

Ministério da Saúde

**FIOCRUZ**  
**Fundação Oswaldo Cruz**



Felipe de Carvalho Vommaro Marincola

**Mapa da vulnerabilidade da população às mudanças do clima, em municípios do  
Maranhão**

Rio de Janeiro

2018

Felipe de Carvalho Vommaro Marincola

**Mapa da vulnerabilidade da população às mudanças do clima, em municípios do  
Maranhão**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saúde Pública e Meio Ambiente, da Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, na Fundação Oswaldo Cruz, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de concentração: Gestão Ambiental e promoção da Saúde.

Orientador(a): Martha Macedo de Lima Barata

Rio de Janeiro

2018

Catálogo na fonte  
Fundação Oswaldo Cruz  
Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica em Saúde  
Biblioteca de Saúde Pública

M337m Marincola, Felipe de Carvalho Vommaro.  
Mapa da vulnerabilidade da população às mudanças do  
clima, em municípios do Maranhão / Felipe de Carvalho  
Vommaro Marincola. -- 2018.  
104 f. : il. color. ; mapas ; tab.

Orientadora: Martha Macedo de Lima Barata.  
Dissertação (mestrado) – Fundação Oswaldo Cruz, Escola  
Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro,  
2018.

1. Vulnerabilidade a Desastres. 2. Indicadores (Estatística).  
3. Mudança Climática. 4. Administração Pública. I. Título.

CDD – 22.ed. – 363.7098121

Felipe de Carvalho Vommaro Marincola

**Mapa da vulnerabilidade da população às mudanças do clima, em municípios do  
Maranhão**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saúde Pública e Meio Ambiente, da Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, na Fundação Oswaldo Cruz, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de concentração: Gestão Ambiental e promoção da Saúde.

Aprovada em 19/03/2018.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. José Antônio Sena do Nascimento – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Júlia Alves Menezes – IRR/Fiocruz

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Shênia Patrícia Corrêa Novo – ENSP/Fiocruz

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Martha Macedo de Lima Barata – ENSP/Fiocruz (Orientadora)

Rio de Janeiro

2018

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, em especial, meus pais Ana e Francesco, meus ídolos, pessoas maravilhosas que me deram todo o apoio para seguir durante o curso e estão sempre comigo para o que der e vier. Minha irmã Natália também, pelo amor e paciência de sempre, de conviver com um mestrando dentro de casa, em grande parte do curso.

A Paula, pela, motivação, encorajamento e puxões de orelha, para que eu seguisse em frente. Sua dedicação e companheirismo, foi fundamental para termos conseguido montar um lar muito harmonioso, visto que um casal de mestrandos convivendo juntos e perdendo vários finais de semana ensolarados frente ao computador, não é tarefa fácil. Mais uma vitória alcançada juntos.

Aos meus companheiros da Fiocruz e outros colaboradores do projeto MMA, grandes profissionais e pesquisadores com quem trabalhei e trabalho com um prazer imenso. Agradeço em especial a Diana Marinho, grande pesquisadora, parceira de tantos anos em todos os projetos que participei, de uma competência e um coração enorme.

Meus colegas e professores do curso de Saúde Pública e Meio Ambiente, onde eu aprendi muito e pude iniciar verdadeiramente minha carreira acadêmica.

Por fim, agradeço demais a minha orientadora, Martha Barata, que é mais do que orientadora e chefe, uma grande tutora da minha carreira acadêmica e profissional. Lhe devo por todo o sucesso que venho alcançando nos últimos seis anos, desde que entrei como estagiário de graduação, no IOC/Fiocruz. Obrigado pela confiança e o carinho de sempre!

## RESUMO

A vulnerabilidade da população à mudança do clima é o foco de análise do presente estudo, que busca medir, por meio de indicadores, que refletem aspectos ambientais, sociais, econômicos, demográficos e de saúde, o estado de risco individual ou grupo de indivíduos a sofrer danos com o advento da mudança do clima.

O objetivo deste estudo foi analisar a vulnerabilidade da população do Maranhão às mudanças do clima, por meio de um conjunto de indicadores e também analisar o comportamento espacial dos indicadores dentro do estado. Para tal, foi realizada a construção e descrição de cada uma das dimensões que compõem o Índice Municipal de Vulnerabilidade (IMV) à mudança do clima: Exposição (IE), Sensibilidade (IS), Capacidade Adaptativa (ICA), Cenários Climáticos (ICC 4.5 e ICC 8.5), bem como a apresentação dos resultados em um índice padronizado (IV) considerando as três dimensões iniciais, que retrata a vulnerabilidade presente. Tendo o IV, explorou-se sua análise através dos valores encontrados para cada município e o mapeamento dos resultados dos indicadores, para realizar a análise espacial dos mesmos. Como resultado, observou-se realidades distintas entre cada uma das dimensões de indicadores, como municípios que apresentaram sensíveis diferenças entre os valores de IE, em relação ao IS e ICA, ou mesmo, grupos de municípios que apresentaram diferentes realidades, dependendo da sua localização, mais vulneráveis ao IE e ICA no centro do estado, municípios mais populosos com alto IS e áreas mais vulneráveis aos cenários climáticos futuros para a mudança do clima, como no oeste do estado.

A análise e discussão dos resultados teve como meta, levantar a importância de se medir a vulnerabilidade sob os aspectos abordados, buscar entender os determinantes para cada situação e descrever a importância do estudo do ponto de vista da gestão pública, já que os indicadores construídos, têm a pretensão de se tornar uma ferramenta que auxilie a tomada de decisão dos gestores a nível local, para os municípios e o estado como um todo.

Palavras-chave: Vulnerabilidade da População; Indicadores; Mudança do Clima; Gestão Pública.

## ABSTRACT

The vulnerability of the population to climate change is the focus of this study, which seeks to measure, through indicators that reflect environmental, social, economic, demographic and health aspects, the individual risk state or group of individuals to suffer from the advent of climate change.

The objective of this study is to analyze the vulnerability of the population of Maranhão through a set of indicators and also to analyze the spatial behavior of indicators within the state. To do this, the construction and description of each of the dimensions that compose the Municipal Vulnerability Index (IMV) to climate change are performed: Exposure (IE), Sensitivity (IS), Adaptive Capacity (ICA), Climate Scenarios (ICC 4.5 and ICC 8.5), as well as the presentation of the results in a standardized (IV) index considering the three initial dimensions, which portrays the present vulnerability. Taking the IV, its analysis is explored through the values found for each municipality and the mapping of the results of the indicators, to perform the spatial analysis of the same. As a result, there are different realities between each of the dimensions of indicators, such as municipalities that presented significant differences between the SI values, in relation to IS and ICA, or even groups of municipalities that presented different realities depending on their location, more vulnerable to IE and ICA in the center of the state, more populous municipalities with high IS and areas more vulnerable to future climatic scenarios for climate change, such as in the west of the state.

The aim of the analysis and discussion of the results is to raise the importance of measuring vulnerability under the aspects addressed, to seek to understand the determinants for each situation and to describe the importance of the study from the point of view of public management, since the indicators constructed, has the pretension of becoming a tool that assists the decision-making of the managers at the local level, for the municipalities and the state as a whole.

**Keywords:** Vulnerability of the Population; Indicators; Climate Change; Public Administration.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa Político do Estado do Maranhão .....	25
Figura 2 – Rede de influência de centros urbanos no Estado do Maranhão.....	26
Figura 3 – Biomas do Estado do Maranhão .....	28
Figura 4 – Unidades climáticas no Estado do Maranhão .....	30
Figura 5 - Esquema metodológico para a construção do Índice Municipal de Vulnerabilidade (IMV).....	33
Figura 6 - Índice de exposição – IE.....	34
Figura 7 - Índice de Sensibilidade – IS .....	39
Figura 8 - Índice de Capacidade Adaptativa – ICA.....	42
Figura 9 - Cálculo do Índice de Vulnerabilidade (IV) .....	44
Figura 10 - Cálculo do Índice Municipal de Vulnerabilidade (IMV).....	48
Figura 11 - Mapa do Índice de Exposição (IE) .....	50
Figura 12 – Mapa do Índice de Sensibilidade (IS) .....	53
Figura 13 – Mapa do Índice de Capacidade Adaptativa (ICA) .....	56
Figura 14 – Mapa do Índice de Vulnerabilidade (IV) .....	58
Figura 15 – Mapas do ICC 4.5 e 8.5.....	62
Figura 16 – Mapas das Anomalias de TMax e Precp. Total – RCP 4.5 e 8.5 .....	64
Figura 17 – Mapas dos cenários 4.5 e 8.5 para o IMV .....	65
Figura 18 – Concentração dos Maiores e menores Índices de Vulnerabilidade (IV) por municípios .....	68
Figura 19 –Distribuição da vulnerabilidade por dimensões, no município de Santa Luzia .....	69
Figura 20 –Distribuição da Sensibilidade pelos seus subíndices, no município de Santa Luzia .....	70
Figura 21 –Distribuição subíndice de pobreza, pelos seus indicadores básicos, no município de Santa Luzia .....	71
Figura 22 – Gráfico Radar do IV de Loreto .....	72
Figura 23 – Gráfico Radar do ICA de Loreto.....	72
Figura 24 – Gráfico Radar do IAdap de Loreto.....	73
Figura 25 – Maiores e menores IE por municípios .....	74
Figura 26 – ICV por municípios.....	76
Figura 27 – Concentração do Índice de Sensibilidade (IS) .....	77
Figura 28 – Comparação entre o IDAC e municípios centrais do Maranhão.....	79
Figura 29 – Gráfico Radar do Índice de Sensibilidade (IS) de Belágua.....	80
Figura 30 – Gráfico Radar do Índice de Sensibilidade (IS) de Senador Alexandre Costa.....	81
Figura 31 – Gráfico Radar do ISS de Senador Alexandre Costa.....	82
Figura 32 – Gráfico Radar do Índice de Capacidade Adaptativa (ICA) de Marajá do Sena....	84

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Índice de Cobertura Vegetal e Exposição Costeira – ICVEC.....	36
Quadro 2 - Índice de Desastres Naturais de Origem Meteorológica – Suscetibilidades e Ocorrências - IDN .....	38
Quadro 3 - Cálculo de Padronização do IE – (IEp).....	38
Quadro 4 - Índice de Doenças Associadas ao Clima (IDAC) .....	40
Quadro 5 - Cálculo de Padronização do IS – (ISp) .....	41
Quadro 6 - Metodologia de cálculo dos componentes do Índice de Capacidade Adaptativa ..	42
Quadro 7 - Cálculo do Índice de Capacidade Adaptativa (ICAp).....	44

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1–Municípios e resultados mais relevantes (IE).....	51
Tabela 2 - Municípios e resultados mais relevantes (IS).....	55
Tabela 3 - Municípios e resultados mais relevantes (ICA) .....	57
Tabela 4 - Municípios e resultados mais relevantes (IV) .....	59
Tabela 5 - Municípios e resultados mais relevantes (ICC 4.5 e 8.5).....	62
Tabela 6 - Maiores e Menores IMV por cenários 4.5 e 8.5.....	66
Tabela 7 - Componentes do Índice de Sensibilidade (IS) ranqueados pelo IDAC.....	83
Tabela 8 – Tabela com os maiores e menores Índices de Capacidade Adaptativa (ICA).....	85

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

- CDD - Número Máximo de Dias Secos Consecutivos no Ano
- CDD>20 - Número Anual de Período de vinte dias ou mais consecutivos sem chuva
- CEMADEN - Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
- FIOCRUZ - Fundação Oswaldo Cruz
- GEE - Gases de Efeito Estufa
- GT Adaptação - Grupo de Trabalho sobre Adaptação
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- ICA - Índice de Capacidade Adaptativa
- ICAp - Índice de Capacidade Adaptativa padronizado
- ICC4.5 - Índice de Cenário Climático para o RCP 4.5
- ICC4.5p - Índice de Cenário Climático para o RCP 4.5 padronizado
- ICC8.5 - Índice de Cenário Climático para o RCP 8.5
- ICC8.5p - Índice de Cenário Climático para o RCP 8.5 padronizado
- IDNp - Ocorrência de eventos extremos de origem meteorológica padronizado
- IECSO - Índice de Extremos Climáticos Suscetibilidade e Ocorrências
- IECSOp - Índice de Extremos Climáticos Suscetibilidade e Ocorrências padronizado
- IEP - Índice de Exposição Presente
- IEPp - Índice de Exposição Presente padronizado
- IFDM - Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal
- IFDMA - Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal Adaptado
- IFDMAp - Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal Adaptado padronizado
- IISIEA - Índice de Instituições, Serviços e Infraestruturas específicos para adaptação
- IISIEAp - Índice de Instituições, Serviços e Infraestruturas específicos para adaptação padronizado
- IMV - Índice Municipal de Vulnerabilidade
- IMV 4.5 - Índice Municipal de Vulnerabilidade Humana à Mudança do Clima para o Cenário Climático 4.5
- IMV 8.5 - Índice Municipal de Vulnerabilidade Humana à Mudança do Clima para o Cenário Climático 8.5
- IOSP - Índice de Organização Sócio política

IOSPp - Índice de Organização Sócio política padronizado  
IPCC - Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas  
IPH- Índice de Pobreza Humana  
IPo - Índice de Pobreza  
IPop - Índice de Pobreza padronizado  
IS - Índice de Sensibilidade  
ISD - vulnerabilidade sócio demográfica presente  
ISDF - vulnerabilidade sócio demográfica futura  
ISDFp - vulnerabilidade sócio demográfica futura padronizada  
ISDp - vulnerabilidade sócio demográfica presente padronizada  
ISp - Índice de Sensibilidade padronizado  
IVG - Índice de Vulnerabilidade Geral  
IVGp - Índice de Vulnerabilidade Geral padronizado  
IVS - Índice de doenças associadas ao clima  
IVSD - Índice de Vulnerabilidade Sócio Demográfica  
IVSDp - Índice de Vulnerabilidade Sócio Demográfica padronizado  
IVSp - Índice de doenças associadas ao clima padronizado  
LEZ – Zonas de Baixa Elevação (*lower elevation zones*)  
LTA - Leishmaniose Tegumentar Americana  
LV – Leishmaniose Visceral  
MCTI - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação  
MIT - Massachusetts Institute of Technology  
MMA - Ministério do Meio Ambiente  
ONU - Organização das Nações Unidas  
PNA – Plano Nacional de Adaptação  
PNMC - Política Nacional sobre Mudança do Clima  
PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento  
PNUMA - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente  
PRCPTOT - Precipitação Anual Total  
R95p - Precipitação Anual Total dos dias em que PRCP>95  
RCP - Representative Concentration Pathways  
RX5day - Máxima Precipitação Anual em 5 dias consecutivos  
SEMA - Secretaria Especial de Meio Ambiente  
SINAN - Sistema de Informação de Agravos de Notificação

SISNAMA - Sistema Nacional do Meio Ambiente

SUS – Sistema Único de Saúde

TMAXmean - Temperatura máxima média

TMINmean - Temperatura mínima média

UNFCCC - Convenção do Quadro das Nações Unidas para Mudanças do Clima

WCRP - Programa de pesquisa Climática Mundial

WMO - Organização Meteorológica Mundial

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1. JUSTIFICATIVA.....	18
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>19</b>
2.1. CONCEITO DE VULNERABILIDADE .....	19
2.2. MUDANÇA CLIMÁTICA.....	21
2.3. ESTUDOS DE INDICADORES .....	22
2.4. O ESTADO DO MARANHÃO.....	23
2.4.1. <i>Vegetação</i> .....	27
2.4.2. <i>Clima</i> .....	29
<b>3. OBJETIVO .....</b>	<b>31</b>
3.1. OBJETIVO GERAL .....	31
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	31
<b>4. METODOLOGIA.....</b>	<b>32</b>
4.1. ÍNDICE DE EXPOSIÇÃO .....	34
4.1.1. <i>Índice de cobertura vegetal e exposição costeira</i> .....	35
<i>Índice de Cobertura Vegetal Nativa</i> .....	35
<i>Índice de Exposição Costeira</i> .....	35
4.1.2. <i>Índice de desastres naturais de origem meteorológica: susceptibilidade e ocorrências</i> .....	36
Índice de Exposição Padronizado (IEp):.....	38
4.2. ÍNDICE DE SENSIBILIDADE.....	39
4.2.1. <i>Índice de doenças associadas ao clima (IDAC)</i> .....	39
4.2.2. <i>Índice de pobreza (IPO)</i> .....	40
4.2.3. <i>Índice de sensibilidade sociodemográfica (ISS)</i> .....	40
4.3. ÍNDICE DE CAPACIDADE ADAPTATIVA .....	41
Índice de Capacidade Adaptativa padronizado (ICAp):.....	43
4.4. ÍNDICE DE VULNERABILIDADE.....	44
4.5. ÍNDICE DE CENÁRIOS CLIMÁTICOS .....	45
4.6. ÍNDICE MUNICIPAL DE VULNERABILIDADE.....	46
<b>5. RESULTADOS .....</b>	<b>49</b>
5.1. ÍNDICE DE EXPOSIÇÃO .....	49
5.2. ÍNDICE DE SENSIBILIDADE.....	52
5.3. ÍNDICE DE CAPACIDADE ADAPTATIVA .....	55
5.4. ÍNDICE DE VULNERABILIDADE.....	58
5.5. ÍNDICE DE CENÁRIOS CLIMÁTICOS 4.5 E 8.5 .....	61
5.6. ÍNDICE MUNICIPAL DE VULNERABILIDADE.....	65
<b>6. DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS INDICADORES .....</b>	<b>67</b>

6.1. ÍNDICE DE VULNERABILIDADE E A ANÁLISE DOS DETERMINANTES .....	67
6.2. ÍNDICE DE EXPOSIÇÃO E A ANÁLISE DOS DETERMINANTES .....	73
6.3. ÍNDICE DE SENSIBILIDADE E A ANÁLISE DOS DETERMINANTES .....	77
6.4. ÍNDICE DE CAPACIDADE ADAPTATIVA E A ANÁLISE DOS DETERMINANTES .....	83
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>87</b>
<b>8. CONCLUSÃO.....</b>	<b>90</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS: .....</b>	<b>91</b>
<b>APÊNDICE .....</b>	<b>96</b>

## 1. INTRODUÇÃO

As ações humanas, especialmente em um recorte pós revolução industrial, marco que impulsionou o processo histórico até os dias atuais, desenharam através de um novo modelo de crescimento e desenvolvimento econômico, modificações radicais jamais vistas na história do homem. Desde então, o planeta vem sofrendo, com diversas intervenções antrópicas e que aos poucos, além de aspectos como mudanças drásticas na paisagem natural e no modo de vida nos últimos séculos, vem mostrando consequências severas para o futuro da humanidade, especialmente, quando se reflete sobre o fenômeno da mudança do clima e a escassez de recursos naturais observadas nesse período. As mudanças vêm se intensificando nos últimos anos, e põem em risco a população global, que aponta para a continuidade desse processo histórico, com a manutenção do modelo de desenvolvimento adotado e seus padrões crescentes de consumo.

O advento das mudanças climáticas, definidas pelo caráter antrópico, é um problema iminente e alvo de uma série de discussões no âmbito científico, que objetivam criar alternativas ao desenvolvimento sustentável e o controle de emissões de gases de efeito estufa. Hoje, a maioria dos especialistas crê na magnitude das ações antrópicas para as mudanças observadas no clima global, embora, essa discussão ainda não seja uma unanimidade na comunidade científica.

As primeiras iniciativas para se estudar o clima global, surgiram na década de 1970, a partir da Organização Meteorológica Mundial (WMO) juntamente com o Conselho Internacional para as Ciências (ICSU), baseando-se em três linhas: a previsão do tempo em longo prazo, as variações anuais ocorridas no clima, sensibilidade e tendências do clima. Desde então foram criados vários programas observacionais, como o Programa de Pesquisa Atmosférica Global (GARP), que contou com esforços para melhoria de modelagem de processos climáticos e o Programa de Pesquisa Climática Mundial (WCRP), que tem entre seus grandes projetos a variabilidade e previsibilidade climática (BARRY, CHORLEY, 2013).

Nesse período, paralelo às discussões sobre mudanças do clima, ambientalistas discutiam as mudanças na paisagem observadas durante o século XX, especialmente pelo rápido processo de urbanização e mudanças nos padrões de consumo dessa nova sociedade, demandando um concomitante crescimento das atividades industriais e conseqüentemente, maior pressão nos recursos naturais. Já na década de 1960, o Clube de Roma, uma organização que tinha como objetivo, reunir cientistas para repensar o sistema global e encorajar novas atitudes, entre as quais o combate à degradação ambiental a partir da ótica industrial dominante, já

que os seus integrantes eram, em grande parte, importantes líderes empresariais (OLIVEIRA, 2013). Posteriormente, obtiveram uma grande visibilidade através da elaboração do documento “*Limites do Crescimento*”, encomendado a pesquisadores do Massachusetts Institute of Technology (MIT), que acabou por colocar a questão ambiental na agenda política mundial.

No mesmo ano, o documento serviu como âncora para a Primeira grande Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente que ocorreu em 1972 na cidade de Estocolmo, e teve entre os países participantes o Brasil (SANTOS, 2016). Apesar do sucesso do encontro, como um marco para as discussões ambientais em âmbito global, não foi possível criar neste estudo uma ideia-força capaz de aproximar os interesses dos diferentes conjuntos de países, de servir de motor para os acordos da Conferência de Estocolmo, o que explica os desencontros desta conferência marcada pela divergência entre países desenvolvidos e em desenvolvimento – os desenvolvidos, em sua maioria, propuseram o “crescimento zero”, enquanto os países em desenvolvimento, apostavam no “desenvolvimento a qualquer custo” (OLIVEIRA, 2013).

Em seguida, no âmbito nacional, foi criada a Secretaria Especial de Meio Ambiente (SEMA), vinculada ao Ministério do Interior, com o intuito de se trabalhar assuntos relacionados a legislação ambiental e aos acordos internacionais em questão. Oito anos após, foi criado o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), a partir da Lei Federal 6.938, sendo este um órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), o último, responsável pela proteção e melhoria da qualidade ambiental. Além disso, a partir desta legislação é elaborada a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), instituída em 1981 (DE SOUZA, 2008 apud SANTOS 2016; BRASIL, 2015).

Na década de 1980, as discussões acerca do tema se intensificaram, e a comunidade científica, junto de lideranças políticas seguiram evoluindo as discussões à luz da necessidade de se pensar nas questões ambientais associadas às mudanças do clima, como política pública de Estado. O Relatório Brundtland, de 1987, foi produzido pela Comissão Mundial Sobre o Meio Ambiente, criada anteriormente, em 1983, com o objetivo de promover audiências em todo o mundo e gerar um resultado formal das discussões. Oficialmente intitulado “Nosso Futuro Comum”, o relatório buscou adequação entre economia e ecologia, através da combinação entre a ideia do desenvolvimento sustentável e o neoliberalismo econômico enquanto proposta hegemônica na nova ordem (OLIVEIRA, 2013). O documento enfatizou problemas ambientais, como o aquecimento global e a destruição da camada de ozônio, já apresentando

uma lista de ações a serem tomadas pelos estados e também definindo metas a serem realizadas no âmbito internacional.

No mesmo período, no Brasil, a Constituição Federal legisla sobre a temática do meio ambiente no Capítulo VI, Art. 225, “impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defender e preservar o meio ambiente para as presentes e futuras gerações” (BRASIL, 2011). Em 1989, é criado o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA), sendo o executor da PNMA, instituída ainda em 1981.

Ainda na década de 1980, entidades internacionais criadas para discutir as mudanças climáticas, como o Painel Intergovernamental de Mudanças Climática (IPCC), publicam importantes relatórios como o First Assessment Report (1990) que serviu de referência para as principais discussões acerca das emissões de gases de efeito estufa e suas consequências para o planeta, na ECO-92, realizada no Rio de Janeiro. Passados vinte anos da primeira conferência em 1972, a ECO-92 discutiu questões relacionadas ao desenvolvimento sustentável e crescimento econômico, dando origem à Agenda 21 (um plano de ações voluntários que abordava Dimensões Sociais e Econômicas, de Conservação e Gestão de Recursos para o Desenvolvimento) (SANTOS 2016 apud HENRIQUES, 2009).

Nesse sentido, a adoção da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, assinada em 1992 e em vigor desde 1994, representou um primeiro esforço no sentido de limitar a emissão dos gases de efeito estufa, estabelecendo em seu objetivo:

“Estabilização das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera num nível que impeça uma interferência antrópica perigosa no sistema do clima. Esse nível deverá ser alcançado num prazo suficiente que permita aos ecossistemas adaptarem-se naturalmente à mudança do clima, que assegure que a produção de alimentos não seja ameaçada e que permita ao desenvolvimento econômico prosseguir de maneira sustentável”. (SANTOS, 2016)

Seguindo adiante, no contexto das Convenções-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, em 1997 foi assinado por 192 países, o Protocolo de Kyoto (Terceira Conferência das Partes – COP III), que estabeleceu como compromisso para os países industrializados a redução de 5% das emissões antrópicas de gases de efeito estufa para um primeiro período de 2008 a 2012 em relação aos níveis de 1990. Cabe ressaltar que no momento, apesar do grande avanço científico e organização política internacional sobre o tema, os EUA ainda se

recusam a assinar o protocolo, priorizando o crescimento econômico em detrimento da redução de emissões.

Nos anos 2000, em paralelo com os encontros internacionais, o IPCC produziu o terceiro e o quarto “Assessment Report”, relatórios, respectivamente em 2001 e 2007, de suma importância na discussão do papel antropogênico na mudança do clima. O último relatório, publicado em 2014, traz afirmações de aumento da temperatura média em 0,89°C na superfície terrestre, aumento da precipitação nas latitudes médias e hemisfério norte a partir de 1950, assim como maior registro de noites e dias quentes (SANTOS, 2016). Ressalta-se que as questões relacionadas às mudanças climáticas vão além da ocorrência de eventos extremos englobando também as alterações na variabilidade natural do clima, como o aumento na temperatura média da atmosfera

No contexto nacional, houve avanços, com destaque para a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), instituída pela Lei nº 12.187, de 2009, que oficializou o acordo voluntário do Brasil em reduzir a emissão de GEE, entre 36,1% e 38,9% das emissões projetadas até 2020.

Em 2012, o país sediou no Rio de Janeiro, a Rio+20, contribuindo para a agenda do desenvolvimento sustentável para as próximas décadas, e teve como temas principais a economia verde no contexto do desenvolvimento sustentável e da erradicação da pobreza; a estrutura institucional para o desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2012).

Em 22 de abril de 2016, 175 chefes de estado se reuniram na Sede das Nações Unidas na cidade de Nova York para ratificar e assinar acordo para controlar e melhor gerir os efeitos globais, regionais e locais da mudança do clima, que fora celebrado em Paris em 11 de dezembro de 2015. Este acordo representou um avanço nas negociações globais e poderá trazer consequências positivas para o controle do aquecimento global, pois, pela primeira vez, após mais de 20 anos de negociações, praticamente todos os países do mundo assumiram o compromisso, juridicamente vinculante, de reduzir emissões de gases contribuintes para o efeito estufa (GEE) com o objetivo de manter o aquecimento global médio abaixo de 2°C, neste século.

Em 2016 foi promulgado o Plano Nacional de Adaptação (PNA), fruto de debates e estudos entre membros do governo federal e dos estados, setor privado e sociedade (MMA, 2016). Este plano objetiva reduzir a vulnerabilidade brasileira perante às mudanças do clima além de incentivar ações voltadas a gestão de risco. Para tanto, é elaborado com uma visão multidisciplinar integrando conhecimentos das áreas de agricultura, recursos hídricos, segu-

rança alimentar e nutricional, biodiversidade, cidades, gestão de risco aos desastres, indústria e mineração, infraestrutura, povos e populações vulneráveis, saúde e zonas costeiras (BRASIL, 2008).

Em resposta à PNMC e ao PNA mais recentes, estudos e ações relacionadas à adaptação vêm sendo intensificados, em virtude principalmente dos impactos causados pela mudança do clima e da ampliação de estudos sobre a temática. Assim, com o intuito de constituir medidas governamentais de adaptação às mudanças do clima foi criado o GT Adaptação, coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) e pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) (BRASIL, 2008).

Como projeto subsidiado pelo Plano Nacional de Adaptação, o estudo “Construção de Indicadores para Avaliação Municipal da Vulnerabilidade Humana à Mudança do Clima no Brasil” em parceria com equipe de pesquisadores da Fiocruz, iniciou um trabalho em 2014, na identificação de populações e territórios vulneráveis à mudança do clima no Brasil, através do desenvolvimento de um modelo conceitual e de uma ferramenta de avaliação da vulnerabilidade composta por um sistema de indicadores socioambientais, tendo como unidade de análise os municípios brasileiros (CONFALONIERI *et al*, 2016). Tais indicadores servem tanto para avaliar a vulnerabilidade da população dos municípios às mudanças do clima, quanto para identificar e localizar espacialmente as vulnerabilidades específicas presentes em diferentes estados, adicionalmente, possibilitando a comparação entre os municípios, servindo como um instrumento de gestão pública no âmbito dos estados.

O projeto conta com parcerias para desenvolver o estudo em seis estados: Espírito Santo, Paraná, Pernambuco, Maranhão, Amazonas e Mato Grosso do Sul. O presente estudo foca toda a abordagem metodológica e resultados do estado do Maranhão, estado da Região Nordeste de relevância total no estudo, seja pela sua condição física, estando em três dos principais biomas brasileiros (Caatinga, Cerrado e Amazônia) e pela característica de vulnerabilidade social de sua população, conhecido como um dos estados cuja população está entre as de menor índice de desenvolvimento humano municipal (26º lugar de 27 estados) mais baixos do país (PNUD, 2015).

Segundo estudo do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID, 2015) sobre mudança do clima, algumas regiões do Brasil, em especial no semiárido foram abordadas no quarto relatório de avaliação do IPCC, como áreas a serem especialmente vulneráveis aos impactos da mudança global do clima nos recursos hídricos, com diminuição da oferta de

água. Este cenário é ainda mais relevante se considerar o aumento esperado na demanda por água em razão do crescimento populacional.

Para o Brasil, em especial a região do estudo, diversos impactos são esperados, como a extinção e redução na biodiversidade e densidade da vegetação nos biomas da Amazônia e Cerrado, desertificação em zonas da Caatinga, bem como a salinização dos solos da região em decorrência da mudança global do clima, reduzindo o uso do solo para agricultura, o que pode inclusive prejudicar o abastecimento da população, com a possibilidade de enfrentar escassez de água (IPCC 2007).

Em suma, o presente estudo busca construir um índice de vulnerabilidade, que permite medir a partir de aspectos socioambientais e de saúde, o grau de vulnerabilidade da população dos municípios do estado do Maranhão, frente às mudanças do clima, e adicionalmente, como essas mudanças podem influenciar no grau de vulnerabilidade em um cenário futuro, permitindo a utilização do índice, como ferramenta de gestão pública em estratégias de adaptação. O estudo analisa os resultados dos índices e discute e conclui se é possível medir a vulnerabilidade e ser relevante como ferramenta de gestão pública para auxiliar como adaptação à mudança do clima.

### 1.1. JUSTIFICATIVA

O estudo é parte da produção acadêmica estimulada, no âmbito do projeto “Construção de Indicadores de Vulnerabilidade da População como Insumo para a Elaboração das ações de Adaptação à Mudança do Clima no Brasil”. O estado do Maranhão foi um dos estados escolhidos pelo projeto.

Justifica-se a escolha do estado do Maranhão, pelas conhecidas condições de vulnerabilidade social e econômica, visto que as mudanças do clima afetam diretamente e com maior magnitude as populações mais pobres e com baixas condições de vida. Também possui destaque por ser o estado da Região Nordeste que está na zona de transição de importantes biomas brasileiros, como a Caatinga, o Cerrado e a Amazônia: o risco à biodiversidade e os recursos naturais estão em cheque, considerando as projeções dos modelos climáticos abordados.

Por fim, este estudo se insere em um programa de Saúde Pública e Meio Ambiente, subárea de Gestão Ambiental e Promoção da Saúde, abordando no estudo de indicadores, o estudo de doenças endêmicas relacionadas à mudança do clima, onde estima-se que esse quadro se agrave, de forma diferenciada entre as regiões. O estudo também aborda a capacidade de adaptação nas estruturas de saúde, como a qualidade da atenção básica e estratégias institu-

cionais que beneficiem a qualidade do atendimento à saúde pública, nos municípios estudados.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. CONCEITO DE VULNERABILIDADE

Estudos de vulnerabilidade às mudanças climáticas podem ser muito amplos, variados e multidimensionais. Metodologias de avaliação de vulnerabilidade, dão enfoque particularmente a vulnerabilidade das populações, referidas a territórios específicos onde se localizam. Esta definição exclui, portanto, a avaliação de vulnerabilidade dos setores econômicos específicos, devendo ser, em paralelo, desenvolvidos estudos de vulnerabilidade e adaptação destes setores sensíveis à mudança do clima.

A definição mais sintética de vulnerabilidade é “a propensão de sofrer danos” (IPCC, 2014). Outras definições são: características de pessoas ou grupos em termos de sua “capacidade de antecipar, resistir, manejar e recuperar-se dos impactos causados por desastres” (BLAIKE *et al*, 1994) e “a capacidade diferenciada de grupos ou indivíduos de manejar riscos, baseada em suas posições relativas nos mundos físico e social” (DOW, 1992).

De acordo com a Lei nº 12.187, Artigo 2º, inciso X, de 29/12/2009 da Política Nacional sobre Mudança do Clima, a vulnerabilidade é “grau de suscetibilidade e incapacidade de um sistema, em função de sua sensibilidade, capacidade de adaptação, e do caráter, magnitude e taxa de mudança e variação do clima a que está exposto, de lidar com os efeitos adversos da mudança do clima, entre os quais a variabilidade climática e os eventos extremos.”

A literatura apresenta muitos termos comuns nas abordagens teóricas sobre vulnerabilidade. A conceituação mais frequente, segundo ADGER (2006), é de que vulnerabilidade é constituída por exposição e sensibilidade a perturbações ou tensões externas, e pela capacidade de adaptar-se. Para o autor:

- **Exposição:** é a natureza e a intensidade do estresse ambiental (biofísico e climático) ou sócio-político experimentado por um sistema (população; território). As características desse estresse incluem a sua magnitude, frequência, duração e a abrangência da área do perigo.
- **Sensibilidade:** é a intensidade com a qual um sistema pode sofrer danos, ou ser afetado por perturbações, determinadas pelas susceptibilidades intrínsecas ao sistema.

- **Capacidade Adaptativa:** é a habilidade que um sistema tem de mudar (ou introduzir mudanças) para acomodar os estresses ambientais ou mudanças políticas, e manejar, da melhor forma possível, as suas consequências, expandindo a gama da variabilidade com a qual tem que lidar.

O conceito de vulnerabilidade abordado no estudo, associado ao grau de suscetibilidade e incapacidade dos sistemas de lidar com os efeitos oriundos das mudanças climáticas, incluindo aos eventos extremos, deve ser compreendida em função de três elementos chave: sensibilidade, capacidade adaptativa e exposição (SANTOS, 2016).

O grau de exposição de uma determinada população está relacionado à natureza e a intensidade de estresse ambiental (climático) sobre um território ou sistema humano. As características desse estresse incluem a sua magnitude, frequência, duração e abrangência espacial (CAMARINHA, DEBORTOLI e HIROTA, 2015). Características como localização costeira, relevo, vegetação, precipitação, tipos e declividades de solo são alguns fatores determinantes de um maior ou menor grau de exposição (SANTOS, 2016).

Com relação à sensibilidade, Camarinha, Debortoli e Hirota (2015), apontam sensibilidade como sendo “a intensidade com a qual um sistema pode sofrer danos, ou ser afetado por perturbações (no caso climáticas), levando em consideração suas características intrínsecas, representando como sistemas respondem no presente”. O grau de sensibilidade medidos por Índices, podem ser representados por dados como por exemplo, ausência de populações mais jovens, sem limitações físicas, com um nível socioeconômico mais elevado, sendo essas populações menos sensíveis à mudança do clima do que populações com aspectos opostos.

A Política Nacional sobre Mudança do Clima, através da Nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009, cita o conceito de adaptação como conjunto de “iniciativas e medidas para reduzir a vulnerabilidade dos sistemas naturais e humanos frente aos efeitos atuais e esperados da mudança do clima” (BRASIL, 2009).

A capacidade adaptativa está intimamente ligada à capacidade de reagir aos impactos das mudanças climáticas, uma vez que estes dependem do nível de adaptação. O impacto residual seria o verificado após a mudança climática considerando a capacidade de adaptação, enquanto o impacto potencial desconsidera este fator (NOBRE, 2008).

O conceito tem a lógica inversa para os parâmetros de vulnerabilidade, comparados as componentes sensibilidade e exposição, pois quanto mais alta a capacidade de adaptação de uma determinada população, menos vulnerável aos impactos as mudanças do clima, esta vai estar.

## 2.2. MUDANÇA CLIMÁTICA

O significado de mudança climática possui diversas abordagens na literatura científica, e é descrita em várias publicações ao longo do histórico das ciências ambientais. Para o IPCC, o termo mudança climática, refere-se a “qualquer mudança no clima ocorrida ao longo do tempo, devida à variabilidade natural ou decorrente da atividade humana”. Já para a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima à mudança do clima “se refere a uma mudança que seja atribuída direta ou indiretamente à atividade humana, alterando a composição da atmosfera global, e seja adicional à variabilidade natural do clima observada ao longo de períodos comparáveis de tempo” (IPCC, 2007).

O Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia por sua vez entende que ao falarmos de “mudança climática e em aquecimento global, estamos nos referindo ao incremento, além do nível normal, da capacidade da atmosfera em reter calor” (IPAM, 2009).

O termo, mudança climática abordada no estudo, principalmente por conta de seus determinantes se difere do termo variabilidade climática. No estudo de Confalonieri (2003), o termo Variabilidade Climática é entendido como uma propriedade intrínseca do sistema climático terrestre, responsável por oscilações naturais nos padrões climáticos, observados em nível local, regional e global. Esse conceito se difere quando há uma intervenção antrópica nesse processo, acarretando modificações no clima decorrentes da emissão em excesso de gases de efeito estufa, produzidas por atividades de ação antrópica. Para tal, a definição de mudança climática se difere, logo a variabilidade não deve ser confundida com a Mudança climática global, que é consequente ao aumento global de temperatura provocado por emissões antropogênicas de gases causadores do efeito estufa (CONFALONIERI, 2003).

As mudanças climáticas, seguramente associadas à essas atividades antrópicas, são representadas, entre várias formas, as emissões de gases de efeito estufa (GEE). As emissões de GEE estão associadas em grande parte das atividades econômicas e modo de vida da população global. O carbono é indispensável para a vida na Terra, faz parte da composição de todos organismos vivos e participa de vários fluxos que permitem a transferência do carbono entre os lugares, no entanto, ações humanas tem provocado desequilíbrios nesse fluxo (IPAM, 2009).

A partir da revolução industrial, a concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera apresentou crescimento de 30%, e a temperatura média global uma elevação de 0,3 a 0,6 °C no século XX. Este fato vem provocando aumento no nível do mar, derretimento das geleiras, alterações em eventos de precipitação, vento e na intensidade de ciclones tropicais, assim como de enchen-

tes e secas, extinção de espécies, impactos na saúde, alimentação, economia e deslocamentos de pessoas (ANDRADE, 2008).

### 2.3. ESTUDOS DE INDICADORES

A análise da vulnerabilidade climática deve abranger características que colocam as pessoas e lugares em risco, bem como fatores que aumentam ou diminuem a capacidade de resposta e recuperação frente aos eventos extremos. Para tanto, é necessária a integração de conhecimentos de diferentes áreas como: ciências sociais, saúde, geografia, meteorologia, entre outros. O conhecimento da realidade permite uma melhor visão das situações de risco e possibilita a tomada de decisões e formulação de políticas adequadas, a fim de aumentar a resiliência das populações e reduzir impactos (CUTTER, 2011).

Indicadores simples são construídos a partir de uma dimensão elegida e específica, enquanto indicadores compostos ou sintéticos são construídos a partir de um conjunto de informações, ou indicadores simples que abrangem várias dimensões (JANNUZZI, 2001).

O índice composto ou indicador composto, é constituído por vários indicadores que possuem função de “reduzir a complexidade”, permitem comparações entre as unidades analisadas, facilitam a compreensão da realidade, sendo construídas através de dados básicos e coleta sistemática (SAISANA e TARANTOLA, 2002; OCDE, 2008).

Os estudos sobre Vulnerabilidade às mudanças do Clima, em especial, encontraram na métrica dos indicadores, uma forma clara de dar magnitude e validade aos resultados das observações coletadas. Em termos de estudos no âmbito das mudanças climáticas, boa parte da produção científica validou em forma de mapas e índices, a informação gerada a partir de medições diversas sobre a mudança do clima.

No âmbito nacional, diversos estudos célebres no tema, se basearam na temática de indicadores, em especial nas duas primeiras décadas do século XXI.

Em 2005 foi publicado o estudo “Análise da vulnerabilidade da população brasileira aos impactos das mudanças climáticas” (CONFALONIERI *et al*, 2005), de caráter retrospectivo, o estudo utilizou dados socioeconômicos, epidemiológicos e climáticos, trabalhados na forma de índices que resultaram em um índice de vulnerabilidade geral para cada estado brasileiro. Vale ressaltar que, neste estudo, a variável climatológica foi avaliada a partir dos valores de precipitação passados. A região nordeste, de acordo com o índice, foi a mais vulnerável, a de menor vulnerabilidade foi a região sul. Dentre os estados da região sudeste o que apresentou menor vulnerabilidade foi o estado de Minas Gerais e o de maior vulnerabilidade o

estado do Espírito Santo (CONFALONIERI *et al*, 2005). A nível municipal, em 2011, foi desenvolvido o trabalho “Mapa da vulnerabilidade da população do Estado do Rio de Janeiro aos impactos das mudanças climáticas nas áreas social, saúde e ambiente”, a partir de índices de vulnerabilidade geral (composto por índice de vulnerabilidade de saúde, social e da família e ambiental) e o índice de cenários climáticos resultando em um índice de vulnerabilidade municipal para cada município do estado do Rio de Janeiro, utilizando portanto, uma metodologia retrospectiva e prospectiva (BARATA; CONFALONIERI *et al*,2011).

Chang (2012) ao fazer um estudo de mapeamento da vulnerabilidade a extremos climáticos no estado do Paraná, também utilizou indicadores para caracterizar os municípios, em relação a aspectos sociais, biofísicos, econômicos, ambientais, utilizando para compor seu índice final, além dos aspectos citados anteriormente, as projeções climáticas.

Em estudo realizado sobre a vulnerabilidade da região nordeste do Brasil (CONFALONIERI *et al*, 2013) a abordagem de indicadores foi mantida, porém, acrescida de cenários climáticos, econômicos e projeção de população, garantindo ao estudo um caráter tanto retrospectivo quanto prospectivo para diferentes dados.

De forma geral, considera-se que, sendo a vulnerabilidade um processo multidimensional, a avaliação de uma situação de vulnerabilidade ao clima requer a agregação de alguns componentes essenciais capazes de somados, darem uma indicação de dano potencial pela ação do clima, assim como da capacidade de adaptação do grupo social afetado. A métrica da vulnerabilidade deve, portanto, refletir os processos sociais, (a dinâmica, interação, as múltiplas tensões e escalas) bem como os resultados materiais dos sistemas. Assim sendo, a quantificação da vulnerabilidade depende de um conjunto de métricas.

Os Indicadores Compostos (ou Índices Sintéticos) são representações quantitativas que resumem, para um dado tema, o desempenho comparado de unidades de organização, servindo como pontos de partida para análises futuras. Eles fornecem uma imagem de contexto e reduzem a complexidade, apontando tendências ou fenômenos não diretamente detectáveis, sendo desenhados em função da relevância para políticas (SCHUSCHNY, 2010).

#### 2.4. O ESTADO DO MARANHÃO

O estado do Maranhão, está localizado na região Nordeste do país, fazendo limites com os estados do Piauí, Tocantins e Pará. É o oitavo maior estado brasileiro e o segundo maior do Nordeste em extensão territorial, com uma área superficial da ordem de 331.937,450

km<sup>2</sup> (IBGE, 2010). Sua capital, São Luís, é a principal cidade do estado, com 1.082.935 habitantes, segundo o Censo demográfico (IBGE, 2010). (Figura 1)

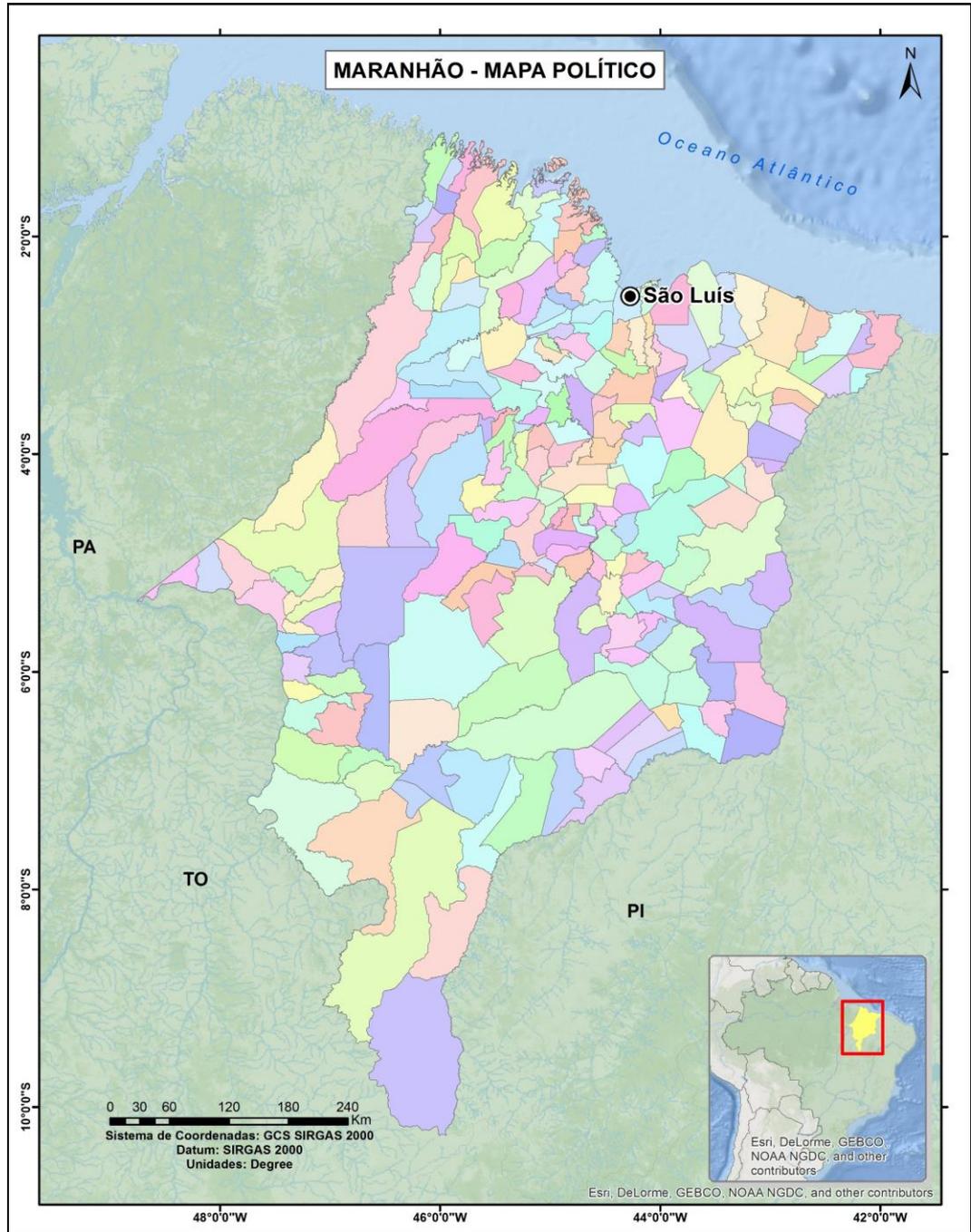
Entre os principais núcleos urbanos, além da capital São Luís, o estado possui 10 municípios com população acima de 100 mil habitantes e com níveis importantes de centralidade captados pelo estudo de Regiões de Influência das Cidades - REGIC (IBGE, 2007), ilustrados na figura 2. Imperatriz, a segunda maior cidade do estado, com, aproximadamente 250 mil habitantes, é considerada Capital Regional C. Outras cidades de destaque no estado, são Pinheiro, Santa Inês, Bacabal e Caxias, Centros Sub-Regionais A pelo REGIC (IBGE, 2007).

O censo demográfico de 2010 indicou uma população de 6.574.789 habitantes para o Estado do Maranhão, dos quais 4.149.093 habitantes (63,11%) residem na área urbana e 2.425.696 habitantes (36,89%), na área rural, sendo considerado o estado com a maior população rural do país. A população é composta por 3.261.514 homens (49,60%) e 3.313.274 mulheres (50,40%). O perfil populacional do estado é considerado jovem: 51,32% da população tem até 25 anos de idade e 74,12% tem até 40 anos. Este indicador sinaliza a necessidade de atenção especial à questão educacional e à geração de empregos em níveis compatíveis com a entrada desse contingente no mercado de trabalho.

A taxa média de crescimento anual para o estado foi estimada em 1,52%, e a densidade demográfica é de 19,81 hab./km<sup>2</sup>, considerada muito baixa para os padrões nordestinos. Em São Luís, a capital, a região metropolitana é composta pelos municípios de São Luís, São José de Ribamar, Paço do Lumiar e Raposa, possuindo população de 1.526.213 habitantes, além de possuir densidade demográfica de 1.215 hab./km<sup>2</sup>. Concentra pouco mais de 23% da população do estado, uma considerável concentração populacional no estado, que se aglomera na capital e municípios vizinhos em busca de melhores condições de vida (IBGE, 2010).

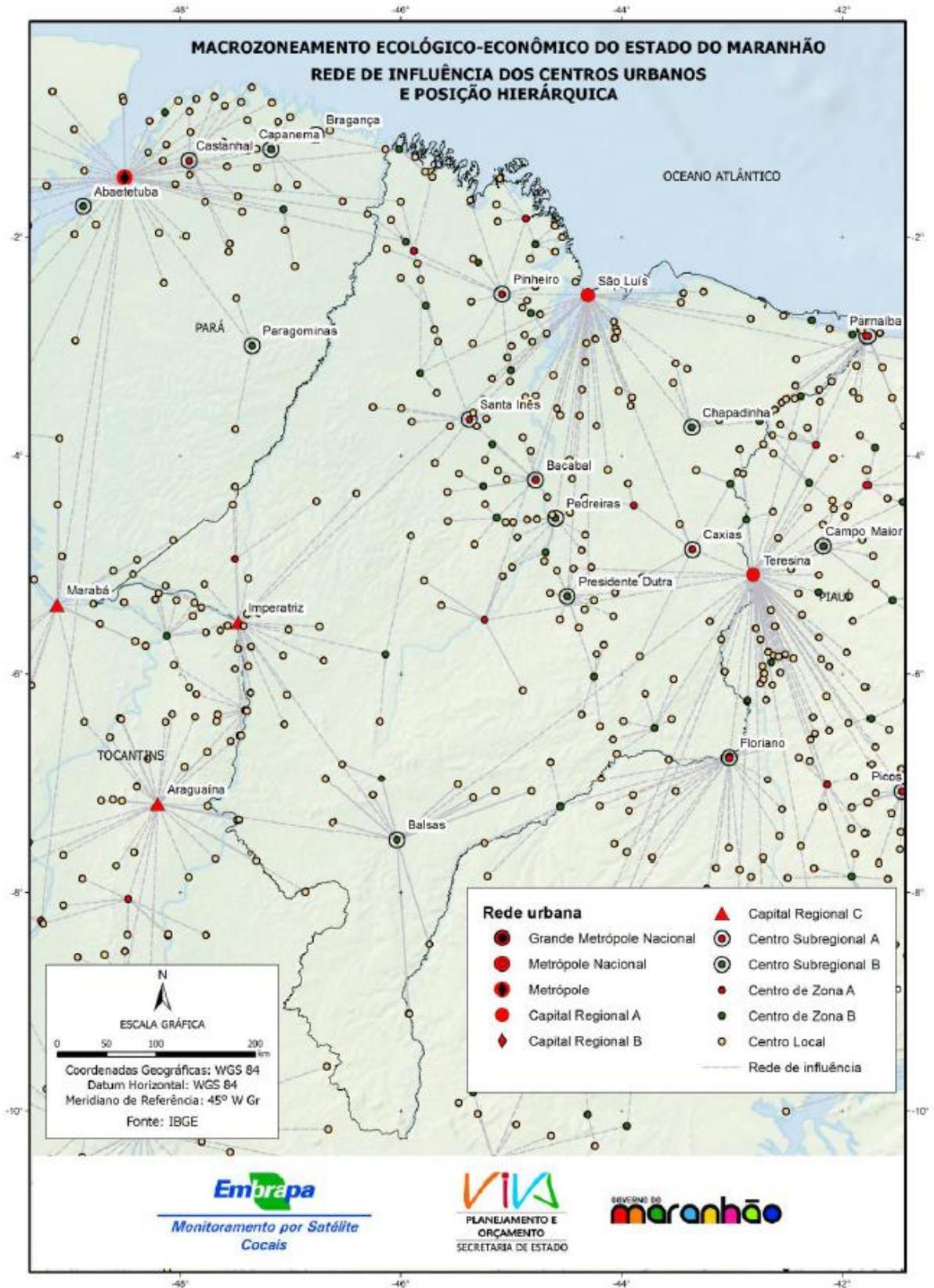
A capital São Luís possui uma destacada centralidade urbana dentro do estado, como mostra a Figura 2. De acordo com a metodologia do REGIC - Rede de Influência das Cidades (IBGE, 2007), a capital é considerada uma Capital Regional nível A, estando apenas um nível abaixo de cidades consideradas metrópoles. Há também outros municípios que se destacam na centralidade do estado, como Imperatriz (Capital Regional C); um grupo de quatro municípios: Pinheiro, Bacabal, Caxias e Santa Inês (Centros Regionais A) e outro grupo de quatro municípios: Pedreiras, Presidente Dutra, Chapadinha e Balsas (Centros Regionais B).

Figura 1 – Mapa Político do Estado do Maranhão



Fonte: Vommaro, 2017

Figura 2 – Rede de influência de centros urbanos no Estado do Maranhão



Fonte: Diagnóstico MacroZEE – MA, 2013

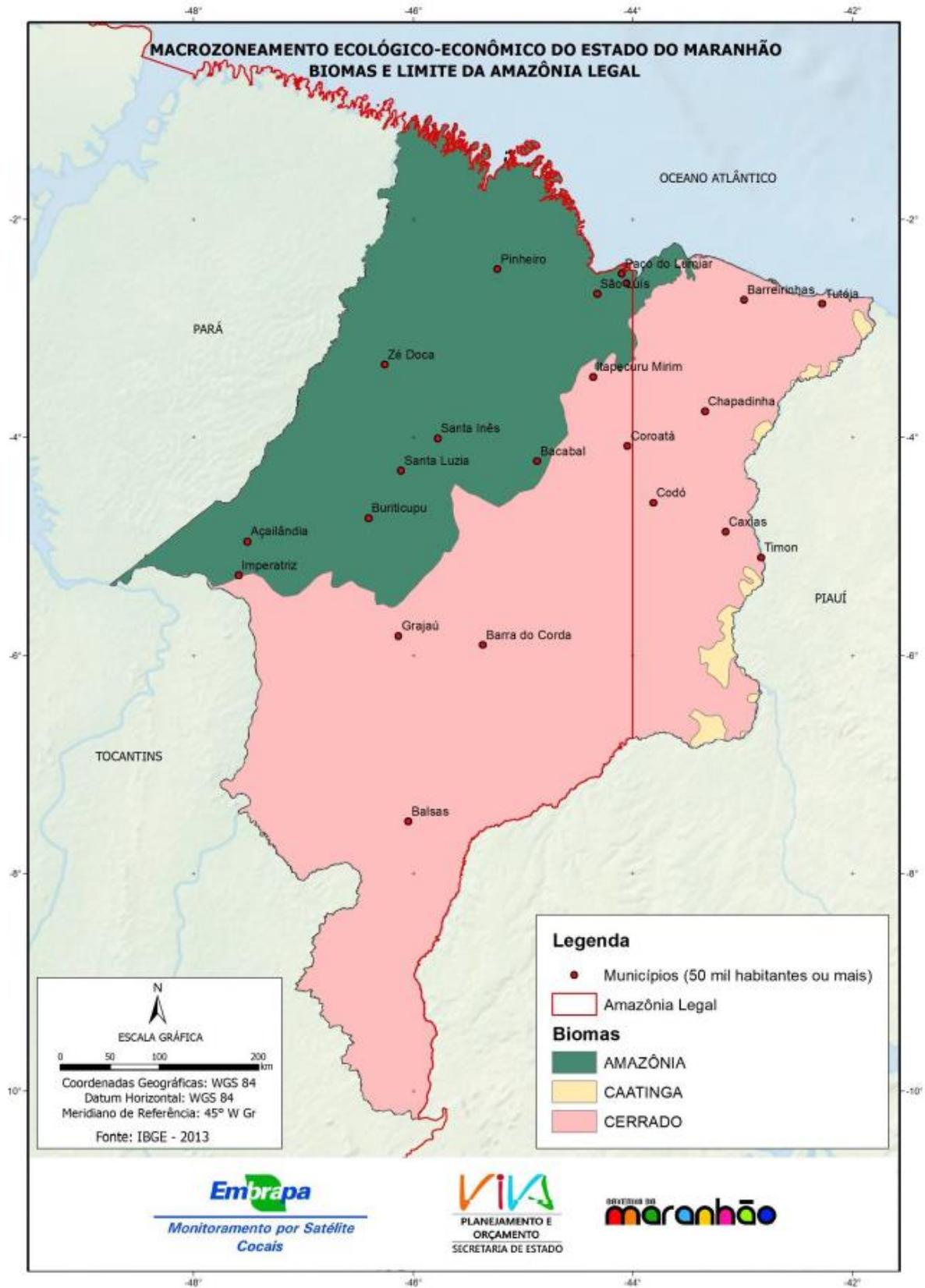
### *2.4.1. Vegetação*

O Estado do Maranhão é dividido entre os biomas Amazônia, Cerrado e Caatinga, o que lhe atribui grande diversidade ambiental. Em termos de extensão territorial, o Cerrado é o bioma mais expressivo, com cobertura de 64% da superfície estadual, seguido pela Amazônia, com 35%, enquanto a Caatinga recobre apenas 1%. A parte oriental do estado, a oeste do meridiano 44°W, integra a região da Amazônia Legal Brasileira (que engloba nove estados brasileiros, total ou parcialmente). Dentro dessa região encontra-se 79,58% do território maranhense (ilustrados na figura 3), correspondente a uma área de 264 mil km<sup>2</sup>, dos quais 34,29% são do Bioma Amazônia e 45,29%, do Cerrado (PPCDMA, 2011).

Segundo estimativas do Inpe provenientes do Programa de Cálculo do Desflorestamento da Amazônia (Prodes), 18% das florestas da Amazônia Legal foram removidas no Maranhão. Esse percentual concentra-se no Arco do Desflorestamento, área que se estende do oeste do Maranhão, passando por Tocantins, parte do Pará e do Mato Grosso, todo o Estado de Rondônia, o sul do Amazonas e chegando ao Acre (PPCDMA, 2011).

De acordo com o Novo Código Florestal (2012), todo imóvel rural deve manter área com cobertura de vegetação nativa, a título de reserva legal, nas proporções de 80% no caso do Bioma Amazônia, 35% no Bioma Cerrado e 20% para campos gerais. Os municípios que compõem o Arco do Desflorestamento, na Amazônia Legal, demonstram profundas alterações na paisagem natural. Áreas que eram de extensas florestas passaram a ser ocupadas por pastagens, agroindústrias, mineradores e madeireiras, o que gerou altas taxas de desmatamento e queimadas, expressivas perdas de biodiversidade, emissão de gases de efeito estufa e diminuição de territórios de populações tradicionais (MARANHÃO, 2012).

Figura 3 – Biomas do Estado do Maranhão



Fonte: Diagnóstico MacroZEE – MA, 2013

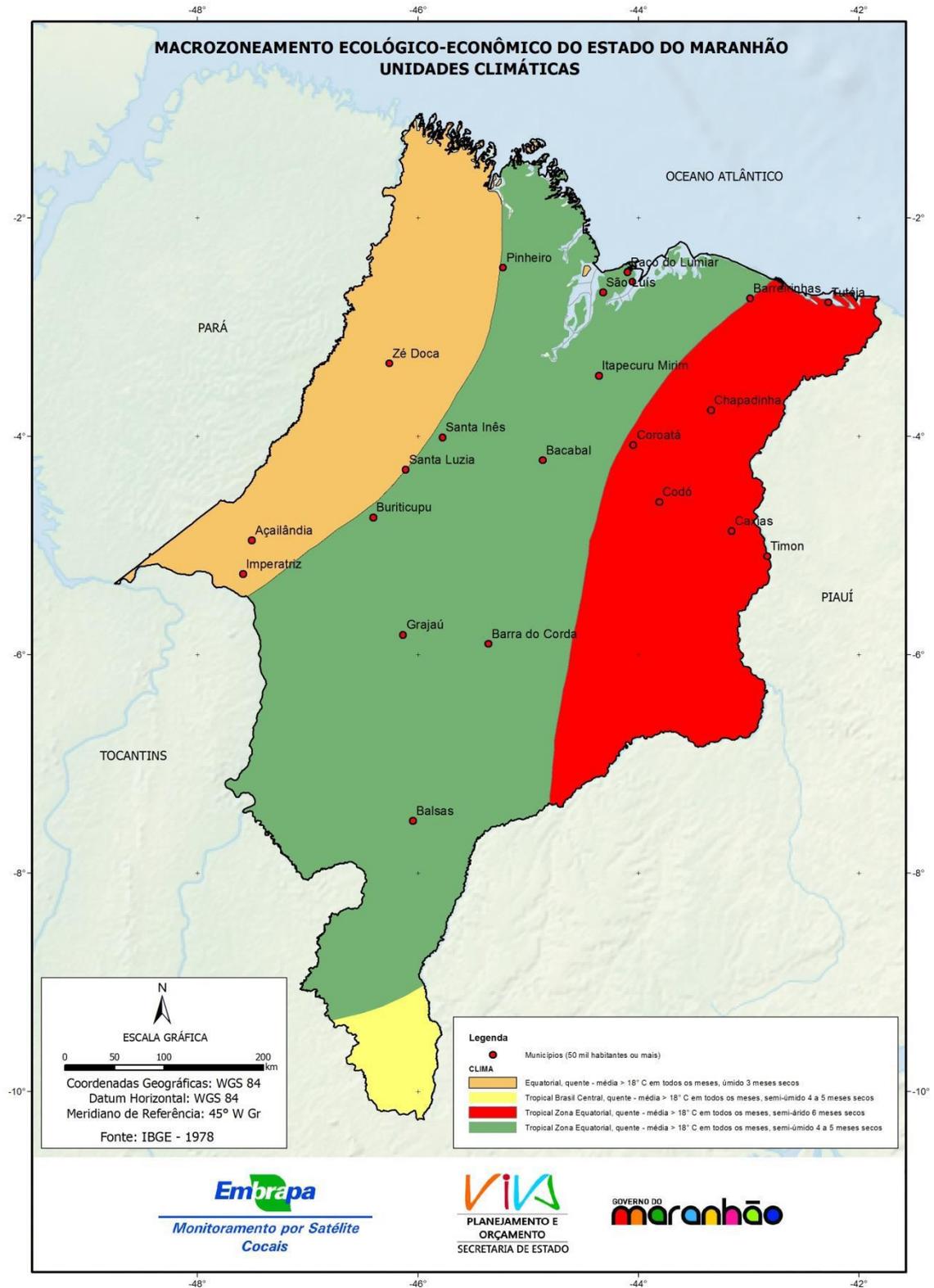
#### 2.4.2. *Clima*

O estado se encontra em transição entre a zona Tropic e Equatorial, como ilustra a figura 4. As condições climáticas no Maranhão são características de uma área de transição no sentido sudeste (SE) para noroeste (NW). Os movimentos de avanço e recuo das massas de ar predominantes no estado têm maior penetração pelas partes mais baixas e pelas bacias hidrográficas perpendiculares ao litoral, a mesma direção de penetração das chuvas duradouras do regime marítimo definido pela Massa Equatorial Atlântica Norte (mEn), proveniente do hemisfério Norte em janeiro e com retorno a partir de meados de março. A penetração das massas do regime marítimo é facilitada pela configuração do relevo (EMBRAPA, 1986).

As chuvas, acompanhadas de trovoadas anteriores às precipitações duradouras, são provocadas pelas massas de ar de origem continental, cuja influência é a partir do Oeste em direção ao Sul, sendo os meses chuvosos compreendidos entre dezembro a fevereiro, no verão.

A proximidade do Equador não permite uma variação sazonal sensível, com elevados valores médios mensais. A amplitude térmica anual se diferencia a partir da continentalidade, faz com que as amplitudes térmicas sejam maiores no interior e possam ser maiores que as amplitudes do litoral. Os valores médios de temperatura anual variam de 17,5 °C a 29,5 °C (ZEE-MA, 2013).

Figura 4 – Unidades climáticas no Estado do Maranhão



Fonte: Diagnóstico MacroZEE – MA, 2013

### **3. OBJETIVO**

#### **3.1. OBJETIVO GERAL**

O presente estudo tem por objetivo central, construir os indicadores municipais de vulnerabilidade da população do estado do Maranhão à mudança do clima, identificando o comportamento espacial no estado e os principais fatores socioambientais e de saúde, que contribuem para esta vulnerabilidade.

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Construir e dissertar sobre o processo de construção do Índice Municipal de Vulnerabilidade (IMV), bem como o uso dos dados secundários que compõem as variáveis necessárias para o cálculo de cada indicador;
- Apresentar a vulnerabilidade atual a partir do Índice de Vulnerabilidade (IV), no geral e especificamente para cada dimensão (exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa), discutindo os condicionantes socioambientais e de saúde para tais resultados;
- Analisar os resultados do Índice Municipal de Vulnerabilidade (IMV), considerando a influência dos cenários climáticos utilizados para projetar a vulnerabilidade dos municípios;
- Compreender a vulnerabilidade através do comportamento espacial do IV como uma leitura do panorama atual, bem como observar as condições de vulnerabilidade da população, discutindo seus determinantes e o papel do indicador como auxílio à tomada de decisão da gestão pública nas ações de adaptação à mudança do clima.

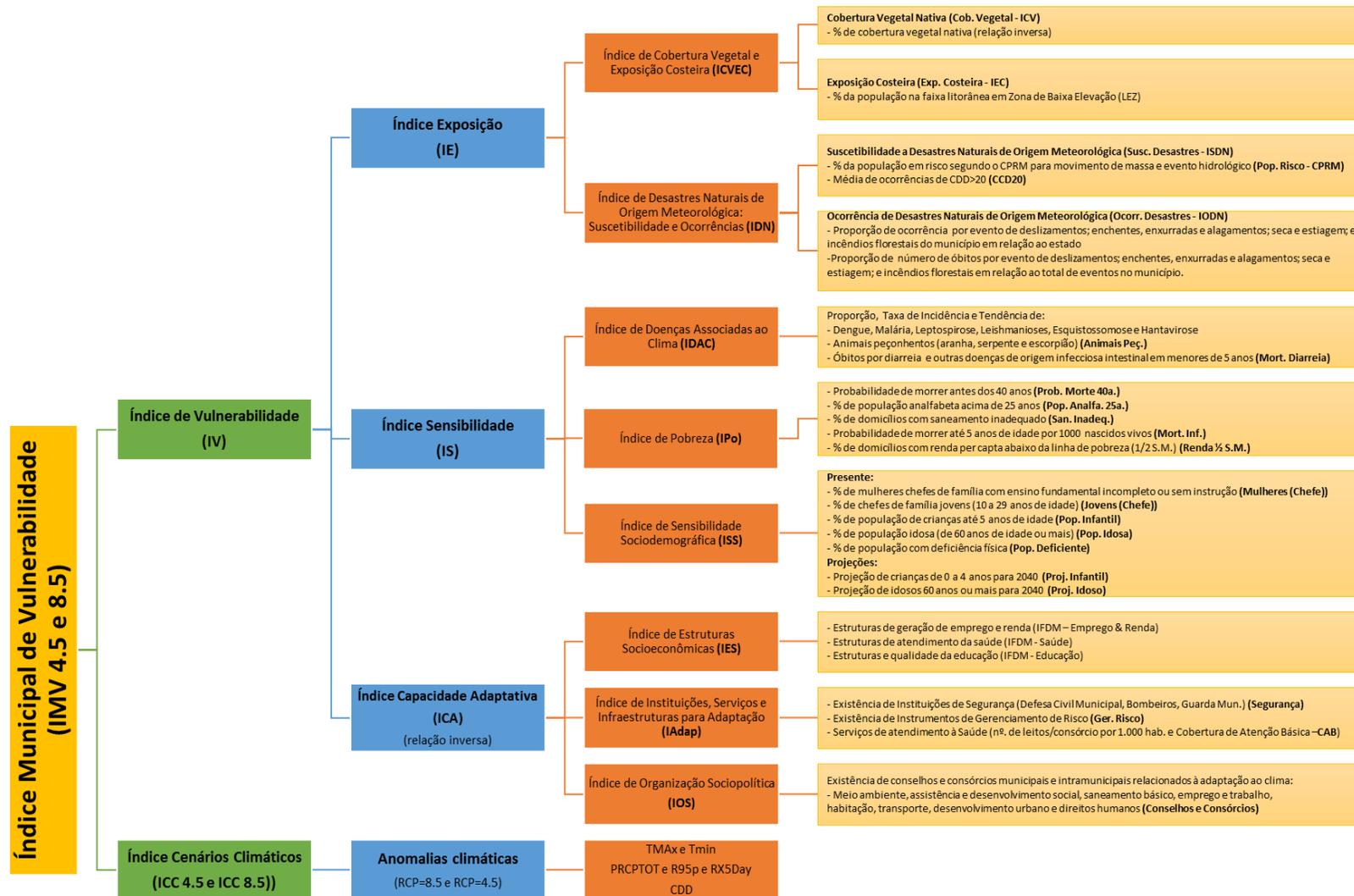
#### 4. METODOLOGIA

Toda a construção dos indicadores, produto para a análise da vulnerabilidade, é essencialmente a matriz de indicadores apresentados na metodologia do estudo de Construção de Indicadores de Vulnerabilidade da População do Estado do Maranhão como Insumo para a Elaboração das Ações de Adaptação à Mudança do Clima no Brasil, medido inicialmente pelo Índice Municipal de Vulnerabilidade e seus componentes.

O Índice Municipal de Vulnerabilidade Humana à Mudança do Clima, foi proposto no âmbito do projeto, pela equipe composta por pesquisadores da FIOCRUZ do Rio de Janeiro (Instituto Oswaldo Cruz, IOC e Escola Nacional de Saúde Pública, ENSP) e de Minas Gerais (Centro de Pesquisas René Rachou, CPqRR), com colaboração de pesquisadores externos na execução do projeto em parceria com o Ministério do Meio Ambiente (MMA). Adotou-se como forma de mensuração da vulnerabilidade, uma escala que serve tanto para o Índice Municipal de Vulnerabilidade, quanto para um dos indicadores obtidos dentro da matriz, no qual consiste em uma nota que varia entre 0 a 1, sendo: valores mais próximos de 1 (um), os indicadores de maior vulnerabilidade; valores mais próximos de zero, menor vulnerabilidade. Apresenta dados prospectivos e retrospectivos, com unidade de análise a nível municipal. Destaca-se que se trata de um índice comparativo, portanto, receber pontuação zero não indica ausência de vulnerabilidade, ao passo que a pontuação 1 (um) não significa vulnerabilidade completa e sim que, em relação aos demais municípios do estado, determinado município é mais ou menos vulnerável (SANTOS, 2016).

Apresenta-se a seguir o modelo conceitual descrito e a caracterização geral dos três componentes utilizados para avaliar a vulnerabilidade na escala municipal, incluindo o conjunto dos determinantes principais (índices e subíndices), os indicadores e as variáveis adotadas. Os resultados dos principais índices calculados para os municípios maranhenses, se encontram no apêndice (página 95).

Figura 5 - Esquema metodológico para a construção do Índice Municipal de Vulnerabilidade (IMV)



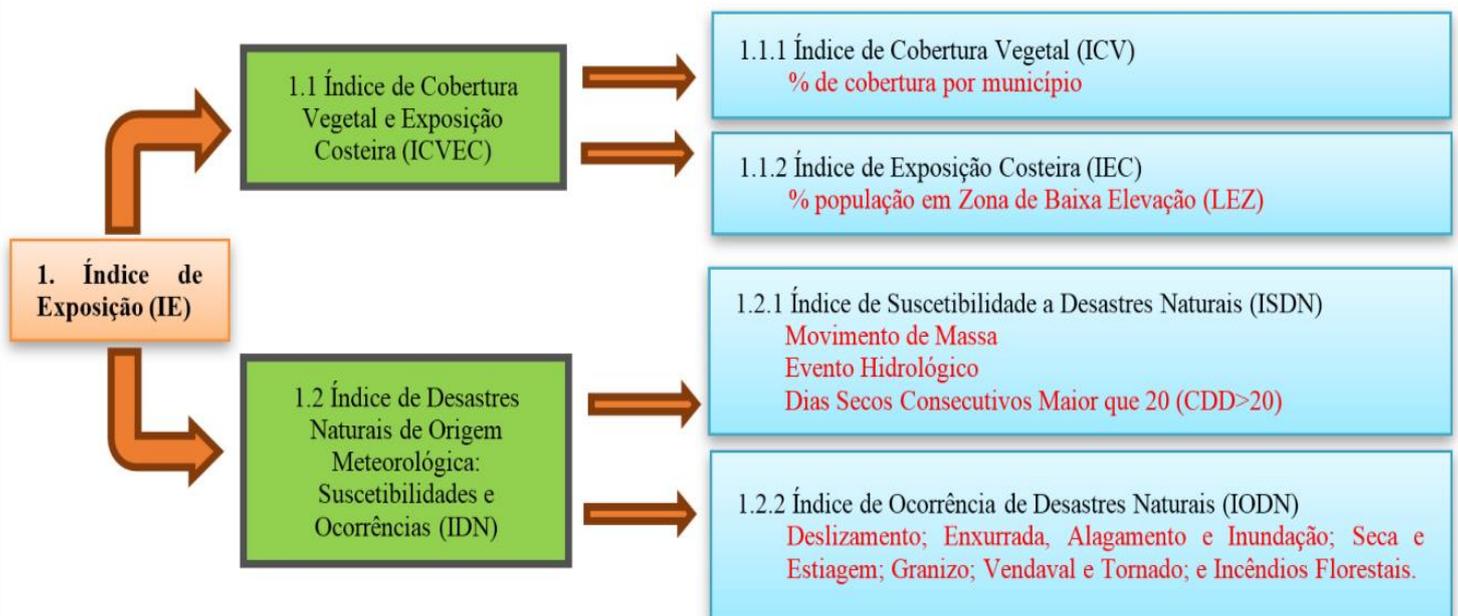
Fonte: Confalonieri et al, 2016

#### 4.1. ÍNDICE DE EXPOSIÇÃO

A dimensão da exposição se divide em duas escalas temporais: a exposição presente e a exposição futura. A exposição presente é representada pelas condições biofísicas, inclusive as climáticas. A exposição futura é representada principalmente pelas projeções climáticas dos Modelos Climáticos Globais regionalizados. A exposição presente pode ser caracterizada e mensurada de duas maneiras: i) pelas condições de conservação / exposição ambiental; ii) pela suscetibilidade / ocorrência de extremos climáticos.

A conservação / exposição ambiental é representada pela conservação de sistemas naturais e pela exposição costeira. O pressuposto é de que quanto mais conservados os ecossistemas naturais, menos riscos se expõem o território e seus habitantes. E o pressuposto da exposição costeira é de que quanto maior a exposição da população à orla marítima, maior é a vulnerabilidade dos sistemas humanos daquele local, em função tanto do aumento do nível do mar quanto da ocorrência de eventos climáticos extremos, como as insurgências marítimas na faixa litorânea. Abaixo, está ilustrado o esquema metodológico dos componentes da exposição.

**Figura 6 - Índice de exposição – IE**



Fonte: Adaptado de Confalonieri *et al*, 2016

#### *4.1.1. Índice de cobertura vegetal e exposição costeira*

A conservação / exposição ambiental é composta por duas variáveis: a cobertura vegetal e a exposição costeira, sendo a primeira representada pelo “Índice de Cobertura Vegetal - ICV”, ou seja, pelo percentual da cobertura vegetal natural preservada sobre a área do território, no caso, o município.

##### ***Índice de Cobertura Vegetal Nativa***

O pressuposto é de que quanto mais conservado é o ambiente físico, menos riscos se expõem os seus habitantes. Este indicador se justifica porque a disponibilidade e conservação de recursos naturais não só ajudam a reduzir a exposição das populações às mudanças climáticas como também contribuem para elevar a sua capacidade de adaptação. Quanto maior o uso e a antropização, menor é a capacidade deste de prestar o serviço ecossistêmico original. As áreas com cobertura florestal nativa são as que apresentam a maior capacidade de adaptação e resiliência. Portanto, quanto maior for o Índice de Cobertura Vegetal Nativa menor é a vulnerabilidade.

##### ***Índice de Exposição Costeira***

A exposição costeira é composta por duas variáveis concomitantes: Zonas de Baixa Elevação (Low Elevation Zones – LEZ) e quantidade de pessoas expostas. Em outras palavras, pode-se dizer que o Índice de Exposição Costeira é o percentual da população nas Zonas de Baixa Elevação. O pressuposto deste indicador é de que quanto maior a exposição costeira, maior é a vulnerabilidade dos sistemas daquele local.

Por ser a interface entre continente, atmosfera e oceano, a zona costeira se torna vulnerável a mudanças de diversos fenômenos ambientais. Segundo o MDZCM, (Macro diagnóstico da Zona Costeira e Marinha) realizado pelo MMA em 2008, os principais efeitos do aquecimento global que afetam as zonas costeiras incluem a elevação do nível médio do mar (NM), o aumento de extremos climáticos litorâneos e alterações no regime de ventos e ondas, que podem atuar de forma sinérgica, ampliando os impactos no ambiente costeiro se comparado aos efeitos isolados.

O indicador mais significativo da vulnerabilidade humana na zona costeira é, sem dúvida, onde há concentração humana. Assim sendo, o indicador geo-demográfico proposto inclui o percentual da população sobre a população total do município na faixa de 50km da linha de praia. O MDZCM (2008) considerou a faixa até 50km da orla como a faixa da zona costeira.

Entretanto, além da proximidade da orla, há de se considerar também a altitude das zonas costeiras para imputar risco à exposição costeira, dada a diversidade de feições das zonas costeiras no Brasil. No Sul há os costões, no litoral nordestino, como em João Pessoa, há as barreiras, no Sudeste as reentrâncias das baías e estuários, e no Amapá, as formações de manguezais, sendo muito difícil, devido ao fato destas feições estarem próxima à linha de praia, inferir uma medida homogênea de vulnerabilidade. Portanto, para diferenciá-las sugere-se a utilização de uma variável geofísica, o “Índice LEZ (*Low Elevation Zone*) Zona de Baixa Elevação”, com o corte de 10 m. O pressuposto é de que as áreas acima de 10 m, mesmo estando na zona costeira, como os costões e planaltos costeiros estão de certa forma, protegidos dos maiores impactos da mudança do clima no litoral.

**Quadro 1- Índice de Cobertura Vegetal e Exposição Costeira – ICVEC**

<b>Cobertura Vegetal (ICVp)</b>	<p><b>Cobertura Vegetal Nativa (ICV)</b></p> <p>1º - Área de cobertura vegetal nativa em Km<sup>2</sup>/ área do município em Km<sup>2</sup></p> <p>2º- Atribuição de notas de 0 a 4, a partir do método K médias, sendo que quanto maior a cobertura vegetal relativa menor a nota atribuída.</p> <p>3º- Padronização</p>
<b>Exposição Costeira (IECp)</b>	<p><b>Exposição Costeira (IEC) - % da população na faixa litorânea em Zona de Baixa Elevação (LEZ):</b></p> <p>1º- Extração do % da área do setor censitário que se encontra dentro da faixa de 50 km da costa e menor ou igual a 10 m, segundo o SRTM Embrapa;</p> <p>2º- Multiplicação da população do setor censitário pelo % da área do setor censitário encontrado no passo anterior = População Vulnerável por Setor;</p> <p>3º Soma da população dos setores censitários de cada município = População Vulnerável por Município;</p> <p>4º Cálculo do % da população vulnerável = População Vulnerável por Município/ Total da Pop. do Município;</p> <p>5º- Atribuição de notas de 0 a 4, a partir do método K médias, sendo que quanto maior o percentual de população maior a nota atribuída;</p> <p>6º-Padronização.</p>

**Fonte:** Adaptado de Confalonieri *et al*, 2016

#### 4.1.2. Índice de desastres naturais de origem meteorológica: susceptibilidade e ocorrências

A exposição a desastres naturais de origem meteorológica enfoca quatro grupos de processos de desastres mais comuns no Brasil, associáveis a eventos extremos do clima, a saber: o deslizamento decorrente de precipitações altas e/ou persistentes; as enchentes, enxurradas e alagamentos; o estresse hídrico para susceptibilidades e ocorrências, e o incêndio flo-

restal apenas para as ocorrências. A exposição a estes eventos pode ser apreendida de duas formas: pela suscetibilidade de ocorrência em função das condições físico-naturais e climáticas, e pelo registro de ocorrências passadas de desastres climáticos.

O Índice de Suscetibilidade a Desastres Naturais é, portanto, composto por três subíndices para cada um dos grandes grupos de processos originadores dos desastres, que, por sua vez, estão relacionados às condições físicas e climáticas que oferecem indicativos de maior probabilidade de ocorrência de tais eventos.

- Índice de População em Risco de Deslizamentos
- Índice de População em Risco de Excessos Hidrológicos
- Índice de Suscetibilidade a Seca /Estresse Hídrico

Para a suscetibilidade a deslizamento e solapamento de terras e a suscetibilidade de excessos hidrológicos foram utilizados dados de setores de riscos geológicos delimitados por polígonos, levantados pelo Serviço Geológico da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM voltados para ação emergencial do Governo Federal.

O Índice de População em Risco de Deslizamento, portanto, é medido pelo percentual de população do município nos setores com risco de deslizamento, levantado pelo CPRM. Da mesma forma, o Índice de População em Risco de Excessos Hidrológicos é medido pelo percentual de população do município nos setores com risco de vários tipos de excessos hidrológicos: enchentes, alagamentos e enxurradas, segundo o CPRM.

Para a suscetibilidade a seca/estresse hídrico, elegeu-se o indicador de ocorrências anuais de dias consecutivos sem chuva (CDD – Consecutive Dry Days) acima de 20 dias. O limite de 20 dias é considerado por Costa *et al* (2009) um limite crítico dos veranicos.

O Índice de Suscetibilidade a Seca/Estresse Hídrico é, portanto, o índice do  $CDD > 20$  para a grande maioria dos estados brasileiros.

A ocorrência de desastres naturais de origem meteorológica é analisada segundo dois aspectos de ocorrência por grupo de desastre: a ocorrência do desastre no município em relação ao Estado e, o número de óbitos também por grupo de desastre em relação ao total de óbitos, medindo, assim, a gravidade dos eventos. Desta forma, são gerados quatro subíndices de ocorrência por tipo de desastre:

- Índice de Ocorrência de Deslizamentos
- Índice de Ocorrência de Enchentes, Alagamentos e Enxurradas
- Índice de Ocorrência de Seca / Estresse Hídrico
- Índice de Ocorrência de Incêndios Florestais

As ocorrências têm como fonte de dados duas séries de registros da base de dados do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil – SINPDEC.

**Quadro 2 - Índice de Desastres Naturais de Origem Meteorológica – Suscetibilidades e Ocorrências - IDN**

<p>ÍNDICE DE DESASTRES NATURAIS DE ORIGEM METEOROLÓGICA: Suscetibilidade e Ocorrência (<b>IDNp</b>)</p> <p><b>IDN=(ISDNp+IODNp)/2</b></p> <p><b>Padronização:</b></p> <p><b>IDNp = (IDN obs. – IDN mín.) / (IDN máx.- IDN mín.)</b></p>	<p><b>Suscetibilidade a Desastres Naturais de Origem Meteorológica (ISDNp)</b></p> <p><u>% da população em risco segundo o CPRM para movimento de massa e evento hidrológico (Pop. Risco - CPRM)</u></p> <p>1º- Percentual da população em risco = (Total de população em risco segundo CPRM/ Total da população do município) x 100</p> <p>2º- Atribuição de notas de 0 a 4, a partir do método K médias, sendo que quanto maior o percentual de população em risco maior a nota atribuída.</p> <p><u>Média de ocorrências de CDD&gt;20 (CCD20)</u></p> <p>3º- Atribuição de notas de 0 a 4, a partir do método K médias, sendo que quanto maior o CDD&gt;20 maior a nota atribuída.</p> <p>4º- ISDN = (Susc. Desastres + CCD20)/ 2</p> <p>5º Padronização: ISDNp = (ISDN obs. – ISDN mín.) / (ISDN máx.- ISDN mín.)</p>
	<p><b>Ocorrência de Desastres Naturais de Origem Meteorológica (IODNp)</b></p> <p>1º Percentual de eventos em relação ao estado = (nº total de eventos no município/nº total de eventos no estado) x 100</p> <p>2º Atribuição de notas de 0 a 4, a partir do método K médias, sendo que quanto maior o percentual maior a nota atribuída.</p> <p>3º-Taxa de óbitos por evento = (nº óbitos no município/ nº total de eventos no município)</p> <p>4º- Atribuição de notas de 0 a 4, a partir do método K médias, sendo que quanto maior o percentual maior a nota atribuída.</p> <p>5º- <u>IODN = (Nota_Percentual de eventos em relação ao estado + Nota_Taxa de óbitos em relação ao casos do município)/2</u></p> <p>6º Padronização: IODNp = (IODN obs. – IODN mín.) / (IODN máx.- IODN mín.)</p>

**Fonte:** Adaptado de Confalonieri *et al*, 2016

### Índice de Exposição Padronizado (IEp):

**Quadro 3 - Cálculo de Padronização do IE – (IEp)**

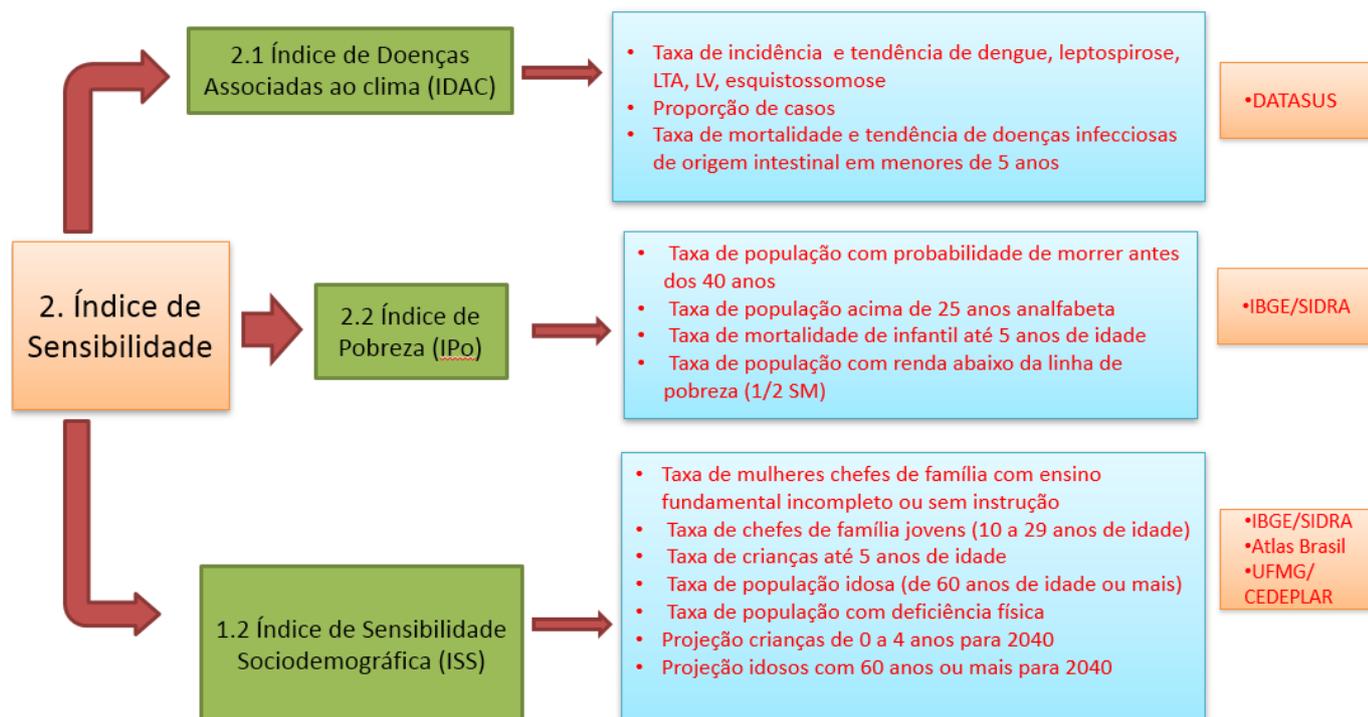
<p><b>Índice Exposição (IEp)</b></p> <p>1º - IE = (ICVECp + IDNp)/2</p> <p>2º - Padronização:</p> <p><u>IE obs. – IE mín.</u></p> <p><u>IE máx. – IE mín.</u></p>
---

Fonte: Adaptado de Confalonieri *et al*, 2016

## 4.2. ÍNDICE DE SENSIBILIDADE

A sensibilidade da população à mudança do clima, em um determinado município se caracteriza por alguns aspectos demonstrados no esquema abaixo:

Figura 7 - Índice de Sensibilidade – IS



Fonte: Adaptado de Confalonieri *et al*, 2016

### 4.2.1. Índice de doenças associadas ao clima (IDAC)

Para o Maranhão serão considerados um total de seis agravos: Dengue, Leptospirose, Esquistossomose, Leishmaniose Tegumentar Americana (LTA), Leishmaniose Visceral (LV) e Mortalidade por Diarreia em menores de 5 anos. Os dados são coletados nas bases SIM/SINAN, do DATASUS.

**Quadro 4 - Índice de Doenças Associadas ao Clima (IDAC)**

<b>Doenças Associadas ao Clima (IDAC)</b>	
<p style="text-align: center;"><b>Índice de Doenças Associadas ao Clima Padronizado (IDACp)</b></p> <p>1º - IDAC = (valor padronizado para dengue + valor padronizado para leptospirose + valor padronizado para esquistossomose + valor padronizado para LTA + valor padronizado para LV + valor padronizado para mortalidade por diarreia em menores de 5 anos/6</p> <p>2º - Padronização:  <math display="block">\frac{IDAC_{obs} - IDAC_{mín.}}{IDAC_{máx.} - IDAC_{mín.}}</math></p>	<p style="text-align: center;"><u>Proporção, Incidência e Tendência de: Dengue, Leptospirose, Esquistossomose, Leishmaniose Tegumentar Americana (LTA), Leishmaniose Visceral (LV) e Óbitos por diarreia em menores de 5 anos:</u></p> <p>1º - Proporção de casos no município = (Nº de casos do município / total de casos no estado) x 100 (%) para cada uma das doenças selecionadas;</p> <p>2º- Taxa de Incidência dos agravos = (casos novos no ano, de cada agravo, no município/população do município naquele ano) x 100.000. Calcula-se a média das taxas de incidência da serie histórica para as doenças selecionadas;</p> <p>3º- Tendência por agravos = coeficiente angular da reta de regressão linear (b, Y = a + bx) para cada agravo de acordo com a série histórica das taxas de incidência por microrregião;</p> <p>4º- Atribuição de notas de 0 a 4, para cada indicador individualmente (1º, 2º e 5º), a partir do método K médias, sendo que quanto maior valor do indicador maior a nota. Somam-se as notas obtidas e padroniza, para cada doença selecionada = Ip por doença = (valor para Dengue obs. – valor para Dengue mín.) / (valor para Dengue máx.- valor para Dengue mín.);</p> <p>6º Calculo da média de todos os Ips dos agravos selecionados = IDAC</p> <p>6º IDACp = padronização do IDAC = (valor IDAC obs. – valor IDAC mín.) / (valor IDAC máx.- valor IDAC mín.).</p>

**Fonte:** Adaptado de Confalonieri *et al*, 2016

#### 4.2.2. *Índice de pobreza (IPO)*

Indicadores:

- Probabilidade de morrer antes dos 40 anos;
- % população do município maior que 25 anos analfabeta;
- % domicílios com saneamento inadequado;
- % de óbitos em menores de 5anos por cada 1000 nascidos vivos;
- % Pop com renda menor que ½ salário mínimo.

#### 4.2.3. *Índice de sensibilidade sociodemográfica (ISS)*

#### Indicadores:

- % mulheres chefes de família com menos de 4 anos de instrução
- % chefes de família jovens
- % crianças até 5 anos
- % idosos com mais de 60 anos
- % população com algum tipo de deficiência
- Projeção da população até 4 anos
- Projeção da população com mais de 60 anos

#### Índice de Sensibilidade Padronizado:

#### Quadro 5 - Cálculo de Padronização do IS – (ISp)

O diagrama apresenta o cálculo do Índice de Sensibilidade Padronizado (ISp) em duas etapas:

$$1^{\circ} - IS = (IDACp + IPop + ISSp) / 3$$

$$2^{\circ} - \text{Padronização: } \frac{IS_{obs.} - IS_{mín.}}{IS_{máx.} - IS_{mín.}}$$

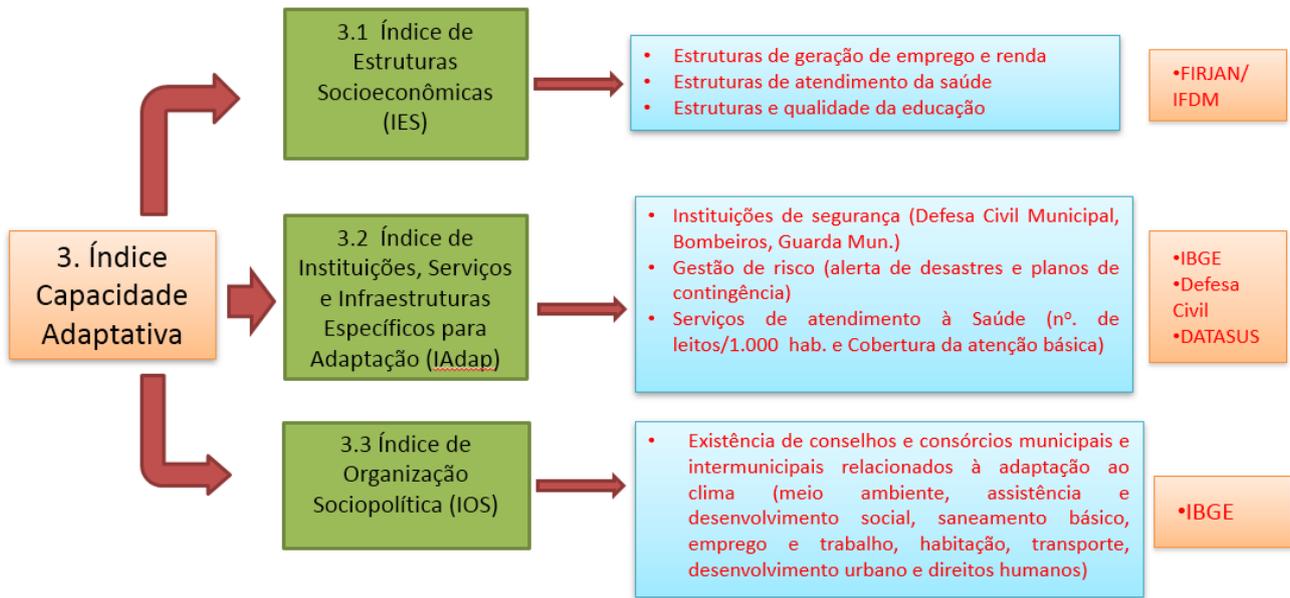
Fonte: Adaptado de Confalonieri *et al*, 2016

### 4.3. ÍNDICE DE CAPACIDADE ADAPTATIVA

Este índice abarca questões relacionadas à vulnerabilidade em função de ativos e estruturas de oportunidade, onde ativos são entendidos como ações e estruturas que melhoraram o bem-estar das pessoas diminuindo sua vulnerabilidade. Os ativos são divididos nas categorias de capital financeiro, humano e social.

O índice deve permitir o conhecimento das estruturas socioeconômicas, condições de organização coletiva, assim como participação e organização sócio política, uma vez que estas informações irão definir a maneira pela qual a sociedade irá agir e reagir perante os eventos, a fim de minimizar os impactos.

**Figura 8 - Índice de Capacidade Adaptativa – ICA**



Fonte: Adaptado de Confalonieri *et al*, 2016

**Quadro 6 - Metodologia de cálculo dos componentes do Índice de Capacidade Adaptativa**

<p>ÍNDICE DE ESTRUTURAS SOCIOECONÔMICAS PADRONIZADO (IESp)</p> <p><b>Padronização</b></p> $\frac{IES_{obs.} - IES_{mín.}}{IES_{máx.} - IES_{mín.}}$	<p><b>Estruturas Socioeconômicas (IES)</b></p> <p>O IES é avaliado por meio do Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal (IFDM) *realizado para todos os municípios do país.</p> <p>1º Atribuição de notas de 0 a 4, a partir do método K médias, sendo que quanto maior o IFDM <b>menor</b> a nota atribuída;</p> <p>2º Padronização</p>
<p>ÍNDICE DE INSTITUIÇÕES, SERVIÇOS E INFRAESTRUTURA PARA ADAPTAÇÃO PADRONIZADO (IADAPp)</p> $IADAP = \frac{I_{Segurança\_p} + I_{Ger.Risco\_p} + I_{CABp}}{3}$ <p><b>Padronização</b></p> $\frac{IAdap_{obs.} - IAdap_{mín.}}{IAdap_{máx.} - IAdap_{mín.}}$	<p><b>Existência de Instituições de Segurança (Defesa Civil Municipal, Bombeiros, Guarda Mun.) (Segurança)</b></p> <p>1º Identificar a existência ou não de corpo de bombeiro, defesa civil e guarda municipal;</p> <p>2º Atribuição de notas de 0; 0,33; 0,66 e 1, de acordo com a presença de 3, 2, 1 ou 0 instituições de segurança respectivamente, sendo que quanto maior o número de instituições menor a nota atribuída;</p> <p>3º Padronização <math>I_{Segurança\_p} = \frac{(Nota\_Segurança_{obs.} - Nota\_Segurança_{mín.})}{(Nota\_Segurança_{máx.} - Nota\_Segurança_{mín.})}</math>;</p> <p><b>Existência de Instrumentos de Gerenciamento de Risco (Ger. Risco)</b></p> <p>4º Identificar as ocorrências dos eventos (enchentes, enxurrada e alagamentos e deslizamentos e escorregamento);</p> <p>5º Identificar os instrumentos de gerenciamento de risco existen-</p>

	<p>tes no município;</p> <p>6º Atribuição de notas para enchentes, enxurrada e alagamentos segundo o critério da Tabela X = (X1);</p> <p>7º Atribuição de notas para deslizamentos e escorregamento tendo como critério da Tabela X = (X2);</p> <p>8º Média das notas obtidas em X1 e X2;</p> <p>9º Padronização: <math>I_{Ger.Risco\_p} = (Ger. Risco\ obs. - Ger. Risco\ mín.) / (Ger. Risco\ máx. - Ger. Risco\ mín.)</math>;</p> <p><b>Serviços de atendimento à Saúde e Cobertura de Atenção Básica - CAB</b></p> <p>10º Identificar nº de leitos por habitantes, no município, através do total de leitos ou total de leitos por consórcio e populações = (nº. de leitos/consórcio por 1.000 hab);</p> <p>11º Atribuição de notas de 0 a 4, a partir do método K médias, para este indicador, quanto maior o número de leitos menor a nota atribuída;</p> <p>12º Identificar a cobertura de atenção básica (%) taxa já calculada;</p> <p>13º Atribuição de notas de 0 a 4, a partir do método K médias, para este indicador, quanto maior a cobertura menor a nota atribuída;</p> <p>14º Cálculo do CAB = média das notas 11º e 13º passo;</p> <p>15º Padronização: <math>ICABp = (CAB\ obs. - CAB\ mín.) / (CAB\ máx. - CAB\ mín.)</math>.</p>
<p>ÍNDICE DE ORGANIZAÇÃO SOCIOPOLÍTICA PADRONIZADO (IOSp)</p> <p><math>\frac{IOS\ obs. - IOS\ mín.}{IOS\ máx. - IOS\ mín.}</math></p>	<p><b>Organização Sociopolítica (IOS)</b></p> <p>1º É avaliada a existência de 10 itens, (7 consórcios e 3 Conselhos). A existência de consórcios é avaliada nas áreas de assistência social e desenvolvimento social, emprego e/ou trabalho, habitação, meio ambiente, transporte, desenvolvimento urbano e saneamento básico. É avaliada a existência de conselhos nas áreas de habitação, saneamento, direitos humanos;</p> <p>2º Soma do número total de instituições e serviços do município (Totalizando número máximo de 10);</p> <p>3º Atribuição de notas de 0 a 4, a partir do método K médias, sendo que quanto maior a o número de instituições existentes menor a nota atribuída(IOS);</p> <p>4º Padronização.</p>

Fonte: Adaptado de Confalonieri *et al*, 2016

Índice de Capacidade Adaptativa padronizado (ICAp):

**Quadro 7 - Cálculo do Índice de Capacidade Adaptativa (ICAp)**

**Índice Capacidade Adaptativa  
(ICAp)**

1º-  $ICA = (IESp + IADAPp + IOSp)/3$

2º - Padronização:

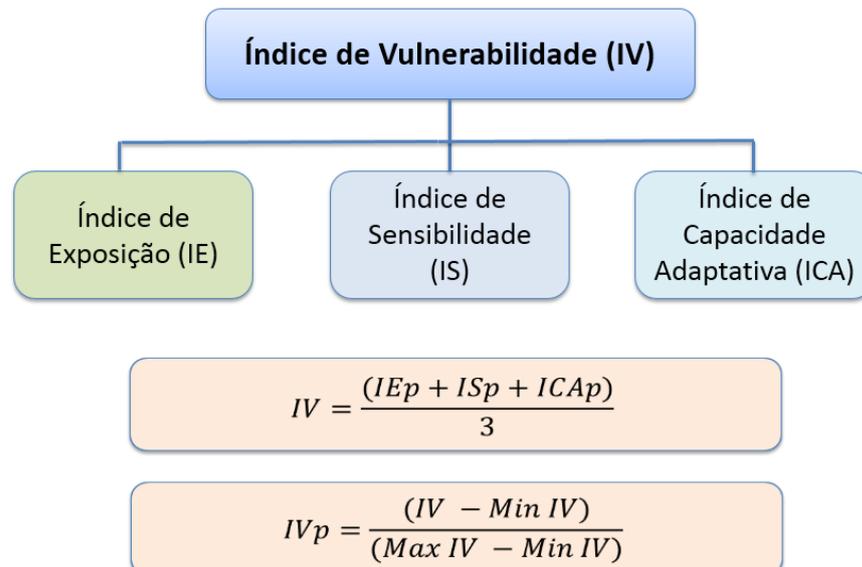
$$\frac{ICA_{obs} - ICA_{mín}}{ICA_{máx} - ICA_{mín}}$$

**Fonte:** Adaptado de Confalonieri *et al*, 2016

#### 4.4. ÍNDICE DE VULNERABILIDADE

O Índice de Vulnerabilidade Geral (IVG) é representado pela união de todas as informações descritas anteriormente originando um único índice. Agrega informações de conservação ambiental, exposição costeira, suscetibilidade e ocorrências de eventos extremos, doenças, pobreza, sócio demográficas, socioeconômicas, sociopolíticas e de infraestrutura. Estas foram agrupadas ao longo deste trabalho em três índices IEp, ISp e ICAp. Desta forma o IVG é confeccionado a partir do cálculo:

**Figura 9 - Cálculo do Índice de Vulnerabilidade (IV)**



**Fonte:** Adaptado de Confalonieri *et al*, 2016

#### 4.5. ÍNDICE DE CENÁRIOS CLIMÁTICOS

Os cenários climáticos conhecidos como RCP (Representative Concentration Pathways) fazem parte da terceira geração de cenários de mudanças climáticas elaborados pelo IPCC. Esses cenários representam um ponto consensual de início para os diversos estudos realizados em vários países. Os RCPs são elaborados a partir da medida da forçante radiativa em watts por m<sup>2</sup> por ano até 2100, além disso, é analisada também a emissão de GEEs e mudança no uso do solo.

Quanto aos cenários climáticos para os municípios, estes podem ser obtidos a partir de dados dos modelos regionalizados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), com “grid” de 20 km de resolução horizontal, para o modelo ETA/HadGEM2, já regionalizado para a América do Sul. As famílias de cenários a serem adotadas se referem aos Representative Concentration Pathways (RCP), utilizados pelo Painel do Clima (IPCC, 2014).

Os quatro cenários existentes se diferem pelo pico ou estabilização, no século 21, do valor da forçante radiativa. Neste trabalho são utilizados, a exemplo do estudo elaborado por Debortoli, Carminha e Hirota, 2015, os cenários 4.5 e 8.5, que corresponderiam aos cenários B1 e A2, respectivamente, quando comparados a forma de classificação usada anteriormente ao RCP (CAMARINHA, DEBORTOLI e HIROTA, 2015; CHOU *et al.*, 2014).

O cenário 4.5 corresponde à estabilização da emissão de GEE, para o ano de 2100, indicando ações no âmbito internacional para o combate à mudança do clima, já o cenário 8.5 seria resultante do crescimento populacional, baixa renda e poucas melhorias tecnológicas convergindo para aumento de gastos de energia e GEE sem políticas de mitigação de mudanças climáticas (RIAHI *et al.* 2011 apud CAMARINHA, DEBORTOLI e HIROTA, 2015).

Para a construção do Índice, a partir das informações fornecidas, foram calculadas as anomalias climáticas, segundo metodologia desenvolvida por Confalonieri *et al.* (2011), ou seja, pela diferença entre os valores do cenário presente (1961-1990) e cenário futuro (2041-2070) (Modelos Hadgem20 – INPE) (RCP4.5 ou RCP8.5) de cada indicador analisado.

Foram avaliados separadamente os cenários RCP 4.5 e RCP 8.5. Os indicadores para cada cenário foram anomalias de temperatura (AT) e precipitação (AP), em valores absolutos da seguinte forma:

- Temperatura: Tmax, Tmin \_ temperatura máxima (média) e mínima (média);

- Precipitação: PRCPTOT (precipitação total anual), Rx5day (máxima precipitação acumulada em 5 dias); R95p (precipitação total anual nos dias que  $\text{prcptot} > p.95$ ) e CDD (nº máximo de dias secos consecutivos no ano).

A cada indicador mencionado foram atribuídas notas (pontuação) de 0 a 4, baseado na classificação por K-médias. Estas notas são então combinadas para formar cada índice.

A atribuição de notas e padronização dos valores das anomalias e do ICC é feita considerando os dados dos dois cenários simultaneamente. Isso permite a comparação dos resultados dos dois cenários: ICC 4.5 e ICC 8.5.

#### **Cálculo do ICC:**

- Anomalia de Temperatura (AT) e Anomalia de Precipitação (AP):

$$AT = (\text{Nota\_Tmaxmean} + \text{Nota\_Tminmean})/2$$

$$AP = (\text{Nota\_cdd} + \text{Nota\_prcptot} + \text{Nota\_Rx5day} + \text{Nota\_R95p})/4,$$

Para cada cenário RCP4.5 e RCP8.5.

Então:

$$ICC_{4.5} = (AT_{4.5} + AP_{4.5})/2$$

$$ICC_{8.5} = (AT_{8.5} + AP_{8.5})/2$$

E padroniza-se segundo a fórmula:

$$ICC_p = [ICC - \text{Min}(ICC_{4.5}; ICC_{8.5})] / (\text{Max}(ICC_{4.5}; ICC_{8.5}) - \text{Min}(ICC_{4.5}; ICC_{8.5}))$$

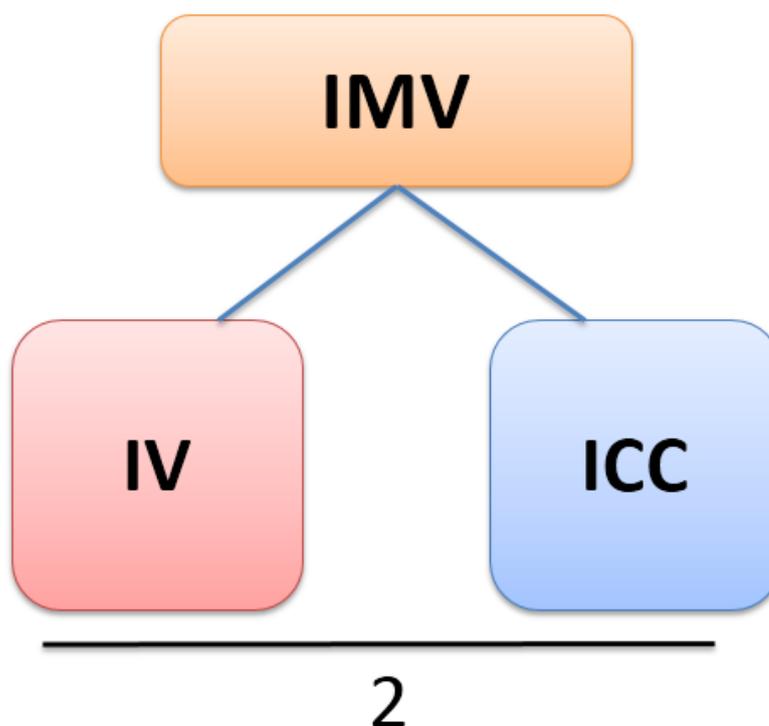
#### **4.6. ÍNDICE MUNICIPAL DE VULNERABILIDADE**

O Índice de Vulnerabilidade Municipal (IMV) foi elaborado a partir de dois componentes, o IVG e o ICC (4.5/8.5). Para avaliação da vulnerabilidade municipal este trabalho abarcou informações de diversos setores, foram consideradas informações ambientais, sociais, de saúde que pudessem interferir direta ou indiretamente no bem-estar da população humana. Essas informações foram agrupadas, de forma pertinente à lógica do estudo, em três componentes principais da vulnerabilidade: Exposição Presente, Sensibilidade e Capacidade Adaptativa. Dessa forma a partir destes itens originou-se o IVG, primeiro componente do IMV. O ICC (4.5/8.5), segundo componente do IMV, foi resultado da avaliação de projeções de vários

parâmetros climáticos para o RCP 4.5 e 8.5, de forma a refletir a Exposição Futura dos municípios a características climáticas distintas.

Assim para cada município foram calculados dois valores de IVM, pois, os cenários climáticos possíveis estudados aqui estão acoplados de forma separada ao IVM, conforme evidenciado a seguir:

Figura 10 - Cálculo do Índice Municipal de Vulnerabilidade (IMV)



Onde:

$$\text{IMV}_{4.5} = (\text{IV}_p + \text{ICC}_{4.5p}) / 2$$

$$\text{IMV}_{8.5} = (\text{IV}_p + \text{ICC}_{8.5p}) / 2$$

Fonte: Confalonieri *et al.*, 2016

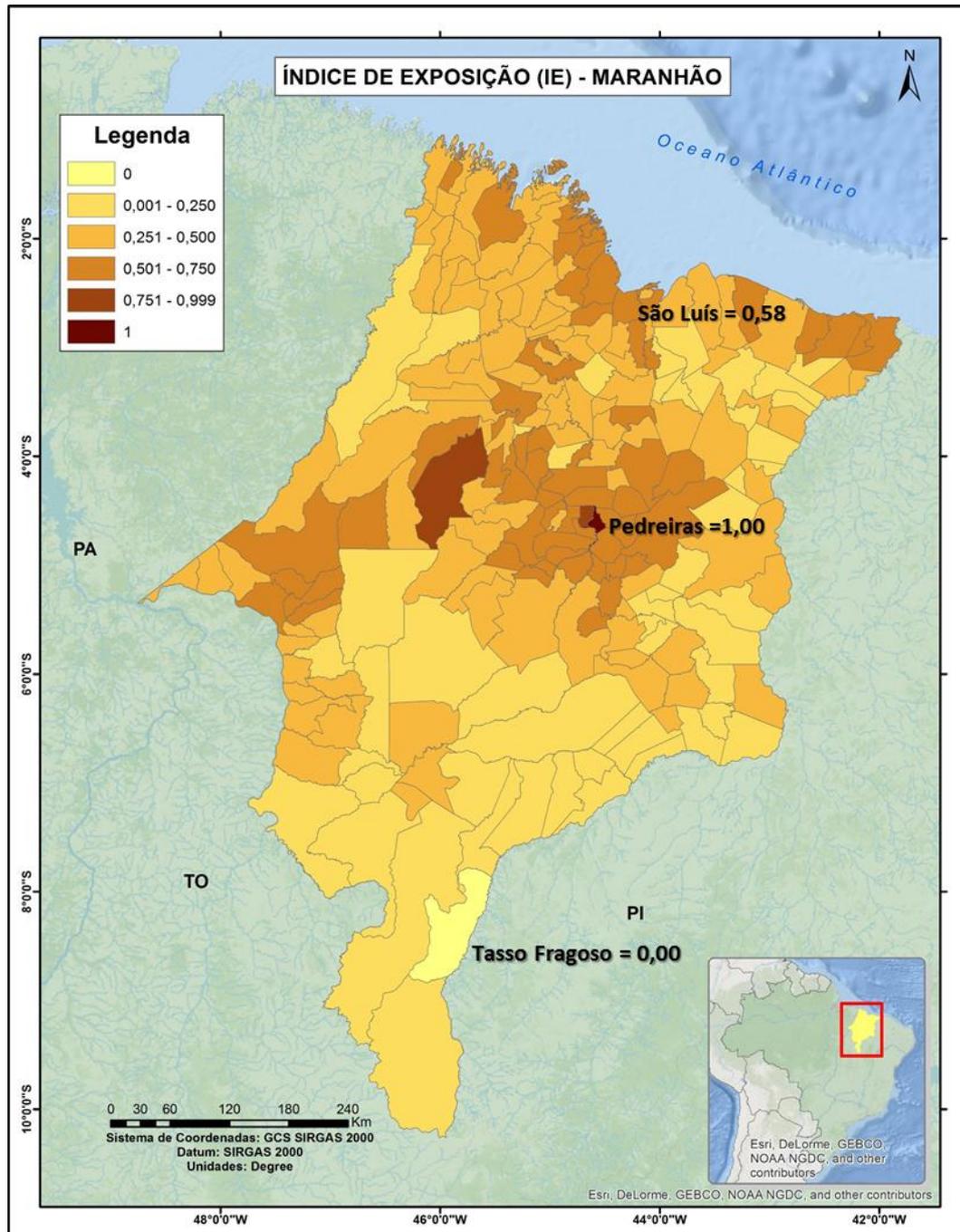
## **5. RESULTADOS**

A seguir, os indicadores calculados através da metodologia descrita anteriormente, são apresentados, seguindo o modelo conceitual da matriz, detalhando-se os resultados dos componentes do IV: Exposição, representada pelo IE e seus subíndices; Sensibilidade, representada pelo IS e seus subíndices e Capacidade Adaptativa; igualmente representada pelo ICA e seus subíndices, discutindo a sua distribuição no território maranhense. Também é apresentado os resultados do ICC, para cada uma das projeções climáticas e ao fim, a apresentação do IMV 4.5 e 8.5, calculado a partir da lógica dos cenários futuros, analisando-se os Índices municipais de maior relevância no estado, bem como o seu arranjo espacial.

### **5.1. ÍNDICE DE EXPOSIÇÃO**

A seguir, os resultados principais da componente exposição, ilustrados na figura 11:

Figura 11 - Mapa do Índice de Exposição (IE)



Fonte: Vommaro, 2017.

Com relação ao Índice de Exposição (IE), o município de Pedreiras, na porção central do estado, é apresentado como o mais vulnerável entre os municípios maranhenses (1,00), logo abaixo, se destacam também os municípios de Trizidela do Vale e Santa Luzia, que apresentaram altos valores para o IE (0,96 e 0,87 respectivamente). O oposto ocorre em Tasso Fragoso, na porção sul do estado, que apresentou o menor IE para o Maranhão (0,00). Em

outros seis municípios: Alto Parnaíba, Benedito Leite, Carolina, Loreto, São Felix das Balsas e São Raimundo das Mangabeiras, o IE apresentado foi baixo (0,04). A capital São Luís apresentou um IE considerado intermediário (0,57), como mostra a tabela 1:

**Tabela 1–Municípios e resultados mais relevantes (IE)**

Município	Cob. Vegetal	Exp. Costeira	ICVEC	ISDN	IODN	IDN	IE
Pedreiras	1	0	0,67	0,9	0,75	1	1
Trizidela do Vale	1	0	0,67	0,8	0,75	0,94	0,96
Santa Luzia	1	0	0,67	0,3	1	0,79	0,87
Bacurituba	0,5	1	1	0,2	0	0,12	0,67
<b>São Luís</b>	<b>0,75</b>	<b>0,5</b>	<b>0,83</b>	<b>0,2</b>	<b>0</b>	<b>0,12</b>	<b>0,57</b>
Alto Parnaíba	0	0	0	0,1	0	0,06	0,04
Benedito Leite	0	0	0	0,1	0	0,06	0,04
Carolina	0	0	0	0,1	0	0,06	0,04
Loreto	0	0	0	0,1	0	0,06	0,04
São Félix de Balsas	0	0	0	0,1	0	0,06	0,04
São Raimundo das Mangabeiras	0	0	0	0,1	0	0,06	0,04
Tasso Fragoso	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Vommaro, 2017.

Os municípios que apresentaram alta exposição, apresentaram realidades distintas, no que diz respeito ao subíndice de Cobertura Vegetal e Exposição Costeira (ICVEC): Pedreiras, Trizidela do Vale e Santa Luzia apresentaram altos valores no ICVEC: 0,67, mesmo não possuindo alta exposição na segunda variável do indicador. Ambos apresentaram alto indicador para a Cobertura Vegetal (ICV=1,00) e nula Exposição Costeira (IEC=0,00), dado que não são municípios litorâneos. O que trouxe esses municípios a um quadro de exposição mais elevada, foi o subíndice de desastres naturais (IDN), que apresentaram subíndices mais altos: em Pedreiras, IODN de 0,75 e ISDN de 1,00; Santa Luzia teve comportamento excepcional, que apresentou o ISDN de (0,30), um pouco mais brando do que os demais (Trizidela do Vale obteve ISDN de 0,80).

No caso da capital São Luís, é clara a diferenciação da realidade traduzida pelo indicador em relação aos outros municípios apresentados, especialmente com relação a Cobertura Vegetal e Exposição Costeira, onde além de ser influenciado em parte pelo IEC, por possuir parte de sua população vulnerável à linha de costa, a cobertura vegetal ficou em situação consideravelmente vulnerável (0,75), o que elevou o seu ICVEC, situação típica de municípios de grande atividade antrópica, grandes centros urbanos e dinâmica econômica que diminuem a

cobertura vegetal disponível. Com relação ao IDN, cabe ressaltar que o indicador de ocorrência de desastres naturais, não é nulo, apesar de apresentar valor mínimo ( $IODN=0,00$ ) para o município. Este sub indicador contribuiu para o baixo valor do IDN ( $0,12$ ) na capital, ao final dos resultados para a exposição como um todo, tenha apresentado valor intermediário ( $0,57$ ), mas com realidades distintas entre seus dois principais subíndices.

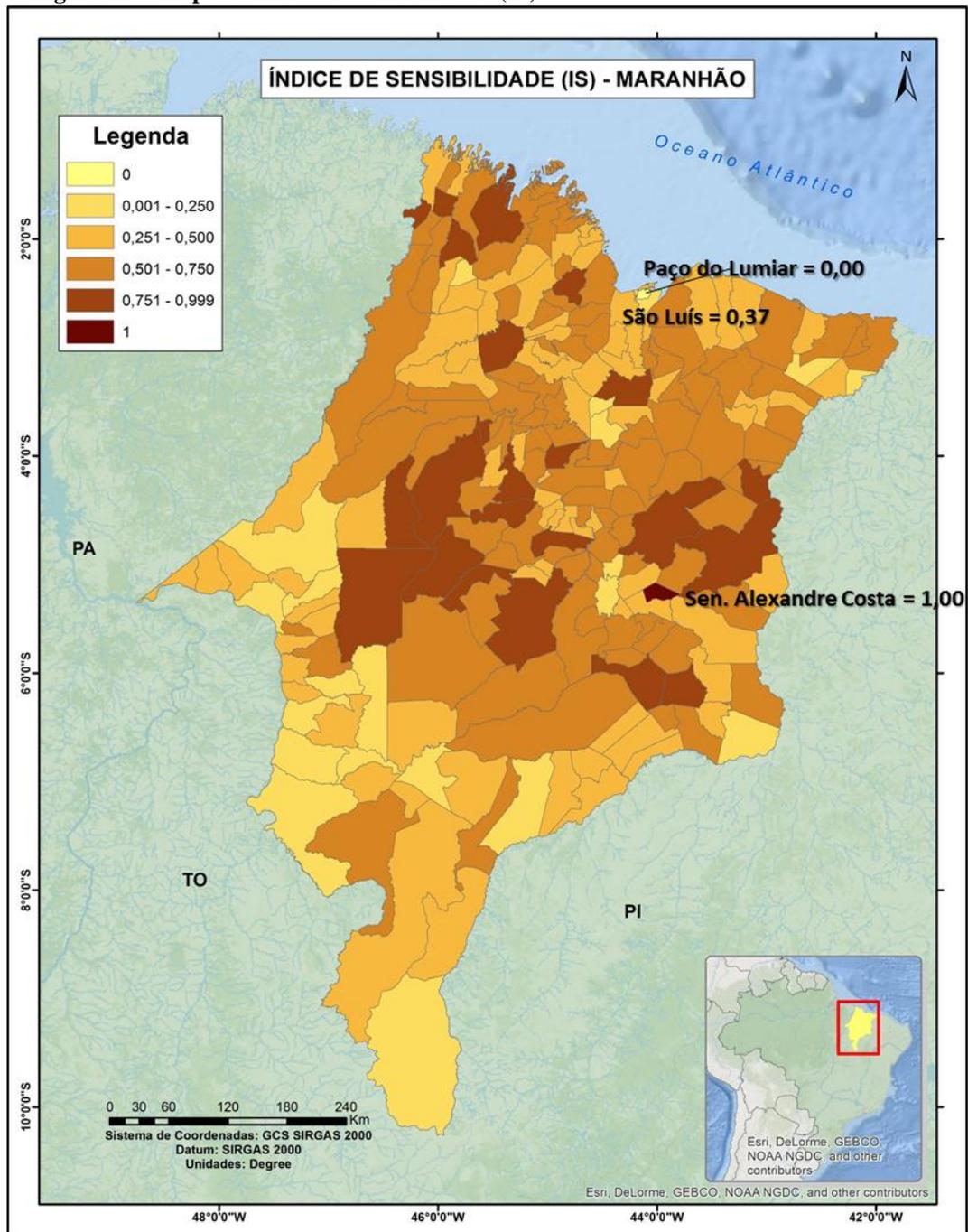
Os municípios que apresentaram baixos valores para o IE, com destaque para Tasso Fragoso ( $IE=0,00$ ) e por aqueles seis municípios com  $IE=0,04$ , é de realidade muito similar, pois ambos exibiram valores mínimos nos subíndices do ICVEC e apenas uma pequena diferença na susceptibilidade medida dentro do IDN, o foi crucial para que estes municípios possuíssem um indicador um pouco acima do mínimo. Ainda assim, realizando a leitura e o entendimento dos resultados para a exposição, pode-se dizer que a realidade entre esses sete municípios é muito próxima, considerando todas as variáveis que compõem o IE.

## 5.2. ÍNDICE DE SENSIBILIDADE

Os resultados do IS, variaram muito em relação a distribuição espacial dentro do estado. O comportamento espacial dentro do estado, se mostrou mais disperso, com relação à Exposição, onde há a formação de núcleos de vulnerabilidade, conjuntos de municípios que apresentaram mais altos indicadores do que outras zonas dentro do estado. O que chama atenção nesse indicador, são os resultados referentes ao subíndices, em especial ao IDAC, que aponta para alta vulnerabilidade, em relação aos outros subíndices da Sensibilidade (IPo e ISS). Complementados pela fragilidade dos aspectos sócio demográficos e grupos vulneráveis, o IS possui na sua concepção a relação entre a condição individual daquela população e a sua resposta em relação ao risco à saúde.

Nos resultados, apresentados na Figura 12, o município de Senador Alexandre Costa, porção central do Estado, concentrou o mais alto IS ( $1,00$ ), sendo seguido por Amapá do Maranhão ( $0,91$ ), Buriticupu e Itapecuru Mirim ( $0,90$ ). A Capital São Luís apresentou um IS moderado para baixo ( $0,37$ ), ainda mais considerando a realidade deste indicador para municípios com maior população e infraestrutura. Os menores IS ficaram com os municípios de Paço do Lumiar ( $0,00$ ) e Alto Parnaíba ( $0,11$ ) (tabela 2), localizados na Região Metropolitana de São Luís e no extremo sul do estado, respectivamente. A figura a seguir ilustra a Sensibilidade mapeada no estado do Maranhão:

Figura 12 – Mapa do Índice de Sensibilidade (IS)



Fonte: Vommario, 2017.

Analisando-se os resultados pelos subíndices, em Senador Alexandre Costa, os altos valores de dois deles: ISS (0,92) e IPo (0,80), foram determinantes para atingir o maior IS dentre os municípios maranhenses. A lógica se manteve no município de Amapá do Maranhão, onde apesar de apresentar um IDAC intermediário (0,50), os altos resultados para os outros dois subíndices (IPo=0,85; ISS=0,77) foram determinantes para o alto indicador no IS (0,91). Nos demais municípios com alta sensibilidade, observam-se comportamentos distin-

tos, como por exemplo, o caso de Codó, onde o subíndice mais elevado nos resultados apresentados, foi o IDAC (0,90), o que contribuiu consideravelmente para um alto IS (0,89).

Observa-se que a capital São Luís, como esperado, o IDAC, apresentou um índice de 0,95, refletindo a maior susceptibilidade às doenças associadas ao clima. Analisando-se os outros dois subíndices, São Luís desperta como um município de baixa fragilidade à pobreza (IPo) e aos aspectos sociodemográficos (ISS), quando comparado aos demais municípios maranhenses. Assim, a capital apresenta um valor de IS moderado (0,37), apesar da alta fragilidade observada com relação aos valores calculados para o IDAC, os outros subíndices foram mais favoráveis, e fatalmente contribuíram para que a capital não esteja entre os municípios mais vulneráveis no IS.

Os municípios menos sensíveis, em geral, apresentam resultados mais consistentes em seus subíndices, considerando que nos seis municípios menos vulneráveis do estado, é possível verificar que poucos destes subíndices apresentaram valores considerados intermediários, como o caso de Santana do Maranhão, que recebeu 0,50 no IPO, ou mesmo Lajeado Novo, com 0,45 no mesmo subíndice. No geral, a baixa vulnerabilidade para o IS foi representada de forma mais alinhada, nos respectivos subíndices, ou seja, os menores IS obtiveram valores extremamente baixos dentro de seus subíndices. A tabela 2 abaixo ilustra as variações dos subíndices do IS, para um conjunto de municípios relevantes para ilustrar o IS:

Tabela 2 - Municípios e resultados mais relevantes (IS)

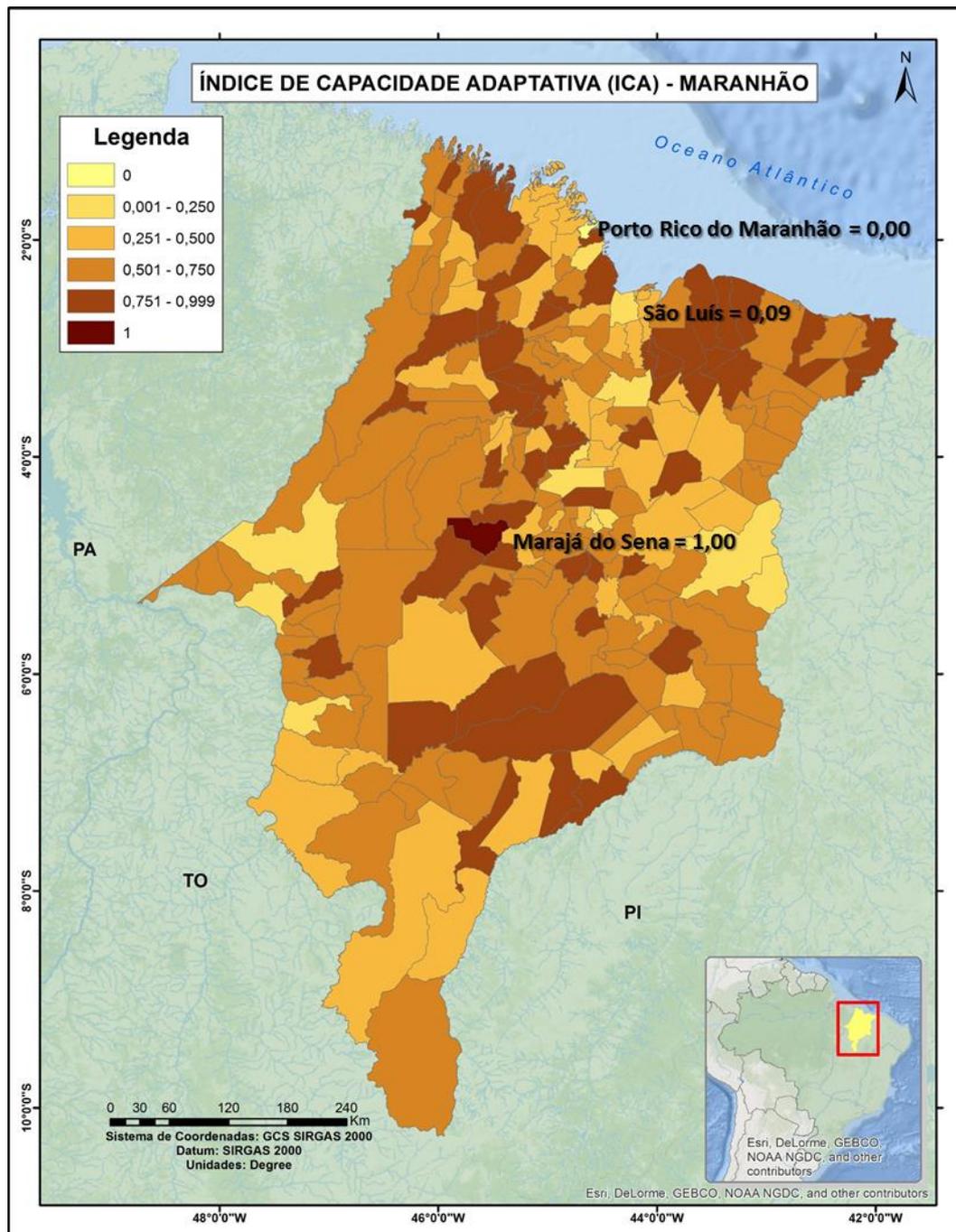
Município	IDAC	IPo	ISS	IS
Senador Alexandre Costa	0,56	0,8	0,92	<b>1</b>
Amapá do Maranhão	0,5	0,85	0,77	<b>0,91</b>
Itapecuru Mirim	0,79	0,55	0,77	<b>0,9</b>
Buriticupu	0,74	0,75	0,62	<b>0,9</b>
Codó	0,9	0,5	0,69	<b>0,89</b>
Santa Luzia	0,61	0,8	0,69	<b>0,89</b>
Tufilândia	0,4	0,65	<b>1</b>	<b>0,87</b>
Barra do Corda	<b>1</b>	0,35	0,62	<b>0,82</b>
Capinzal do Norte	0,13	0,7	<b>1</b>	<b>0,74</b>
Trizidela do Vale	0,28	0,35	<b>1</b>	<b>0,63</b>
Belágua	0,19	<b>1</b>	0,31	<b>0,55</b>
<b>São Luís</b>	<b>0,95</b>	<b>0</b>	<b>0,23</b>	<b>0,37</b>
Santo Amaro do Maranhão	<b>0</b>	0,7	0,46	<b>0,36</b>
Matões do Norte	0,26	0,7	<b>0</b>	<b>0,25</b>
São José de Ribamar	0,61	<b>0</b>	0,31	<b>0,22</b>
Imperatriz	0,66	<b>0</b>	0,23	<b>0,21</b>
Sítio Novo	0,42	0,45	<b>0</b>	<b>0,2</b>
Carolina	0,37	0,15	0,23	<b>0,12</b>
Fortaleza dos Nogueiras	0,21	0,3	0,23	<b>0,12</b>
Lajeado Novo	0,21	0,45	0,08	<b>0,12</b>
Santana do Maranhão	0,08	0,5	0,15	<b>0,12</b>
Alto Parnaíba	0,23	0,25	0,23	<b>0,11</b>
Paço do Lumiar	0,37	<b>0</b>	0,15	<b>0</b>

Fonte: Vommaro, 2017.

### 5.3. ÍNDICE DE CAPACIDADE ADAPTATIVA

Os resultados para o ICA apresentam, assim como no IS, uma distribuição relativamente aleatória dentro do estado. Os resultados apresentados a seguir seguem a leitura dos subíndices que compõem o ICA, bem como seu resultado final.

Figura 13 – Mapa do Índice de Capacidade Adaptativa (ICA)



Fonte: Vommaro, 2017

Segundo os resultados apresentados, o município de Marajá do Sena, na porção central do estado, possui a mais baixa Capacidade Adaptativa dentre os municípios maranhenses, considerando o seu valor mais alto para o ICA (1,00). Em situação semelhante estão os municípios de Jenipapo dos Vieiras (0,97), Cândido Mendes (0,96), Belágua e Fernando Falcão (0,95).

No bloco de municípios com ICA mais baixo, encontra-se a capital São Luís (ICA=0,09), bem como os municípios de Itapecuru Mirim (0,09), Bacabal (0,02) e Porto Rico do Maranhão (0,00).

**Tabela 3 - Municípios e resultados mais relevantes (ICA)**

Município	IES	IAdap	IOS	ICA
Marajá do Sena	1	0,75	0,75	1
Jenipapo dos Vieiras	1	0,43	1	0,97
Cândido Mendes	1	0,67	0,75	0,96
Belágua	0,75	0,9	0,75	0,95
Fernando Falcão	0,75	0,65	1	0,95
São Luís	0	0,15	0,5	0,09
Itapecuru Mirim	0,25	0,4	0	0,09
Bacabal	0	0	0,5	0,02
Porto Rico do Maranhão	0	0,47	0	0

Fonte: Vommaro, 2017

Analisando-se a realidade pelos subíndices dos municípios de mais alto ICA, a situação de Marajá do Sena é de baixa capacidade adaptativa em todos os aspectos, porém é no IES, que mede a estrutura socioeconômica, que a situação é extrema, assim como nos outros dois municípios mais vulneráveis: Jenipapo dos Vieiras e Cândido Mendes (IES=1,00), os municípios de Belágua e Fernando Falcão aparecem com valores um pouco mais baixos.

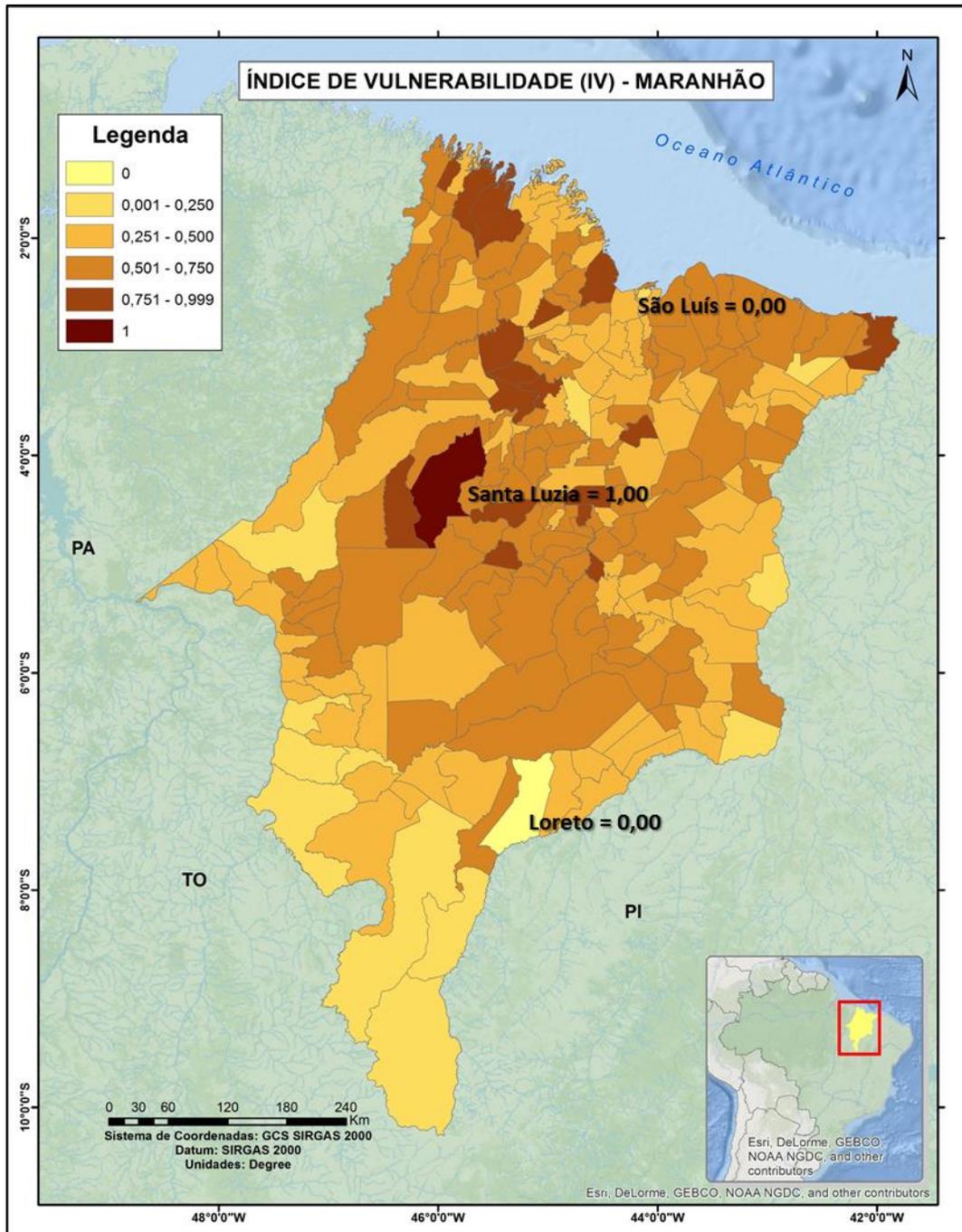
No contexto comparativo por cada subíndice, Jenipapo dos Vieiras registrou valores extremos para o IES e para o IOS (1,00), fatores que contribuíram para um dos maiores ICA, a despeito de um IAdap mais razoável (0,43); Cândido Mendes, respondeu com uma realidade próxima à Marajá do Sena, contudo, seu IAdap um pouco mais baixo (0,67). Os municípios de Belágua e Fernando Falcão, apesar de apresentaram um ICA similar, possuem uma certa diferenciação sobre seus determinantes, representados pelos subíndices: onde Belágua é influenciada pela alta vulnerabilidade ao IAdap (0,90) e Fernando Falcão, por sua vez, tem seu ICA alto, puxado pelo extremo valor do IOS (1,00)

Comentando-se a situação dos municípios menos vulneráveis, em São Luís e Bacabal, foram registrados valores intermediários para o IOS (0,50) a despeito dos outros subíndices, de baixo valor que foram apresentados nesses municípios. Ressalta-se que 11 municípios não obtiveram indicador para o IES, pois não foram divulgados seus IFDM, devido à falta de dados obtidos para o cálculo pela FIRJAN, logo, o Índice de Capacidade Adaptativa nestes municípios foram calculados apenas pelo IAdap e pelo IOS.

#### 5.4. ÍNDICE DE VULNERABILIDADE

O mapa a seguir apresenta os resultados do IV para os municípios maranhenses:

**Figura 14 – Mapa do Índice de Vulnerabilidade (IV)**



Fonte: Vommaro, 2017.

O IV do Maranhão, representa a síntese de vulnerabilidade as três principais dimensões que a compõem: Exposição, Sensibilidade e Capacidade Adaptativa. Os componentes foram apresentados separadamente e descritos quanto aos seus aspectos representados nos

subíndices. O entendimento do IV, é que a vulnerabilidade possa ser sintetizada em distintas dimensões, para que se tenha uma ideia geral da situação de cada município considerando os riscos como um todo. Nesse sentido, o município de Santa Luzia, aparece como maior IV no estado (1,00); Loreto, na porção sul do Maranhão é o menos vulnerável (0,00) e a capital São Luís apresentou uma vulnerabilidade considerada baixa (0,27). A tabela 4 sintetiza os resultados comentados:

**Tabela 4 - Municípios e resultados mais relevantes (IV)**

Município	IE	IS	ICA	IV
Santa Luzia	0,87	0,89	0,69	<b>1</b>
Turiaçu	0,6	0,85	0,93	<b>0,96</b>
São Luís Gonzaga do Maranhão	0,67	0,64	0,84	<b>0,85</b>
Paulo Ramos	0,45	0,82	0,89	<b>0,84</b>
Araioses	0,65	0,65	0,84	<b>0,83</b>
Cajari	0,45	0,73	0,92	<b>0,82</b>
Alcântara	0,67	0,64	0,79	<b>0,82</b>
Monção	0,51	0,71	0,86	<b>0,81</b>
Pirapemas	0,45	0,72	0,9	<b>0,8</b>
Luís Domingues	0,6	0,68	0,78	<b>0,8</b>
Marajá do Sena	0,42	0,56	<b>1</b>	<b>0,75</b>
Senador Alexandre Costa	0,15	<b>1</b>	0,57	<b>0,62</b>
Pedreiras	<b>1</b>	0,41	0,23	<b>0,58</b>
<b>São Luís</b>	<b>0,57</b>	<b>0,37</b>	<b>0,09</b>	<b>0,27</b>
Porto Rico do Maranhão	0,54	0,38	<b>0</b>	<b>0,21</b>
Estreito	0,34	0,17	0,39	<b>0,2</b>
Alto Parnaíba	0,04	0,11	0,7	<b>0,18</b>
São Pedro dos Crentes	0,24	0,13	0,49	<b>0,18</b>
Paço do Lumiar	0,47	<b>0</b>	0,39	<b>0,18</b>
Açailândia	0,51	0,23	0,12	<b>0,18</b>
Porto Franco	0,44	0,22	0,17	<b>0,17</b>
Tasso Fragoso	<b>0</b>	0,37	0,43	<b>0,16</b>
Balsas	0,1	0,38	0,26	<b>0,12</b>
Carolina	0,04	0,12	0,48	<b>0,07</b>
Loreto	0,04	0,13	0,34	<b>0</b>

Fonte: Vommaro, 2017

Os municípios com alto valor de IV, sugerem altos índices de vulnerabilidades para todas as dimensões expressas para os seus subíndices, contudo, é possível estabelecer algumas

observações quanto aos resultados: Santa Luzia, com o maior IV, apresenta uma combinação de altos valores para as três principais dimensões da vulnerabilidade, contudo, não apresenta nenhum valor extremo para cada uma delas, o que denota que, para o resultado final calculado, um conjunto de fatores de vulnerabilidade contribuem para que o município esteja em situação de maior atenção à vulnerabilidade perante os demais, assim como observado nos municípios seguintes, como Turiaçu (IV=0,96) e São Luís Gonzaga do Maranhão (IV=0,85), Araiões (IV=0,83) e Alcântara (IV=0,82) que possuem fragilidade nas três dimensões.

A despeito de um cenário um pouco mais reduzido para o IE, os municípios de Paulo Ramos, Cajari e Monção apresentam vulnerabilidades próximas do extremo, especialmente no ICA (0,89; 0,92 e 0,86 respectivamente), situação de fragilidade que reflete também nos seus valores para o IS, estando no cerne de municípios altamente vulneráveis, com valores superiores a 0,70.

Municípios que obtiveram resultados extremos para cada uma das dimensões analisadas, aparecem com certa diferenciação em suas realidades, visto que a vulnerabilidade extrema, somente em sensibilidade, exposição ou capacidade adaptativa não é crucial para que ele esteja em uma situação obrigatória de alta vulnerabilidade como um todo, porém, é alarmante que uma dimensão sobressalte em relação as demais medidas para cada um desses municípios. É o caso de Marajá do Sena (ICA=1,00), com alto IV (0,75), porém não estando entre os dez mais vulneráveis do estado, pois mostrou menor vulnerabilidade nas outras dimensões: IE=0,42 e IS=0,56; Senador Alexandre Costa (IS=1,00), que possui um IV considerado intermediário (0,62), onde observa-se bom resultado para o IE (0,15) e, em condição similar, Pedreiras (IE=1,00), com um IV intermediário (0,58), porém com um bom resultado para o ICA (0,23).

A capital São Luís apresentou como um todo, uma vulnerabilidade considerada baixa (IV=0,27), porém chama a atenção o seu IE em posição mais intermediária (0,57). A boa resposta, principalmente ao ICA (0,09) contribuiu significativamente para a redução da vulnerabilidade geral do município.

Em situação de menor vulnerabilidade, Loreto recebeu a contribuição equilibrada dos indicadores de cada um dos componentes, principalmente no quesito exposição (IE=0,04). O mesmo ocorre com os outros três municípios com menor IV para o estado: Carolina (IE=0,04), Balsas (IE=0,10) e Tasso Fragoso (IE=0,00), este último, com o mais baixo valor para exposição, que reflete a um IV de 0,16, considerado baixo.

Outros municípios, apesar de se encontrar em posição de baixa vulnerabilidade perante

o IV, possuem fragilidades observadas nas dimensões, como o caso de Açailândia, baixo IV (0,18), porém com necessidade de atenção ao IE mais destoante (0,51). Outros municípios como Alto Parnaíba, Porto Rico do Maranhão e São Pedro dos Crentes, algumas fragilidades chamam a atenção, como o alto ICA registrado no primeiro município citado: Alto Parnaíba, apesar de baixo IV (0,18), apresentou alto ICA (0,70), denotando clara necessidade de direcionar a redução da vulnerabilidade dentro desta dimensão, no que diz respeito à capacidade de adaptação. Portanto, o IV sintetizado, tem a pretensão de informar o panorama geral dos municípios em relação a sua condição de vulnerabilidade atual com relação às mudanças do clima, porém é interessante aprofundar a análise para cada uma das suas dimensões para entender como se dá essa vulnerabilidade.

### 5.5. ÍNDICE DE CENÁRIOS CLIMÁTICOS 4.5 E 8.5

O ICC é apresentado, com enfoque nas anomalias de temperatura e precipitação, que analisadas em um cenário calculado a partir da extração de variáveis disponíveis no modelo climático regional ETA/HadGEM2. No uso do modelo, as projeções RCP 4.5 e 8.5, dão, ideias distintas sobre as anomalias futuras, baseados em diferentes políticas globais de controles de emissões, onde o indicador que se sucede (IMV), recebe forte influência dos cenários utilizados para projetar a sua vulnerabilidade futura. No ICC 4.5, cenário de emissões mais reduzidas, em tese, apresenta menores anomalias para as variáveis climáticas, enquanto o ICC 8.5, cenário de maior emissão de GEE, são observadas maiores diferenças do período futuro em relação a realidade climática atual.

Em relação aos indicadores calculados anteriormente, os resultados para os cenários climáticos se apresentam de forma mais homogênea, em parte pela escolha de representar os dois cenários em uma única padronização, ou seja, os valores máximos e mínimos, comparados nos dois cenários, de forma que uma única unidade de análise, no caso o município, recebe a possibilidade de comparar as duas realidades projetadas entre si.

Analisando-se os dois cenários, o ICC 8.5 apresentou as maiores anomalias em todas as variáveis e conseqüentemente, para o indicador final. A seguir, os resultados de cada um dos cenários

A capital São Luís apresentou indicadores considerados intermediários em ambos os cenários, consideradas as proporções. 0,33 no cenário RCP 4.5 é acrescido para 0,67, no RCP 8.5. Na tabela 5, é possível verificar o comportamento dos indicadores dos municípios citados, em cada uma das RCP correspondentes:

Tabela 5 - Municípios e resultados mais relevantes (ICC 4.5 e 8.5)

Município	ICC 4.5	ICC 8.5
Itaipava do Grajaú	0,33	1
Lajeado Novo	0,33	1
São Pedro da Água Branca	0,33	1
Santa Luzia	0,5	0,83
Grajaú	0,5	0,83
São Luís	0,33	0,67
Axixá	0,33	0,5
São José de Ribamar	0,33	0,5
Matões	0	0,5
Timon	0	0,33
Apicum-Açu	0,17	0,33
Porto Rico do Maranhão	0,17	0,33

Fonte: Vommaro, 2017

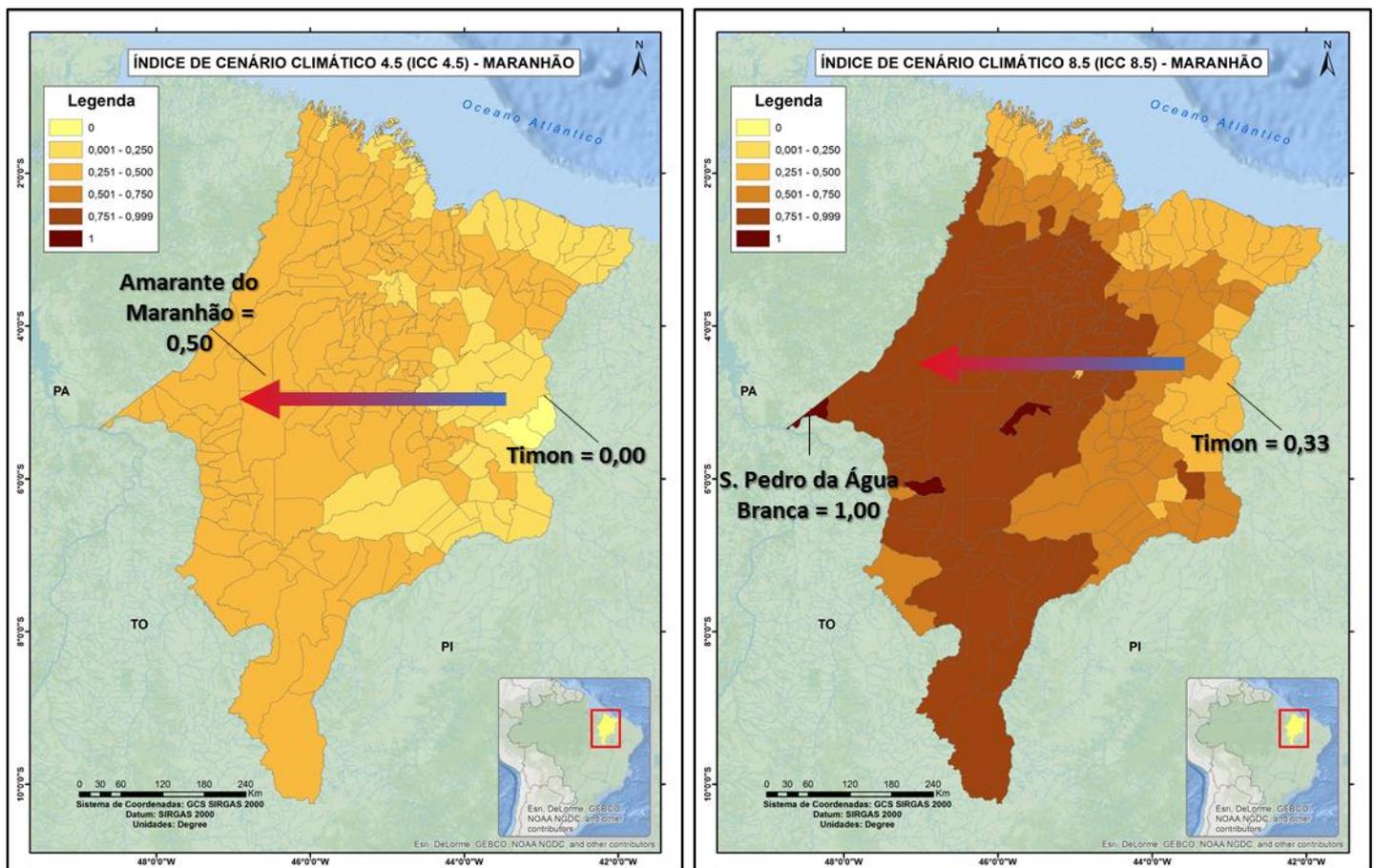


Figura 15 – Mapas do ICC 4.5 e 8.5

Fonte: Vommaro, 2017

Para o cenário RCP 4.5, 158 municípios, estão concentrados entre 0,33 e 0,50, com valores mais elevados no Sudoeste do estado, sendo 15 municípios com valor igual a 0,50, a maioria concentrada nas porções Oeste e Noroeste do estado. Os menores indicadores, próximos a 0, estão no Leste, com destaque para Timon e Matões, na divisa com o estado do Piauí (0,00), e praticamente toda a faixa do litoral, com indicadores em 0,17

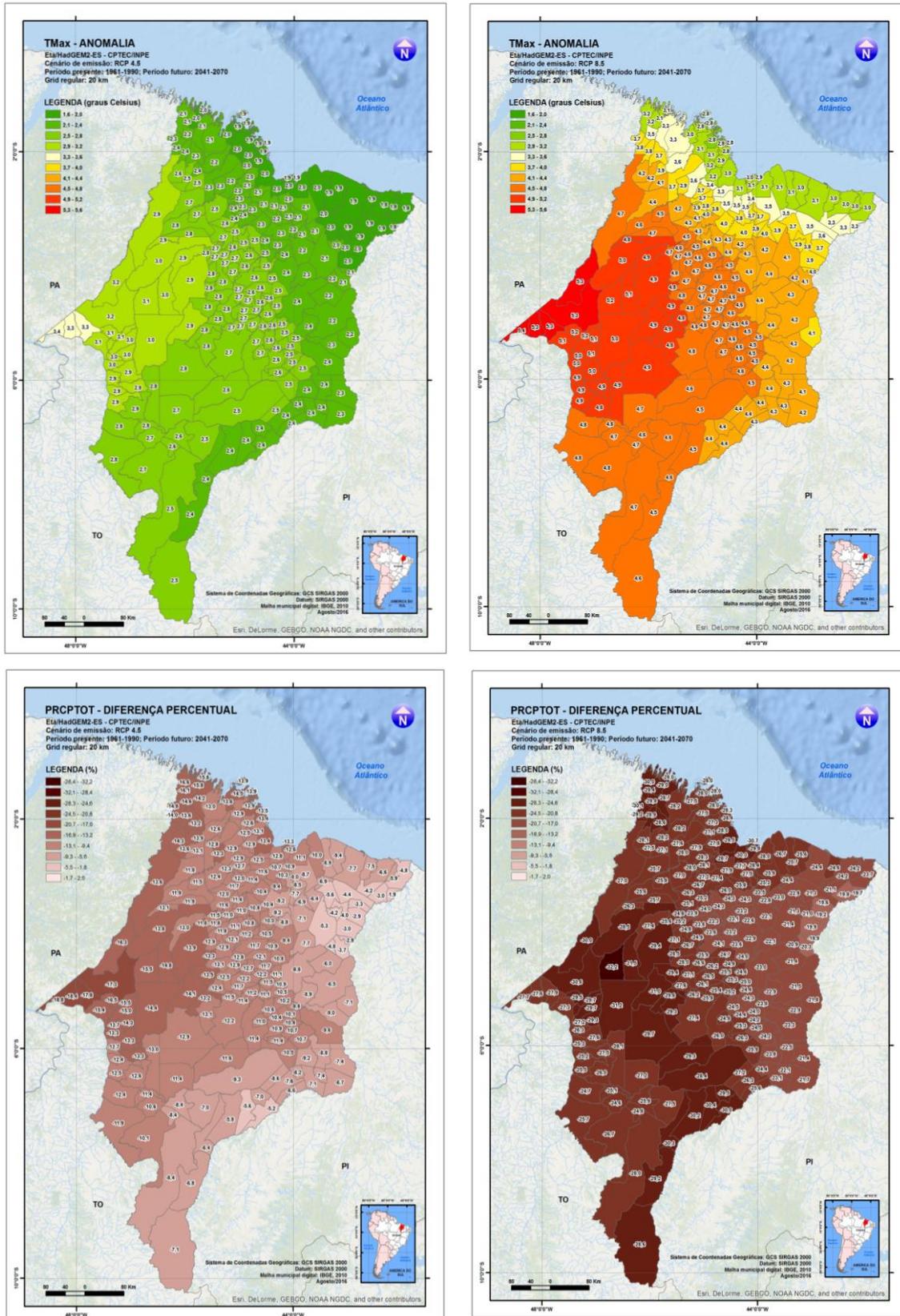
Em se tratando do RCP 8.5, o cenário que reflete maiores concentrações de emissões de GEE, intensificam-se os valores das anomalias de temperatura na região Sudoeste, na área Central e no Sul do estado, sendo três os municípios com o maior valor (ICC 8.5=1,00): São Pedro da Água Branca e Lajeado Novo, ambos no Oeste; e Itaipava do Grajaú, no Centro-Oeste.

Entre os principais determinantes para o resultado encontrado nos dois ICC, estão o comportamento das variáveis de temperatura, onde a TMax, observada nos dois cenários aponta para uma piora do quadro, especialmente nos municípios a Oeste do Maranhão, onde a anomalia para as médias máximas chega a 3,4°C em São Pedro da Agua Branca, no cenário RCP 4.5 e 5.4°C no RCP 8.5.

A situação mais grave projetada para a porção Oeste do estado é visível também pelos resultados da anomalia de precipitação, onde a região chega a registrar perda percentual de 18,8% no RCP 4.5 para São Pedro da Agua Branca e 32,2% no RCP 8.5 em Bom Jesus das Selvas.

A situação na capital São Luís, acompanha a projeção para a anomalia climática, relativamente mais baixo em relação ao Oeste do estado, todavia, as anomalias climáticas projetadas chamam a atenção e também a necessidade de olhar para a adaptação do maior núcleo urbano do estado, às mudanças do clima. No RCP 4.5, foi registrado aumento de 2,0° C das médias máximas e uma redução de 12,8% na precipitação total. No RCP 8.5 é projetada uma situação mais grave: 3,1° C de aumento das médias máximas e 30,3% a menos na precipitação total anual. A figura 16 ilustra a concentração espacial das variáveis no Estado:

Figura 16 – Mapas das Anomalias de TMax e Precp. Total – RCP 4.5 e 8.5



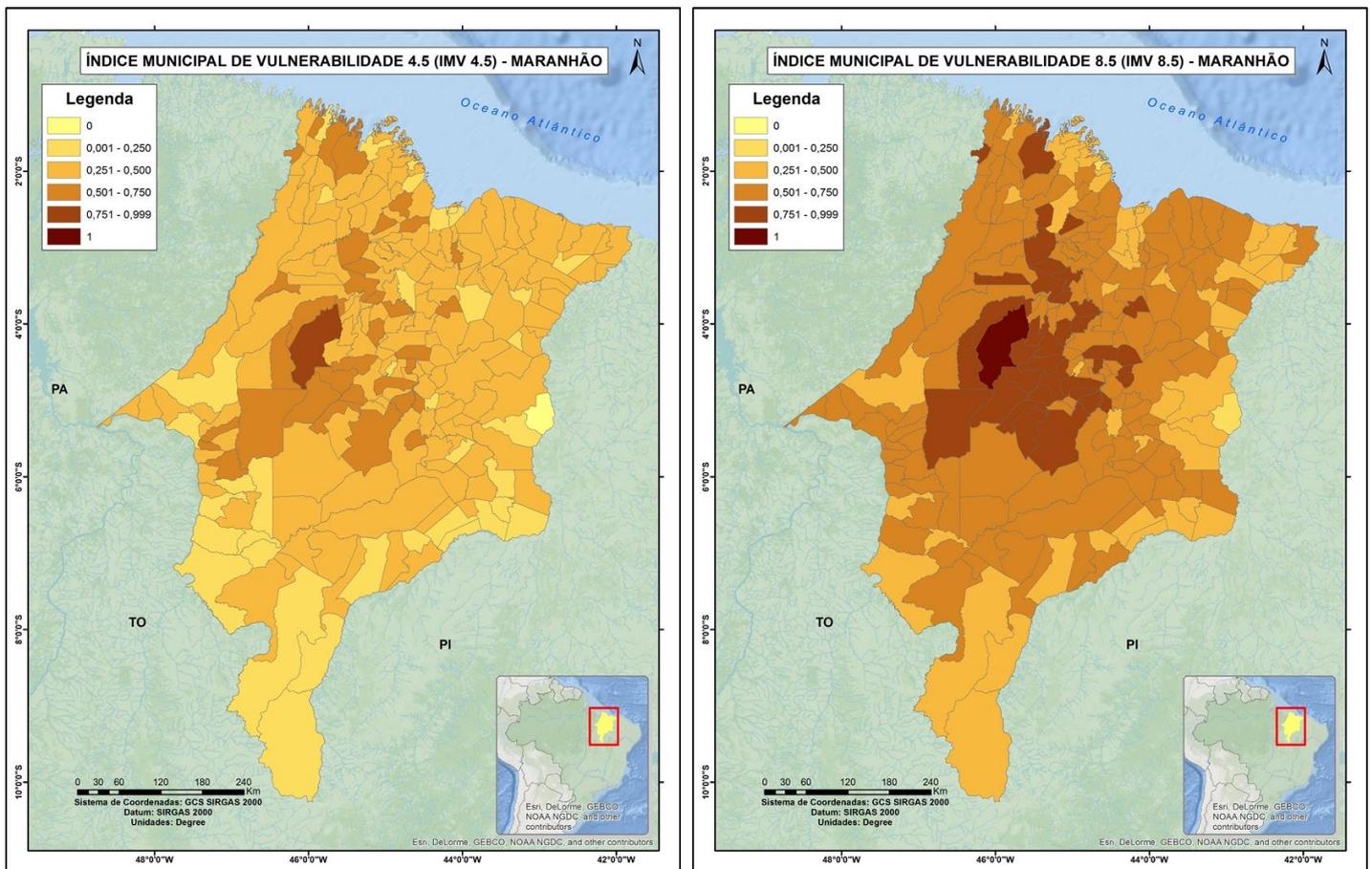
Fonte: Vommario, 2017

## 5.6. ÍNDICE MUNICIPAL DE VULNERABILIDADE

A seguir são apresentados os dois resultados para o IMV. A composição do IMV envolve além do IV, o incremento dos resultados dos ICC nos RCP 4.5 e 8.5, onde, são agregadas informações sobre a vulnerabilidade da população à mudança do clima no presente, com os efeitos da mudança do clima sobre as variáveis climatológicas, resultando em um índice de vulnerabilidade à mudança do clima futuro. Observa-se que foi realizada a padronização, de forma que o menor valor (IMV=0,00) corresponde ao ICC 4.5, e o maior (IMV=1,00) ao ICC 8.5.

Os municípios localizados na região central do estado apresentaram nos dois cenários finais, os maiores indicadores de vulnerabilidade. Os menores IMV nos dois cenários, ficaram mais concentrados em regiões limítrofes do estado, em especial no Leste e extremo Sul.

**Figura 17 – Mapas dos cenários 4.5 e 8.5 para o IMV**



Fonte: Vommaro, 2017

As menores vulnerabilidades no estado, na análise do RCP 4.5, ficaram por conta do município de Timon, no Leste do estado (IMV 4.5=0,00; IMV 8.5=0,21), seguido de Loreto, (IMV 4.5=0,07;), no Sul. A capital São Luís, também apresentou baixa vulnerabilidade da população à mudança do clima (IMV 4.5=0,22).

O maior IMV ficou com o município de Santa Luzia, que apresentou o maior índice padronizado nos dois cenários, (IMV 4.5=0,79 e IMV 8.5=1,00). Os municípios de Itaipava do Grajaú, Paulo Ramos e São Luís Gonzaga do Maranhão obtiveram altos índices para cenário 8.5 (0,94 e 0,9 respectivamente). Turiacu obteve o segundo maior indicador no cenário 4.5 (0,67), seguido de Arame (IMV 4.5=0,62).

**Tabela 6 - Maiores e Menores IMV por cenários 4.5 e 8.5**

<b>Município</b>	<b>IV</b>	<b>IMV 4.5</b>	<b>IMV 8.5</b>
Santa Luzia	<b>1</b>	<b>0,79</b>	<b>1</b>
São Luís Gonzaga do Maranhão	0,85	<b>0,6</b>	<b>0,9</b>
Paulo Ramos	0,84	<b>0,59</b>	<b>0,9</b>
Cajari	0,82	<b>0,47</b>	<b>0,89</b>
Monção	0,81	<b>0,57</b>	<b>0,88</b>
Pedro do Rosário	0,78	<b>0,56</b>	<b>0,86</b>
Palmeirândia	0,78	<b>0,55</b>	<b>0,86</b>
Buriticupu	0,77	<b>0,55</b>	<b>0,86</b>
Penalva	0,76	0,54	0,85
Itaipava do Grajaú	0,73	<b>0,53</b>	<b>0,94</b>
Apicum-Açu	0,47	<b>0,26</b>	<b>0,37</b>
Santa Rita	0,33	<b>0,28</b>	<b>0,38</b>
Guimarães	0,31	<b>0,16</b>	<b>0,37</b>
São José de Ribamar	0,29	<b>0,25</b>	<b>0,35</b>
<b>São Luís</b>	<b>0,27</b>	<b>0,24</b>	<b>0,45</b>
Santana do Maranhão	0,25	<b>0,13</b>	<b>0,33</b>
Porto Rico do Maranhão	0,21	<b>0,1</b>	<b>0,21</b>
Timon	0,21	<b>0</b>	<b>0,21</b>
Paço do Lumiar	0,18	<b>0,08</b>	<b>0,29</b>
Carolina	0,07	<b>0,12</b>	<b>0,32</b>
Loreto	<b>0</b>	<b>0,07</b>	<b>0,38</b>

Fonte: Vommaro, 2017

## 6. DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS INDICADORES

Os resultados apresentados para o estado, atendem de maneira rigorosa, a leitura das variáveis apresentadas para cada um dos indicadores presentes na metodologia do estudo. A vulnerabilidade da população maranhense, medida neste estudo, basicamente pela respectiva fragilidade em aspectos de exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa. São dimensões alinhadas com a necessidade de serem agregadas ao planejamento na gestão pública, frente aos desafios que serão impostos com as previsões dos cenários climáticos para as próximas décadas. Ainda assim, a leitura dos resultados com uma análise mais aprofundada dos indicadores, permite agregar também outros fatores que possam contribuir para retratar a realidade.

### 6.1. ÍNDICE DE VULNERABILIDADE E A ANÁLISE DOS DETERMINANTES

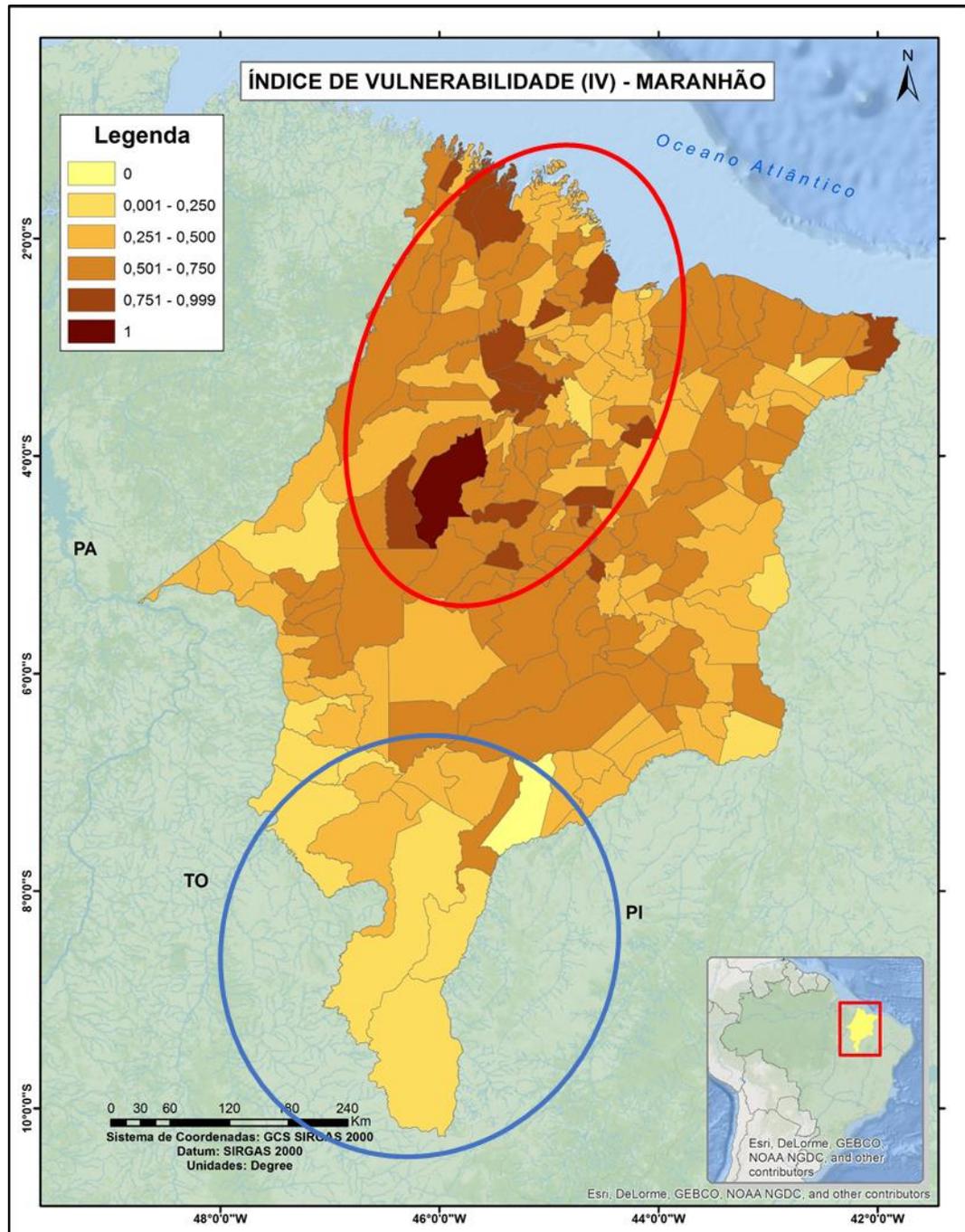
O IV, em suma, pode retratar diversos aspectos gerais, movidos pelos componentes de fragilidade à vulnerabilidade socioeconômica, ambiental, de saúde e de governança municipal.

A interpretação do comportamento espacial possibilita conhecer as diferenças entre os municípios e a forma como as populações serão afetadas e se terão condições de reagir aos impactos da mudança do clima no futuro, contribuindo para o planejamento de estratégias de resiliência e de adaptação à mudança do clima.

O índice representa, então, um esforço de síntese de uma narrativa de fatores que influenciam na vulnerabilidade humana à mudança do clima, permitem visualizar a construção dessa narrativa e complexidade do caminho analítico. Permite, ainda, mostrar as similaridades e inter-relações entre parâmetros; verificar padrões espaciais como reflexos de processos e práticas históricas e políticas, que interferem nos atuais quadros de desenvolvimento social, ambiental e na saúde humana; e contribui para a existência e diversidade de instituições, de cultura política e econômica, que possibilitam projetar maior ou menor resiliência e capacidade adaptativa à mudança do clima, alinhada com a busca efetiva do desenvolvimento sustentável.

No que tange a realidade do estado e a confiabilidade do estudo, comparações entre os resultados dos índices com a realidade assistida desses municípios, fazem com que a análise chegue o mais próximo do entendimento da vulnerabilidade da população que ali vive. Na figura 18, é possível identificar para o IV, alguns *hotspots*, concentrando a maior e menor vulnerabilidade no estado.

Figura 18 – Concentração dos Maiores e menores Índices de Vulnerabilidade (IV) por municípios



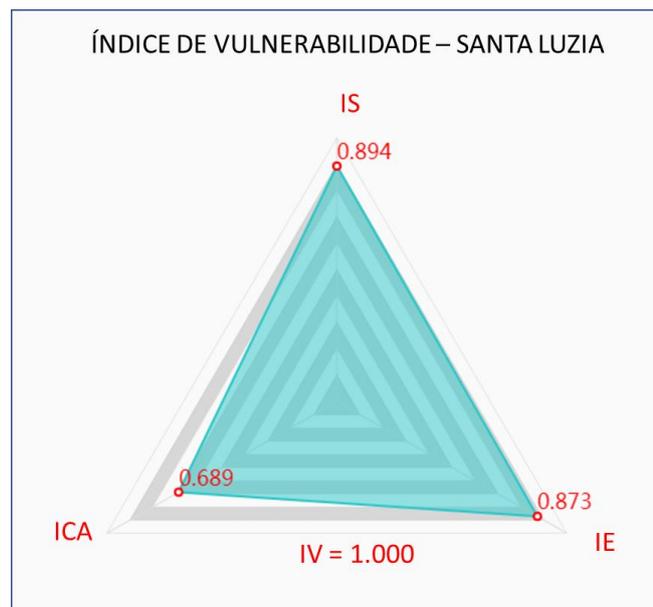
Fonte: Vommaro, 2017.

O estado do Maranhão mostrou sua fragilidade nas regiões centrais do estado, onde foram medidos os valores mais altos para o IV. Os indicadores com IV mais baixo, concentraram-se em boa parte, no Sul do estado. A composição sintética do Índice de Vulnerabilidade, aponta para a necessidade em se atentar para todas as formas de fragilidades de origem socioeconômica, ambiental e de saúde. No âmbito das mudanças climáticas, este Índice, se insere

em uma leitura do presente para traçar estratégias de adaptação da população à mudança do clima.

Santa Luzia, obteve o maior IV dentre os municípios maranhenses, o que significa que seu indicador, somando todas as fragilidades que encontradas na Exposição, Sensibilidade e Capacidade Adaptativa, contribuíram para que o município tenha o cenário mais grave frente a vulnerabilidade à mudança do clima, no estado do Maranhão. A participação das dimensões principais, representados pelos índices que compõem o índice final, é o primeiro aprofundamento da análise da vulnerabilidade municipal, considerando a metodologia do estudo. Dependendo de cada realidade, uma dimensão ou outra, pode expor com mais intensidade a realidade da vulnerabilidade. No caso de Santa Luzia, a Exposição (0,87) e a Sensibilidade (0,89) foram dimensões que se destacaram mais, na leitura do IV, e expõe a fragilidade do município, de forma mais alarmante do que no ICA, no qual obteve um Índice de 0,69.

**Figura 19 –Distribuição da vulnerabilidade por dimensões, no município de Santa Luzia**



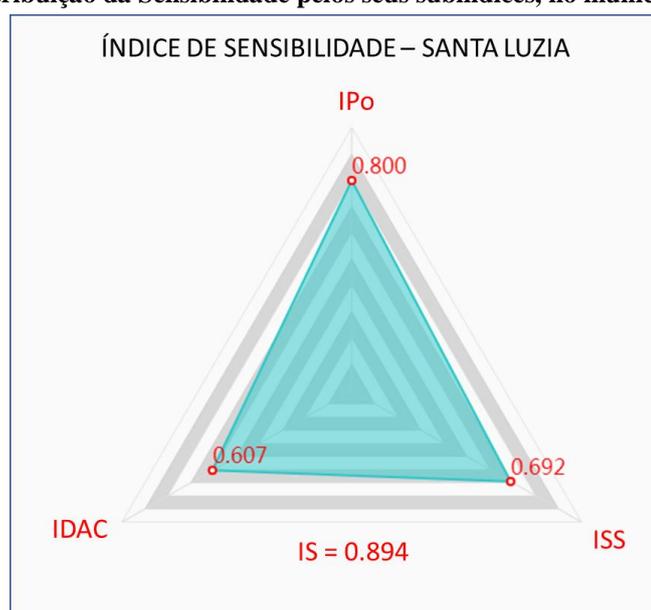
**Fonte:** Adaptado de SISVUCLIMA, 2017

A análise da vulnerabilidade de um município como Santa Luzia, pela forma como é descrita no indicador, permite a compreensão por várias formas. A primeira é justamente a leitura do IV, pois há de se considerar que diante de todos os 217 municípios maranhenses, Santa Luzia, por meio do IV representa o município da mais alta vulnerabilidade, sendo o que necessitará de mais esforços para reduzir a vulnerabilidade, em termos gerais, sociais, econômicos, ambientais, epidemiológicos, etc.

Contribuindo para o aprofundamento desta leitura, a compreensão e leitura dos outros indicadores é fundamental para se chegar aos determinantes dessa vulnerabilidade: para tal, a análise de cada um dos subíndices, compostos pelas dimensões e seus indicadores de vários níveis de análise podem ser levados em consideração, para buscar ações concretas, considerando que devem ser tomadas decisões diversas para cada uma das variáveis, seja na melhoria da cobertura vegetal; planos de alerta reduzindo as ocorrências de vítimas de desastres de origem meteorológica; melhoria do sistema de saúde, reduzindo os agravos e óbitos pelas doenças estudadas; mais investimento em infraestrutura dos serviços públicos em geral, dentre outras ações na esfera governamental que impactariam diretamente no resultado de tais indicadores.

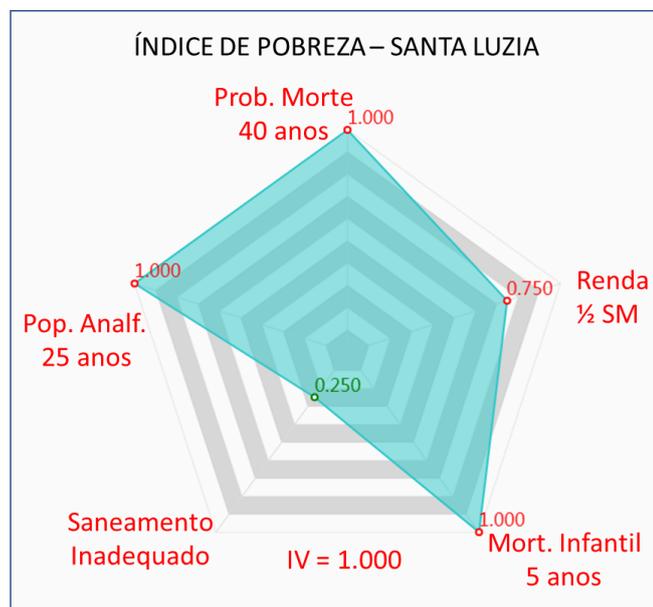
A seguir (figura 20), um pequeno aprofundamento dos determinantes de Vulnerabilidade de Santa Luzia, em especial pela Sensibilidade, onde o município obteve um IS de 0,89. Dentro da matriz da sensibilidade, é possível verificar que nos seus subíndices, o IPo, indicador responsável pelos aspectos individuais que definem pobreza, recebe maior destaque, com valor de 0,80. Ao aprofundar a leitura do IPo, verifica-se que variáveis que compõem os indicadores de População Analfabeta maior de 25 anos; Probabilidade de morrer antes dos 40 anos e mortalidade infantil até 5 anos, são graves problemas enfrentados por este município (figura 21). A ação direta e prioritária nessas questões, contribui consideravelmente para a redução da vulnerabilidade no município.

**Figura 20 – Distribuição da Sensibilidade pelos seus subíndices, no município de Santa Luzia**



**Fonte:** Adaptado de SISVUCLIMA, 2017

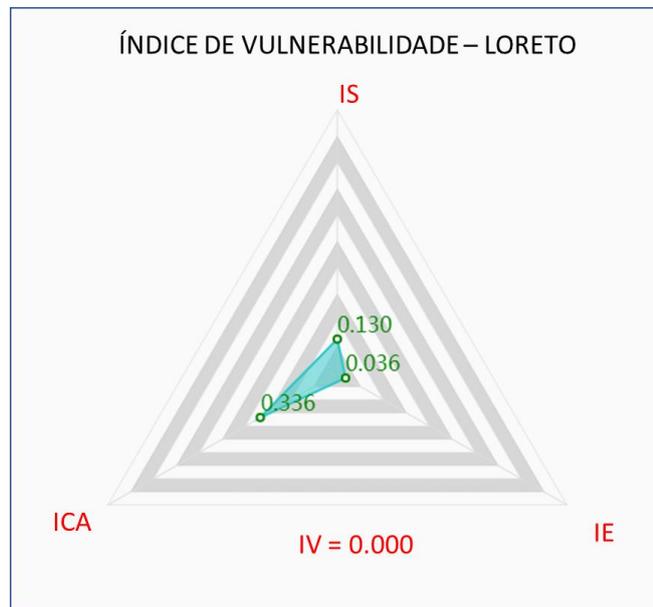
**Figura 21 – Distribuição subíndice de pobreza, pelos seus indicadores básicos, no município de Santa Luzia**



**Fonte:** Adaptado de SISVUCLIMA, 2017

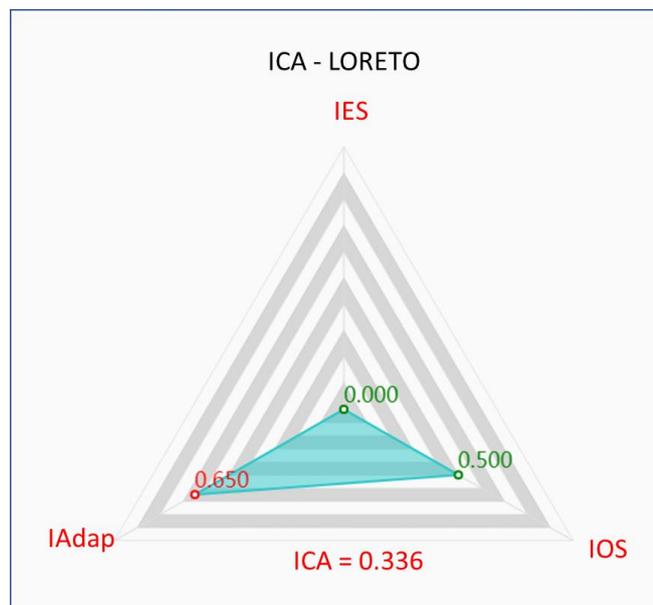
No mesmo contexto, mesmo em municípios que apontaram baixa vulnerabilidade no IV, a leitura aprofundada da vulnerabilidade pode extrair indicadores que alertam para a necessidade de melhora da realidade. No caso de Loreto, menor IV do estado (figura 22), o comportamento do município também é analisado em função dos seus subíndices apresentados. A Exposição e a Sensibilidade tiveram resultados bem próximos à vulnerabilidade baixa verificada no IV. O município, obteve um dos menores valores para o IE (0,04) e uma baixa fragilidade na dimensão de Sensibilidade (0,13). A capacidade adaptativa, apesar de um pouco acima (0,34) (figura 23), não compromete a situação geral de vulnerabilidade, mas alerta que nesse sentido, os esforços para a adaptação às mudanças do clima podem ser pensados com maior prioridade em ações nesta dimensão.

**Figura 22 – Gráfico Radar do IV de Loreto**



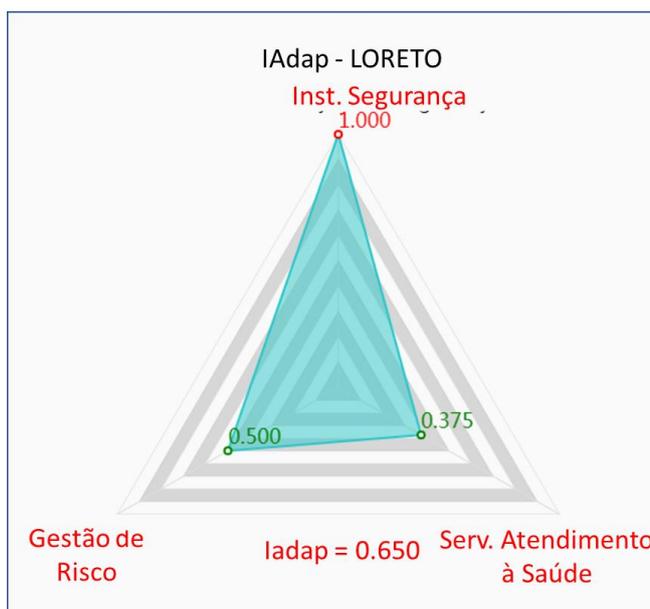
Fonte: Adaptado de SISVUCLIMA, 2017

**Figura 23 – Gráfico Radar do ICA de Loreto**



Fonte: Adaptado de SISVUCLIMA, 2017

**Figura 24 – Gráfico Radar do IAdap de Loreto**



**Fonte:** Adaptado de SISVUCLIMA, 2017

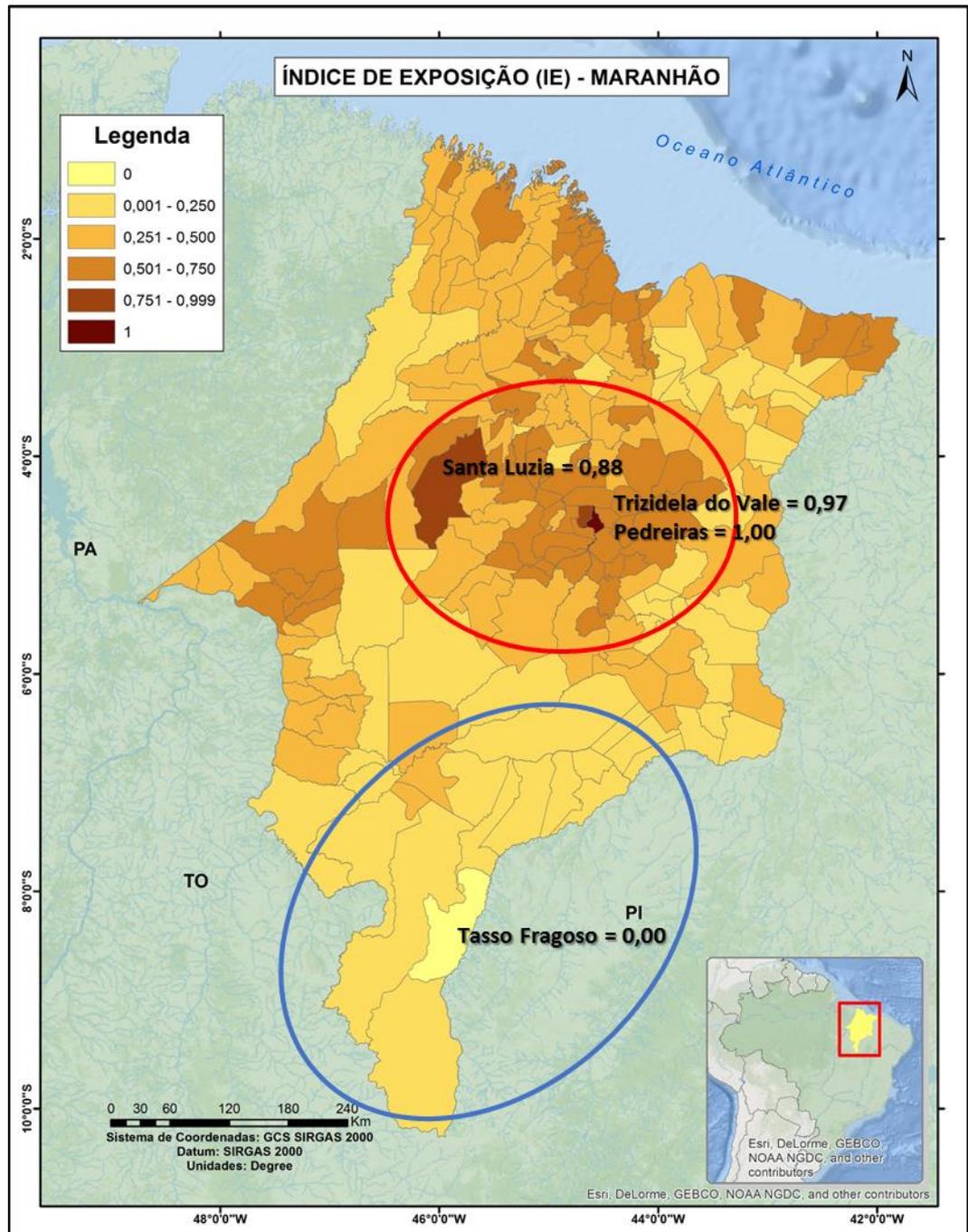
Analisando o ICA, fica claro a favorável situação no Índice de Estruturas Socioeconômicas (IES=0,00); intermediária situação no Índice de Organização Sociopolítica (IOS=0,50) e uma vulnerabilidade mais alta, identificada no Índice de Instituições Serviços e Infraestruturas para Adaptação (IADAp=0,65). Ao verificar os resultados dos indicadores para o IADAp, percebe-se uma fragilidade apontada pelo indicador de Instituições de Segurança, com valor 1,00 (figura 24). Observa-se, no âmbito dos indicadores, a maior vulnerabilidade encontrada no município de Loreto, que, direcionando ações que afetem este indicador, estará reduzindo sua vulnerabilidade através da melhoria da capacidade de adaptação como um todo.

## 6.2. ÍNDICE DE EXPOSIÇÃO E A ANÁLISE DOS DETERMINANTES

A exposição evidencia os fatores de ordem ambiental. Com a leitura do comportamento espacial apresentado abaixo, percebe-se a concentração da maior exposição da população no centro do estado, onde foram observados os maiores valores para o IE. A exposição, foi determinada sobretudo pelo alto Índice de Desastres Naturais de Origem Meteorológica (IDN), onde os municípios que tiveram maior IE, tiveram seu Índice bem influenciado pelos altos valores observados neste subíndice. O ICVEC, apontou distintas situações de vulnerabilidade, em que a Exposição Costeira, medida pelo IEC, foi nula em municípios não litorâneos, ao passo que a maior sensibilidade a cobertura vegetal foi observada mais no interior do que no litoral. Logo, o ICVEC que deveria evidenciar principalmente a vulnerabilidade em muni-

cípios litorâneos, não obteve uma vulnerabilidade tão marcada em função da fragilidade de cobertura vegetal no centro do estado, onde as atividades econômicas pressionam o ICV, evidenciando a baixa cobertura vegetal desses municípios, em especial, Pedreiras, Trizidela do Vale e Santa Luzia, apresentados na figura abaixo:

**Figura 25 – Maiores e menores IE por municípios**



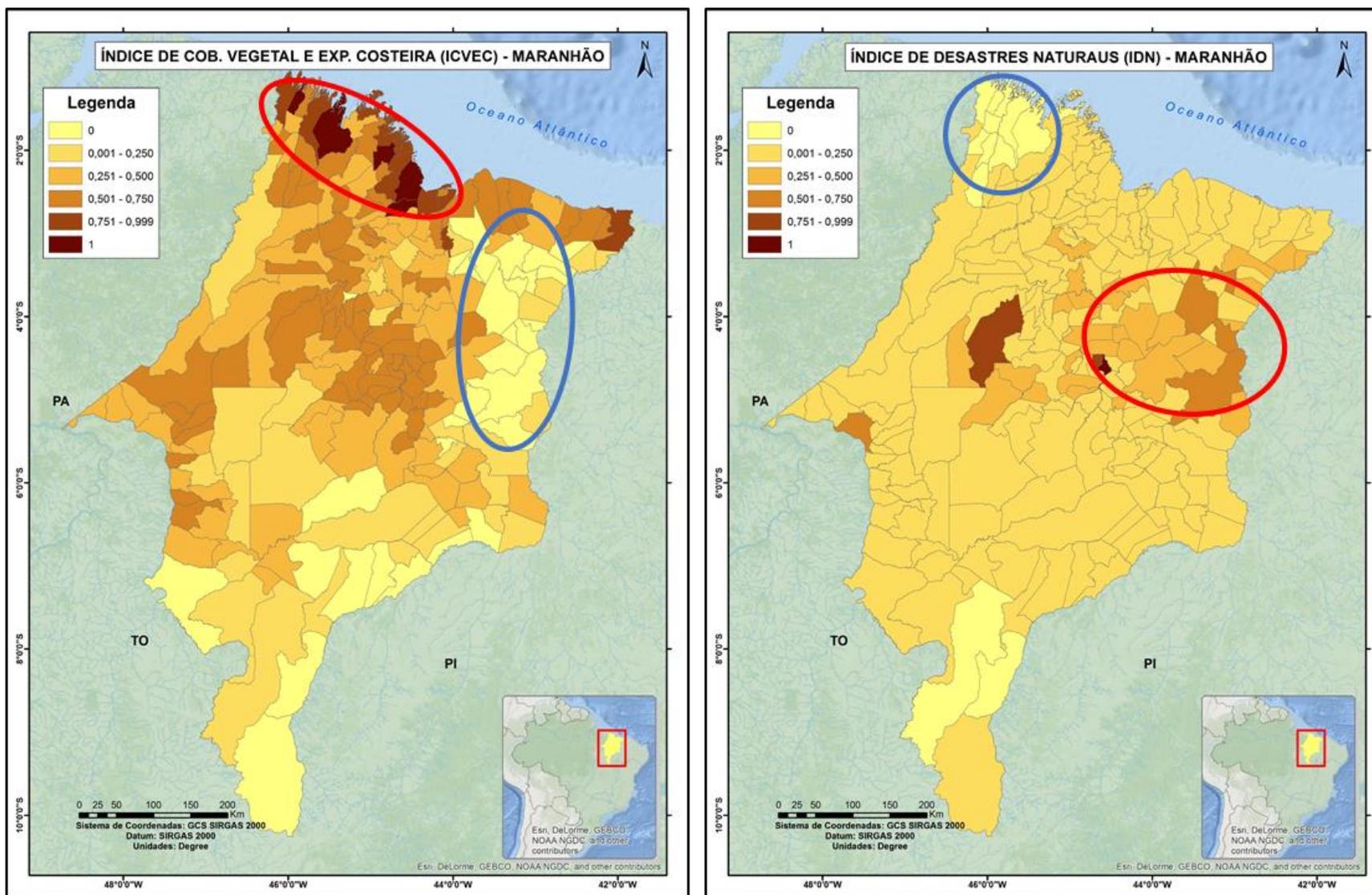
Fonte: Vommario, 2017.

Com relação à exposição, o IE apontou uma lógica próxima ao comportamento espacial encontrado no IV. A concentração dos maiores índices no centro do estado, apontou para uma tendência de maior fragilidade à exposição e a vulnerabilidade no geral, assim como no sul do estado, a fragilidade à exposição e a vulnerabilidade como um todo, foi medida de forma mais branda, onde os indicadores apresentaram valores baixos.

O município de Pedreiras, no centro do estado, foi o mais vulnerável pela Exposição como um todo: seu IE (1,00), apresentou também o maior IDN (1,00) e alto ICVEC (0,67), valor máximo padronizado, considerando que por ser um município não litorâneo, seu ICVEC foi medido a partir do valor nulo para o IEC e máximo (1,00) para Cobertura Vegetal. O IDN, alto tanto na Susceptibilidade de desastres (ISDN= 0,90) e Ocorrência de desastres (IODN=0,75), obteve valor máximo (IDN=1,00). Considerando esse cenário, Pedreiras pode ser descrito como um município que em termos de exposição carece de investimentos em todos os níveis para obter um grau maior de adaptação da população à mudança do clima, seja na melhoria da cobertura vegetal, seja na condição de redução de desastres de origem meteorológica. O município é um importante centro regional, com quase 40 mil habitantes (IBGE, 2010) e possui vocação comercial e de participação econômica do agronegócio, resultante em alta pressão antrópica aos ambientes naturais, como devastação da cobertura vegetal nativa e uso intensivo dos recursos hídricos disponíveis. Assim como o ICV, o IODN é alto em reflexo a altos valores registrados pelos eventos hidrometeorológicos extremos observados em alguns municípios, com grande concentração na zona central do estado.

Na situação inversa de vulnerabilidade, o município de Tasso Fragoso, que obteve o mais baixo IE (0,00), foi rigorosamente o município que apresentou valores mais baixos para todos os subíndices. O município, localizado no sul do Maranhão, na divisa com o Piauí e um município pequeno, de 7.796 habitantes, segundo o Censo 2010 (IBGE). Tem características mais distintas, como observado nos municípios do sul do estado, onde principalmente a baixa vulnerabilidade registrada no ICV, contrastou com municípios no centro e no norte/noroeste do estado, destacando o Sul, no geral, como a porção do Maranhão menos afetada em termos de exposição à mudança do clima. Possui uma área de vegetação de Cerrado com menor atividade antrópica e presença de formações menos favoráveis a ocupação, como a região das Chapadas do Alto Parnaíba (ZEE-MA, 2013).

Figura 26 – ICV por municípios

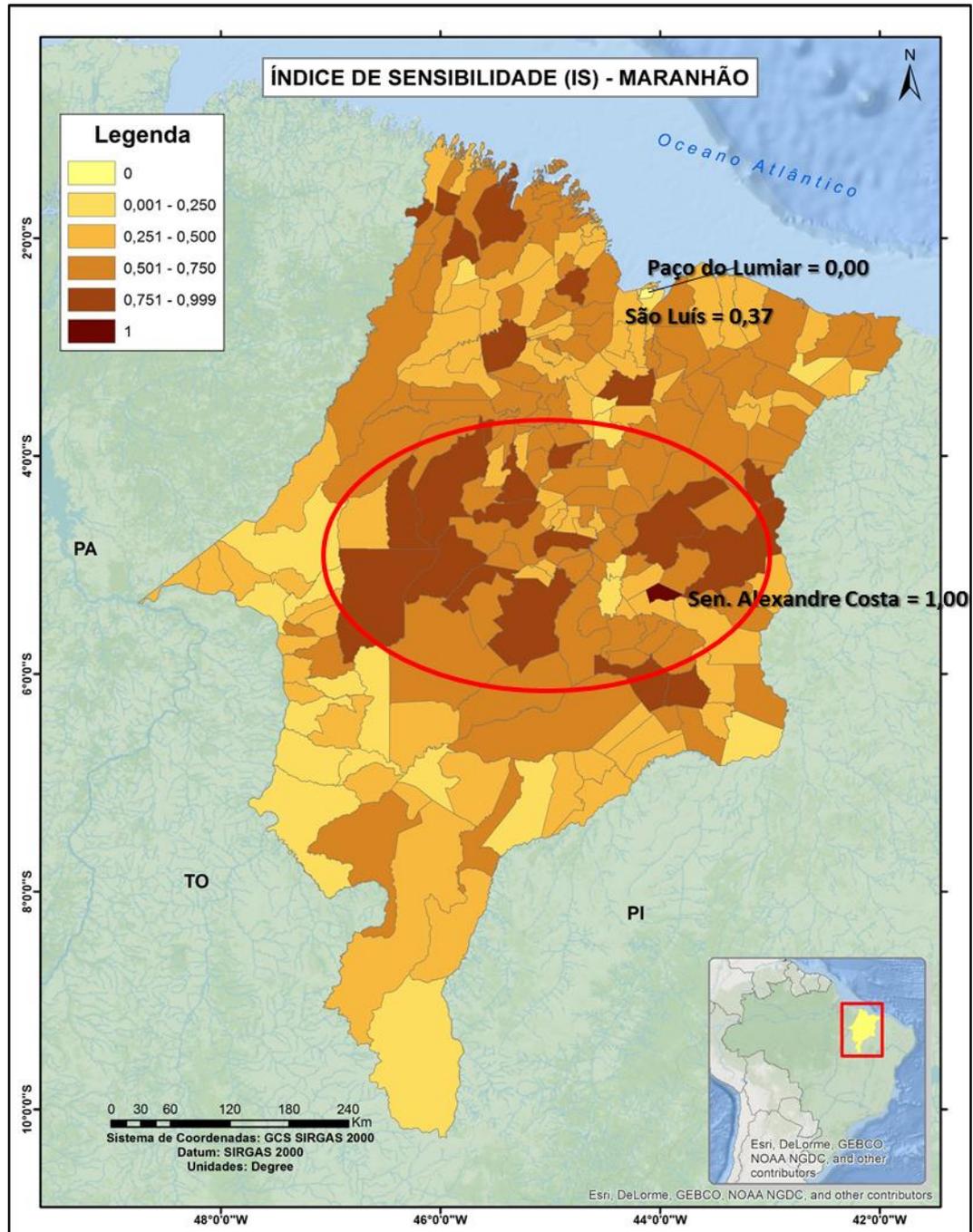


Fonte:  
Vommaro,  
2017.

### 6.3. ÍNDICE DE SENSIBILIDADE E A ANÁLISE DOS DETERMINANTES

Os resultados obtidos para o IS, são mais estratificados, se comparados com a exposição. Identifica-se, circulado em vermelho, uma concentração de maiores IS nas zonas Centro-Leste do estado, e pequenos grupos de municípios de baixo IS, sem zonas definidas.

**Figura 27 – Concentração do Índice de Sensibilidade (IS)**

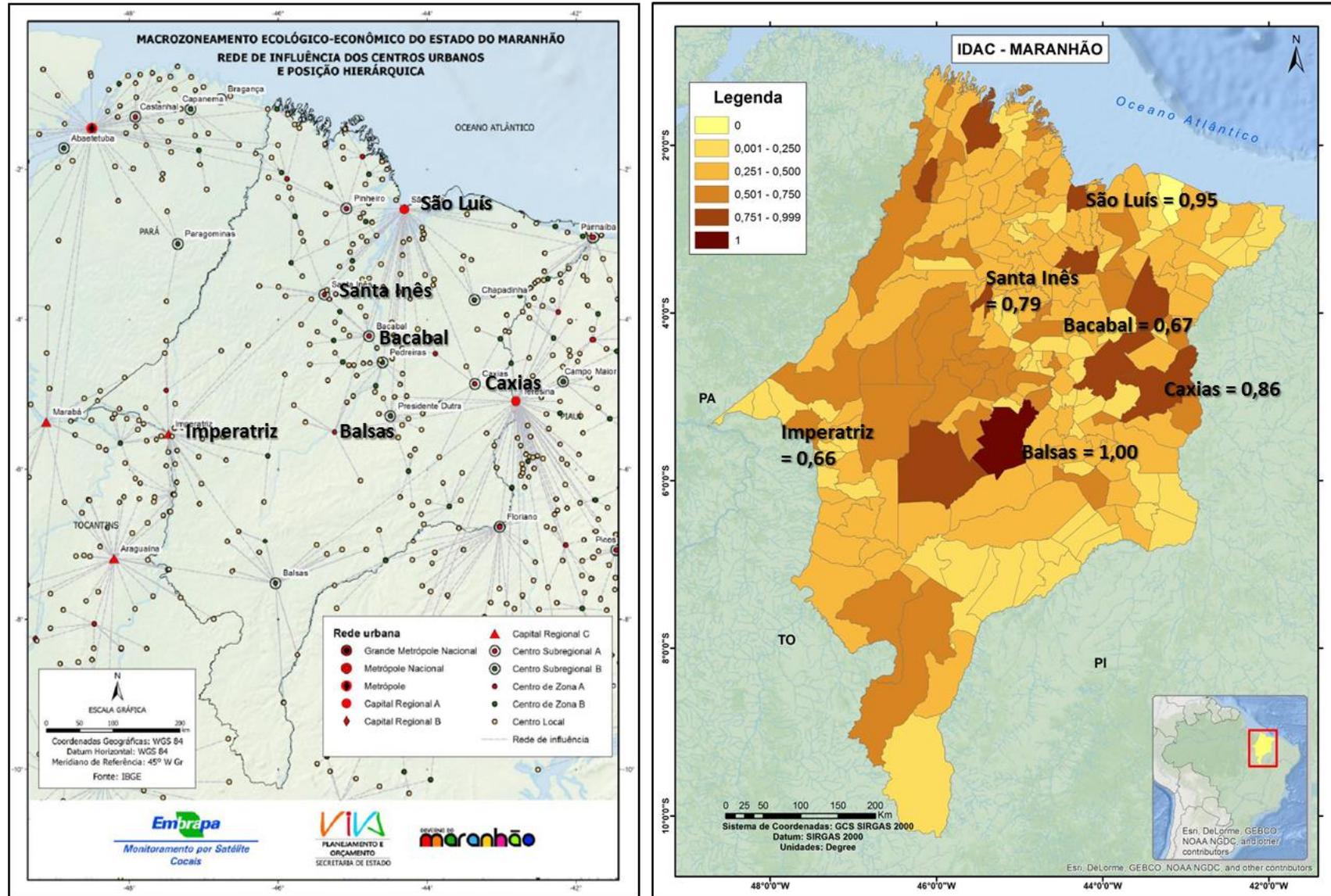


Fonte: Vommaro, 2017

No mapa é possível verificar que não há um padrão tão definido em relação à concentração espacial dos indicadores. A zona central do estado, concentra boa parte dos altos valores de IS, mas estão mais dispersos em relação ao IE.

A sensibilidade e seus fatores de fragilidade, estão apresentados em diferentes características nos municípios. O IDAC, que disserta sobre as cinco doenças associadas a variante climática (dengue, leptospirose, leishmaniose tegumentar americana, leishmaniose visceral e esquistossomose), bem como óbitos de doenças intestinais em menores de cinco anos; tanto a ocorrência, quanto a tendência de acompanhamento de cada uma dessas variáveis, está associada a confiabilidade no processo de notificação de agravos e óbitos e a sua consolidação na base do DATASUS, por meio dos bancos SIM/SINAN. Atualmente, um desafio de ordem nacional é à diminuição da subnotificação de registros, que acabam por trazer algumas distorções da análise epidemiológica entre municípios vizinhos, de diferentes níveis de complexidade na estrutura do SUS. A infraestrutura municipal e a centralidade em termos de complexidade do atendimento em saúde, faz com que se observe em geral, menos subnotificações, além de muitas das vezes, absorver demanda espontânea de municípios vizinhos, de menor infraestrutura. Como consequência, no IDAC, a análise pode apresentar uma penalização dos municípios com melhor infraestrutura para registrar os agravos e os municípios de baixa infraestrutura ficam com IDAC suavizado por conta da subnotificação verificada nos bancos. Nesse contexto, as maiores cidades tendem a desenvolver um IDAC mais alto. A capital São Luís, por exemplo, apresentou um IDAC de 0,95, a despeito de um IS de 0,37. Importantes cidades do estado, como Imperatriz e Codó, ambas com mais de 100 mil habitantes (IBGE, 2010), apresentaram altos valores para o IDAC: 0,66 e 0,9 respectivamente. O mapa abaixo (figura 27) compara os altos valores do IDAC frente aos municípios de maior centralidade do estado. Quase todos estão em uma mesma configuração, de alta vulnerabilidade, e relevância na centralidade do estado.

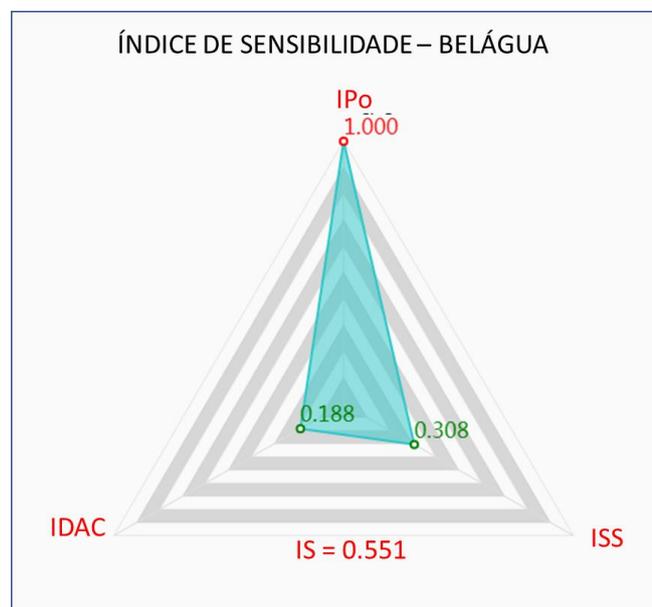
Figura 28 – Comparação entre o IDAC e municípios centrais do Maranhão



Outro município que merece destaque, como é o caso de Barra do Corda, localizado na zona central do estado. O município recebeu valor máximo (1,00) para o IDAC. Exerce certa influência no entorno pela sua relativa centralidade sobre um pequeno grupo de municípios menores próximos, porém, não se trata de um grande município, possuindo cerca de 83 mil pessoas, segundo o Censo Demográfico (IBGE, 2010) e é considerado um Centro de Zona A. Analisando-se o seu IDAC, pode se perceber a fragilidade em torno de agravos como a Leptospirose (1,00) e a LV (0,80), além da Mortalidade infantil por Diarreia (figura 28).(1,00).

O IPo, por sua vez, apresenta característica intrínseca aos indicadores socioeconômicos individuais e saneamento, aonde apresenta a fragilidade de municípios onde a população carece de infraestrutura básica de saneamento e a inclusão social e econômica daquela população é precária. Assim, os municípios menores e com economia menos desenvolvida tendem a apresentar um alto IPo. Belágua, município ao Norte do estado, possui uma alta fragilidade observada pelo extremo IPo (1,00), onde essas variáveis são fundamentais para extrair a vulnerabilidade à Sensibilidade do município, que possui indicador intermediário (IS=0,55) (figura 29).

**Figura 29 – Gráfico Radar do Índice de Sensibilidade (IS) de Belágua**



**Fonte:** Adaptado de SISVUCLIMA, 2017

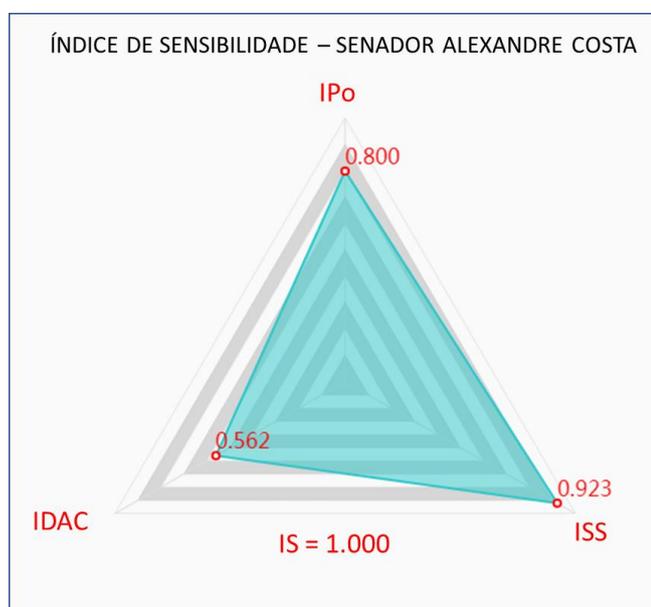
Do outro lado, a capital São Luís, São José de Ribamar e Paço do Lumiar, são municípios que, comparativamente, possuem o menor IPo dentro do estado. A capital do estado e os outros dois municípios, que fazem parte da Região Metropolitana, possuem

melhores condições econômicas e de infraestrutura, se comparados com o restante do estado. Assim, as variáveis abordadas neste subíndice apresentam-se mais favoráveis em cidades maiores ou em municípios onde haja melhor infraestrutura de saneamento e geração de renda. Imperatriz, segunda cidade mais populosa do estado, possui igualmente o Ipo mínimo (0,00), corroborando com o raciocínio de que cidades mais desenvolvidas apresentam um Ipo mais favorável.

O ISS, é composto por características específicas demográficas, que apresentam uma realidade do presente, porém, conversam com dados futuros, com as projeções para populações infantil e idosa. O pressuposto da projeção, de que, quanto maior o crescimento, maior a vulnerabilidade, apontou características variadas e um indicador final, um pouco mais estratificado, porém, mais alinhado com o índice final (IS), ao todo, os dez municípios com maiores valores de IS, são municípios que obtiveram valor de ISS superiores a 0,62. Tufilândia, Capinzal do Norte e Trizidela do Vale, que obtiveram os extremos valores (1,00) para o ISS, apresentaram altos valores para o IS: 0,87; 0,74 e 0,63, respectivamente (Figura 29). Não obstante, os municípios de Matões de Norte e Sítio Novo, que obtiveram ISS=0,00, responderam com baixo IS: 0,25 e 0,2 respectivamente.

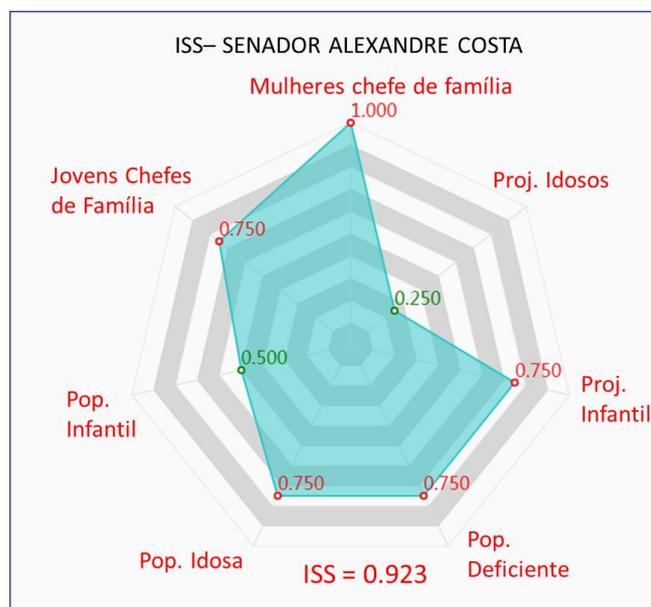
No geral, o ISS, representou a vulnerabilidade a grupos de idades vulneráveis, e como a presença e a projeção de participação destes grupos podem influenciar em um indicador de Sensibilidade da população à mudança do clima. Senador Alexandre Costa, que é o município de maior IS, obteve alto valor para o ISS: 0,92, influenciados por cada uma das suas variáveis. Percebe-se que o somatório de sete variáveis, em sua maioria com altos valores, influenciou no valor do ISS. Por sua vez, o ISS foi o subíndice que mais contribuiu com o valor de 1,00 para o IS.

**Figura 30 – Gráfico Radar do Índice de Sensibilidade (IS) de Senador Alexandre Costa**



Fonte: Adaptado de SISVUCLIMA, 2017

Figura 31 – Gráfico Radar do ISS de Senador Alexandre Costa



Fonte: Adaptado de SISVUCLIMA, 2017

O IS no geral, apresentou comportamentos distintos entre seus subíndices. O Estudo da vulnerabilidade sobre a Sensibilidade aponta pouca relação entre as respostas nos valores do IDAC, IPo e ISS. Se tratando do maior IS (1,00), o município de Senador Alexandre Costa, que obteve valores altos especialmente para o ISS (0,92) e IPo (0,80), o IDAC destoa ligeiramente (0,56), porém pode se considerar um indicador intermediário, fruto de vulnerabilidades captadas a partir do índice.

O IDAC, que foi responsável por trazer a vulnerabilidade da população em maiores aglomerações urbanas e cidades com maior infraestrutura de saúde, mais pressionado pelos indicadores de agravos e óbitos, destoou em algumas vezes, da média para o IS. No caso da capital São Luís, que apresentou moderado IS (0,37), o IDAC, que recebeu valor de 0,95 foi o principal catalizador da sensibilidade, pois os outros indicadores, (IPo=0,00; ISS=0,23), foram mais favoráveis e apontam um cenário de menor fragilidade. O IDAC expõe, nesse caso o apontamento para a necessidade de investimentos na saúde pública do município.

São Luis, expõe as fragilidades típicas para a principal cidade do estado: Alta pressão ao equipamentos de saúde, tanto pela sua população, quanto pela influência que exerce sobre os demais municípios, onde o IDAC, é influenciado principalmente por altos valores de ocor-

rência de Leptospirose e Dengue. O IPO, é o mais baixo do estado, denota o comportamento das cidades maiores, onde a fatia de populações mais vulneráveis diminui, pelo acesso a informação e relativa melhoria nas condições de vida em relação ao interior, e também, um ingresso de renda maior, estimulado por mais oferta de emprego. O caráter demográfico do ISS também favorece cidades maiores, com melhor estrutura familiar e estrutura demográfica mais avançada.

**Tabela 7 - Componentes do Índice de Sensibilidade (IS) ranqueados pelo IDAC**

Município	IDAC	IPO	ISS	IS
Barra do Corda	<b>1</b>	0,35	0,62	0,82
<b>São Luís</b>	<b>0,95</b>	<b>0</b>	<b>0,23</b>	<b>0,37</b>
Codó	0,9	0,5	0,69	0,89
Itapecuru Mirim	0,79	0,55	0,77	0,9
Buriticupu	0,74	0,75	0,62	0,9
Imperatriz	0,66	0	0,23	0,21
Santa Luzia	0,61	0,8	0,69	0,89
São José de Ribamar	0,61	0	0,31	0,22
Senador Alexandre Costa	0,56	0,8	0,92	<b>1</b>
Amapá do Maranhão	0,5	0,85	0,77	0,91
Sítio Novo	0,42	0,45	0	0,2
Tufilândia	0,4	0,65	1	0,87
Carolina	0,37	0,15	0,23	0,12
Paço do Lumiar	0,37	0	0,15	<b>0</b>
Trizidela do Vale	0,28	0,35	1	0,63
Matões do Norte	0,26	0,7	0	0,25
Alto Parnaíba	0,23	0,25	0,23	0,11
Fortaleza dos Nogueiras	0,21	0,3	0,23	0,12
Lajeado Novo	0,21	0,45	0,08	0,12
Belágua	0,19	1	0,31	0,55
Capinzal do Norte	0,13	0,7	1	0,74
Santana do Maranhão	0,08	0,5	0,15	0,12
Santo Amaro do Maranhão	<b>0</b>	0,7	0,46	0,36

Fonte: Vommaro, 2017

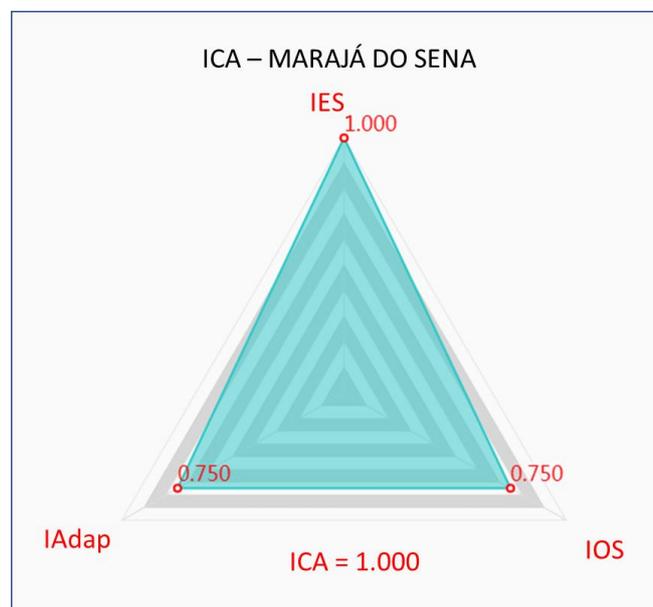
#### 6.4. ÍNDICE DE CAPACIDADE ADAPTATIVA E A ANÁLISE DOS DETERMINANTES

O ICA, que é composto por três principais subíndices, revela realidades distintas da vulnerabilidade: A Estrutura Socioeconômica (IES), composta diretamente pelo índice Firjan de Desenvolvimento Municipal (IFDM); o IAdap, pelas estruturas de adaptação à mudança do

clima e o IOS, voltado para a gestão de risco, também associado a medida de adaptação à mudança do clima.

O IES, destacou os 10 primeiros municípios com maiores valores no IFDM com desenvolvimento moderado e o correspondente no IES é zero — São Luís, São José de Ribamar e Paço do Lumiar, municípios da Região Metropolitana; Imperatriz, Açailândia e Porto Franco, ao Oeste do estado; Balsas, Tasso Fragoso e Loreto, no Sul; e Santa Inês, no Noroeste. Em sua maioria, municípios mais populosos, com maior centralidade e melhor infraestrutura urbana. Os municípios que apresentaram maior fragilidade ao IES, ao todo, foram 16 municípios que apresentaram valores extremos para o IES, com altas fragilidades na infraestrutura de geração de emprego e renda, educação e saúde: entre eles, Marajá do Sena, no centro do estado, que obteve valor máximo para o IES (1,00), influenciando no ICA como um todo, que também obteve valor 1,00 (figura 32). Marajá do Sena, assim como outros municípios, apontaram alta vulnerabilidade nos outros subíndices: o IAdap e o IOS, que também dependem de toda uma cadeia de infraestrutura já avaliada no IES, o que contribuiu fortemente para que o IES possua uma grande influência na mensuração da dimensão Capacidade Adaptativa.

**Figura 32 – Gráfico Radar do Índice de Capacidade Adaptativa (ICA) de Marajá do Sena**



**Fonte:** Adaptado de SISVUCLIMA, 2017

Ao todo, dos 16 municípios com IES=1,00, 13 destes obtiveram um ICA igual ou maior que 0,80. A exceção fica a cargo do município de São João Batista, que obteve um ICA de

0,33 a despeito de um IES=1,00. Seus valores de IAdap e IOS, de 0,13 e 0,00 respectivamente, contribuíram para um melhor cenário no ICA, que ficou em 0,33.

**Tabela 8 – Tabela com os maiores e menores Índices de Capacidade Adaptativa (ICA)**

<b>Município</b>	<b>IES</b>	<b>IAdap</b>	<b>IOS</b>	<b>ICA</b>
Marajá do Sena	1	0,75	0,75	<b>1</b>
Jenipapo dos Vieiras	1	0,43	1	<b>0,97</b>
Cândido Mendes	1	0,67	0,75	<b>0,96</b>
Belágua	0,75	0,9	0,75	<b>0,95</b>
Fernando Falcão	0,75	0,65	1	<b>0,95</b>
Turialça	1	0,85	0,5	<b>0,93</b>
Cajari	1	0,58	0,75	<b>0,92</b>
Penalva	1	0,57	0,75	<b>0,91</b>
Primeira Cruz	1	0,52	0,75	<b>0,89</b>
Palmeirândia	1	0,52	0,75	<b>0,89</b>
Monção	1	0,72	0,5	<b>0,86</b>
Cachoeira Grande	1	0,67	0,5	<b>0,84</b>
São Luís Gonzaga do Maranhão	1	0,42	0,75	<b>0,84</b>
Arame	1	0,63	0,5	<b>0,82</b>
Governador Archer	1	0,6	0,5	<b>0,8</b>
Pedro do Rosário	1	0,52	0,5	<b>0,76</b>
São Bento	1	0,43	0,5	<b>0,72</b>
Tasso Fragoso	0	0,85	0,5	<b>0,43</b>
Paço do Lumiar	0	1	0,25	<b>0,39</b>
Santa Inês	0	0,5	0,75	<b>0,39</b>
Loreto	0	0,65	0,5	<b>0,34</b>
São João Batista	1	0,13	0	<b>0,33</b>
São João Batista	1	0,13	0	<b>0,33</b>
São José de Ribamar	0	0,77	0,25	<b>0,27</b>
Balsas	0	0,5	0,5	<b>0,26</b>
Porto Franco	0	0,32	0,5	<b>0,17</b>
Imperatriz	0	0,23	0,5	<b>0,13</b>
Açailândia	0	0,47	0,25	<b>0,12</b>
<b>São Luís</b>	<b>0</b>	<b>0,15</b>	<b>0,5</b>	<b>0,09</b>
Itapecuru Mirim	0,25	0,4	0	<b>0,09</b>
Bacabal	0	0	0,5	<b>0,02</b>
Porto Rico do Maranhão	0	0,47	0	<b>0</b>

Fonte: Vommaro, 2017

O IAdap, conseguiu trazer, dentro de algumas comparações com o IES, realidades distintas. Apesar de tratarem no geral, da infraestrutura do município, as variáveis do IAdap pu-

deram captar fragilidades em municípios que não possuem capacidade de garantir os direitos básicos de saúde, segurança e gestão de risco. Alguns municípios que responderam bem ao IES, obtiveram altos valores de vulnerabilidade para o índice: é o caso de Paço do Lumiar, município de mais baixo valor para o IES (1,00) que por sua vez, apresentou extremo valor para o IAdap (1,00). De fato, o índice, que conta com variáveis sobre a cobertura de Atenção Básica, disponibilidade de leitos, Serviços de saúde e segurança e gerenciamento de risco, pôde captar fragilidade não expostas no IES.

O IAdap no geral respondeu bem nas maiores cidades do estado. Na capital São Luís, o índice ficou em 0,15; valor considerado baixo (tabela 8). O município de Bacabal, que obteve o IAdap mais baixo, possui mais de 100 mil habitantes (IBGE, 2010). Outros municípios mais populosos obtiveram baixos valores para o mesmo índice: Caxias (0,10), Imperatriz (0,23), Timon (0,25), dentre outros. Nestes municípios, a relação entre o IAdap e o IES ficou mais próxima, pois, tanto em termos econômicos, quanto da condição da infraestrutura municipal abordada por aspectos neste índice, foram mais satisfatórios nos maiores centros urbanos do estado, se comparados a municípios menos populosos.

No Índice de Organização Sociopolítica, há nove municípios com os máximos valores (IOS=1,00), indicativo de que possuem condições insuficientes de organização social. Outros nove municípios possuem pontuação mínima, indicando melhores condições de capacidade institucional em comparação aos demais municípios do estado (IOS=0,00). Os municípios com os menores valores estão concentrados, sobretudo ao Norte do estado, com destaque para Porto Rico do Maranhão, que obteve o menor ICA (0,00), influenciado por também ter apresentado o menor IOS (1,00).

Nesse cenário, a capital São Luís, assim como outros principais centros urbanos do estado, como Imperatriz, Açailândia, e Bacabal obtiveram baixos valores de ICA, inferiores a 0,20. Em São Luís, o IES e IAdap foram determinantes para a baixo valor de ICA, que denota, alta capacidade de adaptação à mudança do clima. O IOS de 0,50 não chega a ser um grande destaque, pois apenas 20 municípios no estado, obtiveram valores de IOS inferior a 0,50. No total, a alta fragilidade verificada a organização sociopolítica é um reflexo do estado do Maranhão como um todo. Do total, 107 municípios obtiveram indicador acima de 0,75, considerado alto.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A compreensão e análise dos indicadores trabalhados no Índice de Vulnerabilidade às Mudanças do Clima, é de vital importância para o seguimento do mesmo estudo, já que ele se insere como produção científica, apoiada e financiada, no âmbito do Ministério do Meio Ambiente, no papel fundamental de fomentar a discussão no tema e contribuir como instrumento de gestão governamental, com o objetivo de reduzir a vulnerabilidade da população sob todos os aspectos abordados, para que haja condições de se prover a adaptação desta população à realidade das mudanças do clima, apontadas pelos cenários climáticos abordados.

O presente estudo mostrou ser possível a construção de indicadores municipais de vulnerabilidade da população do estado do Maranhão à mudança do clima, utilizando dados secundários e considerando os condicionantes socioambientais e de saúde que contribuem para a vulnerabilidade da população.

Os resultados foram apresentados e analisados espacialmente. Observou-se que os indicadores podem ser um instrumento útil para o planejamento de estratégias que contribuam para reduzir a vulnerabilidade da população nos municípios. Entretanto, eles não devem ser usados de forma isolada. Daí a necessidade da análise espacial e inter e intradimensional dos seus resultados para que ele seja um instrumento efetivo para a gestão pública.

Nesse sentido, a discussão do estudo para o estado do Maranhão, tem importância ím-par, pois o estado, pelas suas condições de fragilidade socioeconômica da população maranhense, os esforços para melhorar o quadro de vulnerabilidade em todos os aspectos, serão um desafio à gestão atual e gestões futuras. Além da população, há a preocupação ambiental em um estado que possui domínio de três dos grandes biomas brasileiros e tem experimentado um processo de aumento da pressão antrópica em cima dos biomas, recursos minerais, hídricos, uso do solo e outras atividades econômicas que põem em risco a integridade dos ecossistemas, se não manejada da forma mais racional.

Os indicadores, em todos os aspectos, procuram representar a realidade dentro das possibilidades dos resultados obtidos por suas variáveis calculadas. Os cenários climáticos, por exemplo, são abordados como prováveis acontecimentos, visto que atualmente, há uma série de modelos climáticos globais que analisam e criam cenários sobre o clima no futuro, e pouco consenso se observa sobre os aspectos mais precisos, como temperatura, precipitação, estiagem e outras variáveis. Mesmo o ETA Hadgem ES, modelo utilizado para calcular o

IMV, possuem outros cenários além dos citados 4.5 e 8.5, com projeções distintas às abordadas pelo estudo.

O IV e toda a gama de índices que refletem o presente, não escapam da dificuldade em se ter uma real representação de todas as fragilidades encontradas no campo empírico, já que os dados obtidos para o cálculo dos indicadores, dependem das bases oficiais e de aspectos importantes como a consistência e temporalidade dos dados. No âmbito do projeto, priorizaram-se as bases de dados federais e de atuação em todos os estados contemplados no projeto, como IBGE, ANA, DATASUS, CPRM, EMBRAPA, Defesas Civis estaduais e outras Instituições sólidas, como as próprias universidades. O resultado se mostrou bastante satisfatório, com relação a representatividade dos indicadores perante a realidade, mas ainda assim, há alguns aspectos em determinados indicadores, que precisam ser discutidos.

O uso da base de dados do Censo 2010 do IBGE foi fundamental para abordar boa parte dos dados utilizados, assim como as pesquisas municipais. Há a limitação temporal, pois o estudo seguiu entre os anos de 2016 e 2017, considerando uma realidade demográfica e social, obtida em 2010. Por menor que seja o intervalo, há sempre a dinâmica populacional dentro do seu território, que acarreta em diversas mudanças no âmbito social e econômico.

Quanto à exposição, os dados obtidos podem distorcer algumas realidades: o ICV, é fruto de um mapeamento de Uso e Cobertura do Solo do Diagnóstico do Macro ZEE Maranhense. Apesar de ser uma fonte confiável e relativamente recente, o dado, compilado com imagens de satélite de 2013, já apresenta realidades distintas com os relatos de pesquisadores no evento de apresentação dos resultados do projeto, ocorrido em São Luís, em setembro de 2017. O sul do estado atualmente sofre com um grande processo de ocupação do solo para as atividades de agronegócio e tem modificado sensivelmente a paisagem nos últimos anos, fato este que não pode ser captado no ICV, que obteve os indicadores mais favoráveis justamente nesses municípios ao Sul. A exposição costeira já aponta sensíveis mudanças, como o aumento da ocupação do litoral e aumento da população litorânea, principalmente em São Luís e municípios vizinhos, se comparado ao dado de 2010. Na ocorrência de desastres, que obteve dados até o ano de 2012, não foi possível contabilizar eventos de enxurras enchentes e estiagens observadas nos últimos quatro anos, justamente em um período em que é observado o aumento do registro dos tipos de desastres quantificados no Atlas Nacional de Desastres.

A sensibilidade sofre, principalmente no IDAC, onde a defasagem de alguns bancos não permite uma leitura atual da situação de saúde. A dengue, contabilizada até 2012 não pode ser verificada, principalmente nas condições dos últimos quatro anos, com o advento de outras

arboviroses (Zika vírus, Chikungunya, Febre Amarela) que afetaram os municípios brasileiros como um todo. A subnotificação aumenta a defasagem dos dados obtidos nos bancos do DATASUS e apresenta uma realidade pouco precisa sobre a situação epidemiológica de municípios menores, com pouca infraestrutura de saúde. Por outro lado, municípios que contam com melhor infraestrutura carregam maiores incidências e taxas de mortalidade, por absorverem parte da demanda de municípios mais precários.

Na capacidade adaptativa, os indicadores também dependem de variáveis que assumem características diferentes e dificultando o acesso à mesma informação na atualização da Pesquisa de Informações Básicas Municipais, a MUNIC. Para o cálculo dos indicadores do IAdap, muitas variáveis encontradas nas versões anuais de 2011, 2013 e 2014, não foram encontradas nas pesquisas seguintes (2015 e 2016). Desta maneira, aumenta-se o distanciamento da realidade a ser retratada pelo indicador, caso não haja condições de ser atualizado. No geral, há a dificuldade de se obter as mesmas variáveis por uma periodicidade consistente, nos dados disponibilizados pelo IBGE.

Os resultados apresentados com os Cenários Climáticos, como os ICC 4.5 e 8.5; IMV 4.5 e 8.5, respondem a uma importante questão no que se refere ao propósito da matriz dos indicadores. A nível de gestão pública, a lógica dos cenários para 2040 em diante, não é a leitura prioritária para as agendas políticas. Com este fato, é possível que o IMV tenha sua importância científica no sentido de trabalhar e divulgar a nível nacional, uma modelagem global regionalizada, que aponta fragilidades futuras a serem experimentadas pela população, de acordo com as previsões. Ao mesmo tempo em que as previsões tem um alto grau de incertezas, o que se observa, em diversos cenários climáticos, é o incondicional status de mudança das características climáticas atuais para o futuro, logo, independente do grau das mudanças, a certeza de que o clima como é hoje, será modificado em algumas décadas e, fatalmente, trará a necessidade de tomada de ações para que a adaptação às mudanças sejam realizadas, através da redução da vulnerabilidade e aumento de resiliência dos indivíduos e sociedade como um todo.

A partir da discussão dos resultados apresentados pelo estudo, acredita-se que novas formas de se pensar políticas públicas, direcionadas para redução da vulnerabilidade da população maranhense poderão surgir, contribuindo de maneira pioneira para a adaptação do estado aos futuros impactos do clima e para a adoção de ações que, de fato, apresentem a efetividade desejada para a realidade brasileira.

## 8. CONCLUSÃO

O estudo, dentro do que lhe cabe, pôde refletir a realidade observada pelos aspectos observados e medir com eficácia a vulnerabilidade da população maranhense às mudanças do clima. No contexto de um estudo de indicadores, que visa contribuir como uma ferramenta de gestão pública, e, que propõe auxílio às políticas que reduzam a vulnerabilidade e tracem estratégias de adaptação da população ao cenário futuro de mudanças do clima, o estudo procurou contribuir à luz da discussão da metodologia proposta para medir a vulnerabilidade, analisando os resultados, apontando os fatores que tangem as fragilidades detectadas pela matriz de indicadores e que puderam quantificar a vulnerabilidade em si.

As limitações encontradas no estudo, não invalidam a análise, apenas, fomentam a discussão acerca dos dados utilizados, a qualidade e disponibilidade das bases de dados, das instituições nacionais e locais, que por sua vez, tem papel fundamental para determinar a precisão e capacidade de mensuração do problema pelo estudo através da qualidade das informações fornecidas. Nesse contexto, o papel da gestão pública, é fundamental desde a origem; criando e aprimorando bases de dados mais eficazes e que permitam estudos mais precisos acerca do tema; e, também em um momento posterior, ao tornar os estudos elaborados como ferramentas, agendas de trabalho para que sejam postas em prática as ações de melhoria do quadro geral de vulnerabilidade da população, apontado por esses mesmos estudos.

A academia tem um papel igualmente fundamental, pois a produção científica, a discussão do tema, de trabalhos semelhantes e de novos produtos, possam estimular a evolução dos trabalhos, criando cada vez mais soluções e contribuições à gestão pública, fomentando o uso de produtos científicos e apontando a necessidade de políticas de estado, de continuidade das ações, para que haja condições cada vez mais favoráveis para medir a vulnerabilidade das populações municipais, frente às mudanças do clima e promover, mudanças de fato em uma sociedade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ADGER, W. Neil. Vulnerability. *Global Environmental Change*, [S.I.], v. 16, n. 3, p.268-281, 15 fev. 2006. Disponível em: <[http://www.geos.ed.ac.uk/~nabo/meetings/glthec/materials/simpson/GEC\\_sdarticle2.pdf](http://www.geos.ed.ac.uk/~nabo/meetings/glthec/materials/simpson/GEC_sdarticle2.pdf)>. Acesso em: 18 jul. 2016.

ANDRADE, José Célio Silveira; COSTA, Paulo. Mudança Climática, Protocolo de Kyoto e Mercado de Créditos de Carbono: desafios à governança ambiental. *Organizações & Sociedade*, [s.l.], v. 15, n. 45, p.29-45, 1 abr./jun. 2008. Disponível em: <<http://www.portalseer.ufba.br/index.php/revistaoes/article/view/10948/7874>>. Acesso em: 11 nov. 2016

BLAIKE, P., T. CANNON, I. DAVIS, and B. WISNER. *At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability, and Disasters*. London: Routledge. 1994.

BARATA, M. M. L.; CONFALONIERI, U. E. C.; et al. Mapa de Vulnerabilidade da População do Estado do Rio de Janeiro aos Impactos das Mudanças Climáticas nas Áreas Social, de Saúde e Ambiente. Secretaria de Estado e Ambiente do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro/RJ. fev.2011.162p.

BARATA, M.M.L.; et al. Estudo da Vulnerabilidade socioambiental da população dos municípios baianos inseridos na bacia hidrográfica do Rio São Francisco no bioma Caatinga, aos impactos das mudanças climáticas. FIOCRUZ. 2015.

BARRY, R. G.; CHORLEY, R. J. *Atmosfera, tempo e clima*. 9ª Edição. Porto Alegre. Bookman, 2013.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Plano Nacional sobre Mudança do Clima. Brasília. dez 2008. 132p. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/politica-nacional-sobre-mudanca-do-clima/plano-nacional-sobre-mudanca-do-clima>>. Acessado em: 09 de jun. 2015.

BRASIL. Presidência da República: casa Civil. Lei nº 12.187 de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. Brasília. 2009. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/lei/12187.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/12187.htm)>. Acessado em: 07 set. 2015.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico. 454 p. 34ª edição, 2011. Disponível em: <[http://bd.camara.gov.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/15261/constituicao\\_federal\\_35ed.pdf?sequence=9](http://bd.camara.gov.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/15261/constituicao_federal_35ed.pdf?sequence=9)>. Acesso em 14/02/2017

BRASIL. Ministério das Cidades. *Microrregiões Geográficas*. 2. ed. Belo Horizonte: Centro de Estatística e Informações; Ministério das Cidades, 2005. 111 p. (Projeto PNUD-BRA-00/019 - Habitar Brasil – BID).

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Biomás*. 2014. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomás>>. Acesso em: 12 maio 2016.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Quarto relatório nacional para a convenção sobre diversidade biológica: Brasil. Brasília, DF: MMA, 2011. 248 p.

BRASIL. Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, 2010.

Disponível em:<<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/326751.html>>.

BID. Conceitos básicos sobre mudança do clima: causas, mitigação e adaptação / Thiago de A. Mendes, Eagles Muniz, Mônica Santos da Conceição. 326 p. Brasil, 2015.

CAMARINHA, P.I; DEBORTOLI, N.S.; HIROTA, M. Índice de Vulnerabilidade aos Desastres Naturais relacionados às Secas- No contexto das Mudanças Climáticas. Produto II- Relatório com os resultados e discussões sobre o Índice de Vulnerabilidade e a Avaliação dos Impactos relacionados às Secas para diferentes regiões do Brasil. Florianópolis. 19 jun. 2015.

CHOU, S. C., Lyra, A., Mourão, C., Dereczynski, C. et al. Evaluation of the Etasimulations nested in three global climate models. American Journal of Climate Change. v3,.2014.438-454p. 2014.

CONFALONIERI, U. E. C. BARATA, M.M.L.; MARINHO, D. P. M. Vulnerabilidade climática no Brasil. In: CHANG, M. et al (ed.). Metodologias de Estudos de Vulnerabilidade a Mudança do Clima. Coletânea Mudanças Globais. v 5. Ed. Interciência. Rio de Janeiro: IVIG/COPPE-UFRJ. 1 ed., cap. 2,. 2015.25-38 p.

CONFALONIERI, U.E.C. et al. “Análise da vulnerabilidade da população brasileira aos impactos sanitários das mudanças climáticas”. Ministério da Saúde. Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ), Escola Nacional de Saúde Pública. “Programa de Mudanças Ambientais globais e Saúde” – Relatório de Projeto de Pesquisa.[S.I.] 2005.184 p.

CONFALONIERI, U.E.C.; LIMA, A.C.L.; BRITO, I.F.; FONSECA, A.F.Q. “Social, environmental and health vulnerability to climate change in the Brazilian Northeastern region”. Climatic Change, Special Issue, “Climate Change and Adaptation in tropical basins”. [S.I.].July 2013. 123-137p.

CONFALONIERI, U.E.C. et al. Modelo Conceitual para Avaliação Municipal da Vulnerabilidade Humana à Mudança do Clima no Brasil: Contribuição da Fiocruz ao Plano Nacional de Adaptação – Sumário Metodológico. Belo Horizonte 2016. 28p. Disponível em: [www.http://projetoenvulnerabilidade.fiocruz.br/](http://projetoenvulnerabilidade.fiocruz.br/)

CONFALONIERI UEC. Variabilidade climática, vulnerabilidade social e saúde no Brasil.. 2003; 19-I (20): 193-204.

COSTA, A.B.F. et al. Análise climatológica de dias consecutivos sem chuva no Estado do Paraná. Canela: 3º Simpósio Internacional de Climatologia, 18 a 21 de outubro de 2009.

CUTTER, S. L. A Ciência da Vulnerabilidade: modelos, métodos e indicadores. Revista Crítica de Ciências Sociais. [S.I.].jun. 2011. 59-69 p.

DOW, K. Exploring differences in our common future(s): the meaning of vulnerability to global environmental change. *Geoforum*. 23.3 p 417-436. 1992.

EMBRAPA. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Maranhão. Rio de Janeiro, 1986.

FIRJAN. IFDM - Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal. Nota Metodológica. [S.I.](s.d.).Disponível em: <http://www.firjan.com.br/ifdm/>. Acessado em: 31 ago. 2016.

HENRIQUES, António Gonçalves. História das Políticas de Ambiente. Instituto Superior Técnico, Mestrado em Engenharia do Ambiente, Lisboa (<https://fenix.ist.utl.pt/disciplinas/pa5/2008-2009/2--semestre/historia-das-politicas-de-ambiente>), 2009.

IBGE. Estados: Maranhão. 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=ma#>. Acesso em: 17 jun. 2016.

IBGE. Regiões de influência das cidades - 2007. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/>. Acesso em: 20 jun. 2017.

IBGE. Censo Demográfico 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/>. Acesso em: 15 mar. 2015.

IBGE. Divisão regional do Brasil em mesorregiões e microrregiões geográficas. Rio de Janeiro, 1990. v. 1. Disponível em: [http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/DRB/Divisao%20regional\\_v01.pdf](http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/DRB/Divisao%20regional_v01.pdf). Acesso em: 17 jun. 2016.

IBGE. Municípios do Estado do Maranhão. 2007. Disponível em: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). Acesso em: 13 set. 2016.

IPAM. Instituto de pesquisa ambiental da Amazônia. ABC do Clima. O que é mudança climática global ou aquecimento global?. 2009. Disponível em: <http://www.ipam.org.br/saiba-mais/abc/mudancaspergunta/O-que-e-mudanca-climatica-global-ou-aquecimento-global-10/2>. Acessado em: 12 nov. 2016.

IPCC. Climatechange 2001: Impacts, AdaptationandVulnerability. Summary for Policymakers, WMO.[S.I].2001.

IPCC, 2007. IPCC FourthAssessmentReport: ClimateChange 2007 (AR4). WorkingGroup II Report. “Impacts, AdaptationandVulnerability”. Chapter 18. Interrelationshipsbetweenadaptationandmitigation. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4-wg2-chapter18.pdf>.

IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp. Disponível em: [https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR\\_AR5\\_FINAL\\_full.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full.pdf). Acesso em 27/01/2017

JANNUZZI, Paulo M. Indicadores sociais no Brasil: conceitos, fonte de dados e aplicações. Campinas. Ed. Alínea, 2001.

MARANHÃO. Atlas do Maranhão. 2ª. Ed. São Luís: GEPLAN, LABGEO/UEMA, 2002, 44 p.

MARANHÃO. Governo do Estado do Maranhão. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Naturais. Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos efeitos da Seca. Áreas susceptíveis à desertificação no Estado do Maranhão. São Luís: Eduema, 2012.

MARANHÃO. Relatório do Diagnóstico do Macrozoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Maranhão / Mateus Batistella, Édson Luis Bolfe, Luiz Eduardo Vicente, Daniel de Castro Victoria, Luciana Spinelli Araújo (Org.). – Campinas, SP: Embrapa, 2013

MDZCM – Macro-diagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil – Brasília: MMA, 2008. 242 p.; ISBN 978-85-7738-112-8. Acessado em outubro de 2014 no site: [http://www.laget.eco.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=62:macrodiagnostico&catid=43:mapas-e-cartas&Itemid=5](http://www.laget.eco.br/index.php?option=com_content&view=article&id=62:macrodiagnostico&catid=43:mapas-e-cartas&Itemid=5).

MMA. Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima : sumário executivo / Ministério do Meio Ambiente. --. Brasília : MMA, 2016

NOBRE, C. A., 2008. Mudanças Climáticas e o Brasil - Contextualização. In: CGEE. Parcerias Estratégicas v. 27, p. 7-17. Brasília: CGEE. Disponível em: <<http://www.cgee.org.br/parcerias/p27.php>>.

OCDE . Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide, 2008. Disponível em: <<https://composite-indicators.jrc.ec.europa.eu/>>. Acesso em: 11 nov. 2016.

OLIVEIRA, T. V. dos Santos de. Fatores socioambientais associados a eventos hidrometeorológicos extremos na incidência de leptospirose no município do Rio de Janeiro – 1997 a 2009. um estudo de caso. Rio de Janeiro, 2013.

PEREIRA, C. A. R. et al. Avaliação econômica dos casos de Dengue atribuídos ao desastre de 2011 em Nova Friburgo (RJ), Brasil. Ciênc. saúde coletiva, v. 19, n. 9.2014. 3693-3704 p.

PEREIRA, C. A. R.. Custo social da leptospirose no Brasil e o efeito de chuvas extremas em Nova Friburgo para o incremento de casos da doença. Tese de Doutorado. Fundação Oswaldo Cruz. Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca. Rio de Janeiro. 2014.

PNUD. Programa Nações Unidas para o Desenvolvimento. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/>>. Acesso em: 11 set. 2016.

PPCD-MA. Plano Estadual de Prevenção e Controle do Desmatamento e Queimadas do Maranhão. Produto 2. Diagnóstico para elaboração PPCD-MA. Brasília. jun. 2011. Disponível

em: <[http://www.sema.ma.gov.br/pdf/PPCDMA\\_Diagnostico\\_110602.pdf](http://www.sema.ma.gov.br/pdf/PPCDMA_Diagnostico_110602.pdf)>. Acesso em: 17 jun. 2013.

SAISANA, M. TARANTOLA S. State-of-the-art report on current methodologies and practices for composite indicator development. Report EUR 20408 EN. European Commission–Joint Research Centre, Ispra. 2002

SANTOS, R.B. dos. Vulnerabilidade socioambiental e de saúde dos municípios do Estado do Espírito Santo frente aos impactos das mudanças climáticas. Belo Horizonte, 2016.

SCHUSCHNY, A. Indicadores compuestos: Algunas consideraciones metodológicas (Apresentação em Power Point). In: Simpósio Internacional de Mudanças Climáticas e Pobreza na América do Sul. Universidade de São Paulo, 2010.

SISVUCLIMA. Sistema de Vulnerabilidade Climática. Portal de visualização dos resultados de indicadores do projeto Vulnerabilidade à Mudança do Clima. Disponível em: <<http://sisvuclima.com.br/index>>. Acesso em 27 dez 2017

## APÊNDICE

Apêndice A: Tabela com os principais índices

Município	IE	IS	ICA	IV	ICC 4.5	ICC 8.5	IMV 4.5	IMV 8.5
Açailândia	0,51	0,23	0,12	0,18	0,33	0,83	0,19	0,5
Afonso Cunha	0,15	0,62	0,63	0,46	0,17	0,5	0,25	0,46
Água Doce do Maranhão	0,51	0,6	0,7	0,67	0,17	0,33	0,38	0,49
Alcântara	0,67	0,64	0,79	0,82	0,17	0,5	0,48	0,68
Aldeias Altas	0,24	0,71	0,49	0,48	0,17	0,67	0,27	0,57
Altamira do Maranhão	0,51	0,44	0,88	0,68	0,33	0,83	0,49	0,8
Alto Alegre do Maranhão	0,48	0,44	0,75	0,6	0,33	0,83	0,44	0,75
Alto Alegre do Pindaré	0,51	0,64	0,59	0,63	0,5	0,83	0,57	0,77
Alto Parnaíba	0,04	0,11	0,7	0,18	0,33	0,83	0,18	0,49
Amapá do Maranhão	0,3	0,91	0,61	0,67	0,33	0,5	0,49	0,59
Amarante do Maranhão	0,21	0,77	0,75	0,63	0,5	0,83	0,57	0,77
Anajatuba	0,17	0,43	0,53	0,32	0,33	0,83	0,27	0,58
Anapurus	0,42	0,4	0,59	0,47	0,33	0,67	0,36	0,57
Apicum-Açu	0,5	0,61	0,32	0,47	0,17	0,33	0,26	0,37
Araguanã	0,44	0,47	0,7	0,57	0,33	0,83	0,42	0,73
Araioses	0,65	0,65	0,84	0,83	0,17	0,33	0,49	0,59
Arame	0,32	0,78	0,82	0,73	0,5	0,83	0,62	0,83
Arari	0,35	0,27	0,3	0,21	0,17	0,83	0,1	0,51
Axixá	0,47	0,39	0,3	0,34	0,33	0,5	0,28	0,38
Bacabal	0,64	0,72	0,02	0,44	0,33	0,83	0,35	0,66
Bacabeira	0,37	0,41	0,47	0,39	0,33	0,5	0,31	0,41
Bacuri	0,34	0,61	0,27	0,37	0,17	0,5	0,2	0,4

Município	IE	IS	ICA	IV	ICC 4.5	ICC 8.5	IMV 4.5	IMV 8.5
Bacurituba	0,67	0,75	0,48	0,72	0,33	0,67	0,52	0,72
Balsas	0,1	0,38	0,26	0,12	0,33	0,83	0,15	0,46
Barão de Grajaú	0,17	0,21	0,59	0,24	0,17	0,67	0,12	0,43
Barra do Corda	0,41	0,82	0,66	0,71	0,33	0,83	0,51	0,82
Barreirinhas	0,41	0,57	0,7	0,61	0,17	0,5	0,35	0,55
Bela Vista do Maranhão	0,07	0,7	0,53	0,41	0,33	0,83	0,33	0,64
Belágua	0,31	0,55	0,95	0,67	0,33	0,5	0,49	0,59
Benedito Leite	0,04	0,46	0,83	0,42	0,33	0,67	0,33	0,54
Bequimão	0,54	0,76	0,66	0,75	0,33	0,67	0,54	0,74
Bernardo do Mearim	0,55	0,35	0,71	0,57	0,33	0,83	0,42	0,73
Boa Vista do Gurupi	0,37	0,82	0,76	0,74	0,33	0,83	0,53	0,84
Bom Jardim	0,27	0,64	0,56	0,5	0,5	0,83	0,48	0,69
Bom Jesus das Selvas	0,51	0,49	0,53	0,53	0,5	0,83	0,5	0,71
Bom Lugar	0,55	0,37	0,66	0,55	0,33	0,83	0,41	0,72
Brejo	0,35	0,64	0,59	0,56	0,33	0,67	0,42	0,62
Brejo de Areia	0,41	0,57	0,7	0,6	0,33	0,83	0,45	0,76
Buriti	0,25	0,62	0,66	0,52	0,33	0,5	0,4	0,5
Buriti Bravo	0,27	0,56	0,9	0,63	0,17	0,67	0,36	0,67
Buriticupu	0,38	0,9	0,72	0,77	0,33	0,83	0,55	0,86
Buritirana	0,41	0,39	0,7	0,51	0,5	0,83	0,49	0,7
Cachoeira Grande	0,17	0,57	0,84	0,55	0,33	0,5	0,41	0,52
Cajapió	0,27	0,51	0,62	0,46	0,33	0,67	0,36	0,56
Cajari	0,45	0,73	0,92	0,82	0,17	0,83	0,47	0,89
Campestre do Maranhão	0,47	0,34	0,58	0,46	0,33	0,67	0,36	0,56
Cândido Mendes	0,5	0,58	0,96	0,79	0,33	0,5	0,56	0,66
Cantanhede	0,64	0,32	0,57	0,52	0,17	0,67	0,29	0,6
Capinzal do Norte	0,55	0,74	0,54	0,68	0,17	0,83	0,39	0,8

Município	IE	IS	ICA	IV	ICC 4.5	ICC 8.5	IMV 4.5	IMV 8.5
Carolina	0,04	0,12	0,48	0,07	0,33	0,67	0,12	0,32
Carutapera	0,5	0,49	0,69	0,6	0,33	0,5	0,44	0,55
Caxias	0,36	0,85	0,19	0,46	0,17	0,5	0,26	0,46
Cedral	0,54	0,47	0,78	0,66	0,17	0,33	0,38	0,48
Central do Maranhão	0,44	0,67	0,58	0,61	0,33	0,67	0,45	0,65
Centro do Guilherme	0,4	0,75	0,66	0,67	0,33	0,67	0,49	0,69
Centro Novo do Maranhão	0,14	0,69	0,66	0,51	0,5	0,83	0,49	0,7
Chapadinha	0,36	0,66	0,47	0,51	0,33	0,67	0,39	0,59
Cidelândia	0,41	0,31	0,58	0,41	0,33	0,83	0,33	0,64
Codó	0,57	0,89	0,35	0,67	0,17	0,67	0,39	0,7
Coelho Neto	0,38	0,86	0,54	0,65	0,17	0,5	0,38	0,58
Colinas	0,41	0,81	0,59	0,67	0,33	0,67	0,49	0,69
Conceição do Lago-Açu	0,38	0,67	0,83	0,71	0,33	0,83	0,51	0,82
Coroatá	0,54	0,57	0,35	0,49	0,33	0,83	0,38	0,68
Cururupu	0,54	0,51	0,42	0,49	0,17	0,33	0,28	0,38
Davinópolis	0,41	0,54	0,63	0,55	0,5	0,83	0,52	0,72
Dom Pedro	0,58	0,19	0,61	0,45	0,17	0,67	0,25	0,56
Duque Bacelar	0,18	0,62	0,54	0,43	0,33	0,5	0,34	0,44
Esperantinópolis	0,65	0,61	0,54	0,67	0,33	0,83	0,49	0,79
Estreito	0,34	0,17	0,39	0,2	0,33	0,83	0,2	0,51
Feira Nova do Maranhão	0,14	0,33	0,61	0,29	0,33	0,83	0,25	0,56
Fernando Falcão	0,07	0,67	0,95	0,61	0,17	0,67	0,35	0,66
Formosa da Serra Negra	0,34	0,41	0,89	0,58	0,33	0,83	0,43	0,74
Fortaleza dos Nogueiras	0,34	0,12	0,73	0,35	0,33	0,83	0,29	0,6
Fortuna	0,21	0,63	0,56	0,46	0,17	0,67	0,25	0,56
Godofredo Viana	0,4	0,4	0,57	0,44	0,17	0,5	0,25	0,45
Gonçalves Dias	0,35	0,41	0,69	0,48	0,17	0,67	0,27	0,58

Município	IE	IS	ICA	IV	ICC 4.5	ICC 8.5	IMV 4.5	IMV 8.5
Governador Archer	0,55	0,54	0,8	0,71	0,17	0,67	0,41	0,72
Governador Edison Lobão	0,47	0,3	0,7	0,5	0,5	0,83	0,49	0,69
Governador Eugênio Barros	0,21	0,5	0,64	0,43	0,33	0,67	0,34	0,55
Governador Luiz Rocha	0,11	0,54	0,45	0,31	0,33	0,67	0,26	0,47
Governador Newton Bello	0,44	0,61	0,67	0,62	0,33	0,83	0,46	0,77
Governador Nunes Freire	0,4	0,84	0,37	0,57	0,33	0,67	0,42	0,63
Graça Aranha	0,31	0,48	0,49	0,4	0,33	0,67	0,32	0,53
Grajaú	0,17	0,67	0,38	0,37	0,5	0,83	0,4	0,61
Guimarães	0,54	0,45	0,12	0,31	0,17	0,5	0,16	0,37
Humberto de Campos	0,47	0,46	0,89	0,67	0,17	0,5	0,39	0,59
Icatu	0,47	0,59	0,6	0,59	0,17	0,5	0,34	0,54
Igarapé do Meio	0,31	0,72	0,9	0,73	0,33	0,83	0,53	0,83
Igarapé Grande	0,55	0,49	0,54	0,55	0,33	0,83	0,41	0,72
Imperatriz	0,68	0,21	0,13	0,27	0,33	0,83	0,24	0,55
Itaipava do Grajaú	0,41	0,79	0,74	0,73	0,33	1	0,53	0,94
Itapecuru Mirim	0,37	0,9	0,09	0,44	0,33	0,67	0,35	0,55
Itinga do Maranhão	0,37	0,27	0,57	0,36	0,33	0,83	0,3	0,61
Jatobá	0,27	0,67	0,74	0,6	0,33	0,67	0,45	0,65
Jenipapo dos Vieiras	0,31	0,52	0,97	0,66	0,33	0,83	0,48	0,79
João Lisboa	0,51	0,24	0,8	0,54	0,33	0,83	0,41	0,72
Joselândia	0,55	0,63	0,78	0,74	0,33	0,83	0,53	0,84
Junco do Maranhão	0,4	0,61	0,32	0,42	0,33	0,83	0,33	0,64
Lago da Pedra	0,55	0,71	0,5	0,64	0,33	0,83	0,47	0,78
Lago do Junco	0,65	0,48	0,54	0,6	0,33	0,83	0,44	0,75
Lago dos Rodrigues	0,31	0,48	0,47	0,39	0,17	0,5	0,21	0,41
Lago Verde	0,25	0,78	0,76	0,66	0,33	0,83	0,48	0,79
Lagoa do Mato	0,21	0,28	0,52	0,26	0,33	0,83	0,23	0,54

Município	IE	IS	ICA	IV	ICC 4.5	ICC 8.5	IMV 4.5	IMV 8.5
Lagoa Grande do Maranhão	0,58	0,64	0,76	0,76	0,33	0,83	0,54	0,85
Lajeado Novo	0,37	0,12	0,57	0,28	0,33	1	0,25	0,66
Lima Campos	0,55	0,63	0,18	0,44	0,33	0,83	0,34	0,65
Loreto	0,04	0,13	0,34	0	0,33	0,83	0,07	0,38
Luís Domingues	0,6	0,68	0,78	0,8	0,33	0,5	0,57	0,67
Magalhães de Almeida	0,34	0,25	0,84	0,47	0,17	0,5	0,26	0,47
Maracaçumé	0,3	0,72	0,71	0,63	0,33	0,67	0,46	0,67
Marajá do Sena	0,42	0,56	1	0,75	0,33	0,83	0,54	0,85
Maranhãozinho	0,44	0,5	0,63	0,55	0,33	0,67	0,41	0,62
Mata Roma	0,15	0,37	0,56	0,29	0,33	0,67	0,25	0,46
Matinha	0,47	0,44	0,54	0,49	0,33	0,83	0,37	0,68
Matões	0,11	0,63	0,52	0,39	0	0,5	0,11	0,42
Matões do Norte	0,48	0,25	0,47	0,36	0,33	0,83	0,29	0,6
Milagres do Maranhão	0,15	0,36	0,71	0,37	0,33	0,67	0,3	0,51
Mirador	0,17	0,59	0,81	0,55	0,17	0,67	0,31	0,62
Miranda do Norte	0,47	0,24	0,42	0,32	0,33	0,67	0,27	0,48
Mirinzal	0,64	0,48	0,46	0,55	0,33	0,5	0,41	0,52
Monção	0,51	0,71	0,86	0,81	0,33	0,83	0,57	0,88
Montes Altos	0,17	0,63	0,78	0,55	0,5	0,83	0,52	0,72
Morros	0,07	0,71	0,78	0,54	0,33	0,5	0,41	0,51
Nina Rodrigues	0,15	0,52	0,43	0,3	0,33	0,67	0,26	0,47
Nova Colinas	0,34	0,45	0,61	0,46	0,33	0,83	0,36	0,66
Nova Iorque	0,07	0,32	0,73	0,32	0,17	0,67	0,17	0,48
Nova Olinda do Maranhão	0,24	0,43	0,91	0,55	0,33	0,83	0,41	0,72
Olho d'Água das Cunhãs	0,51	0,57	0,85	0,73	0,33	0,83	0,53	0,84
Olinda Nova do Maranhão	0,51	0,56	0,59	0,59	0,33	0,83	0,44	0,75
Paço do Lumiar	0,47	0	0,39	0,18	0,17	0,5	0,08	0,29

Município	IE	IS	ICA	IV	ICC 4.5	ICC 8.5	IMV 4.5	IMV 8.5
Palmeirândia	0,44	0,7	0,89	0,78	0,33	0,83	0,55	0,86
Paraibano	0,37	0,62	0,61	0,57	0,17	0,5	0,32	0,53
Parnarama	0,25	0,5	0,7	0,49	0,17	0,5	0,27	0,48
Passagem Franca	0,37	0,76	0,44	0,55	0,17	0,5	0,31	0,52
Pastos Bons	0,17	0,41	0,44	0,27	0,17	0,67	0,14	0,45
Paulino Neves	0,51	0,36	0,8	0,6	0,17	0,33	0,34	0,44
Paulo Ramos	0,45	0,82	0,89	0,84	0,33	0,83	0,59	0,9
Pedreiras	1	0,41	0,23	0,58	0,33	0,83	0,43	0,74
Pedro do Rosário	0,44	0,83	0,76	0,78	0,33	0,83	0,56	0,86
Penalva	0,44	0,65	0,91	0,76	0,33	0,83	0,54	0,85
Peri Mirim	0,44	0,53	0,83	0,66	0,33	0,67	0,48	0,69
Peritoró	0,62	0,58	0,71	0,72	0,17	0,83	0,42	0,83
Pindaré-Mirim	0,51	0,59	0,43	0,52	0,33	0,83	0,4	0,71
Pinheiro	0,34	0,36	0,43	0,32	0,33	0,67	0,27	0,48
Pio XII	0,6	0,59	0,49	0,6	0,33	0,83	0,45	0,75
Pirapemas	0,45	0,72	0,9	0,8	0,33	0,67	0,57	0,78
Poção de Pedras	0,65	0,76	0,52	0,73	0,33	0,83	0,53	0,84
Porto Franco	0,44	0,22	0,17	0,17	0,33	0,83	0,18	0,49
Porto Rico do Maranhão	0,54	0,38	0	0,21	0,17	0,33	0,1	0,21
Presidente Dutra	0,55	0,23	0,38	0,33	0,33	0,67	0,28	0,49
Presidente Juscelino	0,57	0,57	0,78	0,73	0,33	0,5	0,52	0,63
Presidente Médici	0,44	0,15	0,48	0,29	0,33	0,67	0,25	0,46
Presidente Sarney	0,44	0,6	0,66	0,61	0,33	0,83	0,45	0,76
Presidente Vargas	0,15	0,48	0,9	0,53	0,33	0,67	0,4	0,6
Primeira Cruz	0,47	0,5	0,89	0,7	0,17	0,5	0,4	0,61
Raposa	0,57	0,39	0,58	0,53	0,17	0,33	0,3	0,4
Riachão	0,14	0,59	0,56	0,4	0,33	0,83	0,32	0,63

Município	IE	IS	ICA	IV	ICC 4.5	ICC 8.5	IMV 4.5	IMV 8.5
Ribamar Fiquene	0,37	0,28	0,56	0,36	0,5	0,83	0,4	0,61
Rosário	0,51	0,44	0,48	0,47	0,33	0,5	0,36	0,47
Sambaíba	0,14	0,63	0,83	0,56	0,33	0,83	0,42	0,73
Santa Filomena do Maranhão	0,51	0,65	0,76	0,73	0,33	0,67	0,52	0,73
Santa Helena	0,37	0,46	0,9	0,63	0,33	0,67	0,46	0,67
Santa Inês	0,47	0,53	0,39	0,45	0,33	0,83	0,35	0,66
Santa Luzia	0,87	0,89	0,69	1	0,5	0,83	0,79	1
Santa Luzia do Paruá	0,44	0,42	0,37	0,37	0,33	0,67	0,3	0,51
Santa Quitéria do Maranhão	0,18	0,52	0,69	0,46	0,33	0,5	0,36	0,46
Santa Rita	0,27	0,36	0,52	0,33	0,33	0,5	0,28	0,38
Santana do Maranhão	0,11	0,12	0,76	0,25	0,17	0,5	0,13	0,33
Santo Amaro do Maranhão	0,51	0,36	0,76	0,58	0,17	0,5	0,33	0,53
Santo Antônio dos Lopes	0,55	0,51	0,59	0,59	0,17	0,83	0,33	0,74
São Benedito do Rio Preto	0,11	0,56	0,81	0,5	0,33	0,67	0,38	0,59
São Bento	0,34	0,32	0,72	0,45	0,33	0,83	0,35	0,66
São Bernardo	0,28	0,48	0,71	0,5	0,17	0,5	0,28	0,48
São Domingos do Azeitão	0,14	0,5	0,43	0,29	0,17	0,67	0,15	0,46
São Domingos do Maranhão	0,41	0,6	0,54	0,53	0,33	0,67	0,4	0,61
São Félix de Balsas	0,04	0,35	0,78	0,34	0,33	0,83	0,28	0,59
São Francisco do Brejão	0,51	0,49	0,66	0,59	0,33	0,83	0,44	0,75
São Francisco do Maranhão	0,37	0,63	0,75	0,64	0,17	0,67	0,37	0,68
São João Batista	0,27	0,6	0,33	0,36	0,33	0,83	0,29	0,6
São João do Carú	0,24	0,55	0,82	0,56	0,5	0,83	0,52	0,73
São João do Paraíso	0,34	0,38	0,51	0,37	0,33	0,83	0,3	0,61
São João do Soter	0,15	0,64	0,71	0,51	0,17	0,5	0,29	0,49
São João dos Patos	0,07	0,55	0,56	0,35	0,17	0,67	0,19	0,49
São José de Ribamar	0,57	0,22	0,27	0,29	0,33	0,5	0,25	0,35

Município	IE	IS	ICA	IV	ICC 4.5	ICC 8.5	IMV 4.5	IMV 8.5
São José dos Basílios	0,55	0,59	0,88	0,77	0,33	0,67	0,55	0,76
São Luís	0,57	0,37	0,09	0,27	0,33	0,67	0,24	0,45
São Luís Gonzaga do Maranhão	0,67	0,64	0,84	0,85	0,33	0,83	0,6	0,9
São Mateus do Maranhão	0,41	0,66	0,48	0,53	0,33	0,83	0,4	0,71
São Pedro da Água Branca	0,27	0,37	0,56	0,36	0,33	1	0,3	0,71
São Pedro dos Crentes	0,24	0,13	0,49	0,18	0,33	0,83	0,19	0,49
São Raimundo das Mangabeiras	0,04	0,44	0,73	0,36	0,33	0,83	0,3	0,61
São Raimundo do Doca Bezerra	0,55	0,47	0,63	0,59	0,33	0,83	0,44	0,74
São Roberto	0,55	0,34	0,71	0,56	0,33	0,83	0,42	0,73
São Vicente Ferrer	0,34	0,35	0,61	0,41	0,33	0,83	0,33	0,64
Satubinha	0,51	0,41	0,74	0,59	0,33	0,83	0,44	0,75
Senador Alexandre Costa	0,15	1	0,57	0,62	0,17	0,67	0,35	0,66
Senador La Rocque	0,51	0,44	0,73	0,6	0,5	0,83	0,55	0,75
Serrano do Maranhão	0,44	0,65	0,3	0,45	0,33	0,5	0,35	0,46
Sítio Novo	0,17	0,2	0,66	0,27	0,33	0,83	0,24	0,55
Sucupira do Norte	0,17	0,5	0,73	0,46	0,17	0,67	0,26	0,57
Sucupira do Riachão	0,17	0,38	0,59	0,33	0,17	0,67	0,17	0,48
Tasso Fragoso	0	0,37	0,43	0,16	0,33	0,83	0,17	0,48
Timbiras	0,62	0,52	0,83	0,75	0,17	0,67	0,43	0,74
Timon	0,35	0,43	0,14	0,21	0	0,33	0	0,21
Trizidela do Vale	0,96	0,63	0,39	0,76	0,33	0,83	0,54	0,85
Tufilândia	0,47	0,87	0,53	0,7	0,33	0,83	0,51	0,82
Tuntum	0,41	0,6	0,61	0,58	0,33	0,67	0,43	0,63
Turialça	0,6	0,85	0,93	0,96	0,33	0,5	0,67	0,77
Turilândia	0,47	0,67	0,71	0,69	0,33	0,67	0,5	0,71
Tutóia	0,51	0,53	0,74	0,65	0,17	0,33	0,37	0,48
Urbano Santos	0,11	0,55	0,84	0,51	0,33	0,67	0,39	0,59

Município	IE	IS	ICA	IV	ICC 4.5	ICC 8.5	IMV 4.5	IMV 8.5
Vargem Grande	0,35	0,58	0,33	0,39	0,17	0,67	0,21	0,52
Viana	0,59	0,48	0,52	0,56	0,33	0,83	0,42	0,73
Vila Nova dos Martírios	0,37	0,47	0,56	0,46	0,33	0,83	0,36	0,67
Vitória do Mearim	0,28	0,51	0,63	0,47	0,17	0,83	0,26	0,67
Vitorino Freire	0,51	0,77	0,52	0,66	0,33	0,83	0,48	0,79
Zé Doca	0,34	0,45	0,44	0,37	0,33	0,83	0,3	0,61