



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE**



**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA – CCET**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DEMOGRAFIA – PPGDEM**

**POLLYANNE EVANGELISTA DA SILVA**

**ÍNDICE EPIDEMIOLÓGICO DE VULNERABILIDADE AOS EXTREMOS DE  
SECA: UMA APLICAÇÃO PARA O ESTADO DO RIO GRANDE DO  
NORTE, 2000 e 2010.**

**NATAL/RN**

**2014**

**POLLYANNE EVANGELISTA DA SILVA**

**ÍNDICE EPIDEMIOLÓGICO DE VULNERABILIDADE AOS EXTREMOS DE  
SECA: UMA APLICAÇÃO PARA O ESTADO DO RIO GRANDE DO  
NORTE, 2000 e 2010.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Demografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como parte das exigências para obtenção do grau de mestre em Demografia.

Orientador(a): Dra. Maria Helena Constantino Spyrides

Co- orientador: Dra.Lára de Melo Barbosa

Dr. Paulo Sérgio Lucio

**NATAL/RN**

**2014**

Catálogo da Publicação na Fonte. UFRN / SISBI / Biblioteca Setorial  
Centro de Ciências Exatas e da Terra – CCET.

Silva, Pollyanne Evangelista da.

Índice epidemiológico de  
vulnerabilidade aos extremos de seca:  
uma aplicação para o Estado do Rio  
Grande do Norte, 2000 e 2010 / Pollyanne  
Evangelista da Silva. - Natal, 2014.

97 f. : il.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Helena  
Constantino Sovrides

**TERMO DE APROVAÇÃO**

**POLLYANNE EVANGELISTA DA SILVA**

**ÍNDICE EPIDEMIOLÓGICO DE VULNERABILIDADE AOS EXTREMOS DE  
SECA: UMA APLICAÇÃO PARA O ESTADO DO RIO GRANDE DO  
NORTE, 2000 e 2010.**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Demografia, Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, pela seguinte banca examinadora:

Aprovada em : \_\_/\_\_/\_\_

---

Profa. Dra. Maria Helena Constantino Spyrides  
Orientadora – Departamento de Estatística, UFRN

---

Profa. Dra. Lára de Melo Barbosa  
Departamento de Demografia e Ciências Atuariais, UFRN

---

Profa. Dr. Paulo Sérgio Lucio  
Departamento de Estatística, UFRN

---

Prof. Dr. Claudio Moisés Santos e Silva  
Departamento de Física Teórica e Experimental, UFRN

---

Dr. Josemir Araújo Neves  
Empresa de Pesquisa Agropecuária do RN, EMPARN

---

Profa. Dra. Kenya Valeria Micaela de Souza Noronha  
Departamento de Ciências Econômicas, UFMG

## DEDICATÓRIA

*Dedico essa dissertação aos meus pais*

*Paulo Cesar da Silva e Sara Evangelista da Silva*

## **AGRADECIMENTOS**

Escrever uma dissertação de Mestrado é uma experiência enriquecedora e de plena superação. Crescemos a cada tentativa de buscar respostas aos nossos anseios e aflições quanto ‘pesquisador’. Para aqueles que compartilham conosco desse momento, parece uma tarefa interminável e enigmática que somente se tornam realizáveis graças as contribuições diretas ou indiretas de muitas pessoas queridas. Portanto, são a estas que gostaria de agradecer neste momento.

Primeiramente, quero agradecer a DEUS, já que Ele colocou pessoas tão especiais ao meu lado, sem as quais certamente chegar até aqui seria bem mais árduo.

Aos meus pais, Paulo César da Silva e Sara Evangelista da Silva meu infinito agradecimento. Por sempre acreditarem em mim e em minha capacidade. Graças a eles, hoje, concluo mais uma etapa da minha carreira acadêmica.

Esta dedicatória se estende especialmente a minha amiga, professora e orientadora, Professora Dr. Maria Helena Constantino Spyrides, a ela devo a confiança em minha capacidade como pesquisadora, além da tranquilidade em transmitir seus ensinamentos, paciência para ouvir minhas indagações e inquietações sempre com maestria.

As minhas irmãs, Ariadne, Paula e Vandernúbia e ainda as minhas irmãs de coração Rutênia e Letícia que muitas vezes me ouviram e viram minhas lágrimas em momentos de aflição, mas sempre vinham com palavras de conforto e estiveram sempre presente comigo em qualquer que fosse o momento. Ao meu cunhado Tiago que mesmo estando longe me ajudou com seus conhecimentos.

Aos meus Co-orientadores: Dra. Lára de Melo Barbosa na qual contribuiu com seus conhecimentos fundamentais e ao Dr. Paulo Sérgio Lúcio que trouxe a tona a ideia do

tema da dissertação, a qual hoje se concretiza com a construção do indicador de vulnerabilidade epidemiológico à seca para o Rio Grande do Norte.

Agradeço as minhas amigas de graduação Izabelly e Patrícia Viana pelo incentivo quando precisava seguir em frente. Agradeço ainda a Bruce Kellys pela contribuição no âmbito da meteorologia e Mário secretário do programa que sempre solicito em ajudar no que fosse necessário.

Este trabalho não seria possível sem o apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos de Mestrado.

Aos Professores Doutores: Kênya Valéria Micaela de Souza Noronha, Cláudio Moisés Santos e Silva e Josemir Araújo Neves por aceitarem o convite e participarem desta Banca de Mestrado.

Por fim, quero agradecer a todos que me ajudaram diretamente ou indiretamente e que não foram citados.



*Dispõe-te , resplandece, porque  
vem a tua luz, a glória do  
Senhor nasce sobre ti.*

*Is 60.1*

## RESUMO DA DISSERTAÇÃO

Os impactos das mudanças climáticas no Brasil tendem a ser mais graves na região Nordeste, mas necessariamente a região do Semiárido do Brasil mais atingida pelos impactos da seca e com perspectivas de presenciar cenários ainda piores ocasionados pelo aumento da temperatura, pela diminuição das chuvas na região no período chuvoso, como também, as cheias nos períodos não chuvosos, e com a ação antropogênica. Um dos principais efeitos da seca reflete-se sobre o estado de saúde da população, principalmente das populações mais pobres e frágeis, e das crianças e os idosos. O objetivo principal deste estudo é construir um indicador epidemiológico de vulnerabilidade à seca, como também propor uma nova metodologia de cálculo do indicador levando-se em consideração os aspectos socioepidemiológicos e hospitalares. Outro objetivo consistiu em mapear e classificar as microrregiões do Rio Grande do Norte (RN) segundo as características do risco, susceptibilidade e capacidade adaptativa utilizando análise de agrupamento, com base nas estimativas dos indicadores epidemiológicos de vulnerabilidade à seca. Para criar o indicador, utilizaram-se variáveis meteorológicas, sociais, demográficas, hospitalares e a morbimortalidade das microrregiões e a metodologia da análise de componentes principais (ACP) para a atribuição de pesos aos componentes da vulnerabilidade: risco, susceptibilidade e capacidade adaptativa. Para a análise, compreensão e identificação das áreas vulneráveis, utilizaram-se as metodologias estatísticas, tais como: análise de agrupamento, teste t pareado e espaço-temporal. Os resultados mostraram que microrregiões como Pau dos Ferros, Umarizal e Seridó Oriental e Ocidental foram as que apresentaram maiores IEVS e também as que apresentaram maior risco à seca, ou seja, menor precipitação. Em contrapartida, Natal apresentou o menor risco à seca (0,00) e a melhor capacidade adaptativa (0,96), no entanto, atenção deve ser dada ao aumento significativo das taxas de mortalidade por doenças do aparelho respiratório e do coração. Este estudo possibilitou identificar as microrregiões do estado do RN mais vulneráveis à seca com prioridade de elaboração de ações públicas que mitiguem os impactos na saúde pública.

**Palavras chaves:** Morbidade, mortalidade, capacidade adaptativa.

## **ABSTRACT THE DISSERTATION**

The impacts of climate change in Brazil tend to be more severe in the northeast of the country, most affected by the impacts of drought and likely to witness even worse scenarios caused by rising temperatures, the decrease in rainfall in the region and anthropogenic action. One of the main effects of drought reflected on the state of health of the population, especially the poorest and most vulnerable people, children and the elderly. The aim of this study is to construct an epidemiological indicator of vulnerability to drought, but also propose a new methodology for calculating the indicator taking into account the socioepidemiological and hospital aspects. Another objective was to map and classify the microregions of Rio Grande do Norte (RN) according to the characteristics of risk, susceptibility and adaptive capacity using cluster analysis, based on estimates of epidemiological indicators of vulnerability to drought. To create the indicator, climatic, social, demographic, and hospital variables, morbimortality of the microregions and methodology of Principal Component Analysis (PCA) were used for assigning weights to the components of vulnerability: risk, susceptibility and adaptive capacity. For the analysis, understanding and identifying vulnerable areas, statistical methods such as cluster analysis, paired t-test and spatiotemporal were used. The results showed that the microregions of Pau dos Ferros, Umarizal, Seridó Oriental and Seridó Ocidental showed the largest IEVS and also those who were at risk to drought, i.e., lower levels of rainfall. In contrast, Natal had the lowest risk to drought (0.00) and a better adaptive ability (0.96), however, attention should be given to the significant increase in mortality rates due to respiratory and heart diseases. This study identified the microregions of Rio Grande do Norte more vulnerable to drought, which should have priority when designing public actions to mitigate the impacts on public health.

**Key words:** Morbidity, mortality, adaptive capacity.

## SUMÁRIO

|                                                                                                                                 |      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| SUMÁRIO .....                                                                                                                   | IX   |
| LISTA DE SIGLAS .....                                                                                                           | XI   |
| LISTA DE FIGURAS .....                                                                                                          | XIII |
| LISTA DE QUADROS .....                                                                                                          | XIV  |
| LISTA DE TABELAS .....                                                                                                          | XV   |
| I. INTRODUÇÃO .....                                                                                                             | 14   |
| II ARTIGO 1 - INDICADOR EPIDEMIOLÓGICO DA VULNERABILIDADE À SECA<br>NA SAÚDE HUMANA: NOVA PROPOSTA DE CÁLCULO .....             | 19   |
| Resumo.....                                                                                                                     | 19   |
| 2.1 Introdução .....                                                                                                            | 21   |
| Conceitos de vulnerabilidade .....                                                                                              | 24   |
| 2.2 Fonte de dados e métodos .....                                                                                              | 28   |
| 2.2.1 Proposta do indicador epidemiológico de vulnerabilidade à seca (IEVS) .....                                               | 28   |
| 2.2.3 Cálculo do indicador de vulnerabilidade .....                                                                             | 37   |
| 2.3 Análise estatística .....                                                                                                   | 38   |
| 2.3.1 Análise de componentes principais.....                                                                                    | 38   |
| 2.4 Resultados .....                                                                                                            | 40   |
| 2.5 Conclusão .....                                                                                                             | 48   |
| 2.6 Referências .....                                                                                                           | 51   |
| III. ARTIGO 2 - ÍNDICES EPIDEMIOLÓGICOS DE VULNERABILIDADE À SECA<br>DAS MICRORREGIÕES DO RIO GRANDE DO NORTE, 2000 E 2010..... | 58   |
| Resumo.....                                                                                                                     | 58   |
| 3.1 Introdução.....                                                                                                             | 60   |
| 3.2 Fonte de dados e métodos .....                                                                                              | 63   |
| 3.2.1 Indicador .....                                                                                                           | 64   |
| 3.2.2 Análise estatística .....                                                                                                 | 66   |
| 3.3 Resultados.....                                                                                                             | 68   |

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 3.4 Conclusão .....           | 81 |
| 3.5 Referências .....         | 85 |
| IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 88 |
| V. REFERÊNCIAS .....          | 91 |

## **Lista de Siglas**

ACP – Análise de Componente Principal

CA – Capacidade Adaptativa

CNM – Confederação Nacional de Municípios

DATASUS – Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde

EMPARN – Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte

ENOS – El Niño Oscilação do Sul

IB – Inundação Brusca

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDH - Índice de Desenvolvimento Humano

IDHM – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal

IDNDR – International Decade for Natural Disaster Reduction

IEVS – Indicador epidemiológico de vulnerabilidade à seca

IG – Inundação Gradual

IPCC – Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

IVC - Indicador de Vulnerabilidade Climático

IVE – Indicador de Vulnerabilidade Epidemiológico

IVG - Indicador de Vulnerabilidade Geral

IVSE – Indicador de Vulnerabilidade Socioeconômico

IS – Índice de Seca

LI – Linha de Instabilidade

MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia

MMA – Ministério do Meio Ambiente

NEB – Nordeste Brasileiro

OMS – Organização Mundial da Saúde

OPAS – Organização Pan-Americana da Saúde

PNM – Pressão do Nível do Mar

PNMC – Plano Nacional sobre Mudança do Clima

PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

POA – Perturbações Ondulatórios dos Alísios

R – Risco

RDT – Razão de Dependência Total

RN – Rio Grande do Norte

S – Susceptibilidade

SCM – Sistema Convectivos de Mesoescala

SEDEC – Secretaria Nacional de Defesa Civil

SPI – Índice de Precipitação Padronizado

TSM – Temperatura da Superfície do Mar

TEM – Taxa específica de mortalidade

TI – Taxa de incidência

UNFCCC – Convenção das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas

V – Vulnerabilidade

VCAN – Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis

ZCIT – Zona de Convergência Intertropical



## Lista de Figuras

### ARTIGO 1 - INDICADOR EPIDEMIOLÓGICO DA VULNERABILIDADE À SECA NA SAÚDE HUMANA: NOVA PROPOSTA DE CÁLCULO

**Figura 2** - Esquema para obtenção do indicador epidemiológico de vulnerabilidade à seca. .... 36

**Figura 3** - Acumulada da distribuição normal.....40

### ARTIGO 2 - ÍNDICES EPIDEMIOLÓGICOS DE VULNERABILIDADE À SECA DAS MICRORREGIÕES DO RIO GRANDE DO NORTE, 2000 e 2010.

**Figura 1** - Taxa de incidência da dengue, doenças do coração e do aparelho respiratório nas microrregiões do Rio Grande do Norte, 2000 e 2010 .....70

**Figura 2** - Taxa específica de mortalidade por causas mal definidas, doenças do coração e do aparelho respiratório nas microrregiões do Rio Grande do Norte, 2000 e 2010.....70

**Figura 3** - Dendrograma (*clusters*) das dimensões de vulnerabilidade para as microrregiões do Rio Grande do Norte, 2000 .....71

**Figura 4** - Distribuição espacial dos clusters de vulnerabilidade, microrregiões Rio Grande do Norte, 2000. ....71

**Figura 5** - Distribuição espacial das dimensões de vulnerabilidade (Risco e susceptibilidade) para as microrregiões do Rio Grande do Norte, 2000 e 2010.....78

**Figura 6** - Distribuição espacial da capacidade adaptativa e vulnerabilidade para as microrregiões do Rio Grande do Norte, 2000 e 2010 .....79

**Figura 7:** Dendrograma (*clusters*) das dimensões de vulnerabilidade para as microrregiões do Rio Grande do Norte, 2010.....80

**Figura 8:** Distribuição espacial dos clusters de vulnerabilidade, microrregiões Rio Grande do Norte, 2010.....80

## Lista de Quadros

|                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Quadro 1:</b> Indicadores climático e epidemiológicos .....               | 33 |
| <b>Quadro 1:</b> Indicadores climático e epidemiológicos (continuação) ..... | 34 |
| <b>Quadro 1:</b> Indicadores climático e epidemiológicos (continuação) ..... | 35 |

## Lista de Tabelas

### ARTIGO 1 - INDICADOR EPIDEMIOLÓGICO DA VULNERABILIDADE À SECA NA SAÚDE HUMANA: NOVA PROPOSTA DE CÁLCULO

|                                                                                                                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabela 1:</b> Casos e taxa de incidência e mortalidade por doenças no triênio de 1999 a 2000 e 2009 a 2011.....                                                                                | 42 |
| <b>Tabela 2:</b> Estatística descritiva das variáveis Demográficas, Saneamento Básico, Hospitalar, Desenvolvimento e Econômica do Rio Grande do Norte, no período de 2000 e 2010.....             | 43 |
| <b>Tabela 3:</b> Carga da susceptibilidade para composição das componentes segundo a morbidade, mortalidade, demográfica e hospitalar.....                                                        | 45 |
| <b>Tabela 4:</b> Carga da capacidade adaptativa para composição das componentes principais .....                                                                                                  | 46 |
| <b>Tabela 5:</b> Notas atribuídas para o risco, susceptibilidade, capacidade adaptativa e IEVS das microrregiões do RN através da distribuição normal acumulada para os anos de 2000 e 2010. .... | 47 |

### ARTIGO 2 - ÍNDICES EPIDEMIOLÓGICOS DE VULNERABILIDADE À SECA DAS MICRORREGIÕES DO RIO GRANDE DO NORTE, 2000 e 2010.

|                                                                                                                                                      |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabela 1:</b> Média das variáveis de morbimortalidade, demográficas, socioambiental segundo a análise de clusters, estado do RN, 2000 e 2010..... | 71 |
| <b>Tabela 2:</b> Estatísticas descritivas das dimensões da vulnerabilidade, estado do RN, 2000 e 2010.....                                           | 76 |

## I. INTRODUÇÃO

As condições climáticas adversas constituem um fator de risco para a saúde humana, na medida em que condicionam as características do ar que respiramos, da concentração atmosférica de compostos alergênicos, da qualidade da água de consumo, dos vetores de doenças e, mais diretamente, a ocorrência de temperaturas extremas, de fenômenos hidrológicos e outros de origem natural (TAVARES, 2009).

No aspecto de mundo, os impactos das mudanças climáticas atuais podem ser observados através dos eventos extremos como enchentes, secas, tempestades, furacões, ondas de calor e frio e tem intensificado nas últimas décadas e com isso têm trazido impactos para a sociedade com prejuízos econômicos, além da perda de vidas humanas (VAZ, 2010).

De acordo com Confalonieri e Menne (2007), o clima pode afetar a saúde humana por meio de três mecanismos principais. O primeiro pelos efeitos diretos dos eventos climáticos extremos, o segundo pelo mecanismo refere-se às mudanças no meio ambiente e o terceiro pelos efeitos de eventos climáticos sobre os processos sociais.

Os efeitos diretos dos eventos climáticos extremos, afetam a saúde por meio de sua ação sobre a fisiologia humana com ondas de calor, tempestades e inundações que levam a um aumento da mortalidade. Por sua vez, às mudanças no meio ambiente alteram os determinantes da saúde afetando a produção de alimentos, a qualidade da água e do ar, e a ecologia de vetores (mosquitos) de agentes infecciosos. Os efeitos de eventos climáticos sobre os processos sociais, determinando rupturas socioeconômicas, culturais e demográficas importantes. Secas prolongadas que afetam a produção agrícola de subsistência podem desencadear a migração de grupos populacionais do meio rural para o urbano. Estes deslocamentos tenderiam a acentuar os já graves problemas sociais decorrentes da carência da infraestrutura urbana (CONFALONIERI ; MENNE, 2007).

Estudos mostram que uma área especialmente vulnerável às mudanças climáticas é a da saúde. No Brasil, espera-se uma redução na diferença entre as temperaturas do inverno e as do verão. Invernos mais quentes favoreceriam a reprodução de insetos transmissores de doenças como a malária e a leishmaniose, que podem se tornar

mais frequentes. Também se prevê o aumento de enfermidades transmitidas pela água, como a diarreia e a leptospirose (BARBIERI ; CONFALONIERI, 2008).

O impacto das mudanças climáticas sobre a vida das pessoas deve aumentar os gastos com saúde e assistência social. A necessidade de investimento nessas áreas pode ainda ser ampliada por outro fator: o envelhecimento da população, consequência da queda na fecundidade e do aumento da longevidade. O aumento da proporção de idosos na população deve induzir o crescimento acelerado dos gastos com internações hospitalares e atendimentos ambulatoriais até 2040 (BARBIERI, 2008).

O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas – IPCC (2007) através dos modelos usados em seus relatórios apontam que a região semiárida do Nordeste do Brasil é a mais vulnerável as mudanças climáticas globais. A maioria dos modelos globais do IPCC (AR4) mostra reduções de precipitações e aquecimento que podem ultrapassar os 3°C no semiárido nordestino em meados do século XXI.

As projeções apresentadas por Marengo et al. (2007) para o Brasil apontam que, até o fim do século, a temperatura média no país poderá elevar-se entre 1,3°C e 3,8°C. O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas - IPCC (2007) apontam que essas mudanças devem afetar a dinâmica demográfica e de saúde no Brasil nos próximos 50 anos, potencializando situações de vulnerabilidade populacional. Em particular, as regiões menos desenvolvidas serão mais susceptíveis à transmissão de patógenos (agentes infecciosos) veiculados por vetores, as doenças infecciosas veiculadas pela água, como também aspectos relacionados à segurança alimentar e à desnutrição (BARBIERI, 2010).

As temperaturas extremas, designadas pelas ondas de calor, e a poluição atmosférica contribuem substancialmente para o aparecimento de patologias cardiovasculares e respiratórias, afetando mais as crianças e os idosos (TAVARES, 2009). Estudos como de Souza et al. (2013) evidenciaram que há relação entre temperatura e mortalidade por doenças do aparelho circulatório no Brasil.

O Relatório de Clima do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2007) descreve as consequências das mudanças climáticas até o final do século XXI, em cenários de alta emissão de carbono (A2) e de baixa emissão de carbono (B2). A região Nordeste, assim como a Norte, deve sofrer as maiores consequências das mudanças climáticas,

com aumentos de temperatura de 2 a 4 °C mais quente no cenário (A2) e 1 a 3 °C mais quente no cenário (B2), e 15 a 20% mais seco (A2) ou 10 a 15% mais seco (B2). A alta evaporação deve aumentar por escassez de água no Nordeste que de forma negativa atinge a região semiárida, e isto trará impactos para agricultura e a saúde da população (BARBIERI, 2011). Embora as altas temperaturas e a baixa umidade tenham impactos diretos sobre a fisiologia humana, a maior parte dos problemas de saúde decorre, indiretamente, de processos socioambientais desencadeados pela seca (CONFALONIERI et al., 2007).

Um fator relevante na saúde das populações são os problemas nutricionais que são ocasionados pela escassez da água, recorrente pela queda na produção de alimentos, e as consequências dos processos migratórios resultantes da economia afetada. A escassez de alimentos promoverá fome e deterioração da qualidade alimentar. Ondas de frio e calor excessivo causarão mortalidade prematura em crianças e idosos, principalmente nos grandes centros urbanos devido às ilhas de calor (BARBIERI; CONFALONIERI, 2008).

No Nordeste do Brasil (NEB), eventos climáticos extremos, como chuvas torrenciais e secas severas, se alternam numa distribuição espacial e temporal aleatória. A associação desses eventos à situação de pobreza é, na maioria das vezes, responsável pelas doenças endêmicas e criam severa vulnerabilidade epidemiológica (VIANNA et al., 2012). A persistência de agravos à saúde humana, sensíveis às variações do clima, confere à região nordeste uma vulnerabilidade estrutural diante da perspectiva da mudança climática global e suas repercussões regionais (BARBIERI; CONFALONIERI, 2010).

O nordestino tem sido atingido pelas secas de forma periódica, mais precisamente o semiárido que é o principal fenômeno climático que atinge a região, com repercussões negativas extremas de déficit hídrico e dimensão de catástrofe socioeconômico, cultural e ambiental (NEVES, 2010). Esse evento muitas vezes é oriundo da elevação da temperatura das águas do Oceano Pacífico, esse fenômeno é denominado El Niño. Nos anos em que esse fenômeno ocorre à região do semiárido sofre com a intensa seca. Exemplo disso foi à seca de 1998 que atingiu os estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia, e afetando mais de 10 milhões de nordestinos (BLOCH, 1998).

Segundo Santos et al. (2012), a seca que atingiu a região Nordeste no ano de 2012 está tendo proporções mais imensas, tão grandes quanto as grandes secas já registradas no ano de 1777-1779 e a do ano de 1888.

Estudos de indicadores epidemiológico de vulnerabilidade à seca no Nordeste e Rio Grande do Norte são inexistentes, visto que os existentes no Brasil são voltados para as mudanças climáticas de forma geral e alguns deles são: Ministério da Ciência e Tecnologia (2005), Cedeplar e Fiocruz (2008), Confalonieri e Rodriguez (2009), Barbieri e Confalonieri (2010), Barata e Confalonieri (2011), Tibúrcio e Corrêa (2012), Silva e Lúcio (2014).

Diante disso, faz-se necessário criar um indicador epidemiológico de vulnerabilidade à seca para as microrregiões do Rio Grande do Norte, pois, trata-se de um Estado pertencente ao polígono das secas no NEB, além do que grande parte dos municípios faz parte da região semiárida, que é marcada por secas periódicas. Nos últimos dois anos o RN passou por severas secas causando a morte de animais e ameaçando a sobrevivência da população (Brasil - CNM, 2013). O que torna necessário uma análise climática, socioepidemiológica e hospitalar.

O regime pluviométrico do Rio Grande do Norte é determinado pelo deslocamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) que atua no período de fevereiro a maio na região semiárida central, oeste e norte do Estado. A ausência de deslocamento da ZCIT para a posição mais ao sul do equador contribui para as irregularidades de chuvas e favorece os períodos de estiagem (ARAÚJO et al., 2008). Na faixa litorânea Leste e no Agreste são as Perturbações Ondulatórias dos Alísios (POA) que se apresentam como o principal sistema causador de chuvas que atuam principalmente de maio a agosto (NOBRE; MOLION, 1998). Outra característica da região é a desertificação na região semiárida, principalmente nas microrregiões do Seridó Ocidental e Oriental (NEVES et al., 2010).

Dado este contexto, o estudo propõe dois objetivos principais. O primeiro é construir um indicador epidemiológico de vulnerabilidade à seca (IEVS), levando-se em consideração os aspectos climáticos, socioepidemiológicos e hospitalares. O segundo foi estimar os Indicadores Epidemiológicos de Vulnerabilidade à Seca das microrregiões do Rio Grande do Norte (RN), nos anos de 2000 e 2010, classificando

as regiões quanto a vulnerabilidade à seca e caracterizando-as quanto aos aspectos sociodemográficos e epidemiológicos.

A dissertação está composta por dois artigos. O primeiro propondo um indicador epidemiológico de vulnerabilidade à seca, estimando a vulnerabilidade das microrregiões do RN. O segundo tem o objetivo de mapear e classificar as microrregiões do Rio Grande do Norte (RN) segundo as características do risco, susceptibilidade e capacidade adaptativa. O método utilizado é a análise de agrupamento, com base nas estimativas dos indicadores epidemiológicos de vulnerabilidade à seca o qual aponta as áreas prioritárias de atenção que requerem ações públicas para mitigar os efeitos da seca do estado, nos anos de 2000 e 2010.

O artigo 1, por se tratar do artigo metodológico, mostra como foi desenvolvido o cálculo da construção do índice epidemiológico de vulnerabilidade à seca levando-se em consideração as componentes da vulnerabilidade (risco, susceptibilidade e capacidade adaptativa) utilizando a análise de componente principal. O artigo 2 permite mapear e classificar as microrregiões do Rio Grande do Norte (RN) segundo as características do risco, susceptibilidade e capacidade adaptativa utilizando análise de agrupamento, com base nas estimativas dos indicadores epidemiológicos de vulnerabilidade à seca.



## **II ARTIGO 1 - INDICADOR EPIDEMIOLÓGICO DA VULNERABILIDADE À SECA NA SAÚDE HUMANA: NOVA PROPOSTA DE CÁLCULO**

Pollyanne Evangelista da Silva, Maria Helena Constantino Spyrides,  
Paulo Sérgio Lucio, Lára de Melo Barbosa, Bruce Kelly N. Silva

### **Resumo**

Os impactos das mudanças climáticas sobre a sociedade têm sido observados em vários aspectos. Nas últimas décadas tem intensificado os eventos climáticos extremos, tais como: as tempestades tropicais, as secas, as ondas de calor e as inundações. Reconhecidamente, as alterações do clima comprometem significativamente a saúde humana refletidas no aumento da morbidade e mortalidade, entre outras consequências que são ocasionadas devido aos eventos climáticos. Com a intensificação desses eventos, nota-se uma preocupação maior com os riscos climáticos e seus possíveis impactos à sociedade. O objetivo deste estudo é construir um indicador epidemiológico de vulnerabilidade à seca, propondo uma nova metodologia de cálculo desse indicador. Este método requer para a construção do indicador o uso de variáveis climáticas, sociais, demográficas, hospitalares e a morbimortalidade das regiões a serem estudadas. O diferencial desta metodologia envolve a análise de componentes principais (ACP) para a atribuição de pesos aos componentes da vulnerabilidade: susceptibilidade e capacidade adaptativa. A estes pesos foram atribuídas probabilidades baseadas na função acumulada da distribuição normal e convertido para notas entre 0 a 1. O indicador epidemiológico de vulnerabilidade à seca é calculado com base no axioma da probabilidade da união de eventos, no caso, as componentes da vulnerabilidade. Aplicou-se o método de cálculo às microrregiões do estado do Rio Grande do Norte, Brasil, para os anos de 2000 e 2010. Observou-se que a principal causa de morbimortalidade no Estado são as doenças do aparelho respiratório e doenças do coração. As microrregiões de Pau dos Ferros, Umarizal, Seridó Ocidental e Oriental apresentaram os mais elevados índices de vulnerabilidade, no ano de 2000, e Angicos, Médio Oeste, Vale do Açu, Pau dos Ferros, Umarizal, Serra de Santana e Seridó Ocidental, em 2010. A construção do IEVS é de fundamental importância, pois com este índice é possível identificar

áreas prioritárias de atenção que carecem de ações para a mitigação e adaptação aos efeitos da seca sobre a saúde humana.

**Palavras chaves:** Mudanças climáticas, eventos extremos, indicador, morbidade e mortalidade.

## 2.1 Introdução

As mudanças climáticas referem-se às transformações ocorridas e percebidas no clima, ao longo dos anos, devido à variabilidade natural ou resultado da atividade humana (BARCELOS et al., 2009). Nas últimas décadas houve um aumento expressivo dos eventos extremos. Esses eventos são definidos pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (*Intergovernmental Panel of Climate Change* – IPCC, 2007), como eventos raros que podem acontecer em um lugar particular ou época do ano e provocam impactos extremos e, assim, envolvem riscos de morte, pessoas desabrigadas, danos materiais, entre outras consequências que são ocasionadas devido ao aumento dos efeitos com as tempestades tropicais, maior área e amplitude de tempo das secas, das ondas de calor e das inundações (AMBRIZZI, 2014).

As ocorrências desses eventos extremos parecem estar ligadas à mudança do clima que tem se manifestado nas últimas décadas. Observa-se ainda que estes problemas são decorrentes, principalmente, das ações antropogênicas, que são causadas pela ação do homem (PACHAURI, 2010). Dessa forma, graves consequências destas alterações do clima comprometem significativamente a saúde humana refletidas na morbidade e mortalidade.

Os impactos das mudanças climáticas na saúde humana exercem influência de forma direta e indireta. No primeiro caso, por meio das ondas de calor, ou mortes causadas por outros eventos extremos, como tempestades e furacões. No segundo, por alterações no ambiente como a alteração de ecossistemas e de ciclos biogeoquímicos, que podem aumentar a incidência de doenças infecciosas, proporcionando condições adequadas para o aumento de casos de determinadas doenças (MENDONÇA, 2000; CONFALONIERI; MARINHO, 2007; BARCELLOS et al. 2009).

O IPCC baseados em estudos científicos e na construção de cenários futuros publicou, em 2013, no 5º Relatório de Avaliação que as mudanças climáticas irão afetar a saúde pública, alimentação, habitação e ecossistemas. Esse relatório sugere que as populações irão testemunhar o aumento de secas, inundações, ondas de calor e acidificação dos mares. Ademais, destaca-se que o 4º Relatório de Mudanças

Climáticas apontou para um cenário que mostra o surgimento ou reaparecimento de doenças infecciosas veiculadas por insetos responsáveis por mortes prematuras (IPCC, 2007). Além disso, os países pobres e a população de baixa renda serão os mais atingidos, uma vez que possuem menores recursos para enfrentar condições adversas derivadas de secas prolongadas, inundações e tempestades (COUTINHO; CEZARE; PHILLIP JR, 2014).

Segundo McMichael (2007) e IPCC (2007) as alterações nas temperaturas causarão impactos diferenciados de acordo com as características regionais. Outro impacto refere-se à mudança no comportamento de vetores de doenças transmissíveis. Com isto, as populações vulneráveis (idosos, crianças, portadores de doenças crônicas e respiratórias) sofrerão ainda mais dificuldades de adaptação.

No Brasil, as mudanças climáticas têm sido percebidas em vários âmbitos, sendo um deles no aspecto físico com alteração no regime climático, biológico com ecossistemas naturais, extinção de espécies, proliferação de doenças e de pragas (BRASIL – OPAS, 2009). Entretanto, alguns autores afirmam que são necessários estudos mais aprofundados sobre o impacto das mudanças climáticas na sociedade.

Estudos como o do Ministério do Meio Ambiente (MMA), junto à Secretaria de Biodiversidade e Florestas (SBF) e Diretoria de Conservação da Biodiversidade (DCBio) em 2007, em seu 1º Relatório sobre as Mudanças Climáticas Globais e Efeitos sobre a Biodiversidade, identificaram em nível regional, no período de 1951 a 2002, que as temperaturas mínimas cresceram em todo o país, apresentando um aumento expressivo de até 1,4°C por década no Brasil (MARENGO, 2007). Tal aumento de temperatura representa um risco mais elevado para a saúde das pessoas, uma vez que tal fenômeno pode afetar a distribuição de vetores de doenças infecciosas e endêmicas, como malária, dengue e febre amarela e doenças não transmissíveis (CONFALONIERI, 2008).

A vulnerabilidade climática no Brasil produz impactos na saúde humana, por meio das tempestades seguidas de inundações, especialmente em zonas urbanas que provocam mortalidade por afogamento, deslizamentos de terra e desabamentos de prédios (CONFALONIERI, 2003). Outro meio seria a seca, que traz efeitos na saúde de forma mais insidiosa e indireta através de perda na produção agrícola e, conseqüentemente, impacto nutricional, queda nos padrões de higiene pessoal e

ambiental, epidemias de doenças infecciosas e, também, como determinante de fenômenos demográficos (THOMPSON; CAIRNCROSS, 2002). Eventos extremos, como a seca, vêm trazendo danos para a população brasileira, inicialmente através da fome, que gera impacto na migração e aos problemas socioeconômicos, todos trazendo um risco aumentado de infecção. Os incêndios florestais também são outra causa de risco, pois causam o aumento de doenças respiratórias e espalham os vetores de doenças da zona rural para centros urbanos, como o mosquito transmissor da malária. As más condições sanitárias, causadas pela falta de água, levam a um aumento de doenças diarreicas, as quais debilitam ainda mais a população (CONFALONIERI, 2001).

O Nordeste do Brasil apresenta uma alta variedade climática já que as regiões semiáridas (precipitação anual inferior a 500 mm), atingindo o litoral (precipitação anual acima de 1500 mm), sendo influenciado por eventos extremos na escala de tempo (excesso de precipitação) e climática escala (episódios secos) (OLIVEIRA et, 2012). Eventos climáticos extremos, como chuvas torrenciais e secas severas, se alternam numa distribuição espacial e temporal aleatória da Região. A associação desses eventos climáticos à situação de pobreza é, na maioria das vezes, responsável pelas doenças endêmicas e criam severa vulnerabilidade epidemiológica (BRASIL-MCT, 2005).

Em virtude desses acontecimentos, estudos, como o Plano Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) no Brasil, realizado em 2008, abordam de forma específica e integrada à saúde. Nesse estudo destaca-se a importância da atuação efetiva de todos os setores envolvidos para proteção à saúde frente às mudanças climáticas, com o objetivo de fortalecer ações intersetoriais voltadas para a redução da vulnerabilidade das populações (TIBURCIO; CORRÊA, 2012).

É de grande importância a criação do indicador epidemiológico de vulnerabilidade à seca, pois por meio deste é possível identificar áreas de maior ou menor vulnerabilidade à seca das populações. Nesse sentido, destaca-se que há uma crescente necessidade de metodologias que identifiquem áreas de maior ou menor vulnerabilidade aos eventos extremos relacionados ao clima. Um diferencial deste cálculo é o uso da Análise de Componentes Principais (ACP), além da atribuição de pesos aos componentes da vulnerabilidade: susceptibilidade e capacidade adaptativa

por meio das probabilidades baseadas na função acumulada da distribuição normal para conversão em notas variando entre 0 a 1.

O objetivo principal deste estudo é construir um indicador epidemiológico à seca, propondo uma nova metodologia de cálculo do indicador. A construção desse indicador permite avaliar as variáveis que compõem a vulnerabilidade nas microrregiões do estado do Rio Grande do Norte, para os anos de 2000 e 2010, a partir de aspectos climáticos, socioepidemiológicos e hospitalares.

O estudo sobre a vulnerabilidade à seca na saúde humana é importante para a orientação de ações preventivas, no que tange ao controle epidemiológico em função do clima. Portanto, este artigo mostrará algumas descrições das principais causas de morbimortalidade, bem como os indicadores das componentes da vulnerabilidade epidemiológica das microrregiões do Rio Grande do Norte, para os anos de 2000 e 2010.

## **Conceitos de vulnerabilidade**

O conceito de vulnerabilidade é extremamente vasto, devido à imensidão de fatores que concorrem para o seu evento e a natureza do seu impacto. A vulnerabilidade deriva do termo latino *vulnus*, que significa ferida e que evoca, pelo menos de modo simbólico, a abertura sangrenta, dolorosa e sofrida. Nesse sentido, a vulnerabilidade representa a susceptibilidade a um perigo, ao bem estar humano e à capacidade das pessoas e comunidades de lidar com tais perigos. Os perigos podem surgir de uma combinação de processos sociais e físicos (ALMEIDA *et al.*, 2013).

A vulnerabilidade no Brasil está composta por três planos (individual, social e programática) independentes de determinação, ou seja, de apreensão maior ou de menor vulnerabilidade do indivíduo e da coletividade (AYRES *et al.*, 2003). Autores como Dow (1992) definem a vulnerabilidade como: “a *capacidade diferenciada de grupos e indivíduos de lidar com perigos, fundamentada em suas posições no mundo físico e social*”.

Avaliações preliminares da Organização Mundial de Saúde (OMS) apontam que os problemas relacionados ao saneamento básico causam cerca de 15 mil óbitos por ano no Brasil (BARCELOS, 2009). Deste modo, abordar vulnerabilidade em relação aos

recursos hídricos, com destaque para a escassez de água potável, a falta de saneamento e o contato com doenças de veiculação hídrica, como a esquistossomose, hepatite A, leptospirose, gastroenterites, cólera, entre outras, se faz necessário.

Para Moser (1998) e Kienberger et al. (2009), a vulnerabilidade (V) é definida por três componentes:

- ✓ Exposição ao Risco (R) - quem ou o que está em risco;
- ✓ Suscetibilidade e dificuldade de adaptação diante do risco (S) - associada aos componentes epidemiológicos, ou seja, ao conjunto de agravos à saúde sensíveis ao clima; e,
- ✓ Capacidade Adaptativa (CA) – uma das definições trata-se da capacidade de uma região ou comunidade de se adaptar aos efeitos ou impactos da mudança climática. Com isso, aumentar a capacidade adaptativa de um região seria, então, uma forma de reduzir vulnerabilidades e promover o desenvolvimento sustentável, ou seja, relaciona-se com o estado dos recursos naturais e o nível socioeconômico de desenvolvimento ( MAROUN, 2007).

Desta forma, a vulnerabilidade pode ser expressa como:

$$V = f(R, S, CA) \quad (1)$$

Vários indicadores de vulnerabilidade no aspecto socioambiental foram propostos no Brasil. Os estudos realizados pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) em 2005 e Tibúrcio e Corrêa (2012) propõe uma metodologia para avaliação quantitativa da vulnerabilidade. Neste trabalho são propostos três índices específicos: socioeconômicos, epidemiológicos e meteorológicos, resultando em um único índice de vulnerabilidade geral (IVG).

Para construção do Índice de Vulnerabilidade Socioeconômico (IVSE), utilizaram-se indicadores distribuídos em cinco dimensões (demografia, renda, educação, saneamento e saúde) que resulta em uma média, o qual foi medido em escala de 0 a 1.

O Indicador de Vulnerabilidade Epidemiológico (IVE) foi construído a partir índices sintéticos por doenças específicas. Para o índice de cada uma das doenças

consideradas, calcula-se uma média simples dos indicadores padronizados, ou seja, calcula-se um índice que sintetize a informação disponível de cada doença. Este índice varia de 0 a 1, o qual se optou atribuir um peso a cada doença em função de cinco características: Redução da Exposição Involuntária, Controle Ambiental, Resistência a Medicamentos, Fatores de risco e Taxa de Letalidade. Para calcular o peso de cada doença, atribuiu-se uma pontuação de 1 (melhor situação), 2 (situação média) ou 3 (pior situação) de acordo com a situação na característica avaliada

Para a construção do Índice de Vulnerabilidade Climática (IVC), considerou-se o número de meses que apresentaram uma precipitação total extrema alta ou baixa em relação com o padrão observado ao longo de 42 anos. O IVC foi construído de forma tal que varie de 0 a 1, e que o valor 1 (um) represente a situação de maior e o 0 (zero) de menor vulnerabilidade climatológica.

Por fim, construiu-se o Indicador de Vulnerabilidade Geral (IVG) que se trata de uma média aritmética simples dos três índices de vulnerabilidade calculados anteriormente: IVSE, IVE e IVC. Com essa fórmula é possível obter os índices que têm valores que variam de 0 a 1. O valor 0 (zero) indica a situação de menor vulnerabilidade, enquanto o valor 1 (um) indica a situação de maior vulnerabilidade.

Outra linha da análise de vulnerabilidade é em relação aos desastres naturais e à avaliação de risco. Nesta perspectiva, a vulnerabilidade pode ser vista como a interação entre o risco existente em um determinado lugar, as características e o grau de exposição da população residente (CUTTER, 1994). Assim, Wisner (1994) definiram a vulnerabilidade como: *“características de uma pessoa ou grupo em termos de sua capacidade de antecipar, lidar com, resistir e recuperar-se dos impactos de um desastre climático”*.

*“A vulnerabilidade é o grau em que um sistema é susceptível aos efeitos adversos da variabilidade e mudanças climáticas, ou incapazes de enfrentá-los, ou seja, a vulnerabilidade se define em função da natureza, magnitude e amplitude da variação climática a que está exposto um determinado sistema, sua susceptibilidade a esta exposição e sua capacidade de evitá-la e preparar-se, bem como responder eficazmente frente a esta exposição (IPCC,2007)”*.

A vulnerabilidade é entendida por Confalonieri *et al.* (2009) como *“o resultado de complexas interações que envolve tanto os processos físicos e sociais, bem como, o*



*desenvolvimento de planos nacionais de adaptação à mudança climática*”. Portanto, a vulnerabilidade na saúde pode ser definida como o resultado de todos os fatores de risco e proteção que, em conjunto, determinam se numa população ou lugar ocorre impactos adversos sobre a saúde devido às mudanças climáticas (BALBUS; MALINA, 2009). Sendo assim, essas mudanças podem causar o aumento e a migração de vetores, conseqüentemente, isto poderá implicar no aumento de epidemias e doenças, no aumento dos gastos com medicamentos e cuidados à saúde.

Nos estudos populacionais, a vulnerabilidade relaciona-se aos grupos demográficos que estão sujeitos a determinados perigos, ou seja, às populações em situação de risco, o que implica abordar as questões ambientais de uma forma probabilística (MARANDOLA; HOGAN, 2009). Sendo assim, a população torna-se exposta ao risco de morte ou ao risco de contrair uma determinada doença (PEREIRA, 2005).

Conforme mencionado por Confalonieri e Barata (2011), vulnerabilidade é a definição sobre a forma como uma população está exposta a um fator de perigo, como as mudanças climáticas, e a sua susceptibilidade e capacidade adaptativa a esse perigo. Portanto, a vulnerabilidade populacional seria o resultado de um fator perigo que é igual a uma soma ou combinação de exposição, susceptibilidade e capacidade adaptativa.

Ainda no contexto demográfico, a vulnerabilidade envolve qualidades intrínsecas, ou seja, características do lugar, das pessoas, da comunidade, dos grupos demográficos e de recursos disponíveis que podem ser acionados nas situações de necessidade ou de emergência. Adger e Vicent (2005) identificaram as causas e efeitos da vulnerabilidade avaliando o risco, a susceptibilidade e a capacidade adaptativa citadas por Moser (1998). Reconhecer esses componentes permite identificar, inferir o grau de vulnerabilidade de uma população, e dessa forma é possível traçar metas com o intuito de aumentar a capacidade adaptativa e diminuir a exposição e a susceptibilidade de sistemas socioambientais.

McMichael (2003) assinala que as populações menos favorecidas socioeconomicamente, os mais jovens e os idosos estão mais susceptíveis a ter problemas de saúde por conta da idade, por falta de acessos a recursos materiais e informações. Desse modo, a vulnerabilidade se tornou base para políticas de redução de riscos, perigos e desastres, como é o caso do IDNDR – *International Decade for*

*Natural Disaster Reduction*, que é um importante programa de redução de perdas por riscos naturais (MUNASINGHE; CLARKE, 1995) e o termo vulnerabilidade tornou-se muito utilizado na literatura científica (SÁNCHEZ; BERTOLOZZI, 2007).

Moss, Brenkert e Malon (2001), na Convenção das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC), apontam que os indicadores de vulnerabilidade têm sido utilizados não apenas para determinar até que ponto as mudanças climáticas podem ser "perigosas", mas também para identificar os países ou grupos que são especialmente vulneráveis.

Poucos países elaboraram estudos de impactos de mudança climática incluindo um componente específico de saúde. Entre esses podemos citar Estados Unidos – EUA (PATZ et al., 2000; USGCRP, 2000;2001), Japão (KOIKE, 2006), Bolívia (BOLIVIA, 2000), Nova Zelândia (WOODWARD et al., 2001), Austrália (McMICHAEL, 2003); Canadá (RIEDEL, 2004); Alemanha (SCHRÖTER et al., 2005); Espanha (MORENO, 2005), Holanda (BRESSER, 2005) e Brasil (CONFALONIERI, et al., 2009); MTC, 2006).

Diante do exposto, é de grande relevância propor uma metodologia de cálculo de um indicador epidemiológico de vulnerabilidade à seca envolvendo aspectos climáticos, sociodemográficas, morbimortalidade e hospitalares. A fim de verificar a sua aplicação junto às taxas das endemias tais como: cólera, dengue, leishmaniose, leptospirose malária, causas mal definidas, doenças do coração e respiratória, para dois distintos períodos 2000 e 2010.

## **2.2 Fonte de dados e métodos**

### **2.2.1 Proposta do indicador epidemiológico de vulnerabilidade à seca (IEVS)**

Neste trabalho apresenta-se a proposta da construção do indicador de vulnerabilidade à seca com enfoque na saúde humana. Para a elaboração do cálculo do indicador de vulnerabilidade, consideraram-se variáveis: climáticas, de morbidade, de mortalidade,

demográficas, hospitalares e sanitárias. Os dados foram provenientes do Ministério da Saúde disponibilizados na página de internet do Sistema de Informação sobre Mortalidade (SIM), Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/SUS) do DATASUS e também do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Programa das Nações Unidas (PNUD) e a Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN)

A proposta é identificar as microrregiões de maior ou menor vulnerabilidade à seca, tomando como guia para a sua caracterização o arcabouço teórico de vulnerabilidade apresentado pelo IPCC (2007), que considera a vulnerabilidade como função de seus componentes:

$$V = f(R, S, CA) \quad (2)$$

sendo:

V: vulnerabilidade;

R: Risco (população exposta a seca);

S: Susceptibilidade (grau em que uma população é afetada pelas causas da seca no aspecto de saúde);

CA: Capacidade adaptativa (capacidade de uma população se adaptar aos impactos da seca).

#### **a) Risco**

Na construção da vulnerabilidade à seca, considerou-se para o risco o índice de susceptibilidade ao extremo de seca, que em sua criação utiliza o *standardized precipitation index* – SPI (MCKEE et al., 1993). Os índices de seca são indicadores utilizados para caracterizar a intensidade, duração, severidade e extensão espacial da seca (BARRA et al., 2002). O SPI baseia-se na probabilidade de precipitação para qualquer escala de tempo, e considera uma série longa de precipitação de no mínimo 30 anos. É utilizado para prever com antecedência a seca e é menos complexo que o índice de Palmer que é o índice de seca utilizado nos Estados Unidos (HAYES et al., 1999).

Silva e Lucio (2014) elaboraram um índice de susceptibilidade ao extremo de seca para o Nordeste do Brasil aplicado à vulnerabilidade das secas na agricultura utilizando uma nova metodologia do cálculo do SPI para obtenção do índice.

O indicador de susceptibilidade aos extremos de seca foi descrito da seguinte forma:

$$Es = (IB + IG) - IS \quad (3)$$

Sendo IB: índice de inundação brusca; IG: índice de inundação gradual e IS: índice de seca.

Para o cálculo de IB, IG e IS calculou-se o SPI com base na precipitação acumulada do período chuvoso com intuito de geral um único valor para a estação. Em seguida, calculou-se um valor médio de cada microrregião e, por fim, calculou-se a razão entre esse valor e o número médio de secas decretadas para o IS, inundação brusca para IB e inundação gradual para o IG.

Padronizou-se as notas do índice exposição a extremos (risco) de modo que variasse entre 0 e 1, sendo 0 melhor situação e 1 a pior situação na formulação seguinte:

$$ES_p = \frac{(ES - ES_{\min})}{(ES_{\max} - ES_{\min})} \quad (4)$$

sendo  $ES_p$ : Índice de seca padronizado para respectiva microrregião,  $ES_{\max}$  e  $ES_{\min}$  são os valores máximos e mínimos da série, respectivamente.

### **b) Susceptibilidade**

Segundo o IPCC (2007), a “Susceptibilidade” é considerada como algo que causa dano ou prejuízo, seja por meio de perdas econômicas ou na saúde (com doenças, gastos com saúde). No estudo a susceptibilidade irá mensurar o quanto a população pode sofrer com os impactos da seca no aspecto de saúde. Neste trabalho, optou-se por considerar a “susceptibilidade” representada pelas variáveis demográficas e de saúde. Considerou-se como critério de inclusão para a escolha das variáveis epidemiológicas as doenças clima-dependentes, ou seja, aquelas que possuem relação com o clima.

Para o cálculo dos indicadores demográficos e morbimortalidade, adotou-se a incidência e mortalidade dos triênios 1999-2000-2001 e 2009-2010-2011, calculado por 100 mil habitantes, descrito na equação abaixo:

### **Taxa de Incidência**

A taxa de incidência representa o risco que uma pessoa dessa população tem de contrair a doença no decorrer de um período.

$$TI = \frac{D_i}{P_i} \times 100.000 \quad (5)$$

sendo: TI é a taxa de incidência;  $D_i$  total de casos da doença específica, durante o período em análise e  $P_i$  população do período  $j$  em análise.

### **Taxa de específica de mortalidade por determinada causas**

A taxa de mortalidade representa o risco que uma pessoa dessa população tem de morrer no decorrer desse período

$$TEM = \frac{O_i}{P_j} \times 100.000 \quad (6)$$

sendo: TEM taxa específica de mortalidade por causa de morte;  $O_i$  são os óbitos ocorridos pela causa específica de morte no período  $i$  e  $P_j$  população do período  $j$  em análise.

### **c) Capacidade adaptativa**

Capacidade adaptativa de uma região ou grupo populacional é o potencial ou habilidade de se adaptar aos efeitos ou impactos da mudança climática. Aumentar a capacidade adaptativa de região ou grupo populacional seria, então, uma forma de reduzir vulnerabilidades e promover o desenvolvimento sustentável (MAROUN, 2007). A capacidade adaptativa está estreitamente relacionada com o estado dos recursos naturais e o nível socioeconômico de desenvolvimento (MAROUN, 2007). Capacidade de adaptação local é o reflexo de condições mais amplas e é gerada pela interação de fatores determinantes, que variam no tempo e no espaço. Autores como Smit e Wandel (2006) corroboram com a ideia de que no nível local a possibilidade de realizar adaptações pode ser influenciada por fatores como: o acesso a recursos financeiros, tecnológicos e informação, infraestrutura e ambiente institucional no qual adaptações ocorrem. O IPCC (2007) considera que a capacidade adaptativa (CA) representa como uma região ou população pode reagir ou antecipar às consequências dos efeitos das mudanças climáticas, neste caso à seca.

### **Índice da Dimensão Longevidade**

O índice de longevidade considera a esperança de vida ao nascer, ou seja, o número médio de anos que as pessoas dos municípios viveriam a partir do nascimento, mantidos os mesmos padrões de mortalidade observados em cada período. A esperança de vida ao nascer sintetiza as condições sociais, de saúde e de salubridade do município ao considerar as taxas de mortalidade das diferentes faixas etárias. Assim, a esperança de vida sintetiza o nível e a estrutura de mortalidade de uma população (ATLAS, 2013).

Este índice é um dos 3 componentes do índice de desenvolvimento IDHM. É obtido a partir do indicador esperança de vida ao nascer, calculado pela fórmula:

IDHM= [(valor observado do indicador) - (valor mínimo)] / [(valor máximo) - (valor mínimo)], sendo que os valores mínimo e máximo são 25 e 85 anos, respectivamente.

#### **Razão de Dependência Total**

$$RDT = \frac{[(P_1 + P_2)]}{P_3} * 100 \quad (7)$$

sendo: RDT: Razão de dependência total; P<sub>1</sub>: População de 0 a 14 anos ; P<sub>2</sub>: População acima de 65 anos; P<sub>3</sub>: População de 15 a 65 anos.

O Quadro 1 lista os indicadores utilizados neste trabalho para compor cada um dos componentes da vulnerabilidade (Risco, Suscetibilidade e Capacidade Adaptativa) e a justificativa da escolha destas variáveis. Considerou-se como nível de agregação, as microrregiões, para contornar problemas de pequenas amostras.

**Quadro 1:** Indicadores climáticos e epidemiológicos

| Componentes da vulnerabilidade | Indicadores                  | Variável                                                                                                       | Justificativa                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------------|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Risco</b>                   | <b>Climático</b>             | Índice de exposição a extremos (SPI)                                                                           | O SPI tem sido muito utilizado, e com sucesso, em vários países como África do Sul (ROUAULT e RICHARD, 2003), Portugal (INAG, 2005) e Brasil (BLAIN e BRUNINI, 2005). É um índice que caracteriza bem a seca meteorológica, ou seja, é bom para estimar a severidade da seca (NARASHIMHAN e SRINIVASAN, 2005), permitindo também a comparação entre locais e climas diferentes (PAULO et al., 2005).                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Susceptibilidade</b>        | <b>Demográfico</b>           | Percentual da população urbana                                                                                 | As populações urbanas estão expostas a altos níveis de agentes contaminantes e a poluição por partículas. Com isso, o indicador dimensiona as necessidades de saúde que este grupo possui caracterizando e verificando o quanto estão vulneráveis à seca (CAVENAGHI, 2006).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|                                |                              | Percentual da população maior de 65 anos                                                                       | O grupo de idosos é mais vulnerável a determinadas enfermidades e mudanças de temperatura, o que pode demandar um papel mais ativo da saúde pública na prevenção de problemas criados pelas mudanças climáticas (BARBIERI, 2011, RIBEIRO, 2008).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|                                |                              | Razão de Dependência Total (RDT)                                                                               | A RDT serve como uma referência adequada da presença de famílias com um alto número de crianças ou idosos, em condições precárias para se defender e readaptar quando atingidas pelas secas (BRAGA, et al., 2006). Por se tratar de indicador que mede a relação entre a população jovem e idosa, e a população em idade ativa. Com isso, Satterthwaite (2008), afirma que população que mais sofrerão com as mudanças climáticas são os grupos etários infantis e idosos, ou seja, são mais susceptíveis às variações das condições de tempo e que apresentam menor capacidade de reação diante de doenças. |
|                                | <b>Morbidade<sup>1</sup></b> | Taxa de incidência de dengue, leptospirose, leishmaniose visceral, doenças do coração e aparelho respiratório. | Estas taxas foram selecionadas por serem reconhecidas na literatura como doenças que podem ter alteração na sua dinâmica em função de fatores socioeconômicos e climáticos e tendem a agravar devido ao período necessário a ciclo de reprodução dos vetores de transmissão de doenças (VAZ, 2006).                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

**Continuação do Quadro 1:** Indicadores climáticos e epidemiológicos

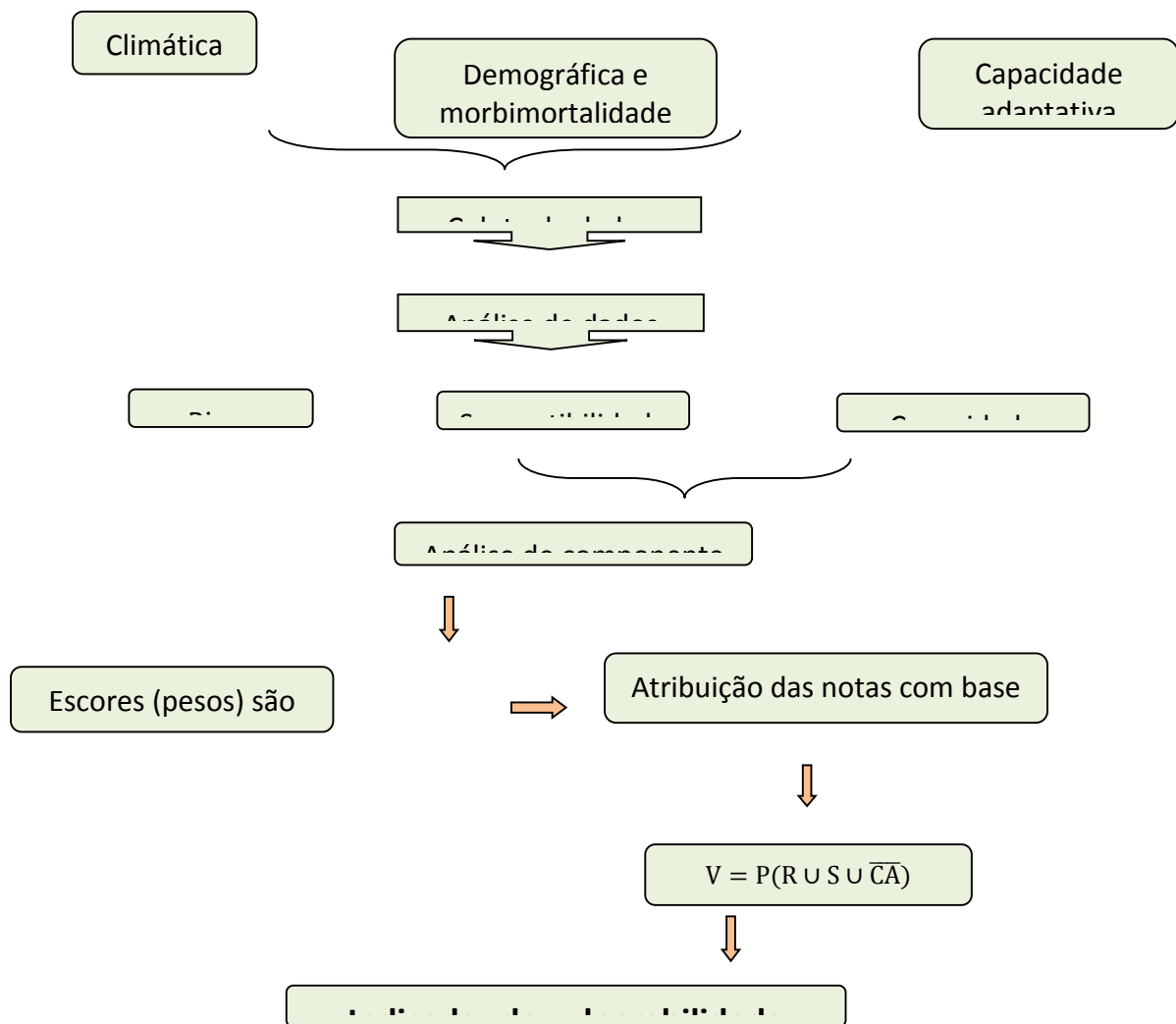
| Componentes da vulnerabilidade | Indicadores        | Variável                                                                                                               | Justificativa                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------------------------------|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Susceptibilidade</b>        | <b>Mortalidade</b> | Nº de mortes por causas mal definidas                                                                                  | Por estar associado à falta de acesso e de qualidade da atenção à saúde e, de certa forma indica a qualidade de cobertura dos registros de mortalidade (CAVENAGHI, 2006). Sabroza <sup>53</sup> mostra como o aprimoramento da qualidade da informação poderia contribuir para uma melhor caracterização desse agravado, que pode ser considerado um dos principais indicadores da vulnerabilidade dos grupos sociais integrados de modo desigual em nossa sociedade.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                                | <b>Mortalidade</b> | Taxa de mortalidade por doenças do coração e do aparelho respiratório (Para o cálculo utilizou-se a média do triênio). | Segundo Deschênes e Greenstone (2007), os sistemas de regulamentação da temperatura corporal permitem que os indivíduos enfrentem variações na temperatura ambiente. Quando uma pessoa se depara com temperaturas altas e baixas há um aumento da frequência cardíaca, de modo que o fluxo sanguíneo do corpo para pele aumenta, levando a respostas termorregulatórias, como suor e tremor. Em dias quentes, a necessidade de regulação da temperatura corporal impõe uma tensão adicional sobre os sistemas cardiovascular e respiratório e há um aumento dos níveis de viscosidade e colesterol no sangue. Com isso, o número de mortes relacionadas a doenças cardiovasculares, respiratórias e cerebrovasculares é maior em dias de altas temperaturas (DESCHÊNES; GREENSTONE, 2007) |
|                                | <b>Hospitalar</b>  | Número de internação dos SUS (Local de residência)                                                                     | Com o número inesperado de mortes, feridos ou enfermidades há o congestionamento dos serviços de saúde, tornando o número de leitos insuficiente. (PROCLIRA,2013).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                                |                    | Valor dos serviços hospitalares do SUS                                                                                 | O aumento de doenças com internações gera maior gasto hospitalar (CONFALONIERI, 2001).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |



**Continuação do Quadro 1:** Indicadores climáticos e epidemiológicos

| Componentes da vulnerabilidade | Indicadores                                               | Variável                                                                                                                                                         | Justificativa                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Capacidade adaptativa</b>   | <b>Sanitária</b><br>(Percentual de domicílios com acesso) | <b>Esgotamento sanitário</b><br>(rede geral, fossa séptica ou rudimentar);<br><b>Coleta de lixo</b> (coletado);<br><b>Abastecimento de água</b><br>(rede geral). | Danos na infraestrutura de esgotamento sanitário, coleta de lixo e abastecimento de água causam a contaminação ambiental aumentando a gravidade de doenças levando à morte (PROCLIRA, 2013; BRASIL- MCT, 2005). Para Organização da Mundial de Saúde (OMS), saneamento é o controle de todos os fatores do meio físico do homem, exercem ou podem exercer efeito deletério sobre o bem- estar físico, mental ou social.                                       |
|                                | <b>Atenção médica primária</b>                            | Quantidade de médicos                                                                                                                                            | Devido às doenças gerarem internações é necessário maior número de profissionais da saúde.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                                | <b>Desenvolvimento</b>                                    | Índice de desenvolvimento humano municipal - dimensão longevidade (IDHM – longevidade)                                                                           | Esse indicador é medido pela esperança de vida ao nascer sintetizando as condições sociais, de saúde e de salubridade das microrregiões ao considerar as taxas de mortalidade das diferentes faixas etárias, ou seja, mensura o nível e estrutura de mortalidade e dispondo informações do estado de saúde da população (ATLAS DE DESENVOLVIMENTO HUMANO DO BRASIL, 2013).                                                                                    |
|                                | <b>Econômico</b>                                          | PIB <i>per capita</i>                                                                                                                                            | O Produto Interno Bruto (PIB) é o valor agregado na produção de todos os bens e serviços de um ano dentro do país. O PIB <i>per capita</i> é a divisão desse valor pela população do país. O padrão de vida das populações pode ser medido pela quantidade de bens e serviços que podem ser adquiridos com a renda nacional média, ou seja, pelo PIB per capita. Diante disso o PIB <i>per capita</i> está associado com a saúde da população (SCHERER, 2008) |
|                                | <b>Econômico</b>                                          | Índice de Gini                                                                                                                                                   | Coeficiente de Gini é, sobretudo usado para medir a desigualdade de renda. Com isso a vulnerabilidade pode ser percebida através desse índice, já que na seca de 1998, ocorrida no Nordeste o índice de Gini foi o mais alto do país com 0,64 (VIANA et al., 2013).                                                                                                                                                                                           |

Na construção do indicador epidemiológico de vulnerabilidade à seca, aplicou-se a técnica de componentes principais de forma a obter os pesos que por meio da função acumulada da distribuição normal irá fornecer as probabilidades da susceptibilidade e da capacidade adaptativa. O cálculo do indicador epidemiológico de vulnerabilidade à seca resulta do axioma de probabilidade da união dos três eventos: risco, susceptibilidade e capacidade adaptativa. Como nota resultante estas probabilidades são convertidas a notas variando numa escala de 0 a 1. A seguir apresenta-se a descrição dos métodos e o esquema abaixo mostra as etapas necessárias para a construção do indicador epidemiológico de vulnerabilidade à seca (Figura 1).



**Figura 1:** Esquema para obtenção do indicador

### 2.2.2 Aplicação da ACP

As componentes da ACP foram calculadas com base nas variáveis que compõem cada dimensão da vulnerabilidade (susceptibilidade e capacidade adaptativa). Com os pesos gerados pela análise de componente principal, obtêm-se notas para a susceptibilidade e para a capacidade adaptativa por meio das probabilidades acumuladas da distribuição normal. Após a realização da ACP o sinal dos pesos foi verificado, pois o sinal negativo dos pesos não significa piores condições, portanto, os sinais devem ser analisados junto as variáveis originais. Não aplicou-se a ACP para o risco, devido a componente ser composta de uma única variável (índice de susceptibilidade a extremos de seca) e o objetivo da técnica ACP é trabalhar com um conjunto de variáveis e gerar um novo conjunto a partir das variáveis originais em número menor. Assim, atribui-se uma nota a cada componente do índice de vulnerabilidade (R, S, CA). Para o cálculo do Índice Epidemiológico de Vulnerabilidade à Seca (IEVS) sugere-se o axioma de probabilidade da união três eventos dada pela equação (8):

### 2.2.3 Cálculo do indicador de vulnerabilidade

$$V = P(R \cup S \cup \overline{CA}) = P(R) + P(S) + P(\overline{CA}) - P(R \cap S) - P(S \cap \overline{CA}) - P(R \cap \overline{CA}) + P(R \cap S \cap \overline{CA})$$

sendo:

R: Risco, S: Susceptibilidade e  $\overline{CA}$ : Incapacidade adaptativa.

A escala de variação da vulnerabilidade como suas componentes risco, susceptibilidade e capacidade adaptativa é de 0 a 1, sendo 0 baixa vulnerabilidade a 1 muito alta vulnerabilidade.

Como mencionado anteriormente o indicador epidemiológico de vulnerabilidade à seca deu-se através da união de três eventos, com isso, temos a ocorrência de cada componente da vulnerabilidade (R, S, CA) como também a interação desses componentes, uma vez, que a vulnerabilidade dar-se através do produto. Além de utilizar pesos baseados na análise estatística como da componente principal, obtendo maior consistência dos dados. Este indicador é de grande relevância comparado a indicador como do MCT, pois, para obtenção do indicador do MCT os pesos utilizados foram arbitrários, ou seja, foi atribuído de acordo com a situação de cada estado e deu-se através de uma média aritmética, o que pode comprometer alguns do estudo.

## 2.3 Análise estatística

### 2.3.1 Análise de componentes principais

A análise de componentes principais (ACP) tem o objetivo de reduzir o número de variáveis características, através da mudança das variáveis originais por um conjunto de componentes principais ortogonais que irão tornar os cálculos subsequentes mais fáceis e independentes (SERRA et al., 1999). Estas combinações são estimadas com o propósito de obter o máximo de informação em termo da variação total. Essa técnica possui propriedades importantes, por exemplo, cada componente principal é uma combinação linear das variáveis originais, e sua vantagem é redução do número de variáveis, com menor perda possível da informação (JOHNSON; WICHERN, 2007).

Neste trabalho os pesos estimados pela ACP foram utilizados para a construção do índice epidemiológico de vulnerabilidade à seca. A seguir, será mostrado como as componentes principais são obtidas.

Seja  $X = (X_1, X_2 \dots X_p)'$  um vetor aleatório com vetor de médias  $\mu = (\mu_1 \mu_2 \dots \mu_p)$  e matriz de covariância  $\Sigma_{p \times p}$ . Sejam  $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p$  os autovalores da matriz  $\Sigma_{p \times p}$ , com os respectivos autovetores normalizados  $e_1, e_2, \dots, e_p$ , isto é, os autovetores  $e_i$  satisfazem as seguintes condições:  $e_i' e_j = 0$  para todo  $i \neq j$ ;  $e_i' e_i = 1$  e  $\Sigma_{p \times p} e_i = \lambda_i e_i$ , para todo  $i = 1, 2, \dots, p$ , sendo o autovetor  $e_i$  denotado  $e_i = (e_{i1}, e_{i2} \dots e_{ip})'$ . Considere o vetor aleatório  $Y = O'X$ , onde  $O_{p \times p}$  é a matriz de ortogonal de dimensão  $p \times p$ , constituída dos autovetores da matriz  $\Sigma_{p \times p}$ :

$$O_{p \times p} = \begin{bmatrix} e_{11} & e_{21} & \dots & e_{p1} \\ e_{12} & e_{22} & \vdots & e_{p2} \\ \dots & \dots & \vdots & \vdots \\ e_{1p} & e_{2p} & \vdots & e_{pp} \end{bmatrix} = [e_1 e_2 \dots e_p] \quad ,$$

O vetor  $Y$  é composto de  $p$  combinações lineares das variáveis aleatórias do vetor  $X$ , tem vetor de médias igual a  $O' \mu$  e matriz de covariância  $\Lambda_{p \times p}$ , que é uma matriz diagonal, cujos elementos são iguais a  $a_{ii} = \lambda_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, p$ , como segue abaixo:

$$\Lambda_{p \times p} = \begin{bmatrix} \lambda_i & & 0 \\ & \lambda_j & \\ 0 & & \lambda_p \end{bmatrix} \quad (1)$$

Portanto, as variáveis aleatórias que constituem o vetor  $Y$  são não correlacionados entre si. Deste modo, a componente principal da matriz  $P_{p \times p}$ ,  $j = 1, 2, \dots, p$  é definida:

$$y_j = e_j' X = e_{j1} X_1 + e_{j2} X_2 + \dots + e_{jp} X_p \quad (1)$$

Sendo que cada autovalor  $\lambda_j$  representa a variância de uma componente principal  $Y_j$ . Como os autovetores estão ordenados em ordem decrescente, a primeira componente é a de maior variabilidade e a  $p$ -ésima é a de menor.

A proporção da variância total de  $X$  é explicada pela  $j$ -ésima composição principal definida como:

$$\frac{\text{Variância}[Y_j]}{\text{Variância total de } X} = \frac{\lambda_j}{\text{Traço}(\Sigma_{p \times p})} = \frac{\lambda_j}{\sum_{i=1}^p \lambda_i} \quad (1)$$

Pelo teorema da decomposição espectral a variância total e generalizada do vetor aleatório  $X$  pode ser descrita através da variância total e variância generalizada do vetor aleatório  $Y$  uma vez que,

$$\begin{aligned} \text{traço}(\Sigma_{p \times p}) &= \sum_{i=1}^p \sigma_{ii} = \sum_{i=1}^p \lambda_i, \text{ onde } \sigma_{ii} = \text{Var}[X_i], i = 1, 2, \dots, p \mid \Sigma_{p \times p} \mid \\ &= \prod_{i=1}^p \lambda_{i=|\Lambda_{p \times p}|} \end{aligned} \quad (1)$$

Em uma análise de componentes principais, o agrupamento das amostras define a estrutura dos dados através de gráficos de *escores* e cargas (*loadings*) cujos eixos são componentes principais (CPs) nos quais os dados são projetados. Os *escores* fornecem a composição das CP em relação às amostras, enquanto os *loadings* fornecem essa mesma composição em relação às variáveis. Como as CPs são ortogonais, é possível examinar as relações entre amostras e variáveis através dos gráficos dos *escores* e dos *loadings*. O estudo conjunto de *escores* e dos *loadings* ainda permite estimar a influência de cada variável em cada amostra (MINGOTI, 2005).

O software utilizado para o desenvolvimento a geração das componentes principais foi o Programa R - The R Project for Statistical Computing (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2012).

### 2.3.2 Função acumulada da distribuição normal

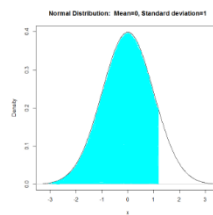
A distribuição normal é uma distribuição de probabilidade contínua cuja forma é determinada por sua média ( $\mu$ ) e desvio padrão ( $\sigma$ ). A probabilidade é distribuída de acordo com a curva e essa área total na curva é igual a 1. A probabilidade que um valor inferior ou igual a  $x$  ocorra (também chamada de probabilidade cumulativa até  $x$ ) é a área nesta curva à esquerda de  $x$ . (distribuição normal padrão é o caso especial onde  $\mu = 0$  e  $\sigma = 1$ ).

Função acumulada:

$$F(x) = P(X \leq x) \quad (14)$$

sendo  $F(x)$ : função acumulada e  $x$ : um determinado valor da variável aleatória.

Acumulada da distribuição normal



**Figura 2:** Acumulada da distribuição normal

## 2.4 Resultados

Para a análise deste indicador, neste trabalho aplicou-se a metodologia da Análise dos Componentes Principais para as microrregiões do Rio Grande do Norte para dois distintos períodos (1999-**2000**-2001, 2009-**2010**-2011), nos quais foi tomada uma média trienal dos casos notificados, as datas centrais (em negrito) constituem as datas de referência.

O Rio Grande do Norte (RN) está localizado na região Nordeste do Brasil (NEB) e tem por limites o Oceano Atlântico ao norte e a leste, a Paraíba ao sul e o Ceará a oeste. Apresenta um clima úmido, subúmido seco, semiárido e árido (IDEMA, 2010). Os dados para compor o indicador epidemiológico de vulnerabilidade à seca (IEVS) foram obtidos junto à Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte

(EMPARN), Ministério da Saúde e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no período de 2000 e 2010.

A Tabela 1 apresenta os resultados referentes aos casos de morbimortalidade das doenças: Doenças do Coração, do Aparelho Respiratório, Dengue, Leishmaniose e Leptospirose no Rio Grande do Norte, nos dois anos considerados no estudo. De acordo com a Tabela 1, observa-se que as maiores taxas de incidência foram de doenças do aparelho respiratório, seguida das doenças do coração e da dengue. Nota-se ainda um número menor de casos de dengue para o triênio de 1999-**2000**-2001. Isso se deu devido ao ano de 1998 ter sido seco e com isso houve uma subnotificação da dengue. Porém, para o triênio, de 2009-**2010**-2011 observou-se um aumento dos casos das doenças e esse aumento deveu-se ao ano de 2009 que foi chuvoso. Em relação à mortalidade, a principal causa de morte foram as Mal Definidas seguidas pelas “doenças do coração”. Essa redução no triênio de 2009-**2010**-2011 das causas definidas deveu-se ao programa elaborado pelo governo do Estado de redução e correção dos registros de óbitos.

**Tabela 1:** Casos e taxa de incidência e mortalidade segundo local de residência por doenças no triênio de 1999-2000-2001 e 2009-2010-2011.

| <b>Agravos e Doenças</b> | <b>Número de casos entre 1999 a 2001</b>  | <b>Taxa de incidência do triênio de 1999 a 2001(100 mil habitantes)</b> | <b>Número de casos entre 2009 a 2011</b>  | <b>Taxa de incidência do triênio de 2009 a 2011 (100 mil habitantes)</b>  |
|--------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| <b>MORBIDADE</b>         |                                           |                                                                         |                                           |                                                                           |
| Doenças respiratórias    | 25.225                                    | 985,979                                                                 | 18.941                                    | 504,257                                                                   |
| Doenças do coração       | 24.995                                    | 299,969                                                                 | 27.047                                    | 284,583                                                                   |
| Dengue                   | 3.837                                     | 46,048                                                                  | 9.621                                     | 101,230                                                                   |
| Leishmaniose             | 698                                       | 8,376                                                                   | 369                                       | 3,882                                                                     |
| Leptospirose             | 93                                        | 1,116                                                                   | 78                                        | 0,821                                                                     |
| <b>Total</b>             | <b>54.954</b>                             |                                                                         | <b>56.077</b>                             |                                                                           |
| <b>MORTALIDADE</b>       |                                           |                                                                         |                                           |                                                                           |
| <b>Doenças</b>           | <b>Número de mortes entre 1999 a 2001</b> | <b>Taxa de mortalidade do triênio, 1999 a 2001 (100 mil habitantes)</b> | <b>Número de mortes entre 2009 a 2011</b> | <b>Taxa de mortalidade do triênio de 2009 a 2011 (100 mil habitantes)</b> |
| Causas mal definidas     | 11.746                                    | 281,931                                                                 | 1.834                                     | 38,594                                                                    |
| Doenças do coração       | 8.126                                     | 97,521                                                                  | 8.960                                     | 94,275                                                                    |
| Doenças respiratória     | 2.924                                     | 29,931                                                                  | 4.412                                     | 46,422                                                                    |
| <b>Total</b>             | <b>22.796</b>                             |                                                                         | <b>15.206</b>                             |                                                                           |

**Fonte de dados:** Ministério da Saúde e IBGE

Os resultados apresentados na Tabela 2 mostram que comparando 2000 e 2010, houve uma redução em média da razão de dependência total (RDT), um aumento da população urbana e da população maior que 65 anos. Percebe-se ainda que houve uma melhora nas condições sanitárias, o número de médico permaneceu constante. Constatou-se uma redução da taxa de internação, porém um aumento com gasto do SUS. E uma elevação do índice de longevidade e do PIB *per capita*.



**Tabela 2:** Estatística descritiva das variáveis Demográficas, Saneamento Básico, Hospitalar, Desenvolvimento e Econômica do Rio Grande do Norte para os anos de 2000 e 2010.

| Variável                         | Demográfica - 2000 |               |        |        | Demográfica – 2010       |               |        |        |
|----------------------------------|--------------------|---------------|--------|--------|--------------------------|---------------|--------|--------|
|                                  | Média              | Desvio Padrão | Mínimo | Máximo | Média                    | Desvio Padrão | Mínimo | Máximo |
| Razão de dependência total (RDT) | 57,14              | 8,69          | 44,49  | 75,02  | 51,99                    | 5,44          | 51,99  | 60,31  |
| % População urbana               | 62,75              | 29,33         | 21,71  | 122,68 | 66,88                    | 14,50         | 33,24  | 99,15  |
| % População maior que 65 anos    | 7,11               | 1,01          | 5,20   | 8,44   | 10,53                    | 1,73          | 7,87   | 12,88  |
| Saneamento básico -2000          |                    |               |        |        | Saneamento básico – 2010 |               |        |        |
| Esgotamento sanitário            | 82,89              | 8,22          | 69,61  | 97,16  | 92,71                    | 3,51          | 84,24  | 98,42  |
| Abastecimento de água            | 68,60              | 14,24         | 43,40  | 96,56  | 80,03                    | 7,85          | 65,29  | 97,57  |
| Coleta de lixo                   | 62,58              | 14,10         | 43,40  | 95,18  | 75,52                    | 11,42         | 58,86  | 98,44  |
| Hospitalar - 2000                |                    |               |        |        | Hospitalar – 2010        |               |        |        |
| Nº de médicos/hab.               | 8,59               | 5,08          | 3,36   | 26,67  | 8,59                     | 5,08          | 3,36   | 26,67  |
| Taxa de internação               | 69,50              | 29,33         | 21,71  | 122,68 | 45,38                    | 27,7          | 6,21   | 113,37 |
| Gasto do SUS                     | 12,78              | 7,00          | 2,91   | 24,15  | 19,05                    | 19,49         | 1,50   | 82,17  |
| Desenvolvimento - 2000           |                    |               |        |        | Desenvolvimento – 2010   |               |        |        |
| Longevidade                      | 0,69               | 0,04          | 0,63   | 0,78   | 0,77                     | 0,02          | 0,73   | 0,83   |
| Econômica - 2000                 |                    |               |        |        | Econômica – 2010         |               |        |        |
| Índice de Gini                   | 0,58               | 0,03          | 0,52   | 0,63   | 0,53                     | 0,02          | 0,51   | 0,61   |
| PIB <i>per capita</i>            | 2545               | 1376          | 1541   | 6490   | 8540                     | 6615          | 4842   | 33489  |

Para aplicação da componente principal, a susceptibilidade foi dividida em dois grupos: morbimortalidade (Grupo 1) e demográfica e hospitalar (Grupo 2). No Grupo 1, explicada por 3 componentes para os anos de 2000 e 2010. A susceptibilidade (Grupo 1) à morbimortalidade, em 2000, após a aplicação da ACP resultou em 3 novas componentes: a componente 1, composta pela dengue, leishmaniose, pelas morbidades das doenças do coração, aparelho respiratório; na componente 2, pela mortalidade das doenças do coração e do aparelho respiratório; na componente 3, pela leptospirose e causas mal definidas captando 83% da variância total captada. Em 2010, a componente 1 ficou composta pela: dengue, morbidade do coração e do aparelho respiratório. A componente 2 por: leishmaniose, leptospirose e causas mal definidas. A componente 3 pela: mortalidade do coração e do aparelho respiratório, captando 83% da variância total captada. No caso da susceptibilidade (Grupo 2), medidas por variáveis demográficas e hospitalares, em 2000 e 2010, a ACP resultou em 2 novas componentes: uma componente composta pelas variáveis hospitalares e população urbana; e outra pela população maior que 65 anos, captando 88% em 2000 e 85% da variância total captada (Tabela 3).

**Tabela 3:** Carga da susceptibilidade para composição das componentes segundo a morbidade, mortalidade, demográfica e hospitalar.

| Variável                                 | SUSCEPTIBILIDADE |         |         |         |         |         |
|------------------------------------------|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                                          | 2000             |         |         | 2010    |         |         |
|                                          | Comp. 1          | Comp. 2 | Comp. 3 | Comp. 1 | Comp. 2 | Comp. 3 |
| MORBIDADE                                |                  |         |         |         |         |         |
| Dengue                                   | 0,43             | -0,10   | 0,03    | 0,45    | -0,18   | -0,03   |
| Leishmaniose                             | -0,46            | -0,24   | 0,23    | -0,30   | -0,40   | -0,21   |
| Leptospirose                             | 0,23             | -0,30   | 0,62    | 0,33    | -0,49   | -0,29   |
| Doenças do coração                       | 0,52             | 0,01    | 0,07    | 0,49    | 0,15    | -0,05   |
| Doenças respiratórias                    | 0,47             | -0,18   | 0,07    | 0,47    | -0,20   | -0,15   |
| MORTALIDADE                              |                  |         |         |         |         |         |
| Doenças do coração                       | 0,09             | 0,62    | 0,17    | 0,17    | 0,47    | -0,50   |
| Doenças respiratórias                    | 0,16             | 0,54    | -0,19   | -0,17   | 0,32    | -0,64   |
| Causas mal definidas                     | 0,16             | -0,37   | -0,69   | 0,27    | 0,43    | 0,42    |
| DEMOGRÁFICA                              |                  |         |         |         |         |         |
|                                          | Comp. 1          | Comp. 2 |         | Comp. 1 | Comp. 2 |         |
| Percentual população urbana              | -0,48            | -0,18   |         | -0,51   | 0,07    |         |
| Percentual da população acima de 65 anos | -0,01            | 0,87    |         | -0,01   | -0,88   |         |
| Razão de dependência total (RDT)         | 0,49             | 0,22    |         | 0,50    | -0,17   |         |
| HOSPITALAR                               |                  |         |         |         |         |         |
|                                          | Comp. 1          | Comp. 2 |         | Comp. 1 | Comp. 2 |         |
| Taxa de Internação                       | -0,47            | 0,38    |         | -0,47   | -0,41   |         |
| Gasto hospitalar                         | -0,54            | 0,01    |         | -0,51   | 0,16    |         |

A capacidade adaptativa, em 2000, foi representada por três novas componentes: a componente 1, composta pelas variáveis de saneamento, índice de longevidade, número de médicos; a componente 2 pela razão de dependência total (RDT); e a componente 3 PIB *per capita*, Índice de Gini e o número de internações, captando 88% da variância total captada. Em 2010, a capacidade adaptativa ficou composta por três novas componentes: a componente 1, composta por abastecimento de água, coleta de lixo, número de médicos e índice de longevidade; a componente 2 composta pelo índice de Gini; e a componente 3 composta pelo esgotamento sanitário e PIB *per capita*, captando 84% da variância total captada (Tabela 4).

**Tabela 4:** Carga da capacidade adaptativa para composição das componentes principais.

| Variável              | CAPACIDADE ADAPTATIVA |        |        |         |        |        |
|-----------------------|-----------------------|--------|--------|---------|--------|--------|
|                       | 2000                  |        |        | 2010    |        |        |
|                       | Comp. 1               | Comp.2 | Comp.3 | Comp. 1 | Comp.2 | Comp.3 |
| Esgotamento           |                       |        |        |         |        |        |
| sanitário             | -0,41                 | 0,07   | -0,45  | -0,37   | -0,31  | -0,36  |
| Abastecimento de      |                       |        |        |         |        |        |
| água                  | -0,41                 | -0,17  | -0,31  | -0,42   | -0,09  | -0,34  |
| Coleta de lixo        | -0,47                 | 0,04   | 0,05   | -0,45   | -0,20  | 0,05   |
| Número de             |                       |        |        |         |        |        |
| médicos/hab.          | -0,42                 | -0,29  | 0,31   | -0,43   | 0,38   | 0,06   |
| PIB <i>per capita</i> | -0,33                 | 0,33   | 0,73   | -0,26   | -0,45  | 0,80   |
| Índice de Gini        | -0,01                 | -0,87  | 0,17   | -0,26   | 0,71   | 0,29   |
| Índice de             |                       |        |        |         |        |        |
| Longevidade           | -0,41                 | 0,11   | -0,20  | -0,41   | 0,04   | -0,14  |

A Tabela 5 mostra os resultados dos IEVS para as microrregiões do Rio Grande do Norte. Constata-se que as microrregiões de Seridó Ocidental, Pau dos Ferros, Umarizal, Seridó Oriental e apresentaram os maiores índices de vulnerabilidade para o ano de 2000. E em 2010, Pau dos Ferros, Seridó Ocidental, Umarizal, Serra de São Miguel, Angicos e Seridó Oriental são as microrregiões que apresentam os mais elevados indicadores de vulnerabilidade. Por outro lado, as menores vulnerabilidades foram observadas nas microrregiões do Litoral Sul e Natal, em 2000, e Natal, Macau e Litoral Sul em 2010. Percebeu-se ainda que as microrregiões que se localizam no litoral do Estado foram as de menor risco e menos vulneráveis, tanto em 2000 como em 2010 com exceção do Litoral Nordeste.

**Tabela 5:** Notas atribuídas para o risco, susceptibilidade, capacidade adaptativa e IEVS das microrregiões do RN através da distribuição normal acumulada para os anos de 2000 e 2010.

| Microrregião     | Risco 2000 | Risco 2010 | Susceptibilidade 2000 | Susceptibilidade 2010 | Capacidade adaptativa 2000 | Capacidade adaptativa 2010 | IEVS 2000   | IEVS 2010   |
|------------------|------------|------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|-------------|-------------|
|                  | Média      | Média      | Média                 | Média                 | Média                      | Média                      | Média       | Média       |
| Pau dos Ferros   | 0,61       | 0,77       | 0,76                  | 0,96                  | 0,54                       | 0,48                       | <b>0,95</b> | <b>1,00</b> |
| Seridó Ocidental | 1,00       | 1,00       | 0,70                  | 0,56                  | 0,44                       | 0,52                       | <b>1,00</b> | <b>1,00</b> |
| Umarizal         | 0,61       | 0,78       | 0,83                  | 0,86                  | 0,33                       | 0,31                       | <b>0,98</b> | <b>0,99</b> |
| Serra São Miguel | 0,49       | 0,72       | 0,45                  | 0,62                  | 0,49                       | 0,28                       | 0,86        | <b>0,97</b> |
| Angicos          | 0,61       | 0,81       | 0,47                  | 0,50                  | 0,43                       | 0,43                       | 0,91        | <b>0,96</b> |
| Seridó Oriental  | 0,74       | 0,66       | 0,72                  | 0,62                  | 0,42                       | 0,38                       | <b>0,97</b> | <b>0,95</b> |
| Médio Oeste      | 0,58       | 0,80       | 0,47                  | 0,52                  | 0,48                       | 0,62                       | 0,89        | 0,94        |
| Serra Santana    | 0,63       | 0,74       | 0,38                  | 0,42                  | 0,34                       | 0,38                       | 0,92        | 0,94        |
| Baixa Verde      | 0,55       | 0,81       | 0,43                  | 0,23                  | 0,39                       | 0,50                       | 0,90        | 0,93        |
| Litoral NE       | 0,32       | 0,47       | 0,20                  | 0,31                  | 0,25                       | 0,23                       | 0,87        | 0,92        |
| Mossoró          | 0,63       | 0,67       | 0,60                  | 0,39                  | 0,63                       | 0,49                       | 0,91        | 0,90        |
| Borborema        | 0,44       | 0,49       | 0,30                  | 0,45                  | 0,46                       | 0,36                       | 0,82        | 0,90        |
| Agreste          | 0,36       | 0,42       | 0,21                  | 0,35                  | 0,47                       | 0,35                       | 0,77        | 0,87        |
| Vale do Açu      | 0,34       | 0,35       | 0,45                  | 0,37                  | 0,59                       | 0,40                       | 0,79        | 0,84        |
| Macaíba          | 0,17       | 0,40       | 0,25                  | 0,35                  | 0,39                       | 0,43                       | 0,76        | 0,83        |
| Chapada do Apodi | 0,18       | 0,25       | 0,61                  | 0,59                  | 0,34                       | 0,58                       | 0,89        | 0,82        |
| Litoral Sul      | 0,19       | 0,29       | 0,15                  | 0,19                  | 0,59                       | 0,52                       | 0,60        | 0,70        |
| Macau            | 0,20       | 0,25       | 0,63                  | 0,31                  | 0,63                       | 0,66                       | 0,81        | 0,66        |
| Natal            | 0,00       | 0,00       | 0,59                  | 0,42                  | 0,96                       | 0,87                       | 0,61        | 0,49        |

## 2.5 Conclusão

Vários trabalhos documentam os impactos das mudanças climáticas sobre populações. A constatação nas últimas décadas tem intensificados os eventos extremos tornando-se imprescindíveis estudos que avaliem a vulnerabilidade à seca com o enfoque na saúde humana em áreas como o Nordeste do Brasil.

Nesse sentido, a construção de indicadores que possam avaliar e identificar regiões que carecem de ações públicas para mitigar os problemas de saúde como consequência da seca é de grande importância. Adicionalmente, a construção de indicadores que expressem o grau de vulnerabilidade associado às dimensões do risco, susceptibilidade e capacidade adaptativa. Assim, neste estudo, o enfoque do cálculo do indicador da vulnerabilidade à seca foi mensurar os impactos da seca sobre a saúde humana.

Este estudo propôs uma metodologia para obtenção de indicador epidemiológico de vulnerabilidade à seca, utilizando métodos estatísticos que permitem a atribuição de pesos por meio da Análise de Componente Principal (ACP). Este método estatístico permite a atribuição de pesos não arbitrários aos componentes de vulnerabilidade, levando em consideração a variabilidade das condições da região estudada.

Através da Análise de Componente Principal foi possível explicar susceptibilidade (Grupo 1) com 3 componentes captando 83% para 2000 e 2010 de variância total, e a susceptibilidade do (Grupo 2) é explicada por 2 componentes captando 86 % em 2000 e 88% em 2010. A capacidade adaptativa é explicada com 3 componentes captando 88% em 2000 e 85% em 2010.

De acordo com os resultados para as microrregiões do estado do Rio Grande do Norte, observou-se que a principal causa de incidência foi às doenças respiratórias para os anos de 2000 e 2010 e de mortalidade foram as causas mal definidas seguida das doenças do coração em 2000 e as doenças do coração seguida do aparelho respiratório para 2010. Estudos como de Souza et al. (2013) corroboram com estes resultados, uma vez que as doenças do coração são consideradas uma das principais causas de morte no país. Neste sentido, este estudo entende a importância desta inclusão já que os estudos epidemiológicos evidenciam incremento do risco associado

às doenças respiratórias e cardiovasculares, assim como da mortalidade geral e específica associadas à exposição a poluentes presentes na atmosfera (VAZ, 2010).

Seridó Ocidental, Umarizal, Seridó Oriental e Pau dos Ferros são as microrregiões que apresentaram os mais elevados valores do indicador epidemiológico de vulnerabilidade à seca, para o ano de 2000. E em 2010, Pau dos Ferros, Seridó Ocidental, Umarizal, Serra de São Miguel, Angicos e Seridó Oriental. E as microrregiões do Natal e Litoral Sul localizados no litoral do Estado apresentaram menores riscos de seca e vulnerabilidades.

A microrregião do Seridó Ocidental apresentou-se como a microrregião mais vulnerável para os dois anos considerados no estudo e, de acordo com o Plano Territorial de Desenvolvimento Rural Sustentável do Seridó (2009) a região do Seridó situado em pleno domínio do clima semiárido, possui indicadores ambientais que possivelmente propiciam a condição de vulnerabilidade, pois apresenta predominância de solos rasos, pedregosos e pouco produtivos que em grande parte são recobertos pela vegetação de Caatinga. Agrava-se a este quadro que as precipitações registradas neste espaço são irregulares e mal distribuídas espacialmente e temporalmente, o que acaba comprometendo a disponibilidade hídrica, devido a ocorrência de anos de estiagem (PTDRS, 2009).

A influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre a região semiárida, onde está localizado o Seridó potiguar, agrega outros fatores que acabam agravando ainda mais a incidência de secas no território, repercutindo negativamente na qualidade de vida das populações locais (BRITO, 2007). No aspecto de saúde, apesar dos avanços, o território do Seridó passa por sérios problemas na infraestrutura hospitalar, principalmente naquela voltada ao atendimento de urgência e número de médicos, leitos para internação. A maioria dos vitimados em casos de acidentes ou com outros problemas de saúde são enviados para a capital do Estado, Natal, em virtude da deficiência hospitalar em que se encontra a região do Seridó.

Este estudo permitiu mensurar o grau de vulnerabilidade à seca, por meio de um novo indicador (IEVS), da avaliando as microrregiões do estado do Rio Grande do Norte. Esta avaliação poderá subsidiar os gestores nas ações públicas para a mitigação dos efeitos causados pelas secas e como alerta precoce na prevenção dos impactos dos desastres ambientais.





## 2.6 Referências

ADGER, W. N.; VINCENT, K. Uncertainty in adaptive capacity. C. R. **Geoscience**, v.337, p.399-410, 2005.

AYRES, J. R. C. M. et al. O conceito de vulnerabilidade e as práticas de saúde; novas perspectiva e desafios. **Comunic., Saúde, Educ.** v.8, p.117-139 2003.

ALMEIDA, C. M. T ; RODRIGUES, V.M.C.P; ESCOLA, J.J.J. A representação da vulnerabilidade humana em cuidadores de saúde-construção e validação de uma escala. **Rev. Latino-Am. Enfermagem**, v.21, Jan./Feb. 2013.

AMBRIZZI, T. Variabilidade e mudança no clima: passado, presente e futuro. In: CORTESE, T.T.; NATALINI, G. (Orgs). **Mudanças climáticas: do global ao local**. Barueri, SP, Manole, p. 1- 35, 2014.

ATLAS, Atlas de desenvolvimento humano no Brasil 2013. Disponível: <http://www.atlasbrasil.org.br/2013/>. Acesso: 20 de abril de 2014.

ATLAS, Atlas de desenvolvimento humano no Brasil 2013. O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal Brasileiro. Série Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil 2013.

BALBUS, J. M ; MALINA, C. Identifying Vulnerable Subpopulations for Climate Change Health Effects in the United States **Journal of Occupational & Environmental Medicine**.v.51, p. 33-37, 2009.

BARBIERI, A.F. Mudanças Climáticas, Mobilidade Populacional e Cenários de Vulnerabilidade Para o Brasil. **Rev. Inter. Mob. Hum.**, Brasília, v.19, p. 95-112, 2011.

BARBIERI, A. F.; CONFALONIERI, U.E.C. Mudanças Climáticas, Migrações e Saúde: Cenários para o Nordeste, 2000 – 2050. Relatório de Pesquisa. Belo Horizonte, 2008.

BARCELLOS, C. D. C., MONTEIRO, A. M. V., CORVALÁN, C., GURGEL, H. C., CARVALHO, M. S., ARTAXO,P., RAGONI, V. Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil. **Epidemiologia. Serv. Saúde** v.18, p.285-304, 2009.

BARRA, T. S.; COSTA, J. N. M. da; RAO, T. V. R.; SEYDIAMA, G. C.; FERREIRA, W. P. M.; NETO, F.S.D. Caracterização Climatológica da Severidade das Secas do Estado do Ceará – Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.2, p.266-272. 2002.

BOLÍVIA. Viceministerio de medio Ambiente, Recursos Naturales y Desarrollo Forestal. Programa Nacional de Cambio Climático. *Vulnerabilidad y adaptacion de La salud humana ante los efectos del cambio climático em Bolívia*. La Paz, p. 111, 2006.

BLAIN, G. C. ; BRUNNI, O. Avaliação e Adaptação do Índice de Severidade de Seca de Palmer (PSDI) e do Índice Padronizado de Precipitação (SPI) às Condições Climáticas do Estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 64, n. 4, p. 695-705, 2005.

BRASIL. **Análise da população brasileira aos impactos sanitários das mudanças climáticas**. Ministério de Ciência e Tecnologia - MCT. Brasília, p. 201. 2005.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DE SAÚDE – OPAS. Mudança Climática e Saúde: Um Perfil do Brasil. Série saúde ambiental 3. 1ª edição, Brasília, 2009.

BRAGA, et al., Avaliação de metodologias de mensuração de risco e vulnerabilidade social a desastres naturais associados À mudança climática. **São Paulo em Perspectiva**.v. 20, n. 1, p. 81-95, 2006.

BRESSER, A. The effect of climate change in the Netherlands. **Netherlands Environmental Assessment Agency**, n.940 p.1-112 ,2005.

BRITO, J. I. B. Recursos Climáticos. Especialização em desenvolvimento Sustentável para o semi-árido brasileiro. Módulo 3. Brasília: ABEAS. 2007.

CAVENAGHI, S. **Indicadores municipais de saúde sexual e reprodutiva**. Rio de Janeiro,p 282, 2006.

CONFALONIERI, U. E. C. Global environmental change and health in Brazil: review of the present situation and proposal for indicators for monitoring these effects in: HOGAN, H.J.; TOLMASQUIM, M.T. **Human Dimensions of Global Environmental Change** – Brazilian Perspectives. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2001.

CONFALONIERI, U. E. C. Variedade climática, vulnerabilidade social e saúde no Brasil. Terra Livre, São Paulo, ano 19, v. 1, n. 20, p. 193-204, 2003.

CONFALONIERI, U. E. C. e MARINHO, D. P. M. 2007. Mudança Climática Global e Saúde: Perspectivas para o Brasil. Revista Multiciência. v. 8, p. 48-64, 2007.

CONFALONIERI, U. E. C. Mudança climática global e saúde humana no Brasil. **Parcerias Estratégicas**, Brasília, v.27, p. 323-349, 2008.

CONFALONIERI, U. E. C., D. P. MARINHO, R. E., RODRIGUEZ. Public health vulnerability to climate change in Brazil. **Climate research**, v.40, n. 175-186, 2009.

CONFALONIERI, U. E; BARATA, M. Avaliação da Vulnerabilidade Municipal no Estado do Rio de Janeiro às Mudanças Climáticas (Relatório de pesquisa). Rio de Janeiro, 2011.

COUTINHO, S. M. V.; CEZARE, J.P.; PHILLIP JR, A., Desafio da gestão ambiental pública urbana na América latina no contexto das mudanças climáticas. In: CORTESE, T.T.; NATALINI, G. (Orgs). **Mudanças climáticas: do global ao local**. Barueri, SP, Manole, 2014, p. 39 – 54.

CUTTER S. L. Vulnerability to environmental hazards. **Progress in Human Geography**, v.20, n. 4, p.529-539, 1996.

BRASIL. Ministério da Saúde. Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde – DATASUS. Disponível: [https://www.google.com.br/search?q=datasus&og=datas&ags=chrome.0.69i59j69i57j0j69i60l2j0.1964j0j4&sourceid=chrome&es\\_sm=93&ie=UTF-8](https://www.google.com.br/search?q=datasus&og=datas&ags=chrome.0.69i59j69i57j0j69i60l2j0.1964j0j4&sourceid=chrome&es_sm=93&ie=UTF-8). Acesso em 05 de setembro de 2013.

DESCHÊNES, O. ; GREENSTONE, M. Climate change, mortality, and adaptation: evidence from annual fluctuations in weather in the US. Cambridge: National Bureau of Economic Research, June 2007. (NBER Working Paper Series, n. 13.178). Disponível em: <http://www.nber.org/papers/w13178>. Acesso em 21 de março de 2014.

DOW, K. Exploring the differences in our common future(s): the meaning of vulnerability to global environmental changes. **Geoforum**, v.23 p.417-436, 1992.

Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte – EMPARN. Disponível: <http://www.emparn.rn.gov.br/>

HAYES, M. J., SVOBODA, M. D., WILHITE, D. A., VANYARKHO, O. V. Monitoring the 1996 drought using the standardized precipitation index. **Bulletin of the American Meteorological Society**. v.80,p. 429-438, 1999.

IDEMA - INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E MEIO AMBIENTE. Anuário estatístico 2010. Rio Grande do Norte: Governo do Rio Grande do Norte, 2010. Disponível: <https://docs.google.com/file/d/0Bx0BXxMKFEmdbUIPVk1Pa3l0NDQ/edit?pli=1>

INAG – INSTITUTO DA ÁGUA. Programa de Acompanhamento e Mitigação dos efeitos da Seca 2005. Portugal. Versão fev/ 2005. Disponível: [www.inag.pt](http://www.inag.pt). Acesso em 21 de março de 2014.

IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change: Impacts, adaptation and vulnerability. M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson (eds). Nova York: Cambridge University Press, 2007. Disponível em: [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg2/en/contents.html](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg2/en/contents.html). Acesso em 24 de Novembro de 2013.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Censo Demográfico. Disponível: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo2.asp?e=v&p=CD&z=t&o=25>. Acesso em 01 de setembro de 2013.

IPCC - *International Panel on Climate Change* . Disponível em <<http://www.ipcc.ch/>> Acesso em abril 2014.

IPCC - *International Panel on Climate Change*. Grupo de Trabalho 2, 2001. *Terceiro Relatório de Avaliação, Anexo B: Glossário de Termos*

JOHSON. R. A; WICHERN. D.W. **Applied multivariate statistical analysis**. New Jersey. 6 edição. 2007.

KIENBERGER, S. L.; ZEIL, P. In the Spatial vulnerability units-expert based spatial modelling of socio-economic vulnerability Salzach catchment, Austria. **Natural Hazards Earth System Sciences**, v.9, p.767-778, 2009.

KOIKE, I. State of the art findings of global warming: contributions of the Japanese researchers and perspective in 2006: the second report of the global warming initiative, climate change study group, Ministry of Environment, Japan, Tokyo, p.165-173, 2006.

MARANDOLA JR, E; HOGAN, D.J. Vulnerabilidade do lugar vs. vulnerabilidade sociodemográfica: implicações metodológicas de uma velha questão. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 26, n. 2, p. 161-181, 2009.

MAROUN, Maria Regina. Adaptação às mudanças climáticas: uma proposta de Documento de Concepção de Projeto (DCP) no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Dissertação (Mestrado). Rio de Janeiro: UFRJ - Programas de Pós-Graduação de Engenharia, 2007.

MARENGO, J. A. Mudanças climáticas globais e efeitos sobre a biodiversidade: Caracterização do clima no século XX e cenários no Brasil e na América do Sul para o século XXI derivados dos modelos de clima do IPCC. Relatório nº 1. São Paulo, 2007.

MENDONÇA, F. Aspectos da interação clima-ambiente-saúde humana: da relação sociedade-natureza à (in) sustentabilidade ambiental. **Revista RA'EGA**, Curitiba, v.4, p. 85-99, 2000.

MINGOTI. S.A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte. Ed. UFMG, 2005.

McMICHAEL, A. J. Global climate change and health: an old story writ large. **Climate change and human health**. Risks and responses. Geneva: WHO, p. 1-17, 2003.

MCKEE, T. B., N. J., DOESKEN, J. KLEIST. The relationship of drought frequency and duration to the time scales. **American Meteorological Society**, v.17, pg. 179-183, 1993.

MOSER, C. The asset vulnerability framework: reassessing urban poverty reduction strategies. **World Development**, New York, v.26, n.1, p. 1-19, 1998.

MOSS, R. H.; BRENKERT, A. L.; MALONE, E. L. Vulnerability to Climate Change: a quantitative approach. U.S Department of Energy. 2001.

MORENO, J. A preliminary assessment of the impacts in Spain due to the effects of climate change: ECCE project final report. Madrid: Universidad de Castilla-La Mancha, 2005.

MAROUN, M. R. Adaptação às mudanças climáticas: uma proposta de Documento de Concepção de Projeto (DCP) no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Dissertação (Mestrado). Rio de Janeiro: UFRJ - Programas de Pós-Graduação de Engenharia, 2007.

MUNASINGHE, M.; CLARKE, C. Disaster prevention for sustainable development: economic and policy issues. Washington (DC) : IDNDR/The World Bank, 1995.

NARASHIMHAN, B. E.; SRINIVASAN, R. Development and evaluation of soil moisture deficit index (SMDI) and evapotranspiration deficit index (ETDI) for agricultural drought monitoring. **Agricultural and forest meteorology**, v.133, n.1, p. 69-88, 2005.

NOBRE, C. A.; MOLION, L.C. The climatology of droughts and drought predictions. In: PARRY, M.L., CARTER, T.T., KOIJN, N.T. The impact of climate variations on agriculture. Dordrecht, Netherlands: KluwerAcademic, v.2, p.115-134, 1988.

OLIVEIRA, P. T; SANTOS SILVA, C.M; LIMA, K.C. Trend of rain in northeast Brazil. In Rainfall: Behavior, Forecasting and Distribution, Mart'in OE, Roberts TM (eds). Nova Science Publishers: New York, NY; **Nova Science Publishers**. p.155–166, 2012.

PATZ, J. A. et al. The potential health impacts of climate variability and change for the United States: executive summary of the report of the health sector of the U.S.National Assessment. *Environmental Health Perspectives* v.108, n.4, p. 367–376, 2000.

PACHAURI, R. K. Reflections on COP 15. [S.I.]. 2010. Disponível em: [http://www.fasid.or.jp/daigakuin/sien/kaisetsu/doc\\_pdf/100108report.pdf](http://www.fasid.or.jp/daigakuin/sien/kaisetsu/doc_pdf/100108report.pdf). Acesso em 15 de janeiro de 2014.

PAULO, A. A.; FERREIRA, E.; COELHO, C.; E PEREIRA, L. S. Drought class transition analysis through markov and loglinear models. An approach to early warning. **Agricultural water management**, v.77, pp. 59-81, 2005.

PEREIRA, E.C. Risco e Vulnerabilidade Socioambiental: o 'Depósito Definitivo de Rejeitos Radioativos', na percepção dos moradores de Abadia de Goiás. Dissertação de mestrado, 2005.

PROCLIRA, Clima e Ambiente. Saúde e ambiente. Universidade de Évora, Évora, Portugal, 2007. Disponível: <http://www.proclira.uevora.pt/modulos/modulo19.pdf>. Acesso em 11 de novembro de 2012.

Programa das Nações Unidas de Desenvolvimento –PNUD. Atlas do desenvolvimento humano do Brasil 2013. Disponível: <http://www.atlasbrasil.org.br/2013/>, Acesso: 15 de Outubro de 2013.

Plano territorial de desenvolvimento rural sustentável do seridó – PTDRS, 2009. Disponível: [http://sit.mda.gov.br/download/ptdrs/ptdrs\\_qua\\_territorio076.pdf](http://sit.mda.gov.br/download/ptdrs/ptdrs_qua_territorio076.pdf). Acesso em 22 de fevereiro de 2014.

R Development Core Team (2012). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.Rproject.org/>.

RIBEIRO, W. C. Impactos das mudanças climáticas em cidades no Brasil. **Parcerias estratégicas**, v. 27, p. 297-321, 2008.

RIEDEL, D. Human health and well-being: climate change: impacts and adaptation: a canadian perspective. In: LEMMEN, D.; WARREN, F. (Ed.). Climate change impacts and adaptation directorate. Ottawa: Natural Resources Canada, Cap. 9, p. 151- 171, 2004.

ROUAULT, M. ; RICHARD, Y. (2003). Intensity and Spatial Extension of Drought in South Africa at Different Time Scales. **Journal Water SA**. v. 9, n. 4, p. 489-500. South Africa Water Research Commission, 2003.

SALDIVA, P. H. N.; LICHTENFELS, A. J. F. C.; PAIVA, P. S. O.; BARONE, I. A.; MARTINS, M. A.; MASSAD, E.; PEREIRA, J. C. R.; XAVIER, V. P.; SINGER, J. M.; BOHM, G. M. Association between air pollution and mortality due to respiratory diseases in children in São Paulo, Brazil: preliminary report. **Environ. Res.** v.65,p. 218-25, 1994.

SATTERTHWAITE, D. Climate change and urbanization: effects and implications for urban governance. New York: Population Division Department of Economic and Social Affairs United Nations Secretariat, 2008.

SÁNCHEZ, A. I. M; BERTOLOZZI, M. R. Pode o conceito de vulnerabilidade apoiar a construção do conhecimento em Saúde Coletiva. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 12, p. 319-324, 2007.

SERRA, C.; FERNANDEZ MILLS, G.; LANA, X. (1999). Winter synoptic weather types in Catalonia (NE Spain) and their linkage with minimum temperature anomalies. *International Journal of Climatology*. v.19, pp. 1675-1695.

SILVA, B. K. N., LUCIO, P.S. Indicator of Agriculture Vulnerability to Climatic Extremes. A Conceptual Model with Case Study for the Northeast Brazil, **Atmospheric and Climate Sciences**, 2014.

SABROZA, P. C. Estudos epidemiológicos na perspectiva do aumento da vulnerabilidade dos sistemas socioambientais brasileiros. **Epidemiol. Serv.Saúde** v.16, n.4, p. 229-331, 2007.

SCHERER, J. F. Correlação entre indicadores socioeconômicos e o gasto público per capita com saúde nos municípios gaúchos. Trabalho de conclusão de especialização. Rio Grande do Sul, 2008.

SCHRÖTER, D.; ZEBISCH, M.; GROTHMANN, T. Climate change in Germany- vulnerability and adaptation of climate-sensitive sectors. **Klimastatusbericht des DWD**, v. 2005, p. 44-56, 2005.

SMIT, B; WANDEL, J. Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. **Global Environmental Change**, v. 16. p.282–292, 2006.

SOUZA, E. C. S.; COELHO, A. B. C.; LIMA, J. E.; CUNHA, D. A.; FÉRES, J. G. Impactos das mudanças climáticas sobre o bem estar relacionado à saúde no Brasil. **Pesquisa e Planejamento Econômico**. v. 43,n.1, p.51-83, 2013.

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. **Ambiente & Sociedade**, v. 15, n. 3, p. 123-139, 2012.

THOMPSON, J.; CAIRNCROSS, C. Drawers of water: assessing domestic water use in Africa. Bull Who.,U.S. Global Change Research Program (USGCRP).U.S. National Assessment of the Potential Consequences of Climate Variability and Change: A detailed overview of the consequences of climate change and mechanisms for adaptation, Estados Unidos, v. 80, p. 61-62, 2002.

### **III. ARTIGO 2 - ÍNDICES EPIDEMIOLÓGICOS DE VULNERABILIDADE À SECA DAS MICRORREGIÕES DO RIO GRANDE DO NORTE, 2000 e 2010.**

Pollyanne Evangelista da Silva, Maria Helena Constantino Spyrides,  
Paulo Sérgio Lucio, Lára de Melo Barbosa

#### **Resumo**

A região Nordeste do Brasil devido a sua localização geográfica apresenta aspectos climáticos e meteorológicos peculiares. É uma região influenciada por diferentes tipos de sistemas meteorológicos com características tropicais e extratropicais, sendo a Zona de Convergência Intertropical um dos principais mecanismos responsáveis pela ocorrência de precipitação nesta área. Um conjunto de fatores fisiográficos e de sistemas atmosféricos são responsáveis pela alta variabilidade temporal e espacial da precipitação no Nordeste, provocando tanto excesso de chuva e enchentes como também secas severas. A seca na região no Nordeste tem intensificado nos últimos anos, trazendo para população problemas saúde, socioeconômico entre outros. Há que se considerar que as alterações climáticas na região podem impactar significativamente na saúde da população uma vez que tais alterações podem contribuir para a proliferação de doenças, ocasionando manifestação de determinados agravos à saúde. O objetivo deste estudo é mapear e classificar as microrregiões do Rio Grande do Norte (RN) segundo as características do risco, susceptibilidade e capacidade adaptativa utilizando análise de agrupamento, com base nas estimativas dos indicadores epidemiológicos de vulnerabilidade à seca. Além disso, pretende-se descrever o processo de transição epidemiológica no RN. Para a análise, compreensão e identificação das áreas de maior impacto da seca no Estado, utilizaram-se algumas metodologias estatísticas, tais como: teste t pareado e espaço-temporal. Os resultados mostraram as microrregiões com características similaridades considerando as dimensões da vulnerabilidade abordadas no estudo. Os resultados revelaram que as áreas de maior risco à seca foram aquelas classificadas como mais vulneráveis, ou seja, as de menor precipitação como Angicos, Baixa Verde, Litoral Nordeste, Médio Oeste, Pau dos Ferros, Serra de Santana, Umarizal, Serra de São Miguel, Seridó Ocidental e Oriental, apresentando IEVS mais elevados. Em contrapartida, Natal apresentou o menor risco à seca (0,00) e a melhor capacidade adaptativa (0,96) apresentando melhores índices de longevidade, maior número de



médicos e melhores condições sócio-sanitárias, porém, apresenta as maiores taxas de mortalidades por doenças do coração e do aparelho respiratório. Este estudo possibilitou identificar as regiões que se encontram mais expostas à seca, como também mais susceptíveis e de difícil condição de adaptação. Este diagnóstico poderá subsidiar os gestores na elaboração de medidas políticas e de ações de mitigação aos impactos da seca na saúde do Estado, priorizando as áreas de maior vulnerabilidade à seca.

**Palavras Chaves:** Índice de seca, susceptibilidade, capacidade adaptativa, morbimortalidade.

### 3.1 Introdução

O Nordeste do Brasil (NEB) é caracterizado por irregularidade na precipitação, cujo comportamento é decorrente de um conjunto de fatores fisiográficos e de sistemas atmosféricos (ARAÚJO et al., 2008). É caracterizado por três tipos de climas: litorâneo úmido, tropical úmido e tropical semiárido (MENEGETTI; FERREIRA, 2009). É a região que apresenta variabilidade intra-sazonal mais evidente da América do Sul (KAYANO & ANDREOLI, 2009). Por estar localizado no extremo leste da América do Sul tropical, a região do NEB está exposta a influências meteorológicas que lhe conferem características climáticas peculiares (MOLION & BENARDO, 2000).

A variabilidade do clima da região do Nordeste brasileiro (NEB) sofre influência de alguns mecanismos de precipitação. Esses mecanismos são condicionados pela Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o Oceano Atlântico, pelas Frentes Frias, por Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN), por Linhas de Instabilidade (LI), por Sistema Convectivos de Mesoescala (SCM) e por efeitos das brisas marítima e terrestre. As brisas por sua vez, são fortemente influenciados por Eventos El Niño - Oscilação Sul (ENOS), pela Temperatura da Superfície do Mar (TSM) dos oceanos Atlântico Sul e Norte, pelos Ventos Alísios e pela Pressão ao Nível do Mar (PNM) (BARBOSA E CORREIA 2005).

A ZCIT por ser a mais importante representa no eixo equatorial e suas variações em posição e intensidade que estão diretamente relacionadas às alterações nas posições e intensidades das altas subtropicais do Atlântico Norte e Sul. A ZCIT apresenta, no Atlântico, a convergência dos ventos alísios do Norte e Sul, com movimentos ascendentes, baixas pressões, nebulosidades e chuvas abundantes e segue, preferencialmente, as regiões em que a temperatura da superfície do mar (TSM) é mais elevada (MARENGO et al., 2011).

Nos últimos 40 anos foi registrado no Nordeste um aumento de temperatura máxima de 1,5 a 2°C e, no início de 2010. O Laboratório de Meteorologia de Pernambuco (LAMEP/ITEP) tem verificado aumentos de 3 a 4°C na temperatura média da região por um período superior a quinze anos, no qual o fenômeno denominado *El Niño* contribuiu para este aumento de temperatura. Este fenômeno de interação oceano-atmosfera é ocasionado pelo comportamento de anomalias da TSM no Pacífico

Tropical e as mudanças na circulação atmosférica decorrente deste aquecimento (MARENGO, 2006).

Segundo Barbieri (2011), com a falta de chuva a temperatura eleva-se na região propiciando um aumento no número de dias secos e das ondas de calor que podem impactar significativamente na agricultura e na saúde da população, devido à escassez de água, já que é uma região caracterizada por ocorrência de secas periódicas. O impacto das mudanças climáticas sobre a vida das pessoas deve aumentar os gastos municipais e estaduais com saúde e assistência social. Embora seja difícil calcular com precisão, acredita-se que parte desses gastos devam ser decorrentes do agravamento de doenças cardiovasculares e crônico-degenerativas, principalmente em pessoas idosas (BARBIERI; CONFALONIERI, 2008).

Segundo estudos do Ministério do Meio Ambiente (Brasil - MMA - MCT, 2007), do BARBIERI e CONFALONIERI, 2008), no período de 2000 – 2050, o NEB sofrerá impactos na saúde devido ao agravamento de doenças crônicas, o que exigirá gastos suplementares com a saúde na ordem de R\$ 1,43 bilhões, aumento nas taxas de migração (do interior para centros urbanos) entre os anos de 2030 e 2050, aumento da susceptibilidade à ocorrência de doenças como leishmaniose, leptospirose e chagas, além da desnutrição e mortalidade infantil por diarreia caso não sejam tomadas medidas imediatas de mitigação dos efeitos causados pelas mudanças climáticas (VIANNA et al., 2013).

A necessidade de investimento nessas áreas pode ainda ser ampliada por outro fator: o envelhecimento da população, consequência da queda na fecundidade e do aumento da longevidade. O aumento da proporção de idosos na população deve induzir o crescimento acelerado dos gastos com internações hospitalares e atendimentos ambulatoriais até 2040 (BARBIERI; CONFALONIERI, 2008).

Segundo Albuquerque (2012), apesar do NEB apresentar um crescimento econômico nos últimos anos que privilegia os centros urbanos, os indicadores sociais da área rural nordestinos permanecem baixos, tornando-se a região mais vulnerável às mudanças no clima. Os eventos climáticos extremos, como chuvas torrenciais e secas severas, alternam-se numa distribuição espacial e temporal. A associação desses eventos à situação de pobreza é, na maioria das vezes, responsável pelas doenças endêmicas e criam uma vulnerabilidade epidemiológica (BRASIL- MCT, 2005).

No Brasil, os termos estiagem e seca são comumente utilizados. De acordo com o Manual de Desastres Naturais, da Secretaria Nacional de Defesa Civil (SEDEC), as estiagens resultam da redução das precipitações pluviométricas, do atraso dos períodos chuvosos ou da ausência de chuvas previstas para uma determinada temporada (CASTRO et al., 2003). As secas são consequência da deficiência de precipitação durante um período prolongado de tempo que resulta em escassez de água, que afeta o abastecimento de pessoas e de animais, bem como as atividades agrícolas.

As secas variam segundo a intensidade dos seus impactos, que podem ser de natureza econômica, ambiental e social. Os impactos da seca dependem da vulnerabilidade das pessoas, das atividades econômicas e do meio ambiente. As pessoas pobres são, naturalmente, as mais vulneráveis, porque não dispõem de meios para enfrentar crises (BRASIL- CGEE, 2012).

Uma das piores secas registradas no Nordeste ocorreu entre 1877 e 1880 e estima-se que tenham morrido entre 100 e 200 mil pessoas, essas mortes ocorreram devido à fome, falta de água e pelas doenças ligadas a desnutrição provocada pela seca (FURTADO, 2007 ; BRASIL – CGEE, 2012).

A seca de 1980 e 1990 migrou populações de áreas endêmicas de leishmaniose visceral para os municípios, como ocorreram também surtos dessa enfermidade nas periferias de municípios como São Luís e Teresina. Aconteceu também com a malária, forçados a migrar para o Pará por causa da seca, trabalhadores rurais do Maranhão espalharam focos de malária ao retornar para suas terras de origem (BARBIERI; CONFALONIERI, 2008).

Segundo o relatório da Organização Meteorológica Mundial (2014), o NEB enfrentou, em 2012, a pior seca dos últimos 50 anos, com redução drástica das chuvas em função de uma onda de calor.

A migração é um fator importante para a saúde dessas populações, já que o deslocamento humano pode redistribuir espacialmente focos ou intensificar a transmissão de doenças endêmicas tais como: a dengue, a doença de chagas, a leishmaniose tegumentar e visceral.

O Rio Grande do Norte (RN) apresenta cerca de 90% de seu território com características de clima semiárido. Verifica-se uma distribuição espaço-temporal de

chuvas próprio. No litoral a precipitação máxima ocorre em junho. Na parte central, onde se localiza o Seridó, o mês de maior precipitação é março. É uma região típica do semiárido e sofre com secas prolongadas. A faixa oeste, que faz parte do semiárido, e o mês de precipitação máxima também é março, porém, apresenta características de clima tropical úmido e com isso, registra chuvas regulares e abundantes (SILVA, et al., 2012).

A disponibilidade hídrica na região é insuficiente nos estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas e Sergipe, sem contar a variação regional, que torna a situação ainda mais insustentável para as populações do semiárido (MARENGO, 2006).

A seca que atinge dezenas de municípios do Rio Grande do Norte, matando animais e ameaçando a sobrevivência de milhares de famílias, é o problema mais grave que vem afetando o estado, provocando perdas nas lavouras além de causar prejuízo aos agricultores, compromete os reservatórios de água resultando em sede, fome e na perda de rebanho, bem como em problemas de risco à vida humana (BRASIL – CNM, 2011).

Segundo informações do Atlas Brasileiro de Desastres Naturais, entre os anos de 1991 a 2010, verificou-se que dos 167 municípios do Estado do Rio Grande do Norte, 156 foram afetados por eventos de estiagens e secas.

Em anos recentes, de acordo com a Empresa de Pesquisa Agropecuária (EMPARN), o Rio Grande do Norte teve dois anos seguidos de seca (2012 e 2013), sendo que o ano de 2012 apresentou uma seca mais intensa do que 2013.

O objetivo principal deste estudo é mapear e classificar as microrregiões do Rio Grande do Norte (RN) segundo as características do risco, susceptibilidade e capacidade adaptativa utilizando análise de agrupamento, com base nas estimativas dos indicadores epidemiológicos de vulnerabilidade à seca. A identificação de áreas de maior ou menor risco é de fundamental importância para subsidiar os gestores públicos para o planejamento de ações de mitigação e adaptação aos efeitos da seca no estado do RN.

### **3.2 Fonte de dados e métodos**

O Rio Grande do Norte - RN está localizado na região Nordeste do Brasil (NEB) e tem por limites o Oceano Atlântico ao norte e a leste, a Paraíba ao sul e o Ceará a oeste. Segundo Censo Demográfico do IBGE (Brasil, 2012), o RN compreende 167 municípios distribuídos em uma área total de 52.811,047 km<sup>2</sup>. Em 2000, possuía uma população de 2.776.782 (hab.), densidade demográfica de 52,22 (hab./km<sup>2</sup>) e o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0,552. Em 2010, a densidade demográfica foi de 59,99 (hab./km<sup>2</sup>) e o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) 0,684, com uma população estimada de 3.373.959 hab.

O nível de desagregação do estudo foram as microrregiões do Estado do Rio Grande do Norte – RN, 2000 e 2010 corresponde a população 3.168.027 (IBGE, 2010). Com vistas a avaliar a susceptibilidade das áreas mais vulneráveis à seca sob o enfoque da saúde foram levantadas, as informações dos casos notificados de doenças relacionadas ao clima, segundo o local de residência, para 2 períodos (1999-**2000**-2001, 2009-**2010**-2011), nos quais foi tomada uma média trienal dos casos notificados, as datas centrais (em negrito) constituem as datas de referência. Os dados utilizados nesse segmento são provenientes de uma série histórica de dados do Ministério da Saúde, junto ao sistema do Sistema de Informação sobre Mortalidade (SIM) e o Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/SUS).

As informações populacionais utilizadas neste trabalho são disponibilizadas na página da internet do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística que publica as informações necessárias para as tabulações sobre a população residente, sendo tais dados fornecidos pelo IBGE e o Programa das Nações Unidas (PNUD).

Os dados climáticos utilizados para o índice de seca deste trabalho foi o mensurado por Silva e Lucio (2014) que utilizaram o *Standardized Precipitation Index* (SPI) disponibilizados pela Empresa de Pesquisa Agropecuária – EMPARN.

Já os dados de morbimortalidade e hospitalares foram os disponibilizados pelo Ministério da Saúde. As informações sociodemográficos e sanitárias utilizadas foram disponíveis no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE.

### 3.2.1 Indicador

A construção do indicador epidemiológico de vulnerabilidade à seca adotado foi elaborada no artigo metodológico intitulado: “Indicador Epidemiológico da Vulnerabilidade à Seca Na Saúde Humana: Nova Proposta de Cálculo” (Evangelista et al., 2014), baseando-se na equação:

$$V = P(R \cup S \cup \overline{CA}) = P(R) + P(S) + P(\overline{CA}) - P(R \cap S) - P(S \cap \overline{CA}) - P(R \cap \overline{CA}) + P(R \cap S \cap \overline{CA}) \quad /$$

sendo: R o risco; S: susceptibilidade e  $\overline{CA}$ : incapacidade adaptativa, ou seja, o complementar da capacidade adaptativa. Este cálculo utiliza a análise de componentes principais (ACP) com o intuito de atribuir pesos para a geração dos indicadores. Os pesos atribuídos são convertidos para probabilidade usando a função acumulada da distribuição normal. Os escores variaram numa escala entre 0 e 1.

Após a atribuição de valores deste indicador a cada uma das microrregiões, realizou-se a análise de agrupamento (*clusters*) para identificar e classificar as microrregiões quanto à similaridade em relação aos componentes da vulnerabilidade.

O indicador epidemiológico de vulnerabilidade à seca é composto por três dimensões: risco, susceptibilidade e capacidade adaptativa. As variáveis elencadas para mensurar estas três dimensões serão descritas a seguir:

### **Dimensão risco (Índice de seca)**

O risco foi medido pelo índice de seca. O cálculo do índice utiliza o *Standardized Precipitation Index* (SPI). Para o estudo foi considerado as normais climatológicas que consideram os períodos de 1974-2003 e 1979-2008.

### **Dimensão susceptibilidade à seca**

A susceptibilidade foi avaliada pelos seguintes indicadores: taxa de internação, gastos médios hospitalares do SUS, taxa de incidência de dengue, leishmaniose, leptospirose, doenças do coração e do aparelho respiratório; e taxa de mortalidade por causas mal definidas, doenças do coração e do aparelho respiratório, percentual da população urbana, população maior que 65 anos e razão de dependência total (RDT)

### **Dimensão capacidade adaptativa**

Neste estudo, consideraram-se 8 (oito) indicadores para análise da capacidade adaptativa, quais foram: número de médicos, índice de desenvolvimento humano municipal - dimensão longevidade (IDHM - longevidade), PIB *per capita*, índice de Gini, percentual de domicílios com esgotamento sanitário, abastecimento de água e coleta de lixo.

### 3.2.2 Análise estatística

#### Análise de agrupamento (*clusters*)

Realizou-se, neste trabalho, a análise dos dados por meio da técnica de agrupamento, também conhecida como análise de conglomerado (*cluster*) utilizando o método Hierárquico. O objetivo é classificar os elementos da amostra, ou população, em grupos de forma que os elementos pertencentes a um mesmo grupo sejam similares entre si, com respeito às variáveis (características) que neles foram medidas, procurando identificar os padrões de similaridade entre as microrregiões considerando os componentes da vulnerabilidade (risco, susceptibilidade e capacidade adaptativa) (MINGOTI, 2005).

Dessa forma, dada uma amostra de  $n$  elementos, cada um deles medidos segundo  $p$  variáveis, procura-se um esquema de classificação que agrupe os elementos em  $g$  grupos, a partir da existência de grupos homogêneos ou heterogêneos. Para cada elemento amostral  $j$ , tem-se, o vetor medidas  $X_j$  definido por:

$$X_j = [X_{1j} \ X_{2j} \ \dots \ X_{pj}]', \ j=1,2,\dots,n \quad (15)$$

sendo que  $X_{ij}$  representa o valor observado da variável  $i$  medida no elemento  $j$ . Para que se possa proceder ao agrupamento de elementos, é necessário que se decida a priori a medida de similaridade ou dissimilaridade. No estudo utilizou-se a medida de dissimilaridade denominada Distância Euclidiana.

A distância Euclidiana entre dois elementos  $X_i$  e  $X_k$ ,  $1 \neq k$ , ou seja, os dois elementos amostrais são comparados em cada variável pertencente ao vetor de observações é definida por:



$$d(X_1 X_{1k}) = [(X_1 - X_2)' (X_1 - X_k)^{\frac{1}{2}}] = [\sum_{i=1}^p (X_{il} - X)^2]^{1/2} \quad (16)$$

O método de ligação utilizado foi de Ward. Este método é fundamentado na mudança de variação entre e dentro dos grupos formados em cada passo do agrupamento. Pode ser chamado também de “Mínima variância” e fundamenta-se nos seguintes princípios:

- a) Cada elemento é considerado como um único conglomerado;
- b) Em cada passo do algoritmo de agrupamentos calcula-se a soma de quadrados dentro de cada conglomerado. Esta soma é o quadrado da distância Euclidiana de cada elemento amostral pertencente ao conglomerado em relação ao correspondente vetor de médias do conglomerado, isto é,

$$SS_i = \sum_{j=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_i)' (X_{ij} - \bar{X}_i) \quad (17)$$

sendo:  $n_i$  o número de elementos no conglomerado  $C_i$  quando se está no passo  $k$  do processo de agrupamento;  $X_{ij}$  é o vetor de observações do  $j$ -ésimo elemento amostral que pertence ao  $i$ -ésimo conglomerado;  $\bar{X}_i$  é o centroide do agrupamento  $C_i$  e  $SS_i$  representa a soma de quadrados correspondente ao conglomerado  $C_i$ . No passo  $k$ , a soma de quadrados total dentro dos grupos é definida como:

$$SSR = \sum_{i=1}^{g_k} SS_i \quad (18)$$

sendo  $g_k$  o número de grupos existentes quando se está no passo  $k$ . A distância entre conglomerados  $C_l$  e  $C_j$  é definida como:

$$d(C_l, C_i) = [\frac{n_j n_i}{n_l + n_i}] (\bar{X}_l - \bar{X}_i)' (\bar{X}_l - \bar{X}_i) \quad (19)$$

Esse método de ligação tende a produzir grupos com aproximadamente o mesmo número de elementos e tem como base principal os princípios de análise de variância (MINGOTI, 2005).

Diante do que foi exposto, a análise de agrupamento sugeriu um corte em 5 (cinco) grupos para os anos de 2000 e 2010. Posteriormente, realizou-se a análise descritiva dos grupos e com base nas estatísticas, classificaram-se os grupos quanto à vulnerabilidade em: muito baixa, baixa, moderada, alta e muito alta.

### Teste t para amostra pareada

Teste t pode ser conduzido para comparar uma amostra com uma população, comparar duas amostras pareadas mesmos sujeitos em dois momentos distintos e comparar duas amostras independentes. O objetivo do teste é verificar se existem diferenças entre comportamento quando se tem de um mesmo grupo de sujeitos, testados em dois momentos distintos, ou seja, antes e depois. (MORETIN, 2000).

$$t = \frac{\bar{D} - \mu_{\bar{D}}}{\frac{s_D}{\sqrt{n}}}, \text{ sendo } s_D = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2}{n-1}} \sim \text{G.L. (n-1)} \quad (20)$$

sendo:  $\bar{D}$ : Diferenças entre as médias;  $s_D$ : variância amostral e n: tamanho da amostra.

Para efeito de uma melhor visualização do comportamento da vulnerabilidade à seca das microrregiões do RN, elaboraram-se mapas temáticos para cada ano de estudo e para cada componente da vulnerabilidade. Para efeito de visualização e comparação do comportamento dos três componentes de vulnerabilidade, bem como do cálculo final do IEVS, entre os anos de 2000 e 2010, utilizaram-se a escala dos indicadores nos mapas referentes aos limites: 0,00 | - 0,25; 0,25 | - 0,50; 0,50 | - 0,75; 0,75 a 1,00.

Para as análises estatísticas e geração dos mapas temáticos foram utilizados os programas estatísticos:  versão 2.12., Terra View versão 3.4.0 e o Minitab versão 14.

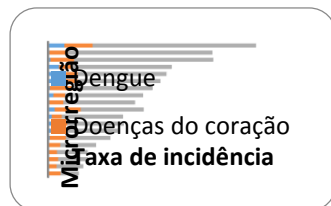
### 3.3 Resultados

Nessa seção serão apresentados e discutidos os resultados das análises das estimativas do Indicador Epidemiológico de Vulnerabilidade à Seca (IEVS) nas 19 microrregiões do estado do Rio Grande do Norte, estabelecendo um comparativo entre os anos de 2000 e 2010. Inicialmente, apresentam-se as estatísticas descritivas das principais doenças notificadas no estado.

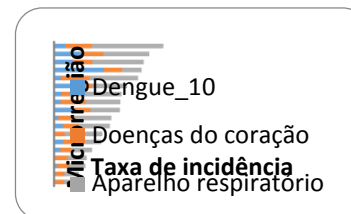
Dentre os capítulos de doenças investigadas neste estudo (Figura 1), verificou-se a expressiva incidência de doenças do aparelho respiratório nos dois momentos considerados no estudo (2000 e 2010), seguido de doenças do coração e dengue. Em 2000 as microrregiões que apresentaram maiores taxas de incidência de doenças respiratória, foram Umarizal seguido de Serra de Santana e Pau dos Ferros. Em 2010, as microrregiões de Seridó Ocidental e Médio Oeste apresentaram as mais elevadas taxas de incidência do aparelho respiratório.

Dentre as taxas específicas de mortalidade investigadas, verificou-se que em 2000, as causas mal definidas apresentavam taxas elevadas. Em contrapartida, constata-se uma redução significativa das incidências por mal definidas em 2010. As maiores taxas de mortalidade foram das doenças do coração seguindo das doenças respiratórias (Figura 2).

### Taxa de incidência da

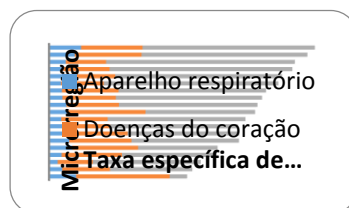


### Taxa de incidência da

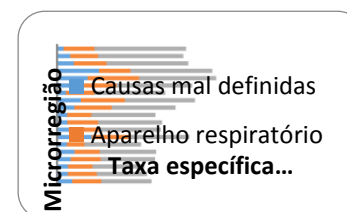


**Figura1:** Taxa de incidência da dengue, doenças do coração e do aparelho respiratório nas microrregiões do Rio Grande do Norte, 2000 e 2010

### Taxa específica de



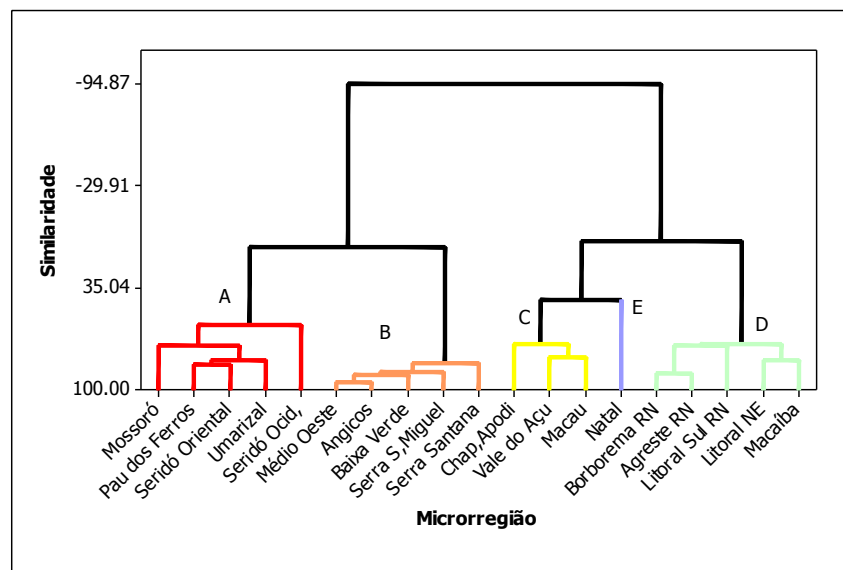
### Taxa específica de



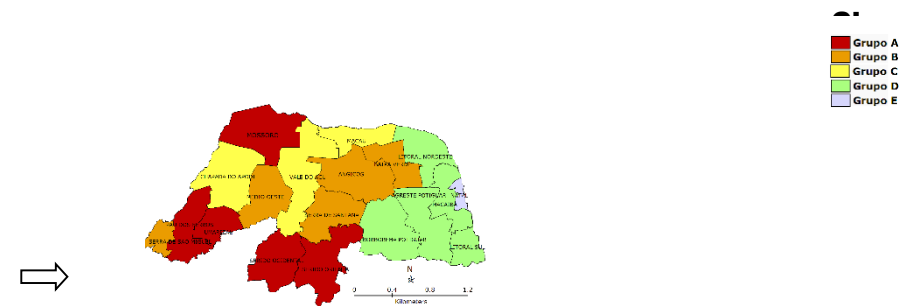
**Figura 2:** Taxa específica de mortalidade por causas mal

As microrregiões foram classificadas segundo as três dimensões da vulnerabilidade: risco, susceptibilidade e incapacidade de adaptação, baseando-se nas condições apresentadas no ano de 2000 como referência, resultando em cinco grupos (A, B, C, D e E). A análise de agrupamento teve por objetivo criar grupos homogêneos entre si e heterogêneos dentre os grupos, ou seja, dentro de cada grupo as microrregiões têm características similares quanto ao risco, susceptibilidade e capacidade adaptativa, porém entre os grupos há heterogeneidade. Para a classificação das microrregiões quanto às dimensões de vulnerabilidade, utilizou-se a análise de agrupamento tomando por base 2000 como referência. Desta forma, o dendrograma resultante (Figura 3) apresenta os cinco grupos formados pela análise: o grupo A (Muito Alta), composto pelas microrregiões Mossoró, Pau dos Ferros, Umarizal, Seridó Oriental e Ocidental; o grupo B (Alta) formado por Angicos, Baixa Verde, Médio Oeste, Serra de São Miguel e Serra de Santana; o grupo C (Moderada) representado por Chapada do Apodi, Vale do Açu, Macau e Natal; grupo D (Baixo) por Agreste Potiguar, Borborema Potiguar, Litoral Nordeste e Sul, Macaíba, por fim, o grupo E (Muito Baixo) representado por Natal.

### DENDROGRAMA – 2000



**Figura 3:** Dendrograma



**Figura 4:** Distribuição

As microrregiões foram classificadas segundo as três dimensões da vulnerabilidade: risco, susceptibilidade e incapacidade de adaptação, baseando-se nas condições apresentadas no ano de 2000 como referência, resultando em cinco grupos (A, B, C, D e E).

A análise de agrupamento teve por objetivo criar grupos homogêneos entre si e heterogêneos dentre os grupos, ou seja, dentro de cada grupo as microrregiões têm características similares quanto ao risco, susceptibilidade e capacidade adaptativa, porém entre os grupos há heterogeneidade.

Desta forma, o dendrograma resultante (Figura 3) apresenta os cinco grupos formados pela análise: o grupo A (Muito Alta), composto pelas microrregiões Mossoró, Pau dos Ferros, Umarizal, Seridó Oriental e Ocidental; o grupo B (Alta) formado por Angicos, Baixa Verde, Médio Oeste, Serra de São Miguel e Serra de Santana; o grupo C (Moderada) representado por Chapada do Apodi, Macau e Vale do Açu; grupo D (Baixo) por Agreste Potiguar, Borborema Potiguar, Litoral Nordeste e Sul, Macaíba, por fim, o grupo E (Muito Baixo) representado por Natal.

As microrregiões classificadas no Grupo A apresentaram vulnerabilidade (0,96) considerada muita alta (A) em 2000, consequência da pior condição climática, ou seja, maior risco à seca (0,72), alta susceptibilidade da população com maiores taxas de incidência de doenças do coração e do aparelho respiratório, maior taxa de internação e moderada capacidade adaptativa (Tabelas 1 e 2).

Esta classificação, baseada no ano de 2000, revelou que as microrregiões classificadas no Grupo B apresentaram vulnerabilidade considerada alta (0,90), refletindo uma condição climática desfavorável em 2000, ou seja, moderado risco à seca, porém, apresentaram uma susceptibilidade moderada e a mais baixa capacidade adaptativa. Este fato é corroborado pelas altas taxas de mortalidade por causas mal definidas, expressando a má qualidade nas informações de saúde e também um alto percentual da população acima de 65 anos, menor índice de longevidade e baixo PIB *per capita*, além de piores condições sanitárias (Tabelas 1 e 2).

As microrregiões classificadas no Grupo C, com vulnerabilidade considerada moderada (0,83), apresentaram um baixo risco à seca e a uma moderada capacidade adaptativa, apresentando a menor incidência de leishmaniose e menor Índice de Gini

em 2000, porém, o segundo maior PIB *per capita*. Em 2010, no entanto, apresentou o maior risco à seca revelando uma piora nas condições climáticas destas regiões.

As microrregiões classificadas no Grupo D, com vulnerabilidade também considerada moderada (0,76), apresentaram baixo risco à seca, a mais baixa susceptibilidade, mas também um dos indicadores mais baixos de capacidade adaptativa em 2000. Este grupo registrou em média maiores taxas de incidência de leishmaniose, porém menores taxas de mortalidade por doenças do coração e do aparelho respiratório, menor percentual de população urbana e de maiores que 65 anos, menor número de internações e mais baixo gasto médio hospitalar do SUS. Em 2010, houve uma redução nas taxas de leishmaniose, passando de 14,27 para 5,32 por 100.000 habitantes, no entanto, registrou-se um aumento das taxas de mortalidade por doenças do aparelho respiratório (Tabelas 1 e 2).

A microrregião de Natal se destacou, nos dois anos analisados, por ter apresentado a menor vulnerabilidade (0,61 em 2000 e 0,49 em 2010), refletindo as melhores condições climáticas à medida que oferece menor risco à seca, melhores condições adaptativas da população apresentando maior longevidade, maior número de médicos, maior PIB *per capita* e melhores condições sanitárias. No entanto, destaca-se o aumento significativo das taxas de mortalidade por doenças do aparelho respiratório, passando de 40,08 por 100 mil hab. em 2000 para 473,00 por 100 mil hab. em 2010.

De uma forma geral no Estado, percebeu-se um avanço na melhoria das condições socioeconômicas e sanitárias das regiões estudadas entre os períodos, refletidas nos indicadores de cobertura de abastecimento de água, esgotamento sanitário e coleta de lixo, além de um significativo acréscimo no PIB *per capita* das microrregiões do Estado (Tabela 1 e 2).

No que se refere às taxas de morbidade entre os períodos, constatou-se um aumento na incidência de dengue em todos os grupos analisados e redução das doenças do aparelho respiratório. Para a mortalidade, verificou-se que as taxas de doenças mal definidas obtiveram uma redução ao longo da década e as taxas de mortalidade por doenças do coração obtiveram um aumento (Tabela 1).

Com relação às variáveis demográficas percebeu-se um aumento substancial da população maior de 65 anos, porém refletido numa suave elevação da longevidade (valor- $p < 0,001$ ). Já a razão de dependência que inclui crianças e idosos apresentou uma diminuição (valor- $p < 0,001$ ), provavelmente acarretada pela baixa taxa de fecundidade em 2010 (Tabela 1)

Com relação às variáveis hospitalares, percebeu uma redução no número de internações, combinada a uma elevação dos gastos médios hospitalares do SUS, embora mantendo-se número de médicos por mil habitantes semelhantes (Tabela 1).

Traçando um paralelo entre o ano de 2000 e 2010 e de acordo com a Tabela 2 apresentando os indicadores das três dimensões de vulnerabilidade, constatou-se que o grupo que apresentou o maior risco à seca foi grupo A (Mossoró, Pau dos Ferros, Umarizal, Seridó Oriental e Ocidental), em contrapartida o grupo que mostrou menor risco para 2000 e 2010 foi Natal. Há de se observar que o grupo B (composto por Angicos, Baixa Verde, Médio Oeste, Serra de São Miguel e Serra de Santana), ao longo da década, obtiveram em média um decréscimo do índice de seca, passando de 0,57 em 2000 (um dos altos indicadores) para 0,29 em 2010. O grupo mais susceptível foi o A para os anos de 2000 e 2010 e o menos susceptível foi o D (Agreste Potiguar, Borborema Potiguar, Litoral Nordeste e Sul, Macaíba). Quanto à capacidade adaptativa, o grupo que apresentou os escores mais baixos foi o grupo B para o ano de 2000 e grupo D para 2010, enquanto que Natal revelou os melhores escores tanto para o ano de 2000 quanto para 2010 (Tabela 2).



**Tabela 1:** Média das variáveis de morbimortalidade, demográficas, socioambiental segundo a análise de clusters, estado do RN, 2000 e 2010.

| Variável                      | Grupo A |         | Grupo B |         | Grupo C |          | Grupo D |         | Grupo E |          |
|-------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|----------|
|                               | 2000    | 2010    | 2000    | 2010    | 2000    | 2010     | 2000    | 2010    | 2000    | 2010     |
| <b>Morbidade</b>              |         |         |         |         |         |          |         |         |         |          |
| Dengue                        | 116,00  | 352,00  | 102,90  | 244,55  | 125,80  | 213,90   | 29,80   | 57,80   | 3,54    | 5,01     |
| Leishmaniose                  | 3,35    | 2,44    | 6,32    | 3,17    | 2,60    | 2,09     | 14,27   | 5,32    | 8,29    | 4,11     |
| Leptospirose                  | 2,11    | 1,86    | 0,97    | 1,28    | 1,67    | 0,69     | 1,24    | 0,59    | 0,47    | 0,65     |
| Doenças do coração            | 483,00  | 468,00  | 341,50  | 304,90  | 344,30  | 300,90   | 236,00  | 206,30  | 218,62  | 244,45   |
| Aparelho respiratório         | 1962,00 | 887,00  | 1870,00 | 631,20  | 1427,00 | 603,00   | 721,00  | 427,50  | 370,19  | 338,42   |
| <b>Mortalidade</b>            |         |         |         |         |         |          |         |         |         |          |
| Causas mal definidas          | 198,00  | 34,85   | 212,40  | 27,12   | 179,50  | 22,80    | 204,80  | 16,94   | 25,92   | 9,73     |
| Doenças do coração            | 90,92   | 109,63  | 77,13   | 91,12   | 95,20   | 112,27   | 62,69   | 81,09   | 138,19  | 136,36   |
| Aparelho respiratório         | 34,25   | 80,90   | 20,43   | 28,07   | 25,77   | 42,80    | 18,61   | 64,90   | 40,08   | 473,00   |
| <b>Demográfica</b>            |         |         |         |         |         |          |         |         |         |          |
| Índice de Longevidade         | 0,73    | 0,79    | 0,65    | 0,75    | 0,69    | 0,77     | 0,67    | 0,76    | 0,75    | 0,83     |
| % População urbana            | 75,28   | 79,17   | 56,92   | 60,04   | 61,15   | 63,49    | 50,06   | 57,03   | 97,47   | 99,15    |
| % População maior que 65 anos | 7,42    | 11,47   | 7,65    | 11,35   | 6,98    | 9,89     | 6,72    | 9,63    | 5,20    | 8,13     |
| Razão de dependência total    | 59,13   | 48,09   | 70,48   | 48,45   | 61,46   | 55,50    | 74,41   | 56,81   | 51,77   | 40,57    |
| <b>Sanitária</b>              |         |         |         |         |         |          |         |         |         |          |
| Esgotamento sanitário         | 85,32   | 94,06   | 76,87   | 90,07   | 81,29   | 91,66    | 84,58   | 93,48   | 97,16   | 98,42    |
| Abastecimento de água         | 72,43   | 83,42   | 59,38   | 76,72   | 63,97   | 77,27    | 67,38   | 78,10   | 96,56   | 98,57    |
| Coleta de lixo                | 70,02   | 81,26   | 53,74   | 65,69   | 63,37   | 78,88    | 57,00   | 73,01   | 95,18   | 98,44    |
| <b>Hospitalar</b>             |         |         |         |         |         |          |         |         |         |          |
| Nº de internações             | 105,79  | 79,45   | 61,13   | 31,84   | 71,73   | 39,35    | 38,86   | 22,37   | 76,35   | 75,88    |
| Nº de médicos                 | 10,25   | 10,25   | 5,69    | 5,69    | 8,09    | 8,09     | 6,54    | 6,54    | 26,67   | 26,67    |
| Gasto médio hospitalar do SUS | 21,37   | 32,08   | 10,59   | 9,54    | 10,29   | 12,10    | 5,64    | 7,07    | 24,02   | 82,17    |
| <b>Econômica</b>              |         |         |         |         |         |          |         |         |         |          |
| Índice de Gino                | 0,56    | 0,51    | 0,58    | 0,53    | 0,55    | 0,52     | 0,58    | 0,52    | 0,63    | 0,61     |
| PIB <i>per capita</i>         | 2427,00 | 7722,00 | 1689,00 | 5143,00 | 4404,00 | 17166,00 | 1899,00 | 6476,00 | 5072,40 | 14065,00 |

**Tabela 2:** Estatísticas descritivas das dimensões da vulnerabilidade, estado do RN, 2000 e 2010.

| Componentes da vulnerabilidade | Classificação da Vulnerabilidade em 2000 | Ano - 2000 |               | Ano - 2010 |               |
|--------------------------------|------------------------------------------|------------|---------------|------------|---------------|
|                                |                                          | Média      | Desvio Padrão | Média      | Desvio Padrão |
| <b>Risco</b>                   | Grupo A                                  | 0,72       | 0,17          | 0,77       | 0,14          |
|                                | Grupo B                                  | 0,57       | 0,05          | 0,29       | 0,05          |
|                                | Grupo C                                  | 0,24       | 0,09          | 0,78       | 0,04          |
|                                | Grupo D                                  | 0,29       | 0,11          | 0,41       | 0,08          |
|                                | Grupo E                                  | 0,00       | -             | 0,00       | -             |
| <b>Susceptibilidade</b>        | Grupo A                                  | 0,72       | 0,08          | 0,68       | 0,23          |
|                                | Grupo B                                  | 0,44       | 0,04          | 0,45       | 0,15          |
|                                | Grupo C                                  | 0,56       | 0,10          | 0,42       | 0,15          |
|                                | Grupo D                                  | 0,22       | 0,07          | 0,33       | 0,09          |
|                                | Grupo E                                  | 0,59       | -             | 0,42       | -             |
| <b>Capacidade adaptativa</b>   | Grupo A                                  | 0,47       | 0,12          | 0,43       | 0,09          |
|                                | Grupo B                                  | 0,42       | 0,06          | 0,44       | 0,13          |
|                                | Grupo C                                  | 0,51       | 0,15          | 0,55       | 0,13          |
|                                | Grupo D                                  | 0,43       | 0,12          | 0,38       | 0,11          |
|                                | Grupo E                                  | 0,96       | -             | 0,87       | -             |
| <b>Vulnerabilidade</b>         | Grupo A                                  | 0,96       | 0,03          | 0,98       | 0,04          |
|                                | Grupo B                                  | 0,90       | 0,05          | 0,95       | 0,02          |
|                                | Grupo C                                  | 0,83       | 0,05          | 0,77       | 0,10          |
|                                | Grupo D                                  | 0,76       | 0,11          | 0,84       | 0,09          |
|                                | Grupo E                                  | 0,61       | -             | 0,49       | -             |

Para uma melhor compreensão da distribuição espacial, construíram-se os mapas temáticos das dimensões da vulnerabilidade (Figuras 4 e 8), podendo-se comparar as microrregiões quanto à vulnerabilidade. Constata-se que o risco à seca agravou em toda a extensão territorial do Estado na década estudada, excetuando-se Natal. A microrregião Seridó Ocidental apresenta o maior risco em 2000 com escore de seca igual a 1 e em 2010 houve um aumento do risco nas demais microrregiões como Angicos, Baixa verde, Médio Oeste, Pau dos Ferros, Umarizal e mantendo-se o Seridó Ocidental.

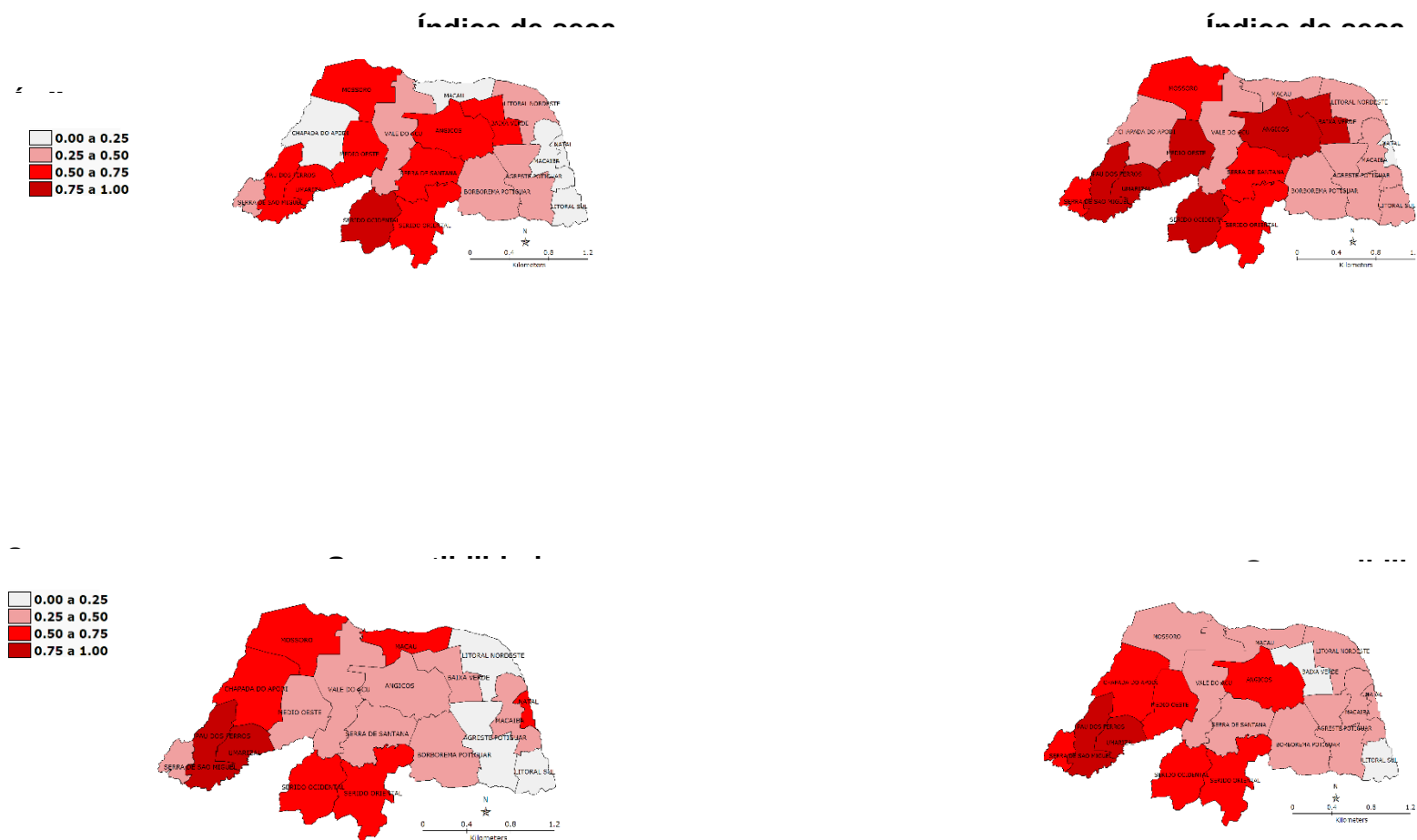
Em 2000, Pau dos Ferros (0,76) e Umarizal (0,83) apresentaram-se mais susceptíveis e se mantêm em 2010. Médio Oeste e Angicos agravaram as condições de saúde, passando ambos para patamares do indicador entre 0,50 e 0,75.

Quanto à capacidade adaptativa, as microrregiões Angicos, Agreste Potiguar, Baixa verde, Borborema, Chapada do Apodi, Médio Oeste, Serra de São Miguel, Umarizal,

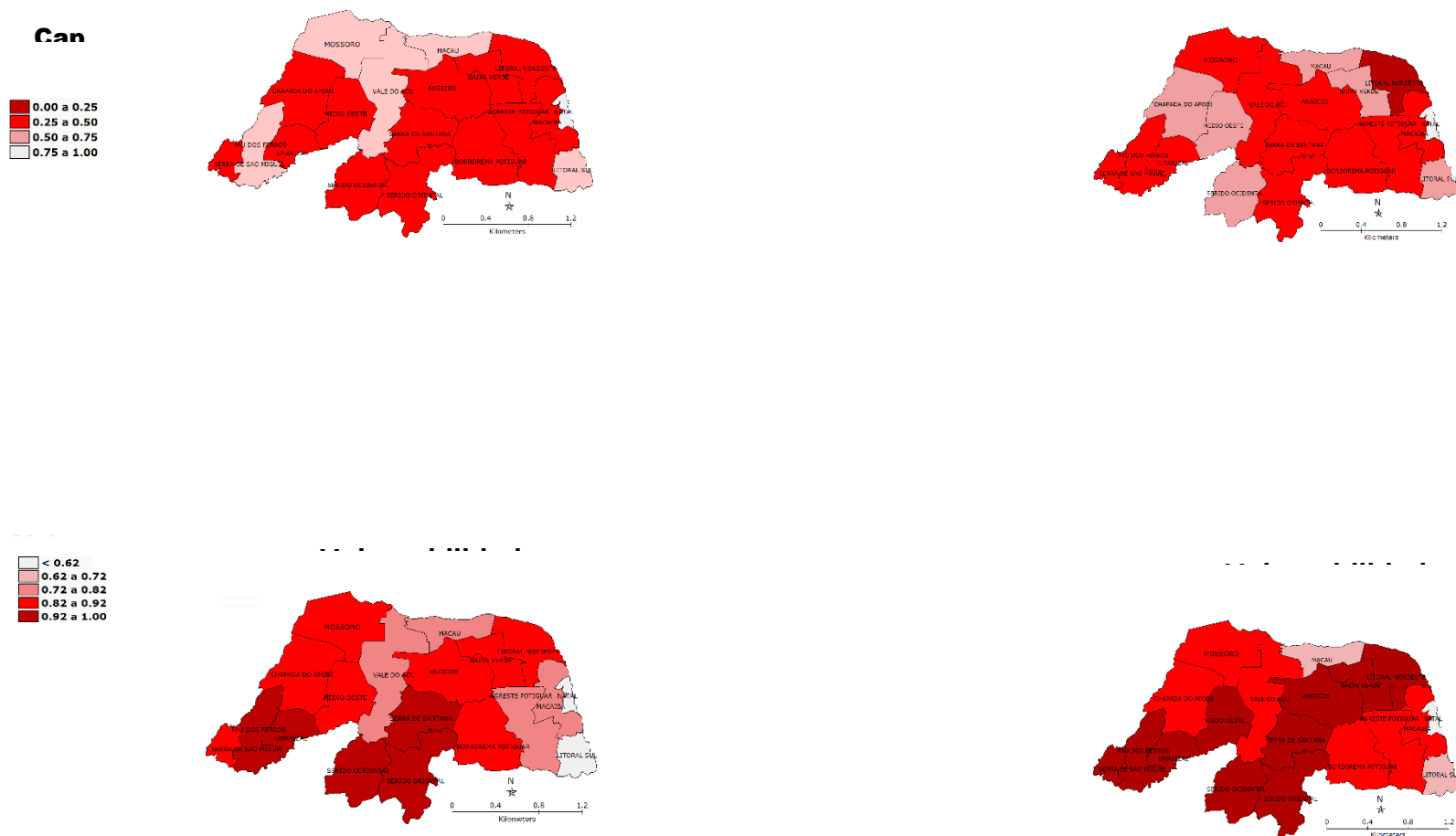
Seridó Ocidental e Oriental apresentaram, em 2000, o escore mais baixo no Estado. No entanto durante a década houve um piora nas condições das microrregiões alastrando-se por várias microrregiões do Oeste ao Agreste Potiguar e a microrregião do Litoral Nordeste apresenta a capacidade adaptativa mais baixa.

Avaliando o indicador epidemiológico de vulnerabilidade à seca (IEVS), constatou-se que Pau dos Ferros, Serra de Santana, Umarizal, Seridó Ocidental e Oriental apresentaram-se como as microrregiões, nos dois períodos analisados, mais vulneráveis do estado do RN. Em 2010, observou-se os maiores agravos nas microrregiões Angicos, Baixa Verde, Litoral Nordeste, Médio Oeste e Serra de São Miguel. Em 2000, percebe-se ainda que, além de Natal, a microrregião Litoral Sul apresentou uma das menores vulnerabilidades em 2000, tendo leve piora em 2010.

Por fim, realizou-se análise de *cluster* para o ano de 2010. O dendrograma resultante (Figura 7) apresenta os cinco grupos formados pela análise: o grupo I (0,98), composto pelas microrregiões Pau dos Ferros, Umarizal, Seridó Oriental e Serra de São Miguel; o grupo II (0,94) formado por Angicos, Baixa Verde, Médio Oeste, Mossoró, Seridó Ocidental e Serra de Santana; o grupo III (0,87) representado por Agreste, Borborema Potiguar, Litoral Nordeste, Macaíba, Vale do Açu; grupo IV (0,73) por Chapada do Apodi, Macau e Litoral Sul, por fim, o grupo V (0,49) representado por Natal.



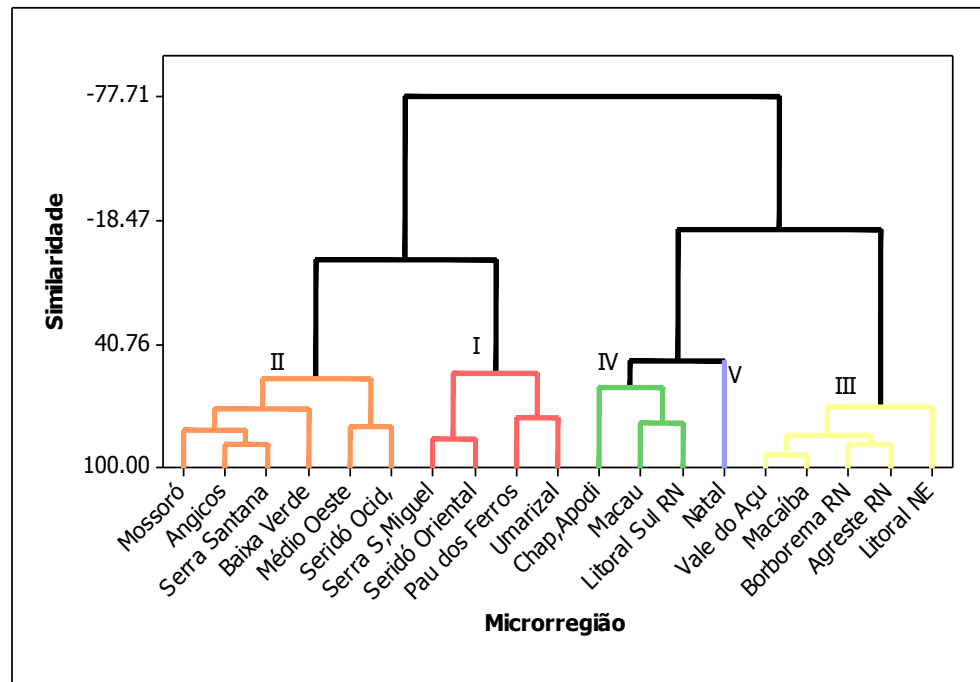
**Figura 5:** Distribuição espacial das dimensões de vulnerabilidade (Risco e suscetibilidade) para as



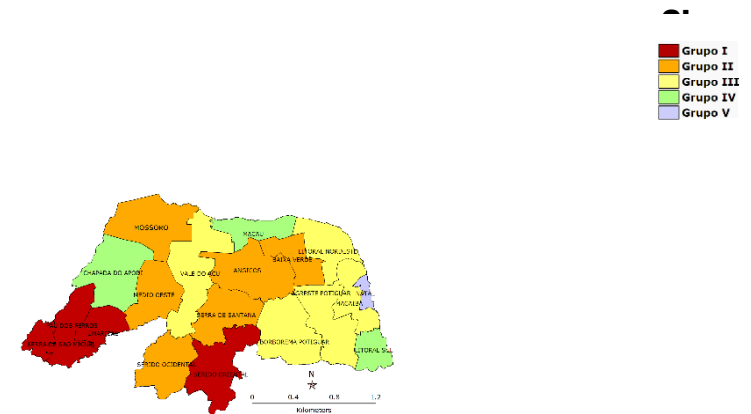
**Figura 6:** Distribuição espacial da vulnerabilidade e capacidade adaptativa para as microrregiões do Rio Grande

Por fim, realizou-se análise de *cluster* para o ano de 2010. O dendrograma resultante (Figura 7) apresenta os cinco grupos formados pela análise: o grupo I (0,98), composto pelas microrregiões Pau dos Ferros, Umarizal, Seridó Oriental e Serra de São Miguel; o grupo II (0,94) formado por Angicos, Baixa Verde, Médio Oeste, Mossoró, Seridó Ocidental e Serra de Santana; o grupo III (0,87) representado por Agreste, Borborema Potiguar, Litoral Nordeste, Macaíba, Vale do Açu; grupo IV (0,73) por Chapada do Apodi, Macau e Litoral Sul, por fim, o grupo V (0,49) representado por Natal.

**DENDROGRAMA 2010**



**Figura 7:** Dendrograma



**Figura 8:** Distribuição

### 3.4 Conclusão

No estudo da vulnerabilidade à seca no aspecto epidemiológico para o estado do Rio Grande do Norte, observou-se que as microrregiões que apresentaram maiores taxas de incidência de doenças respiratórias foram Umarizal seguido de Serra de Santana e Pau dos Ferros, para 2000 e em 2010 o Seridó Ocidental seguido de Médio Oeste.

Dentre as taxas específicas de mortalidade investigadas, verificou-se que em 2000, as causas mal definidas apresentavam taxas elevadas constatando-se uma redução significativa em 2010. Este resultado é fruto de um amplo esforço do governo na correção e melhoria dos registros de óbitos no Estado. Em contrapartida, as doenças do coração passam a ter maiores taxas de mortalidade, seguido das doenças respiratórias. Portanto, as doenças do coração também são uma das principais causas de morte no Estado. Schmidt (2011) constatou que no Brasil é a principal causa de morte, apesar de sua diminuição, gerando o maior custo referente às internações hospitalares no sistema de saúde nacional, que por sua vez pode estar associado ao processo de envelhecimento.

Com relação à morbidade, destacaram-se, dentre as doenças consideradas no estudo, aquelas do coração e as do aparelho respiratório. Constatou-se que a microrregião de Natal em 2000 apresenta uma susceptibilidade ainda considerada moderada de acordo com análise de agrupamento, que pode ser explicada por ter apresentado as maiores taxas de mortalidade por doenças do aparelho respiratório (40,08 por 100 mil hab.), agravadas em 2010 para respectivamente, 136,36 e 473,00 por 100 mil habitantes.

A análise de agrupamento ou *cluster* foi de grande importância para o estudo, pois foi possível agrupar as microrregiões quanto às similaridades nas dimensões de vulnerabilidade (risco, susceptibilidade e capacidade adaptativa). Constatou-se que, em 2000 e 2010, a capital do Estado apresentava a menor vulnerabilidade, refletida pelas melhores condições socio sanitárias, menor risco à seca e moderada susceptibilidade. No entanto, o estudo mostra que as microrregiões de Pau dos Ferros, Umarizal, Serra de Santana e Seridó Oriental e Ocidental, desde 2000, apresentavam alta vulnerabilidade, somando-se a estas as microrregiões do Médio Oeste, Serra de São Miguel, Angicos, Baixa Verde e Litoral Nordeste, em 2010. Estas

regiões apresentam altos índices epidemiológicos de vulnerabilidade à seca, o que requer atenção dos gestores públicos na elaboração de ações que levem a mitigação dos efeitos da seca sobre estas populações.

Delineou-se para 2010, pela análise de agrupamentos os seguintes grupos a considerar por ordem de prioridade na atenção: o grupo I, de mais alta vulnerabilidade, composto pelas microrregiões Pau dos Ferros, Umarizal, Seridó Oriental e Serra de São Miguel; o grupo II formado por Angicos, Baixa Verde, Médio Oeste, Mossoró, Seridó Ocidental e Serra de Santana; o grupo III representado por Agreste, Borborema Potiguar, Litoral Nordeste, Macaíba, Vale do Açu; grupo IV por Chapada do Apodi, Macau e Litoral Sul, por fim, o grupo V, de menor vulnerabilidade, representado por Natal. Observou-se que as microrregiões como Pau dos Ferros, Umarizal, Seridó Oriental estão presentes nos dois anos de estudo por apresentarem os maiores IEVS e a microrregião Natal destacou-se por apresentar os menores indicadores epidemiológicos de vulnerabilidade à seca tanto em 2000 e 2010 passando de (0,61) em 2000 para (0,49) em 2010, ou seja, houve uma redução desta vulnerabilidade.

Constatou-se que a microrregião que apresentou maior índice de seca em 2000 foi Seridó Ocidental (1,00) e em 2010 foram Seridó Ocidental (1,00), Angicos (0,81), Baixa Verde (0,81), Médio Oeste (0,80), Umarizal (0,78) e Pau dos Ferros (0,77). Essas regiões localizam-se em uma região denominada de polígono das secas que é caracterizada pelo regime pluviométrico marcado por extrema irregularidade de chuvas (SOUZA et al., 2013), o que pode explicar a gravidade na vulnerabilidade durante a década estudada. Desta forma, ressalta-se a importância e a urgência de medidas de mitigação à seca. Pau dos Ferros e Umarizal são microrregiões mais susceptíveis à morbidade e apresentam maior número de internação.

Essas microrregiões destacam-se por apresentar as maiores morbidades por doenças do coração, respiratória e dengue e maior número de internações, portanto. Schmidt (2011) afirma que as doenças do coração contribuem para um maior número de internações.

Somado ao agravante da seca e da susceptibilidade à morbimortalidade e a considerar a constituição da população que potencialmente compreende maior número de pessoas idosas o que implica em maior número de internações, soma-se o efeito da baixa capacidade adaptativa de algumas microrregiões do Estado. Neste



sentido, verificou-se que em 2000 Angicos, Agreste Potiguar, Baixa são a principal causa de morte Verde, Borborema, Chapada do Apodi, Médio Oeste, Serra de São Miguel, Umarizal, Seridó Ocidental e Oriental apresentaram os escores mais baixos do Estado. Esta situação durante a década apresentou maior fragilidade alastrando-se por várias microrregiões do Oeste ao Agreste Potiguar.

O Seridó destaca-se por apresentar secas prolongadas, a região é caracterizada pelo bioma da caatinga, clima semiárido e um relevo com formações antigas e a mesma vem passando pelo processo de desertificação que vem atingindo proporções alarmantes, em virtude das atividades humanas que exploram os recursos naturais de forma desordenada (MEDEIROS, 2008).

Em virtude deste processo de desertificação a região do Seridó apresenta um alto risco de seca (1,00), porém, sua capacidade adaptativa de reagir aos impactos da seca é moderada, ou seja, é uma região que apresenta uma moderada adaptação diante dos impactos das secas, fato que pode ser explicado pelas inúmeras barragens que trazem oportunidades para prática de irrigação, uso humano. Ações antrópicas de desmatamento juntamente com a má utilização dos recursos naturais contribuem para o processo de desertificação na região. No Seridó, entre 1993 e 1995, a área afetada cresceu 20,13%, com expansão em mais de 6 mil km<sup>2</sup>. Em 1993, o estado RN somava 32.156 km<sup>2</sup> de área desertificada, segundo o documento Política Nacional de Controle da Desertificação. Em 1995, esta já chegava a 38.630 km<sup>2</sup> – ou seja, 72,5% do território potiguar (BEZERRA JÚNIOR; SILVA, 2007).

Estudos de vulnerabilidade à seca no aspecto epidemiológico são inexistentes para Rio Grande do Norte. Os estudos existentes no Brasil a respeito de vulnerabilidade são mais voltados para parte climática ou socioambiental como, por exemplo, do Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT (2005).

Esses resultados permitiram identificar as regiões que se encontram mais expostas à seca, como também mais susceptíveis e de difícil condição de adaptação a esse evento que é a seca. Desta forma, este estudo aponta para a necessidade da elaboração e adoção de medidas e ações políticas para a mitigação aos impactos da seca na saúde do Estado.

Diante dos resultados algumas regiões se apresentaram muito susceptíveis a algumas doenças relacionadas ao clima. Portanto, com o indicador epidemiológico à seca é possível priorizar regiões de maior fragilidade e potencializar investimentos que possam alertar a população no sentido de controlar a proliferação de vetores sem danos ao meio ambiente, gerar informação de ações preventivas como vacinação e tratamentos à população em risco, esclarecer a população sobre como minimizar os riscos prevendo quando as condições ambientais, especificamente as climatológicas que são favoráveis à ocorrência da doença.

Pode-se concluir com esse estudo, que a vulnerabilidade à seca no aspecto epidemiológico é de extrema importância para o Brasil, já que tem outras regiões do país que sofrem com esse evento extremo e que causam impacto na saúde. Ressalta-se a importância do desenvolvimento de pesquisas na área da saúde para mitigar os efeitos causados pela seca.

### 3.5 Referências

Albuquerque, R. C. “Brasil: evolução social de longo prazo e médio prazo”. *Estudo e Pesquisa*. BNB – Banco do Nordeste do Brasil (2011) *Agricultura familiar*. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em [www.bnb.gov.br/agricultura\\_familiar/](http://www.bnb.gov.br/agricultura_familiar/). Acesso em 04 de abril de 2014.

ARAÚJO, L. E; SOUSA, F. A. S.; RIBEIRO, M.A.F.M.; SANTOS, A.S.; MEDEIROS, P.C. Análise estatística de chuvas intensas na bacia hidrográfica do Rio Paraíba. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.23, n.2, p.162-169, 2008.

BARBIERI, A. F. Mudanças Climáticas, Mobilidade Populacional e Cenários de Vulnerabilidade para o Brasil. **Rev. Inter. Mob. Hum.**, Brasília, Nº 36, p. 95-112, 2011.

BARBIERI, A. F.; CONFALONIERI, U.E.C. Mudanças Climáticas, Migrações e Saúde: Cenários para o Nordeste, 2000 – 2050. Relatório de Pesquisa. Belo Horizonte, 2008.

BARBOSA, T. F; CORREIA, M.F. Sistemas Convectivos Intensos no Semi-árido Brasileiro: O Controle da Grande Escala. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 20, p. 395-410, 2005.

BEZERRA JUNIOR, J. G. O.; SILVA, N.M. Caracterização geoambiental da microrregião do Seridó Oriental do Rio Grande do Norte. **Holos**, Ano 23, vol.2, 2007.

BRASIL, Confederação nacional dos municípios (CNM). O CASO DO RIO GRANDE DO NORTE, Brasília, 2011.

BRASIL- Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT). Análise da Vulnerabilidade da População Brasileira aos Impactos Sanitários das Mudanças Climáticas – Brasília, 2005.

BRASIL – Ministério da Integração nacional e Secretaria Nacional de Defesa Civil (SEDEC), Manual de Desastres Naturais, Vol.1, 2011.

BRASIL. *Séries estatísticas e séries históricas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*, IBGE, 2012.

CASTRO, A. L. C.; CALHEIROS, L. B.; CUNHA, M. I. R.; BRINGEL, M. L. N. C. Manual de desastres: desastres naturais. Brasília: Ministério da Integração Nacional, p.174 2003. Disponível em: [http://www.defesacivil.gov.br/publicacoes/publicacoes/desastres\\_naturais.asp](http://www.defesacivil.gov.br/publicacoes/publicacoes/desastres_naturais.asp). Acesso em: 20 de abril de 2014.

CEPED UFSC. Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2010: volume Brasil. Florianópolis: CEPED UFSC, 2012

Departamento de Informática do SUS (DATASUS). Disponível: <http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php>. Acesso em 01 de setembro de 2013.

Empresa de Pesquisa Agropecuária (EMPARN). Disponível:  
<http://www.emparn.rn.gov.br/>

FURTADO, C. *Formação econômica do Brasil*. Companhia das Letras – 34 ed, São Paulo, 2007.

INPE Terraview 3.4.0. São José dos Campos, SP, 2010.

JOHSON. R. A; WICHERN. D.W. **Applied multivariate statistical analysis**. New Jersey. 6 edição. 2007.

KAYANO, M. T; ANDREOLI, R. V. **Tempo e clima no Brasil**. 1ª Ed. Oficina de textos. CAVALCANTI, I. F. A. ; FERREIRA, N. J. ; DIAS, M. A. F. ; JUSTI, M. G .A (Org.), 2009.

MARENGO, J. A. Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. MMA, Ministério do Meio Ambiente, Brasília 2006.

MARENGO, J. A., Alves, L. M., Beserra, E. A., & Lacerda, F. F. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro, 2011.

MEDEIROS, J. A. de. Convivendo com a seca e combatendo a desertificação: novos olhares. Caicó – RN, NETOGRAF, p.116, 2008,

MENEGHETTI, G. T.; FERREIRA, N. J. Variabilidade sazonal e interanual da precipitação no Nordeste Brasileiro. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, v. 14, p. 1685-1689, 2009.

Minitab 14 Statistical Software (2010) [Computer software]. State Collge, PA: Minitab, inc [www.minitab.com](http://www.minitab.com).

MINGOTI. S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte. Ed. UFMG, 2005.

MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. O. Dinâmica das chuvas no Nordeste Brasileiro. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, Anais. Rio de Janeiro. 2000.

MORETTIN, L.G. **Estatística Básica. Inferência**. São Paulo, Pearson Markson Books, v. 2, 2000.

OMM - Organização Meteorológica Mundial, 2014. Disponível:  
[https://www.wmo.int/pages/index\\_en.html](https://www.wmo.int/pages/index_en.html). Acesso em 01 de Dezembro de 2014.

R Development Core Team (2012). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.Rproject.org/>.

SCHMIDT, M. I. et al. Doenças crônicas não transmissíveis no Brasil: carga e desafios atuais. 2011.

SILVA, B. K. N., LUCIO, P.S. Indicator of Agriculture Vulnerability to Climatic Extremes. A Conceptual Model with Case Study for the Northeast Brazil, **Atmospheric and Climate Sciences**, 2014.

SILVA, C. M. S.; SPYRIDES, M. H. C.; LUCIO, P. S. Distribuição espacial da precipitação sobre o Rio Grande Do Norte: Estimativas via satélites e medidas por pluviômetros. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 27, p. 337-346, 2012.

SOUZA, G. F.; SOUZA, R. K, ; CARNEIRO, R.N. A agricultura familiar e a pluriatividade no perímetro irrigado de pau dos Ferros - RN. **Revista Geotemas** .v 3, n.1, p 125-136, 2013.

VIANNA, J. N.; PEREIRA, M. C.; DUARTE, L. M. G.; WEHRMANN, M.E. O Papel das Oleaginosas em um Cenário de Mudanças Climáticas no Semiárido Brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 5, n. 6, p. 1426-1445, 2013.

#### IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo procurou-se estabelecer índices para uma avaliação da vulnerabilidade da população aos impactos da seca, sob os aspectos da saúde humana. Portanto, foi de grande importância à construção de indicador epidemiológico de vulnerabilidade à seca para o estado do Rio Grande do Norte, com base em uma nova proposta de cálculo do indicador. Esta proposta levou em consideração aspectos socioepidemiológicos e hospitalares das microrregiões estudadas. Desta forma, o IEVS possibilitou avaliar e classificar regiões que carecem de ações públicas para mitigar os problemas de saúde como consequência da seca.

Para a composição do IEVS, buscou-se a inclusão de variáveis relacionadas aos aspectos climáticos, sociais, demográficos, sanitários e de morbimortalidade, visando associá-las com indicadores de saúde. Um diferencial do estudo trata-se da metodologia de cálculo para obtenção do indicador que utilizou a técnica ACP e que permite a atribuição de pesos. Este método estatístico permitiu a atribuição de pesos não arbitrários aos componentes de vulnerabilidade (susceptibilidade e capacidade adaptativa) e levou em consideração a variabilidade das condições da região de estudo.

De acordo com os resultados para as microrregiões do estado do Rio Grande do Norte, observou-se que a principal causa de incidência e de morte para os anos de 2000 e 2010 foram as doenças respiratórias, seguida das doenças do coração. A inclusão dessas causas foi de grande importância para estudo de vulnerabilidade, já que alguns estudos evidenciam um risco associado às doenças respiratórias e cardiovasculares, assim como da mortalidade geral e específica à exposição a poluentes presentes na atmosfera e as condições climáticas.

No ano de 2000, as maiores taxas de incidências de doenças respiratórias foram registradas nas microrregiões do Umarizal seguido de Serra de Santana e Pau dos Ferros. Em 2010, Seridó Ocidental e Médio Oeste destacaram-se com as maiores taxas deste capítulo de doenças. A morbimortalidade por doenças do coração passaram, em 2010, a registrar as maiores taxas. Por outro lado, constatou-se uma redução significativa das taxas de mortalidade por causas mal definidas entre os anos de 2000 e 2010. Essa redução deve-se ao investimento desenvolvido pelo governo

do Estado na elaboração de um programa para a correção e melhoria dos registros de óbitos.

A análise de agrupamento ou *cluster* foi de grande importância para o estudo, pois, por meio das dimensões de vulnerabilidade foi possível agrupar as microrregiões quanto às similaridades nas dimensões de vulnerabilidade. Observou-se que, tanto em 2000 quanto em 2010, a capital do Estado apresentou a menor vulnerabilidade, consequência das melhores condições sócio-sanitárias, menor risco à seca e moderada susceptibilidade. No entanto, atenção deve ser dada à saúde visto que as taxas de mortalidade por doenças do coração (138,19 por 100 mil hab.) e do aparelho respiratório (40,08 por 100 mil hab.) refletiram um aumento na década estudada passando em 2010 para 136,36 e 473,00 por 100 mil habitantes, respectivamente.

O estudo mostrou que as microrregiões mais vulneráveis foram Pau dos Ferros, Umarizal, Serra de Santana e Seridó Oriental e Ocidental, desde 2000, somando-se a estas as microrregiões do Médio Oeste, Serra de São Miguel, Angicos, Baixa Verde e Litoral Nordeste, em 2010. Estas regiões apresentaram altos índices epidemiológicos de vulnerabilidade à seca, o que requer atenção dos gestores públicos na elaboração de ações que levem a mitigação dos efeitos da seca sobre estas populações.

Para o ano de 2010, delineou-se pela análise de agrupamentos os seguintes grupos a considerar por ordem de prioridade na atenção: o grupo I, de mais alta vulnerabilidade, composto pelas microrregiões Pau dos Ferros, Umarizal, Seridó Oriental e Serra de São Miguel; o grupo II formado por Angicos, Baixa Verde, Médio Oeste, Mossoró, Seridó Ocidental e Serra de Santana; o grupo III representado por Agreste, Borborema Potiguar, Litoral Nordeste, Macaíba, Vale do Açu; grupo IV por Chapada do Apodi, Macau e Litoral Sul, por fim, o grupo V, de menor vulnerabilidade, representado por Natal. Observou-se que as microrregiões como Pau dos Ferros, Umarizal, Seridó Oriental estão presentes nos dois anos de estudo por terem apresentado os maiores IEVS. Por outro lado, a microrregião Natal destacou-se por apresentar os menores indicadores epidemiológicos de vulnerabilidade à seca tanto em 2000 quanto em 2010 passando de (0,61) em 2000 para (0,49) em 2010, ou seja, houve uma redução desta vulnerabilidade, provavelmente pela melhoria na capacidade adaptativa desta região e menor risco à seca.

As microrregiões que apresentaram maiores índices de seca em 2000 foram Seridó Ocidental (1,00) e em 2010 foram Angicos, Baixa Verde, Médio Oeste (0,80), Pau dos Ferros (0,77), Umarizal (0,78) e Seridó Ocidental (1,00). Essas regiões localizam-se em uma região denominada semiárida que é caracterizada pelo regime pluviométrico marcado por extrema irregularidade de chuvas o que pode agravar a vulnerabilidade nessa região.

Percebeu-se que as microrregiões de Pau dos Ferros, Seridó Oriental e Umarizal apresentaram-se como as mais críticas em termos de vulnerabilidade corroboradas pelas análises de cluster e pelos respectivos escores. Outro fato importante é a microrregião do Seridó Ocidental que, apesar de ter apresentado um alto de risco à seca e alta susceptibilidade, em 2010, obteve uma leve melhoria na capacidade de reagir as consequências da seca.

A respeito da capacidade adaptativa, verificou-se que, em 2000, Angicos, Agreste Potiguar, Baixa Verde, Borborema, Chapada do Apodi, Médio Oeste, Serra de São Miguel, Umarizal, Seridó Ocidental e Oriental apresentaram os escores mais baixos do Estado. Esta situação durante a década apresentou maior fragilidade alastrando-se por várias microrregiões do Oeste ao Agreste Potiguar.

Como perspectiva futura de análise, estudos aplicando o IEVS na região semiárida do nordeste brasileiro faz-se de extrema necessidade com a finalidade de identificar as regiões que precisam de ação imediata de mitigação em consequência à seca.

Pode-se concluir com esse estudo que por meio da análise do IEVS foi possível identificar as regiões que são impactadas pela seca e com isso prever quando as condições ambientais, especificamente as climatológicas são favoráveis à ocorrência de doenças, alertando a população ao combate na proliferação de vetores, com informação de ações preventivas como vacinação e tratamentos à população em risco.



## V. REFERÊNCIAS

ALVES, H. P. F. et al. Vulnerabilidade socioambiental nos municípios do litoral paulista no contexto das mudanças climáticas. **Associação Brasileira de Estudos Populacionais**, 2010.

BARATA, M. M. L.; CONFALONIERI, U.E. Mapa de vulnerabilidade da população do estado do Rio de Janeiro aos Impactos das Mudanças climáticas nas áreas sociais, saúde e ambiente, 2011.

BARBIERI, A. F. Mudanças climáticas, mobilidade populacional e cenários de vulnerabilidade para o Brasil. **Rev. Inter. Mob. Hum.**, v.19, n. 36, p. 95-112. 2011.

BARBIERI, A.F.; CONFALONIERI, U.E. Estudo 48: mudanças climáticas, população e saúde. 2010.

BLOCH, D. Seca 98: retrato de uma calamidade anunciada. Recife.1998.

BRASIL, Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, Agência Nacional de Águas (ANA). A Questão da Água no Nordeste. Brasília, 2012.

CEDEPLAR; FIOCRUZ. Mudanças Climáticas, Migrações e Saúde: cenários para o Nordeste, 2000-2050. (Relatório de Pesquisa). Belo Horizonte: CEDEPLAR/FIOCRUZ, Julho de 2008. Disponível em: [http://www.cedeplar.ufmg.br/pesquisas/migracoes\\_saude/Cedeplar\\_Sumario\\_Executivo.pdf](http://www.cedeplar.ufmg.br/pesquisas/migracoes_saude/Cedeplar_Sumario_Executivo.pdf)

CONFALONIERI, et al., U.E.C. Mudanças Globais e Desenvolvimento: Importância para a Saúde. **Informe Epidemiológico do SUS**, v. 11, n. 3, p. 139-154, 2002.

CONFALONIERI, U. E. C.; MENNE, B. Human Health. (Edimpacts, adaptation and vulnerability. Cambridge University Press, Cambridge. **Climate change**. p. 391-432. 2007

CONFALONIERI, U. E. C. MARINHO, D. P., RODRIGUEZ, R. E. Public health vulnerability to climate change in Brazil. **Climate Research**. v. 40. n. 2-3, p. 175-186, 2009.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA (IPCC). Mudança do Clima 2007: A Base das Ciências Físicas. Contribuição do Grupo de Trabalho I ao Quarto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima Sumário para os Formuladores de Políticas (Tradução Senado Federal), Aprovado na 10a sessão do Grupo de Trabalho I do IPCC, Paris, 2007.

MARENGO, J. A. Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. MMA, Ministério do Meio Ambiente (MMA), Brasília, 2007.

NEVES, J. A. Análise Pluviométrica do Rio Grande do Norte – Período: 1963-2009 / Josemir, Natal, EMPARN, 2010.

NEVES, J. A. Um índice de susceptibilidade ao fenômeno da seca para o semiárido nordestino. 2010. Tese de Doutorado. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, UFPE, Recife.

NOBRE, Carlos A.; LAPOLA, David; SAMPAIO, Gilvan; SALAZAR, Luis F.; CARDOSO, Manoel; OYAMA, Marcos. O Relatório de Clima. São Paulo: INPE, 2007. Disponível em: [www.cptec.inpe.br/mudancas\\_climaticas](http://www.cptec.inpe.br/mudancas_climaticas).

SANTOS, E. ; MATOS, H.; ALVARENGA J.; SALES, M.C.L. A seca no nordeste no ano de 2012: relato sobre a estiagem na região e o exemplo de prática de convivência com o semiárido no distrito de Iguaçu/Canindé-CE.

SILVA, F.J.O. Análise da vulnerabilidade de Natal/RN frente as mudanças climáticas. Dissertação de mestrado. Natal. 2012

SOUZA, E., et al. Impactos das mudanças climáticas sobre o bem-estar relacionado à saúde no Brasil. v. 43, n. 1, p. 49-88, 2013.

TAVARES, A. Proteger a saúde das alterações climáticas na Região de Lisboa e Vale do Tejo. 2009.

VIANNA, J.N et al., O Papel das Oleaginosas em um Cenário de Mudanças Climáticas no Semiárido Brasileiro. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 5, n. 6, p. 1426-1445, 2013