

ÍNDICE DE VULNERABILIDADE ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS E PLANO DE ADAPTAÇÃO

CIDADE DE FORTALEZA, ESTADO DO CEARÁ

Índice de Vulnerabilidade às Mudanças Climáticas



FACILIDADE DE INVESTIMENTO PARA A AMÉRICA LATINA
AGÊNCIA FRANCESA DE DESENVOLVIMENTO (AFD)
BANCO DE DESENVOLVIMENTO DA AMÉRICA LATINA (CAF)
PREFEITURA MUNICIPAL DE FORTALEZA (PMF)



**Prefeitura de
Fortaleza**

Secretaria Municipal de
Urbanismo e Meio Ambiente

1ª Versão: dezembro/2020

Equipe do Projeto

EBP / Geoklock: Denise Fussen Yanque, João Castro, Sebastian Garin,
Sallie Lacy

Geoanalysis: Magda Helena de Araújo Maia, David Paiva Martins, Matheus
Vieira Sales, Natália Reis Studart

EBP Schweiz AG
Zollikerstrasse 65
8702 Zollikon
Suíça
+41 44 395 11 11
info@ebp.ch
www.ebp.ch

Geoklock SA
Av. das Nações Unidas, 13.797
Bloco 2 – 14º andar
04794-000 São Paulo–SP
Brasil
+55 11 5501 3777
info@geoklock.com.br
www.geoklock.com.br

MH&D Consultores LTDA
Av Jovita Feitosa 488
CEP 60455-411
Fortaleza – Ceará
+55 85 996-991-647
gerencia@geoanalysis-ce.com.br
www.geoanalysis-ce.com.br

Índice

1.	Introdução	14
1.1	Objetivo do Trabalho	15
1.2	Abordagem	15
1.3	Metodologia	16
2.	Breve descrição sobre Fortaleza.....	19
2.1	Síntese histórica	19
2.2	Geografia.....	19
2.3	Divisão político-administrativa.....	20
3.	Caracterização climática de Fortaleza.....	25
3.1	Caracterização da informação meteorológica em Fortaleza	25
3.2	Cenários de Mudanças Climáticas e tendências climáticas em Fortaleza.....	34
4.	Caracterização das condições atuais de Fortaleza	49
4.1	Indicadores para determinação do parâmetro Exposição	49
4.2	Indicadores para determinação do parâmetro Sensibilidade.....	69
4.3	Indicadores para determinação do parâmetro Capacidade de Adaptação	78
5.	Espacialização das variáveis do Índice de Risco Climático	84
5.1	Mapas de Exposição às Mudanças Climáticas	84
5.2	Mapas de Sensibilidade e de Capacidade de Adaptação	93
6.	Índices de Risco Climático de Fortaleza e seus respectivos Pontos Críticos (<i>hotspots</i>).....	96
6.1	Mapas de Índices de Risco Climático de Fortaleza para cada perigo analisado	96
6.2	Índice Geral de Risco Atual e Futuro de Fortaleza e seus respectivos Pontos Críticos (<i>hotspots</i>).....	109
6.3	Mapa de <i>hotspots</i> atuais e futuros.....	118
7.	Considerações e Próximos passos	121

Índice de Figuras

Figura 1: Mapa de Localização de Fortaleza. Fonte: Elaboração própria com dados da Prefeitura de Fortaleza	21
Figura 2: Região Metropolitana de Fortaleza. Fonte: Elaboração própria com informações da Prefeitura de Fortaleza	22
Figura 3: Distribuição espacial da malha urbana em relação às Bacias Hidrográficas. Fonte: Elaboração própria com base em dados da Prefeitura Municipal de Fortaleza.....	23
Figura 4: Divisão político-administrativa de Fortaleza – Regionais e bairros. Fonte: Elaboração própria com base em dados da Prefeitura Municipal de Fortaleza	24
Figura 5: Média da temperatura média em Fortaleza de 1961 – 2017. Os vazios na curva correspondem aos dados faltantes nas informações disponíveis.....	26
Figura 6: Média mensal da temperatura mínima, média e máxima em Fortaleza de 1981-2010.....	27
Figura 7: Média de 30 anos da temperatura em Fortaleza de 1961 – 2017 e diferença de 1991 – 2017 vs. 1961 - 1990	28
Figura 8: Média da temperatura máxima (linha laranja) e temperaturas de 32°C e mais (pontos vermelhos) em Fortaleza de 1961 – 2017. Os vazios na curva correspondem aos dados faltantes nas informações disponíveis.....	29
Figura 9: Gráfico de precipitação em número de dias de chuva e quantidade em mm para os anos 1981-2010.....	30
Figura 10: Média de 30 anos da precipitação em número de dias de chuva e quantidade em mm para os anos 1961 – 2017. Fonte: INMET, 2018	31
Figura 11: Dias de precipitação por mês da média de 30 anos entre 1961 et 2017 e diferença por mês entre 1991 – 2017 vs. 1961-1990. Fonte: INMET, 2018	32
Figura 12: Precipitação total por mês da média de 30 anos entre 1961 et 2017 e diferença por mês entre 1991 – 2017 vs. 1961-1990. Fonte: INMET, 2018	32
Figura 13: Diferença das médias de 30 anos dos dias de precipitação em etapas de 10 anos (1971-2010) Fonte: INMET, 2018	33
Figura 14: Diferença das médias de 30 anos da precipitação total em etapas de 10 anos (1961-2017) .	34
Figura 15: Fontes de incertezas nas projeções climáticas.....	35
Figura 16: Evolução da temperatura média nos cenários RCP4.5 et RCP8.5 em Fortaleza até 2100.....	36
Figura 17: Mudança na temperatura média por trimestre por RCP4.5 do período 2035-2045 comparativamente a 1981-2010. a) dezembro – fevereiro, b) março – maio, c) junho – agosto, d) setembro – novembro	38
Figura 18: Mudança na temperatura média por trimestre por RCP8.5 do período 2071-2100 comparativamente a 1981-2010. a) dezembro – fevereiro, b) março – maio, c) junho – agosto, d) setembro – novembro	39
Figura 19: Evolução da precipitação média nos cenários RCP4.5 et RCP8.5 em Fortaleza até 2100.....	40
Figura 20: Mudança nas precipitações médias por trimestre, RCP4.5. a) março a maio 2035-2045 vs. 1981-2010, b) setembro a novembro 2035-2045 vs. 1981-2010, c) março a maio 2071-2100 vs. 1981-2010, d) setembro a novembro 2071-2100 vs. 1981-2010. As áreas sombreadas têm uma confiança baixa.	41
Figura 21: Mudança nas precipitações médias por trimestre, RCP8.5. a) março a maio 2035-2045 vs. 1981-2010, b) setembro a novembro 2035-2045 vs. 1981-2010, c) março a maio 2071-2100 vs. 1981-2010, d) setembro a novembro 2071-2100 vs. 1981-2010. As áreas sombreadas têm uma confiança baixa	42

Figura 22: Mudança nas precipitações médias para os meses de agosto a novembro	43
Figura 23: Mudança nas precipitações médias para os meses de março a maio	43
Figura 24: Mudança nas precipitações médias para o mês de julho até 2100.....	45
Figura 25: Mudança nas precipitações médias para o mês de dezembro até 2100	46
Figura 26: Aumento do nível do mar segundo o IPCC para RCP2.6 (azul) e RCP8.5 (vermelho).....	46
Figura 27: Infográfico sobre os pontos afetados por avanço do mar na Costa do Ceará	48
Figura 28: Famílias afetadas por tipo de evento	50
Figura 29: Condições precárias de moradia às margens de afluentes do Rio Maranguapinho	51
Figura 30: Bairros afetados por Desastres Climáticos entre os anos 2013 e 2016 segundo a Defesa Civil de Fortaleza	53
Figura 31: Mapa de bairros mencionados em notícias sobre eventos extremos (ventos, ressacas do mar, alagamentos) entre 2005 e 2015	54
Figura 32. Transposição de Bacias do Rio Jaguaribe para as Bacias Metropolitanas.....	55
Figura 33. Mapa da distribuição espacial da Infraestrutura hídrica (Abastecimento de Água) de Fortaleza	57
Figura 34. Áreas hidrogeológicas de Fortaleza. Fonte: SRH, 2008	59
Figura 35: Mapa da distribuição espacial das Áreas Protegidas/Preservadas de Fortaleza	61
Figura 36: Estuário do Rio Ceará na região leste de Fortaleza / Divisa com o município de Caucaia	64
Figura 37: Foz do Rio Cocó na região nordeste de Fortaleza	64
Figura 38: Foz do Rio Pacoti na região leste de Fortaleza	65
Figura 39: Mapa das áreas sujeitas à dinâmica costeira, incluindo áreas de manguezal. Fonte: Elaboração própria com base em dados do projeto Orla (2012).....	66
Figura 40: Mapa da distribuição espacial da Infraestrutura de Saneamento (Esgotamento Sanitário) em Fortaleza	68
Figura 41: Mapa da Densidade Populacional de Fortaleza por Bairros. Fonte: Elaboração própria com base em dados da Prefeitura Municipal de Fortaleza	70
Figura 42: Mapa da distribuição do IDH por bairros de Fortaleza. Fonte: Elaboração própria com base em dados da Prefeitura Municipal de Fortaleza.....	73
Figura 43: Aspectos das residências em diferentes bairros de Fortaleza	74
Figura 44: Mapa das ZEIS de Fortaleza. Fonte: Elaboração própria com base em dados da Prefeitura Municipal de Fortaleza	77
Figura 45: Organograma da gestão municipal atual de Fortaleza. Fonte: Prefeitura de Fortaleza	79
Figura 46: Área monitorada pela Defesa Civil e sua respectiva sala de monitoramento (Visita de	80
Figura 47: Mapa de Exposição de Fortaleza ao Aumento de Temperatura. Fonte: Elaboração própria ..	85
Figura 48: Mapa de Exposição de Fortaleza às secas prolongadas. Fonte: Elaboração própria	87
Figura 49: Alguns pontos críticos de alagamento em Fortaleza segundo a SEINF.	89
Figura 50: Mapa de Exposição de Fortaleza às chuvas extremas. Fonte: Elaboração própria	90
Figura 51: Mapa de Exposição de Fortaleza à elevação do nível do mar. Fonte: Elaboração própria	92
Figura 52: Mapa de Sensibilidade de Fortaleza às mudanças climáticas para todos os perigos analisados. Fonte: Elaboração própria.....	94

Figura 53: Mapa de Capacidade de Adaptação às Mudanças Climáticas em Fortaleza (Institucional). Fonte: Elaboração própria	95
Figura 54: Esquema gráfico do cálculo do Índice de Risco Climático. Fonte: Elaboração própria	96
Figura 55: Esquema gráfico do cálculo do Índice de Risco Climático às mudanças de temperatura	96
Figura 56: Mapa do Índice de Risco Climático de Fortaleza ao aumento de temperatura. Fonte: Elaboração própria	99
Figura 57: Esquema gráfico do cálculo do Índice de Risco Climático às secas prolongadas. Fonte: Elaboração própria	100
Figura 58: Mapa do Índice de Risco Climático de Fortaleza às secas prolongadas. Fonte: Elaboração própria.....	102
Figura 59: Esquema gráfico do cálculo do Índice de Risco Climático às chuvas extremas. Fonte: Elaboração própria	103
Figura 60: Mapa do Índice de Risco Climático de Fortaleza às chuvas extremas. Fonte: Elaboração própria.....	105
Figura 61: Esquema gráfico do cálculo do Índice de Risco Climático à elevação do nível do mar	106
Figura 62: Mapa do índice de risco climático de Fortaleza a elevação do nível do mar. Fonte: Elaboração própria.....	108
Figura 63: Mapa do Índice de Risco Climático Atual em Fortaleza. Fonte: Elaboração própria	110
Figura 64: Mapa do Índice de Risco Climático Futuro em Fortaleza. Fonte: Elaboração própria	111
Figura 65: Comparativo entre bairros com baixo risco climático atual e futuro. Fonte: Elaboração própria	113
Figura 66: Comparativo entre bairros com baixo à médio risco climático atual e futuro. Fonte: Elaboração própria.....	114
Figura 67: Comparativo entre bairros com médio risco climático atual e futuro. Fonte: Elaboração própria	115
Figura 68: Comparativo entre bairros com médio à alto risco climático atual e futuro. Fonte: Elaboração própria.....	116
Figura 69: Comparativo entre bairros com alto risco climático atual e futuro. Fonte: Elaboração própria	117
Figura 70: Mapa de <i>hotspots</i> de Fortaleza em um horizonte até 2040. Fonte: Elaboração própria.....	119
Figura 71: Mapa de <i>hotspots</i> de Fortaleza em um horizonte até 2040. Fonte: Elaboração própria.....	120

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Temperaturas mínimas, médias e máximas de 1981 – 2010 da cidade de Fortaleza	27
Tabela 2 - Mês e ano com temperaturas máximas de 32°C ou mais na cidade de Fortaleza.....	29
Tabela 3 - Mínimo e máximo dos dias de precipitação e precipitação total	31
Tabela 4 - Temperatura média nos cenários RCP4.5 et RCP8.5 em Fortaleza para 2035-2045 e 2071-2100.....	37
Tabela 5 - Mudança nas precipitações médias nos cenários RCP4.5 et RCP8.5 em Fortaleza para 2035-2045 e 2071-2100	44
Tabela 6 - Evolução do IDH de Fortaleza.....	71
Tabela 7 - Índice de Desenvolvimento Humano ajustado à renda do trabalho e seus componentes .	72
Tabela 8 - Vulnerabilidade Social em Fortaleza– Crianças e Jovens	75
Tabela 9 - Vulnerabilidade Social – Família em Fortaleza	75
Tabela 10 - Vulnerabilidade Social – Trabalho e renda em Fortaleza	76
Tabela 11 - Vulnerabilidade Social – Condição de moradia em Fortaleza	76
Tabela 12 - Investimentos (Saneamento; Infraestrutura de transportes; Infraestrutura de energia; Educação; e Saúde) de acordo com o Plano Plurianual de Fortaleza (2017 – 2021)	81
Tabela 13 - Investimentos da CAGECE em ações em andamento e com recursos assegurados para o município de Fortaleza.....	83

Lista de Abreviações

AFD – Agência Francesa de Desenvolvimento
APP – Áreas de Preservação Permanente
ARIE – Área de Relevante Interesse ecológico
CAF – Banco de Desenvolvimento da América Latina
CAGECE – Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará
CAPS – Centros de Atenção Psicossocial
CEO – Centro de Especialidade Odontológica
CEPAL – Comissão Econômica da América Latina
COEPDC – Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil
COGERH – Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará.
ESE – Este-Sudeste
ETA – Estação de Tratamento de Água
ETE – Estação de Tratamento de Esgoto
ETUFOR – Empresa de Transporte Urbano de Fortaleza
Forclima – Fórum de Mudanças Climáticas de Fortaleza
Funceme – Fundação Cearense de Meteorologia
GBFor – Green Building for Cities
GCF – Fundo Verde para o Clima
GMF – Guarda Municipal de Fortaleza
IA – Índice de Aridez
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH – Índice de Desenvolvimento Humano
IDHM – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
IFCE – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará
IML – Instituto Médico Legal
INACE – Indústria Naval do Ceará
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia
INPH – Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias
IPCC – Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
IPECE – Instituto de Pesquisas Econômicas do Ceará
Iplanfor – Instituto de Planejamento de Fortaleza
Labomar – Instituto de Ciências do Mar
LAIF – Facilitação de Investimentos para a América Latina
NE – Nordeste
NNE – Norte-Nordeste
OMS – Organização Mundial da Saúde
PIB – Produto Interno Bruto

PISF – Projeto de Integração do São Francisco
PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PPA – Plano Plurianual
PPF – Mecanismo de Preparação de Projetos
RMF – Região Metropolitana de Fortaleza
Samu – Serviço de Atendimento Móvel de Urgência
SCSP – Secretaria Municipal de Conservação e Serviços Públicos
SEINF – Secretaria Municipal de Infraestrutura
SEMA – Secretaria do Estado do Meio Ambiente
SEMACE – Superintendência Estadual do Meio Ambiente
SEUMA – Secretaria Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente
SINDIÔNIBUS – Sindicato das Empresas de Transporte de Passageiros do Estado do Ceará
SINDIVANS – Sindicato dos Permissionários do Transporte Alternativo de Fortaleza
Sisnama – Sistema Nacional de Meio Ambiente
SITFOR – Sistema Integrado de Transporte de Fortaleza
SMS – Secretaria Municipal da Saúde
SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação
SRH – Secretaria de Recursos Hídricos
SUS – Sistema Único de Saúde
UECE – Universidade Estadual do Ceará
UF – Unidade Federativa
UFC – Universidade Federal do Ceará
UPA – Unidades de Pronto Atendimento
URBFOR – Autarquia de Urbanismo e Paisagismo de Fortaleza
VCAN – Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis
ZCIT – Zona de Convergência Intertropical
ZEIS – Zonas Especiais de Interesse Social
ZH – Abcissas x e ordenadas h em metros
ZIL – Ondas de Leste
ZPA – Zonas de Preservação Ambiental

Glossário

Alterações Climáticas	Alteração do clima que persiste durante um longo período e que é originado o por processos internos naturais (variabilidade natural) ou forçamento externo da atividade humana (alterações climáticas antropogênicas).
Áreas de Estirâncio	Zona litoral situada entre o nível médio da maré alta e o nível médio da maré baixa.
Bacia Hidrográfica	Área ou região de drenagem de um rio principal e seus afluentes. É a porção do espaço em que as águas das chuvas, das montanhas, subterrâneas ou de outros rios escoam em direção a um determinado curso d'água, abastecendo-o.
Barlavento	Lado de onde sopra o vento
Capacidade de Adaptação	Capacidade dos sistemas para se ajustarem ao clima real ou projetado e seus efeitos. Nos sistemas humanos, a adaptação tenta moderar ou evitar danos ou aproveitar as oportunidades benéficas. Em alguns sistemas naturais, a intervenção humana pode facilitar o ajuste ao clima projetado e seus efeitos
Contingência	Fato cuja ocorrência é possível, porém incerta; eventualidade, imprevisto
Desembocadura	Lugar onde um curso fluvial despeja suas águas; desaguadouro, foz
Desertificação	Processo de modificação ambiental ou climática que leva à formação de uma paisagem árida ou de um deserto propriamente dito
Dunas	Elevação de areia acumulada pela ação dos ventos, característica de desertos e litorais muito arenosos. Alcança uma altura média de 20m, podendo excepcionalmente atingir 300m como acontece no Saara
Ecossistema	Sistema formado por um meio natural e pela comunidade de organismos animais e vegetais, assim como as inter-relações entre ambos
Efluente	Que eflui ou emana imperceptivelmente de algum corpo
Efluentes domiciliares	Resíduo ou rejeito que esgotos sanitários lançam no meio ambiente
El Niño	Fenômeno que provoca alteração significativa de curta duração na distribuição da temperatura da superfície da água do Oceano Pacífico, com profundos efeitos no clima.
Enseada	Curvatura da costa que forma um pequeno porto abrigado; pequena baía.

Erosão	Desgaste da superfície terrestre pela ação mecânica e química da água corrente, das intempéries ou de outros agentes geológicos.
Estuários	Embocadura larga de um rio, sensível aos efeitos das marés; braço de mar que se forma pela desembocadura de um rio.
Evapotranspiração	Perda da água do solo que, por evaporação, vai em direção à atmosfera.
Eventos de Alta Energia	Conhecidos no Brasil como ressaca do mar, estão relacionados ao aumento anormal do nível de água do mar oriundo de uma tempestade para níveis superiores ao da maré astronômica prevista
Exposição	A presença de pessoas, modos de vida, espécies e ecossistemas, funções ou serviços ambientais e recursos, infraestrutura, elementos econômicos, sociais e culturais que podem ser afetados
Falésia	Escarpa íngreme, à beira-mar, por efeito da erosão marinha.
Fauna	Conjunto das espécies animais de uma região, de um período, estrato geológico ou qualquer outra classificação relevante
Flora	Conjunto de todas as espécies que caracterizam a vegetação de um país ou região, uma época ou determinado ambiente
Foz	Embocadura, ponto onde o rio desemboca; boca do rio.
Hotspots	Áreas críticas quanto à vulnerabilidade aos efeitos das mudanças climáticas, tendo como ponto de partida o cruzamento de informações sobre Exposição com Sensibilidade
Ilhas de calor	Termo usado para as áreas que desenvolvem anomalias na temperatura de superfície e na temperatura do ar, quando comparados com locais dentro da própria cidade
Impacto	Efeito no sistema das condições climáticas e eventos climáticos extremos e das alterações climáticas nos sistemas natural e humano
Índice de Gini	Medida de desigualdade desenvolvida pelo estatístico italiano Corrado Gini, e publicada no documento "Variabilità e mutabilità", em 1912. Pode ser usado para qualquer distribuição embora seja comumente utilizado para medir a desigualdade de distribuição de renda
Insumos	Cada um dos materiais fundamentais para o desenvolvimento ou para a produção de algo (matéria-prima, força de trabalho, consumo de energia, equipamentos, mão de obra, entre outros)

Intrusão Marinha	Invasão da água salgada marinha por redução excessiva dos níveis potenciométricos dos aquíferos; pode ser natural (anos secos) ou artificial (excesso de bombeamento).
La Niña	Fenômeno natural que consiste na diminuição da temperatura da superfície das águas do Oceano Pacífico Tropical Central e Oriental, gerando uma série de mudanças significativas nos padrões de precipitação e temperatura ao redor da Terra.
Manguezais	Zona úmida, definida como “ecossistema costeiro, de transição entre os ambientes terrestre e marinho, característico de regiões tropicais e subtropicais, sujeito ao regime das marés”
Migração	Movimentação de entrada (imigração) ou saída (emigração) de indivíduo ou grupo de indivíduos, ger. em busca de melhores condições de vida. Essa movimentação pode ser entre países diferentes ou dentro de um mesmo país.
Morfogênese	Origem e desenvolvimento das formas e das estruturas de um organismo
Morfologia	Estudo da formação do relevo terrestre e de suas transformações
Pedogênese	Processo de formação e de desenvolvimento do solo
Perigo	Ocorrência potencial de um evento físico ou o efeito de uma alteração climática que possam causar perda de vidas, ferimentos ou outros impactos para a saúde ou danos nas propriedades, infraestruturas, meios de subsistência, prestação de serviços, ecossistemas e recursos ambientais.
Planície Litorânea	É uma faixa de terra que acompanha a faixa costeira, constituída por sedimentos arenosos recentes e compreende a era cenozoica do período quaternário. Faz parte da planície litorânea: praia, pós-praia, campo de dunas (fixas e móveis), falésias (vivas e mortas), planície flúvio-marinha, restinga e recifes.
Planície flúvio-marinha	Apresentam relevo plano e uma dinamicidade gerada pela pluviosidade local e pelas marés, sendo, então, áreas inundadas.
Plataforma Continental	Faixa de terra submersa existente em todo litoral de todo o continente, que, em um suave declive, termina ao dar origem ao talude continental. Geralmente, a plataforma possui uma extensão de 70 a 90 km, e profundidade de 200 metros, até atingir as bacias oceânicas
Processos Socioeconômicos	Alterações nos processos socioeconômicos como as

mudanças nos percursos socioeconômicos, as ações de adaptação e de mitigação e a governação dos impactos e dos riscos climáticos

Projeto Áridas	O Projeto ÁRIDAS foi um esforço colaborativo dos Governos Federal, Estaduais e de Entidades Não-Governamentais, comprometidos com os objetivos do desenvolvimento sustentável no Nordeste.
Região Metropolitana	Consiste em uma área composta por um núcleo urbano densamente povoado e por suas áreas vizinhas menos povoadas.
Restinga	Faixa arenosa ou de rocha submersa pela água do mar que emerge paralelamente ao litoral; parte litorânea e salina, coberta por vegetação típica da região, que consiste em plantas herbáceas e arbustivas
Risco	A probabilidade de eventos ou tendências perigosas relacionados com as alterações climáticas
Seca	Fenômeno climático causado pela insuficiência de precipitação pluviométrica ou chuva numa determinada região por um período muito grande
Sensibilidade	Grau de impacto de um sistema de maneira adversa ou benéfica, relacionado com as variações do clima
Sota-vento	Lado para onde vai o vento; lado contrário àquele de onde sopra o vento
Swell	Formação de ondas ininterruptas, sem ruídos e bem definidas. Um swell se forma a partir de tempestades em alto mar. As ondas se propagam por grandes distâncias no mar, e a medida que vão chegando perto da parte mais rasa, na costa, vão formando estas ondas contínuas que quebram ao bater em um banco de areia ou recife de corais
Tabular	Plano
Terraços Marinheiros	Superfícies formadas a partir do recuo da linha de costa que encontram-se entre a zona de alta praia e a base do campo de dunas
Território	Área da superfície de terra que contém uma nação, dentro de cujas fronteiras o Estado exerce a sua soberania, e que compreende todo o solo, inclusive rios, lagos, mares interiores, águas adjacentes, golfos, baías e portos
Vazão	Volume de um fluido que escoar, por unidade de tempo, através de determinada seção transversal de um encanamento ou canal, medido em metro cúbico por segundo, no sistema internacional
Vulnerabilidade	Propensão ou predisposição a ser afetado negativamente

1. Introdução

Na atualidade existe consenso científico de que o fenômeno das mudanças climáticas é algo inequívoco e causado pela influência humana, além de que seus efeitos estão aumentando (IPCC, 2013a). De acordo com estudos realizados pela Comissão Econômica da América Latina (CEPAL), os impactos das mudanças climáticas são consideráveis para os países da América Latina, principalmente por sua alta dependência econômica dos recursos naturais e do setor agrícola. Os países ainda apresentam uma baixa capacidade adaptativa; uma alta densidade demográfica nas cidades, atrelada a uma deficiente capacidade de planejamento urbano; e uma posição geográfica de alta vulnerabilidade a eventos extremos, sobretudo nas cidades litorâneas.

Compreender os efeitos das mudanças climáticas sobre os meios urbanos faz-se pertinente e de grande relevância na atualidade onde mudanças associadas a temperatura, padrões de chuva e eventos relacionados às massas oceânicas tendem a ampliar o nível de risco. Esta vulnerabilidade associada ao contexto urbano onde o planejamento não tem sido historicamente realizado de forma sistêmica, poderá acarretar severos impactos no atendimento dos serviços básicos, tais como: escoamento de água, distribuição de energia, transporte, serviços de saúde, infraestrutura pública, abastecimentos e produção industrial, entre outros.

Ante este panorama, torna-se indispensável que as cidades comecem a desenhar e estabelecer ações de adaptação planejadas com a finalidade de enfrentar os futuros efeitos das mudanças climáticas. Estas medidas de adaptação podem abarcar um grande espectro de opções, desde necessidades físicas, ambientais, sociais, institucionais, de informação, capacitação de recursos humanos, e de apoio e inclusão do setor privado no processo de adaptação.

De acordo com o Fortaleza 2040¹, para vencer esse desafio os governos locais têm um papel transversal em gerar ações de adaptação que incorporem tanto as entidades privadas, como as públicas, permitindo a participação da comunidade, atores não governamentais, entidades setoriais e administrativas.

Nesse contexto se encontra a cidade de Fortaleza, a qual vem buscando preparar seu território para os desafios impostos pelas mudanças climáticas, levando em conta tanto os aspectos geográficos – dentre os quais destaca-se o fato de ser uma cidade litorânea – como também seus atuais aspectos socioeconômicos, que agravam a situação de sensibilidade de grande parte da população.

Estando conscientes do grande desafio que acompanha as mudanças climáticas nas cidades da América Latina, a Agência Francesa de Desenvolvimento (AFD) e o Banco de Desenvolvimento da América Latina (CAF) firmaram um convênio de Facilitação de Investimentos para a América Latina (LAIF, sigla em inglês) da União Europeia, que deu origem à iniciativa *Ciudades y Cambio Climático en América Latina*. Este convênio tem como objetivo a promoção de cidades baseado em um desenvolvimento com baixo carbono e resiliente às mudanças climáticas. Fortalecendo a sensibilização dos governos locais às mudanças climáticas e a identificação e financiamento de projetos urbanos com co-benefícios climáticos.

Este estudo apresenta uma análise da vulnerabilidade aos impactos das mudanças climáticas

¹ Fortaleza 2040 – Planejamento urbano da cidade de Fortaleza num horizonte de 25 anos realizado pelo Instituto de Planejamento de Fortaleza – IPLANFOR (Ver nas referências)

na cidade de Fortaleza (Informe 1) e um plano de adaptação (Informe 2) que inclui medidas de adaptação para responder à respectiva vulnerabilidade. Cabe ressaltar que o processo de priorização das ações foi realizado de forma participativa, por meio de uma reunião de validação com especialistas e representantes dos órgãos direta e indiretamente relacionados à temática em questão, organizações não governamentais, representantes da comunidade acadêmica e a sociedade civil (Informe 3).

1.1 Objetivo do Trabalho

O objetivo deste trabalho é estabelecer os Índices de Risco às Mudanças Climáticas na cidade de Fortaleza, considerando suas particularidades territoriais, bem como identificar medidas concretas de adaptação, as quais possam reduzir a vulnerabilidade e aumentar a resiliência frente aos impactos das mudanças climáticas.

Neste primeiro informe estão apresentados os resultados referentes ao estabelecimento os índices de risco, sendo o Plano de Adaptação apresentado no Informe 2.

1.2 Abordagem

Os temas abordados estão organizados da seguinte maneira:

- Breve descrição sobre Fortaleza (vide Capítulo 2), descrevendo as informações básicas sobre sua história, geografia e condições socioeconômicas;
- Caracterização climática de Fortaleza (vide Capítulo 3), incluindo a informação meteorológica histórica e atual, e os cenários de mudanças climáticas para Fortaleza, que formam a base para as análises de risco e vulnerabilidade.
- Aprofundamento das informações específicas (vide Capítulo 4) sobre os indicadores de exposição, sensibilidade e capacidade de adaptação, incluindo:
 - I. Caracterização das exposições ambientais das diferentes áreas físicas de Fortaleza, com ênfase no risco climático e no histórico de ocorrências de impactos climáticos;
 - II. Caracterização dos aspectos socioeconômicos relevantes, cujos rebatimentos se dão nas condições de vida da população e sua consequente resiliência aos eventos climáticos;
 - III. Descrição das atuais atividades de adaptação concretas, incluindo a estrutura institucional, os atuais planos e projetos, bem como a atuação das principais instituições que oferecem planejamento e respostas aos impactos dos atuais eventos climáticos.
- Cruzamento dos indicadores para identificar o Índice de Risco Climático em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG), cujos resultados são apresentados e analisados nos Capítulos 5 e 6. Com os Índices de Risco Climático se identifica os *hotspots* da cidade de Fortaleza frente aos perigos climáticos na atualidade e no futuro (vide Capítulo 6).
- Para alcançar a segunda parte do objetivo, ou seja, identificar e priorizar medidas concretas de adaptação às mudanças climáticas, foram realizadas as seguintes atividades referentes à Fase 2 do projeto (vide Informe 2):
 - I. Apresentação das conclusões da Fase 1 em um processo participativo para a validação dos resultados e das medidas propostas correspondentes, com o objetivo de estabelecer uma priorização das ações de mitigação.
 - II. Definição das medidas de adaptação que mais se ajustam às condições de

vulnerabilidade atuais da cidade, resultantes da priorização elencada no processo participativo e da avaliação dos *hotspots* da cidade de Fortaleza. Essas medidas de adaptação constituem o Plano de Adaptação de Fortaleza.

- III. Elaboração de três propostas no formato Nota Conceitual / Mecanismo de Preparação de Projetos (PPF) no formato do Fundo Verde para o Clima (GCF), incluindo as medidas de adaptação identificadas e priorizadas.

1.3 Metodologia

A metodologia utilizada na fase 1 do projeto encontra-se brevemente descrita na sequência. Maiores detalhes da metodologia são apresentados no Anexo 1 deste documento.

Área do estudo e escala de análises

A área do estudo e toda a cidade de Fortaleza e a divisão em bairros. O estudo não integra a zona oceânica e possíveis impactos no oceano e suas características.

Processo metodológico

1. Formação da Mesa Técnica (ver lista dos participantes da Mesa Técnica no Anexo 2)

Todas as etapas foram validadas em processos participativos junto à prefeitura e aos especialistas locais através do trabalho em uma Mesa Técnica (ver Anexo 2) e todos os registros (fotos, listas de frequência e/ou apresentações) referentes a estas etapas encontram-se disponíveis no Anexo 6, denominado Caderno de Subsídios.

2. Levantamento de dados referentes aos indicadores (ver etapa 5 abaixo):

- Coleta de dados institucionais dos membros da Mesa Técnica
- Coleta de dados bibliográficos em sites oficiais de instituições que dialogam com o tema do estudo
- Oficinas participativas com a Mesa Técnica e a população

3. Caracterização de Fortaleza

- Caracterização climática

Para a realização deste estudo utilizou-se como base metodológica as indicações contidas no documento do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) denominado *“Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad – Resumen para responsables de políticas”*.

Para a caracterização da informação meteorológica histórica em Fortaleza foram utilizados os dados disponíveis para os anos de 1961 a 2017 para a estação meteorológica de Fortaleza do Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil (INMET). As bases temporais das análises específicas para a temperatura e precipitação foram os anos de 1981 a 2010, permitindo a compatibilidade dos dados e informações para a modelagem dos cenários de mudanças climáticas.

A análise climática se realizou a través dos cenários de mudanças climáticas levando em conta os cenários RCP4.5 (cenário mediano) e RCP8.5 (cenário alto) e os períodos de 2035 - 2045 e 2071 - 2100 para os parâmetros de temperatura e precipitações para os quatro trimestres pôr do ano.

- Caracterização das condições atuais

Com base em seus conceitos e direcionamentos, foi criada uma metodologia para aplicação prática na realidade local da cidade de Fortaleza, tomando como base a utilização de ferramenta SIG, cujo ambiente permitiu a obtenção de resultados espacialmente demonstrados, que poderão facilitar o processo de planejamento e

gestão urbana e ambiental da cidade, tendo como base a análise das áreas de maior risco e vulnerabilidade às mudanças climáticas.

Para isso, foram selecionadas variáveis para compor o Índice de Risco Climático da cidade de Fortaleza, a saber: exposição, sensibilidade e capacidade de adaptação. Sendo que para cada uma dessas variáveis foram determinados indicadores relevantes, de forma a analisar os perigos climáticos representativos para a cidade de Fortaleza. Os perigos climáticos considerados são: i) aumento da temperatura; ii) secas prolongadas; iii) chuvas extremas; e iv) elevação do nível do mar.

Indicadores relevantes considerados:

— **Exposição:** Realizada por meio de indicadores de exposição que refletem as características territoriais da zona de estudo, incluindo os antecedentes históricos de eventos climáticos ocorridos, sendo eles:

1. Áreas historicamente afetadas por desastres climáticos (E1);
2. Infraestrutura hídrica (E2);
3. Áreas verdes protegidas (E3);
4. Áreas diretamente afetadas pela dinâmica costeira (E4);
5. Áreas atendidas pela rede de esgotamento sanitário (E5).

— **Sensibilidade:** Realizada por meio de indicadores de sensibilidade que trazem informações sobre questões socioeconômicas relevantes e que poderão agravar os efeitos climáticos futuros na cidade, sendo eles:

1. Densidade demográfica (S1);
2. IDH por bairros (S2);
3. Zonas Especiais de Interesse Social - ZEIS (S3). Cabe ressaltar que as ZEIS são áreas definidas pelo Plano Diretor e Lei de Uso e Ocupação do Solo da cidade, e representam os locais com maiores níveis de vulnerabilidade socioeconômica e de ausência de infraestrutura. Por conta de tais características e com base nos movimentos sociais, estas zonas foram estabelecidas para garantir o direito destas pessoas à cidade, uma vez que, caso não fossem demarcadas, estas comunidades acabariam sendo removidas/reassentadas em áreas cada vez mais periféricas, em favorecimento do mercado imobiliário.

— **Capacidade de adaptação:** Realizada por meio de indicadores de capacidade de adaptação, os quais fornecem informações sobre os instrumentos que o município tem para gerenciar e se preparar para potenciais impactos climáticos futuros. Estes indicadores consideram as ferramentas e os sistemas de planejamento e gestão preventiva atualmente em execução, conforme listado a seguir:

1. Ações de planos de manejo de unidades de conservação e áreas verdes em execução para o perigo Aumento da Temperatura (CA1);
2. Projetos de captação de fontes alternativas de abastecimento em execução para o perigo Secas (CA2);
3. Projetos de Drenagem e/ou contenção de cheias em execução para o perigo Chuvas Extremas (CA3);
4. Projetos de contenção do avanço do mar em execução para o perigo Elevação do Nível do Mar (CA4).

4. Apresentação dos resultados sobre Risco e Vulnerabilidade de Fortaleza e *hotspots*

Como base na caracterização e considerando as especificidades e condições locais de Fortaleza, foi possível identificar para cada perigo identificado relevante o risco climático atual e futuro em relação às variáveis da exposição, sensibilidade e da capacidade de

adaptação e seus respectivos indicadores. Para a situação futura aplicou-se como horizontes temporais os anos de 2040.

2. Breve descrição sobre Fortaleza

2.1 Síntese histórica

Oficialmente no dia 13 de abril de 1726 foi fundada a cidade de Fortaleza, no Ceará, ao redor do rio Pajeú. Sua elevação à condição de cidade ocorreu apenas em 1823, mas seu núcleo original remonta do século XVII. A construção do forte se deu pela necessidade de defesa do território e para uma constante comunicação portuária. Durante o período colonial, o domínio português no Ceará foi interrompido em dois momentos pelos holandeses: em 1637, quando conquistaram o forte de São Sebastião, e em 1649, com a construção do Forte de Schoonemborch, nome do então governador holandês no Brasil (O POVO, 2015).

Com o retorno do domínio português, em 1699, foi criada a vila de Fortaleza, que permaneceu sem expressão política e econômica por mais de um século. No final do século XVIII, a produção e comércio de algodão foram os pilares da economia cearense, favorecendo o seu desenvolvimento comercial e político, criando as condições necessárias para a separação de Pernambuco, em 1799 (HISTORY, 2018).

Com o passar do tempo, a cidade ficou submetida a Pernambuco e em 1799 ocorreu esse desmembramento, Fortaleza passa a ser conhecida como Capital. Em 1823, a vila foi elevada à condição de cidade, com nome de Fortaleza de Nova Bragança e hoje é conhecida somente Fortaleza (O POVO, 2015).

A cidade de Fortaleza é, atualmente, o principal centro urbano cearense, concentrando o maior contingente populacional do Estado e ocupando o status de quinta maior cidade do Brasil (IBGE, 2010), com população superior a dois milhões e quatrocentos mil habitantes.

A região metropolitana de Fortaleza, com 3.610.379 habitantes segundo o Censo Demográfico (IBGE, 2010), é a sexta região metropolitana do Brasil, ficando entre as 120 maiores áreas metropolitanas do mundo em termos populacionais. Tem como área de influência todo o Estado do Ceará, o centro-oeste do Rio Grande do Norte, o centro-leste do Piauí, o leste do Maranhão e o centro-oeste da Paraíba.

No tocante ao seu desenvolvimento urbano, Fortaleza teve um crescimento espontâneo, cujos Planos Diretores tentaram de alguma forma controlar e ordenar ao longo dos anos, contudo sem muito sucesso, pois fatores como as secas nos sertões (áreas interiores do Estado do Ceará) contribuíram para que a cidade recebesse grandes fluxos migratórios para os quais não havia infraestrutura e nem planejamento.

Cabe ressaltar que este modelo de crescimento não planejado tem seus reflexos perceptíveis no território e na desigualdade socioeconômica até os dias atuais, conforme poderá ser evidenciado em análises apresentadas posteriormente.

2.2 Geografia

Em termos geográficos, Fortaleza se localiza a 3°43'02" de Latitude no Hemisfério Sul e a -38°32'35" de Longitude em relação ao Meridiano de Greenwich. Encontra-se a uma altitude de 16 metros em relação ao nível do mar, caracterizando-se como uma cidade predominantemente tabular (Fortaleza 2040, 2016).

O Município de Fortaleza está localizado na porção norte do Estado do Ceará, Região Nordeste do Brasil, com uma extensão territorial absoluta de 313,14km², limitando-se ao norte com o oceano Atlântico e uma pequena porção do território de Caucaia; ao sul com os Municípios de Maracanaú, Itaitinga, Pacatuba e Eusébio; a oeste com Caucaia e Maracanaú; e a leste com Eusébio, Aquiraz e o Oceano Atlântico (Fortaleza 2040, 2016).

Fortaleza consta dentre as grandes metrópoles brasileiras, possuindo em seu entorno uma Região Metropolitana com cerca de 4 milhões de habitantes – também conhecida como Grande Fortaleza – composta pelos municípios: Caucaia, Maranguape, Pacatuba, Aquiraz, Maracanaú, Eusébio, Itaitinga, Guaiuba, Chorozinho, Pacajus, Horizonte, São Gonçalo do Amarante, Pindoretama e Cascavel. O mapa desta região pode ser encontrado na Figura 2, na sequência.

Também é importante mencionar a **subdivisão territorial em Bacias Hidrográficas**, pois esta compartimentação é norteadora de grande parte das infraestruturas essenciais da cidade de Fortaleza, tais como o abastecimento de água, o esgotamento sanitário e a drenagem.

Além disso, esta subdivisão deixa bastante clara algumas diferenças territoriais do ponto de vista da distribuição espacial da população, bem como de alguns fatores socioeconômicos, uma vez que os fatores naturais, tais como a existência de grandes rios – que funcionavam como barreiras naturais – e a ocorrência de secas no interior do Estado do Ceará – que forçava uma migração para a capital –, tiveram forte influência na composição da atual mancha urbana de Fortaleza.

Conforme se pode observar na Figura 3, o território de Fortaleza está dividido em 4 sub-bacias:

- 1) Bacia Hidrográfica da Vertente Marítima;
- 2) Bacia Hidrográfica do Rio Cocó;
- 3) Bacia Hidrográfica do Rio Maranguapinho; e
- 4) Bacia Hidrográfica do Rio Pacoti.

De acordo com a Figura 3 observa-se uma mancha urbana mais expressiva em duas bacias hidrográficas:

- Bacia do rio Maranguapinho (para onde houve o maior processo de migração em períodos de Seca devido a presença de uma ferrovia que ligava a área interior do Estado do Ceará à capital Fortaleza); e
- Bacia da vertente marítima (onde foi construído o Forte e todas as demais estruturas que iniciaram o processo de ocupação do território).

A Bacia do Rio Cocó é atualmente a área sobre onde a cidade de Fortaleza está se expandindo, após a construção de pontes que transpõem a barreira natural do Rio Cocó.

Já na Bacia do Rio Pacoti, encontram-se duas Unidades de Conservação, sendo esta uma região de grande relevância para a preservação da natureza da cidade de Fortaleza a qual cumpre um papel imprescindível para o equilíbrio ambiental e a dinâmica costeira.

2.3 Divisão político-administrativa

No que se refere à divisão político-administrativa, Fortaleza está oficialmente dividida em 05 Distritos: Fortaleza, Antônio Bezerra, Messejana, Mondubim e Parangaba, porém, dado o surgimento de novos bairros e a fragmentação de bairros antigos, a gestão municipal se baseia atualmente em outra divisão, por Regionais, sendo: Regionais 1, 2, 3, 4, 5, 6 e Centro, as quais abrangem um total de 119 bairros.

MAPA DE LOCALIZAÇÃO DE FORTALEZA - CE

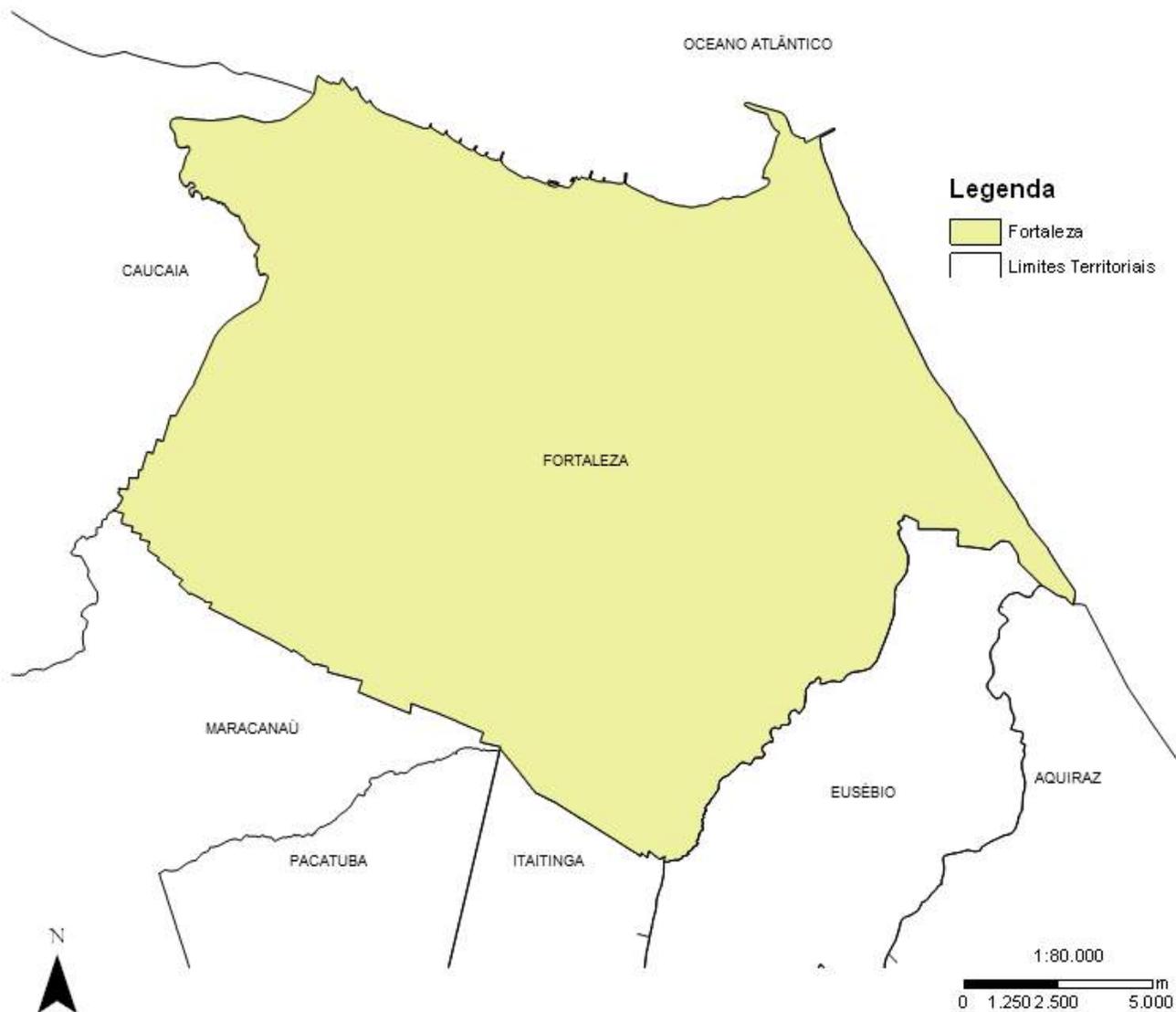


Figura 1: Mapa de Localização de Fortaleza. Fonte: Elaboração própria com dados da Prefeitura de Fortaleza

MAPA DA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA (RMF) - CE

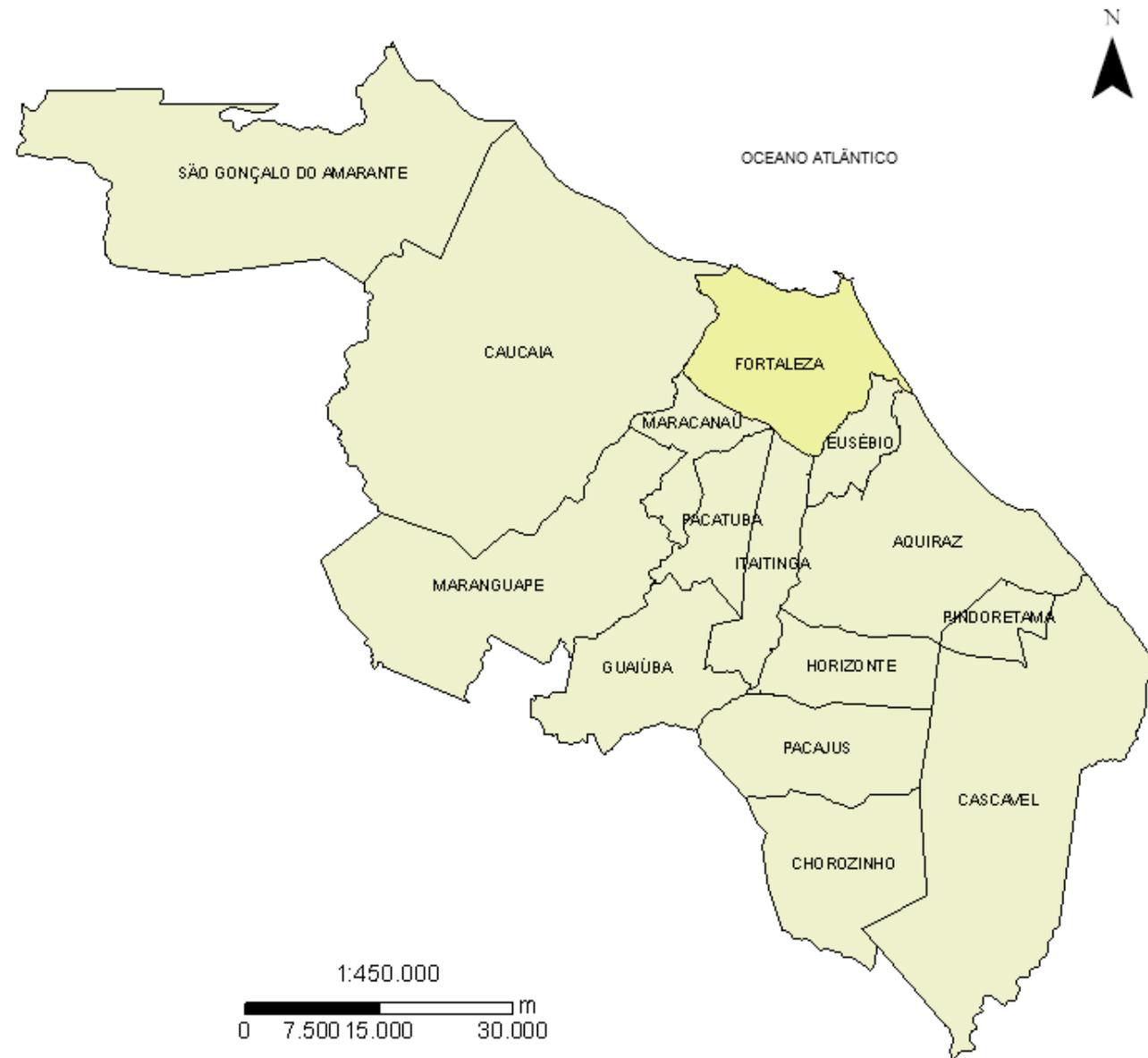


Figura 2: Região Metropolitana de Fortaleza. Fonte: Elaboração própria com informações da Prefeitura de Fortaleza

MAPA DA MALHA URBANA X BACIAS HIDROGRÁFICAS EM FORTALEZA - CE

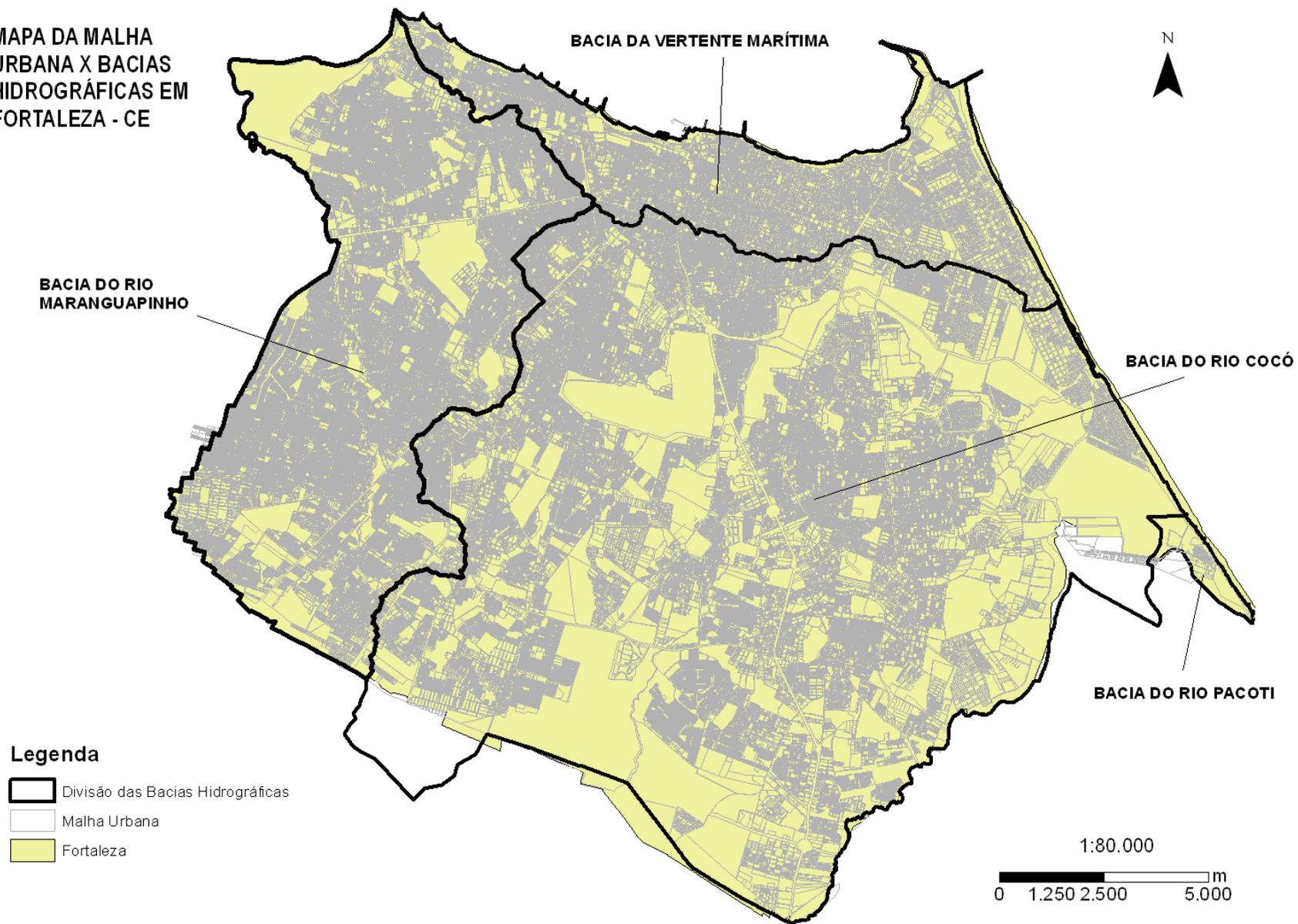


Figura 3: Distribuição espacial da malha urbana em relação às Bacias Hidrográficas. Fonte: Elaboração própria com base em dados da Prefeitura Municipal de Fortaleza

**MAPA DA DIVISÃO
POLÍTICO-ADMINISTRATIVA
DE FORTALEZA - CE
(BAIRROS E REGIONAIS)**

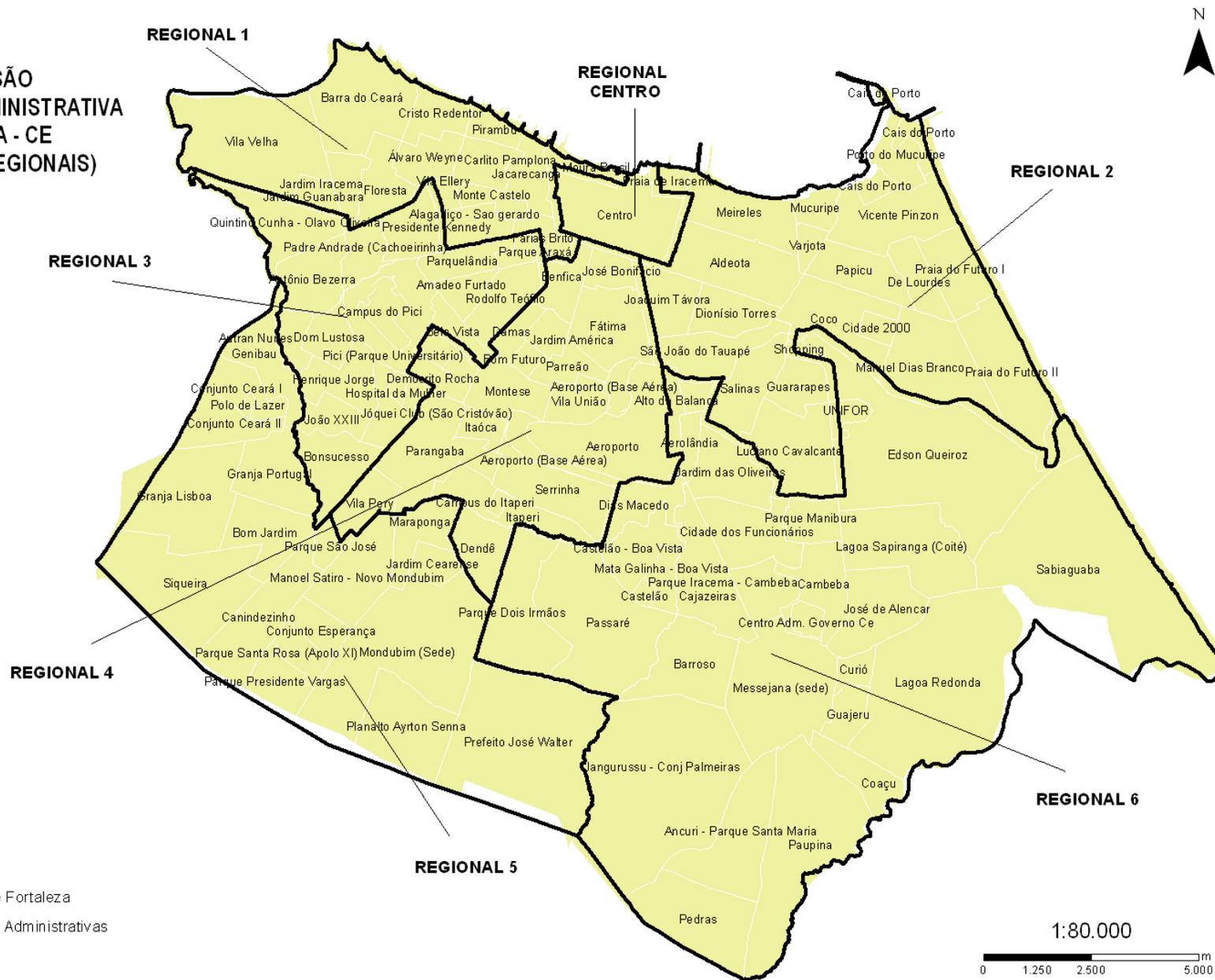


Figura 4: Divisão político-administrativa de Fortaleza – Regionais e bairros. Fonte: Elaboração própria com base em dados da Prefeitura Municipal de Fortaleza

3. Caracterização climática de Fortaleza

As informações a respeito da caracterização climática de Fortaleza são oriundas do portal e de vários boletins informativos da Fundação Cearense de Meteorologia (FUNCEME).

Do ponto de vista climatológico, o Estado do Ceará, assim como todo o território brasileiro, se encontra na faixa tropical do globo terrestre, contudo, em seu interior é possível identificar algumas subdivisões climatológicas influenciadas especialmente por condições de altitude e/ou proximidade com o oceano. Ainda que o microclima em Fortaleza seja classificado como tropical, a cidade está situada em uma região submetida à semiaridez, portanto, sofrendo influências deste clima.

Em Fortaleza, a temperatura média anual é de 27°C, com máximas de 32°C e mínimas de 22°C. A estação chuvosa – entre janeiro e junho – sofre influência direta dos sistemas de Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) e da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Para Gan e Kousky (1986), os VCAN's são responsáveis pelas precipitações de janeiro, porém atuam durante todo o ano, com uma intensidade menor no inverno. Já a partir de fevereiro, mais precisamente entre o verão e o outono, as precipitações são provocadas pela atuação da ZCIT onde, de acordo com o Projeto Áridas (CEARÁ, 1994), sua posição oscila mais 2° ao Sul da linha do Equador. A ZCIT provoca precipitações de menor intensidade e isso se dá por sua associação aos vórtices ciclônicos, que tendem a inibir a atuação de bandas de nuvens da ZCIT.

A insolação média anual é bastante elevada, ficando em torno de 2.840 horas de brilho solar por ano, condizente para uma região onde a nebulosidade média anual é de 0,5 décimos, ou seja, baixíssimo grau de nebulosidade, tendo em vista que esta pode variar entre 0 e 10.

Como consequência do alto nível de insolação associada à baixa nebulosidade, Fortaleza possui, a exemplo de quase todo o Nordeste Semiárido, uma elevada taxa de evaporação, apresentando média anual de quase 1.500mm, com valores médios mensais que vão de 67,5mm no mês de abril, até 163,9mm no mês de outubro. Tais níveis de evaporação contribuem para uma alta taxa de umidade relativa do ar, que, na capital cearense, atinge uma média anual de 78,8%, com uma média mensal mínima de 73,7% no mês de novembro e máxima de 85,2% no mês de abril.

Cabe destacar que os sistemas atmosféricos que determinam o clima no Estado do Ceará como um todo, estão sob influência dos oceanos Pacífico e Atlântico e tal influência se observa por meio da ocorrência dos fenômenos *El Niño* e *La Niña*. Quando as águas superficiais do Oceano Pacífico estão mais aquecidas em torno da Linha do Equador, origina-se o fenômeno *El Niño*, cujo efeito pode causar uma redução nas precipitações no Nordeste brasileiro. Por outro lado, quando há o resfriamento das águas do oceano Atlântico Sul, originam-se anos de maiores precipitações no Nordeste brasileiro (fenômeno *La Niña*).

3.1 Caracterização da informação meteorológica em Fortaleza

Para a caracterização da informação meteorológica em Fortaleza foram utilizados os dados disponíveis para a estação meteorológica de Fortaleza do Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil (INMET). Os dados disponibilizados pela Fundação Cearense de Meteorologia (FUNCEME) não estavam completos para todos os anos no quesito temperatura e, por isso, optou-se por usar os dados do INMET para ter a mesma base para todos os dados meteorológicas históricos.

Na sequência, apresentam-se as análises dos dados meteorológicos históricos com base na temperatura e precipitações. Adicionalmente, são agregados insumos de estudos realizados no território de Fortaleza a respeito da informação meteorológica.

As análises da informação meteorológica foram realizadas com base nas informações disponíveis para os anos de 1961 a 2017, de forma a identificar as tendências de longo prazo. As bases temporais das análises específicas para a temperatura e precipitação foram os anos de 1981 a 2010, permitindo a compatibilidade dos dados e informações para a modelagem dos cenários de mudanças climáticas.

➤ Temperatura

A temperatura é um indicador importante para a caracterização climática. A Figura 5 mostra a temperatura média no intervalo de tempo entre 1961 e 2017 para Fortaleza.

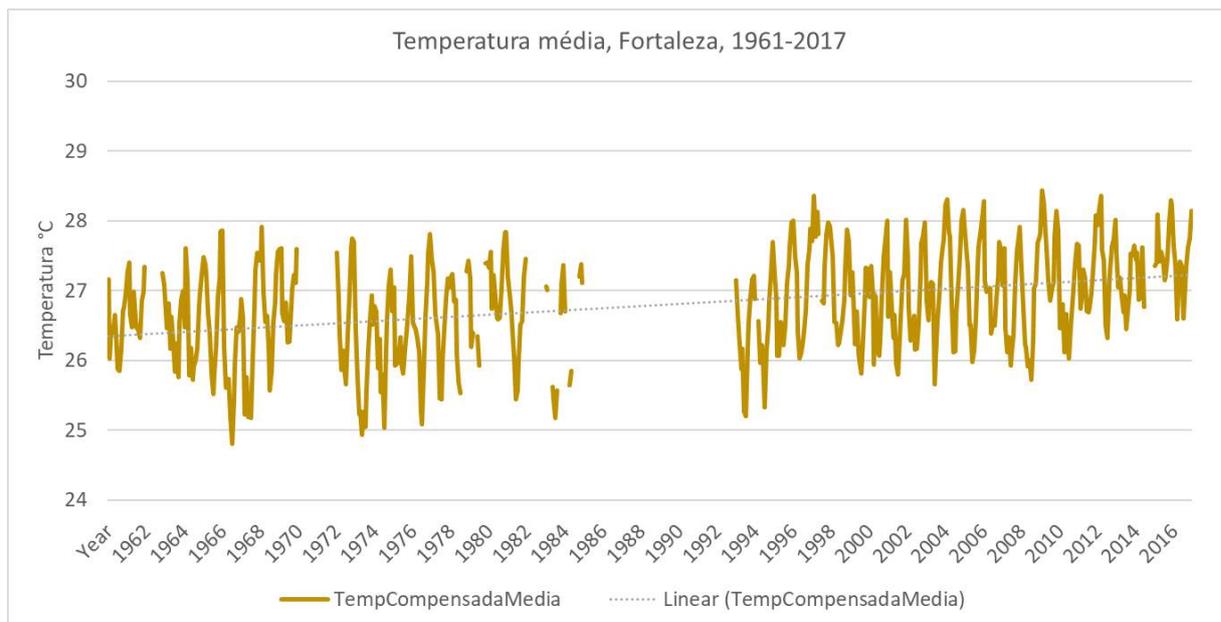


Figura 5: Média da temperatura média em Fortaleza de 1961 – 2017. Os vazios na curva correspondem aos dados faltantes nas informações disponíveis.
Fonte: INMET, 2018

Na Figura 5 observa-se que a temperatura apresenta uma tendência de aumento entre 1961 e 2017, representada pela linha pontilhada.

Usando as médias de 30 anos, pode-se observar um aumento de 1°C entre a média da temperatura de 1961-1990 e a média de 1991-2017.

A nível da variação de temperatura durante o ano, a temperatura média oscila entre 22°C e 32°C, tendo a temperatura mínima nos meses de junho e julho e a máxima nos meses de dezembro e janeiro. A Figura 6 mostra as médias mensais das temperaturas máxima, mínima e média observadas entre 1981-2010.

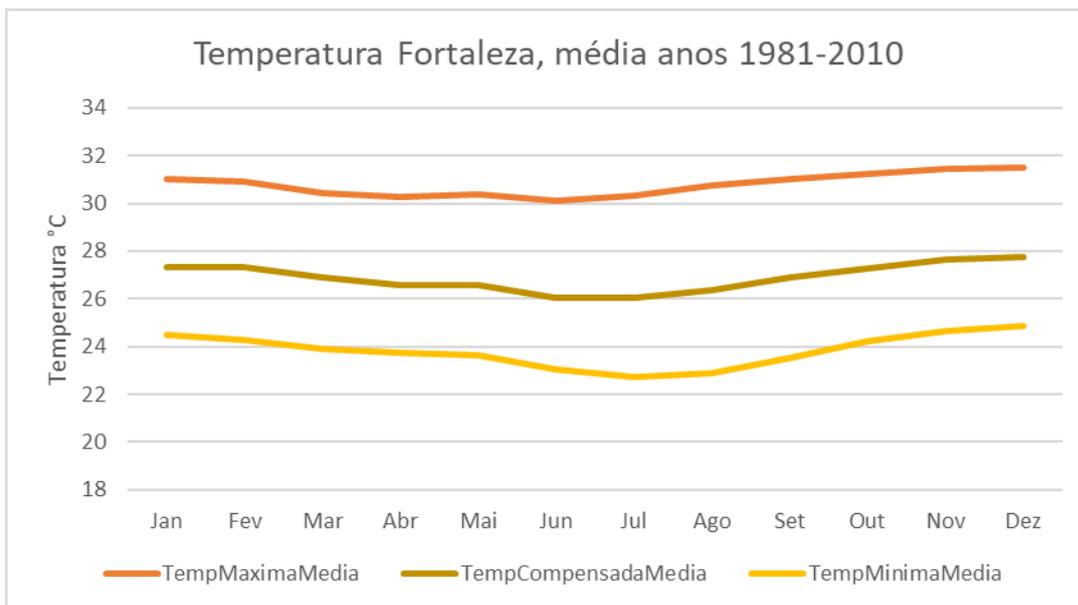


Figura 6: Média mensal da temperatura mínima, média e máxima em Fortaleza de 1981-2010
 Fonte: INMET, 2018

Pode-se observar que a temperatura é relativamente estável no transcurso do ano, com uma média mensal da temperatura média de 26,9°C na temporada de 1981-2010, sendo a menor temperatura média observada de 26,1°C e a maior de 27,7°C, evidenciando uma diferença de 1,6°C no decorrer do ano.

A diferença entre a temperatura máxima e mínima são similares durante todo o ano, com um valor médio de 6,9°C. A diferença é menor nos meses de novembro até maio, com valores entre 6,5 e 6,8°C. Nos meses de junho até outubro os valores variam entre 7,0 e 7,9°C.

A Tabela 1 apresenta o resumo dos valores descritos no texto.

Tabela 1 – Médias mensais das temperaturas mínimas, médias e máximas de 1981-2010 da cidade de Fortaleza

Médias mensais 1981-2010 (°C)	Menor Valor	Valor Médio	Maior valor	Diferença menor-maior
Temperatura mínima	22,7	23,8	24,8	2,1
Temperatura média	26,1	26,9	27,7	1,7
Temperatura máxima	30,1	30,8	31,5	1,4
Diferença min-máx.	7,4	7,4	6,4	

Fonte: INMET, 2018

Temperaturas médias

A Figura 7 mostra as médias de 30 anos de 1961 a 2017 e a diferença observada entre as temperaturas médias mensais para o período de 1991-2017 comparado a 1961-1990.

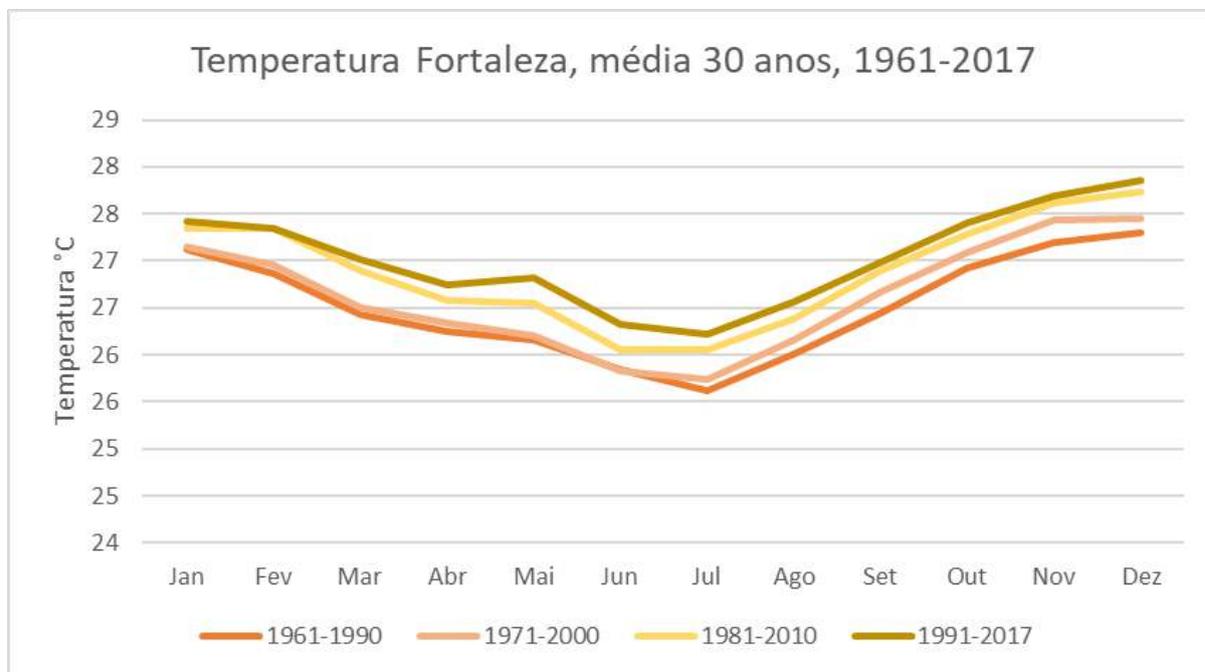


Figura 7: Média de 30 anos da temperatura em Fortaleza de 1961 – 2017 e diferença de 1991 – 2017 vs. 1961 - 1990
Fonte: INMET, 2018

Na Figura 7, pode-se observar um aumento geral da temperatura média em todos os meses dos períodos de 1961-1990 até 1991-2017 (linhas). Verifica-se que a variação na temperatura entre estes períodos, a temperatura aumentou de 0,3 a 0,6°C, o que representa entre 1,1% e 2,3% por mês (colunas amarelas).

Temperaturas máximas

Assim como nas temperaturas médias, também se observa um aumento gradual das temperaturas máximas em Fortaleza. A Figura 8 mostra a tendência entre 1961 até 2017 para os valores de temperaturas máximas por mês.

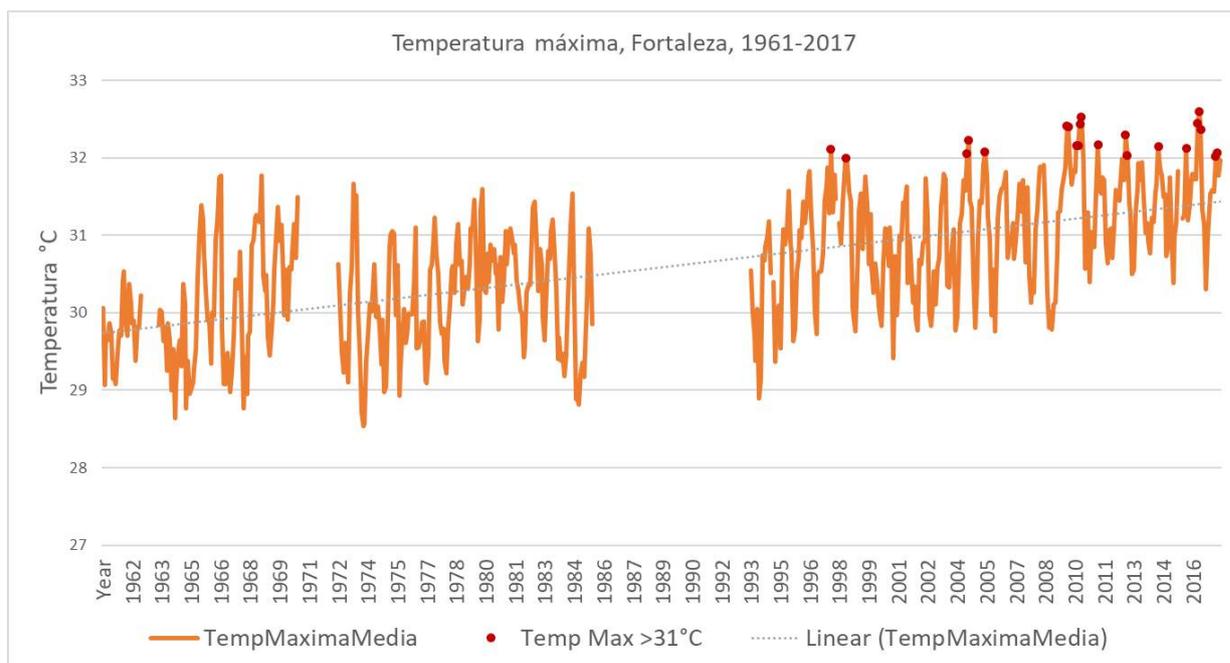


Figura 8: Média da temperatura máxima (linha laranja) e temperaturas de 32°C e mais (pontos vermelhos) em Fortaleza de 1961 – 2017. Os vazios na curva correspondem aos dados faltantes nas informações disponíveis.
Fonte: INMET, 2018

Observa-se um comportamento tendencial de aumento das temperaturas máximas ao longo do tempo.

As temperaturas máximas acima de 32°C se concentram nos últimos anos, sendo essa ocorrência observada pela primeira vez no ano 1998 e aumentando a frequência nos anos 2000, com uma acumulação maior a partir dos anos 2010.

Entre 1998 e 2017, a temperatura máxima superior a 32°C foi registrada em um total de 21 meses. Desses, 16 foram registrados a partir do ano 2010, sendo que os anos com maior acumulação de ocorrências foram os anos de 2010 com 6 registros e 2016 com 4 registros. A Tabela 2 mostra os valores registrados de mais que 32°C na série temporal entre 1961 e 2017.

Tabela 2 - Mês e ano com temperaturas máximas acima de 32°C na cidade de Fortaleza

Mês e ano	Temperatura máx. (°C)
Fevereiro 1998	32,11
Novembro 1998	32,00
Janeiro 2005	32,05
Fevereiro 2005	32,23
Dezembro 2005	32,08
Fevereiro 2010	32,41
Março 2010	32,40
Agosto 2010	32,16
Setembro 2010	32,16
Outubro 2010	32,43
Novembro 2010	32,53
Setembro 2011	32,17
Fevereiro 2013	32,29
Março 2013	32,03

Mês e ano	Temperatura máx. (°C)
Outubro 2014	32,15
Março 2016	32,13
Outubro 2016	32,45
Novembro 2016	32,59
Dezembro 2016	32,37
Setembro 2017	32,02
Outubro 2017	32,07

Fonte: INMET, 2018

➤ Precipitações

As precipitações são outro indicador importante para a caracterização climática. Fortaleza tem uma grande variação nas precipitações através do ano, como mostrado na Figura 9, onde se pode verificar os dias de precipitação e a quantidade total de precipitação entre 1981 e 2010.

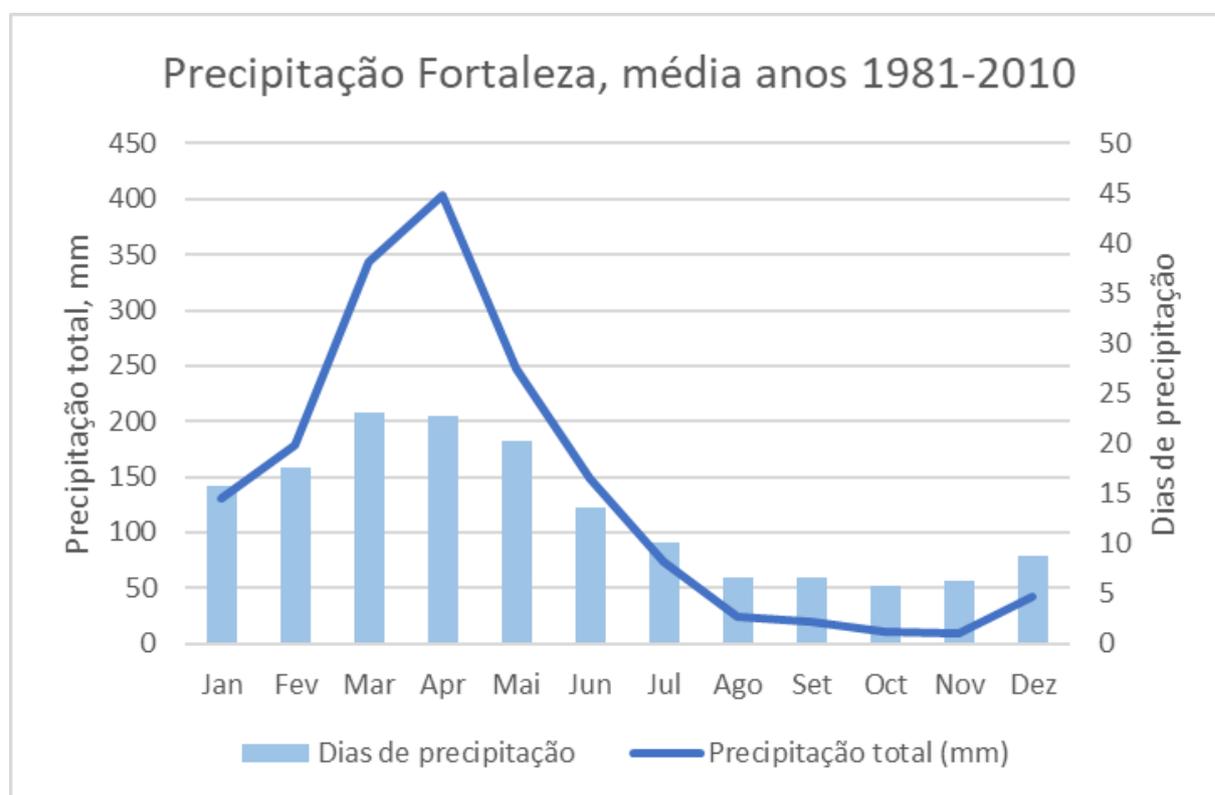


Figura 9: Gráfico de precipitação em número de dias de chuva e quantidade em mm para os anos 1981-2010

Fonte: INMET, 2018

A figura mostra que nos meses de janeiro a julho é a temporada de chuvas com uma precipitação máxima no mês de abril com 23 dias de chuva e 403 mm de precipitação. Nos meses de agosto a dezembro é a temporada seca com pouca precipitação. Nestes meses se verificam apenas 6 a 7 dias de chuva com uma precipitação entre 9 e 25mm por mês. A Tabela 3 resume-se os valores apresentados.

Tabela 3 - Mínimo e máximo dos dias de precipitação e precipitação total

	Mínimo no ano	Máximo no ano
Mês	Novembro	Abril
Dias de precipitação	6	23
Precipitação total (mm)	9	403

Fonte: INMET, 2018

A Figura 10 mostra a média agrupada de 30 anos entre 1961 a 2017 para os parâmetros de dias de precipitação e da precipitação total.

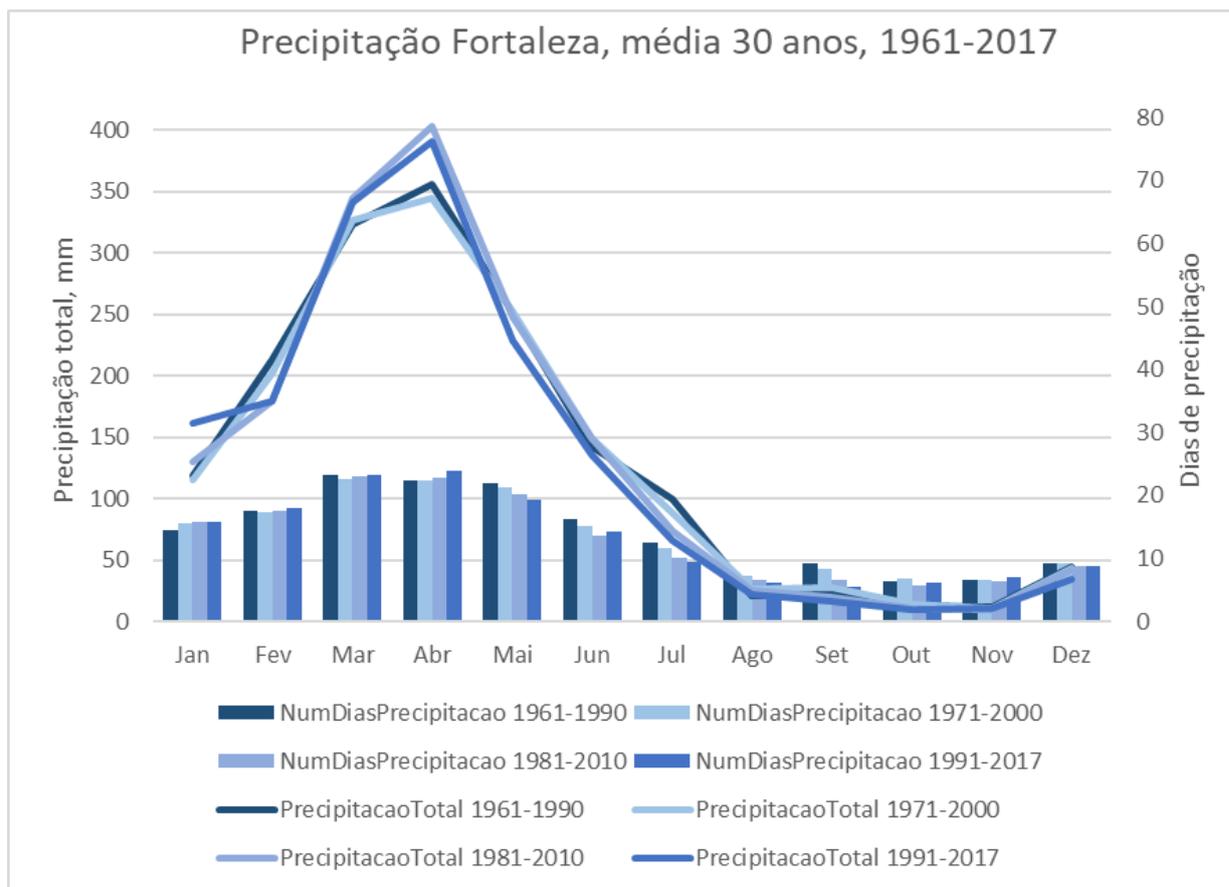


Figura 10: Média de 30 anos da precipitação em número de dias de chuva e quantidade em mm para os anos 1961 – 2017. Fonte: INMET, 2018

Para identificar as mudanças através do tempo, esses parâmetros são apresentados separadamente nas próximas figuras.

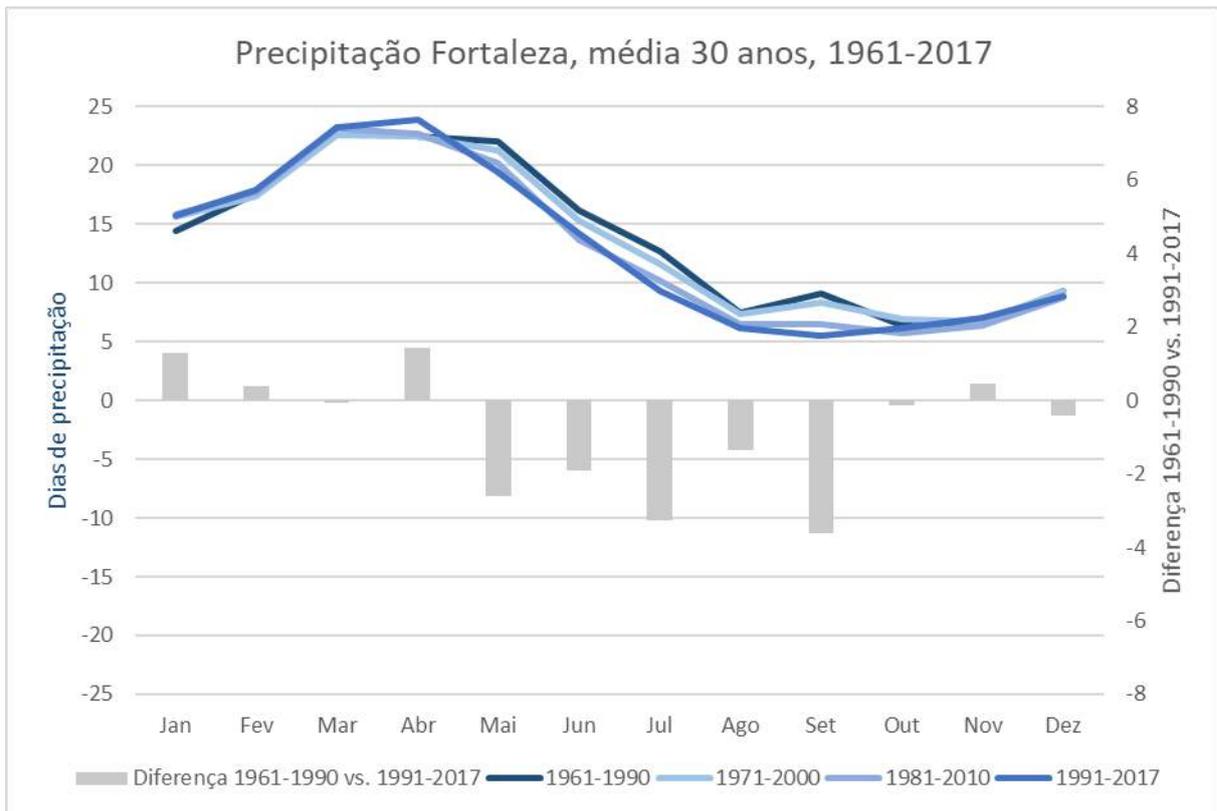


Figura 11: Dias de precipitação por mês da média de 30 anos entre 1961 et 2017 e diferença por mês entre 1991 – 2017 vs. 1961-1990. Fonte: INMET, 2018

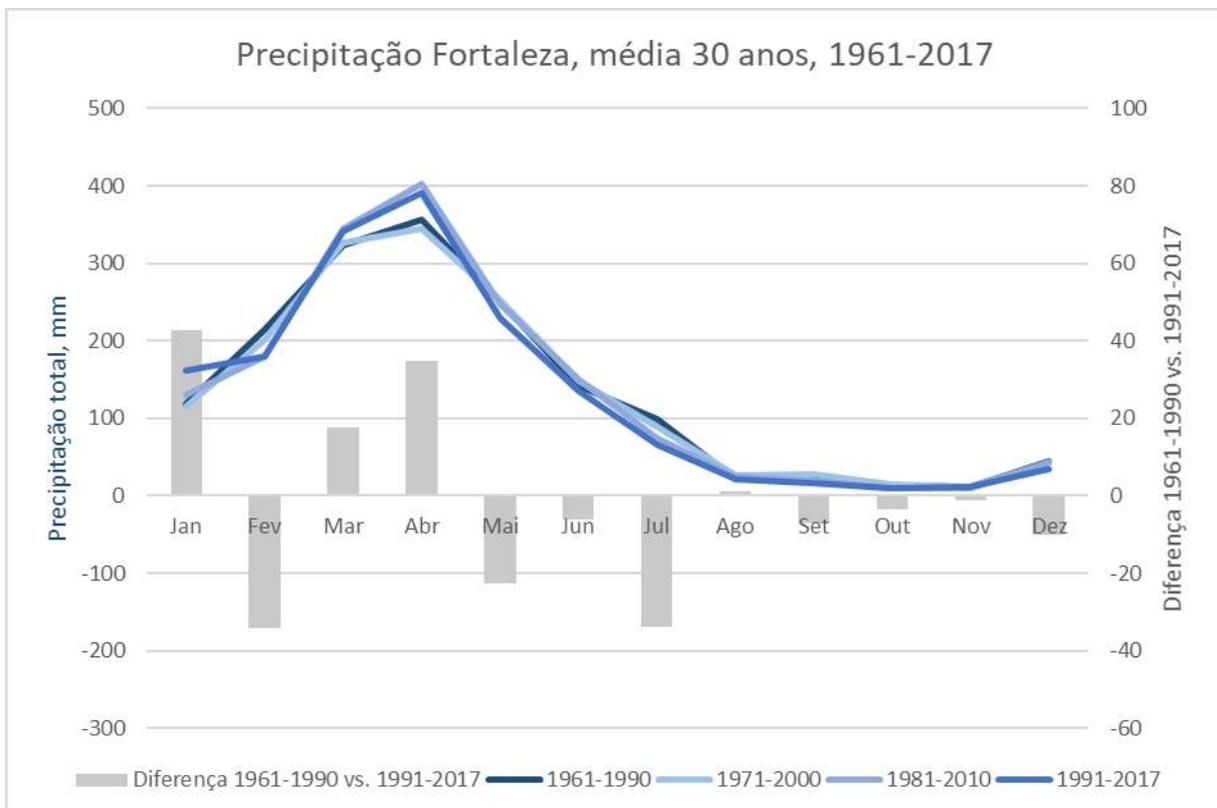


Figura 12: Precipitação total por mês da média de 30 anos entre 1961 et 2017 e diferença por mês entre 1991 – 2017 vs. 1961-1990. Fonte: INMET, 2018

Pode-se observar nas figuras que tanto nos dias de precipitação quanto na quantidade de

precipitação existe uma tendência de redução nos meses de maio até outubro. Nos meses de novembro até abril não se pode observar um padrão claro nas mudanças.

A Figura 13 e Figura 14 apresenta uma análise mais detalhada das mudanças entre 1971 e 2010, usando as médias de 30 anos.

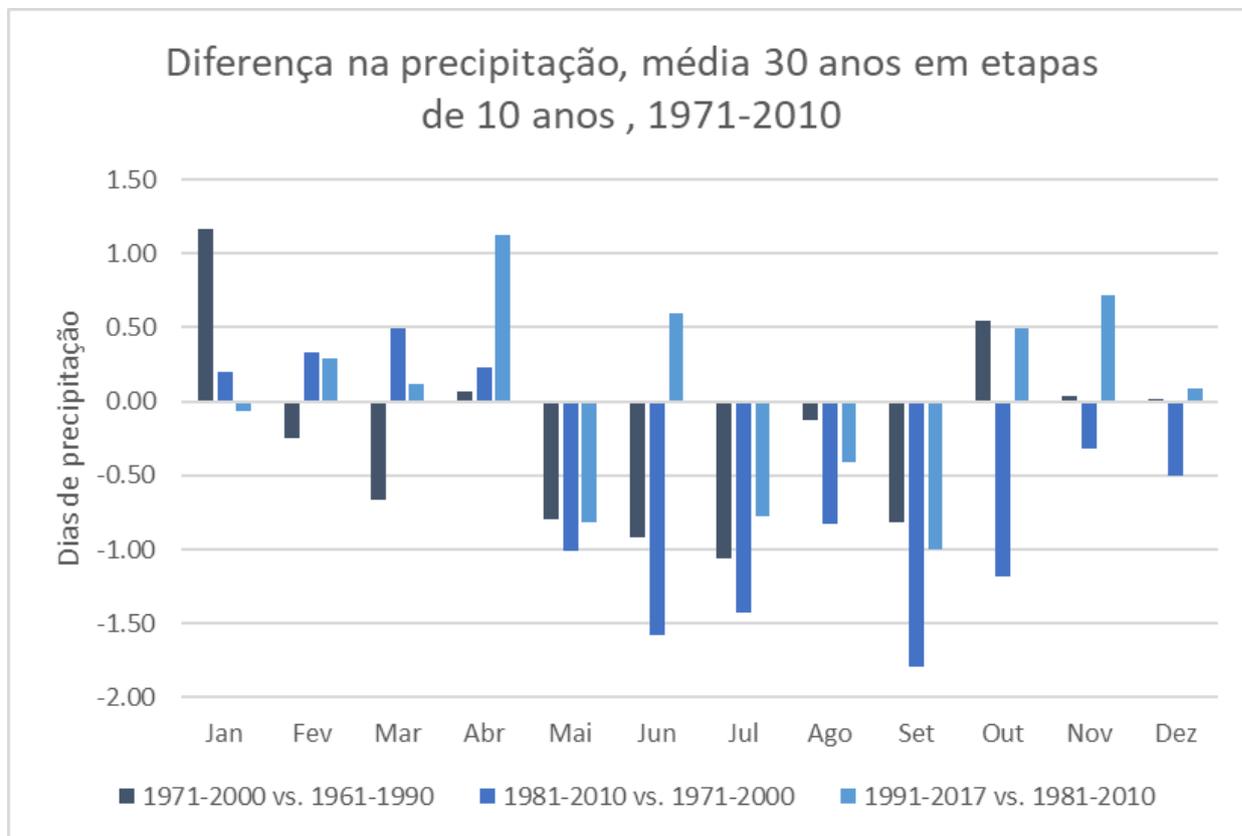


Figura 13: Diferença das médias de 30 anos dos dias de precipitação em etapas de 10 anos (1971-2010)
Fonte: INMET, 2018

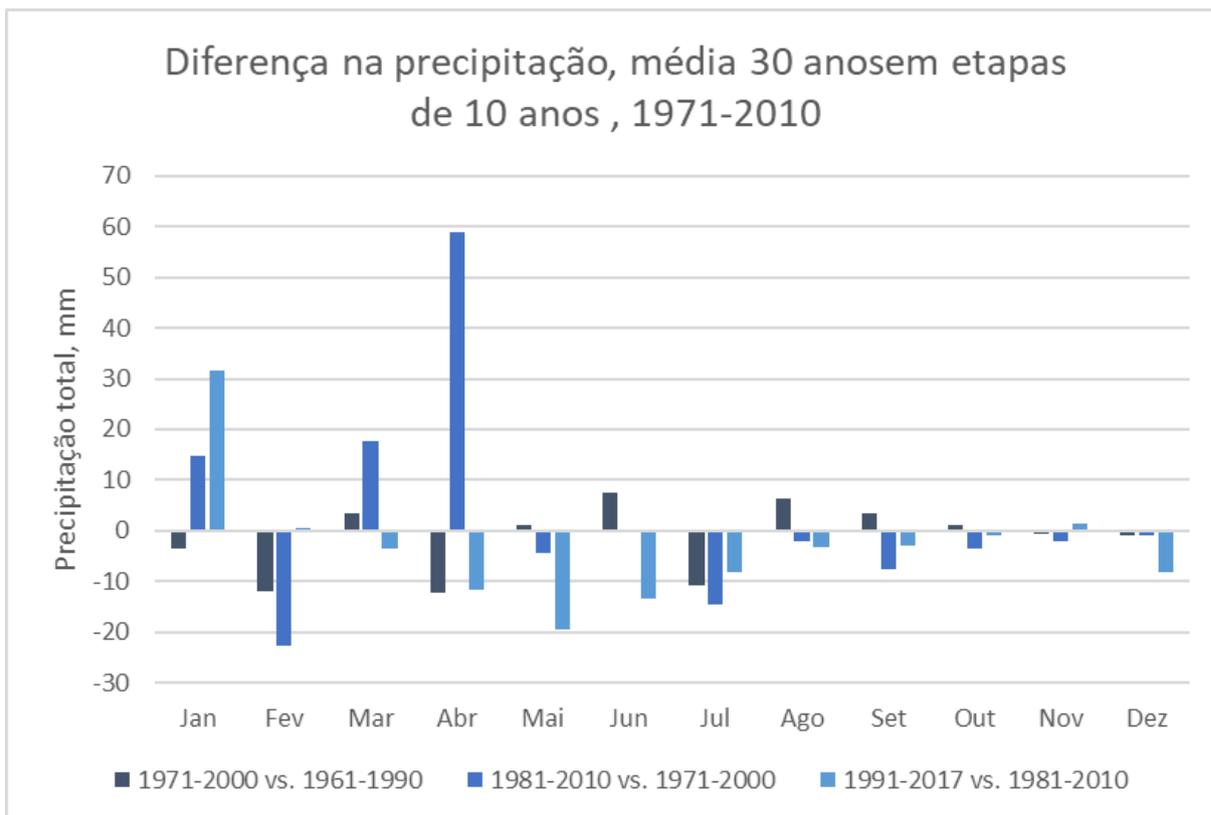


Figura 14: Diferença das médias de 30 anos da precipitação total em etapas de 10 anos (1961-2017)
 Fonte: INMET, 2018

No que se refere aos dias de precipitação, se pode ver um aumento repetitivo através dos períodos de 30 anos no mês de abril e uma redução nos meses de maio, julho, agosto e setembro.

Com relação a precipitação total, só se pode ver uma redução repetitiva no mês de julho. Nos outros meses não se pode ver um padrão claro nas mudanças através dos períodos de 30 anos. Especialmente nos meses chuvosos a variabilidade entre os períodos é grande e confirma que não se pode interpretar uma tendência clara no padrão de precipitações.

3.2 Cenários de Mudanças Climáticas e tendências climáticas em Fortaleza

Para a determinação das projeções de mudanças climáticas para Fortaleza foram realizadas análises das séries temporais dos conjuntos de dados dos cenários climáticos existentes em nível internacional, apresentados pelo IPCC em seu 5º Relatório de Avaliação (AR5). Para isso se usou os dados do sitio eletrônico <http://climexp.knmi.nl> que integra todos os modelos climáticos e permite descarregar das informações específicas para um lugar determinado.

Para a determinação dos cenários das mudanças climáticas foi utilizado o dataset CMIP5 (IPCC AR5 Atlas subset), o que também foi usado para a elaboração do AR5 do IPCC.

Com base nessas variáveis se determinou os cenários de mudança climática em relação aos cenários RCP4.5 (cenário mediano) e RCP8.5 (cenário alto) e os períodos de tempo de 2035-2045 e 2071-2100 para os parâmetros de temperatura e precipitações comparativamente ao período de tempo 1981-2010. Isso permite interpretar as mudanças climáticas esperadas para Fortaleza a nível de temperaturas, precipitações e secas.

Para comparação da situação futura com a situação atual, se determinou a variação futura em relação à janela temporal 2005-2015, base disponível nos indicadores determinados para Fortaleza (ver capítulo 4).

Para a temática do aumento do nível do mar, como não foram identificados estudos disponíveis para Fortaleza, foram adotados estudos existentes a nível internacional.

Os resultados das análises para a cidade de Fortaleza são apresentados a seguir.

Incertezas

Os cenários climáticos mostram três diferentes incertezas que devem ser consideradas na interpretação dos resultados.

- Cenários de emissões: Os cenários atuais de emissões incluem incertezas com respeito as implicações das emissões futuras que resultam nos diferentes cenários.
- Modelos climáticos: Os modelos climáticos têm incertezas relacionadas as suas bases de cálculos realizados e prognósticos
- Variabilidade natural: O sistema climático tem uma variabilidade natural a ser considerada. Isso inclui flutuações naturais do clima

Estas três fontes de incertezas têm uma influência importante nas projeções. Como exemplo pode-se mostrar as fontes de incertezas para as projeções de temperatura na figura seguinte.

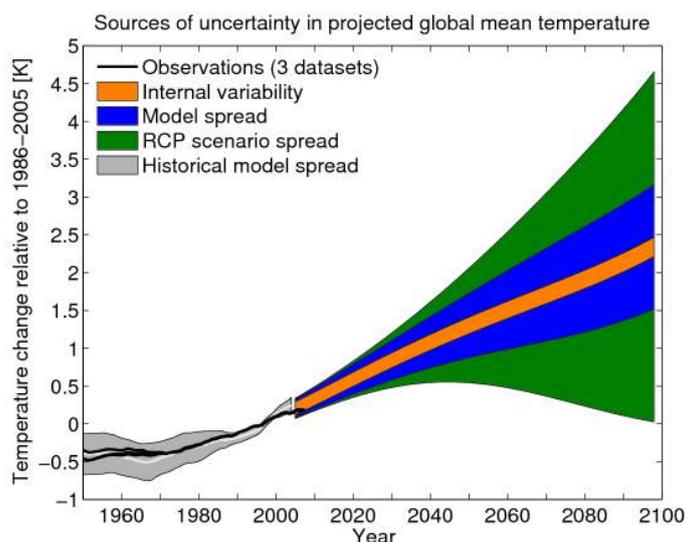


Figure 1: The sources of uncertainty in global decadal temperature projections, expressed as a 'plume' with the relative contribution to the total uncertainty coloured appropriately. The shaded regions represent 90% confidence intervals.

Figura 15: Fontes de incertezas nas projeções climáticas.²

Fonte: <https://www.climate-lab-book.ac.uk/2013/sources-of-uncertainty/> (consultado 15.02.2019)

A Figura 15 mostra que, em geral, a incerteza aumenta em relação ao horizonte temporal das

2 (Tradução do gráfico) Figura 1: As fontes de incerteza nas projeções de temperatura global são ilustradas na forma de "plumas" com suas relativas contribuições para a incerteza total identificadas por cores. As áreas pintadas representam intervalos de confiança de 90%.

O gráfico traz as fontes de incerteza na projeção global da temperatura média. Seu eixo x representa o tempo, em anos. O eixo y mostra a mudança na temperatura em comparação ao período de 1986-2005, em Kelvin [K]. A linha (preta) refere-se aos dados observados (3 conjuntos de dados) e as áreas representam as incertezas: da variabilidade natural (laranja), do modelo climático (azul), do cenário de emissões (verde) e do modelo climático histórico (cinza).

projeções. Nos primeiros anos de projeção, as incertezas são pequenas. Porém, quanto maior o horizonte de análise, maior a incerteza. Com respeito às fontes de incerteza, observa-se:

- Cenários de emissões (*RCP scenario spread*): As incertezas dos cenários de emissões aumentam com o prazo de projeções, especialmente a partir de 2050.
- Modelos climáticos (*Model spread*): As incertezas dos modelos climáticos também aumentam com o prazo de projeções, nesses de forma mais gradual com o tempo.
- Variabilidade natural (*Internal variability*): A variabilidade natural permanece constante ao longo do tempo.

Dependendo, então, do prazo das projeções, as incertezas são diferentes. A curto prazo é a variabilidade natural que gera a maior incerteza. A longo prazo, a incerteza da variabilidade natural quase não tem influência sobre a projeção climática quando comparada à incerteza atrelada aos modelos e cenários de emissões.

Com respeito às incertezas e interpretações dos parágrafos seguintes, pode-se consultar a base teórica para a interpretação das informações no Anexo 1.

➤ Temperatura

O gráfico seguinte mostra a evolução da temperatura média até 2100 para os cenários RCP4.5 e RCP8.5 e RCP8.5.

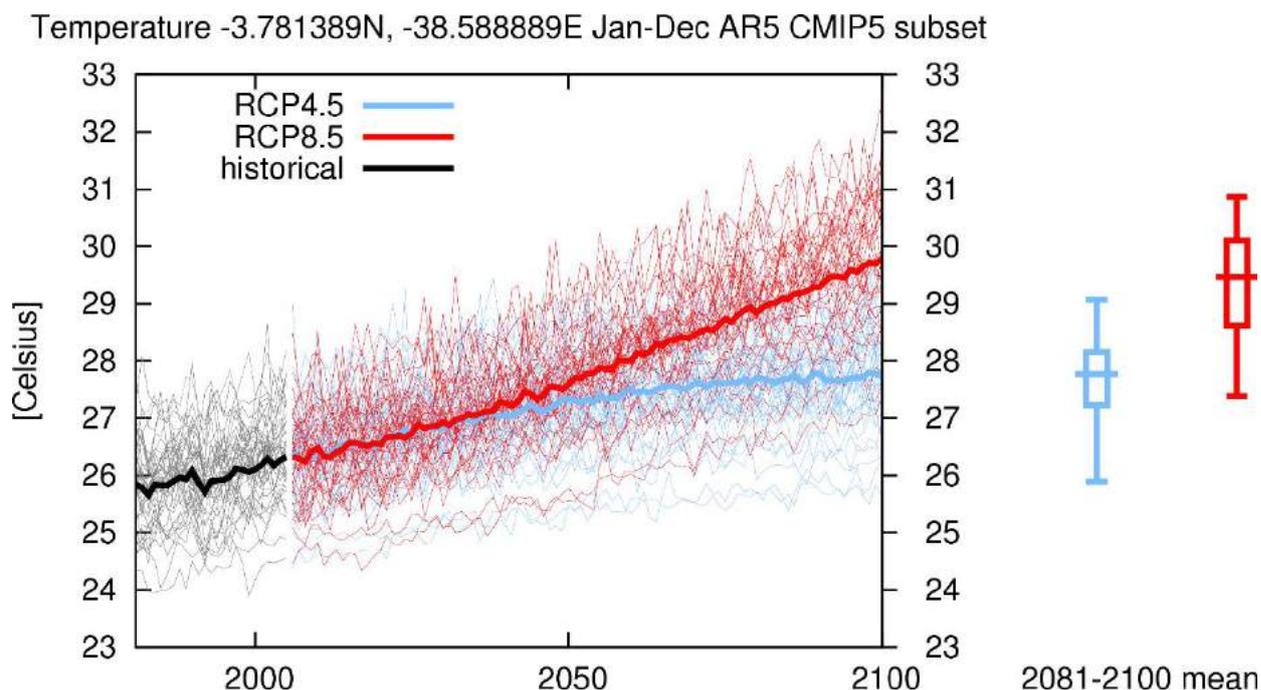


Figura 16: Evolução da temperatura média nos cenários RCP4.5 e RCP8.5 em Fortaleza até 2100³

Fonte: KNMI Climate Explorer, 2018

Pode-se observar que a temperatura média tem uma tendência clara de aumento até 2100 para os dois cenários. A

3 (Tradução do gráfico) O eixo x representa o tempo, em anos. O eixo y apresenta a temperatura, em graus Celsius (°C). As linhas representam: o cenário RCP4.5 (azul claro), o cenário RCP8.5 (vermelho) e o cenário histórico (preto), sendo que as linhas mais grossas representam a média de cada cenário. As médias para o período de 2081-2100 dos cenários RCP4.5 e RCP8.5 são apresentadas na lateral direita em diagramas de caixas.

Tabela 4 mostra os valores médios para 2034-2045 e 2071-2100 para os cenários RCP4.5 e RCP8.5 comparativamente a média dos anos 2005-2015.

Tabela 4 - Temperatura média nos cenários RCP4.5 e RCP8.5 em Fortaleza para 2035-2045 e 2071-2100

		2005 – 2015	2035 – 2045	2071 – 2100
RCP 4.5				
Temperatura média (°C)		26,40	27,08	27,68
Diferença em relação à 2005-2015	°C	-	0,69	1,28
	%	-	2,6%	4,9%
RCP 8.5				
Temperatura média (°C)		26,38	27,24	29,14
Diferença em relação à 2005-2015	°C	-	0,86	2,76
	%	-	3,3%	10,5%

Fonte: KNMI Climate Explorer, 2018

A tabela mostra que o aumento da temperatura média para a janela temporal 2071-2100 será entre 1,28°C para RCP4.5 e 2,76°C para RCP8.5, o que representa um aumento de 4,9% e 10,5%, respectivamente, quando comparado ao período de 2005-2015. Para o período de 2035-2045 o aumento da temperatura média será de 0,69°C para RCP4.5 e 0,86°C para RCP8.5.

A incerteza da variabilidade natural e dos modelos de valores de temperatura média mostram que um aumento de temperatura média em Fortaleza é dado como certo. A maioria dos modelos indicam um aumento de temperatura média entre 27 e 28°C para RCP 4.5 e 28,5 e 30°C para RCP 8.5 até 2100. Somente alguns modelos preveem uma estagnação da temperatura média até 2100 para o RCP 4.5 (percentual). Pode-se, então, considerar que um aumento da temperatura média é bastante certo. As implicações para este estudo é que se considera um aumento considerável de temperatura para Fortaleza.

Os próximos gráficos mostram as mudanças na temperatura média através dos trimestres do ano para RCP4.5 a médio prazo (2035-2045) e para RCP8.5 a longo prazo (2071-2100).

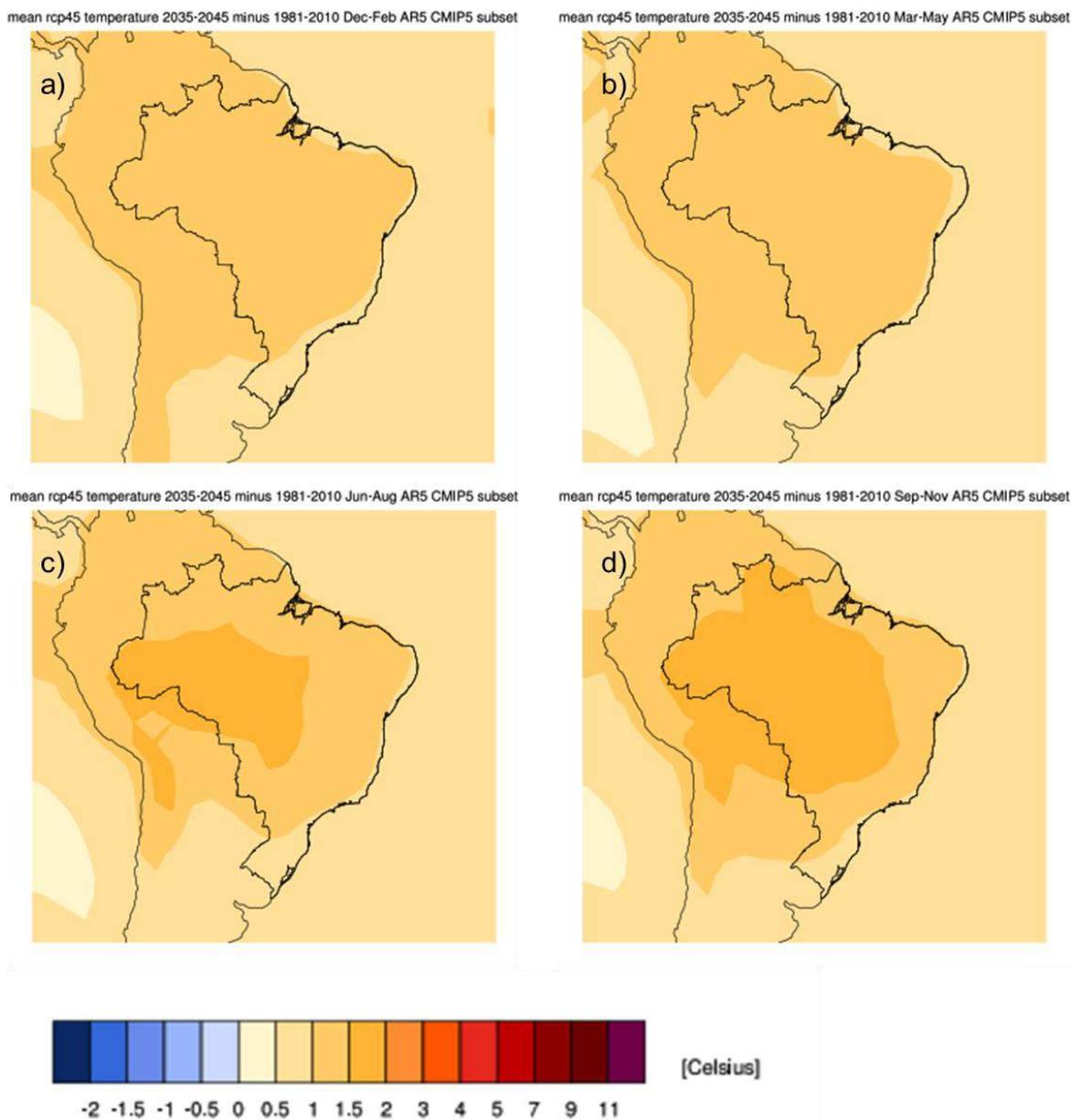


Figura 17: Mudança na temperatura média por trimestre por RCP4.5 do período 2035-2045 comparativamente a 1981-2010. a) dezembro – fevereiro, b) março – maio, c) junho – agosto, d) setembro – novembro
 Fonte: KNMI Climate Explorer, 2018

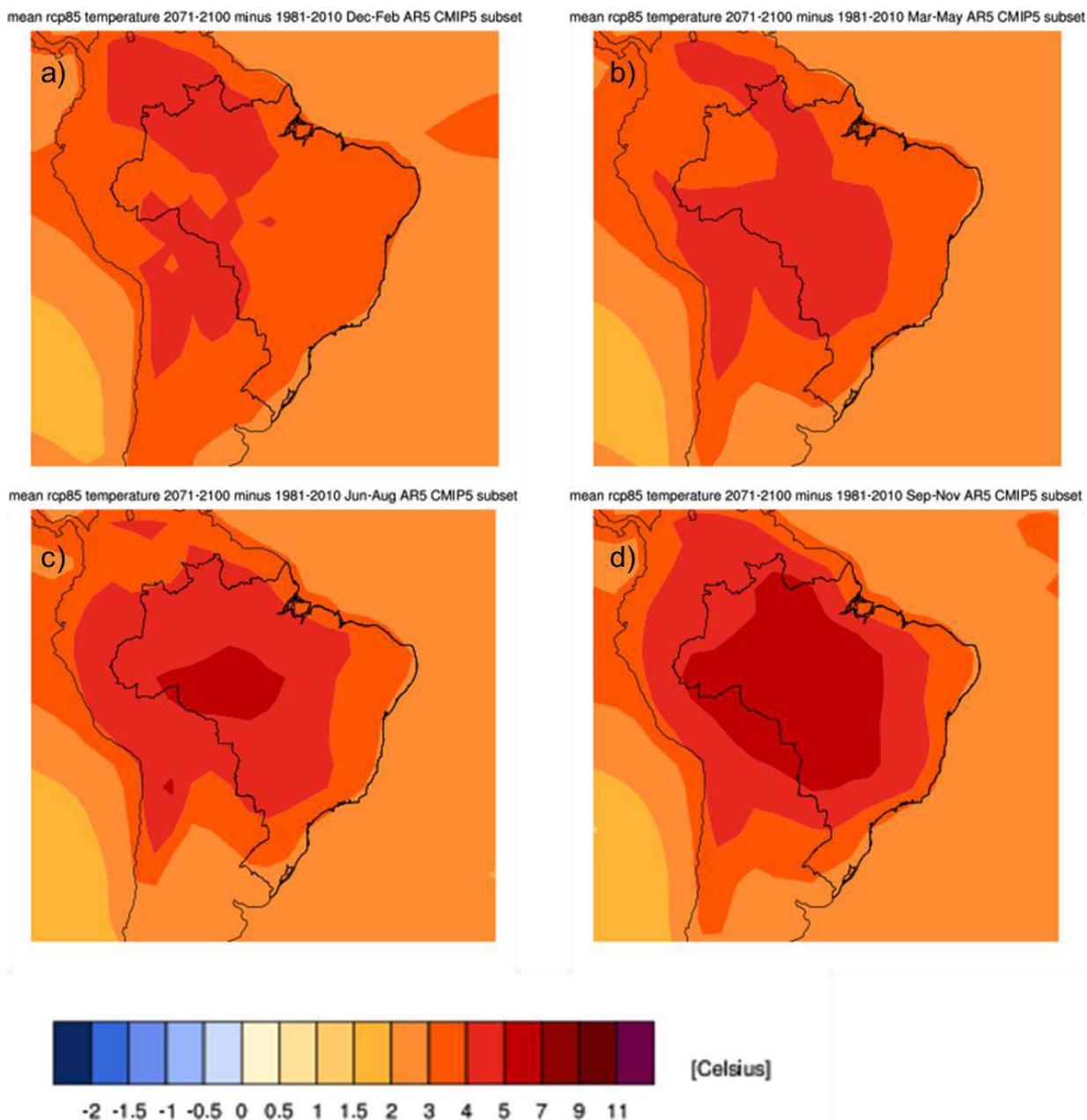


Figura 18: Mudança na temperatura média por trimestre por RCP8.5 do período 2071-2100 comparativamente a 1981-2010. a) dezembro – fevereiro, b) março – maio, c) junho – agosto, d) setembro – novembro
 Fonte: KNMI Climate Explorer, 2018

Os gráficos dos cenários climáticos mostram que para a cidade de Fortaleza não se espera um maior aumento de temperatura média em determinado trimestre do ano tanto no médio como no longo prazo. As indicações das temperaturas médias têm alta certeza e, portanto, pode-se esperar um aumento de temperatura média significativo no futuro.

➤ Precipitação

A Figura 19 mostra a evolução da precipitação média até 2100 para os cenários RCP4.5 e RCP8.5.

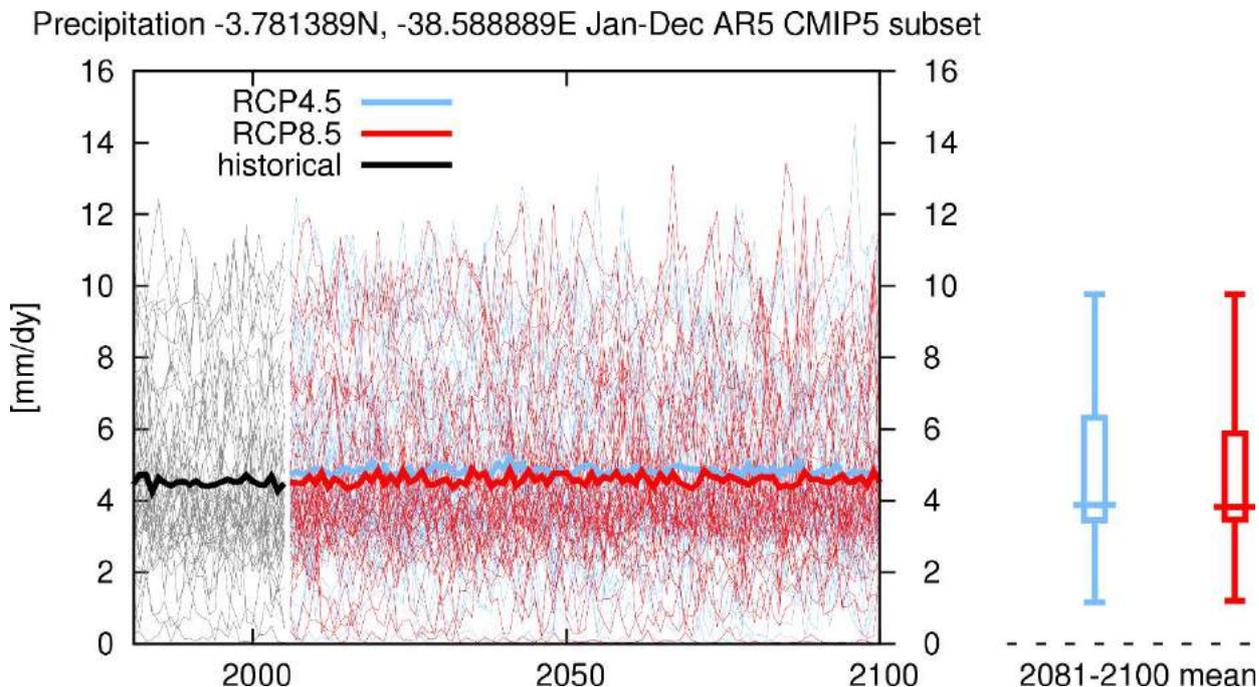


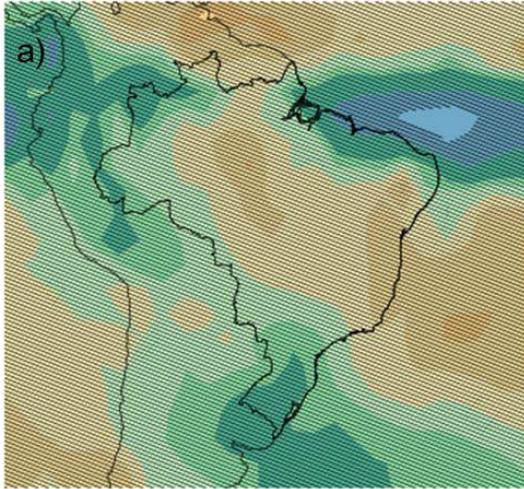
Figura 19: Evolução da precipitação média nos cenários RCP4.5 et RCP8.5 em Fortaleza até 2100⁴
Fonte: KNMI Climate Explorer, 2018

Pode-se observar na Figura 19 que não há uma tendência clara de alteração no padrão de precipitação anual de Fortaleza. Como a precipitação é muito sazonal, os indicadores dos valores anuais não são muito expressivos.

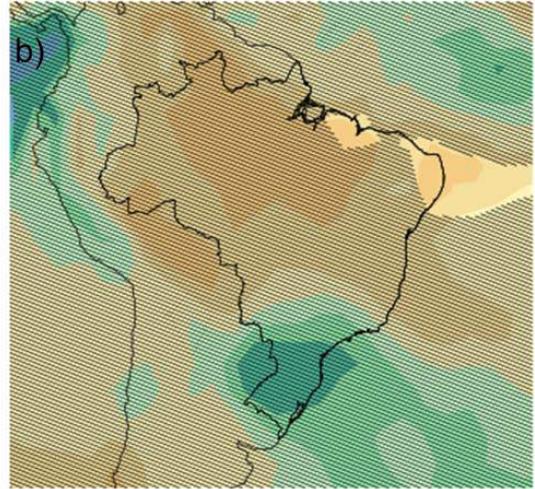
Analisando as mudanças das precipitações na temporada de chuvas (março-maio) e na estação seca (setembro-novembro), pode-se observar tendências diferentes a médio (2035-2045) e longo prazo (2071-2100) para ambos os cenários RCP4.5 e RCP8.5.

4 (Tradução do gráfico) O gráfico mostra a precipitação média para os meses de janeiro a dezembro. O eixo x representa o tempo, em anos. O eixo y apresenta a precipitação, em milímetros por dia (mm/dia). As linhas representam: o cenário RCP4.5 (azul claro), o cenário RCP8.5 (vermelho) e o cenário histórico (preto), sendo que as linhas mais grossas representam a média de cada cenário. As médias para o período de 2081-2100 dos cenários RCP4.5 e RCP8.5 são apresentadas na lateral direita em diagramas de caixas.

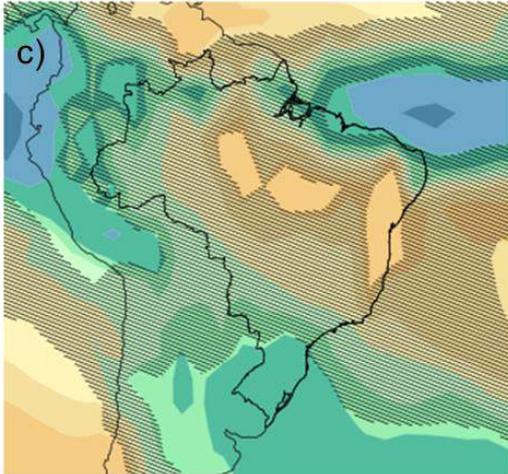
mean rcp45 precipitation 2035-2045 minus 1981-2010 Mar-May AR5 CMIP5 subset



mean rcp45 precipitation 2035-2045 minus 1981-2010 Sep-Nov AR5 CMIP5 subset



mean rcp45 precipitation 2071-2100 minus 1981-2010 Mar-May AR5 CMIP5 subset



mean rcp45 precipitation 2071-2100 minus 1981-2010 Sep-Nov AR5 CMIP5 subset

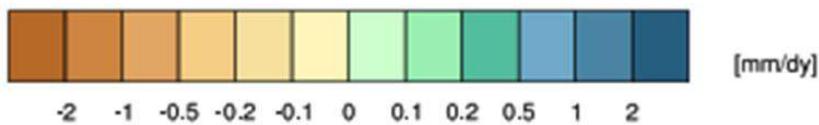
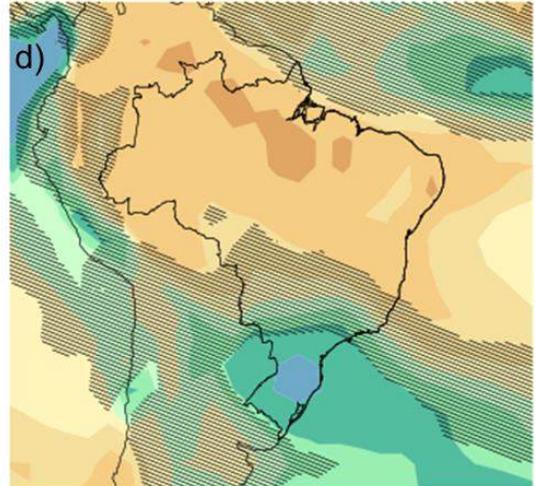
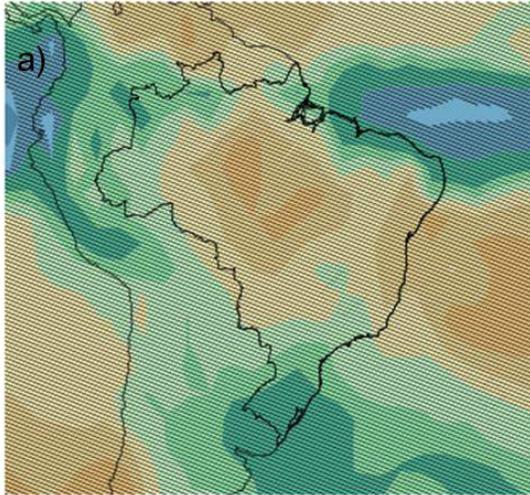
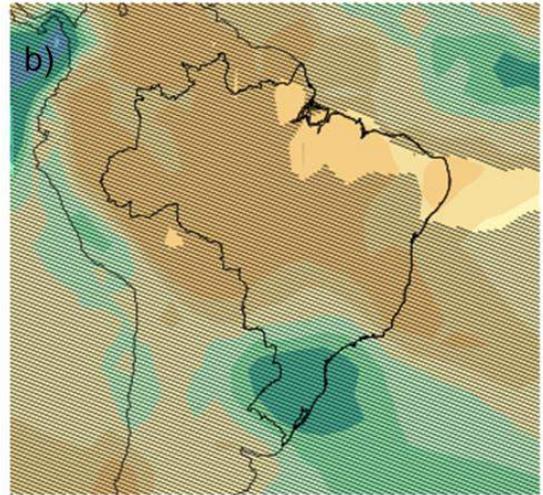


Figura 20: Mudança nas precipitações médias por trimestre, RCP4.5. a) março a maio 2035-2045 vs. 1981-2010, b) setembro a novembro 2035-2045 vs. 1981-2010, c) março a maio 2071-2100 vs. 1981-2010, d) setembro a novembro 2071-2100 vs. 1981-2010. As áreas sombreadas têm uma confiança baixa.
Fonte: KNMI Climate Explorer, 2018

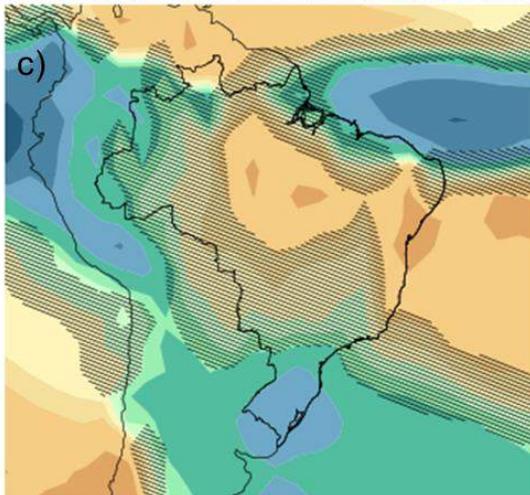
mean rcp85 precipitation 2035-2045 minus 1981-2010 Mar-May AR5 CMIP5 subset



mean rcp85 precipitation 2035-2045 minus 1981-2010 Sep-Nov AR5 CMIP5 subset



mean rcp85 precipitation 2071-2100 minus 1981-2010 Mar-May AR5 CMIP5 subset



mean rcp85 precipitation 2071-2100 minus 1981-2010 Sep-Nov AR5 CMIP5 subset

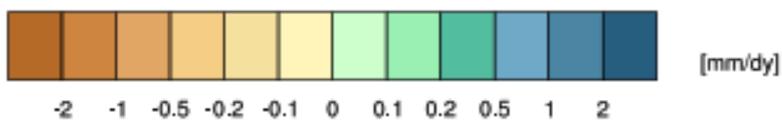
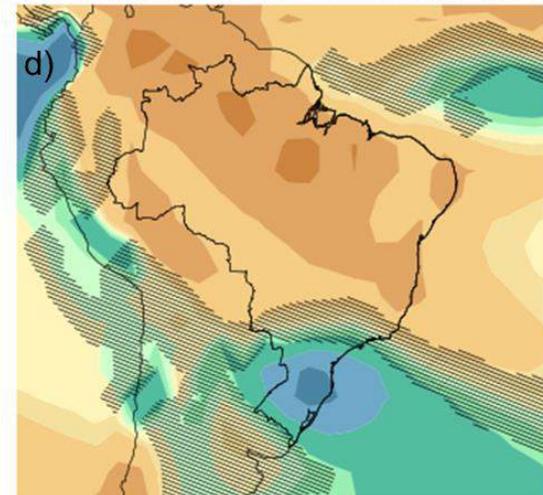


Figura 21: Mudança nas precipitações médias por trimestre, RCP8.5. a) março a maio 2035-2045 vs. 1981-2010, b) setembro a novembro 2035-2045 vs. 1981-2010, c) março a maio 2071-2100 vs. 1981-2010, d) setembro a novembro 2071-2100 vs. 1981-2010. As áreas sombreadas têm uma confiança baixa
Fonte: KNMI Climate Explorer, 2018

Os modelos mostram que a precipitação na temporada de chuva, nos meses de março a maio, será mais úmida e a temporada seca, nos meses de agosto a novembro, será ainda mais seca. A tendência nos meses de setembro a novembro é significativa no RCP4.5 para os dois períodos analisados e no RCP8.5 para o período de 2071-2100. Ao contrário, a tendência nos meses de março a maio só é significativa no cenário RCP8.5 no período 2071-2100.

As indicações das precipitações têm baixa certeza para 2035-2045, mas, uma certeza forte para 2071-2100. Isso implica que as mudanças nas precipitações não podem ser previstas com certeza para os próximos anos. A longo prazo espera-se um aumento das precipitações nos

meses de março a maio e uma baixa nas precipitações nos meses de setembro a novembro.

Os resultados podem ser vistos também nas próximas figuras, que confirmam a tendência de baixa das precipitações na temporada seca de agosto a novembro (Figura 22) e uma suave tendência de aumento das precipitações nos meses úmidos de março a maio (Figura 23).

Precipitation change -3.781389N, -38.588889E Aug-Nov wrt 1981-2010 AR5 CMIP5 subset

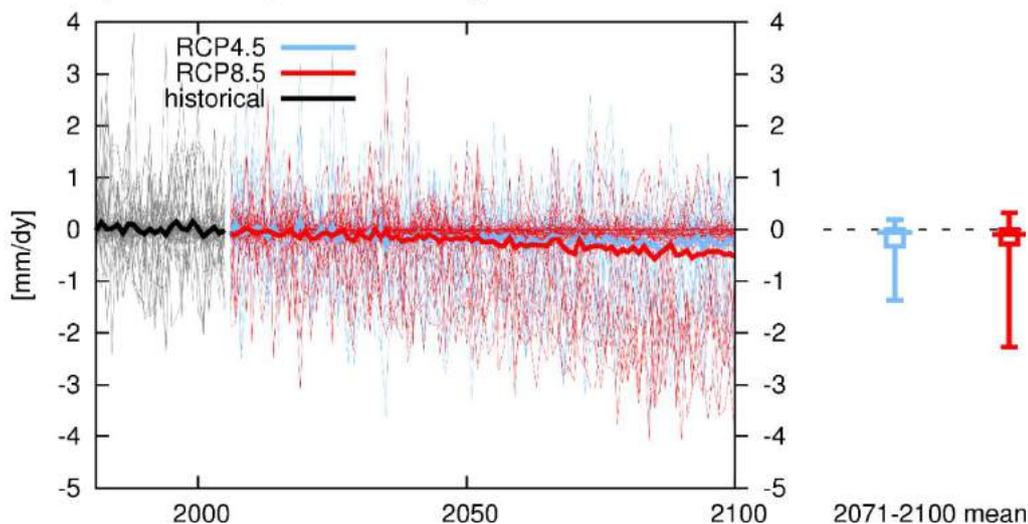


Figura 22: Mudança nas precipitações médias para os meses de agosto a novembro⁵

Fonte: KNMI Climate Explorer, 2018

Precipitation change -3.781389N, -38.588889E Mar-May wrt 1981-2010 AR5 CMIP5 subset

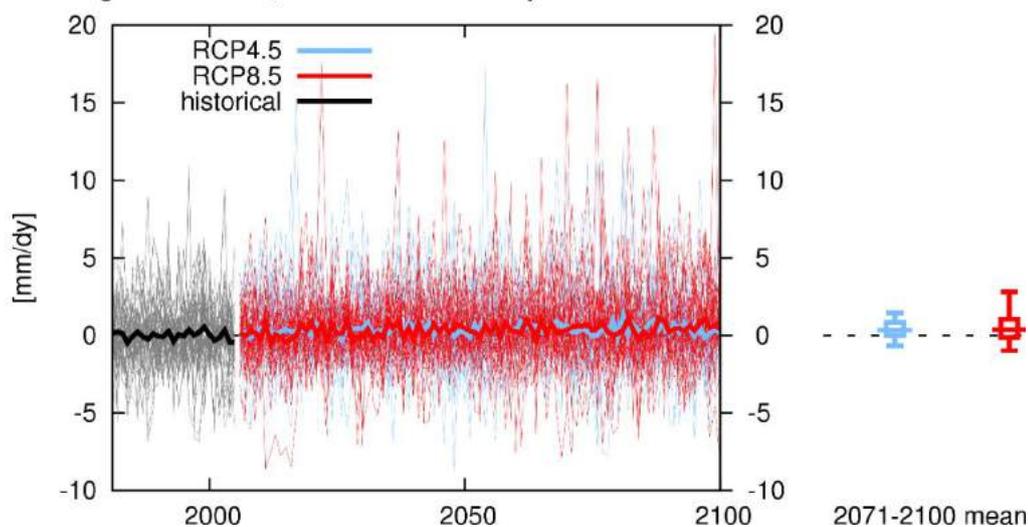


Figura 23: Mudança nas precipitações médias para os meses de março a maio⁶

Fonte: KNMI Climate Explorer, 2018

5 (Tradução do gráfico): O gráfico mostra a mudança na precipitação para os meses de agosto a novembro. O eixo x representa o tempo, em anos. O eixo y apresenta a variação na precipitação, em milímetros por dia (mm/dia). As linhas representam: o cenário RCP4.5 (azul claro), o cenário RCP8.5 (vermelho) e o cenário histórico (preto), sendo que as linhas mais grossas representam a média de cada cenário. As médias para o período de 2081-2100 dos cenários RCP4.5 e RCP8.5 são apresentadas na lateral direita em diagramas de caixas.

6 (Tradução do gráfico): O gráfico mostra a mudança na precipitação para os meses de março a maio. O eixo x representa o tempo, em anos. O eixo y apresenta a variação na precipitação, em milímetros por dia (mm/dia). As linhas representam: o cenário RCP4.5 (azul claro), o cenário RCP8.5 (vermelho) e o cenário histórico (preto), sendo que as linhas mais grossas representam a média de cada cenário. As médias para o período de 2081-2100 dos cenários RCP4.5 e RCP8.5 são apresentadas na lateral direita em diagramas de caixas.

As figuras de séries de tempo mostram incertezas dos resultados dos modelos na evolução da precipitação no futuro com variabilidades nos resultados. Para a temporada úmida, as incertezas são menores que para a temporada seca. As implicações para o resultado do estudo são que para a temporada úmida pode-se esperar um aumento das precipitações diárias entre 0 e 5 mm/dia com alta certeza. Para a temporada seca os modelos preveem uma baixa das precipitações, mas os diferentes modelos demonstram diferentes amplitudes para a baixa das precipitações.

A Tabela 5 mostra os valores para 2035-2045 e 2071-2100 para os cenários RCP4.5 e RCP8.5 comparativamente à média dos anos 2005 a 2015.

Tabela 5 - Mudança nas precipitações médias nos cenários RCP4.5 e RCP8.5 em Fortaleza para 2035-2045 e 2071-2100

Março – Maio		2005 – 2015	2035 – 2045	2071 – 2100
RCP 4.5				
Precipitação (mm)		8,98	9,36	9,24
Diferença em relação à 2005-2015	mm	-	0,38	0,26
	%	-	4,3%	2,9%
RCP 8.5				
Precipitação (mm)		8,18	9,00	9,07
Diferença vs. 2005-2015	mm	-	0,81	0,89
	%	-	9,9%	10,9%
Ago - Nov		2005 – 2015	2035 – 2045	2071 – 2100
RCP 4.5				
Precipitação (mm)		1,46	1,33	1,25
Diferença vs. 2005-2015	mm	-	-0,13	-0,21
	%	-	-8,7%	-14,2%
RCP 8.5				
Precipitação (mm)		1,26	1,15	0,89
Diferença vs. 2005-2015	mm	-	-0,11	-0,37
	%	-	-8,6%	-29,2%

Fonte: KNMI Climate Explorer, 2018

➤ Secas

Em termos climáticos, o termo seca é relativo e descreve um déficit de precipitação incluindo condições particulares como a quantidade de precipitação, o período e a região analisada. Existem diferentes tipos de seca como a seca meteorológica, que determina o déficit de precipitação; a seca agrícola, referente ao déficit de umidade no solo; e a seca hidrológica, relativa às anomalias negativas da disponibilidade de água. Também existe a seca como escassez de água causada pelas atividades humanas, chamada seca socioeconômica (MMA, 2017).

Para a cidade de Fortaleza considera-se nesse projeto a seca meteorológica, a seca hidrológica e a seca socioeconômica.

As projeções climáticas indicam, em geral, um aumento de eventos extremos de seca e

estiagens prolongadas, o que é um fator muito preocupante especialmente para regiões submetidas à semiaridez (MMA, 2017). As secas se vêm acentuadas no futuro através da redução da precipitação e do decréscimo na recarga das águas subterrâneas.

Isso está de acordo com os dados climáticos analisados na seção anterior “Precipitações”. Na temporada seca é esperado que as precipitações reduzam em 9% até 2040 e entre 14% e 29% até 2100 segundo o cenário considerado. Adicionalmente, se pode observar nas próximas figuras a tendência nos meses de transição entre o período chuvoso e o período seco, e vice-versa.

Precipitation change -3.781389N, -38.588889EE Jul-Jul wrt 1981-2010 AR5 CMIP5 subset

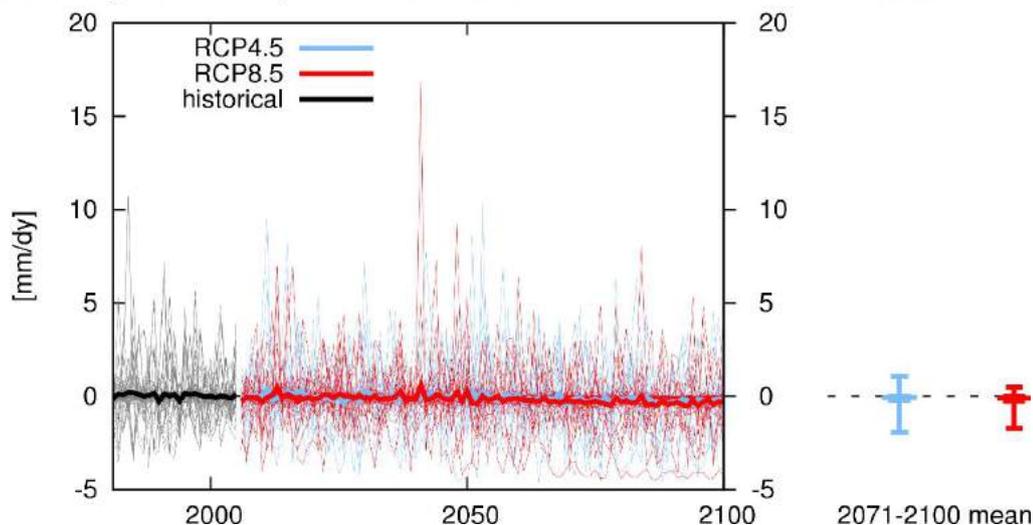
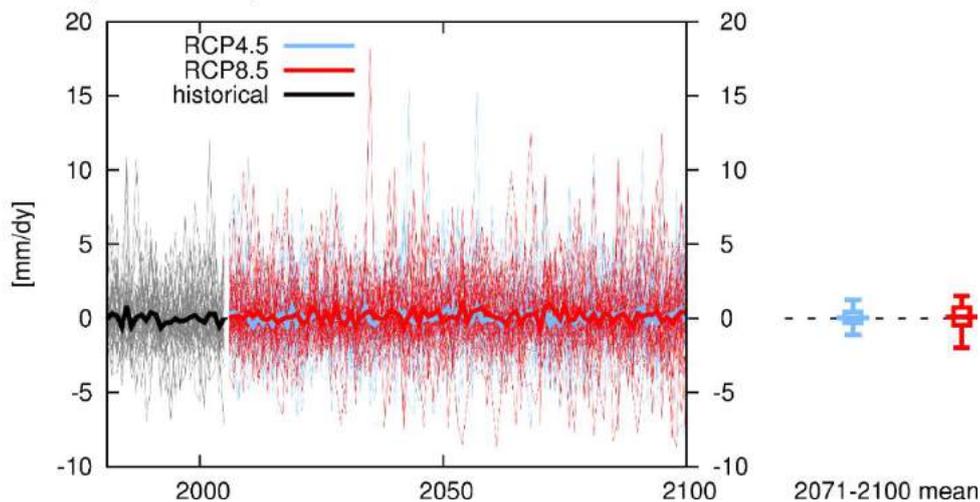


Figura 24: Mudança nas precipitações médias para o mês de julho até 2100⁷

Fonte: KNMI Climate Explorer, 2018

Precipitation change -3.781389N, -38.588889EE Dec-Dec wrt 1981-2010 AR5 CMIP5 subset



7 (Tradução do gráfico): O gráfico mostra a mudança na precipitação para o mês de julho. O eixo x representa o tempo, em anos. O eixo y apresenta a variação na precipitação, em milímetros por dia (mm/dia). As linhas representam: o cenário RCP4.5 (azul claro), o cenário RCP8.5 (vermelho) e o cenário histórico (preto), sendo que as linhas mais grossas representam a média de cada cenário. As médias para o período de 2081-2100 dos cenários RCP4.5 e RCP8.5 são apresentadas na lateral direita em diagramas de caixas.

Figura 25: Mudança nas precipitações médias para o mês de dezembro até 2100⁸
Fonte: KNMI Climate Explorer, 2018

Pode-se observar uma tendência muito rápida de baixa das precipitações no mês de julho e nenhuma tendência no mês de dezembro. Isso pode indicar uma antecipação da temporada seca e, portanto, se prolongar na tendência. Isso é confirmado pela tendência de baixa das precipitações médias nos meses de julho e agosto nos dados históricos.

Os resultados dos modelos na evolução da precipitação indicam que as variabilidades dos modelos são maiores na direção da baixa das precipitações, especialmente no RCP 8.5.

➤ Aumento do nível do mar

Em nível internacional, o AR5 do IPCC prevê um aumento do nível do mar entre 0,7 e 1 metro até 2100. Para o ano 2040 é previsto um aumento do nível do mar de 0,35 metros (Church et al, 2013). A próxima figura mostra o aumento de nível de mar estimado pelo IPCC.

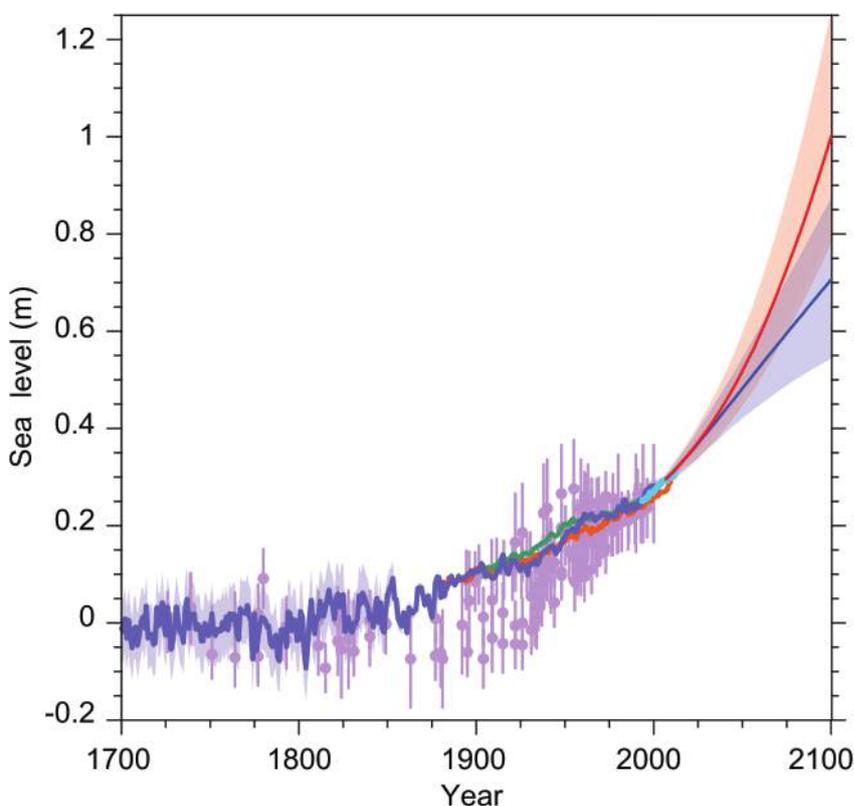


Figura 26: Aumento do nível do mar segundo o IPCC para RCP2.6 (azul) e RCP8.5 (vermelho)⁹
Fonte: Church et al., 2013

Segundo Mesquita (2005), nos últimos 50 anos foi observada uma tendência na costa brasileira de um aumento do nível relativo do mar na ordem de 40cm/século, ou 4mm/ano, em comparação com uma média de 10 cm/século no restante do mundo para o mesmo período.

8 (Tradução do gráfico): O gráfico mostra a mudança na precipitação para mês de dezembro. O eixo x representa o tempo, em anos. O eixo y apresenta a variação na precipitação, em milímetros por dia (mm/dia). As linhas representam: o cenário RCP4.5 (azul claro), o cenário RCP8.5 (vermelho) e o cenário histórico (preto), sendo que as linhas mais grossas representam a média de cada cenário. As médias para o período de 2081-2100 dos cenários RCP4.5 e RCP8.5 são apresentadas na lateral direita em diagramas de caixas.

9 (Tradução do gráfico): O gráfico mostra a variação do nível do mar. O eixo x representa o tempo, em anos. O eixo y apresenta a variação do nível do mar, em metros (m). O cenário RCP2.6 é representado em azul e o cenário RCP8.5 em vermelho.

Estima-se que as variações do nível relativo do mar podem ocorrer também por causa da expansão térmica, provocada pelo aquecimento global, e pelas marés meteorológicas, ocasionadas pelo aumento da intensidade dos ventos (Mesquita, 2005).

No Brasil, as áreas mais suscetíveis à erosão estão na região Nordeste, pela falta de rios capazes de abastecer o mar com sedimentos. Em Pernambuco, um dos estados mais afetados, cerca de seis em cada dez praias dos 187km de costa cedem terreno para o mar. Uma elevação de 50cm no nível do Atlântico poderia consumir 100m de praia no Norte e no Nordeste.

Em Recife, por exemplo, a linha costeira retrocedeu 80m entre 1915 e 1950 e mais de 25m entre 1985 e 1995 de acordo com Muehe e Neves (citados por SOUZA NETO, 2009).

Sabe-se que para a costa do Ceará existem estudos aprofundados realizados pelo LABOMAR, contudo, após inúmeras tentativas de acesso a estas informações – inclusive por solicitação da própria Prefeitura – estes dados, gráficos e mapas não foram disponibilizados.

Dessa forma, o que foi possível obter de informações deste órgão de pesquisa foi através do site Mar do Ceará (disponível em <http://mardoceara.blogspot.com/2014/05/o-avanco-do-mar-no-litoral-cearense.html>) e do infográfico publicado no Jornal O Povo, conforme apresentado na Figura 27.

De acordo com a matéria citada, pesquisadores da Universidade Federal do Ceará (UFC) “uma elevação da ordem de 80 centímetros no nível do mar potencializaria o processo erosivo que já acomete parte da costa do Ceará, a exemplo do que ocorre em praias como Iparana, Pacheco e Caponga, por exemplo”, todas na Região Metropolitana de Fortaleza.

Segundo informações da Universidade, “o processo existente depende tanto de fatores naturais, como a flutuação no nível do mar e a própria morfologia da costa; quanto de origem antropogênica (atividades humanas), como o barramento de rios que impede o transporte natural dos sedimentos e o avanço urbano em direção à área de praias”.

Ainda segundo a matéria supracitada, em nível regional, os pesquisadores admitem “que ainda é possível fazer avanços na forma de registrar a grande variabilidade regional da elevação das águas. Essa variabilidade se deve às diferenças na expansão térmica, mas também aos movimentos da crosta terrestre. Em algumas regiões, o solo tem a tendência de afundar, por exemplo, por causa do bombeamento da água ou da exploração do petróleo, tornando estas regiões ainda mais vulneráveis”.

No caso de Fortaleza, os recentes e cada vez mais frequentes eventos de Ressaca do Mar atrelados a todo o contexto mencionado, ressaltam a urgência de se realizar pesquisas, bem como torna-las públicas, para subsidiar os processos de planejamento e gestão costeira.

A EROSÃO EM QUATRO PONTOS DO CEARÁ

Samaisa dos Anjos
Textos

Luciana Pimenta
Infográfico

Guabiras
Arte

Litoral Oeste

1 Icarai

No município de Caucaia.
Distância de Fortaleza: 22 km



No Icarai, barracas, calçamento e pavimento foram destruídos ao longo dos anos. Atualmente, as barracas recuaram e funcionam do outro lado da avenida Litorânea.

A faixa de areia é estreita ou some na maré alta. As intervenções realizadas na tentativa de conter a erosão foram destruídas. As pedras e estrutura das obras ficaram na estrutura.

faixa de areia, levando mais risco à quem continua buscando o local para o banho de mar. Condomínios à beira-mar sofrem com o risco de a erosão destruir seus muros e estruturas.

Veja o que está sendo feito para conter e amenizar os impactos da erosão no litoral

Obras já realizadas no local foram destruídas pela força da maré. Atualmente, os projetos contam com consultoria

do Labomar (UFCE). Os planos para conter a erosão no local incluem implantar 5 espigões entre a praia de Iparana e Cumbuco.

Construir um aterro de 70 metros no mesmo trecho com areia tirada do fundo do mar e projetado através de dragagem.

Investimento - **R\$ 100** milhões

2 Mundau

No município de Trairi.
Distância de Fortaleza: 145 km



Como em outros pontos que sofrem com a erosão, pedras compõem a estrutura de casas e pousadas que tem vista para o mar. Praça e construções à beira-mar também tiveram parte do

calçamento e da estrutura destruídos pela erosão continuada. Barcos precisam ser levados para próximo da rua em tempos de maré cheia. A situação mais dramática é para os moradores próximos ao rio. Com a erosão e a força da maré, pessoas enfrentam destruição das estruturas das casas e comércios, alagamentos, prejuízos e medo das próximas marés.

Veja o que está sendo feito para conter e amenizar os impactos da erosão no litoral

Com base em um estudo da área feita por empresa que instalou um parque ecológico em Mundau, a prefeitura pretende construir uma espigão, que, inicialmente, teria 150 metros de extensão.

O orçamento inicial é de R\$ 1,5 milhão. Prefeitura aponta que dinheiro de compensações ambientais pode ser usado na obra. Questão está em diálogo com Conpam, que aguarda envio de projeto. Além do espigão, que resolveria a situação da foz do rio Mundau e da erosão, há projeto para urbanização do Centro de produções turísticas e ambientais, com calçamento de 500 metros e investimento superior a R\$ 1 milhão.

Investimento - **R\$ 2,5** milhões

Litoral Leste

3 Caponga

No município de Cascavel.
Distância de Fortaleza: 80 km



Restaurantes, hotéis e pousadas próximas ao mar não resistiram à erosão continuada nesse ponto do litoral e fecharam. Casas e estruturas grandes de hotéis,

antes muito frequentados, compõem um cenário de destruição e abandono. Em algumas, muros, pavimento e até piscinas estão

completamente destruídas. Em algumas casas que resistem, a força das ondas, mesmo em maré baixa, vai de encontro aos paredes de pedras que tentam conter a destruição.

Veja o que está sendo feito para conter e amenizar os impactos da erosão no litoral

Na praia, existem quatro espigões construídos em anos anteriores com base em estudos de uma consultoria contratada.

Um calçamento será construído entre Caponga e Águas Belas. Segundo o secretário de Agricultura, Pesca

e Meio Ambiente, Francisco Araújo, existe discussão para construção de espigão dentro do mar, formando um arrecife artificial e uma marina.

4 Iguape

No município de Aquiraz.
Distância de Fortaleza: 49,3 km



À beira-mar, as casas são protegidas com carraças de pedras compradas pelos proprietários. Mesmo assim, algumas já perderam partes dos muros e escadarias que dão acesso à faixa de areia. Pessoas da região relembram que calçada, muros

e barracas foram sendo destruídas ao longo dos anos. Moradores comentam que as pedras colocadas são enterradas ou levadas durante a maré cheia. Para os pescadores, o avanço do mar significou perda do espaço para os barcos.

Em períodos de maré alta, dezenas de pescadores tentam levar as embarcações para próximo da pista, onde ficam amontoadas. As barracas que existiam, precisaram recuar e hoje apresentam estrutura aquém daquela do passado.

Veja o que está sendo feito para conter e amenizar os impactos da erosão no litoral

Segundo a Prefeitura, um projeto para a construção de espigões está sendo elaborado. A expectativa é concluir o projeto

e apresentar para o governo estadual e federal, necessários nesse processo, para iniciar as obras ainda este ano. Prazos sobre a

conclusão não foram informados. Um terreno da União está sendo analisado para receber uma possível realocação das barracas.



Alguns dos fatores que causam e/ou potencializam a erosão do litoral



Subida do nível do mar



Intervenções humanas nos sistemas naturais



Construção de obras para proteger o litoral



Degradação dos sistemas naturais, como dunas, mangues, estuários



Diminuição de aportes e sedimentos dos rios para o mar e, consequentemente, praias



Eventos da natureza como grandes ressacas, maré e ventos mais fortes em determinados períodos sob influência de fatores naturais.

Para entender

1 A erosão costeira acontece por meio de uma conjunção de fatores naturais e consequências das intervenções humanas na natureza, seja na zona costeira, seja no continente.

2 Um fator importante da erosão do litoral é a redução do nível de areia das praias.

3 A erosão do litoral acontece, entre outros motivos, pela diminuição do aporte de areias e sedimentos que chegam e "alimentam" as praias. Dessa forma, as ondas erodem sem conseguir levar o "alimento" das praias - areia - que as recuperaria.

4 Um dos motivos são as mudanças nos rios, que transportam sedimentos para as praias.

5 Um déficit já existente é o bloqueio que as barragens, intervenções visando o abastecimento hídrico - fazem do transporte de sedimentos que chegaria ao mar e às praias.

6 Com a falta de chuva, a situação é agravada, pois a força hídrica dos rios diminui.

7 A ocupação de dunas e áreas próximas que influenciam o mar interferem muito nesse sistema. Tais intervenções costumam acontecer sem ordenamento ou sem estudos sobre a abrangência dos impactos.

8 Apesar de proteger certos pontos do litoral, obras como portos, marinas e espigões, também podem promover erosão em outras áreas.

Figura 27: Infográfico sobre os pontos afetados por avanço do mar na Costa do Ceará
Fonte: Jornal O Povo (2014)

4. Caracterização das condições atuais de Fortaleza

Nesta seção apresenta-se uma série de informações que retratam as condições atuais de Fortaleza no tocante às variáveis analisadas: Exposição, Sensibilidade e Capacidade de Adaptação.

Cada variável analisada é composta por indicadores que a representa em relação aos perigos climáticos considerados para o estudo. As informações obtidas para cada um dos indicadores, bem como a justificativa para a escolha de cada um deles, são apresentados a seguir agrupados por variável analisada.

Do cruzamento das informações levantadas para os indicadores resultam as análises espacializadas para cada variável, as quais estão apresentadas no capítulo seguinte (vide capítulo 5).

4.1 Indicadores para determinação do parâmetro Exposição

De acordo com a metodologia definida, a caracterização territorial se faz por meio da pesquisa de indicadores sobre o território, os quais sofrem interferências e impactos das mudanças climáticas, sendo eles:

- Áreas historicamente afetadas por desastres climáticos (E1);
- Infraestrutura hídrica (E2);
- Áreas verdes protegidas (E3);
- Áreas diretamente afetadas pela dinâmica costeira (E4);
- Áreas atendidas pela rede de esgotamento sanitário (E5).

Na sequência apresenta-se uma leitura inicial a respeito das informações obtidas para cada um destes indicadores de exposição, bem como a justificativa para a escolha de cada um deles.

4.1.1 Indicador E1 – Áreas historicamente afetadas por desastres climáticos

Este indicador foi considerado como fundamental para se reconhecer as áreas com maiores recorrências de desastres climáticos e afetação em condições de chuva consideradas normais para a cidade. A junção das informações obtidas em pesquisa hemerográfica com as informações disponibilizadas pela Defesa Civil de Fortaleza propiciaram uma visão especializada das áreas mais expostas às intempéries, as quais poderão ser agravadas pelas mudanças climáticas.

Para o recorte temporal estabelecido para o estudo, historicamente foram identificados alguns desastres climáticos relacionados à: chuvas intensas (com consequentes alagamentos, deslizamentos e inundações) e ressacas do mar.

É importante mencionar que embora as secas sejam uma ameaça constante aos fortalezenses – tendo em vista que a principal fonte de abastecimento de água é o Açude Castanhão, localizado no interior do território cearense onde há ocorrências frequentes de secas – há muitas décadas o abastecimento de Fortaleza não sofre impactos deste fenômeno, uma vez que a Política Estadual de Recursos Hídricos prioriza e tem garantido o abastecimento ininterrupto de Fortaleza e sua região metropolitana.

Dessa forma, apesar de o Estado do Ceará possuir em seu histórico diversos registros sobre secas, não foram identificadas quaisquer ocorrências sobre este fenômeno climático nos indicadores de Fortaleza. Ainda assim, a temática será trabalhada no indicador E2, referente

ao abastecimento de água.

➤ Chuvas intensas

Os números considerados para este indicador são oriundos do número de atendimentos a ocorrências de desastres climáticos informado pela Defesa Civil para os anos de 2013 a 2016. Nos anos anteriores, os atendimentos de razões diversas eram contabilizados conjuntamente com atendimentos referentes a desastres climáticos, de modo que somente a partir de 2013 estes indicadores passaram a ser individualizados.

Para o referido período, de acordo com a Defesa Civil foram atendidas 4.419 ocorrências relacionadas a eventos climáticos tais como: alagamentos, deslizamentos e/ou inundações causados em sua maioria por chuvas torrenciais de alta intensidade, conforme demonstrado no Anexo 4.

Ainda de acordo com informações da Defesa Civil de Fortaleza, o número de pessoas afetadas por desastres climáticos na cidade, somente entre os anos de 2013 a 2016, foi de 11.578 famílias, indicador adotado pela entidade. As referidas famílias atualmente constam na base de dados da Prefeitura Municipal como habitantes de Áreas de Risco e estão sujeitas principalmente aos eventos de inundação, conforme distribuição apresentada no gráfico a seguir.

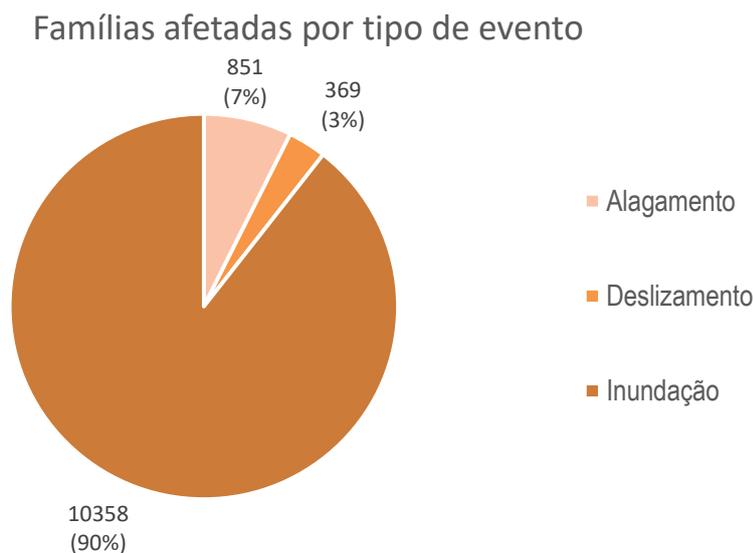


Figura 28: Famílias afetadas por tipo de evento

Fonte: Elaboração própria com base das tabelas com os dados brutos disponíveis no Anexo 4.

A maioria destas famílias habita precariamente nas áreas de inundação do rio Maranguapinho, situado à oeste da cidade, ainda que haja legislação ambiental proibindo a ocupação desses espaços.

Na figura a seguir – retirada durante visitação em campo realizada em 09 de maio de 2018 liderada pela Defesa Civil – observa-se as condições de precariedade das habitações na região do Rio Maranguapinho.



Figura 29: Condições precárias de moradia às margens de afluentes do Rio Maranguapinho
Fonte: Acervo Geoanalysis, 2018

Considerando a restrição do intervalo temporal dos dados disponibilizados pela Defesa Civil (somente 2013 a 2016) e devido ao fato de constar atendimentos somente para eventos relacionados às chuvas, também foi utilizado como parâmetro para compor este indicador, um levantamento em jornais de grande circulação em Fortaleza (vide Anexo 5), bem como em portais da internet de credibilidade, com o objetivo de verificar a ocorrência de outros eventos além das chuvas, a exemplo de ventos fortes e ressacas do mar, entre os anos de 2005 e 2015.

➤ **Ressacas do mar**

As ressacas do mar ocorrem no litoral de Fortaleza e sua definição técnica, origem e ocorrência está melhor detalhada na seção referente ao indicador E4.

Embora não tenham sido encontradas estatísticas oficiais da Prefeitura de Fortaleza a respeito da ocorrência e impactos das ressacas do mar na cidade, existem diversas notícias e estudos científicos apontando a ocorrência e o aumento da incidência destes fenômenos na zona costeira de Fortaleza.

Segundo Mendoza e Jiménez (2009), foram contabilizados 91 eventos com potencial efeito para provocar erosão de praias, cujos efeitos são o recuo da linha de costa em direção à malha urbana, em alguns casos com galgamentos do calçadão da Avenida Beira-Mar, em Fortaleza, e recuo da linha de costa, originando situações de riscos para o patrimônio edificado.

Em Fortaleza, observou-se um aumento na ocorrência destes eventos nos anos de 2008 e 2011, tendo sido registrados pelo menos 41 eventos com cujas consequências foram danos ao patrimônio edificado (PAULA et al, 2015).

As áreas mais afetadas da orla fortalezense correspondem ao trecho do Porto do Mucuripe e a Praia da Barra do Ceará (litoral norte), esta última possuindo uma elevada densidade populacional.

Paula et al (2015) ainda exemplificam que: “No caso da orla turística de Fortaleza, a cota média do calçadão da Avenida Beira-Mar é de 4,5 m acima do ZH. Em trechos como o da Praia dos Diários a cota média é de 4,0 m, altimetria que não impede que o espraio máximo (*wave run-up*) das ondas galgue as estruturas continentais.”

Nas figuras a seguir é possível identificar nos mapas os bairros com ocorrência de impactos relacionados à desastres climáticos, tomando como base os dados da defesa civil (para chuvas

intensas) e também as pesquisas nos noticiários (para ressacas do mar e ventos fortes).

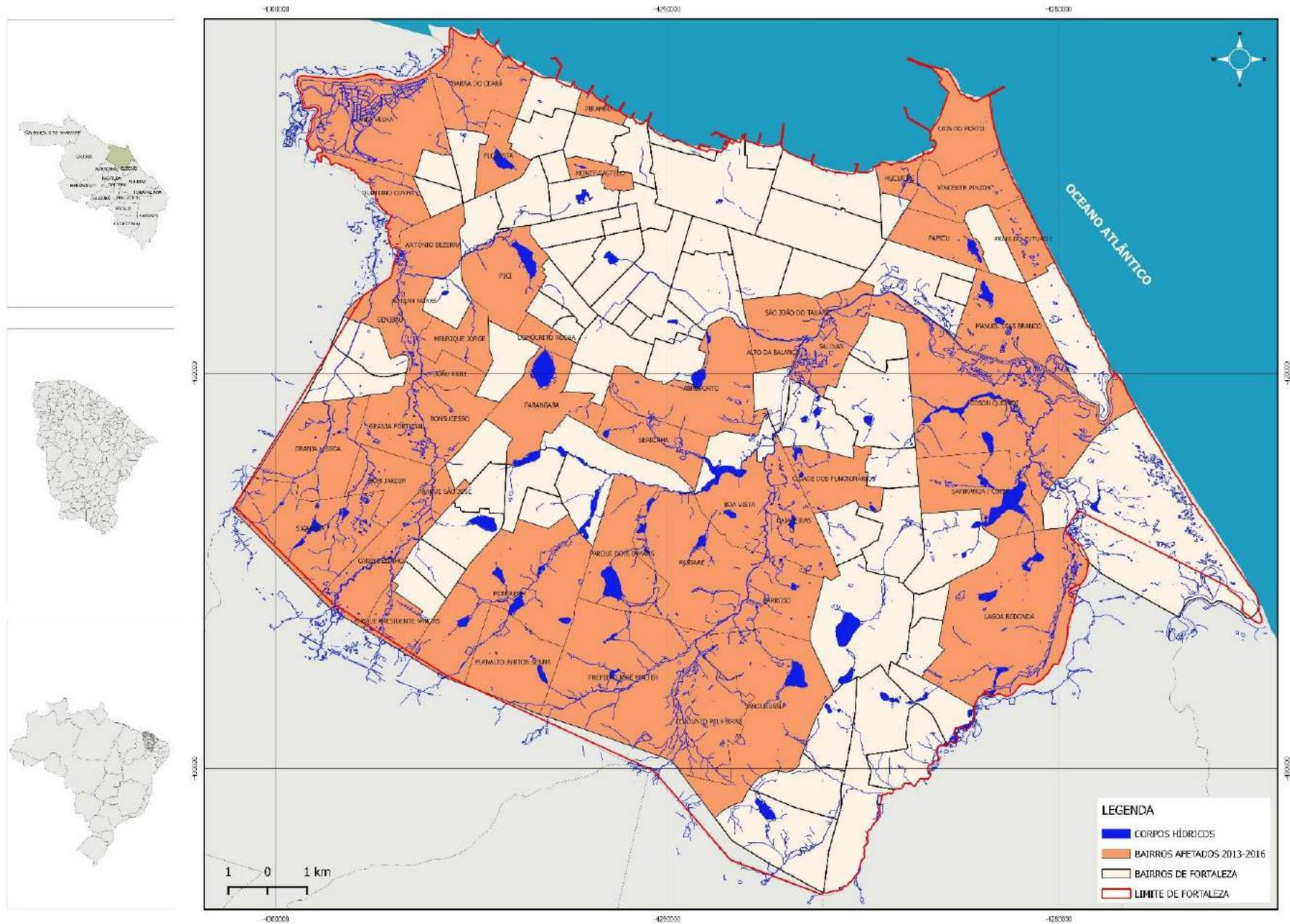


Figura 30: Bairros afetados por Desastres Climáticos entre os anos 2013 e 2016 segundo a Defesa Civil de Fortaleza
 Fonte: Elaboração própria com base em dados da Defesa Civil de Fortaleza

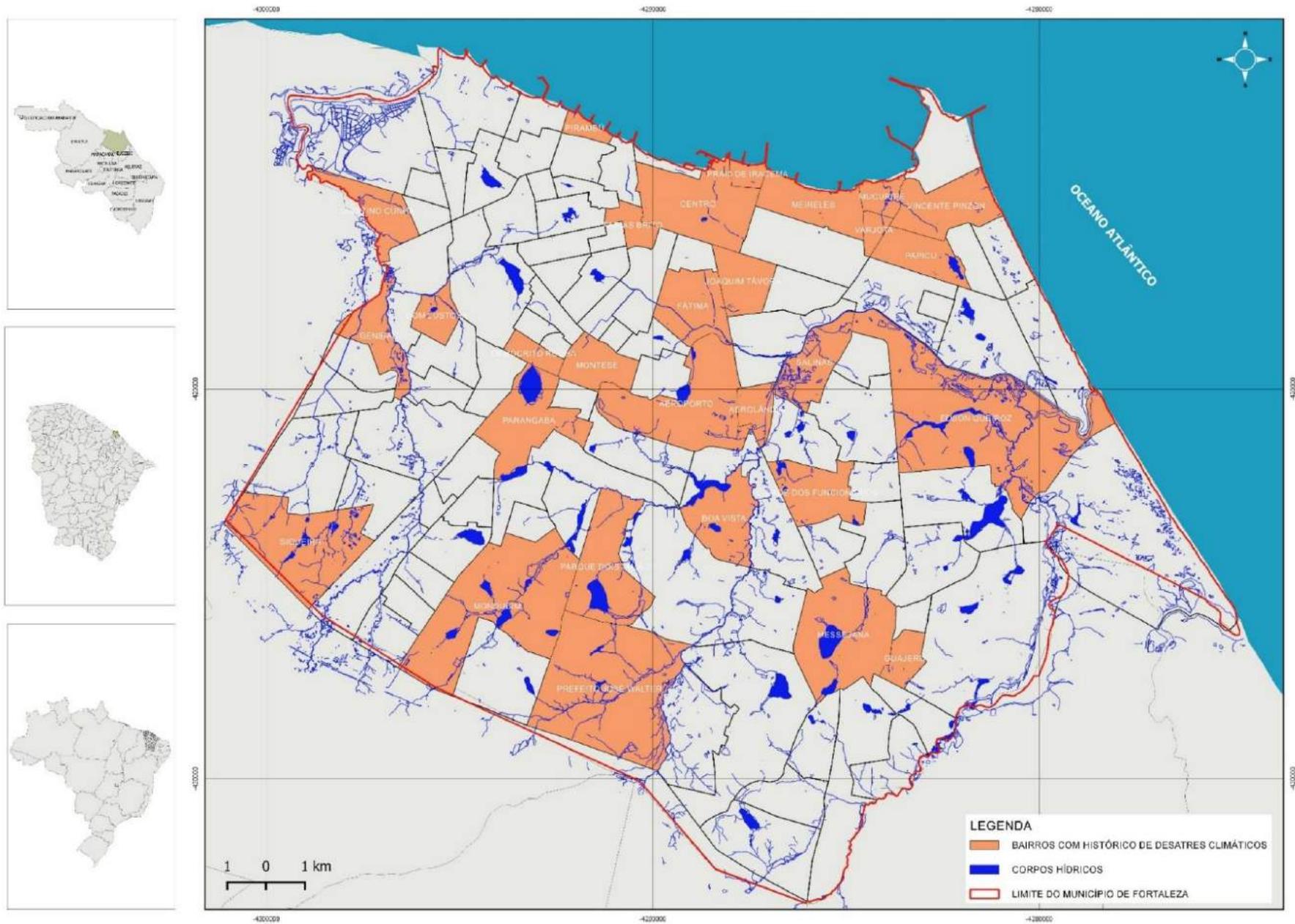


Figura 31: Mapa de bairros mencionados em notícias sobre eventos extremos (ventos, ressacas do mar, alagamentos) entre 2005 e 2015
 Fonte: Elaboração própria com base em pesquisa hemerográfica

4.1.2 Indicador E2 – Infraestrutura hídrica

Para o indicador E2, referente à infraestrutura hídrica buscou-se identificar as principais fontes de abastecimento de água da cidade de Fortaleza, bem como a cobertura territorial da rede regular de abastecimento.

O abastecimento de água em Fortaleza se realiza por meio da rede geral de abastecimento de água, cuja responsabilidade é da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), bem como pelo bombeamento de águas subterrâneas.

➤ Rede regular de abastecimento

No tocante às fontes de abastecimento, Fortaleza atualmente ainda depende das águas vindas do açude Castanhão (Bacia do Rio Jaguaribe), localizado no interior do Estado, e que se configura como a principal transposição de bacia no Ceará, conforme pode ser visto na figura seguir.

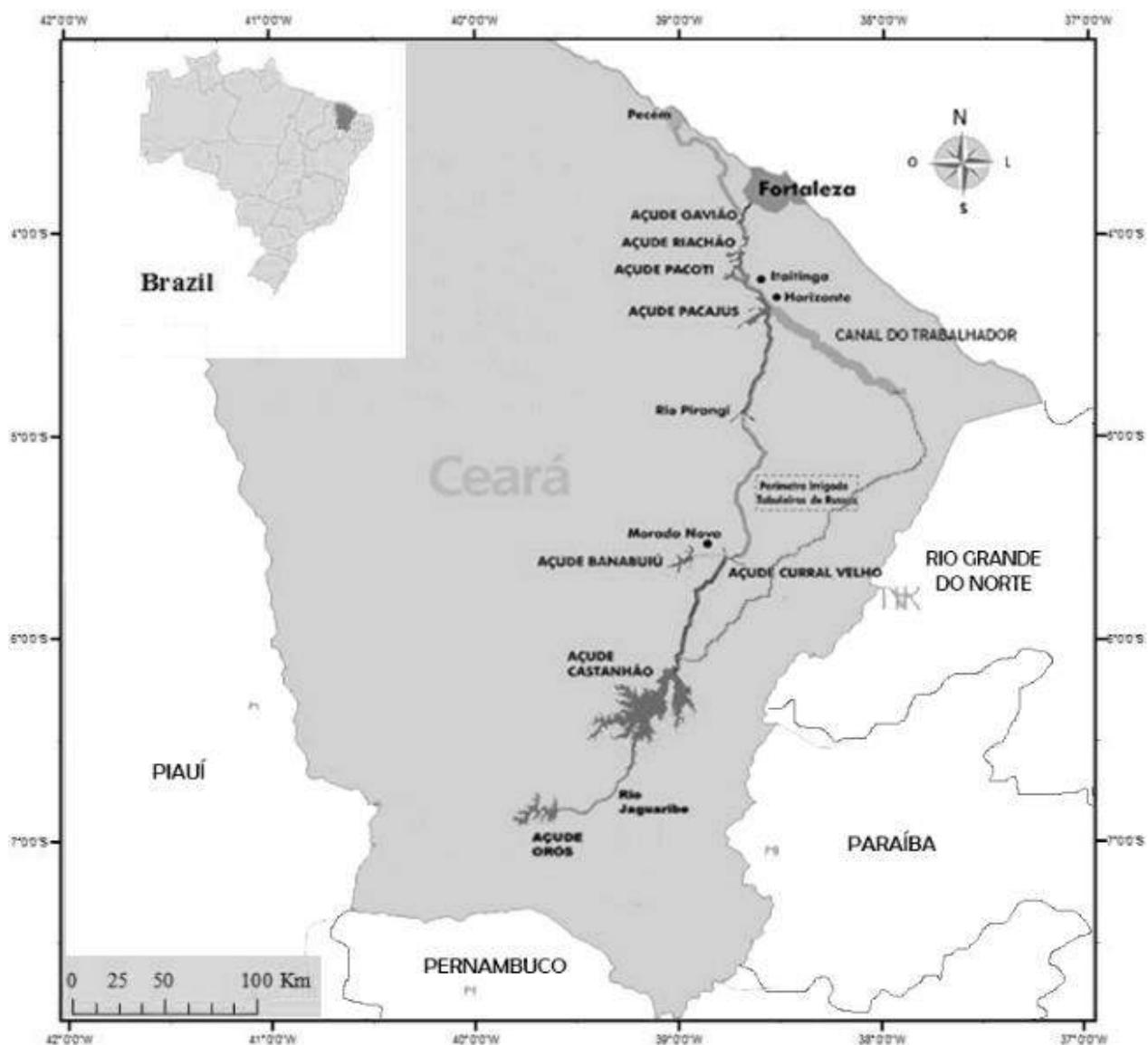


Figura 32. Transposição de Bacias do Rio Jaguaribe para as Bacias Metropolitanas
Fonte: Diagnóstico de Recursos Hídricos do Plano Ceará 2050, 2018

De acordo com o Diagnóstico de Recursos Hídricos do Plano Ceará 2050 (2018), o sistema de transposição da Bacia do Rio Jaguaribe para as bacias metropolitanas (onde está situada

Fortaleza) é “composto por adutoras, estações elevatórias, reservatórios, aquedutos e canais com extensão total de 256 km e vazão máxima de 22 m³/s”.

Cabe ressaltar que a operação desta infraestrutura impõe custos elevados de energia elétrica nas estações de bombeamento e recursos de custeio para a manutenção e reposição de máquinas, equipamentos e infraestrutura civil. Além disso, o Açude Castanhão foi concebido como uma medida de Combate às Secas, visando garantir que Fortaleza tivesse seu abastecimento de água garantido. Atualmente (ano de 2018) este açude se encontra com apenas 6% de sua capacidade de armazenamento, uma vez que o Estado do Ceará se encontra em seu 6^o ano consecutivo de seca (CEARÁ 2050, 2018).

Diante desse contexto, pela primeira vez a cidade de Fortaleza teve seu abastecimento de água ameaçado, porém, uma medida emergencial foi tomada e o rio Cocó (principal rio da cidade de Fortaleza) sofreu um barramento e passou a fazer parte do sistema de abastecimento de água, garantindo que não houvesse interrupção do abastecimento da cidade até o presente momento.

Este tipo de ação de contingência tem historicamente garantido que Fortaleza não tenha sentido os efeitos das secas ocorrentes no Estado do Ceará como um todo, e isso tem um efeito não educativo na população, que pouco realiza o racionamento do uso da água, ainda que hajam campanhas permanentes nesse sentido.

A rede regular de abastecimento da CAGECE contabiliza o percentual de 98,64% de atendimento do território de Fortaleza segundo dados da Companhia disponibilizados em 2018.

O mapa da rede regular de abastecimento de água de Fortaleza é apresentado na figura a seguir.

➤ **Águas subterrâneas**

Um outro meio de abastecimento de água utilizado na cidade de Fortaleza é o bombeamento de águas subterrâneas (poços artesianos e cacimbas). Porém, este tipo de abastecimento ocorre somente em áreas específicas da cidade devido a estrutura geológica.

Na figura a seguir observa-se uma maior incidência de poços na região próxima ao litoral (Setores I, II e III) e em um setor localizado ao sul da cidade (Setor IV). Nestas áreas, as condições hidrogeológicas são favoráveis à perfuração de poços segundo a Secretaria de Recursos Hídricos (2008).

No último levantamento realizado pela Secretaria de Recursos Hídricos (SRH) no ano de 2008, foram cadastrados no município de Fortaleza 7.281 poços, sendo 6.519 particulares, 695 públicos e 67 sem informação. Neste mesmo estudo foi realizada a análise da qualidade da água, considerando a presença de Nitrato e Amônia, e foi verificada uma alta concentração destes poluentes principalmente nos bairros Centro, localizado no Setor II, e Quintino Cunha, localizado no Setor III.

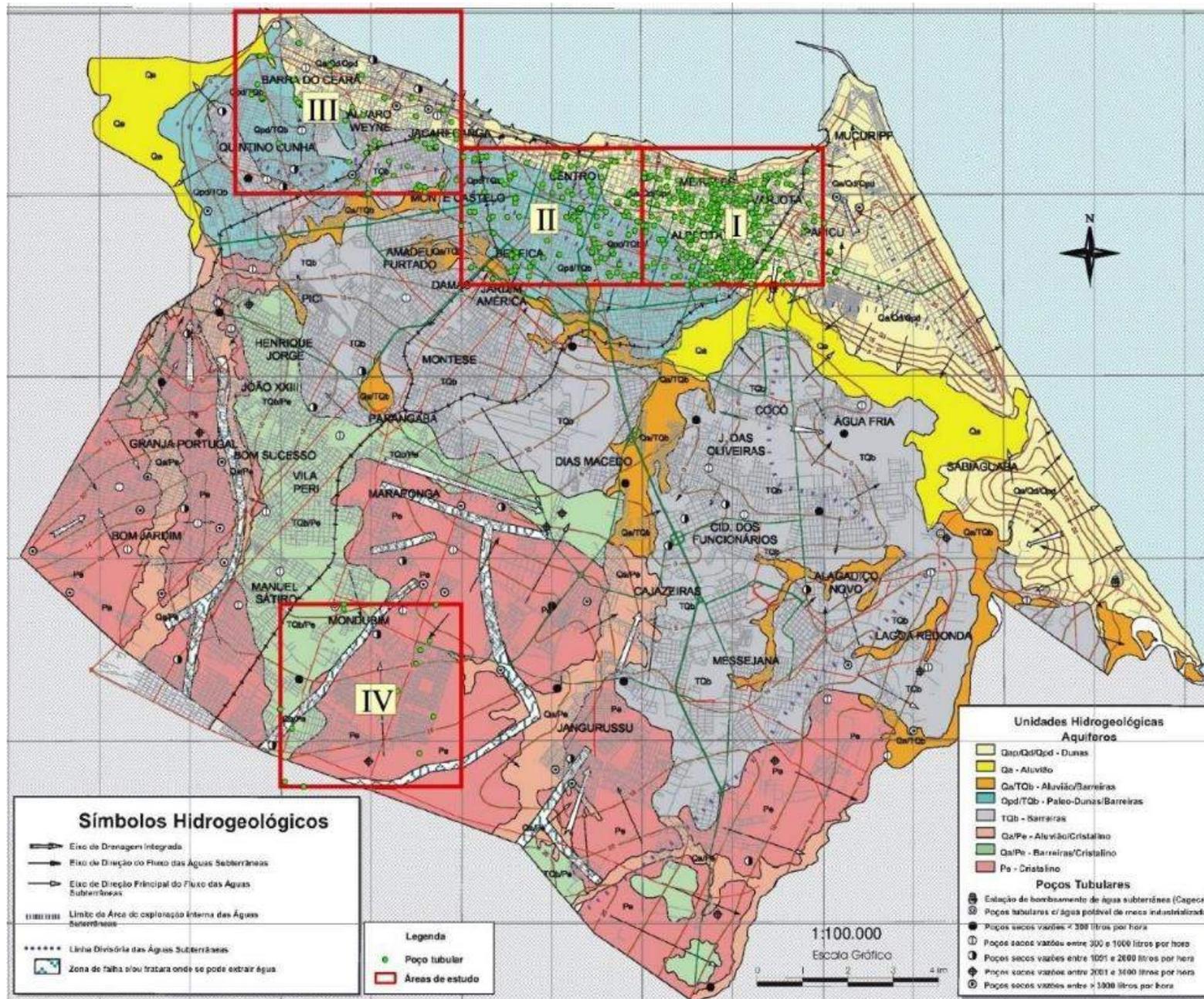


Figura 34. Áreas hidrogeológicas de Fortaleza. Fonte: SRH, 2008

Indicador E3 - Áreas verdes preservadas/protegidas

O indicador E3 se refere as áreas verdes preservadas e/ou protegidas da cidade de Fortaleza, as quais prestam serviços ecossistêmicos primordiais tanto para amenização da temperatura média, quanto para reduzir riscos de assoreamento de rios e demais corpos hídricos, além de protegerem o território contra o avanço do mar, como no caso das áreas estuarinas e seus manguezais.

Como resultado do crescimento não planejado, a cidade de Fortaleza teve uma considerável perda de suas áreas naturais. Segundo o Fortaleza 2040, 79% de suas áreas naturais foram substituídas por áreas edificadas, contribuindo para a formação de ilhas de calor na cidade, bem como para o assoreamento de rios e lagoas, com consequentes e crescentes problemas de alagamentos em diversos pontos da cidade.

Dentre as áreas verdes remanescentes, foram identificadas e mapeadas as áreas verdes atualmente preservadas e/ou protegidas da cidade de Fortaleza, as quais estão classificadas em três categorias, a saber:

- Unidades de Conservação (de acordo com o Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC – Lei Federal nº 9985/2000): De acordo com informações da Secretaria de Meio Ambiente, Fortaleza possui cerca de 6,57 hectares de seu território destinado a Unidades de Conservação com base no SNUC, havendo inclusive uma unidade localizada no oceano, denominada Pedra da Risca do Meio conforme indicado na Figura 35 ao final da seção.
- Zonas de Preservação Ambiental – ZPA (de acordo com zoneamento ambiental do Plano Diretor de Fortaleza): representadas pelas margens de rios, riachos, lagoas, dunas cobertas por restinga, faixa de praia e manguezais, dentre outras categorias, em consonância com o Código Florestal Brasileiro.
- Áreas verdes: Parques urbanos, lagoas e demais áreas destinadas à preservação ambiental e que não são enquadrados como ZPA e nem como Unidades de Conservação, sendo estabelecidas por meio de decretos municipais e/ou pelo Sistema Municipal de Áreas Verdes.

Na figura a seguir encontra-se o mapa das áreas verdes protegidas da cidade de Fortaleza, considerando as três categorias acima descritas.

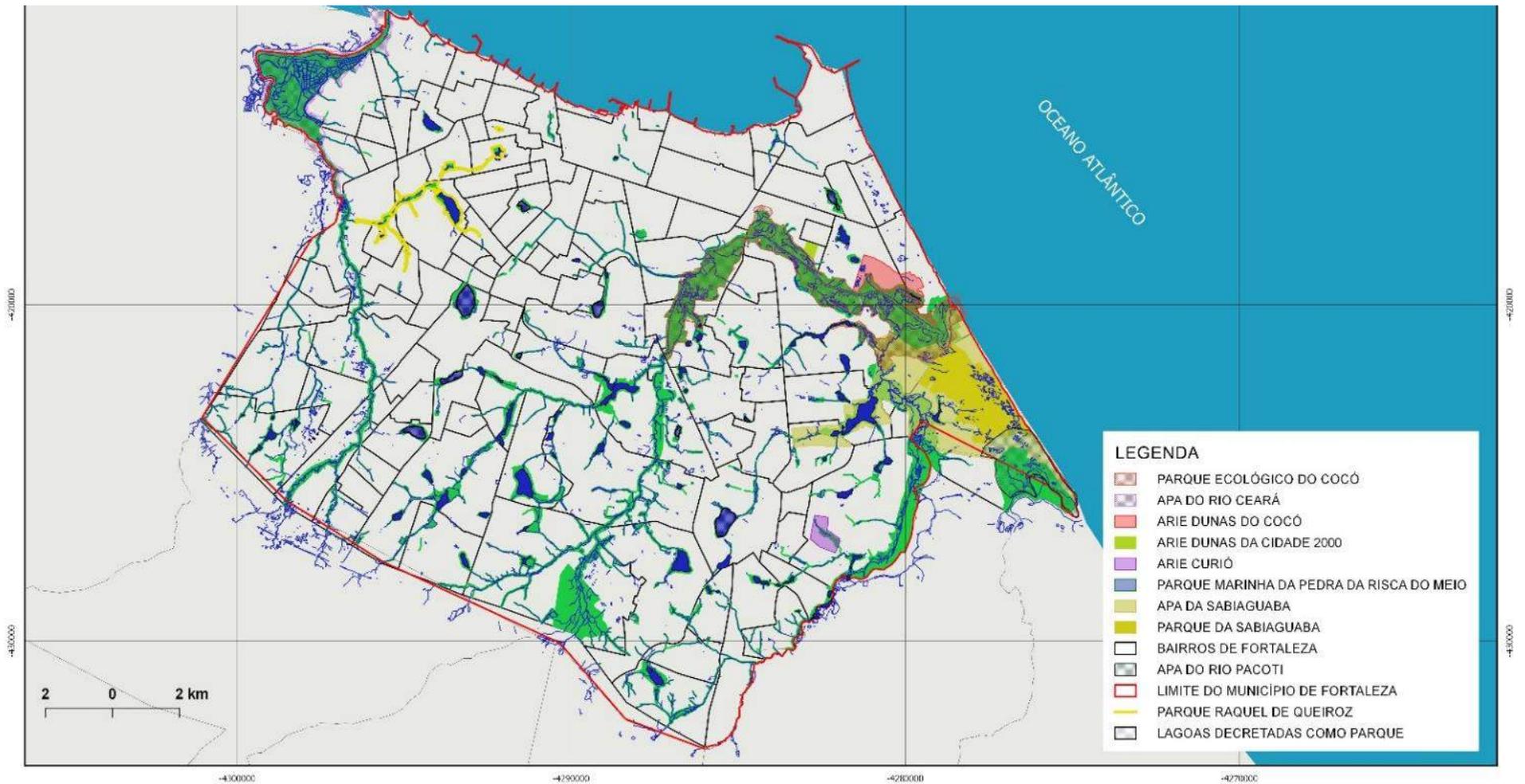


Figura 35: Mapa da distribuição espacial das Áreas Protegidas/Preservadas de Fortaleza
 Fonte: Prefeitura Municipal de Fortaleza

4.1.3 Indicador E4 - Áreas diretamente afetadas pela dinâmica costeira

As áreas diretamente afetadas pela dinâmica são representadas pelas áreas da cidade que possuem interface direta com o mar e cuja cota topográfica está numa faixa compreendida entre o nível do mar e a inclinação de 5° referente à borda do tabuleiro pré-litorâneo.

Para verificação da exposição, foram considerados dois aspectos fundamentais de exposição: 1) ocorrência de ressacas do mar; e 2) influência de áreas estuarinas e/ou foz de grandes rios. Para estes dois aspectos apresenta-se algumas considerações técnicas a seguir.

➤ Ressacas do mar

O litoral fortalezense possui características de mesomaré onde, em condições normais, as amplitudes variam entre 2m a 4m por meio de um regime semidiurno. Na costa são encontrados basicamente dois tipos de ondas, sendo: as do tipo *sea* e do tipo *swell*.

De acordo com Morais (1980), as ondas do tipo *sea* são ondas de vento, que possuem período máximo de 10s, com a direção definida pelo vento que a gerou, são ondas de maior frequência no litoral (MELO et al. 1995). Já as ondas do tipo *swell* são ondas com período ente 10s a 20s que se deslocam por milhares de quilômetros desde a sua origem.

De acordo com o Instituto de Pesquisas Hidroviárias – INPH (1996) o nível mais elevado já registrado nos maregráficos foram de 3,67m, em contraponto ao nível mais baixo de 0,2m. O nível médio corresponde a 1,55m. Nesse contexto ressalta-se que as ondas com alturas superiores ou iguais a 2m ocorrem em 1,38% do ano, sendo provenientes de ESE. Observou-se também a ocorrência de ondas com alturas superiores a 2,4m provenientes de ESE, porém possuem uma baixa ocorrência. Já as ondas de períodos longos (*swell*), ocorrem cerca de 15% do ano, tendo proveniência de NE, sendo 8,8% das ocorrências e de NNE 4,5%. Ademais, as ondas de períodos superiores a 18 segundos ocorrem com uma frequência anual de 0,6% (INPH, 2002).

As ondas do tipo *swell* que atingem a costa do nordeste brasileiro estão relacionadas a grandes tempestades formadas por furacões extratropicais no hemisfério norte (Melo et al. 1995). Além disso, são ondas em que ocorrem com uma maior frequência durante o primeiro semestre do ano, devido ao aumento de turbulência do Atlântico Norte (MORAIS et al. 2006). Assim, cabe destacar a relação existente entre este tipo de onda aos eventos atmosféricos e climatológicos ocorridos no quadrante norte do globo terrestre.

Tanto as ondas do tipo *sea* como as ondas do tipo *swell* transportam energia, porém estas são ondas em que possuem um nível energético mais elevado. Os eventos de alta energia (*storm surge*) estão relacionados ao aumento anormal do nível de água do mar oriundo de uma tempestade para níveis superiores aos da maré astronômica prevista (Antunes e Taborda, 2009). Este evento é conhecido no Brasil como ressaca do mar. Paula (2012) afirma que no litoral de Fortaleza as ressacas são originadas a partir da entrada de ondas de longo período (*swell*) provocam sobre-elevação do nível do mar, a partir do empilhamento da massa junto a costa.

Na linha de costa estes eventos impactam diretamente na sua respectiva configuração, isso implica em dizer que a ocorrência dos fenômenos de alta energia intensifica a configuração costeira. Uma vez que o deslocamento da linha de costa é proporcional a taxa de aporte sedimentar (Guerra, 2014). A partir disso podemos compreender que a atuação dos eventos de alta energia possui um papel relevante na morfologia costeira.

A faixa costeira de Fortaleza é composta por trechos altamente antropizados, por meio de ocupações urbanas irregulares, ocasionando fortes impactos ambientais e, ao mesmo tempo, considerável vulnerabilidade aos eventos extremos ocasionados pelas massas oceânicas.

Na zona costeira de Fortaleza, foram identificados 162 eventos denominados “ressacas do mar”,

sendo que 95% destes eventos foram registrados a partir da década de 1980, momento em que há uma maior urbanização do litoral Fortalezaense.

As ressacas que atingem o litoral de Fortaleza são resultantes de uma sobre-elevação dinâmica, que tem como força indutora as ondas, marés e ventos, que passam a atuar concomitantemente provocando o empilhamento vertical da massa de água, juntamente com a costa, associado a estes fatores tem-se a urbanização da faixa costeira da cidade, caracterizada como relevante condicionante da vulnerabilidade do litoral da cidade a eventos de alta energia.

As ocorrências destes eventos são observadas especialmente de setembro a maio, sendo mais frequente entre dezembro e março (84%), o mês de janeiro apresenta mais de 30% das ocorrências. Nos meses de setembro a novembro, as ocorrências são influenciadas pelos ventos fortes que atingem a costa do Ceará, com rajadas que variam de 30 km/h a 70 km/h. Estas rajadas, nesta época do ano, são motivadas pela diferença de pressão de atmosférica que aumentam e que geram o movimento das massas de ar no Atlântico.

Neste período os ventos alísios que sopram nas regiões equatoriais, como no Nordeste brasileiro, se intensificam e no litoral cearense tendem a ser mais fortes. Já entre os meses de dezembro e maio os eventos de alta energia são estimulados pelas ondas de longo período.

➤ **Estuários e/ou foz de rios**

Além das áreas topograficamente rebaixadas em relação ao nível do mar, também são consideradas como áreas diretamente afetadas pela dinâmica costeira, as áreas estuarinas e/ou foz dos rios Pacotí, Cocó e Ceará/Maranguapinho, conforme indicado por pontos em amarelo do mapa no final da seção. Nestas segundas áreas, a depender do nível de maré, as águas oceânicas forçam a entrada para o continente através do contra fluxo hidrodinâmico dos grandes rios que desaguam no mar (Van de Kreeke & Zimmerman, 1988).

Nas áreas estuarinas e de foz dos rios é comum a existência de manguezais (ecossistema típico da região tropical). Essas são áreas legalmente protegidas como Áreas de Preservação Permanente (APP) pelo Código Florestal Brasileiro devido à sua relevante função ecológica.

Contudo, em Fortaleza algumas destas áreas tem sido historicamente ocupadas, deixando boa parte da população em alto grau de exposição às oscilações oriundas da dinâmica costeira.

No mapa constante na Figura 39 pode-se observar que toda a faixa litorânea foi considerada como “diretamente afetada pela dinâmica costeira”, bem como a foz dos principais rios: Cocó, Ceará/Maranguapinho e Pacotí.

Antes do mapa, apresenta-se uma sequência de imagens referentes a foz de cada um dos rios, onde se pode verificar a atual situação de ocupação das referidas áreas.

Na Figura 36 a seguir consta a foz do rio Ceará/Maranguapinho o qual deveria estar completamente coberto por vegetação de mangue para garantir proteção do território quanto às variações de maré e dinâmica costeira. Nestas áreas é possível identificar inclusive construções em palafitas, sendo as condições socioeconômicas e de saneamento extremamente precárias.



Figura 36: Estuário do Rio Ceará na região leste de Fortaleza / Divisa com o município de Caucaia
Fonte: Fortaleza 2040, 2016

Na Figura 37 consta a foz do rio Cocó, o qual também deveria estar completamente coberto por vegetação de mangue para garantir proteção do território quanto às variações de maré e dinâmica costeira. Nesta área, além de ser possível identificar a substituição das áreas naturais por áreas edificadas, houve um estreitamento da foz devido a uma canalização à montante, fato que poderá contribuir para o avanço do nível do mar, tendo em vista que a área de espriamento do rio foi alterada.



Figura 37: Foz do Rio Cocó na região nordeste de Fortaleza
Fonte: Fortaleza 2040, 2016

Na Figura 38 consta a foz do rio Pacotí que possui as melhores condições de preservação, em função de ter sido decretado como Unidade de Conservação de Proteção Integral no ano de 2012. Vale ressaltar que as duas demais áreas apresentadas anteriormente deveriam possuir aspectos e condições semelhantes às do Rio Pacoti.



Figura 38: Foz do Rio Pacoti na região leste de Fortaleza
Fonte: Fortaleza 2040, 2016

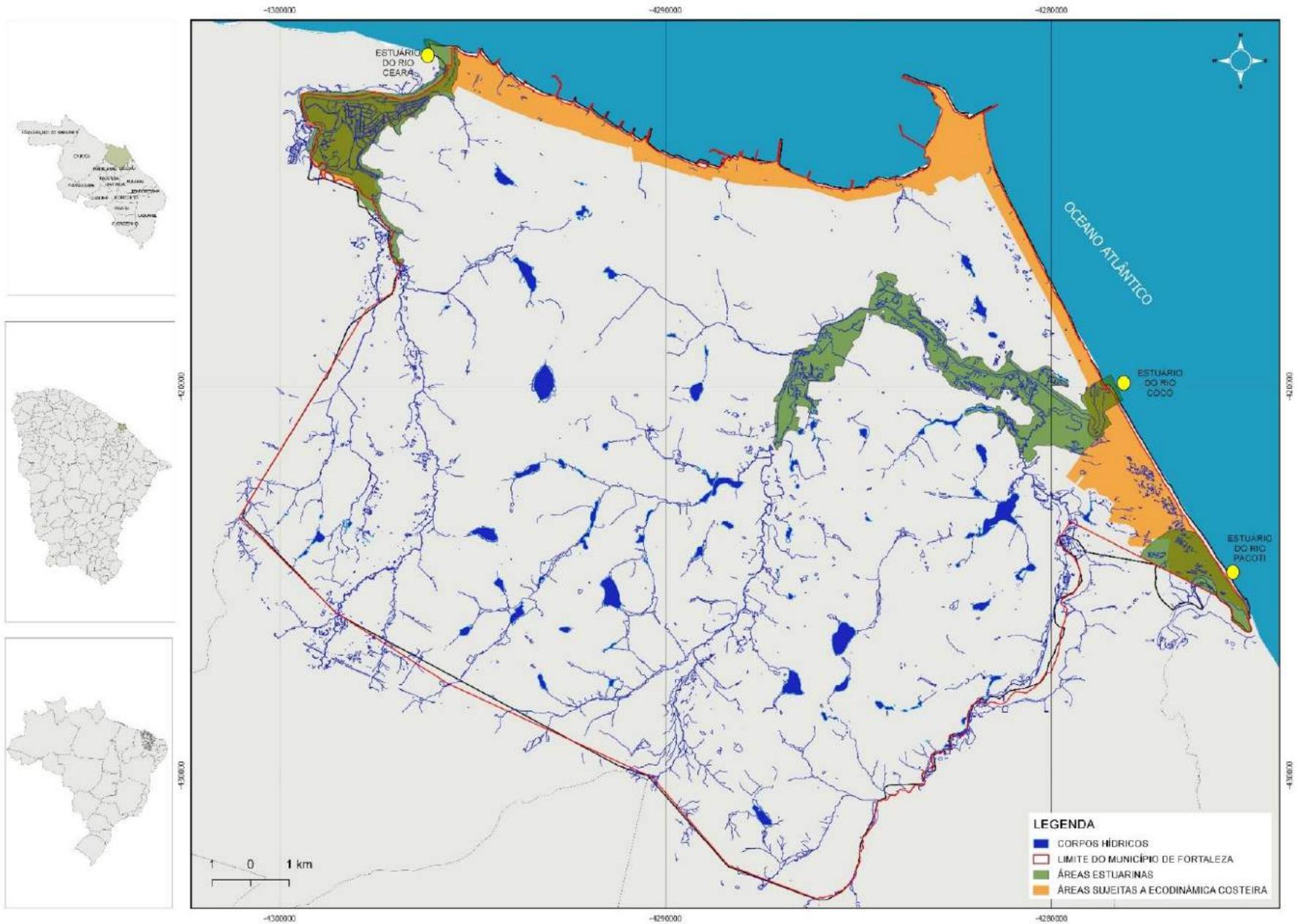


Figura 39: Mapa das áreas sujeitas à dinâmica costeira, incluindo áreas de manguezal. Fonte: Elaboração própria com base em dados do projeto Orla (2012)

4.1.4 Indicador E5 - Áreas atendidas pela rede de esgotamento sanitário

De acordo com a Política Nacional de Saneamento Básico, Lei nº 11.445/2007, o Saneamento é o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de:

- a) abastecimento de água potável: constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e respectivos instrumentos de medição (ver capítulo 4.1.2);
- b) esgotamento sanitário: constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente;
- c) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do lixo doméstico e do lixo originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas; e
- d) drenagem e manejo das águas pluviais, limpeza e fiscalização preventiva das respectivas redes urbanas: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas.

Na referida lei também está mencionada a importância e necessidade de realizar uma gestão integrada entre estes quatro aspectos, visando garantir um efetivo saneamento e evitar o desperdício de recursos, tendo em vista que quando um destes elementos não funciona satisfatoriamente, a tendência é que os demais também tenham problemas sistêmicos associados.

Apesar desta lei, ainda é comum que os indicadores sobre saneamento no Brasil refiram-se exclusivamente ao abastecimento de água e ao esgotamento sanitário, o que dificulta o estabelecimento de um indicador unificado para este tema.

Esta seção trata estritamente sobre o item “b” uma vez que este indicador em específico foi apontado como de maior relevância pela Prefeitura de Fortaleza, porém, em seções posteriores os demais itens estão mencionados e contextualizados.

Para além da indicação da Prefeitura, é importante ressaltar que um dos primeiros efeitos possivelmente percebidos pelo avanço do mar em áreas urbanas é o soerguimento dos efluentes, ou seja, o levantamento do esgoto para a superfície, de modo que a relação entre a proximidade da linha de costa e a presença de rede de esgotamento sanitário poderá afetar o índice de risco à elevação do nível do mar no caso de Fortaleza.

Dessa forma, para este estudo considerou-se como indicador a taxa de atendimento da rede de esgotamento sanitário fornecida pela CAGECE, cujo percentual é de 58,53% (segundo relatório disponibilizado pela Companhia em 2018) e cuja concentração do atendimento se encontra na bacia da vertente marítima e na bacia do Maranguapinho, onde também se observa um maior adensamento populacional, conforme pode ser observado na Figura 40.

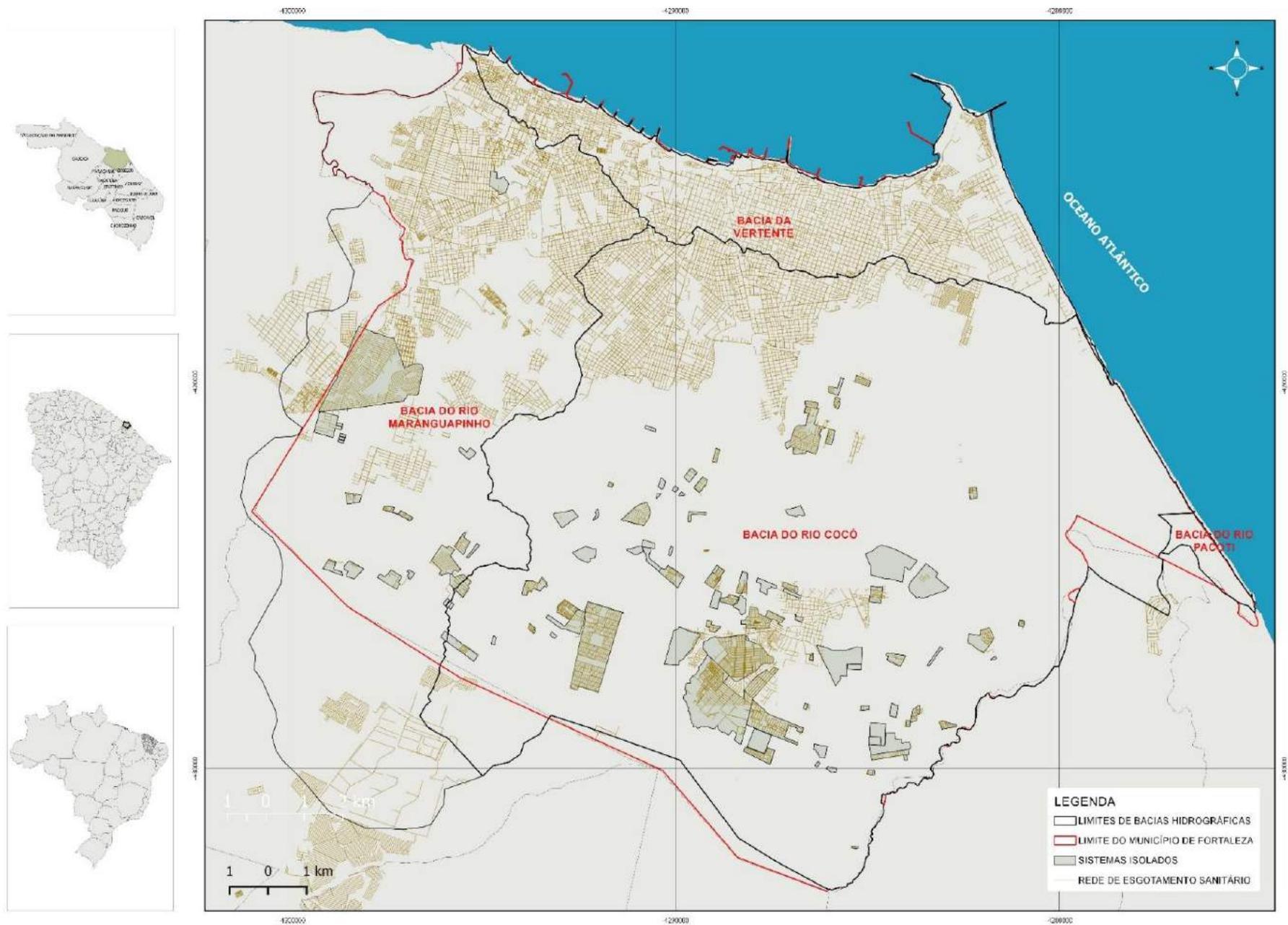


Figura 40: Mapa da distribuição espacial da Infraestrutura de Saneamento (Esgotamento Sanitário) em Fortaleza
 Fonte: Elaboração própria com base em dados da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE, 2016)

4.2 Indicadores para determinação do parâmetro Sensibilidade

De acordo com a metodologia utilizada, a determinação da Sensibilidade se dá pela avaliação de indicadores socioeconômicos. Na sequência apresenta-se uma série de informações referentes aos seguintes indicadores:

- Densidade demográfica (S1);
- IDH por bairros (S2);
- Zonas Especiais de Interesse Social – ZEIS (S3).

4.2.1 Indicador S1 - Densidade demográfica

De acordo com o Perfil Municipal de Fortaleza (2018), a projeção da densidade demográfica até o ano de 2017 demonstra que Fortaleza é bastante adensada para os padrões das cidades brasileiras, figurando como a mais densa da região Nordeste.

A densidade média de Fortaleza é de 8.207 habitantes por quilômetro quadrado, contudo esta população não está distribuída no território de maneira equânime, havendo situações como a do bairro Pirambu (destacada em vermelho escuro no mapa da Figura 41) onde a densidade populacional supera os 31.000 habitantes por quilômetro quadrado. Da mesma forma, existem bairros como o Bairro Manuel Dias Branco (Dunas), por exemplo, onde a densidade é um pouco maior do que 1.000 habitantes por quilômetro.

Observando o mapa a seguir, verifica-se um maior adensamento populacional na Bacia Hidrográfica do Rio Maranguapinho, e algumas das explicações para essa distribuição da população sobre o território sofreu interferência direta de fatores naturais (dentre outros), tais como: o Rio Cocó, que sempre foi uma barreira física para a ocupação do lado leste, histórico processo de ocupação do lado Oeste da cidade pela população que migrava do interior do Estado (Sertão) em períodos de Secas, utilizando-se da linha férrea que por ali já existia.

Essa espacialização territorial da cidade se manifesta em outros fatores, como será visto em alguns indicadores na sequência.

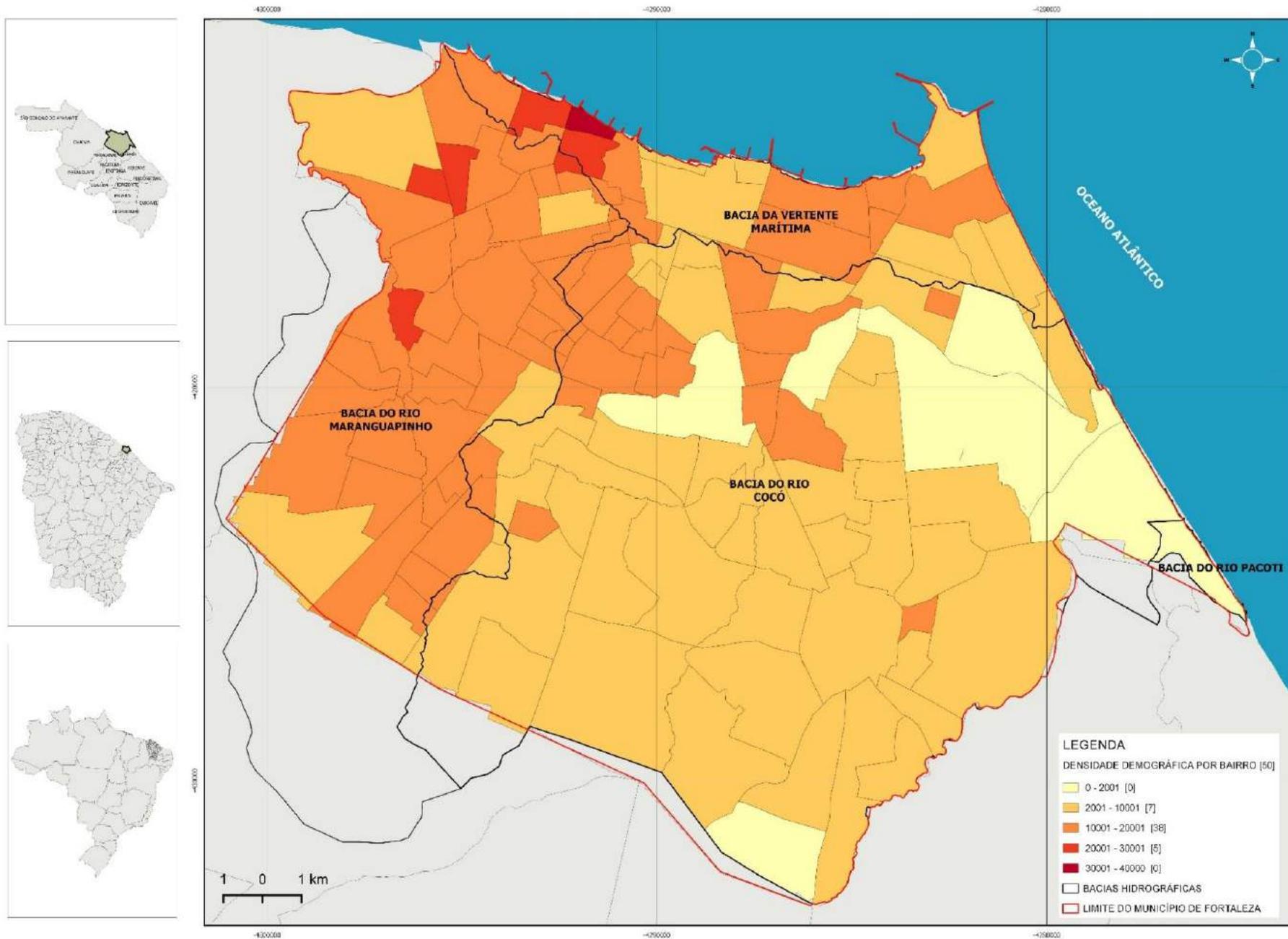


Figura 41: Mapa da Densidade Populacional de Fortaleza por Bairros. Fonte: Elaboração própria com base em dados da Prefeitura Municipal de Fortaleza

4.2.2 Indicador S2 - IDH por Bairros (S2)

O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) por bairros é uma subdivisão do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), cujo valor total para Fortaleza é 0,754, o que situa o município na faixa de Desenvolvimento Humano Alto (IDHM entre 0,700 e 0,799). A dimensão que mais contribui para o IDHM do município é Longevidade, com índice de 0,824, seguida de Renda, com índice de 0,749, e de Educação, com índice de 0,695.

De 1991 a 2010, o IDHM do município passou de 0,546, em 1991, para 0,754, em 2010, enquanto o IDHM da Unidade Federativa (UF) passou de 0,493 para 0,727. Isso implica em uma taxa de crescimento de 38% para o município e 47% para a UF; e em uma taxa de redução do hiato de desenvolvimento humano de 54,19% para o município e 53,85% para a UF. No município, a dimensão cujo índice mais cresceu em termos absolutos foi Educação (com crescimento de 0,328), seguida por Longevidade e por Renda. Na UF, por sua vez, a dimensão cujo índice mais cresceu em termos absolutos também foi Educação (com crescimento de 0,358), seguida por Longevidade e por Renda.

O IDHM passou de 0,546 em 1991 para 0,652 em 2000 - uma taxa de crescimento de 19,41%. O hiato de desenvolvimento humano foi reduzido em 76,65% entre 1991 e 2000. Nesse período, a dimensão cujo índice mais cresceu em termos absolutos foi Educação (com crescimento de 0,167), seguida por Longevidade e por Renda.

O IDHM passou de 0,652 em 2000 para 0,754 em 2010 - uma taxa de crescimento de 15,64%. O hiato de desenvolvimento humano, ou seja, a distância entre o IDHM do município e o limite máximo do índice, que é 1, foi reduzido em 70,69% entre 2000 e 2010. Nesse período, a dimensão cujo índice mais cresceu em termos absolutos foi Educação (com crescimento de 0,161), seguida por Longevidade e por Renda.

Tabela 6 - Evolução do IDH de Fortaleza

	1991	2000	2010
IDHM	0,546	0,652	0,754

Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano 2018

Fortaleza ocupa a 467ª posição entre os 5.565 municípios brasileiros segundo o IDHM. Nesse ranking, o maior IDHM é 0,862 (São Caetano do Sul) e o menor é 0,418 (Melgaço).

O IDHM da população feminina, em 2010, é de 0,747, o que situa essa parcela da população de Fortaleza na faixa de Desenvolvimento Humano Alto (IDHM entre 0,700 e 0,799). O IDHM da população masculina é de 0,759, que a situa na faixa de Desenvolvimento Humano Alto (IDHM entre 0,700 e 0,799). Em números absolutos, a diferença entre ambos é de 0,012.

Tabela 7 - Índice de Desenvolvimento Humano ajustado à renda do trabalho e seus componentes

	M/2010	H/2010
IDHM Educação	0,718	0,700
% de 18 anos ou mais com fundamental completo	66,15	65,83
% de 5 a 6 anos na escola	96,13	95,86
% de 11 a 13 anos nos anos finais do fundamental REGULAR SERIADO ou com fundamental completo	89,70	87,82
% de 15 a 17 anos com fundamental completo	64,48	59,54
% de 18 a 20 anos com médio completo	48,64	45,42
IDHM Longevidade	0,894	0,744
Esperança de vida ao nascer	78,66	69,63
IDHM Ajustado Renda	0,649	0,838
Rendimento médio dos ocupados - 18 anos ou mais	1.119,44	1.561,78

Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano 2018; M = Mulher, H = Homem

Na Figura a seguir é apresentado o mapa do IDH dos bairros de Fortaleza. Na gradação, dos mais amarelos e esmaecidos para os verdes e verdes intensos, têm-se em uma escala de 0 (zero) a 01 (um), indicando quanto cada bairro tem desenvolvido seus serviços e facilidades para a manutenção do desenvolvimento das pessoas.

Pode-se ver claramente que três bairros, Meireles, Aldeota e Dionísio Torres têm índice próximo a um. Esses são os bairros mais ricos e desenvolvidos da cidade.

Fortaleza é uma cidade que nasceu à beira mar, dessa forma, àqueles bairros que mais se valorizaram e que detêm os melhores e mais diversificados serviços são àqueles mais próximos a orla, mais especificamente os três citados. Esses são também os bairros mais turísticos, o que aumenta a renda dessas localidades, demandando mais serviços, aumentando virtuosamente o IDH.

No entorno dos três bairros mais desenvolvidos, vários outros detêm um alto índice de IDH, porém menos desenvolvidos que os anteriores e, de forma concêntrica, os bairros ao se afastarem do núcleo com IDH mais alto, vão tendo declínio nos seus valores de IDH.

Quanto mais à borda da cidade, mais baixo o IDH e mais pobre é a população. Isso se dá devido a jovialidade desses bairros, muitos deles recém-criados, com 20 ou 30 anos de fundação. Eles têm em sua gênese, a responsabilidade de abrigar a crescente população da capital, porém, há problemas nos serviços básicos (saneamento, saúde, educação, segurança), o que derruba mais ainda o IDH de cada um deles.

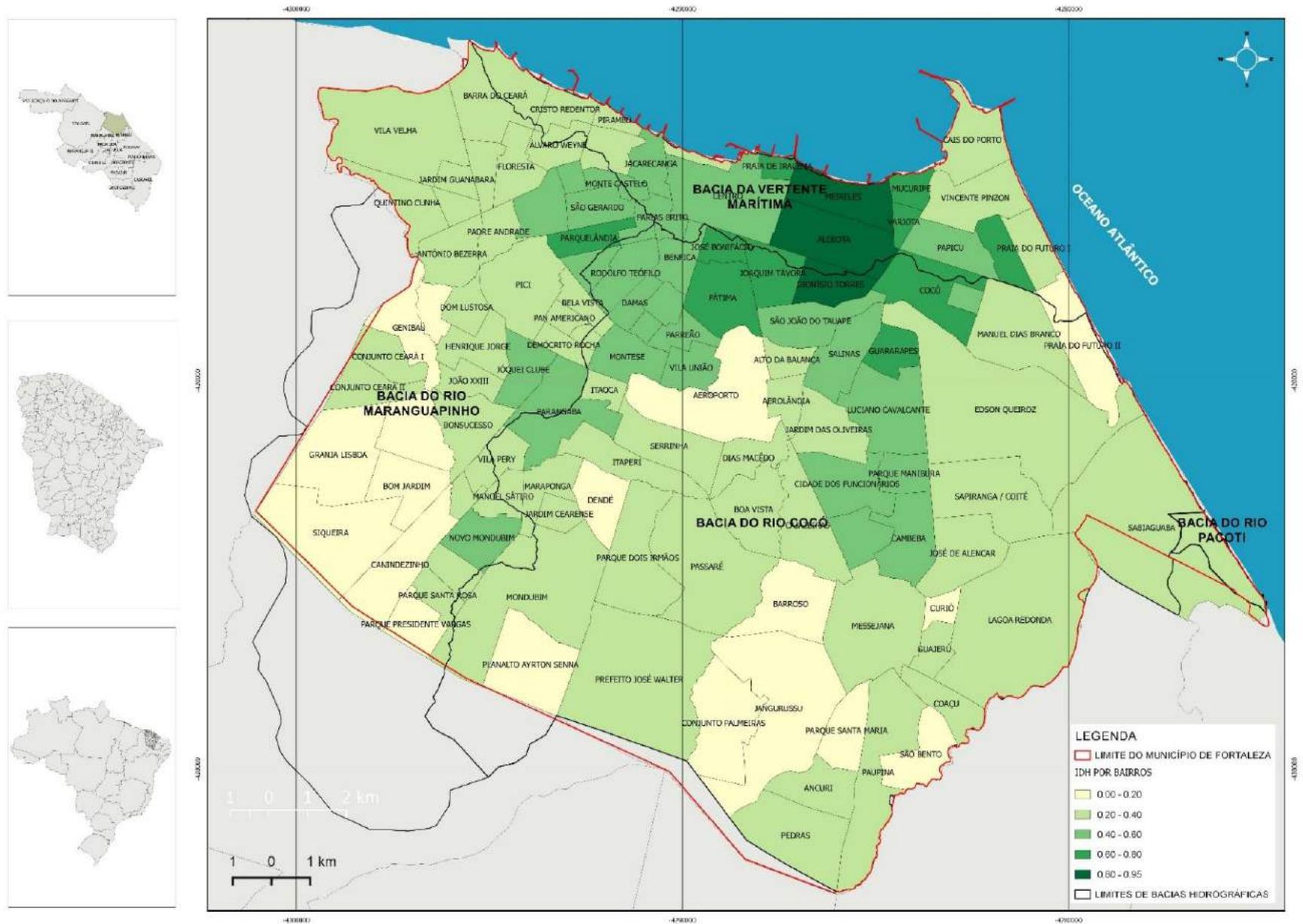


Figura 42: Mapa da distribuição do IDH por bairros de Fortaleza. Fonte: Elaboração própria com base em dados da Prefeitura Municipal de Fortaleza

4.2.3 Indicador S3 - Zonas Especiais de Interesse Social – ZEIS

Para este indicador, foram consideradas as zonas da cidade onde se verifica um elevado grau de vulnerabilidade socioeconômica que se revelam pelas condições de moradia precárias, ausência de infraestrutura urbana e deficiência no atendimento de serviços fundamentais como educação e saúde, dentre outros critérios. A Figura 43 ilustra as diferentes condições de moradia observados nos bairros de Fortaleza.



Figura 43: Aspectos das residências em diferentes bairros de Fortaleza

Fonte: acervo Geoanalysis, 2018

A prefeitura de Fortaleza já havia realizado em anos anteriores, junto com as comunidades, um mapeamento destas áreas, visando garantir para estas pessoas melhores condições de vida e de acesso a serviços fundamentais por meio de regularização fundiária, melhoria das condições de moradia, dentre outros.

Estas áreas foram denominadas como Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS). De acordo com relatório do Instituto de Planejamento de Fortaleza (IPLANFOR), o surgimento das chamadas Zonas Especiais de Interesse Social antecede a Constituição Federal (1988) e, outras vezes, o Estatuto da Cidade (2001), como experiência pontual e exitosa de combate às práticas discriminatórias de planejamento urbano, nos municípios de Recife (1983), Belo Horizonte (1985) e Diadema (1994).

Somente treze anos depois de promulgada a Constituição Federal, o Estatuto da Cidade em 2011 instituiu as ZEIS como instrumento de cunho jurídico e político, auxiliar da concretização do direito à cidade, de aplicabilidade nacional.

Apesar disso, as ZEIS somente são conceituadas pela legislação federal em 2009 com o advento da Lei nº 11.977, que regulamenta o Programa “Minha Casa, Minha Vida” e a Regularização Fundiária no território brasileiro.

Assim, o inciso V do artigo 47 da Lei Federal nº 11.977/2009 conceitua a ZEIS como “a parcela de área urbana instituída pelo Plano Diretor ou definida por outra lei municipal, destinada predominantemente à moradia de população de baixa renda e sujeita a regras específicas de parcelamento, uso e ocupação do solo”.

Ainda segundo o relatório do IPLANFOR, essas porções do território, reconhecidas como ZEIS, podem conter áreas públicas ou particulares, ocupadas de forma consolidada por população de baixa renda para uso predominantemente residencial, nas quais há interesse público de promover a regularização fundiária plena, para salvaguardar o direito à moradia, incorporando à cidade legal os territórios da cidade informal.

Na cidade de Fortaleza, as marcas da excludente matriz estrutural urbana são visíveis. De acordo com Pequeno e Freitas (citados por IPLANFOR, 2015), um olhar atento sobre o acelerado crescimento da favelização da capital cearense indica a presença das condições mais precárias de moradia nas áreas de ocupação irregular. Em termos numéricos, verificou-se que as ZEIS são formadas por 202 assentamentos precários, representando um contingente de 23,96% dos assentamentos precários identificados. Na

Figura 44 consta um mapa com a distribuição espacial das ZEIS de Fortaleza.

Esse contexto de precariedade é destacado neste estudo climático, pois pode-se considerar estas como as áreas mais vulneráveis a quaisquer eventos climáticos extremos.

Vulnerabilidade social

A vulnerabilidade pode ser medida a partir da junção de vários indicadores abaixo listados. Eles tratam das condições para: crianças e jovens; família; trabalho e renda; e condições de moradia.

Para esta análise, considerou-se a população extremamente pobre, com renda per capita de até R\$ 70,00 reais mensais, que de acordo com, IPECE (2018), atingiu a parcela de 5,46% da população em Fortaleza.

Com relação a crianças e jovens, a tabela abaixo demonstra queda acentuada da mortalidade infantil, queda expressiva de pessoas (crianças, jovens e adultos) fora da escola e no número de mulheres jovens com filhos. Têm-se, ainda, aumento na taxa de atividade da população.

Tabela 8 - Vulnerabilidade Social em Fortaleza– Crianças e Jovens

	1991	2000	2010
Mortalidade infantil (por 1000 nascidos vivos)	47,11	4,57	15,76
% de crianças de 0 a 5 anos fora da escola	-	62,92	51
% de crianças de 6 a 14 fora da escola	16,18	5,36	3,89
% de pessoas de 15 a 24 anos que não estudam, não trabalham e são vulneráveis, na população dessa faixa	-	15,96	11,48
% de mulheres de 10 a 17 anos que tiveram filhos	2,02	3,38	2,85
% Taxa de atividade - 10 a 14 anos	-	4,71	5,04

Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano 2018

Em relação às famílias, notam-se melhorias nos índices, alguns deles chegando a números próximos de zero.

Tabela 9 - Vulnerabilidade Social – Família em Fortaleza

	1991	2000	2010
% de mães chefes de família sem fundamental e com filho menor, no total de mães chefes de família	14,95	20,25	16,82
% de crianças de 6 a 14 fora da escola % de vulneráveis e dependentes de idosos	2,63	2,86	2,15
% de crianças extremamente pobres	22,24	14,69	5,63

Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano 2018

Trabalho e renda (

Tabela 10) segue a melhoria indicada nos índices anteriores, saindo de números acima de 50% para percentuais menores. Somando-se a esse fato, verifica-se um melhor acesso a condições sanitárias (Tabela 11). Em resumo, têm-se uma expressiva melhora no quadro geral das condições de vulnerabilidade da população.

Tabela 10 - Vulnerabilidade Social – Trabalho e renda em Fortaleza

	1991	2000	2010
% de vulneráveis à pobreza	61,62	51,74	32,88
% de pessoas de 18 anos ou mais sem fundamental completo e em ocupação informal	-	40,85	27,17

Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano 2018

Tabela 11 - Vulnerabilidade Social – Condição de moradia em Fortaleza

	1991	2000	2010
% da população em domicílios com banheiro e água encanada	68,85	83,75	95,16

Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano 2018

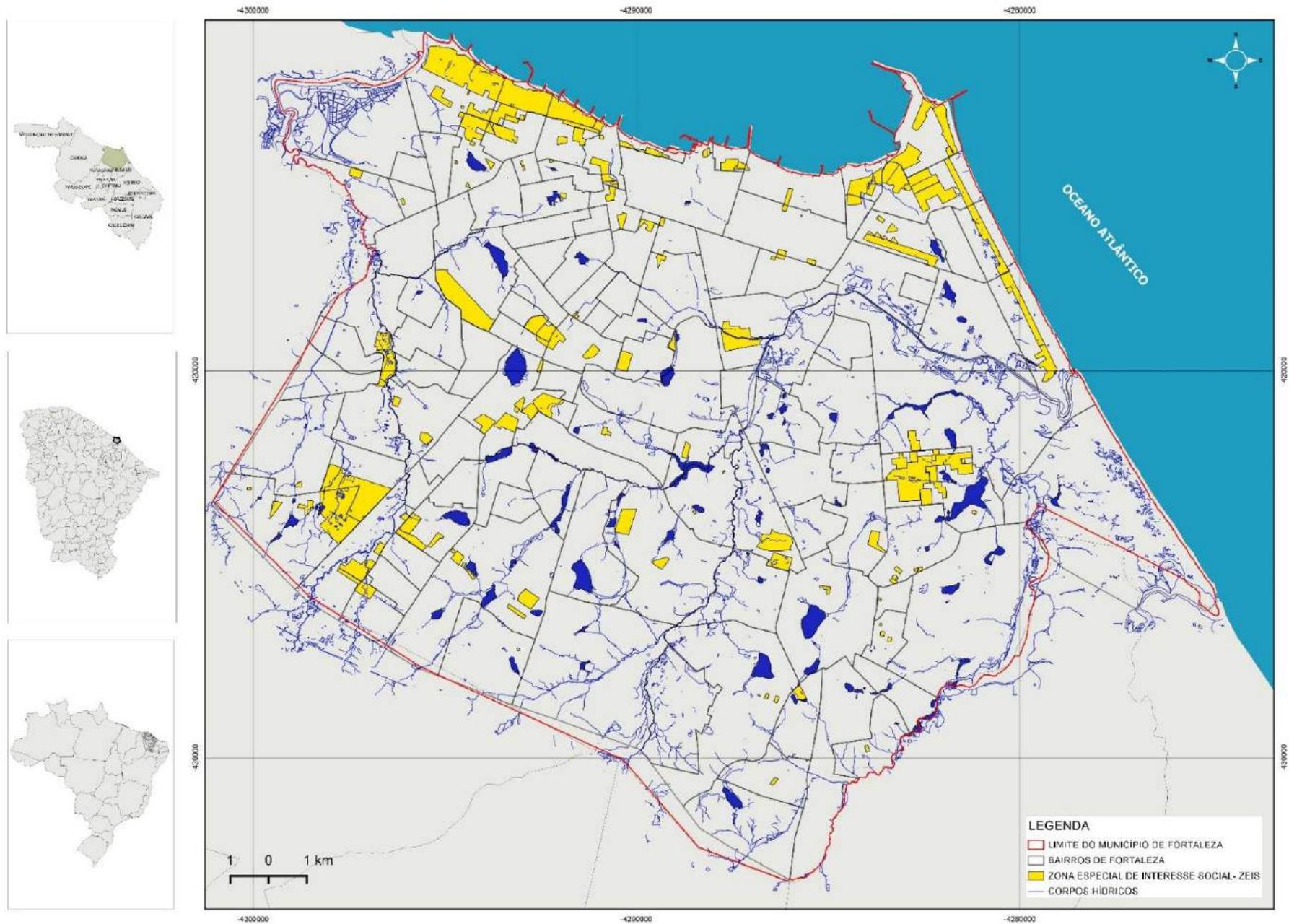


Figura 44: Mapa das ZEIS de Fortaleza. Fonte: Elaboração própria com base em dados da Prefeitura Municipal de Fortaleza

4.3 Indicadores para determinação do parâmetro Capacidade de Adaptação

Os indicadores referentes à Capacidade de Adaptação de uma cidade, em geral são representados por estruturas de gestão e instrumentos que abrangem a cidade como um todo, e em Fortaleza não é diferente.

Fortaleza não possui um histórico de planejamento de seu território pautado em mudanças climáticas. Contudo, nas gestões mais recentes é possível observar um movimento neste sentido – a exemplo do Fortaleza 2040 realizado de 2013 a 2016 – bem como o estabelecimento de políticas ambientais mais substanciais, as quais foram iniciadas somente a partir de 2013.

Cabe ressaltar que como Fortaleza não possui medidas de gestão especificamente voltadas para adaptação e/ou resiliência à riscos relacionados às mudanças climáticas, foi necessário mapear e estabelecer indicadores tomando como base planos, projetos e ações hoje já existentes no território.

De acordo com a metodologia utilizada, para verificar a capacidade de adaptação da cidade de Fortaleza às mudanças climáticas foram estabelecidos quatro indicadores – relacionados ao planejamento e gestão da cidade – específicos para cada um dos perigos conforme descrito a seguir:

- CA1: Ações de planos de manejo de unidades de conservação e áreas verdes em execução para o perigo Aumento da Temperatura
- CA2: Projetos de captação de fontes alternativas de abastecimento em execução para o perigo Secas
- CA3: Projetos de Drenagem e/ou contenção de cheias em execução para o perigo Chuvas Extremas
- CA4: Projetos de contenção do avanço do mar em execução para o perigo Elevação do Nível do Mar

Cabe ressaltar que a estrutura desta seção de indicadores difere das demais em razão de que Fortaleza não possui indicadores de “capacidade de adaptação” e as informações recebidas sobre aspectos financeiros e de gestão não são territorialmente espacializáveis, uma vez que abrange toda a cidade.

Desta forma, os mapas destes indicadores estão apresentados no capítulo posterior em conjunto com a análise do risco final para cada perigo correspondente, pois considerou-se que não haveria necessidade de repetição de conteúdo.

O indicador de Capacidade de Adaptação é trazido como forma de acrescentar à análise a capacidade de resposta às mudanças climáticas, sendo a variável responsável pela redução dos índices de risco e vulnerabilidade. Nesse caso, para compor o cálculo do índice de risco e vulnerabilidade, foi necessário representar esta Capacidade de Adaptação com um coeficiente numérico. O indicador de “capacidade de adaptação” reduziu em “1,5 ponto” o risco para toda a cidade, sendo os demais indicadores os fatores essenciais para o resultado de Risco e Vulnerabilidade.

Assim, para embasar a leitura da realidade quanto à Capacidade de Adaptação, também foram observados outros aspectos gerais sobre a estrutura e gestão da cidade Fortaleza, conforme apresentado na sequência.

➤ Estrutura de gestão

Na figura a seguir pode-se observar a estrutura organizacional da Prefeitura Municipal de Fortaleza com destaque (em vermelho) para a Secretaria Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente (SEUMA), a qual é responsável pela gestão urbana e ambiental da cidade e também demandante do presente estudo para o estabelecimento do Índice de Risco e Vulnerabilidade de Fortaleza.

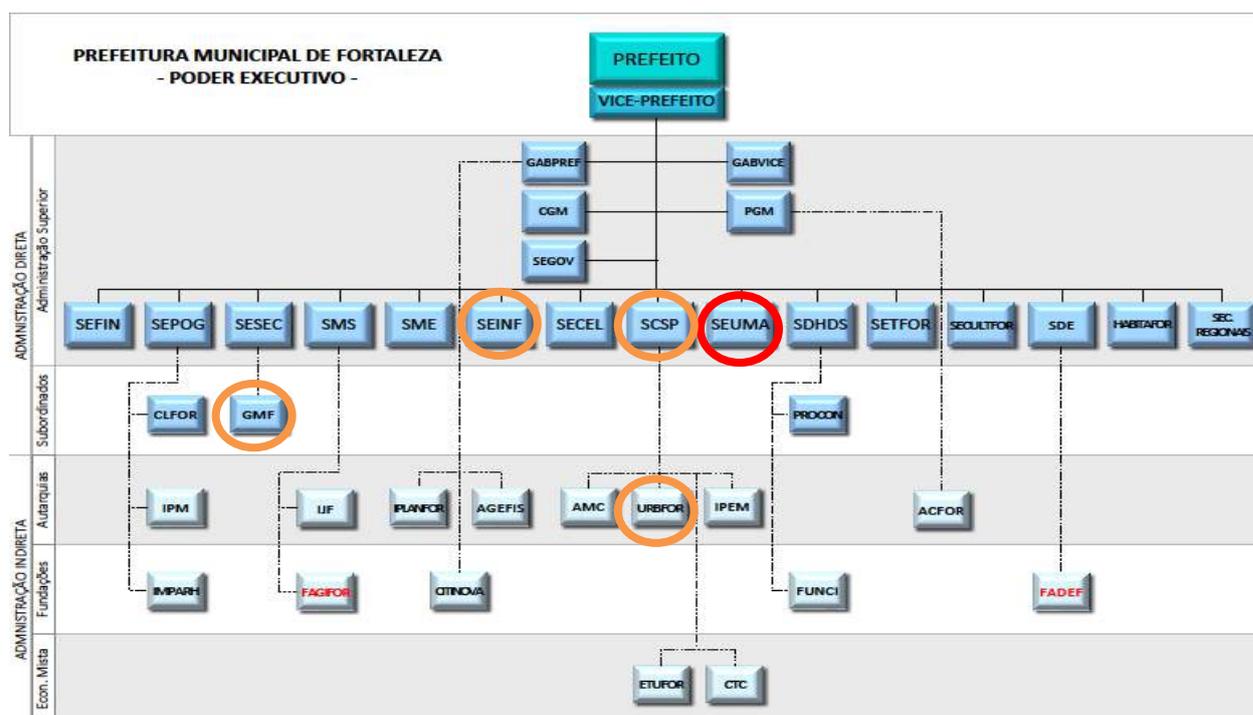


Figura 45: Organograma da gestão municipal atual de Fortaleza. Fonte: Prefeitura de Fortaleza

Estão destacadas as instituições que guardam relação direta com gestão ambiental da cidade (em laranja): a Guarda Municipal de Fortaleza (GMF) por meio de sua Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil (COEPDC); a Secretaria Municipal de Infraestrutura (SEINF); além da Secretaria de Conservação e Serviços Públicos (SCSP) e Autarquia de Paisagismo e Urbanismo de Fortaleza (URBFOR).

Nessas instituições existem as ações, projetos e políticas que poderão contribuir de forma mais contundente no estabelecimento de ferramentas para gerenciamento de riscos e adaptação às mudanças climáticas.

➤ Instrumentos de gestão

Gerenciamento de risco

Em Fortaleza, o Gerenciamento de Risco é realizado prioritariamente pela Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil (COEPDC), cujos objetivos são planejar, coordenar e executar as ações referentes à Política Municipal de Defesa Civil, desenvolvendo planos, programas, projetos e ações referentes à prevenção, socorro, assistência e recuperação da comunidade em situação de risco, minimizando os desastres e restabelecendo a normalidade social.

Para realizar o gerenciamento, a COEPDC conta com as seguintes coordenações e/ou núcleos: Coordenador especial de Proteção e Defesa Civil; Coordenador de Ações em Defesa Civil; Núcleo de Ações Preventivas; Núcleo de Ações Comunitárias; Núcleo de Ações Emergenciais; e Célula de Apoio à Vulnerabilidade Social.

Para o gerenciamento são realizados:

- Monitoramento permanente das áreas de risco ou situações de desastres;
- Promoção de campanhas educativas; e
- Orientação, socorro e assistência as populações atingidas.

Na figura a seguir, pode-se observar uma imagem de área de risco monitorada pela COEPDC e também a Sala de Monitoramento da Defesa Civil.



Figura 46: Área monitorada pela Defesa Civil e sua respectiva sala de monitoramento (Visita de campo realizada pela equipe de consultoria, 2018). Fonte: Acervo Geoanalysis, 2018

Cabe enfatizar que o trabalho realizado pela COEPDC conta com a parceria da Fundação Cearense de Meteorologia (FUNCEME), sobretudo no que se refere ao fornecimento das informações coletadas pelas estações pluviométricas.

Gerenciamento de Áreas Naturais

No tocante às ferramentas de gerenciamento de áreas, Fortaleza possui um Plano Diretor que estabelece proteção às chamadas Zonas de Interesse Ambiental e também possui 8 Unidades de Conservação, algumas delas com Planos de Manejo, sendo elas:

- APA do Rio Pacoti
- Parque da Sabiaguaba
- APA da Sabiaguaba
- Pedra da Risca do Meio
- ARIE do Curió
- ARIE das Dunas da Cidade 2000
- APA do Rio Ceará
- Parque do Cocó

Apesar destas unidades de conservação serem legalmente estabelecidas, não foram

identificadas em execução quaisquer ações constantes nos planos de manejo, como por exemplo, construção de uma Sede e de um Centro de Referência para cada uma delas, ou mesmo a sinalização nas áreas, dessa forma, não foi possível considerar uma diferenciação para estes bairros em termos de capacidade de adaptação, mantendo-se, dessa forma um coeficiente geral para a cidade, conforme explicando na metodologia constante no Anexo 1.

Para além da instituição legal, observa-se uma dificuldade quanto a gestão e manutenção destas áreas, as quais frequentemente são alvos de ocupações ilegais.

Plano de contingência e/ou plano de evacuação

Embora a Defesa Civil de Fortaleza, em parceria com a FUNCEME, realize um considerável trabalho voltado para a previsão meteorológica e o gerenciamento de riscos, Fortaleza ainda não conta com um Plano de Contingência ou de evacuação para um caso de eventos extremos, fator de grande risco em uma cidade litorânea.

Houve a informação por parte de membro da mesa técnica de que a Defesa Civil estaria elaborando um plano de contingência. Porém, ainda não está concluído e, por esse motivo, o material não foi disponibilizado.

Diante desse contexto, para que fosse possível aplicar a metodologia, foram destacados alguns projetos e ações que vem sendo realizados pela prefeitura e que de alguma forma contribuem para que haja uma razoável capacidade de respostas a eventos climáticos.

➤ **Investimentos em Medidas de Adaptação**

Em análise realizada no Plano Plurianual (PPA) de investimentos do atual governo até 2021, não foram identificados recursos alocados para quaisquer medidas de adaptação às mudanças climáticas de forma específica, contudo, alguns investimentos em áreas diretamente relacionadas podem ser considerados, uma vez que contribuem para a melhoria da qualidade de vida de modo geral e, portanto, para a redução da sensibilidade e/ou da exposição.

Os investimentos previstos pelo PPA 2021 da Prefeitura Municipal de Fortaleza são da ordem de 19,5 bilhões de reais, distribuídos em diversas áreas, conforme apresentado a seguir.

Tabela 12 - Investimentos (Saneamento; Infraestrutura de transportes; Infraestrutura de energia; Educação; e Saúde) de acordo com o Plano Plurianual de Fortaleza (2017 – 2021)

ÁREA DE INVESTIMENTO	VALOR (milhões de reais)
Investimento em saneamento	R\$ 341,38
Investimento em infraestrutura de transporte	R\$ 1.238,64
Investimento em infraestrutura de energia	R\$ 493,22
Investimento em educação	R\$ 7.472,01
Investimento em saúde	R\$ 9.974,71

Fonte: PPA 2017-2021

Merece destaque o volume de investimentos nas áreas de Saúde e de infraestrutura de transportes os quais poderão contribuir para uma maior capacidade de adaptação às mudanças climáticas.

De acordo com a Secretaria Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente de Fortaleza, uma série de medidas foram planejadas para a cidade, as quais apresentam alguns vínculos de adaptação às mudanças climáticas:

— Revisão do Projeto Orla

- Fortaleza Cidade Sustentável
- Águas das Cidades
- Parque Raquel de Queiroz
- Programa Adoção de Praças e Áreas Verdes
- Plano de metas de redução de emissões dos Fases de Efeito Estufa
- Política de Desenvolvimento Urbano de Baixo Carbono de Fortaleza
- Fórum de Mudanças Climáticas de Fortaleza – Forclima
- Fórum Agenda 21
- Plano de Arborização (Ações continuadas: Uma criança, uma Árvore; Árvore na minha calçada; Doação de mudas na Ciclo faixa)
- Programa Reciclando Atitudes na Cidade (Ações continuadas: Reciclando Atitudes nas praias, rios e lagoas; Reciclando Atitudes na Cidades; Reciclando Atitudes com os catadores; Reciclando Atitudes nas escolas; Reciclando Atitudes nas Áreas Verdes)

Para além dos investimentos da prefeitura, também merece destaque os investimentos relacionados a abastecimento de água e esgotamento sanitário realizados pela CAGECE, cujos valores foram disponibilizados pela Diretoria de Planejamento e Governança da Companhia e estão apresentados na Tabela 13.

Todas estas medidas foram consideradas para análise da Capacidade de Adaptação, porém, tendo em vista que:

1. As atuais medidas das instituições não são voltadas e nem planejadas para adaptação às mudanças climáticas (ainda que possam ser aproveitadas e potencializadas); e
2. Que tanto a estrutura de gestão quanto os próprios investimentos abrangem a cidade como um todo e não apenas setores específicos; a única forma de aplicar estas informações ao índice foi atribuindo a elas um coeficiente que reduziu o risco geral para a cidade.

Tabela 13 - Investimentos da CAGECE em ações em andamento e com recursos assegurados para o município de Fortaleza

MUNICÍPIO	MODALIDADE	EMPREENHIMENTO	Valor (R\$)	
FORTALEZA	ÁGUA	AMPLIAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO BAIRRO DENDÊ - FORTALEZA	654.859,85	
		REDE DE DISTRIBUIÇÃO ALTO DA PAZ EM FORTALEZA-REMANEJAMENTO	1.698.734,89	
		SAA TAQUARÃO EM FORTALEZA - IMPLANTAÇÃO	178.956.865,68	
	TOTAL ÁGUA			181.310.460,42
	ÁGUA E ESGOTO	PMCMV - SAA E SES - RESIDENCIAL CIDADE JARDIM - 5.536 UH	11.458.828,82	
		PROMURB MARANGUAPINHO - IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO DO AÇUDE DA VIÚVA I E II, URUCUTUBA I E II E TATUMUMDÉ.	12.238.331,02	
		READEQUAÇÃO DO SAA E SES DA URBANIZAÇÃO DO DENDÊ EM FORTALEZA	8.007.706,11	
	TOTAL ÁGUA E ESGOTO			31.704.865,95
	ESGOTO	AMPLIAÇÃO DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DE FORTALEZA - CONJ. HABITACIONAL SÃO CRISTÓVÃO	17.647.273,49	
		AQUISIÇÃO DE 7 PENEIRAS ROTATIVAS MECANIZADAS E COM INTERFACE PARA O CECOE – CENTRO DE CONTROLE OPERACIONAL	10.277.923,00	
		PAC FGTS/SANEAR II - AMPLIAÇÃO DO SES DA BACIA CD-3 EM FORTALEZA	45.808.689,12	
		PAC FGTS/SANEAR II - AMPLIAÇÃO DO SES DA BACIA CE-4 EM FORTALEZA	29.966.629,09	
		PAC FGTS/SANEAR II - AMPLIAÇÃO DO SES DA BACIA CE-5 EM FORTALEZA	21.744.825,60	
		PAC FGTS/SANEAR II - IMPLANTAÇÃO DO SES DA BACIA CD-1 EM FORTALEZA	37.715.666,44	
		PAC FGTS/SANEAR II - IMPLANTAÇÃO DO SES DA BACIA CD-2 EM FORTALEZA	37.347.665,09	
		PAC OGU/SANEAR II - AMPLIAÇÃO DO SES DA BACIA CE-6 EM FORTALEZA	21.293.698,10	
		RECUPERAÇÃO DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DA PRAIA DO FUTURO II	29.025.177,84	
		RECUPERAÇÃO DO CANAL DE ACESSO E LAJE DAS PENEIRAS ROTATIVAS E ESTRUTURA DE DESASSOREAMENTO	7.117.698,67	
		SANEAR II - IMPLANTAÇÃO DO MACRO SISTEMA DO SES EM FORTALEZA (COCÓ/INTERCEPTOR)	84.126.314,22	
		SES SUB-BACIAS ME-1, ME-2, ME-3, ME-4, CD-4, CD-5, CE-10 E CE-11 EM FORTALEZA - ELABORAÇÃO DE PROJETOS BÁSICO E EXECUTIVO	9.603.452,44	
SES SUB-BACIAS SD-9, SD-10, SE-3, SE-4, SE-5, SE-6 E SE-7 EM FORTALEZA - PROJETOS BÁSICO E EXECUTIVO		4.444.364,80		
SUBSTITUIÇÃO DE PARTE DO INTERCEPTOR OESTE		7.872.419,88		
TOTAL ESGOTO			363.991.797,78	
Total Global			577.007.124,16	

Fonte: CAGECE (2018)

5. Espacialização das variáveis do Índice de Risco Climático

A espacialização das variáveis de Exposição, Sensibilidade e Capacidade de Adaptação, que compõem o Índice de Risco Climático de Fortaleza, é representada por meio dos mapas a seguir.

Esses mapas trazem a análise dessas variáveis em relação os quatro perigos climáticos identificados para Fortaleza, a saber:

- Aumento da temperatura: A tendência de aquecimento pôr o aumento da temperatura média e as temperaturas extremas podem causar alterações na saúde das pessoas da cidade, especialmente da população vulnerável. Também pode causar danos aos ecossistemas e biodiversidade, além dos recursos hídricos e das áreas preservadas.
- Secas prolongadas: As secas são identificadas como um perigo importante em Fortaleza impactando tanto pelas tendências de seca como a mudança no régimen de precipitações. As secas podem causar alterações nos meios de subsistência e na disponibilidade de água na cidade. Também tem consequências para a saúde, infraestrutura e o desenvolvimento da cidade.
- Chuvas extremas: A mudança no régimen de precipitações e a precipitação extrema resulta no período de chuvas extremas. As chuvas extremas oferecem um perigo importante na infraestrutura e no desenvolvimento da cidade, na vida das pessoas assim como nos recursos hídricos. Também tem um impacto nos recursos ambientais como as unidades de conservação e a biodiversidade respectiva da zona de Fortaleza.
- Elevação do nível do mar: O aumento do nível do mar oferece perigo principalmente no desenvolvimento da cidade e da infraestrutura nas áreas próximas ao litoral, além de algumas unidades de conservação, manguezais e sua biodiversidade.

5.1 Mapas de Exposição às Mudanças Climáticas

5.1.1 Exposição ao Aumento da Temperatura

O mapa a seguir mostra a exposição dos bairros de Fortaleza frente ao perigo de Aumento da Temperatura.

Como se pode observar, os bairros mais próximos à zona costeira – com algumas exceções – são os mais expostos ao aumento da temperatura. Isso se deve à intensa ocupação da área litorânea através da infraestrutura existente, o que implica em um alto índice de substituição de áreas naturais por áreas edificadas e a consequente falta de áreas verde nestes bairros. Esses aspectos causam um impacto importante na criação de ilhas de calor na cidade.

Nos bairros mais afastados do litoral, como Guararapes, Coaçu e Cambeba, sabe-se que a alta exposição se dá pelo cruzamento de diversos indicadores, contudo, é importante mencionar o acelerado processo de substituição de áreas naturais por áreas edificadas, uma vez que nestes bairros a pressão imobiliária é crescente.

**MAPA DE EXPOSIÇÃO
AO AUMENTO DA
TEMPERATURA**

Fortaleza - Ceará

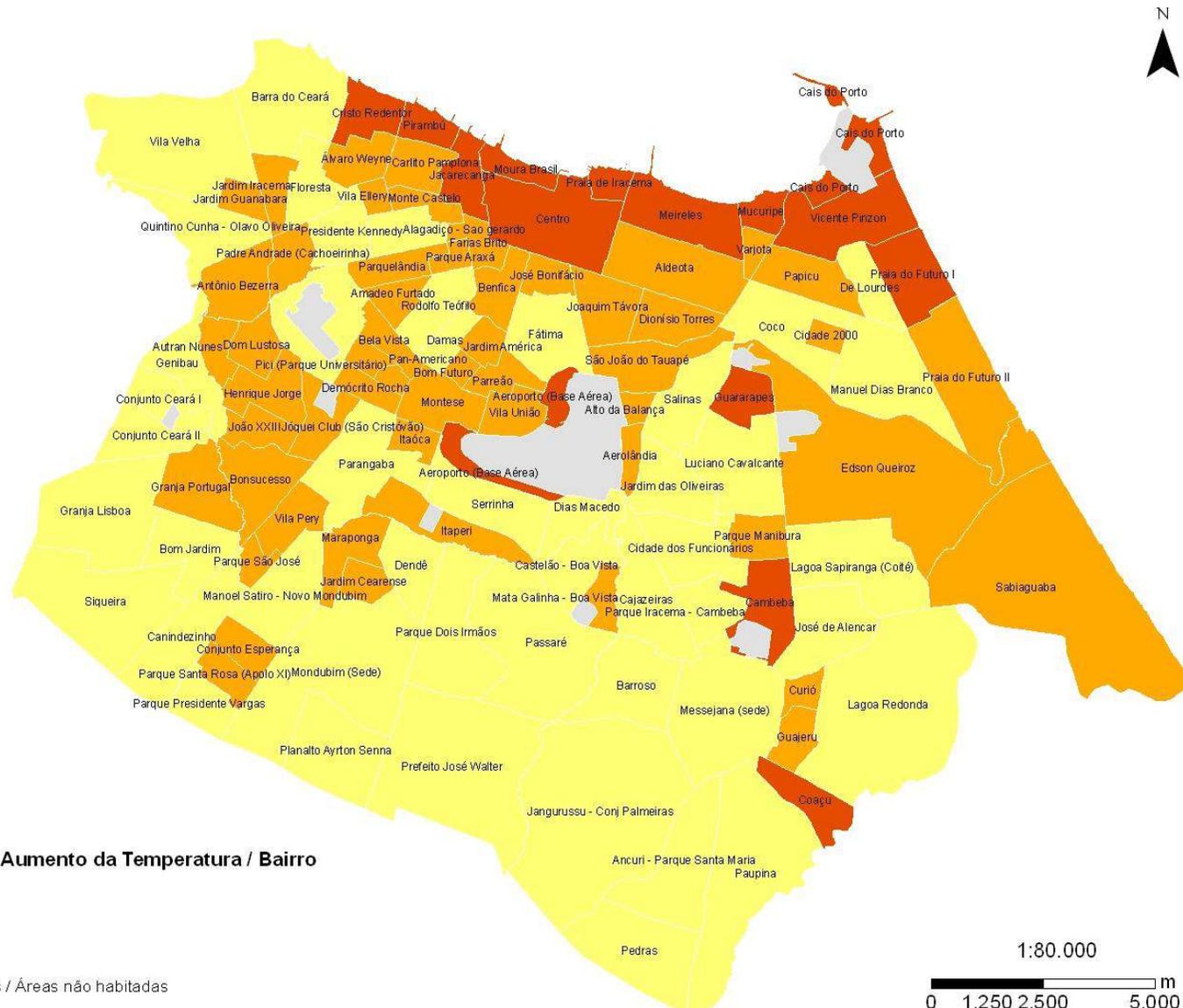


Figura 47: Mapa de Exposição de Fortaleza ao Aumento de Temperatura. Fonte: Elaboração própria

5.1.2 Exposição às secas prolongadas por bairros

O mapa apresentado na Figura 48 mostra a exposição dos bairros de Fortaleza frente à ocorrência de secas prolongadas.

A intensidade de exposição às secas prolongadas é representada gradualmente, sendo que o amarelo claro retrata os bairros classificados como baixa exposição e os em marrom a alta exposição.

Verifica-se que a exposição às secas prolongadas é muito alta nas áreas onde existe pouca infraestrutura hídrica, especialmente o setor extremo leste da cidade.

MAPA DE EXPOSIÇÃO ÀS SECAS PROLONGADAS

Fortaleza - Ce

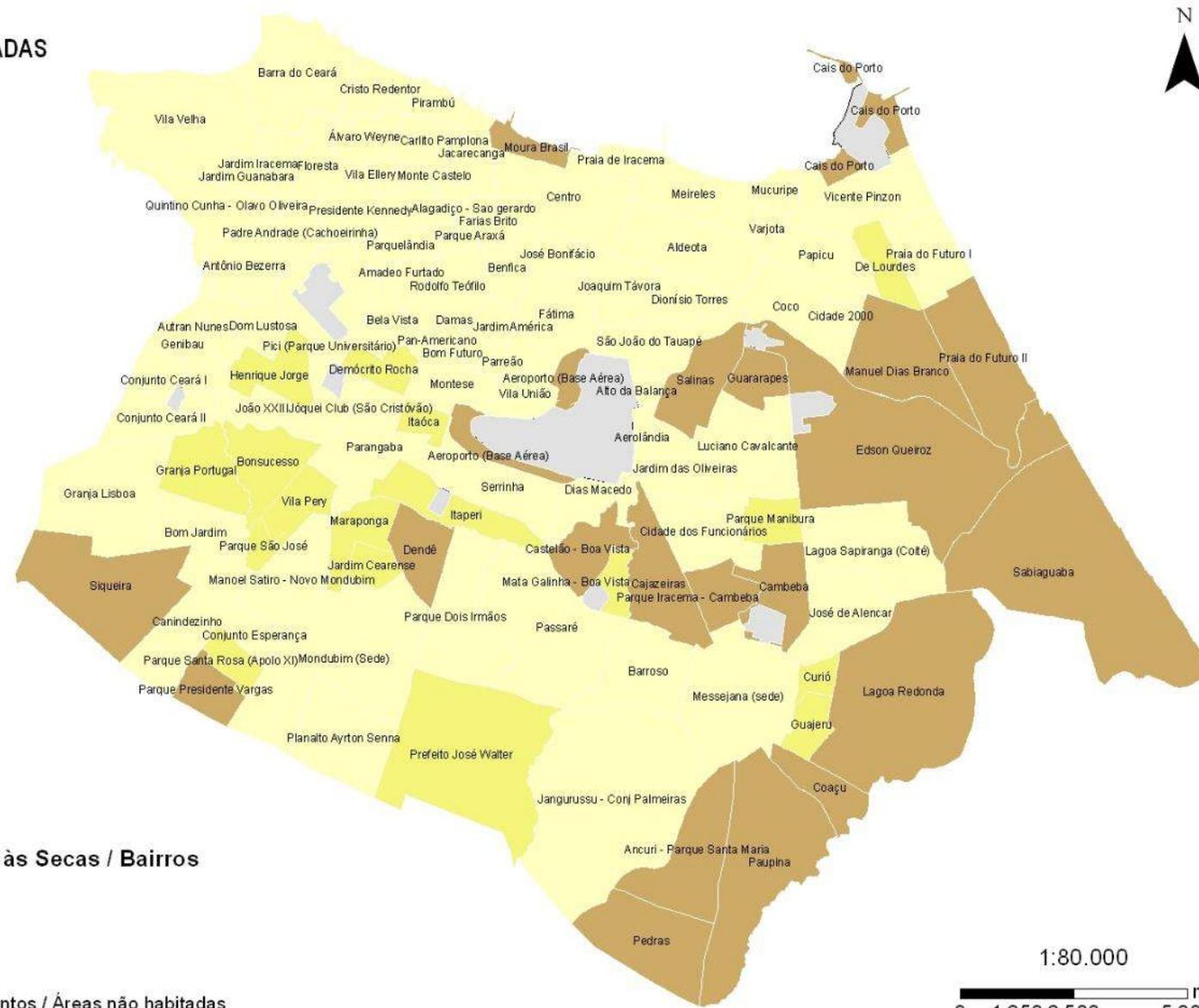


Figura 48: Mapa de Exposição de Fortaleza às secas prolongadas. Fonte: Elaboração própria

5.1.3 Exposição às chuvas extremas por bairros

O mapa da Figura 50 mostra a exposição dos bairros de Fortaleza frente à ocorrência de chuvas extremas.

No mapa se verifica que a maior parte do território está exposto a este tipo de evento. Os bairros destacados em vermelho, são aqueles, que por fatores relacionados à topografia, presença de infraestruturas e outros fatores, mais expostos aos transtornos trazidos pelas chuvas extremas, tais como: alagamento, desmoronamentos e inundações.

A Secretaria de Infraestrutura de Fortaleza (SEINF) é a responsável pelas obras de drenagem da cidade, contudo, a própria instituição aponta em relatório que ao mesmo tempo em que as obras de drenagem são realizadas, dois outros fatores críticos comprometem a exposição das mesmas, ainda que não ocorram eventos climáticos extremos, sendo eles:

- A impermeabilização generalizada na cidade com abertura de vias, asfaltamento e substituição das áreas naturais por áreas construídas.
- A constante destinação inadequada de Resíduos da Construção Civil em corpos hídricos, que acabam sendo assoreados por estes materiais e reduzem a capacidade de aporte hídrico calculada.

Como consequência, durante as estações chuvosas é comum que se vejam cenários como os das imagens apresentadas na Figura 49 em vários pontos da cidade: tais como túneis, vias de grande circulação (Avenida Alberto Craveiro), além das áreas de risco às margens de rios e riachos.





Figura 19 – Alberto Craveiro / Makro
Fonte - SEINF 2016



Figura 20 – César Morabito
Fonte - Diário da Manhã - 2014

Figura 49: Alguns pontos críticos de alagamento em Fortaleza segundo a SEINF.
Fonte: Relatório SEINF, 2017

Então são os bairros que têm pouca presença de áreas verdes e/ou sem corpos hídricos pouco capazes de aportar águas de chuvas e inundações, são estes que apresentam maior exposição às chuvas extremas. Adicionalmente as áreas sem infraestrutura de saneamento são altamente expostas as chuvas extremas.

MAPA DE EXPOSIÇÃO ÀS CHUVAS EXTREMAS

Fortaleza - Ce

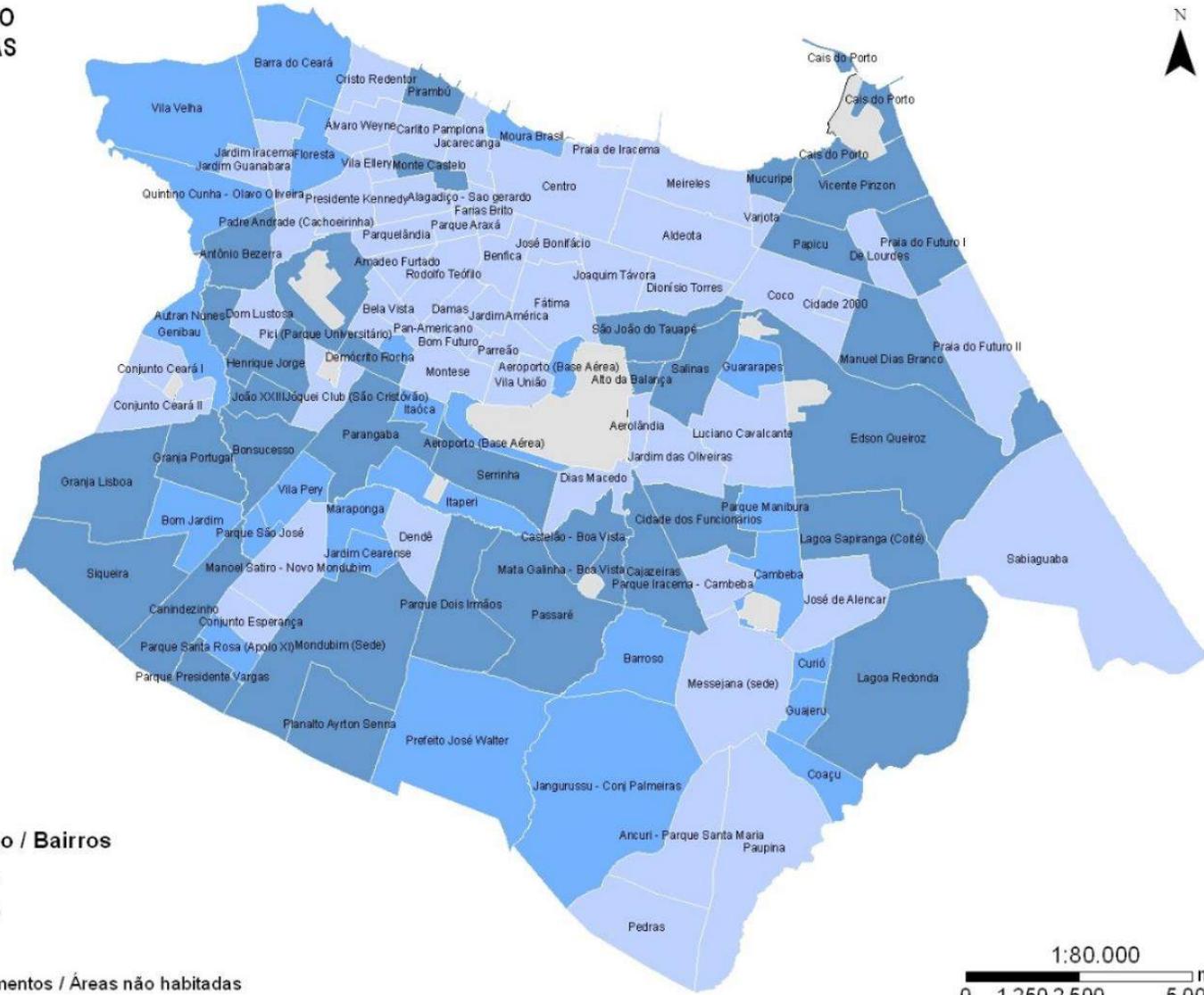


Figura 50: Mapa de Exposição de Fortaleza às chuvas extremas. Fonte: Elaboração própria

5.1.4 Exposição à elevação do nível do mar por bairros

O mapa a seguir mostra a exposição dos bairros de Fortaleza frente à ocorrência da elevação do nível do mar.

Conforme se poderia prever, as áreas de Fortaleza com maior exposição aos impactos oriundos da elevação do nível do mar são aquelas que possuem interface direta com o mar e/ou com áreas estuarinas, como no caso do bairro Edson Queiroz, localizado do lado leste de Fortaleza e os bairros Quintino Cunha e Vila Velha no setor oeste da cidade.

**MAPA DE EXPOSIÇÃO
À ELEVÇÃO DO NÍVEL
DO MAR**

Fortaleza - Ce

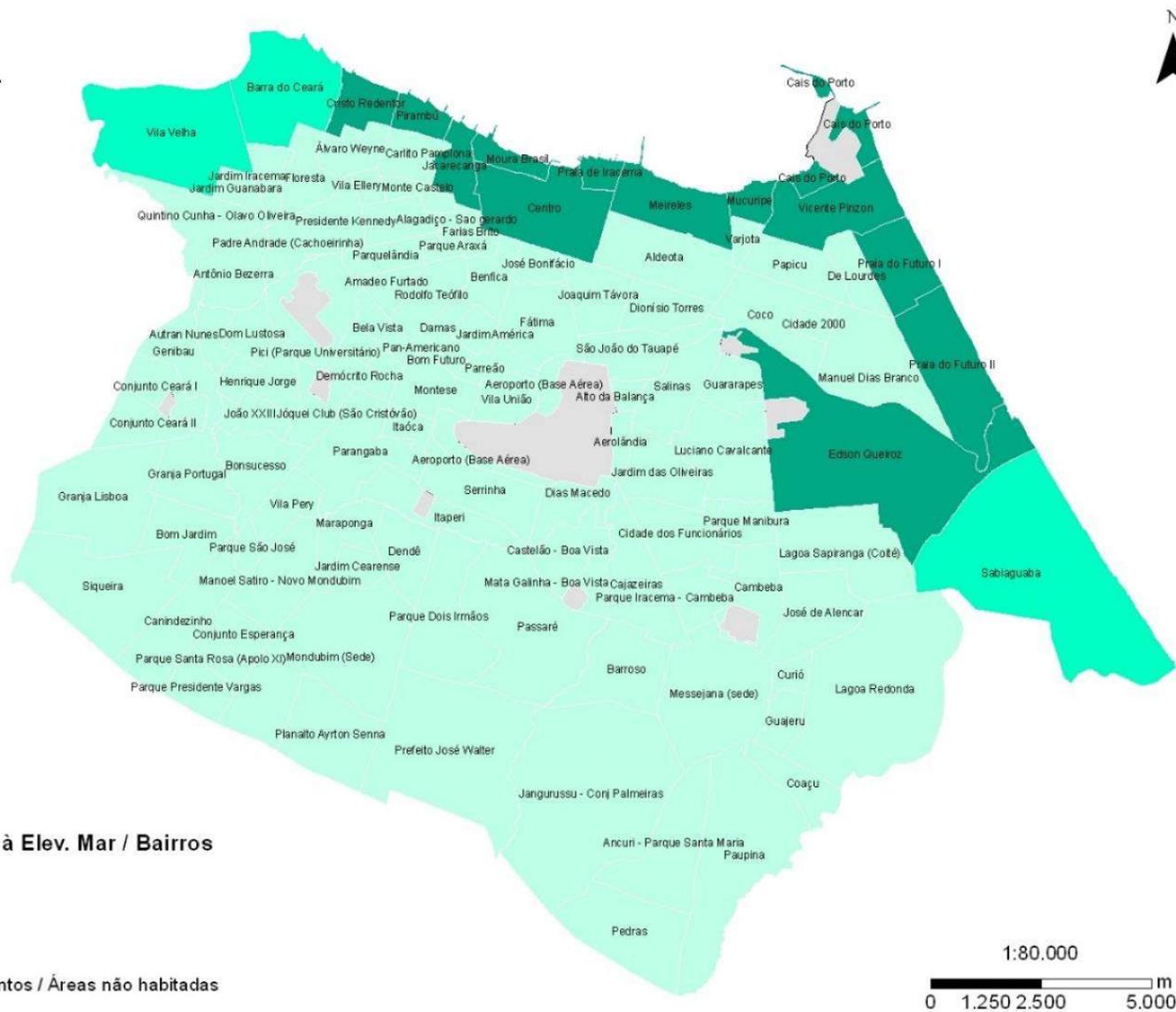


Figura 51: Mapa de Exposição de Fortaleza à elevação do nível do mar. Fonte: Elaboração própria

5.2 Mapas de Sensibilidade e de Capacidade de Adaptação

Os mapas de Sensibilidade e de Capacidade de Adaptação aparecem como elementos constantes para todos os quatro perigos analisados. Ou seja, no caso da Sensibilidade, por exemplo, considera-se que a cidade de Fortaleza terá o mesmo nível de sensibilidade para todos os perigos considerados: Aumento da Temperatura, Secas Prolongadas, Chuvas extremas e Elevação do Nível do Mar, embora os resultados da análise do Índice Climático sejam diferentes para cada perigo. Nesse caso, o fator preponderante para o Índice são os níveis de Exposição.

Na Figura 52, apresenta-se o mapa de sensibilidade tal qual foi aplicado na fórmula de cálculo do Risco Climático em relação a todos os quatro perigos.

Observa-se neste mapa que os bairros com maior sensibilidade aos efeitos das mudanças climáticas são: a comunidade que habita o entorno do aeroporto (na área central), alguns bairros litorâneos na localizados na área oeste da cidade como Pirambu e Cristo Redentor, dentre outros. Destacando-se no lado leste da cidade está o bairro Curió, o qual possui baixo IDH associado a alta densidade demográfica (possivelmente por conta do tamanho diminuto de seu território).

No caso da Capacidade de Adaptação, como a cidade de Fortaleza não possui até então qualquer medida de adaptação às mudanças climáticas, optou-se por considerar as medidas institucionais existentes para outros tipos de respostas climáticas (ocorridas em condições normais), as quais poderão ser potencializadas com futuras medidas de adaptação.

Nesse caso, a representação dentro da fórmula se deu por meio de um coeficiente (de 1,5) uniforme para todo o território, tendo em vista que as medidas institucionais são aplicáveis a toda a cidade e não apenas a áreas específicas. Desta forma, a representação espacial da Capacidade de Adaptação é ilustrada em apenas uma coloração, conforme se pode observar na Figura 53.

MAPA DE SENSIBILIDADE ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Fortaleza - Ce

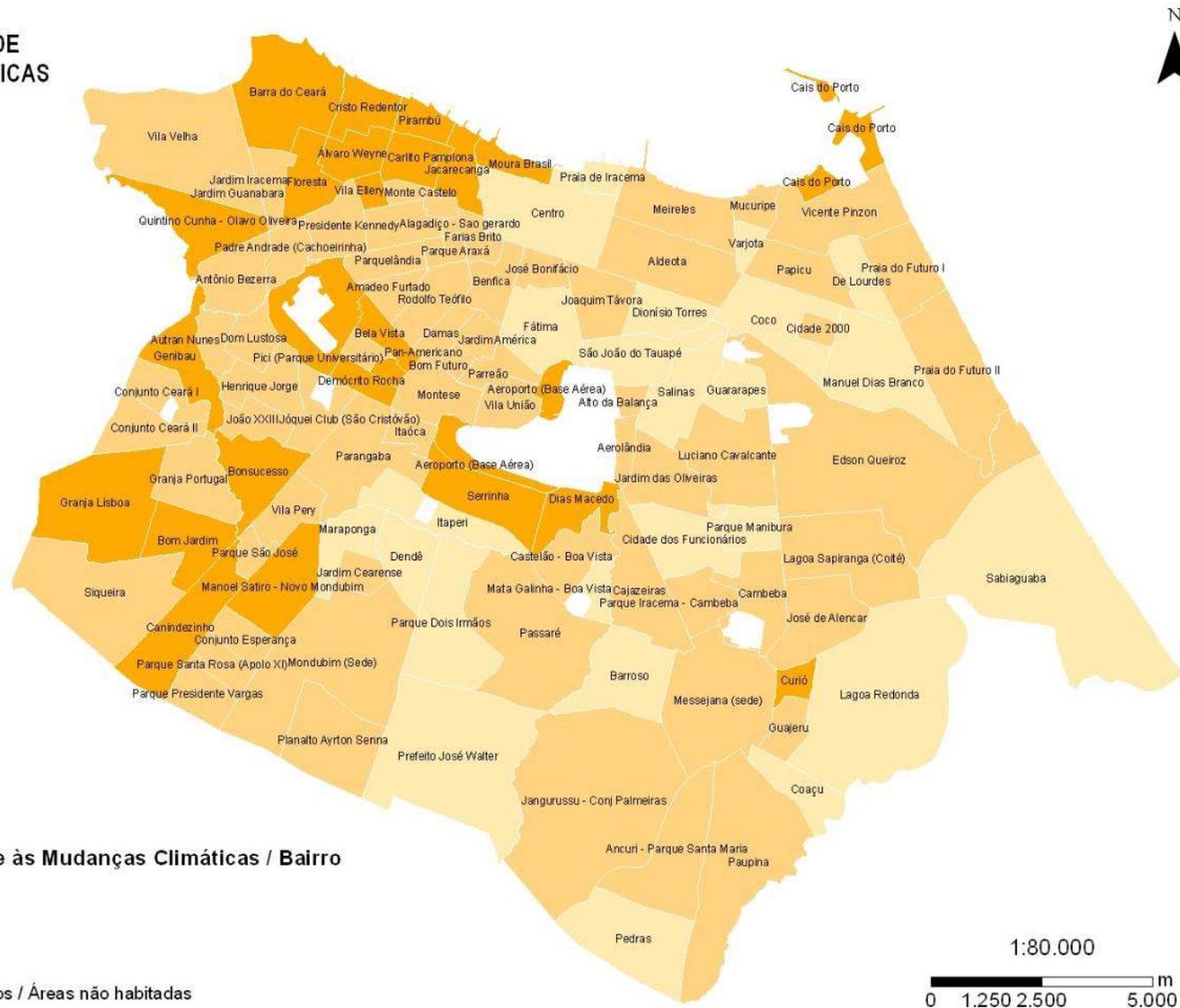
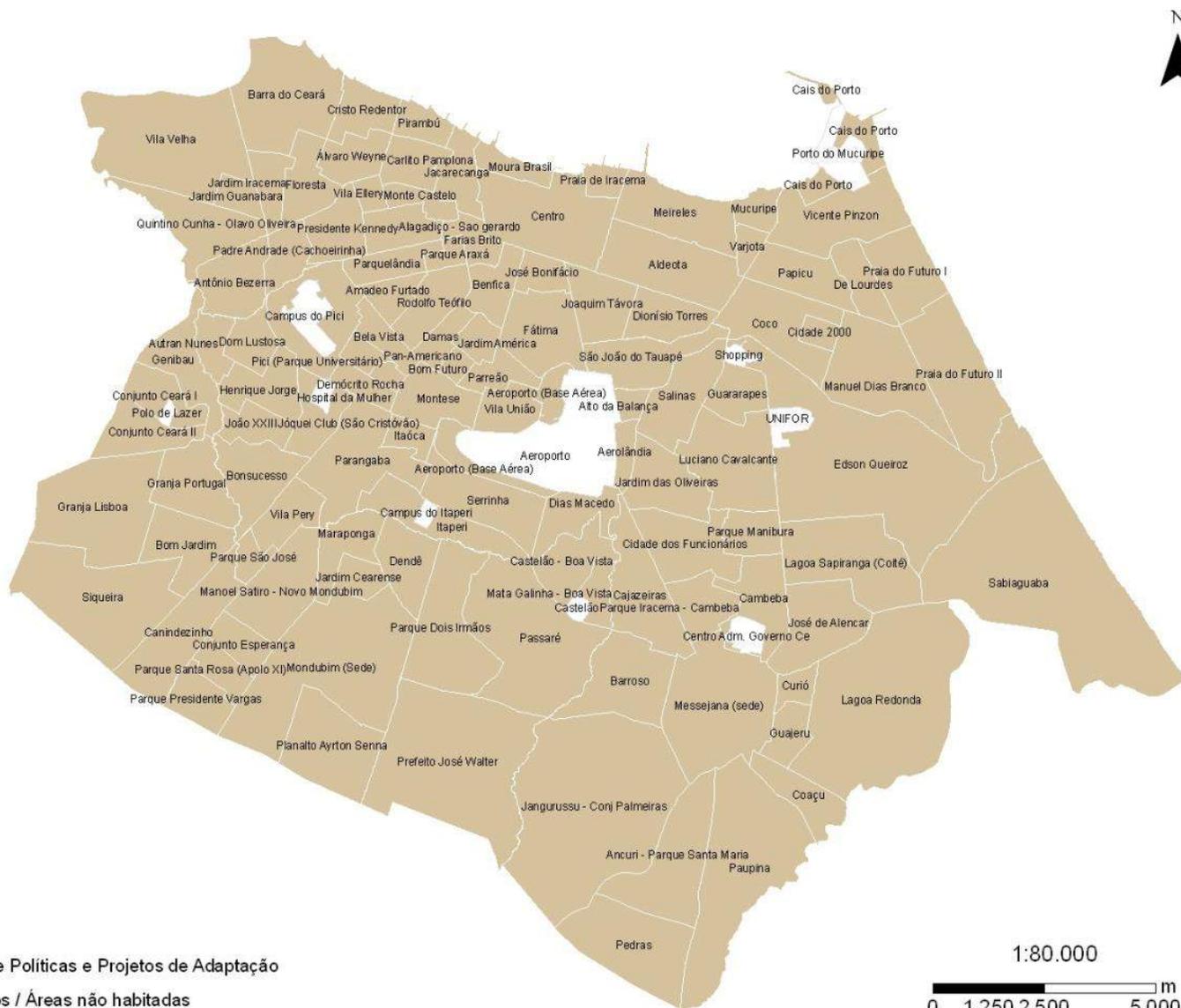


Figura 52: Mapa de Sensibilidade de Fortaleza às mudanças climáticas para todos os perigos analisados. Fonte: Elaboração própria

MAPA CAPACIDADE DE ADAPTAÇÃO ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Fortaleza - Ce



Legenda

- Áreas dependentes de Políticas e Projetos de Adaptação
- Grandes equipamentos / Áreas não habitadas

Figura 53: Mapa de Capacidade de Adaptação às Mudanças Climáticas em Fortaleza (Institucional). Fonte: Elaboração própria

6. Índices de Risco Climático de Fortaleza e seus respectivos Pontos Críticos (hotspots)

Os Índices de Risco Climático são calculados a partir da interação dos mapas obtidos para as variáveis de Exposição, Sensibilidade e Capacidade de Adaptação apresentados anteriormente. Para isto, foi aplicada a seguinte fórmula:

$$IRC_x = \frac{E * S}{CA}$$

Onde,

- IRC_x = Índice de Risco Climático para um perigo específico
- E = Mapas de Exposição (a um perigo específico)
- S = Mapa de Sensibilidade (constante para os perigos analisados)
- CA = Capacidade de adaptação (constante para os perigos analisados)

Cabe ressaltar que as combinações necessárias para os cálculos foram realizadas em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), pelo método da Álgebra de Mapas, o que garante confiabilidade na aplicação dos cálculos e cujo esquema gráfico está apresentado na Figura 54 para melhor compreensão.



Figura 54: Esquema gráfico do cálculo do Índice de Risco Climático. Fonte: Elaboração própria

6.1 Mapas de Índices de Risco Climático de Fortaleza para cada perigo analisado

6.1.1 Índices de Risco Climático ao Aumento da Temperatura

Para o cálculo do índice de risco climático ao aumento da temperatura foi aplicada a interação dos mapas conforme fórmula representada na Figura 55. Conforme já discutido anteriormente, o mapa de sensibilidade e o mapa de capacidade de adaptação não sofrem alteração em relação aos perigos analisados, portanto, são ilustrados em cinza para sinalizar essa característica.



Figura 55: Esquema gráfico do cálculo do Índice de Risco Climático às mudanças de temperatura. Fonte: Elaboração própria

Fortaleza registra atualmente ao longo do ano temperaturas que variam de 22°C a 32°C, porém apesar da convivência diária do fortalezense com essas temperaturas altas não parece haver foco no desenvolvimento de tecnologias e alternativas para um melhor convívio com a situação.

Deve-se notar aqui que o uso de condicionadores de ar ameniza as temperaturas internamente onde instalado, porém contribuem negativamente com o microclima externo. Pode-se notar esse fenômeno principalmente em aglomerados de edifícios, localizados nos bairros mais nobres da cidade, tais como Aldeota, Meireles, Centro, Varjota, dentre outros.

Cabe ressaltar que esta alternativa de resfriamento tem um alto custo de aquisição do eletrodoméstico (maior que um salário mínimo vigente no país) e conseqüente elevação na conta elétrica, causado pelo consumo do aparelho. Logo, não se trata de alternativa viável para a realidade da maior parte da população fortalezense.

Também merece destaque o fato de que ao longo dos anos não se privilegiou o desenvolvimento e expansão da cidade com alternativas de infraestrutura voltadas para a melhoria da convivência com a condição climática da cidade, isso tanto na construção civil, quanto no planejamento geral da cidade, uma vez que os edifícios e casas raramente contam com dispositivos para aproveitamento da ventilação natural e redução da temperatura. Atenta-se ainda para o fato de Fortaleza ser uma cidade que ao longo dos anos vem substituindo sua área verde por área construída, afetando diretamente o microclima local.

O impacto do aumento da temperatura na cidade de Fortaleza afeta diretamente a qualidade de vida da população assim como a fauna e flora de Fortaleza. De acordo com o mapa de risco, a maior parte da população com maior vulnerabilidade ao aumento de temperatura está localizada no setor oeste da cidade, onde as condições de precariedade socioeconômica também são marcantes.

Nestas áreas, além da alta densidade demográfica e das precárias condições de infraestrutura ainda existe a interferência do rio Maranguapinho que vem sofrendo processos de assoreamento e degradação ao longo das décadas, o que contribui para que também venha perdendo sua capacidade de amenizar as condições ambientais nesse setor do território de Fortaleza.

Com relação aos efeitos do aumento da temperatura, destaca-se o fato dos bairros mais sensíveis serem aqueles onde há alta densidade populacional associado a um baixo IDH, o que representa um importante fator a ser considerado ao se pensar nos efeitos de um aumento da temperatura e a baixa capacidade de reação a estes efeitos devido às condições econômicas limitadas.

O aumento da temperatura poderá trazer consigo um grande desconforto térmico – sobretudo em habitações aglomeradas e com baixa qualidade construtiva, além de aumentar a demanda no consumo de água e energia para eletrodomésticos como ventiladores e condicionadores de ar, impactando diretamente o orçamento das famílias.

Além disso, é possível que crianças e idosos acabem sendo acometidos com maior frequência a problemas respiratórios e cutâneos, trazendo mais uma vez conseqüências para os orçamentos das famílias, seja com atendimento médico, seja com medicações.

Diante desse contexto, e seguindo a aplicação da fórmula demonstrada no início deste capítulo, apresenta-se na sequência o resultado da operação algébrica realizada entre os mapas de exposição, sensibilidade e capacidade de adaptação, tendo como resultado o Mapa do Índice de Risco Climático ao Aumento da Temperatura.

Dentre os principais riscos do aumento da temperatura para a cidade destacam-se:

- Desenvolvimento da cidade: o aumento da temperatura poderá causar o aumento no número de casos de doenças respiratórias, bem como desidratação e insolação uma vez que a temperatura média já é elevada durante todo o ano. Todos estes impactos à saúde poderão repercutir em gastos no sistema de atendimento público à saúde, assim como também poderá impactar o setor privado por conta do absenteísmo. Também é importante mencionar o risco quanto a elevação do consumo de energia com o uso de condicionadores de ar e de água. Todos estes fatores em conjunto possuem um considerável potencial de impactar o desenvolvimento da cidade de Fortaleza.
- Infraestrutura: com o aumento da temperatura, possivelmente ocorrerão impactos principalmente nas infraestruturas de abastecimento de água e energia elétrica, no sentido de ficarem sobrecarregados com a demanda.
- Saúde: conforme já mencionado é possível que haja um aumento da demanda por atendimento nas unidades de saúde por conta de doenças respiratórias, mal-estar súbito e quadros de insolação de modo geral. A biodiversidade também sofrerá impactos e desequilíbrios que poderão culminar com a proliferação de determinados vetores (mosquitos e insetos).
- Recursos hídricos e disponibilidade de água: No que se refere ao aumento da temperatura de forma mais ampla, deve ser mencionado o possível impacto no abastecimento de água, rede que conta com mananciais de uma região interior do Estado do Ceará. Uma vez que as temperaturas aumentem, este abastecimento poderá ser prejudicado, ou mesmo interrompido, tendo como motivo o agravamento dos quadros de secas em todo o Estado do Ceará e maior consumo de água.
- Unidades de conservação/Áreas preservadas: As áreas verdes da cidade, embora possuam espécies de fauna e flora adaptadas ao contexto climático do semiárido, também poderão ser impactadas pelo aumento da temperatura média sendo um dos principais riscos associados aos desequilíbrios ambientais causados pelo desaparecimento de espécies mais sensíveis ao calor.

ÍNDICE DE RISCO CLIMÁTICO AO AUMENTO DA TEMPERATURA

Fortaleza - Ce

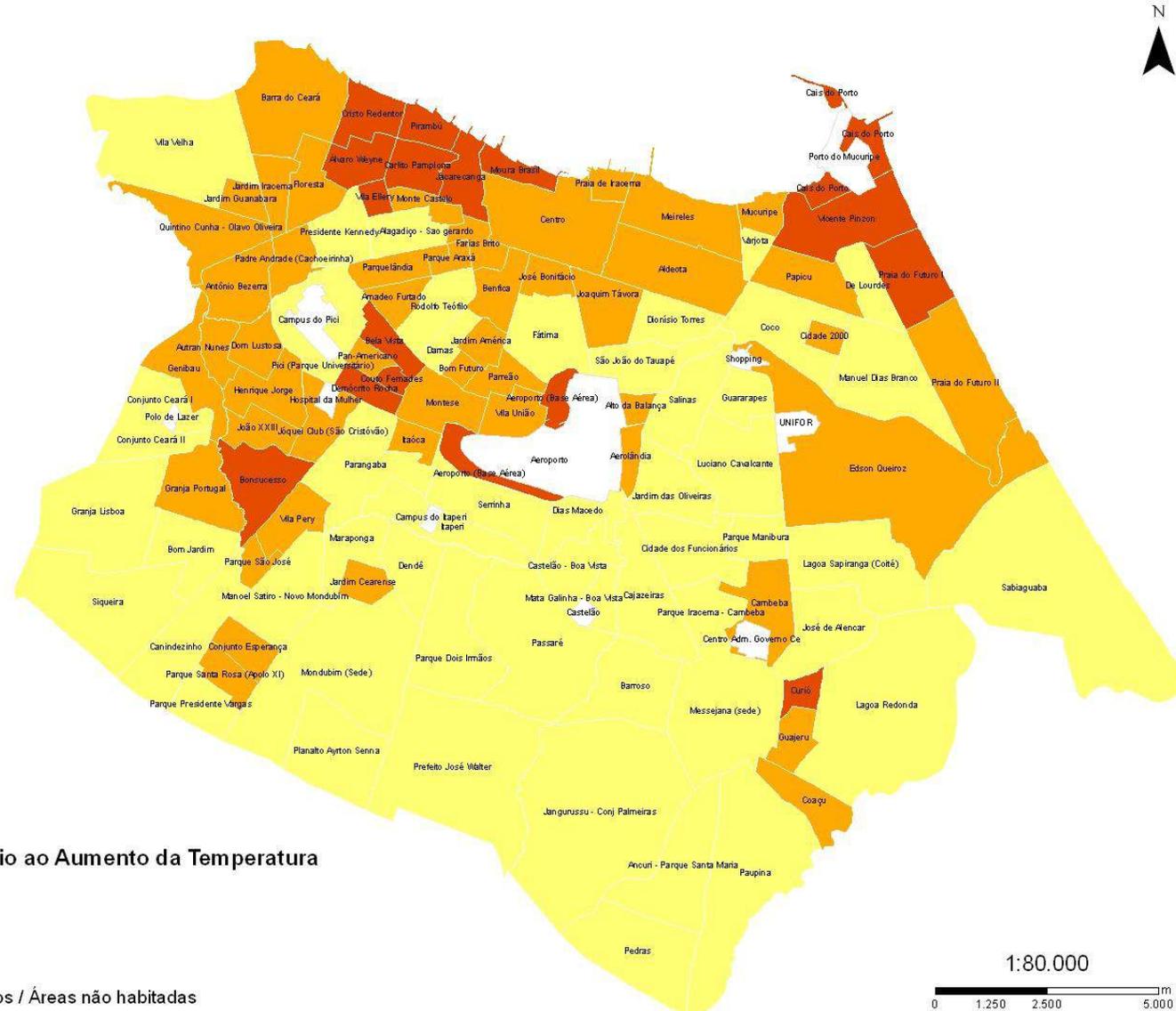


Figura 56: Mapa do Índice de Risco Climático de Fortaleza ao aumento de temperatura. Fonte: Elaboração própria

6.1.2 Índice de Risco Climático às Secas Prolongadas

Para o cálculo dos índices de risco climático às secas prolongadas foi aplicada a fórmula ilustrada pela Figura 57. Da mesma forma que apresentado para o Índice de Risco ao Aumento de Temperatura, o mapa de sensibilidade e o mapa de capacidade de adaptação não sofrem alteração em relação aos perigos analisados e, portanto, são ilustrados em cinza para sinalizar essa característica.

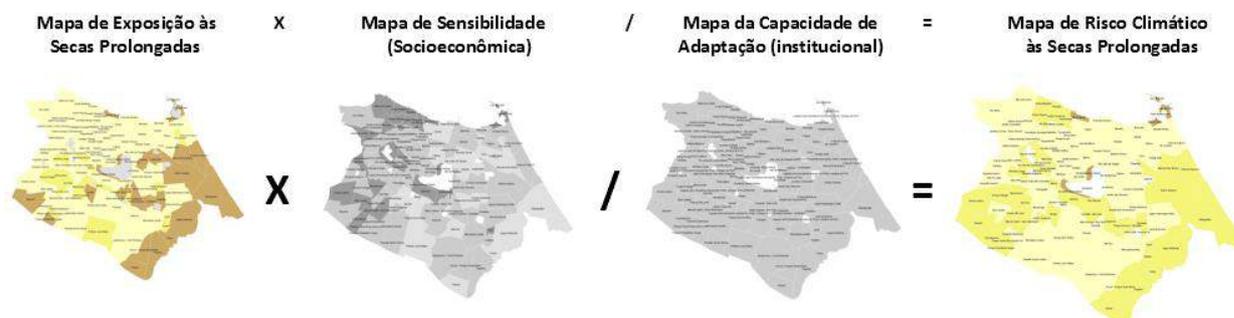


Figura 57: Esquema gráfico do cálculo do Índice de Risco Climático às secas prolongadas. Fonte: Elaboração própria

As secas têm um impacto importante na cidade de Fortaleza. As projeções climáticas de redução das chuvas na temporada seca e o decrescimento na recarga das águas subterrâneas são acentuadas por conta do crescimento populacional e do conseqüente aumento da demanda de água na cidade e a região em geral (MMA, 2017).

Observa-se o impacto das secas na cidade de Fortaleza principalmente na disponibilidade de água que depende fortemente da disponibilidade de água a nível regional.

No caso específico do abastecimento de água, a vulnerabilidade está associada tanto a questão da qualidade da água (como enfatizado no caso do Rio Cocó que atualmente, ao mesmo tempo em que abastece parte de Fortaleza, possui consideráveis fontes de poluição), como também ao da probabilidade de falha do sistema de abastecimento em si devido à insuficiência na gestão e/ou situações climáticas extremas como as secas. Desta forma, a segurança hídrica requer a compreensão de que o clima age como vetor de transformações que aumentam e potencializam os riscos.

O planejamento dos recursos hídricos no Estado do Ceará tem sido desenvolvido utilizando a bacia hidrográfica como unidade de gestão. Esta unidade corresponde a uma área topograficamente drenada por um curso d'água ou um sistema conectado de cursos d'água que dispõem de uma única saída para toda vazão efluente.

De acordo com as análises constantes no Fortaleza 2040 (2016), a demanda de Fortaleza cresceu significativamente nas últimas décadas. As secas recorrentes no semiárido cearense são risco frequente ao abastecimento de água da cidade, não obstante a reconhecida qualidade do sistema de gerenciamento de recursos hídricos do Ceará.

Análise do sistema de abastecimento no cenário atual e futuro demonstram dependência estrutural do abastecimento de Fortaleza da transferência de água da Bacia do Jaguaribe e das águas do São Francisco. Devido esta dependência, a construção da segunda fase do Eixão das Águas e a conclusão das obras do Projeto de Integração do São Francisco são urgentes, contudo, cabe ressaltar que transposições de bacias são sempre conflituosas.

É inegável o quadro de incertezas quanto às mudanças climáticas, contudo já se sabe que muito provavelmente haja intensificação da ocorrência de secas impondo uma dependência maior destas transposições de água e, mesmo com estas ocorrendo, não há garantias de

continuidade quanto ao abastecimento.

A sensibilidade as secas se representam nos bairros com alta densidade e baixo IDH incluindo uma alta presença de pessoas vulneráveis. Ressalta-se que o Mapa de Sensibilidade é único para todos os perigos avaliados e sua função é agregar a análise dos fatores socioeconômicos como preponderantes para o aumento do risco e da vulnerabilidade em determinadas áreas da cidade.

Uma vez estabelecidas, identificadas e mapeadas a exposição, a sensibilidade e a capacidade de adaptação às secas prolongadas, foi realizada a operação algébrica entre os mapas para se obter como resultado o mapa do Índice de Risco Climático as secas prolongadas. Como resultado obteve-se o mapa a seguir.

O mapa evidencia uma alta e uma média vulnerabilidade concentrada nos setores com recursos hídricos e áreas verdes que são afetados de maneira forte pelas secas. Também os setores com uma alta densidade demográfica representam um risco climático.

Dentre os principais riscos trazidos pelas secas prolongadas para a cidade destacam-se:

- Desenvolvimento da cidade: ainda que haja um certo nível de garantia quanto ao abastecimento de água para Fortaleza, toda a cidade depende da produção de alguns alimentos realizada em outros municípios do Ceará. Além disso, não se pode afirmar que exista segurança hídrica em Fortaleza, sobretudo nos casos de secas prolongadas e isso tem potencial para afetar todo o setor produtivo da cidade, bem como a qualidade de vida da população.
- Infraestrutura: o principal risco verificado quanto às infraestruturas diz respeito ao setor de abastecimento de água e energia, os quais poderão sofrer sobrecarga, bem como o setor de transportes e moradia caso haja migração de outros municípios para Fortaleza.
- Saúde: semelhante aos impactos estimados para o risco de aumento da temperatura, porém com o agravamento da desidratação e desnutrição da população de maior vulnerabilidade. Adicionalmente a seca aumenta o risco de enfermidades, especialmente em setores de alta vulnerabilidade da população.
- Recursos hídricos e disponibilidade de água: no caso de secas prolongadas, corre-se o risco de colapso no abastecimento de água.
- Unidades de conservação/Áreas preservadas: Embora possuam espécies adaptadas ao contexto climático do semiárido, as áreas verdes também sofrerão impactos das secas prolongadas. Neste caso não apenas pela migração de espécies mais sensíveis à estiagem, mas também pela possibilidade de substituição destas áreas por agricultura urbana diante de um quadro de desabastecimento alimentar. Vale ressaltar também que rios e lagoas urbanos estariam ameaçados pela retirada de água para consumo humano, caso o abastecimento via rede regular chegue a um colapso.

ÍNDICE DE RISCO CLIMÁTICO ÀS SECAS

Fortaleza - Ce

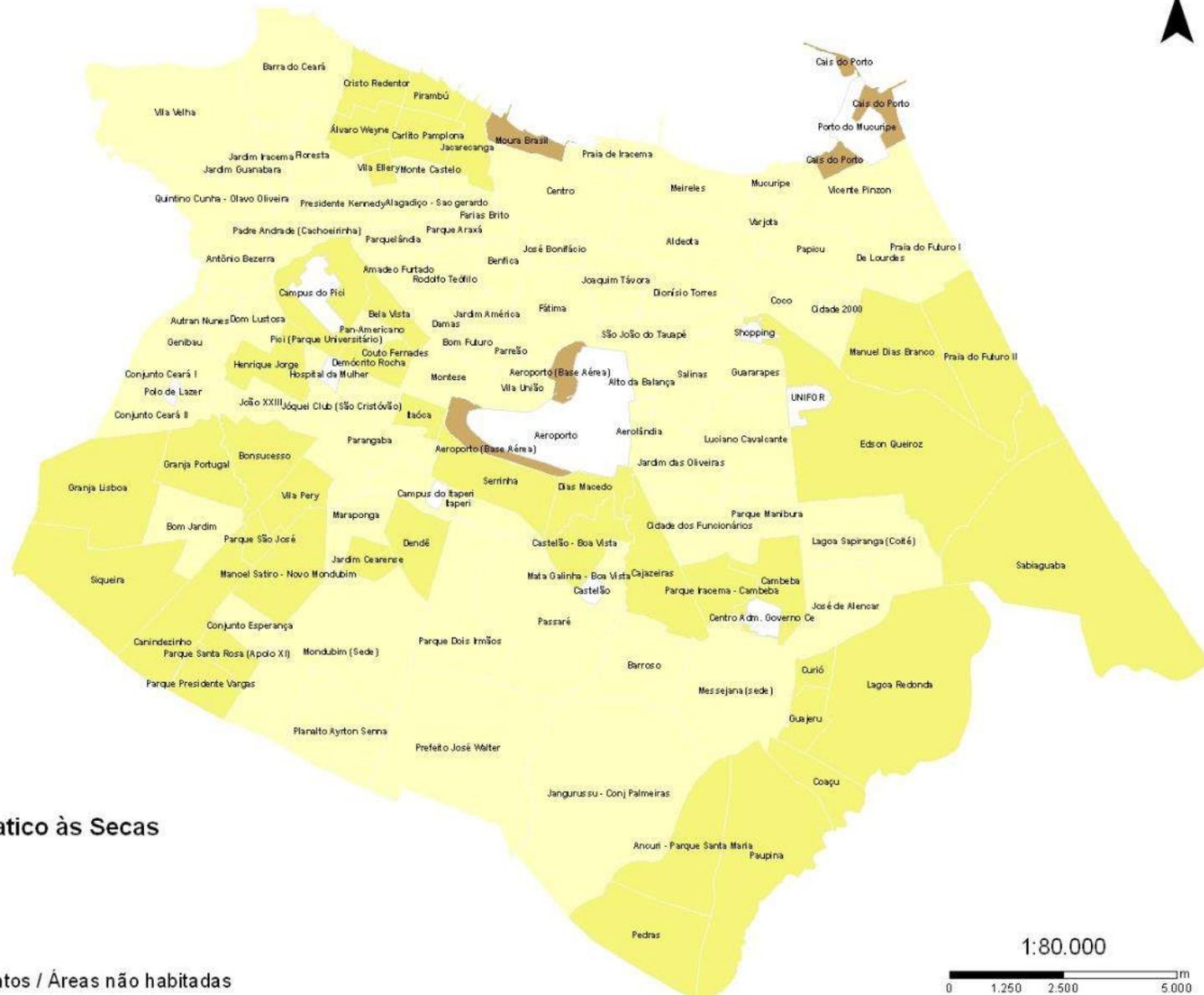


Figura 58: Mapa do Índice de Risco Climático de Fortaleza às secas prolongadas. Fonte: Elaboração própria

6.1.3 Índice de Risco Climático às Chuvas Extremas

Para o cálculo dos índices de risco climático às Chuvas Extremas foi aplicada a fórmula conforme ilustrada na Figura 59. Conforme já discutido anteriormente, o mapa de sensibilidade e o mapa de capacidade de adaptação não sofrem alteração em relação aos perigos analisados, portanto, são ilustrados em cinza para sinalizar essa característica.

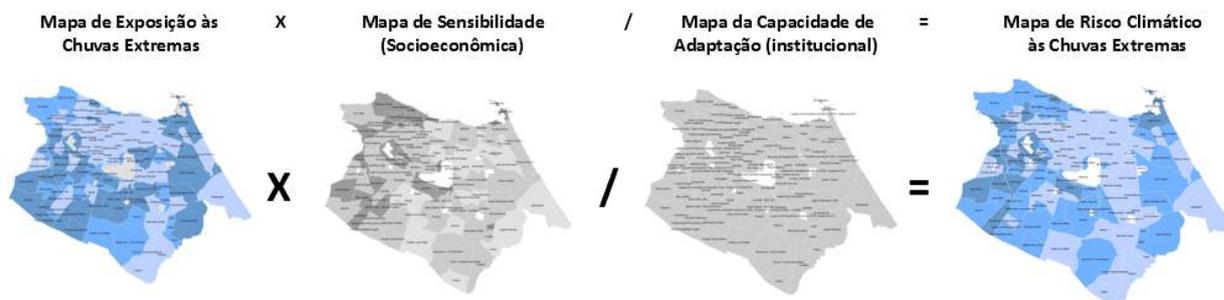


Figura 59: Esquema gráfico do cálculo do Índice de Risco Climático às chuvas extremas. Fonte: Elaboração própria

O impacto das chuvas, e especialmente as chuvas intensas, são importantes na cidade de Fortaleza. A alta sensibilidade às chuvas extremas ocorre nos bairros com alta densidade e baixo IDH incluindo uma alta presença de pessoas vulneráveis que se vem mais afetadas por chuvas extremas e seus impactos, pois geralmente as casas e edificações dessas áreas vulneráveis são menos resistentes tanto aos eventos extremos como as chuvas.

Uma vez estabelecidas, identificadas e mapeadas a exposição, a sensibilidade e a capacidade de adaptação às chuvas extremas, foi realizada a operação algébrica entre os mapas para se obter como resultado o mapa do Índice de Risco Climático as chuvas extremas. Como resultado obteve-se o mapa a seguir.

Dentre os principais riscos para a cidade relacionados às chuvas extremas destacam-se:

- Desenvolvimento da cidade: na atualidade a cidade de Fortaleza fica com seu fluxo de veículos e de pessoas bastante prejudicado em dias de chuvas, tanto por um fator cultural, onde a população não é acostumada a conviver com chuvas com frequência, quanto pelas próprias infraestruturas urbanas as quais não se mostram eficientes em período chuvosos, o que pode ser constatado pela quantidade de eventos de alagamento em todo o território. Com a ampliação do risco de chuvas intensas e chuvas extremas, haverá impactos diretos para o desenvolvimento da cidade, tanto no aspecto da fluidez de pessoas para seus trabalhos e centros de educação, quanto pelo aporte de recursos financeiros necessários para obras e reparos necessários para adaptar a cidade a um novo contexto climático.
- Infraestrutura: o principal risco verificado quanto às infraestruturas diz respeito às galerias de drenagem de águas pluviais e também as de esgotamento sanitário. Assim como as pavimentações e recapeamentos necessários para adaptação ao um novo cenário chuvoso.
- Saúde: dentre os principais impactos à saúde, destaca-se as doenças hidricamente veiculadas cujos vetores se proliferam por meio das águas não drenadas em determinadas áreas urbanas. Sobre isso merece destaque o fato de que Fortaleza possui apenas uma pequena parte de seu território com cobertura de esgotamento sanitário, o que permite inferir que em períodos muito chuvosos, existe uma tendência de que as águas pluviais se misturam com os efluentes sanitários e escoem livremente pelas ruas, além de se infiltrarem no solo por todo o território, inclusive onde já existe rede regular de esgotamento sanitário.
- Recursos hídricos e disponibilidade de água: caso houvesse em Fortaleza a obrigatoriedade de

captação de água das chuvas e reuso nas empresas e condomínios, o aumento das chuvas poderia ter um impacto positivo quanto ao abastecimento. Contudo, no contexto atual o que se verifica é um risco de contaminação das fontes de abastecimento devido ao contexto mencionado referente à deficiente drenagem de águas pluviais e a baixa cobertura de esgotamento sanitário.

- Unidades de conservação/Áreas preservadas: Pode-se inferir possíveis impactos às áreas verdes e unidades de conservação em Fortaleza no caso de ampliação dos períodos chuvosos e intensidade das chuvas uma vez que os ambientes são adaptados às condições atuais com poucas chuvas durante o ano. Além da morte de algumas espécies vegetais por saturação hídrica, ainda existe o risco de que espécies invasoras e mais adaptadas a ambientes brejosos ou alagados passem a ocupar estes espaços, exigindo uma adaptação em todo o ecossistema diretamente associado.

ÍNDICE DE RISCO CLIMÁTICO ÀS CHUVAS EXTREMAS

Fortaleza - Ce

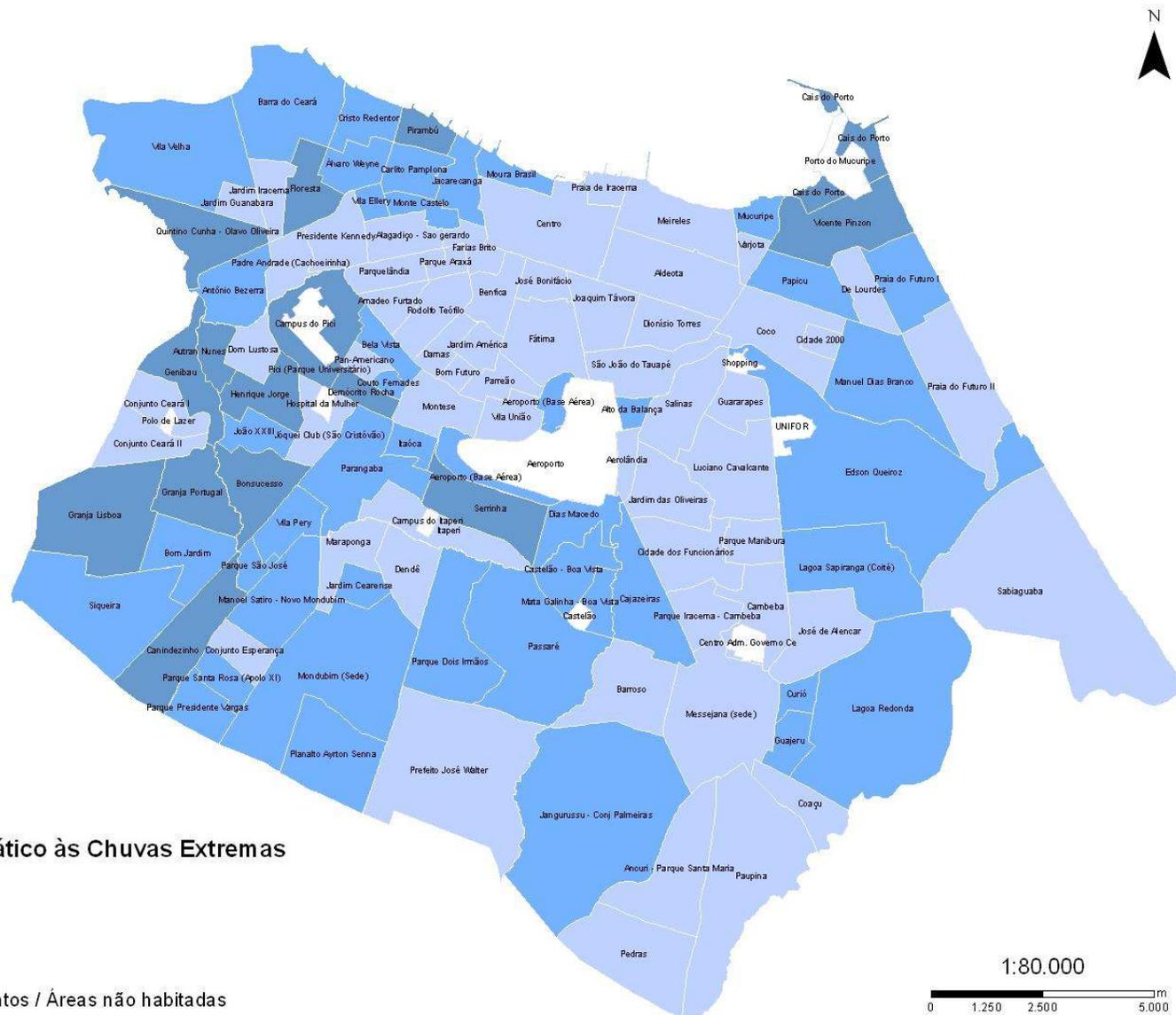


Figura 60: Mapa do Índice de Risco Climático de Fortaleza às chuvas extremas. Fonte: Elaboração própria

6.1.4 Índice de Risco Climático à Elevação do Nível do Mar

Para o cálculo dos índices de risco climático à elevação do nível do mar foi aplicada a fórmula ilustrada na Figura 61. Conforme já discutido anteriormente, o mapa de sensibilidade e o mapa de capacidade de adaptação não sofrem alteração em relação aos perigos analisados, portanto, são ilustrados em cinza para sinalizar essa característica.

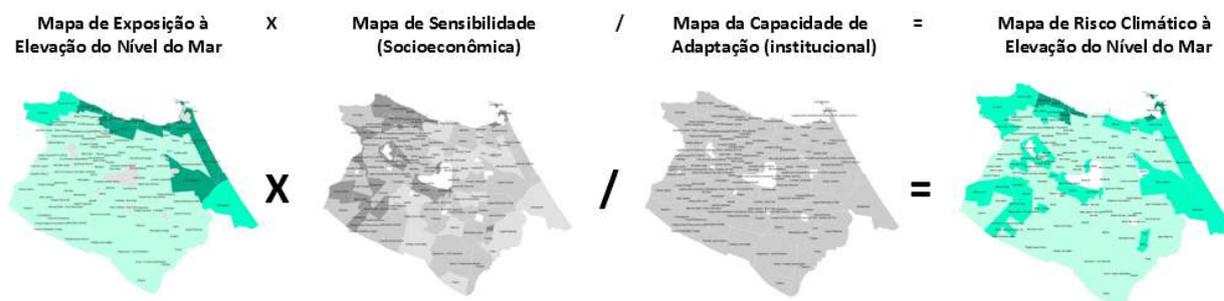


Figura 61: Esquema gráfico do cálculo do Índice de Risco Climático à elevação do nível do mar
Fonte: Elaboração própria

Com base nas informações apresentadas no indicador referente às áreas diretamente afetadas pela dinâmica costeira, foram realizadas análises a respeito da exposição, sensibilidade e capacidade de adaptação aos eventos relacionados à elevação do nível do mar. Sobre isso, vale ressaltar que na aplicação da metodologia, houve um acréscimo de peso para as áreas que possuem interface direta com o oceano, dado o seu alto grau de exposição.

A sensibilidade é especialmente alta nos bairros de alta densidade demográfica e com um IDH baixo. Considerando que o Mapa de Sensibilidade é único para todos os perigos avaliados e sua função é agregar a análise dos fatores socioeconômicos como preponderantes para o aumento do risco e da vulnerabilidade em determinadas áreas da cidade, para a temática de elevação do nível do mar, o fator preponderante para a diferenciação territorial serão as zonas identificadas na exposição.

Para a capacidade de adaptação se considerou os projetos de contenção do avanço do mar em execução na cidade de Fortaleza. Teoricamente, os bairros mais próximos ao litoral poderiam ser diferenciados, porém, está diferenciação se aplica ao mapa de exposição em si uma vez que Fortaleza não possui qualquer projeto de adaptação à elevação do nível do mar.

Além disso, mesmo para os bairros mais afastados não há como prever os níveis de impacto somente considerando a distância, uma vez que existem três grandes rios que possuem interface com o mar – Cocó, Ceará/Maranguapinho e Pacotí – e que poderão causar impactos sistêmicos em todo o território no caso de um avanço do mar.

Uma vez estabelecidas, identificadas e mapeadas a exposição, a sensibilidade e a capacidade de adaptação à elevação do nível do mar, foi realizada a operação algébrica entre os mapas para se obter como resultado o mapa do Índice de Risco Climático à elevação do nível do mar. Como resultado obteve-se o mapa subsequente.

Dentre os riscos e vulnerabilidades ocasionados pela elevação do nível do mar em Fortaleza, pode-se citar: erosão de dunas e praias; danos a estrutura urbana; e potencial de alagamento das áreas com influência de grandes rios.

Para além destes riscos, destacam-se os seguintes possíveis impactos:

- Desenvolvimento da cidade: considerando que são nos bairros com interface para o mar (Aldeota, Meireles, Centro, dentre outros) onde estão atualmente situadas as maiores ofertas de empregos e também onde estão localizados os bancos e demais instituições ligadas ao

mercado financeiro, pode-se inferir um impacto direto para o desenvolvimento da cidade. Além disso, boa parte da economia da cidade depende dos serviços relacionados ao turismo (hotelaria, entretenimento e gastronomia) cuja localização também está à beira mar.

- Infraestrutura: o principal risco verificado quanto às infraestruturas diz respeito à destruição das infraestruturas urbanas localizadas à beira mar, bem como à emersão dos esgotos também nos bairros situados na faixa litorânea por conta da intrusão marinha, que é a invasão da água do mar por vias subterrâneas.
- Saúde: os impactos relacionados à saúde humana estão diretamente relacionais à emersão dos efluentes para a superfície, o carreamento de resíduos sólidos para o interior da cidade e à salinização das fontes de abastecimento, tanto dos poços, quanto da rede regular de abastecimento.
- Recursos hídricos e disponibilidade de água: o principal impacto da elevação do nível do mar ao sistema de abastecimento se dá pela salinização generalizada por conta do avanço da cunha salina.
- Unidades de conservação/Áreas preservadas: com a elevação do nível do mar, boa parte das áreas protegidas hoje em Fortaleza, representadas por vegetação de mangue e localizadas próximas à foz dos rios seriam completamente dizimadas. Além disso, haveria uma tendência ao estabelecimento de espécies invasoras, tanto da flora quanto da fauna.

6.2 Índice Geral de Risco Atual e Futuro de Fortaleza e seus respectivos Pontos Críticos (*hotspots*)

Os pontos de risco crítico destacados são compostos por situações de risco atuais, desprovidos de planos adaptativos. Adicionalmente, são pontos com tendência de agravamento futuro, em função da mudança do comportamento das variáveis ambientais climáticas, alinhadas com a possibilidade de intensificação da vulnerabilidade relacionada à evolução das condições sociais.

O mapa da Figura 63 apresenta-se o Índice Geral de Risco Climático Atual da cidade de Fortaleza, cujo resultado é uma escala variando de 1 a 5, **resultante do somatório de todos os índices de riscos para os perigos analisados**, realizado num processo de álgebra de mapas em ambiente SIG.

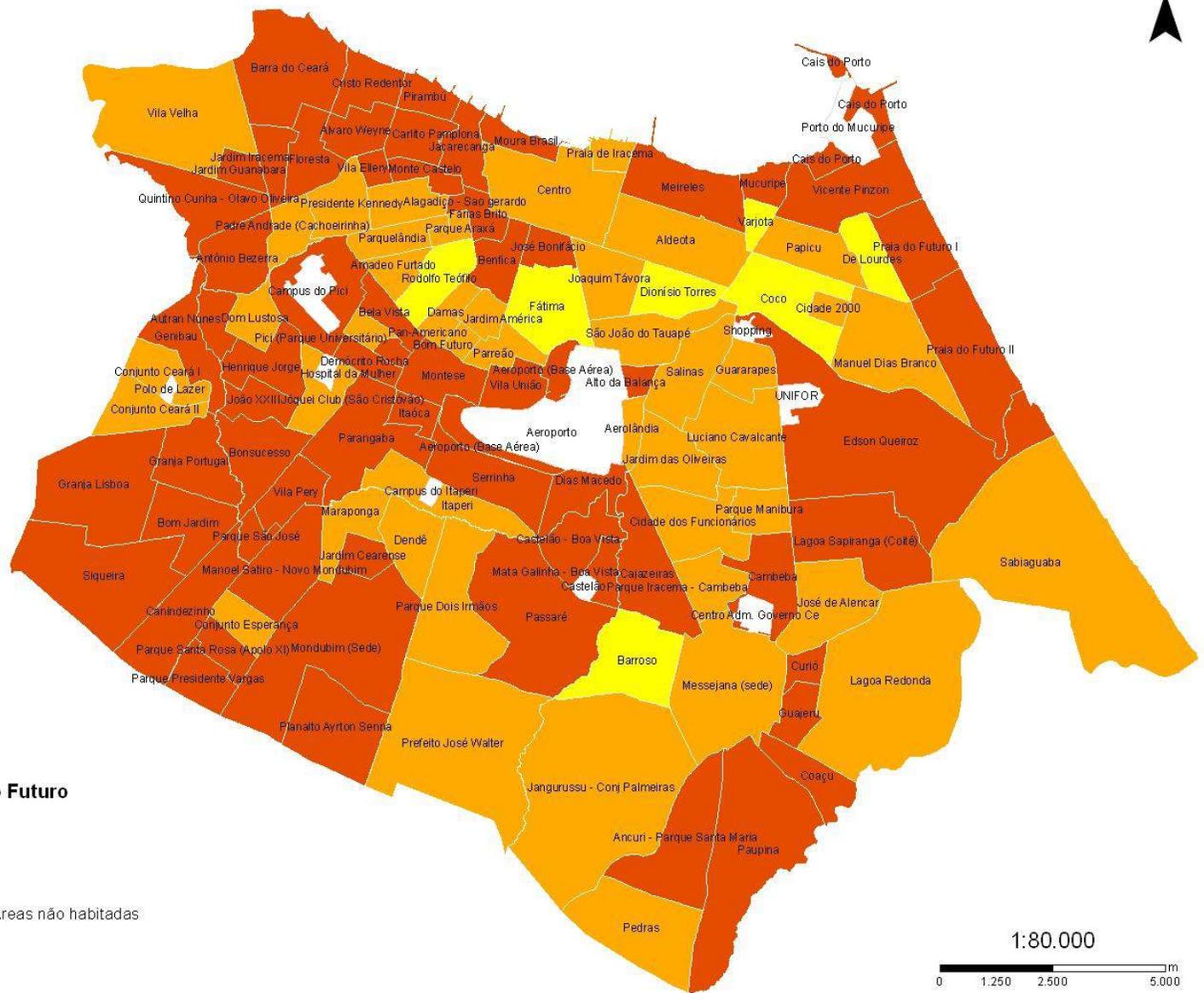
O mapa da Figura 64 apresenta o Índice de Risco Climático Futuro da cidade de Fortaleza. Na sequência são apresentados os mapas comparativos entre a situação atual e situação futura (ano 2040) de acordo com os níveis de risco.

Ao final constam os mapas de *hotspots* que são as áreas onde o somatório de perigos com a sensibilidade e a exposição evidencia as áreas que precisarão ser priorizadas quando da elaboração do plano de adaptação.

Os bairros que apresentam coloração laranja e vermelha, apresentam um alto grau de risco climático a quase todos os perigos de forma acentuada, ou seja, apresentam alto grau de exposição, alto nível de sensibilidade e baixíssima capacidade de adaptação às mudanças climáticas e seus impactos em Fortaleza.

Contudo, a situação é ainda mais crítica em um cenário futuro, considerando as projeções climáticas já apresentadas, bem como os indicadores de densidade demográfica futura, em um horizonte para 2040.

MAPA DO ÍNDICE DE RISCO CLIMÁTICO FUTURO EM FORTALEZA - CE



Legenda

Índices de Risco Climático Futuro

- Índice 3 - Médio
- Índice 4 - Médio a Alto
- Índice 5 - Alto
- Grandes equipamentos / Áreas não habitadas

Figura 64: Mapa do Índice de Risco Climático Futuro em Fortaleza. Fonte: Elaboração própria

Conforme pode ser observado nos mapas a seguir, existe um quadro tendencial ao agravamento do risco climático, com redução considerável do número de bairros com baixo ou com baixo à médio risco climático, o que por consequência traz uma ampliação do risco para uma grande área da cidade.

Na sequência de mapas a seguir pode se comparar de forma mais detalhada as áreas de risco de acordo com o nível de risco, podendo-se verificar que:

— Atualmente fortaleza possui 09 bairros com baixo índice de risco às mudanças climáticas. Em um horizonte de tempo até 2040 a projeção demonstra que não haverá mais bairros com baixo índice (Figura 65);

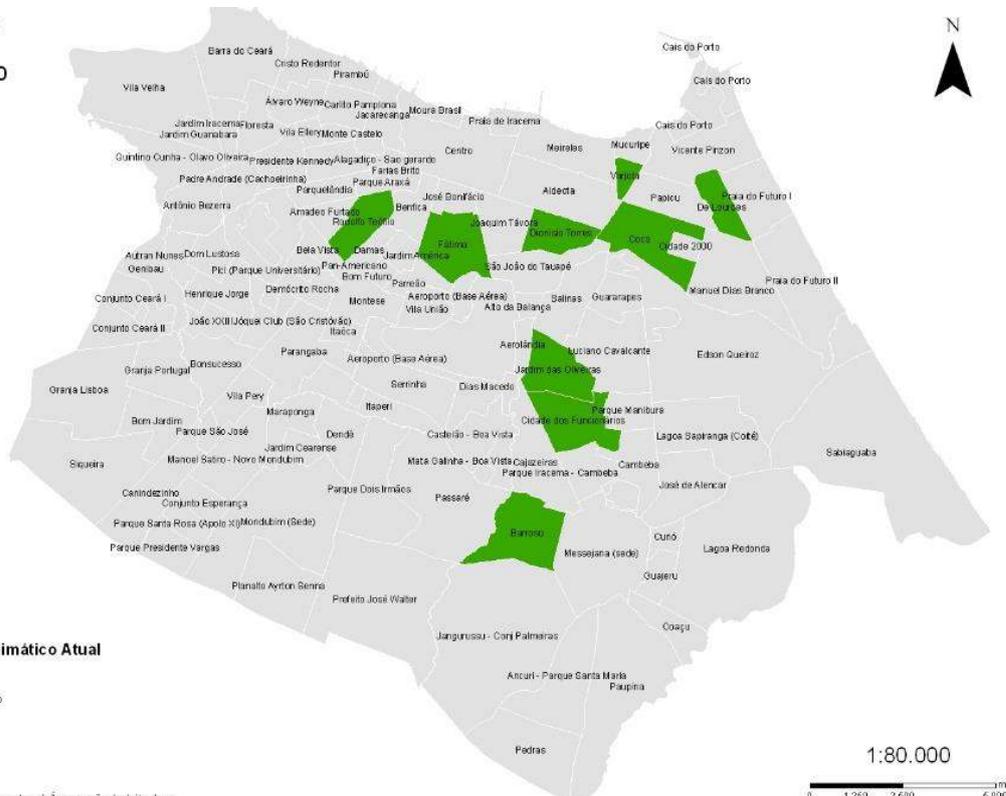
MAPA DOS BAIRROS COM BAIXO ÍNDICE DE RISCO CLIMÁTICO ATUAL

Fortaleza - Ce

Legenda

Índices de Risco Climático Atual

- 1 - Baixo
- 2 - Baixo a Médio
- 3 - Médio
- 4 - Médio a Alto
- 5 - Alto
- Grandes equipamentos / Áreas não habitadas



MAPA DOS BAIRROS COM BAIXO ÍNDICE DE RISCO CLIMÁTICO FUTURO - 2040

Fortaleza - Ce

Legenda

Índices de Risco Climático

- 1 - Baixo
- 2 - Baixo a Médio
- 3 - Médio
- 4 - Médio a Alto
- 5 - Alto
- Grandes equipamentos / Áreas não habitadas

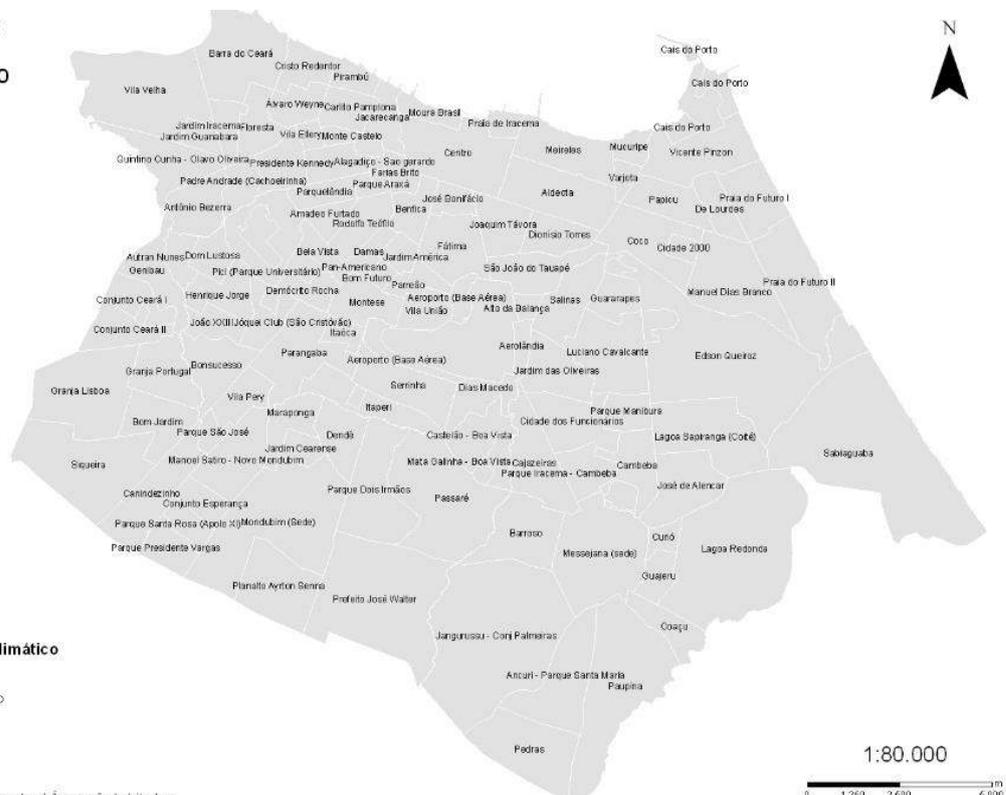


Figura 65: Comparativo entre bairros com baixo risco climático atual e futuro. Fonte: Elaboração própria

— Atualmente fortaleza possui 16 bairros com baixo à médio índice de risco às mudanças climáticas. Em um horizonte de tempo até 2040 também se projeta que não haverá mais bairros com este índice de risco (Figura 66);

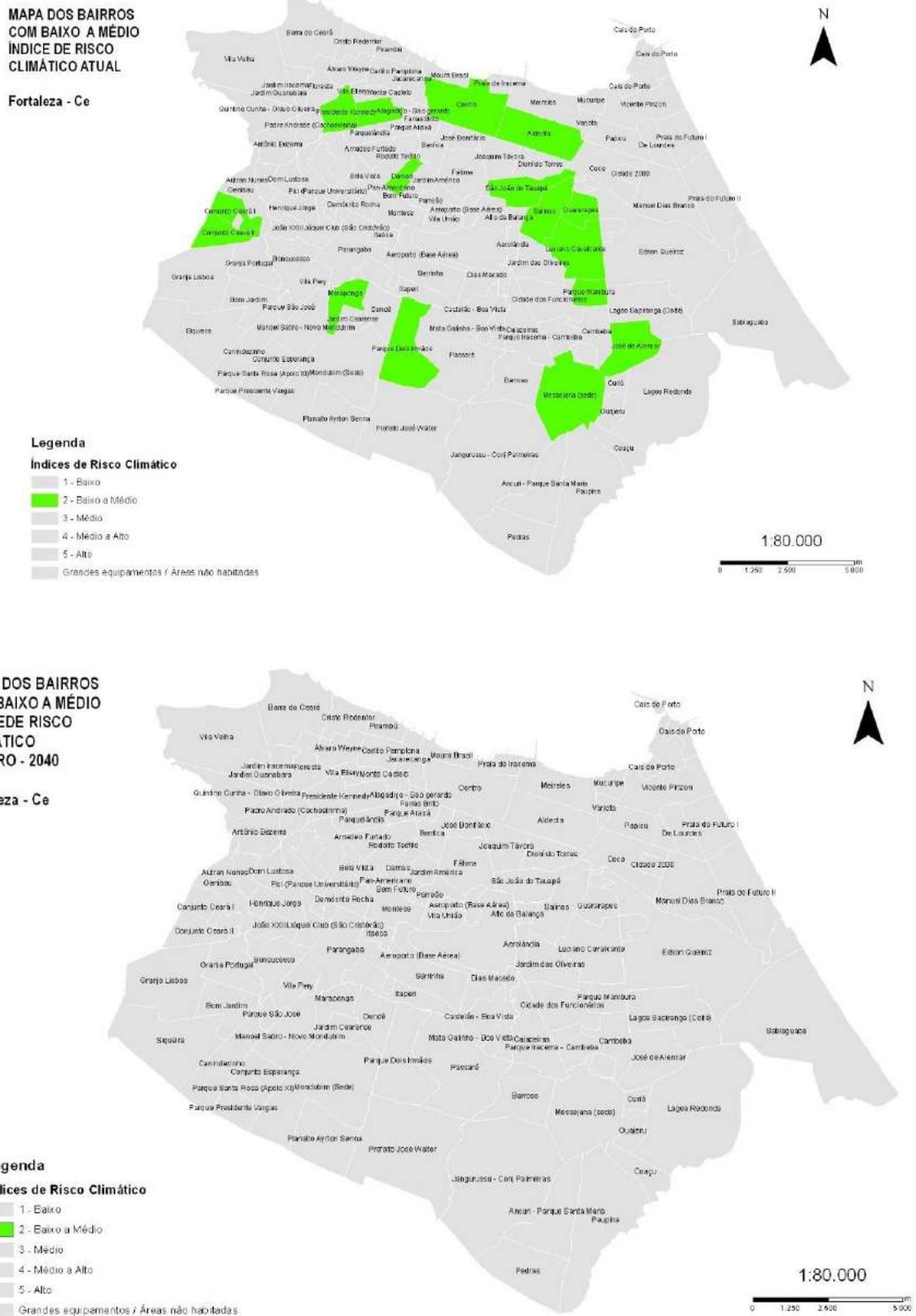


Figura 66: Comparativo entre bairros com baixo à médio risco climático atual e futuro. Fonte: Elaboração própria

— Conforme projeção realizada, os bairros que atualmente estão classificados com índices “baixo” ou “baixo a médio”, totalizando 25 bairros, passarão a ter índice 3, ou seja, médio risco às mudanças climáticas no cenário futuro. Observa-se também que os bairros que atualmente são classificados com médio risco deixarão de ser classificados nesse nível de risco (Figura 67);

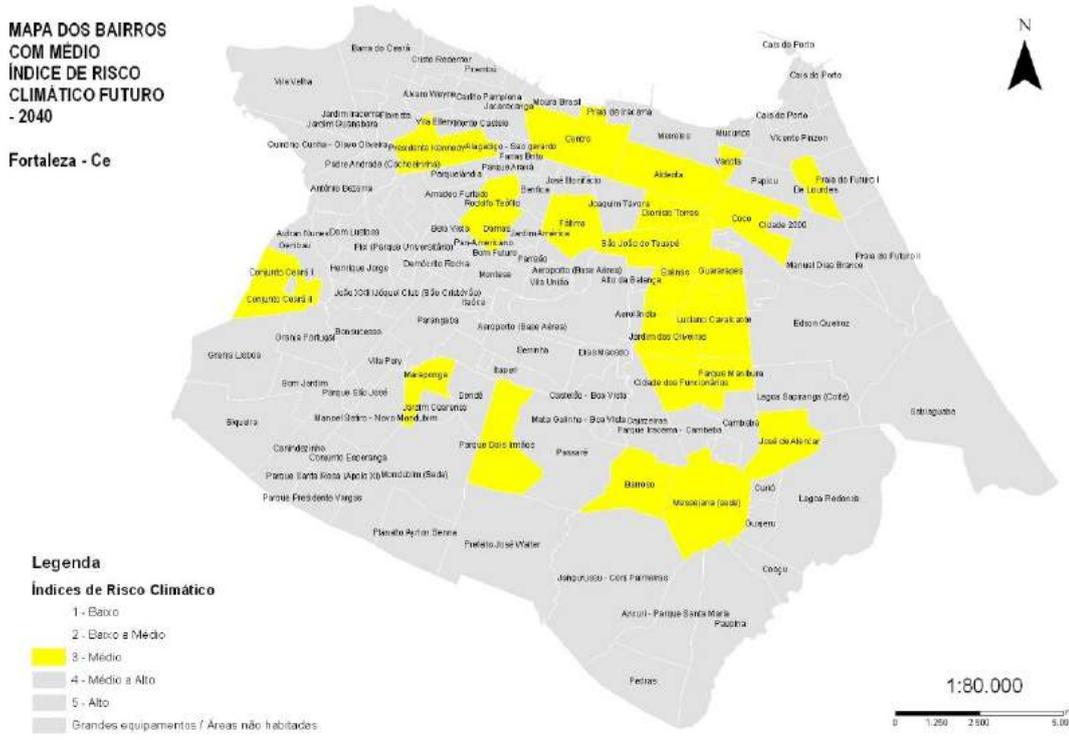
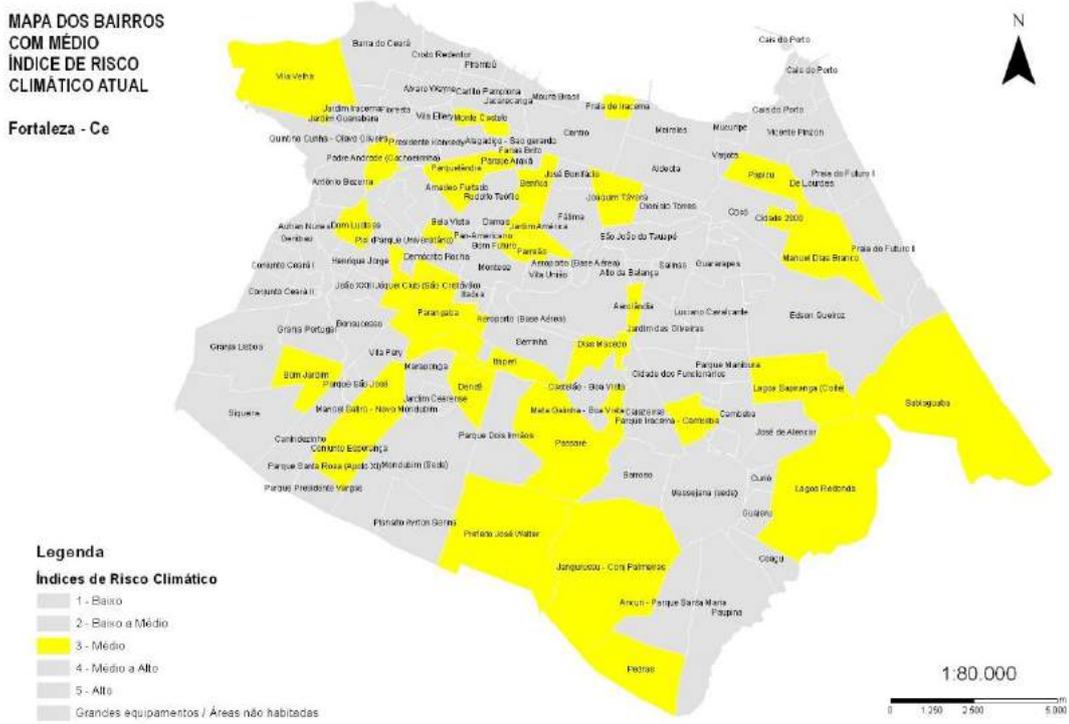


Figura 67: Comparativo entre bairros com médio risco climático atual e futuro. Fonte: Elaboração própria

— Atualmente fortaleza possui 43 bairros com médio à alto índice de risco às mudanças climáticas. Em um horizonte de tempo até 2040 poderão ser 35 bairros, ocorrendo uma redução devido a alteração da grande quantidade de bairros para índice 5, ou seja, alto índice de risco às mudanças climáticas (Figura 68);

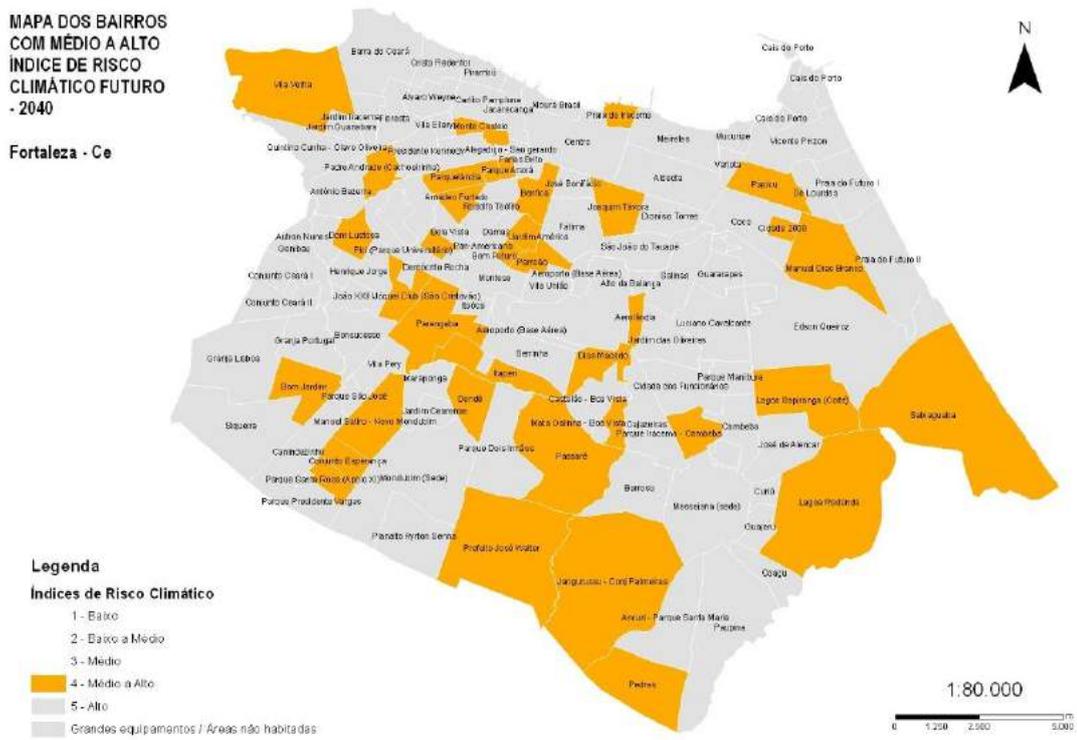
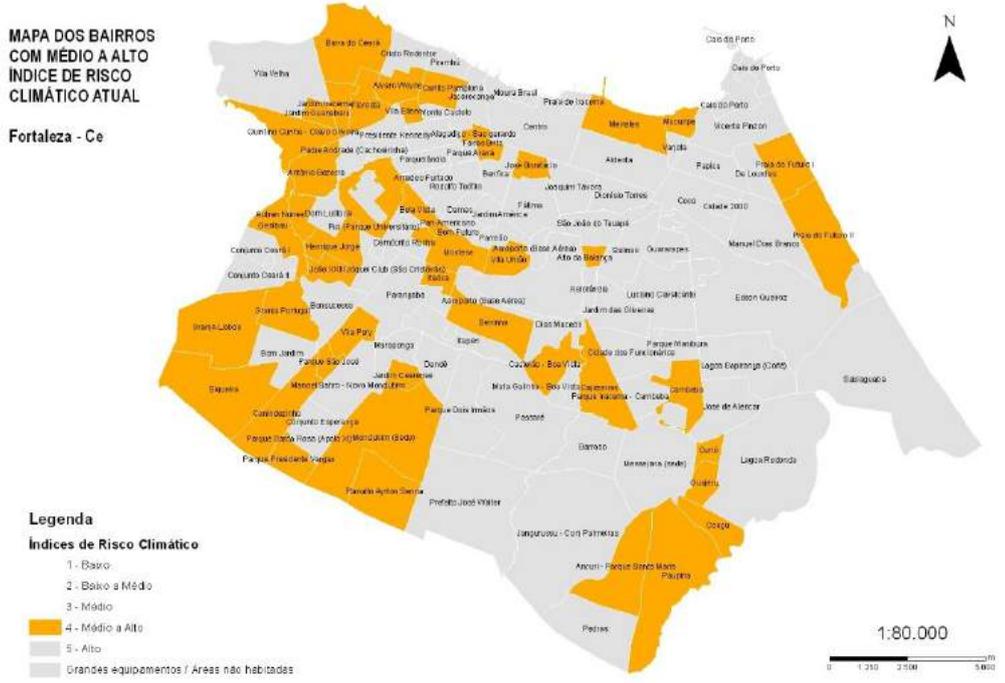


Figura 68: Comparativo entre bairros com médio à alto risco climático atual e futuro. Fonte: Elaboração própria

— Conforme pode-se observar na sequência, são atualmente 11 bairros em alto Índice de Risco Climáticos, os quais poderão chegar a pelo menos 55 bairros num horizonte até 2040 (Figura 69).

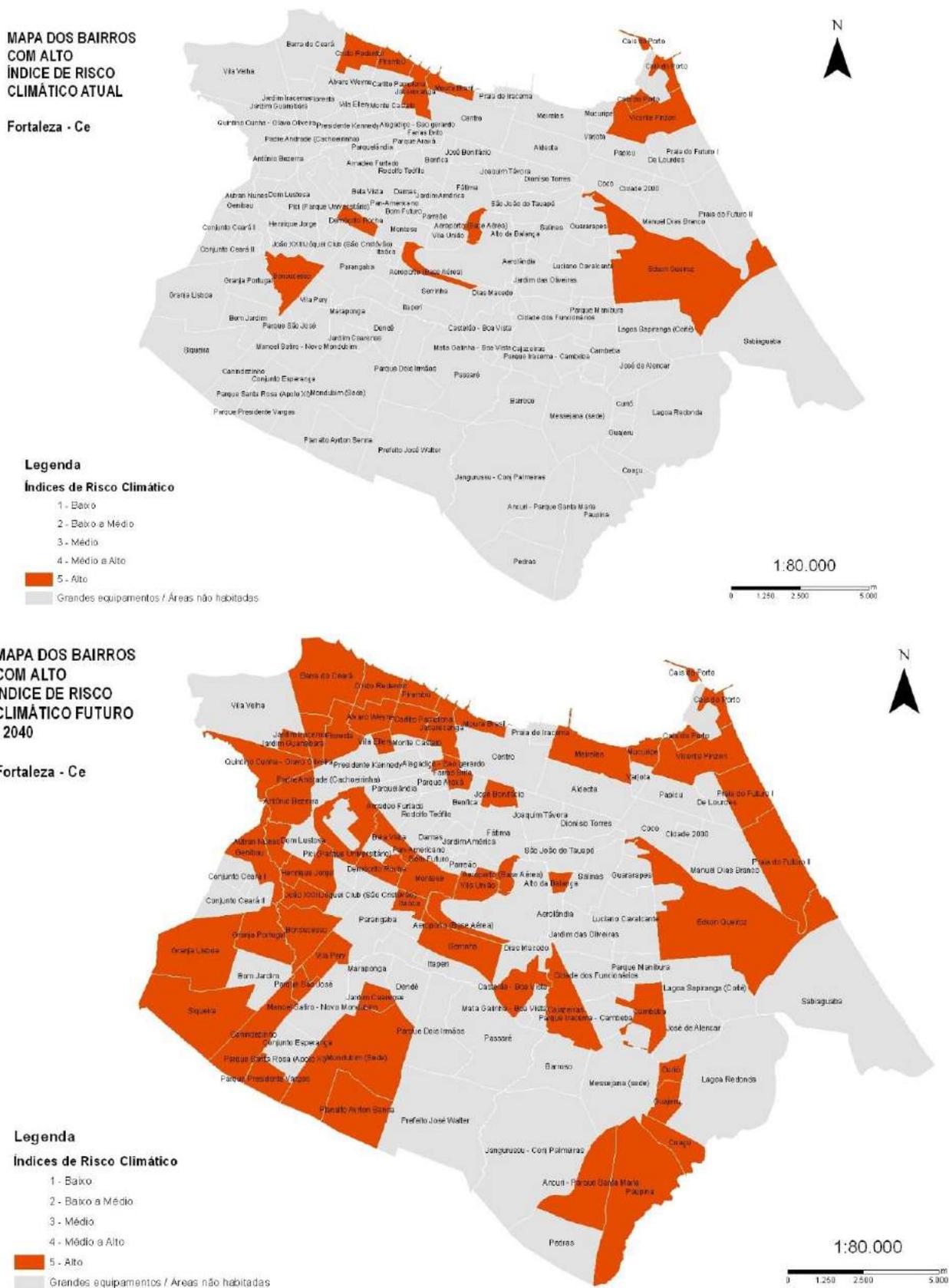


Figura 69: Comparativo entre bairros com alto risco climático atual e futuro. Fonte: Elaboração própria

Merecem destaque os bairros que atualmente são considerados como áreas críticas, uma vez que somam os maiores níveis de exposição, sensibilidade e com uma baixa capacidade de adaptação. Estas áreas são denominadas *hotspots* e são aquelas para as quais deverão ser priorizadas ações emergenciais e também de planejamento para adaptação futura.

Atualmente as áreas são representadas por 22 bairros, cujos índices de risco são de médio a alto e alto, distribuídos da seguinte maneira, de acordo com as áreas de gestão e planejamento (Regionais):

- Bairros da Regional 1 – Cristo Redentor; Pirambu; Jacarecanga; e Moura Brasil;
- Bairros da Regional 2 – Cais do Porto; Vicente Pinzón; e Praia do Futuro 1;
- Bairros da Regional 3 – Quintino Cunha/Olavo Oliveira; Autran Nunes; Henrique Jorge; Pici; Bonsucesso;
- Bairros da Regional 4 – Couto Fernandes; Demócrito Rocha; Aeroporto; e Serrinha.
- Bairros da Regional 5 – Granja Lisboa; Granja Portugal; Canindezinho; e Parque São José.
- Bairros da Regional 6 – Curió e Edson Queiroz.

O bairro Centro é também a regional de mesmo nome e não foi classificado como *hotspot*, uma vez que consta dentre os bairros com baixo a médio índice de risco às mudanças climáticas.

Vale ressaltar que todas as medidas de adaptação necessárias para estes pontos dependerão não apenas de projetos e medidas de infraestrutura, mas também de aspectos relacionados à redução das desigualdades socioeconômicas, além da criação de mecanismos de educação ambiental que possa ampliar a percepção de risco e capacidade de adaptação e resiliência da população.

6.3 Mapa de *hotspots* atuais e futuros

Na sequência estão os mapas de *hotspots* atuais e de *hotspots* projetados num cenário até 2040 caso não sejam implantadas políticas e medidas efetivas de adaptação às mudanças climáticas para os perigos aqui identificados.

**MAPA DE HOTSPOTS
ATUAIS POR
REGIONAL**

FORTALEZA - CE

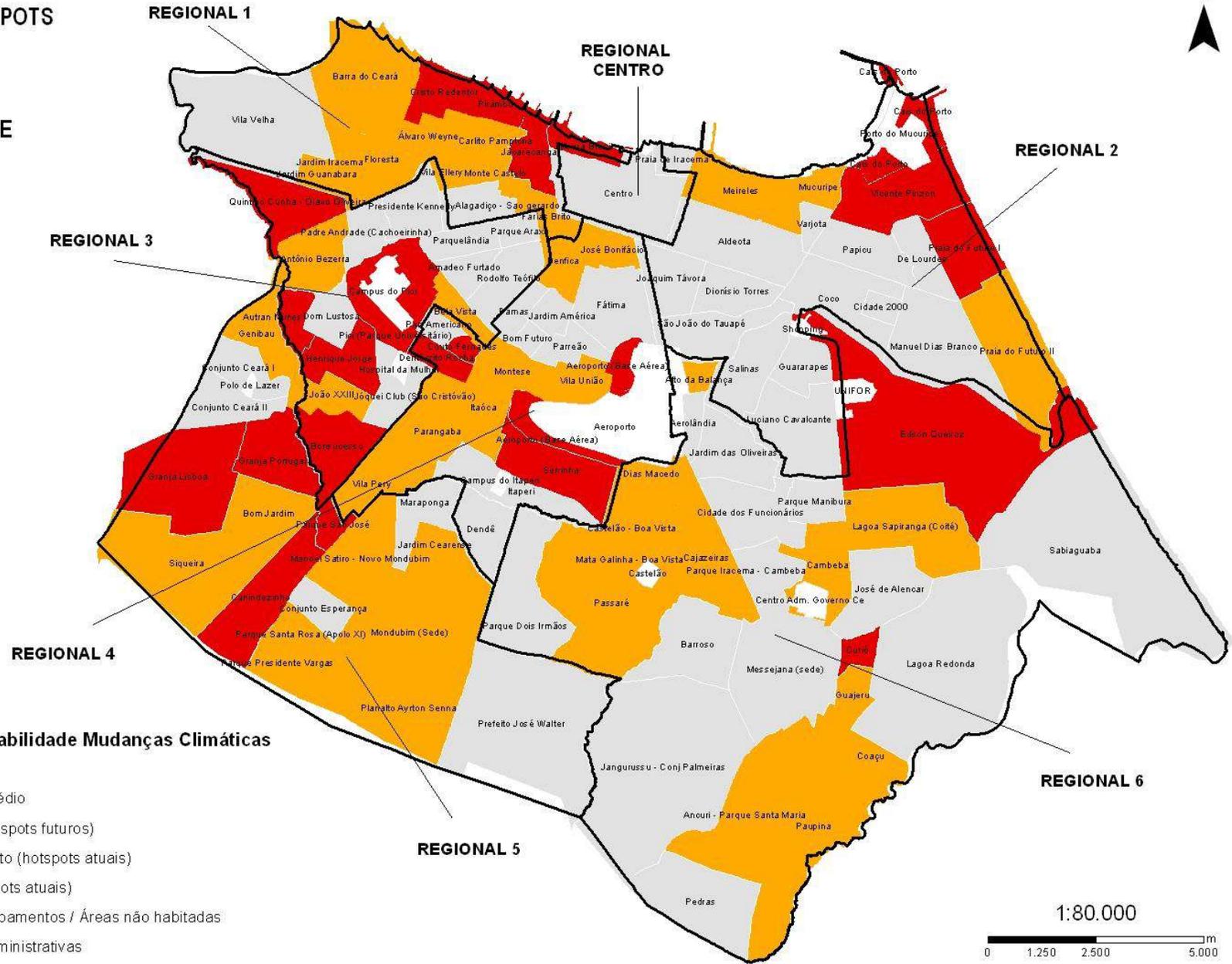


Figura 70: Mapa de hotspots de Fortaleza em um horizonte até 2040. Fonte: Elaboração própria

MAPA DE HOTSPOTS
FUTUROS (ATÉ 2040)
POR REGIONAL

FORTALEZA - CE

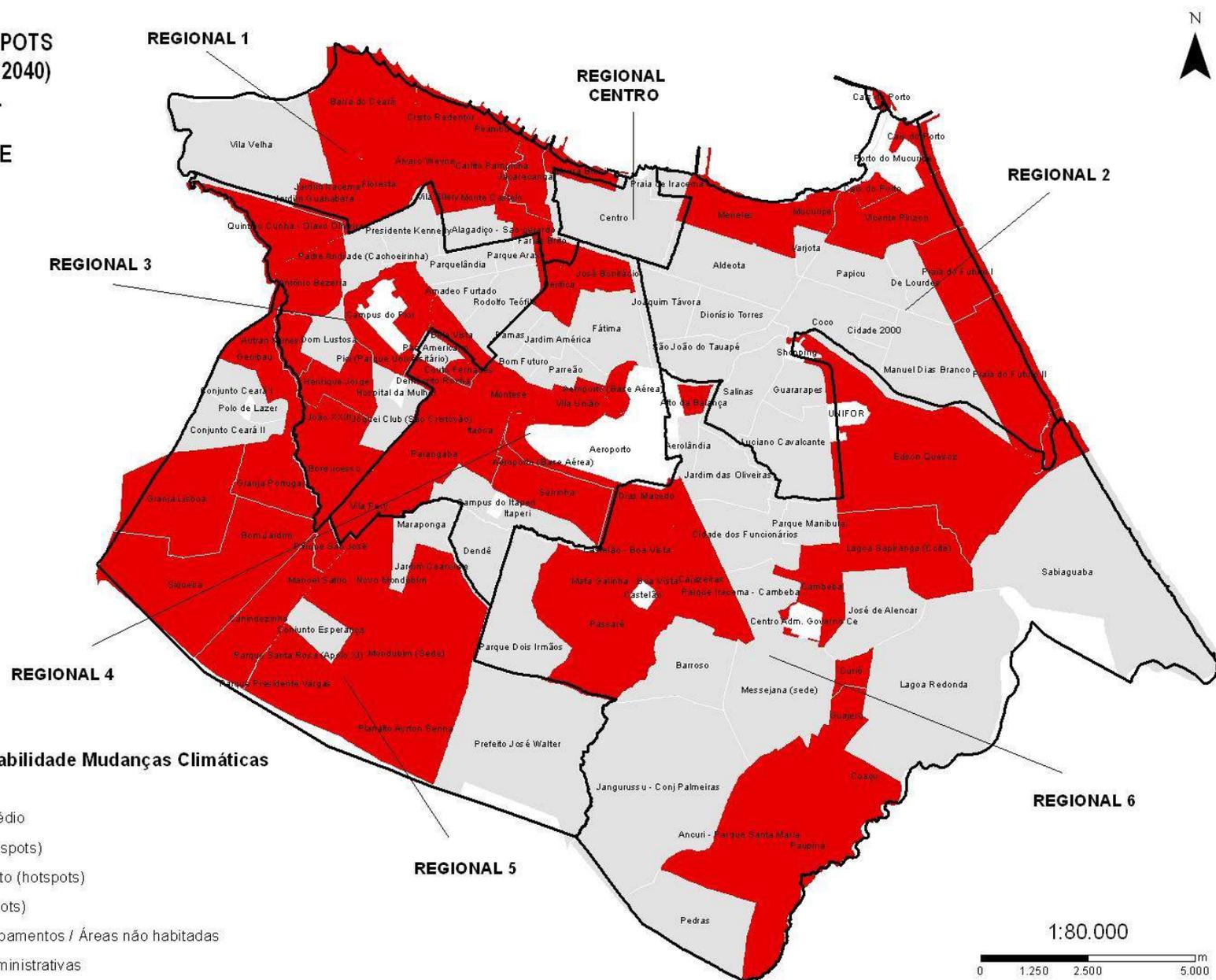


Figura 71: Mapa de hotspots de Fortaleza em um horizonte até 2040. Fonte: Elaboração própria

7. Considerações e Próximos passos

A oportunidade de mensurar a vulnerabilidade de uma cidade proporciona tanto para a municipalidade como para seus habitantes, a chance de expandir o entendimento geral sobre o meio ambiente e mais especificamente sobre as mudanças climáticas. A modernidade em que estamos inseridos não permite mais proselitismos acerca do tema. A ação já se faz necessária. Mudanças ambientais causadas por mudanças climáticas já podem ser observadas e suas consequências experimentadas nas mais diferentes localidades do globo.

Fortaleza, embora muito próspera e em constante desenvolvimento, ainda apresenta flagrantes desafios tanto do ponto de vista ambiental quanto social. O tema “Mudanças Climáticas”, aquém de sua relevância mundial, ainda não alcançou lugar de destaque no planejamento institucional dos órgãos responsáveis, nem no dia a dia da população, e essa negligência, já pode ser sentida pela população mais pobre.

Este estudo, além de delimitar ações, apresenta áreas mais suscetíveis e aponta pontos críticos. Isto representa uma guinada na forma como a cidade encara essa temática, a qual não pode ser ignorada. A partir de agora, pode-se, de forma mais assertiva, delinear ações e planejamentos a fim de atualizar a cidade, quanto às suas políticas relacionadas a essas mudanças.

O mapeamento e a indicação dos *hotspots* revela as áreas do território cujos índices de risco são elevados em uma situação crítica dentro das condições climáticas atuais e futuras, e por essa razão, deve-se entendê-las como prioritárias tomando como objetivo a redução dos danos e impactos previstos e listados a seguir:

- Desenvolvimento da cidade: pode-se prever elevados prejuízos sociais, econômicos e ambientais aliados a uma baixa resiliência após eventos climáticos extremos. Caso as condições extremas permaneçam por um período maior, corre-se o risco de não haver possibilidade de recuperação dos danos ambientais, além dos riscos reais de perdas de vidas humanas.
- Infraestrutura: além dos prejuízos financeiros aos recursos públicos, também existe todo um período de transtornos à população durante o período de recuperação destes danos, além do risco de ocorrência de novos eventos, sendo, portanto, necessário que novas infraestruturas sejam pensadas para aumentar a resiliência e a capacidade de adaptação.
- Saúde: embora Fortaleza possua um amplo sistema de saúde, com diversas unidades em funcionamento, não se obteve informações quanto à capacidade de atendimento, sobretudo no caso de agravamentos trazidos pelas mudanças climáticas.
- Recursos hídricos e disponibilidade de água: as áreas destacadas em laranja e vermelho no mapa correm riscos relacionados tanto à disponibilidade de água para consumo humano, quanto riscos relacionados à qualidade da água.
- Unidades de conservação/Áreas preservadas: para estas mesmas áreas, também se pode prever possibilidade de perda biodiversidade e desequilíbrios nos ecossistemas cujos impactos secundários poderão ser sentidos pela população no meio urbano.

Para as demais áreas, com coloração amarela no mapa de risco climático, o risco previsto é mediano e em geral estão muito mais relacionados a exposições mais gerais tais como o aumento da temperatura e as secas, uma vez que não existem grandes riscos relacionados às situações pontuais tais como ressacas do mar, inundações, dentre outros. Ou, quando esta exposição é elevada, as condições socioeconômicas conseguem contribuir para amenizar o risco.

Com base nas análises dos resultados inicia-se a fase de identificação de projetos

recomendados e projetos prioritários que venham a compor um Plano de Adaptação para a cidade de Fortaleza com o objetivo de aumentar a capacidade adaptativa da cidade às mudanças climáticas, especialmente aos perigos mais críticos, e com isso reduzir possíveis danos e impactos negativos no futuro.

Tomando como base os índices apresentados, deve-se identificar medidas de adaptação que permitem reduzir os riscos nas áreas identificadas. As medidas serão elaboradas tomando como referência os exemplos internacionais de medidas de adaptação em cidades.

Para os riscos identificados se determina possíveis medidas de adaptação que serão complementadas e discutidas com a municipalidade de Fortaleza e a mesa técnica, com o objetivo de determinar medidas concretas que permitam reduzir a vulnerabilidade da cidade de Fortaleza e que serão implementadas pela municipalidade, além de outros atores em curto e médio prazos.

Com as medidas identificadas é possível estabelecer um Plano de Adaptação para o município, cujo objetivo fundamental seja reduzir os níveis de riscos às mudanças climáticas e também de ampliar sua capacidade de resiliência.

Este plano também deverá ser objetivo de construção participativa, ao mesmo tempo em que deverá ser pautado nas práticas exitosas realizadas em todo o mundo, havendo as devidas adaptações à realidade local.

Considerações sobre o processo de elaboração deste estudo

Desenvolver um estudo com a complexidade e as dimensões exigidas pelo Índice de Vulnerabilidade as Mudanças Climáticas – IVCC requer, além de um grande preparo da equipe realizadora, dedicação não somente dos técnicos, mas também de especialistas, dos órgãos públicos e da sociedade. O IVCC tem em sua gênese a necessidade de coparticipação. Não há maneira diferente de realizá-lo, senão com a contribuição de toda a sociedade sobre a qual ele discorre.

Dito isto, devemos entender o IVCC como um produto de muitas mãos. Muitos contribuíram para a elaboração do que aqui está apresentado, e tudo o que foi apresentado demonstra essa pluralidade de conceitos, opiniões, saberes e fazeres.

Baseado nessa pluralidade de contribuições, pode-se afirmar que tanto o processo quanto o resultado são testemunhas das facilidades e das dificuldades de trabalhar em grupo. Sendo assim, pode-se apontar pontos fortes e pontos a melhorar no decorrer do processo e também no próprio produto apresentado aqui.

Fortaleza é uma jovem cidade que em 2019 completará 293 anos. Somente dessa informação desvelam-se muitas questões: trata-se de uma cidade em construção, não somente estrutural, de ruas, prédios, avenidas e bairros; é também uma cidade em busca de uma identidade e culturas próprios, que de alguma maneira já se manifestam em diferenciação com qualquer outra cidade, mas que também expõem lacunas em seu planejamento e desenvolvimento.

Ser uma capital no nordeste do Brasil impõe certas características ao local (Fortaleza além de nordestina, está à beira mar), e, em relação a Fortaleza, isso fica evidente na necessidade de desenvolvimento acelerado e contínuo para atender as demandas turísticas, e também na necessidade de diferenciação das outras cidades costeiras do Nordeste. Essas características refletem diretamente no planejamento realizado a longo prazo, ou na falta dele.

Um dos principais desafios encontrados para a realização do IVCC foi exatamente a falta de planejamento a longo prazo. A cidade realizou em 2016 o Plano Fortaleza 2040, primeira iniciativa de planejamento de longo prazo, mas que no momento ainda se encontra dando os primeiros

passos na implementação das ações propostas. E esse é o único instrumento que versa sobre a cidade tendo como base uma visão sistêmica e complexa.

Não há outros documentos que abranjam um horizonte longo de planejamento, tampouco há quaisquer indicadores relacionados às mudanças climáticas, o que trouxe para a equipe de consultoria um esforço redobrado no sentido de criar uma metodologia capaz de refletir sua condição de risco e vulnerabilidade em relação a este tema. Mesmo para os temas para os quais se obteve informações adaptáveis para indicadores, por vezes estes não eram territorialmente especializados.

Deve-se ainda apontar como um fator de dificuldade para a execução do trabalho, a não integração entre os órgãos municipais, o que dificulta a busca por informações, planos e projetos. Alguns órgãos têm interface compartilhada, mas não em todos os aspectos, o que não possibilita a difusão das informações.

Ainda como desafio a ser superado, têm-se a não participação ou a recusa de alguns entes governamentais no processo de construção do índice. Alguns representantes não disponibilizaram informações importantes, recusando-se a participar do processo. Isso prejudicou algumas das avaliações e diagnósticos da cidade, visto que, em alguns casos, a instituição que não disponibilizou as informações, é a detentora da *expertise* no assunto de que trata. Tais dificuldades foram enfrentadas por toda a equipe envolvida no processo, buscando soluções para o preenchimento das lacunas apresentadas.

Como ponto forte, pode-se afirmar que a participação dos diversificados setores da sociedade foram determinantes para o desenvolvimento do processo. Tanto a prefeitura, quanto o terceiro setor e a sociedade civil dispensaram tempo e conhecimento para a elaboração do estudo.

Muitos atores sociais comprometeram-se em todas as fases executadas para a elaboração do Informe 1, em especial os participantes da Mesa Técnica, o que transparece no resultado final, que é ao mesmo tempo técnico e plural, contemplando vários aspectos da sociedade fortalezense.

Com a elaboração desse estudo, Fortaleza pode agora contar com uma compilação sólida acerca das Mudanças Climáticas, algo que não estava disponibilizado anteriormente, e que poderá embasar novas pesquisas e estudos em um futuro próximo.

A possibilidade de olhar a cidade através do prisma das Mudanças Climáticas, além de possibilitar uma nova compreensão da sociedade sobre o tema, traz uma nova forma de se entender a cidade e suas formas de existir. O IVCC demarca um ponto de não retorno, onde a partir dele deve-se obrigatoriamente pensar Fortaleza sobre um novo prisma, agregando não apenas desafios, mas também soluções para uma convivência mais harmônica.

Referências

ADAPTA – Assessoria Ambiental e Pesquisa. Índice de Vulnerabilidade aos Desastres Naturais Relacionados às Secas no contexto da mudança do clima. 2017.

ANTUNES, C.; TABORDA, R. Sea level at Cascais tide gauge: data, analysis and results. J. 2009. Coastal Research SI 56 (1) pp. 218-222.

CALLIARI, L.J., MUEHE, D., HOEFEL, F.G.; TOLDO JR. E.E. Morfodinâmica praial: uma breve revisão. 2003. Revista Brasileira de Oceanografia, 50: 63-78.

CAMPOS, José Nilson B.. Secas e políticas públicas no semiárido: ideias, pensadores e períodos. Estud. av., São Paulo, v. 28, n. 82, p. 65-88, Dec. 2014. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142014000300005&lng=en&nrm=iso. Acesso: 29.03.2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142014000300005>.

CAMPOS, José Nilson B.; PINHEIRO, Maria Inês Teixeira; SILVA, Arnaldo Pinheiro; STUDART, Ticiania M. de Carvalho. Conflitos pelo uso da água no Estado do Ceará: o estudo de caso do vale do Rio Carás. 2005. Disponível em: http://www.deha.ufc.br/ticiania/Arquivos/Publicacoes/Congressos/2005/Conflitos_de_uso_da_aqua_Ceara_SILUSBA_30_03_2005.pdf. Acesso: 03.04.2018

CEARÁ. Plano Ceará 2050: Diagnóstico de Recursos Hídricos. 2018. Disponível em: <http://www.fastef.ufc.br/portal/wp-content/uploads/2018/07/ESTUDO-SETORIAL-ESPECIAL-%E2%80%93-RECURSOS-HIDRICOS.pdf>

CEARÁ. Plano Estratégico dos Recursos Hídricos do Ceará. 2009. Disponível em: https://www.al.ce.gov.br/index.php/publicacoes_inesp?download=161:inesp-pub-rec-hidricos. Acesso: 16.03.2018

CEARÁ. Plano de Segurança Hídrica da Região Metropolitana de Fortaleza. 2016. Disponível em: https://www.cagece.com.br/downloads/cagece_pshrmf.pdf. Acesso: 16.03.2018.

CEARÁ. Projeto Áridas. Disponível em <http://repositorio.iica.int/bitstream/11324/3112/1/BVE31087006080p.pdf>. 1994

CHURCH, J.A., P.U. Clark, A. Cazenave, J.M. Gregory, S. Jevrejeva, A. Levermann, M.A. Merrifield, G.A. Milne, R.S. Nerem, P.D. Nunn, A.J. Payne, W.T. Pfeffer, D. Stammer and A.S. Unnikrishnan, 2013: Sea Level Change. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Diário do Nordeste. Disponível em: <http://diariodonordeste.verdesmares.com.br/>

Diário do Nordeste. Fortaleza não depende apenas do Açude Castanhão para o seu abastecimento. 2017. Disponível em: <http://diariodonordeste.verdesmares.com.br/cadernos/cidade/fortaleza-nao-depende- apenas-do-acude-castanhao-para-seu-abastecimento-1.1839562>. Acesso: 19.03.2018

FORTALEZA 2040. Prefeitura Municipal de Fortaleza. Plano Fortaleza 2040: qualidade do meio ambiente e dos recursos naturais. Fortaleza: Iplanfor, 2016. Disponível em: http://fortaleza2040.fortaleza.ce.gov.br/site/assets/files/publications/fortaleza2040_volume-6-qualidade-do-meio-ambiente-e-dos-recursos-naturais_06-03-2017.pdf. Publicado em 2016.

FUNCEME. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Disponível em <http://www.funceme.br/>. Acesso em 2018.

GAN, M.A e KOUSKY, V.E. Um Estudo Observacional sobre as Baixas Frias da Alta Troposfera nas Latitudes Subtropicais do Atlântico Sul e Leste do Brasil. INPE, São José dos Campos, SP, 1986

(PDF) *Principais Sistemas Atmosféricos Atuantes Sobre a Região Nordeste do Brasil e a Influência dos Oceanos Pacífico e Atlântico no Clima da Região*. Available from: https://www.researchgate.net/publication/268446608_Principais_Sistemas_Atmosfericos_Atua_ntes_Sobre_a_Regiao_Nordeste_do_Brasil_e_a_Influencia_dos_Oceanos_Pacifico_e_Atlantico_no_Clima_da_Regiao [accessed Oct 01 2018].

G1. Disponível em: <https://g1.globo.com/>

GUERRA, R. G. P. Vulnerabilidade costeira a eventos de alta energia no Litoral de Fortaleza, Ceará. 2014. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) - Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/17611>>. Acesso: 27.03.2018

HARLEY, M.D., TURNER, I.L., SHORT, A.D.; RANASINGHE, R. Inter -Annual Variability and Controls of the Sydney Wave Climate. 2009. International Journal of Climatology, doi: 10.1002/joc. Disponível em: <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/joc.1962> .> Acesso: 27.03.2018

HISTORY. Disponível em <https://seuhistory.com/hoje-na-historia/e-fundada-cidade-de-fortaleza>. Acesso em 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/fortaleza/panorama>>. 2010.

IGBP. Segurança hídrica para um planeta sob pressão. Transição para a sustentabilidade: desafios interligados e soluções. 2012. Disponível em: http://www3.inpe.br/igbp/arquivos/Water_FINAL_LR-portugues.pdf. Acesso: 27.03.2018

INPH - Instituto de Pesquisas Hidroviárias. Relatório final de medições de ondas (Nº013/2002). Rio de Janeiro, 2002. 62 p.

INPH - Instituto de Pesquisas Hidroviárias. Relatório final dos estudos em modelo físico reduzido de agitação do Porto do Pecém-CE (Nº71/96). Rio de Janeiro, 1996. 38 p.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home2/index>

IPCC (2007) Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007 Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen,

IPCC (2012) Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, e P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido e Nova York, NY, Estados Unidos da América, 582 págs.

IPCC (2013a) Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

IPCC (2013b) Annex I: Atlas of Global and Regional Climate Projections [van Oldenborgh, G.J., M. Collins, J. Arblaster, J.H. Christensen, J. Marotzke, S.B. Power, M. Rummukainen and T. Zhou (eds.)]. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

IPCC (2014) Summary for policymakers. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L.White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1-32.

IPECE. Os Recursos Hídricos do Ceará: integração, gestão e potencialidades. 2011. Disponível em: <http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/Recursos_Hidricos_do_Ceara.pdf>. Acesso: 28.03.2018

IPECE. Perfil Básico Municipal de Fortaleza. 2017. Disponível em: <http://www.ipece.ce.gov.br/perfil_basico_municipal/2017/Fortaleza.pdf> Acesso: 28.03.2018.

IPLANFOR. Instituto de Planejamento de Fortaleza. Relatório da ZEIS. (Acervo Geoanalysis). 2015

JOHANSSON, Rosa Maria Formiga; MELO, Marília Carvalho de. O CONCEITO EMERGENTE DE SEGURANÇA HÍDRICA. Sustentare, Três Corações, v. 1, n. 1, p.72 -92, ago./dez. 2017. Disponível em: <http://periodicos.unincor.br/index.php/sustentare/article/view/4325/pdf_5>. Acesso: 28.03.2018

Jornal O Povo. Disponível em: <https://www.opovo.com.br/>

KNMI Climate Explorer. Disponível em: <https://climexp.knmi.nl/start.cgi>

MAIA, Alexandre Aguiar Maia (Org). Legislação de recursos hídricos do Estado do Ceará: coletânea e comentários. Fortaleza: Konrad Adenauer, 2004. 203p.: Disponível em: http://www.kas.de/wf/doc/kas_14368-544-1-30.pdf?080814173831. Acesso: 28.03.2018

MAIA, Alexandre Aguiar. Legislação ambiental do Estado do Ceará. Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer, 2007. 504 p. Disponível em: http://www.semace.ce.gov.br/wp-content/uploads/2011/10/coletanea_de_legislacao_ambiental.pdf. Acesso: 01.12.2017

M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.) Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

MELO, E., ALVES, J. H. G. M., JORDEN, V., ZAGO, F. Instrumental confirmation of the arrival of North Atlantic Swell to the Ceará coast. In: Proceedings of the 4th International Conference on Coastal and Port Engineering in Developing Countries – COPEDEC IV, Rio de Janeiro, Brazil, p. 1984-1996. 1995.

MENDONÇA, F. Riscos e vulnerabilidades socioambientais urbanos- a contingência climática. 153 -163p. Mercator. Fortaleza, Revista de Geografia da UFC, volume 9, número especial (1), 2010.

MENDONZA, E. T., Jiménez, J. A. Regional vulnerability analysis of Catalan beaches to storm. Maritime Engineering, v. 162, p. 127-135, 2009.

MESQUITA, AR. Sea Level Variations Along the Brazilian Coast: A Short Review. Journal of Coastal Research, 35:21-31. 2003.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA), Ministério da Integração Nacional, WWF-Brasil. Índice de vulnerabilidade aos desastres naturais relacionados às secas no contexto da mudança do clima. Brasília. DF: MMA, 2017.

MORAIS, J. O. Aspectos de geologia ambiental costeira do município de Fortaleza (Estado do Ceará). Tese de professor titular, Universidade Federal do Ceará, pp. 249. 1980.

MORAIS, J. O. Processos e Impactos Ambientais em Zonas Costeiras. Revista de Geologia da UFC, Fortaleza-CE, v.9, p 191-242. 1996.

MOURA, M. O. O clima urbano da cidade de Fortaleza sob o nível do campo térmico. 2008. 318 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

MUEHE, D, ROSMAN, PCC (2011) A Orla Costeira da Região Metropolitana do Rio de Janeiro: Impactos das Mudanças Climáticas sobre o Meio Físico. Relatório Megacidades, Vulnerabilidade e Mudanças Climáticas: Região Metropolitana de Rio de Janeiro. Projetos Megacidades, Vulnerabilidade e Mudanças Climáticas, Rio de Janeiro, 125 pp.

MUEHE, D (Org.), (2006) Erosão e progradação do litoral brasileiro. Ministério do Meio Ambiente (MMA) e Programa de Geologia e Geofísica Marinha (PGGM). Brasília, DF: MMA/PGGM, 476 pp.

MUEHE, D; NEVES, CF (1995) Potential impacts of sea level rise on the metropolitan region of Recife, Brazil, Journal of Coastal Research, 14:116-131. 1995.

O POVO. Jornal. Disponível em <https://www20.opovo.com.br/app/opovo/dom/2015/04/04/noticiasjornaldom,3417763/a-historia-de-fortaleza-antes-do-aniversario-oficial.shtml>. 2015

PAULA, D. P. Análise dos riscos de erosão costeira no litoral de Fortaleza em função da vulnerabilidade aos processos geogênicos e antropogênicos. Tese (Doutorado em Ciências do Mar). Universidade do Algarve. 2012.

PAULA, D.P., de Moraes, J.O., Ferreira O., Dias J.A.: Análise histórica das ressacas do mar no litoral de Fortaleza (Ceará, Brasil): Origem, Características e Impactos. In: Davis Pereira de Paula & j. Alveirinho Dias (orgs), *Ressacas do Mar / temporais e Gestão Costeira*, pp. 173-201, Editora Premium, Fortaleza, CE, Brasil. ISBN: 978-85-7924-440-7. 2015.

SHORT, A.D. Beach and nearshore facies: Southeast Australia.- *Mar. Geol.* 60: 261-282; Amsterdam, Oxford, New York, Tokio.(Elsevier). 1984

SOUZA NETO, Gabriel Moisés de. IMPACTOS DO AUMENTO DO NÍVEL MÉDIO DO MAR EM ALGUMAS CAPITAIS DO NORDESTE BRASILEIRO, E SUAS CONSEQUÊNCIAS AMBIENTAIS. 2009. 60 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2009.

SRH. Secretaria de Recursos Hídricos. Áreas hidrogeológicas de Fortaleza. (Acervo Geoanalysis). 2008.

SULLYANDRO, O.G. Projeções de Mudanças Climáticas sobre o Nordeste Brasileiro dos Modelos do CMIP5 e do CORDEX. 2005. Dissertação apresentada ao Curso do Mestrado Acadêmico em Ciências Físicas Aplicadas da Universidade Estadual do Ceará. 2015

Tribuna do Ceará. Disponível em: <http://tribunadoceara.uol.com.br/>. 2018

VAN DE KREEKE, J. e ZIMMERMAN, J.T.F. Gravitational Circulation in well – and partially mixed estuaries. Dronkers, J. & van Leussen, W. (eds). *Physical processes in estuaries*. Springer-Verlag, N. Y., 1988.

WINGE, M. *et. al.* 2001- 2018. Glossário Geológico Ilustrado. Disponível em: <<http://sigep.cprm.gov.br/glossario/>>. Acesso: 09 de abril de 2018