	0,47
Frei Miguelinho	1,00	0,02	0,57	0,17	1,00	0,57
Gravata	0,19	0,30	0,40	0,17	0,08	0,15
João Alfredo	0,64	0,12	0,59	0,95	0,52	0,76
Orobó	0,78	0,09	1,00	0,12	0,65	0,52
Passira	0,60	0,09	0,64	0,08	0,48	0,79
Riacho das Almas	0,66	0,04	0,47	0,06	0,55	0,05
Salgadinho	0,70	0,01	0,91	0,41	0,58	1,00
Santa Cruz do Capibaribe	0,00	0,16	0,05	0,07	0,00	0,00
Santa Maria do Cambucá	0,92	0,01	0,23	0,13	0,74	0,47
Surubim	0,35	0,18	0,51	0,25	0,23	0,18
Taquaritinga do Norte	0,33	0,04	0,01	0,08	0,21	0,35
Toritama	0,01	0,05	0,00	0,07	0,01	0,08
Vertente do Lério	0,91	0,00	0,29	0,24	0,80	0,73
Vertentes	0,41	0,03	0,12	0,38	0,27	0,46

Fonte: Autor (2018).

Na Tabela 25 são apresentados os valores dos fatores padronizados através da Equação 02. Na Tabela 26 são apresentados os valores calculados para o Índice de Vulnerabilidade Socioambiental dos 18 municípios estudados. O IVSA foi calculado com base na Equação 03. Na Figura 20 é apresentado o resultado visual da distribuição do IVSA.

Tabela 26 – Resultados dos Índices de Vulnerabilidade Socioambiental e a classificação dos 18 municípios estudados

Toritama	0,12	Baixa Vulnerabilidade Socioambiental
Santa Cruz do Capibaribe	0,18	
Taquaritinga do Norte	0,53	
Gravata	0,59	
Surubim	0,75	
Vertentes	0,78	
Riacho das Almas	0,99	Média Vulnerabilidade Socioambiental
Caruaru	1,07	
Passira	1,27	
Santa Maria do Cambucá	1,30	
Vertente do Lério	1,46	
Bom Jardim	1,49	Alta Vulnerabilidade Socioambiental
Casinhas	1,50	
Cumaru	1,52	
Orobó	1,52	
João Alfredo	1,59	
Frei Miguelinho	1,64	
Salgadinho	1,68	

Fonte: Autor (2018).

Figura 20 – Classificação dos 18 municípios abastecidos por Jucazinho quando ao Índice de Vulnerabilidade Socioambiental



Fonte: Autor (2018).

Os resultados da Análise Fatorial com os 18 municípios estudados: Bom Jardim, Caruaru, Casinhas, Cumaru, Frei Miguelinho, Gravatá, João Alfredo, Orobó, Passira, Riacho das Almas, Salgadinho, Santa Cruz do Capibaribe, Santa Maria do Cambucá, Surubim, Taquaritinga do Norte, Toritama, Vertente do Lério e Vertentes, demonstram que os municípios de Cumaru e Frei Miguelinho, apesar da proximidade com a barragem de Jucazinho, apresentaram IVSA elevado, ou seja, alta propensão a danos causados por desastres socioambientais.

4.3 RESULTADOS DO MÉTODO COMPARATIVO ANALÍTICO

A Tabela 27 apresenta a comparação entre os valores dos Índices de Vulnerabilidade Socioambiental para as duas análises fatoriais realizadas, uma com 23 municípios e uma com 18 municípios, bem como a variação entre as duas análises.

Tabela 27 – Comparação entre análise fatorial com 23 e com 18 municípios

Municípios	A.F. com 23 municípios	A.F. com 18 municípios	Variação
Bom Jardim	1,42	1,49	0,07
Caruaru	1,53	1,07	0,46
Casinhas	1,35	1,50	0,15
Cumaru	1,43	1,52	0,09
Frei Miguelinho	1,37	1,64	0,27
Gravatá	1,00	0,59	0,41
João Alfredo	1,45	1,59	0,14
Orobó	1,31	1,52	0,21
Passira	0,88	1,27	0,39
Riacho das Almas	0,98	0,99	0,01
Salgadinho	1,22	1,68	0,46
Santa Cruz do Capibaribe	0,29	0,18	0,08
Santa Maria do Cambucá	1,11	1,30	0,19
Surubim	0,78	0,75	0,03
Taquaritinga do Norte	0,91	0,53	0,38
Toritama	0,23	0,12	0,11
Vertente do Lério	1,21	1,46	0,25
Vertentes	0,85	0,78	0,07

Fonte: Autor (2018).

Os valores de variação encontrados mostram que as duas análises fatoriais foram significativamente próximas com médias de 1,11 para IVSA da análise com 18 municípios e 1,08 para IVSA da análise com 23 municípios. Os municípios que apresentaram maior variação entre as duas análises foram: Caruaru, Salgadinho, Gravatá, Passira e Taquaritinga do Norte. Quanto à classificação, três municípios aumentaram o IVSA quando comparada a

análise com 23 municípios para a análise com 18 municípios, são eles: Riacho das Almas (mudou de baixo para médio IVSA), Passira (mudou de baixo para médio IVSA) e Salgadinho (mudou de médio para alto IVSA). Houve também uma diminuição do IVSA para outros três municípios: Gravatá (mudou de médio para baixo IVSA), Caruaru (mudou de alto para médio IVSA) e Bom Jardim (mudou de alto para médio IVSA).

Pôde-se observar que não houve grandes mudanças na classificação dos municípios quanto ao Índice de Vulnerabilidade Socioambiental comparando-se as duas análises. As mudanças que ocorreram são principalmente resultados da diminuição do grupo de observações dos municípios, o que aumenta o desvio padrão da amostra. Assim pôde-se afirmar que o método repetiu satisfatoriamente o resultado da classificação dos municípios quanto ao seu grau de vulnerabilidade socioambiental, e que a metodologia utilizada por Guimarães *et al* (2014) pode ser replicada com sucesso em um número reduzido de municípios desde que esse grupo de municípios apresente aspectos socioambientais característicos regionais.

A Figura 21 mostra a classificação do IVSA para aos 18 municípios estudados utilizando a média dos resultados da análise fatorial após a análise comparativa. Percebe-se que em relação à Figura 20, da seção 4.2, apenas houve mudança de classificação nos municípios de Orobó (mudou de alto para médio IVSA) e Bom Jardim (mudou de médio para alto IVSA).

Figura 21 – Classificação dos 18 municípios abastecidos por Jucazinho quando à média do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental das duas análises fatoriais realizadas



Fonte: Autor (2018).

A Tabela 28 mostra a comparação entre os resultados das análises fatoriais com 23 e 18 municípios e também os resultados gerados a partir dos valores médios do IVSA entre as duas análises, complementando assim os resultados apresentados na Figura 13. Observa-se que o município de Orobó apresentou resultados de alto IVSA tanto na análise com 23 municípios quanto na análise com 18 municípios, porém seu valor médio de IVSA o classificou no comparativo como médio IVSA isso ocorreu devido o processo classificatório, uma vez que o importante não é o valor do IVSA em si, mas como ele se comporta dentro de um determinado grupo estudado, assim Orobó entrou para o tercil que representava médio IVSA dentro do grupo das médias.

Tabela 28 – Comparação dos resultados da análise fatorial com 23 municípios, com 18 municípios e a média dos resultados

Municípios	18 municípios	23 municípios	Média
Bom Jardim	Médio	Alto	Alto
Caruaru	Médio	Alto	Médio
Casinhas	Alto	Alto	Alto
Cumaru	Alto	Alto	Alto
Frei Miguelinho	Alto	Alto	Alto
Gravatá	Baixo	Médio	Baixo
João Alfredo	Alto	Alto	Alto
Orobó	Alto	Alto	Médio
Passira	Médio	Baixo	Médio
Riacho das Almas	Médio	Baixo	Médio
Salgadinho	Alto	Médio	Alto
Santa Cruz do Capibaribe	Baixo	Baixo	Baixo
Santa Maria do Cambucá	Médio	Médio	Médio
Surubim	Baixo	Baixo	Baixo
Taquaritinga do Norte	Baixo	Baixo	Baixo
Toritama	Baixo	Baixo	Baixo
Vertente do Lério	Médio	Médio	Médio
Vertentes	Baixo	Baixo	Baixo

Fonte: Autor (2018).

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A partir das considerações apresentadas no Capítulo 4 do presente trabalho (resultados e discussões) pôde-se observar que o método empregado de análise fatorial para cálculo de um índice de vulnerabilidade socioambiental generalizado, proposto por Guimarães *et al* (2014), apresentou resultados satisfatórios quando a empregabilidade do método e sua replicação em outro objeto de estudo, neste caso os municípios do Agreste Central e Setentrional Pernambucano. Ainda assim é preciso considerar as diferenças regionais quanto aos aspectos sociais e ambientais da região estudada, que influencia a escolha e utilização dos dados iniciais e podem explicar correlações diferentes na escolha dos fatores utilizados.

A utilização do método comparativo analítico foi de grande importância para o estudo. Realizada entre as análises fatorial com 23 municípios e com 18 municípios, apontou que a utilização da metodologia com um número reduzido de dados iniciais pôde ser empregada satisfatoriamente já que ambas as análises apresentaram teste KMO acima de 0,5. Na comparação entre as duas análises pôde-se perceber pequena diferença entre os resultados, considerados normais, já que o desvio padrão dos valores do IVSA diminui quando se diminui o número de municípios utilizados na análise.

Sobre os resultados na análise fatorial, os dados apontam que os municípios de maior proximidade com a barragem de Jucazinho não necessariamente apresentaram uma resposta satisfatória quanto à segurança ao risco socioambiental, confirmando, em parte, a hipótese inicial desta pesquisa. Os municípios de Casinhas, Cumaru, Frei Miguelinho e João Alfredo foram classificados como alto IVSA em todas as análises realizadas, ressaltando o risco socioambiental que esses municípios possuem. Desses municípios Frei Miguelinho e Cumaru são praticamente adjacentes ao reservatório de Jucazinho. Destacam-se também os municípios de Caruaru, Bom Jardim, Orobó e Salgadinho que apresentaram em pelo menos uma das análises valor de alto IVSA. Caruaru é tida como a capital econômica do Agreste Pernambucano, sendo o maior centro populacional dos municípios estudados, assim sua condição de alta vulnerabilidade socioambiental é extremamente alarmante.

Quanto ao papel da barragem de Jucazinho sobre a capacidade de redução da vulnerabilidade socioambiental dos municípios estudados, ficou claro que a barragem não pode ser considerada único elemento de garantia de segurança socioambiental dos municípios do Agreste Pernambucano. A má distribuição de renda associado a grande parcela da população vivendo em ambiente rural foram os elementos centrais que puderam explicar a vulnerabilidade dessas populações.

A barragem proporciona um grande investimento em controle e abastecimento hídrico urbano, muitas vezes sendo o elemento que possibilita a garantia dos usos múltiplos da água em uma determinada região. Porém do ponto de vista socioeconômico as próprias condições de construção de uma barragem, como uma obra de impacto regional, fazem com as barragens sejam um opção cara e difícil de manejar frente às mudanças climáticas. Assim, a política de gestão de recursos hídricos não pode considera-las como o único meio de garantia de água para a população. É necessário diversificar as formas de controle e gestão de recursos hídricos, investindo em meio intermediários onde o consumidor seja também um agente responsável pela manutenção do sistema.

No que diz respeito às questões sociais e a superação da vulnerabilidade social é necessário iniciativas que permitam uma melhor distribuição de renda e melhoria da infraestrutura pública presente em áreas rurais.

Mas toda mudança começa de uma pequena parte, assim muitos pesquisadores tem apontado para um olhar diferente quanto à seca no Semiárido e a vulnerabilidade de sua população. Ao invés de uma visão de combate à seca, como um inimigo a ser enfrentado, hoje é possível uma visão de conciliação do habitante do semiárido com o clima, a convivência com a seca além de propor uma gestão descentralizada dos recursos hídricos permite o empoderamento das comunidades residentes e o seu crescimento econômico baseado na utilização sustentável dos recursos disponíveis. Essa pode ser uma escolha mais flexível frente às mudanças climáticas e que permita ao mesmo tempo o desenvolvimento econômico da região e a perpetuação da sua população.

Sugere-se para trabalhos posteriores a incorporação de outros elementos no estudo da vulnerabilidade socioambiental que possam melhorar os resultados quanto às características ambientais da análise, como por exemplo, a incorporação de imagens de satélite em Sistemas de Informações Geográficas (SIG) através da aplicação do Índice de Vegetação, como o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) e a incorporação de dados mais aprofundados sobre as relações econômicas da população com a barragem de Jucazinho.

Quanto à escolha do objeto de estudo, sugere-se em trabalhos posteriores a utilização de áreas maiores como, por exemplo, toda a região Semiárida. Uma vez que a análise fatorial é uma ferramenta de caráter classificatória seria possível, ao utilizá-la em uma área de totalidade climática como o Semiárido, saber quais os municípios mais propensos a perdas econômicas e sociais durante os períodos de seca.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, J. P. T.; RÊGO, J. C. O Semiárido Brasileiro: Aspectos Gerais. In GALVÃO, C. O. (Org.). **Recursos hídricos para a convivência com o semiárido:** abordagens por pesquisadores no Brasil, Portugal, Cabo Verde, Estados Unidos e Argentina. 1. ed. Porto Alegre: ABRH, 2013. 598p.
- ALMEIDA, A. V. D. L.; CORRÊA, M. M.; LIMA, J. R. S.; SOUZA, E. S.; SANTORO, K. R.; ANTONINO, A. C. D. Atributos Físicos, Macro e Micromorfológicos de Neossolos Regolíticos no Agreste Meridional de Pernambuco. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* (online). Universidade Federal de Viçosa: Minas Gerais, 2015. v. 39, p. 1235-1246.
- ALMEIDA, E. P. O processo de periferização e uso do território brasileiro no atual período histórico. In: SOUZA, M. A. (org.). *Território Brasileiro: usos e abusos*. Campinas: Edições Territorial, 2003. p. 213-39.
- ALVES, H. P. F. Análise da vulnerabilidade socioambiental em Cubatão-SP por meio da integração de dados sociodemográficos e ambientais em escala intraurbana. *Revista Brasileira de Estudos de População* (Impresso), 2013. v 30: p.349-66.
- ANA – Agência Nacional de Águas. **Barragens e Reservatórios**. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/gestao-da-agua/saiba-quem-regula/reservatorios>>. Acesso em 20 de julho de 2018.
- ANDRADE, A. J. P.; SILVA, N. M.; ROZENDO, C.. As percepções sobre as variações e mudanças climáticas e as estratégias de adaptação dos agricultores familiares do Seridó potiguar. *Desenvolvimento e Meio Ambiente* (UFPR), 2014. v. 31, p. 77-96.
- ANDRADE, J. A.; CORDEIRO NETO, J. R. Uma discussão sobre a possibilidade da criação institucional e sinergia entre Estado e sociedade: o caso do PIMC no Semiárido brasileiro. *Cadernos EBAPE.BR* (FGV) Rio de Janeiro, 2016. v. 14, p. 551-568.
- APAC – Agência Pernambucana de Águas e Clima. Define medidas e procedimentos a serem adotados pelo órgão empreendedor da Barragem de Jucazinho para garantir a integridade da barragem e segurança da população circunvizinha. Resolução n.1 de 22 de junho de 2016. Recife – PE. 2016.
- ARAÚJO FILHO, J. C. Levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do estado de Pernambuco. EMBRAPA - BOLETIM DE PESQUISA. 2000.
- ARTICULAÇÃO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO. ASA Brasil, 2018. Disponível em <www.asabrasil.org.br/sobre-nos/historia>. Acesso em 10 de janeiro de 2018.

ASSIS, T. R. P. Sociedade civil e a construção de políticas públicas na região semiárida brasileira: o caso do Programa Um Milhão de Cisternas rurais (P1MC). *Revista de Políticas Públicas (UFMA)*, 2012. v. 16, p. 179-189.

BRAGA, R. A. P. (Ed.); PAIVA, A. L. R. *Águas de areias*. 1ª ed. Recife: Clã, 2016. 336 p.

BRASIL. Contrato de continuidade da execução das obras dos serviços de construção da Barragem do Jucazinho, no Estado de Pernambuco. DOU – Diário Oficial da União. Brasília, DF, 15 de dezembro de 2000. Seção 1, p. 201.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. Congresso Nacional, Brasília, DF. 31 ago. 1981. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm>. Acesso em: 7 de maio de 2018.

BRASIL, MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO. Nova delimitação do Semiárido. Brasília, 2005.

BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Plano Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em < <http://www.mma.gov.br/agua/recursos-hidricos/plano-nacional-de-recursos-hidricos> >. Acesso em 7 de maio de 2018.

CARVALHO, R. M. C. M. O. Avaliação dos perímetros de irrigação na perspectiva da sustentabilidade da agricultura familiar no semi-árido Pernambucano. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) UFPE. Recife. 2009. 248p.

CASTRO, A. L. C.; CALHEIROS, L.B. *Manual de Medicina de Desastre*. Brasília: Ministério da Integração Nacional, Secretaria Nacional de Defesa Civil. 2007.

COMPESA – Companhia Pernambucana de Saneamento. Barragem de Jucazinho volta a acumular água. Disponível em < <https://servicos.compesa.com.br/barragem-de-jucazinho-volta-a-acumular-agua/> >. Acesso em 20 de julho de 2018.

DADSON, S.; ACREMAN, M.; HARDING, R. Water security, global change and land-atmosphere feedbacks. *Philosophical Transaction of the Royal Society A*. 2013.

DASGUPTA, S.; DEICHMANN, U.; MEISNER, C.; WHEELER, D. The Poverty/Environment Nexus? Evidence from Cambodia, Lao PDR, and Vietnam. *World Development*, 2005. v 33(4), p. 617-38.

DA SILVA ROSA, T.; MENDONÇA, M. B.; MONTEIRO, T. G.; SOUZA, R. M.; LUCENA, R. A educação ambiental como estratégia para a redução de riscos socioambientais. *Revista Ambiente & Sociedade (Online)*: São Paulo – SP, 2015. v. 18 (3), p 211-30.

DNOCS - DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS. Ministério da Integração Nacional. Disponível em < www2.dnocs.gov.br > . Acesso em 17 de julho de 2017.

FONSECA, I. F.; Bursztyn, M.. A Banalização da Sustentabilidade: Reflexões sobre Governança Ambiental em Escala Local. *Sociedade e Estado*, 2009. v. 24 n.1, p. 17-46.

FERREIRA, D. T. A. M.; MARQUES, E. E.; BUENAFUENTE, S. M. F.; SOUZA, L. B. E.; GRISON, M. G.; LIMA, A. M. T. Perdas simbólicas e os atingidos por barragens: o caso da Usina Hidrelétrica de Estreito, Brasil. *Desenvolvimento e Meio Ambiente (UFPR)*, 2014. v. 30, p. 73-87.

FREIRE N. C. F.; BONFIM, C.V.; NATENZON, C.E. Vulnerabilidade socioambiental, inundações e repercussões na Saúde em regiões periféricas: o caso de Alagoas, Brasil. **Ciência e Saúde Coletiva** (Impresso): Rio de Janeiro - RJ. 2014.

FREITAS, C. M.; CARVALHO, M. L.; XIMENES, E. F.; ARRAES, E. F.; GOMES, J. O. Vulnerabilidade socioambiental, redução de riscos de desastres e construção da resiliência: lições do terremoto no Haiti e das chuvas fortes na Região Serrana, Brasil. **Ciência e Saúde Coletiva** (Impresso Rio de Janeiro): - RJ, 2012. v. 17, p. 1577-1586.

FREITAS, M. I. C.; CUNHA, L.; RAMOS, A. Vulnerabilidade socioambiental de concelhos da Região Centro de Portugal por meio de sistema de informação geográfica. **Cadernos de Geografia**. FLUC, 2013. v 32, p. 313-22.

GALVÃO, C. O. (Ed.); CIRILO, J. A. (Org.); CABRAL, J. J. S. P. (Org.); MEDEIROS, M. G. A. (Org.). **Recursos hídricos para a convivência com o semiárido**: abordagens por pesquisadores no Brasil, Portugal, Cabo Verde, Estados Unidos e Argentina. 1. ed. Porto Alegre: ABRH, 2013. 598p.

GAMBA, C.; RIBEIRO, W. C. Indicador e Avaliação da Vulnerabilidade Socioambiental no Município de São Paulo. *GEOUSP, Espaço e tempo*, 2012. v 31, p 19-31.

GONÇALVES, K. S.; SIQUEIRA, A.; HACON, S. S.; CASTRO, H. A. Indicador de vulnerabilidade socioambiental na Amazônia Ocidental. O caso do município de Porto Velho, Rondônia, Brasil. **Ciência e Saúde Coletiva** (Impresso) Rio de Janeiro – RJ, 2014. v 19, p 3809-18.

GUIMARÃES, R. M.; MAZOTO, M. L.; MARTINS, R. N.; CARMO, C. N.; FROES ASMUS, C. I. R. Construção e validação de um índice de vulnerabilidade socioambiental para a vigilância e gestão de desastres naturais no Estado do Rio de Janeiro. **Ciência e Saúde Coletiva** (Impresso): Rio de Janeiro - RJ. 2014.

HAIR JR, J.F.; BLACK, W.C.; BABIN, B.J.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L. **Análise multivariada de dados**. Ed 6. Porto Alegre, Bookman, 2009. 688p.

HAMILTON, K. Policy-Driven Indicators for Sustainable Development. Mediterranean Blue Plan Enviromental Performace Indicators workshop. **Damasco**: Banco Mundial, 1996.

HOFSTATTER, L. J. V.; OLIVEIRA, H. T.; SOUTO, F. J. B. Uma contribuição da educação ambiental crítica para (des)construção do olhar sobre a seca no semiárido baiano. **Ciência e Educação**, UNESP (Impresso), 2016. v. 22, p. 615-633.

IBGE. **Censo Demográfico, 2010**. Disponível em <www.ibge.com.br>. Acesso em: 22 de agosto de 2017.

IBGE. **Divisão Regional do Brasil**. Disponível em <https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/default_div_int.shtm?c=1>. Acesso em 03 de julho de 2018.

IBGE. **Divisão Regional do Brasil em Mesorregiões e Microrregiões Geográficas**. Vol. 1. Rio de Janeiro – RJ, 1990.

INSA – Instituto Nacional do Semiárido. Olho N'Água. Disponível em: <<https://olhonagua.insa.gov.br/>>. Acesso em 30 de abril de 2018.

KAZTMAN, R.; BECCARIA, L.; FILGUEIRA, F.; GOLBERT, L.; KESSLER, G. **Vulnerabilidad, activos y exclusión social en Argentina y Uruguay**. Santiago de Chile: OIT, 1999.

LEMOS, S. M.; HIGUCHI, M. I. G. Compromisso socioambiental e vulnerabilidade. **Revista Ambiente & Sociedade**: São Paulo – SP, 2011. v14(2), p123-38.

LIMA, S.F. Introdução ao Conceito de Sustentabilidade - aplicabilidade e limites. **Cadernos da Escola de Negócios da UniBrasil**, 2009. v. 4, p. 20-24

LIMA, V. H. M.. Cianobactérias em reservatórios do Estado de Pernambuco: Ocorrência e toxicidade. **Holos** (Natal. Online), 2017. v. 4, p. 111.

MAGALHÃES JR, A. P. **Indicadores ambientais e recursos hídricos**: realidade e perspectivas para o Brasil a partir da experiência francesa. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

MALTA, F. S.; COSTA, E. M. DA ; MAGRINI, A.. Índice de vulnerabilidade socioambiental: uma proposta metodológica utilizando o caso do Rio de Janeiro, Brasil. **Ciencia & Saude Coletiva**, Rio de Janeiro – RJ. 2017. v. 22, p. 3933-3944.

MANCAL, A.; LIMA, P. V. P. S.; KHAN, A. S.; MAYORGA, M. I. O. À espera da seca que vem: capacidade adaptativa em comunidades rurais do semiárido. **Revista Brasileira de Estudos de População**. REBEP, 2016. v. 1, p. 1-25.

MARENGO J. A.; ALVES, L. M.; BESERRA, E.; LACERDA, F. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. In: MEDEIROS, S. S.; GHEYI, H. R.; GALVÃO, C. O.; PAZ, V. P. S. (Org.). **Recursos Hídricos em Regiões Áridas e Semiáridas**. Campina Grande, PB: INSA, 2011. v.1, p. 383-416.

MEDEIROS, S. S.; GHEYI, H. R.; GALVÃO, C. O.; PAZ, V. P. S. **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**. Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido, 2011.

OBERMAIER M. **Velhos e Novos Dilemas nos Sertões**: mudanças climáticas, vulnerabilidade e adaptação no semiárido brasileiro. Tese (Doutorado em Planejamento Estratégico). Rio de Janeiro: UFRJ. COPPE. Programa de Planejamento Energético, 2011.

OLÍMPIO, J. L. S.; SALES, M. C. L.; ZANELLA, V. M. E.; VIEIRA, P. M. B. Episódios pluviais extremos e a vulnerabilidade socioambiental do município de fortaleza: o episódio do dia 27/03/2012. **Geo UERJ**, 2013. v 1(24), p181-206.

PERNAMBUCO, CONDEPE/FIDEM. **Contas regionais do Estado de Pernambuco**. Disponível em: < <http://www.anuario.pe.gov.br/categoria/contas-regionais> >. Acesso em 20 de julho de 2018.

PONTES, E. T. M. A Estreita Relação entre Mulher e Água no Semiárido: o Caso do Programa um Milhão de Cisternas Rurais. **Revista Latino-americana de Geografia e Gênero**: UEPB, 2013. v. 4, p. 14-21.

QUEIROZ, A. R. S.; MOTTA-VEIGA, M. Análise dos impactos sociais e à saúde de grandes empreendimentos hidrelétricos: lições para uma gestão energética sustentável. **Ciência e Saúde Coletiva**: Rio de Janeiro - RJ, 2012. v. 17, p. 1387-1398.

SANTANA, A. C. A. **Avaliação do gerenciamento da cisterna calçadão, enquanto tecnologia ambiental utilizada por famílias de agricultores no Semiárido pernambucano**. Dissertação (Dissertação em Engenharia Civil e Ambiental) – UFPE: Caruaru, 2015. 120p.

SANTOS, D. P. A.; VIDAL, D. L. Realidade territorial de unidades familiares no semiárido brasileiro. **Tempo Social**: USP (Impresso), 2015. v. 28, p. 55-83.

SANTOS, E. M.; MARIANO, G. ; BRILHA, J. ; NASCIMENTO, M. A. L. . Caracterización y cuantificación del patrimonio geológico de la region agreste de Pernambuco (noreste de Brasil). In: A. Hilario, M. Mendia, M. Monge-Ganuzas, E. Fernández, J. Vegas, A. Belmonte. (Org.). **Patrimonio geológico y geoparques, avances de un camino para todos**. 1ed.Zumaia, País Vasco - Espanha: Instituto Geológico y Minero de España, 2015. p. 143-148.

SANTOS, M. **A Natureza do espaço**: técnica e tempo, razão e emoção. Ed 4. São Paulo (SP): Editora da Universidade de São Paulo, 2006.

SICHE, R.; AGOSTINHO, F.; ORTEGA, E.; ROMEIRO, A. Índices versus indicadores: precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. **Ambiente & Sociedade** (Campinas), 2007. v. 10, p. 137-148.

SILVA, R. M. A.. Entre o Combate à Seca e a Convivência com o Semi-Árido: políticas públicas e transição paradigmática. *Revista Econômica do Nordeste*, 2007. v. 38, p. 466-485.

SOUSA, A. R.; ALBUQUERQUE, S. F.; LOPES, G. M. B.; SILVA, A. B.; NUNES FILHO, J. Caracterização e interpretação de um Planossolo háplico eutrófico do agreste pernambucano, Brasil. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**. 2013. v. 10, p. 271-279.

SOUSA, C. M. P.; SILVA, L. C. Gestão de processos na cadeia de suprimentos: um estudo de caso numa organização do setor têxtil do agreste de Pernambuco. **Revista Produção Online**, 2015. v. 15, p. 646-670.

SPINK, M. J. P. Viver em áreas de risco: tensões entre gestão de desastres ambientais e os sentidos de risco no cotidiano. **Ciência e Saúde Coletiva** (Impresso): Rio de Janeiro - RJ. 2014.

SUDENE – Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. **Publicada resolução que amplia o semiárido**. Disponível em < <http://www.sudene.gov.br/noticias/63-regional/834-dou-publica-resolucao-que-amplia-o-semiarido>>. Acesso em: 22 de dezembro de 2017.

TIBÚRCIO, L. H.; CORRÊA, M. P. Análise da vulnerabilidade da microrregião de Itajubá por meio do IVG com vistas à mitigação dos impactos causados pelas mudanças climáticas. **Revista Ambiente & Sociedade** (Online): São Paulo – SP, 2012. v 15, p123-39.

TORRES, F. S. M. (Org.); PFALTZGRAFF, P. A. S. (Org.). Geodiversidade do Estado de Pernambuco. 1. ed. Recife: **Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM**. 2014. v. 1. 282p.

VIVO, M. (ger.). **Dams & The World's Water: An Educational Book that Explains how Dams Help to Manage the World's Water**. ICOLD-CIGB. França. 2008.74p.

WOLKMER, M. F. S.; PIMMEL, N. F. Política Nacional de Recursos Hídricos: governança da água e cidadania ambiental. **Sequência** (UFSC), 2013. v. 67, p. 165-198.

ZANELLA, M. E.; OLIMPIO, J. L. S.; COSTA, M. C. L; DANTAS, E. W. Vulnerabilidade Socioambiental do Baixo Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Cocó, Fortaleza-CE. **Sociedade & Natureza**: UFU (Impresso), 2013. v 25, p 317-32.