

PLANO DE ADAPTAÇÃO DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Carlos Alberto Muniz

Secretário Municipal de Meio Ambiente - SMAC

Nelson Moreira Franco

Gerente de Mudanças Climáticas e Desenvolvimento Sustentável

Prof. Emilio Lèbre La Rovere

Coordenador Centro Clima/Coppe/UFRJ

COORDENAÇÃO

Prof. EMILIO LEBRE LA ROVERE - Coordenação Geral - Centro Clima/COPPE/UFRJ

DENISE DA SILVA DE SOUSA - Coordenação Técnica - Centro Clima/COPPE/UFRJ

CENÁRIOS CLIMÁTICOS

Wanderson Luiz Silva - CEPEL

PROPENSÃO À INUNDAÇÃO

Prof. Marcelo G. Miguez - COPPE/UFRJ

Francis Miranda - COPPE/UFRJ

Osvaldo Rezende - COPPE/UFRJ

Anna Beatriz C. Franco - COPPE/UFRJ

Flavia Sipres - COPPE/UFRJ

Lilian Yamamoto - COPPE/UFRJ

Dearley Brito Liberato - COPPE/UFRJ

SUSCEPTIBILIDADE A ESCORREGAMENTOS

Prof. Mauricio Ehrlich - COPPE/UFRJ

Thiago Martins - COPPE/UFRJ

ONDAS E ILHAS DE CALOR

Prof. Luiz Claudio Pimentel - Meteorologia/UFRJ

Mauricio Soares - Meteorologia/UFRJ

Nilton Moraes - Meteorologia/UFRJ

Corbiniano Silva - Meteorologia/UFRJ

Anselmo Pontes - Meteorologia/UFRJ

ELEVAÇÃO NMM/PRAIAS/BAÍAS/LAGOAS

Prof. Cláudio Neves - COPPE/UFRJ

Maria Clara Albuquerque Moreira - COPPE/UFRJ

ELEVAÇÃO NMM/COMPLEXO LAGUNAR DE JACAREPAGUÁ

Prof. Paulo Cesar Colona Rosman - COPPE/UFRJ

Monica Young RJ - COPPE/UFRJ

Laura Aguilera - COPPE/UFRJ

MOBILIDADE URBANA

Daniel Oberling - CentroClima/COPPE/UFRJ

Édipo Ázaro - Centro Clima/COPPE/UFRJ

Adriano Bandeira - IME

URBANIZAÇÃO/HABITAÇÃO

Angela Maria Gabriella Rossi - PEU/POLI/UFRJ

Bárbara César Barros - Centro Clima/COPPE/UFRJ

CENÁRIO DE MUDANÇA DE USO E COBERTURA SOLO

Prof. Cláudio Egler – Prof. Sênior/UFGD - Prof. Colaborador/UFRJ

SAÚDE

Prof. Martha Barata - FIOCRUZ

Diana Marinho - FIOCRUZ

André Perisse - FIOCRUZ

Cristina Costa Neto - FIOCRUZ

Felipe Vommaro - FIOCRUZ

INFRAESTRUTURA

Heliana Vilela de Oliveira - Centro Clima/COPPE/UFRJ

Vivien Green Short Baptista - Centro Clima/COPPE/UFRJ

ATIVOS AMBIENTAIS

Giovannini Luigi - Centro Clima/COPPE/UFRJ

Grabriela Ushida - Centro Clima/COPPE/UFRJ

CONTEXTO DA CIDADE

■ POPULAÇÃO

- 6.5 milhões de habitantes
- Elevada densidade nas baixadas e taxa de urbanização
- 1.035 favelas

■ DIVERSIDADE PAISAGÍSTICA

- Maciços, praias, lagoas, baías → “Capital Verde”

■ INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE

- Implantação de BRT, BRS, serviço de bicicletas compartilhadas

■ ECONOMIA

- PIB (2011) – 91,0 bilhões (2º maior do Brasil)

■ TRANSFORMAÇÕES URBANÍSTICAS – Grandes eventos internacionais

- Copa do Mundo (2014)
- Jogos Olímpicos e Paralímpicos (2016)



LEGADO

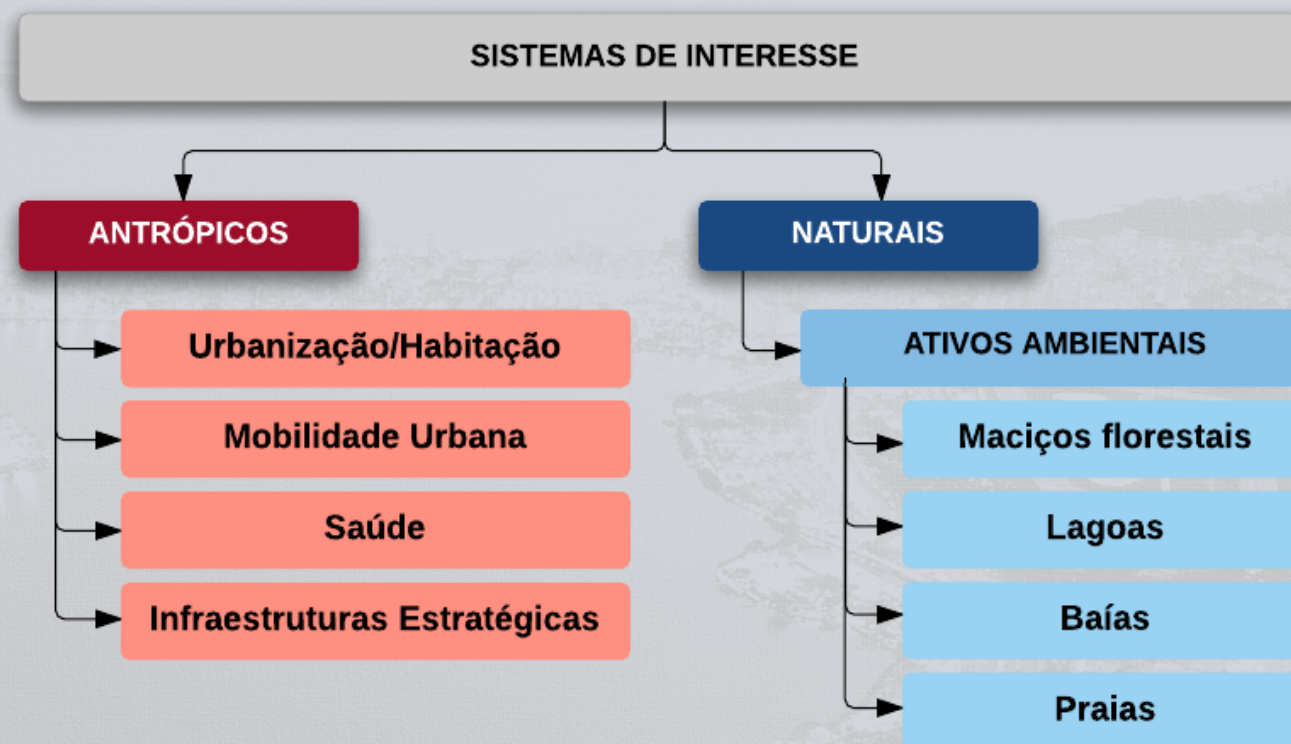


GERAL

- Fornecer subsídios à Prefeitura da CRJ para a implementação do Plano de Adaptação às Mudanças Climáticas

ESPECÍFICO

- Avaliar a **vulnerabilidade** de sistemas de interesse antrópicos e naturais, considerando o clima presente e futuro
- Identificar e selecionar **iniciativas de adaptação**



A **Gerência de Mudanças Climáticas e Desenvolvimento Sustentável**, da Secretaria Municipal de Meio Ambiente – SMAC/PCRJ, estabeleceu estreita parceria com o Centro Clima/COPPE/UFRJ, a partir de 2000, com o objetivo de fortalecer a **Agenda Climática** no **Planejamento da Cidade**. Desde então, foram desenvolvidos diversos estudos sobre mitigação e adaptação, bem como fornecidos cursos e subsídios para a elaboração de **Políticas, Planos, Programas e Projetos**

MITIGAÇÃO e ADAPTAÇÃO



2000

Inventário/Evolução de Emissões de Gases do Efeito Estufa do Município do Rio de Janeiro

2010

Centro de Operações Rio - COR

Inventário/Evolução de Emissões de Gases do Efeito Estufa do Município do Rio de Janeiro

2011

Política Municipal de Mudanças Climáticas e Desenvolvimento Sustentável

Plano de Ação Municipal para Redução das Emissões de Gases de Efeito Estufa

2015

Programa Rio Resiliente

Plano de Adaptação da Cidade do Rio de Janeiro às Mudanças Climáticas - ETA/PA

2009

Elaboração da Atualização do Inventário das Emissões de Gases de Efeito Estufa do Município do Rio de Janeiro

2012

Atualização do Inventário das Emissões de Gases de Efeito Estufa do Município do Rio de Janeiro

Atualização do Plano de Ação Municipal para Redução das Emissões de Gases de Efeito Estufa

2013

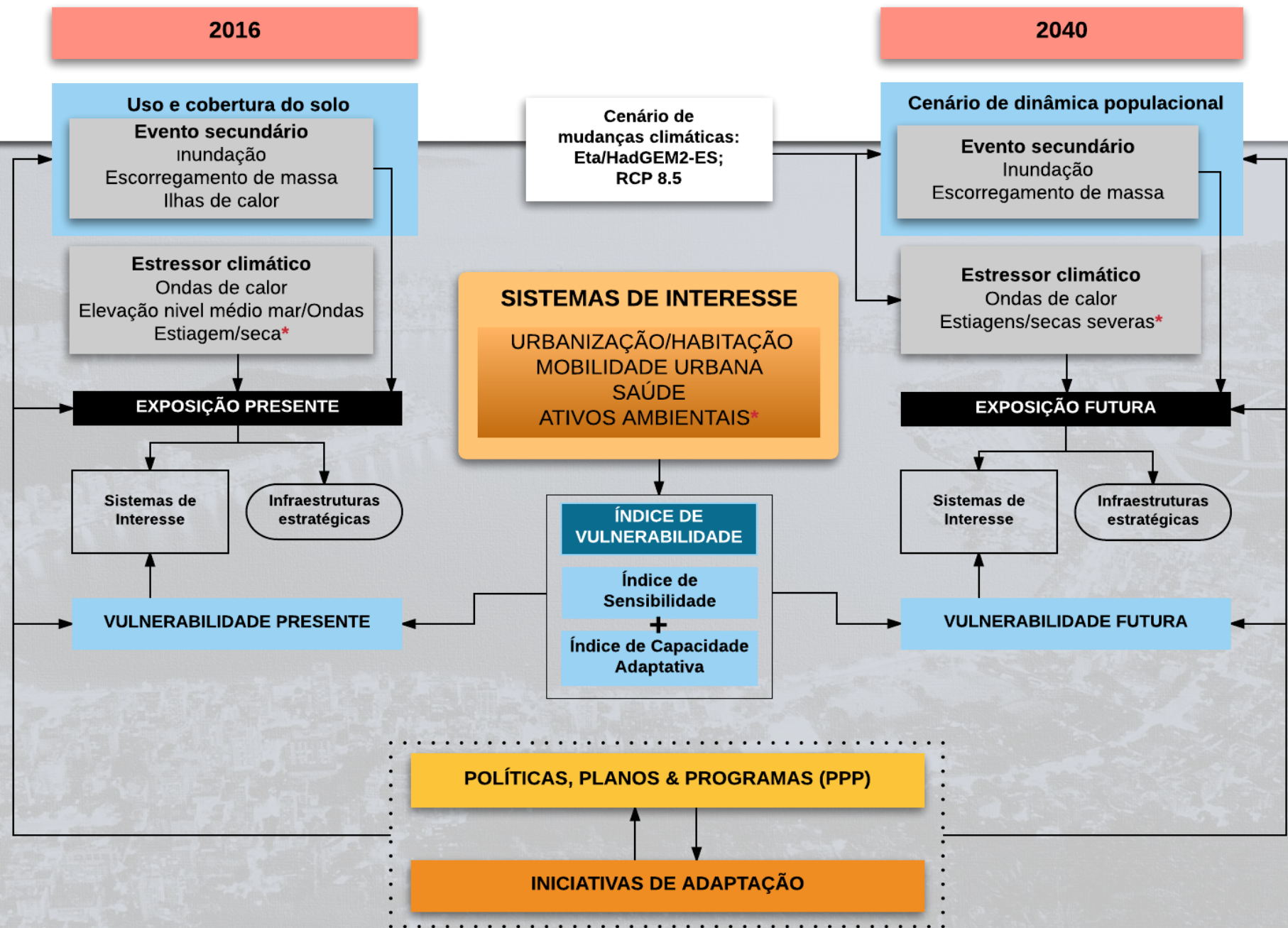
Balanco Energético da Cidade do Rio de Janeiro

Diagnóstico de Resíduos Sólidos da Cidade do Rio de Janeiro

2016

Atualização do Inventário de Emissões de Gases do Efeito Estufa do Município do Rio de Janeiro

DIAGRAMA CONCEITUAL



PROCESSO CONSTRUTIVO

PLANEJAMENTO

ETAPA 1

- ❑ Reunião de abertura (*kick-off*)
- ❑ Levantamento de planos de adaptação às mudanças climáticas em cidades
- ❑ Identificação preliminar de objetivos, escopo e resultados esperados
- ❑ Identificação preliminar das partes interessadas
- ❑ Definição do escopo e Comitê Gestor (CG)

DESENVOLVIMENTO

ETAPA 2

- ❑ Construção de fluxogramas de causa-efeito
- ❑ Definição de indicadores de Sensibilidade e Capacidade Adaptativa
- ❑ Montagem de questionários (adaptado do modelo multicritério AHP)
- ❑ Aplicação dos questionários
- ❑ Análise dos resultados
- ❑ Construção dos índices de Sensibilidade, Capacidade Adaptativa e Vulnerabilidade

ETAPA 3

- ❑ **Mapeamento de perigos**
 - Índice de suscetibilidade à inundação
 - Índice pluviométrico crítico para escorregamento de massa
 - Ondas de calor e identificação de ilhas de calor
 - Ondas e elevação do nível médio do mar (NMM)
- ❑ Cenário de Mudanças Climáticas (Eta/HadGEM2-ES; RCP 8.5)
- ❑ Cenário de dinâmica populacional (2040)
- ❑ Estudo de caso-piloto Bacia do Rio Guerengüê-Aroio Pavuna – Lagoas de Jacarepaguá

ETAPA 4

- ❑ **Avaliação da exposição e vulnerabilidade**
 - Exposição presente
 - Vulnerabilidade presente
 - Vulnerabilidade presente e futura
 - Levantamento de Políticas, Planos e Programas (PPP)

WORKSHOP

- ❑ Apresentação dos resultados preliminares da Avaliação de Vulnerabilidade
- ❑ Coleta de contribuições para a elaboração das Estratégias de Adaptação

ESTRATÉGIAS

ETAPA 5

- ❑ Conclusões da Avaliação de Vulnerabilidades
- ❑ Levantamento de iniciativas de adaptação em Planos de cidades
- ❑ Pré-seleção de iniciativas de adaptação
- ❑ Definição de linhas e iniciativas de adaptação

CENÁRIOS CLIMÁTICOS – Modelagem climática

MODELO

- Eta/HadGEM2-ES
(Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE)

RESOLUÇÃO ESPACIAL

- 5 km

VARIÁVEIS CLIMÁTICAS

- Precipitação (PRCP)
- Temperatura (TP2M)

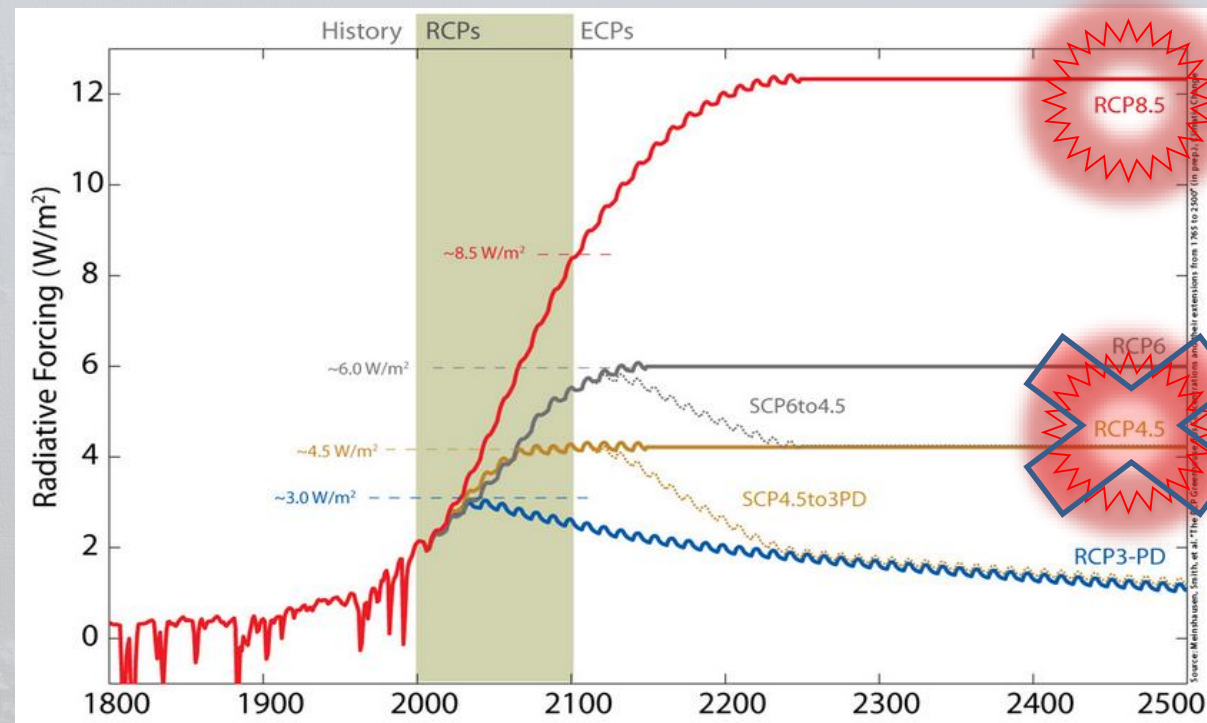
PERÍODOS DE INTEGRAÇÃO

- Presente: 1961-1990
- Futuro: 2011-2040

CENÁRIO CLIMÁTICO

- RCP 8.5

Representação dos cenários utilizados pelo AR5/IPCC



RCP 4.5 → $1,8 \pm 0,5$ °C ($\Delta T = 1,1-2,6$ °C)

RCP 8.5 → $3,7 \pm 0,7$ °C ($\Delta T = 2,6-4,8$ °C)

Baseline 1986-2005; **Futuro:** 2081-2100

CENÁRIOS CLIMÁTICOS – Índices de extremos climáticos

INDICADORES DE EXTREMOS CLIMÁTICOS

TEMPERATURA

TMAXmean

TMINmean

TXx

TNx

TX90p

TN90p

SU25

TR20

PRECIPITAÇÃO

WSDI

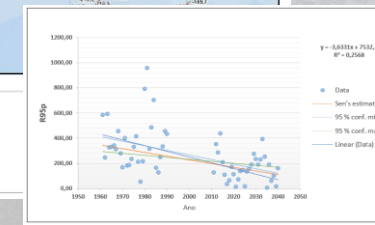
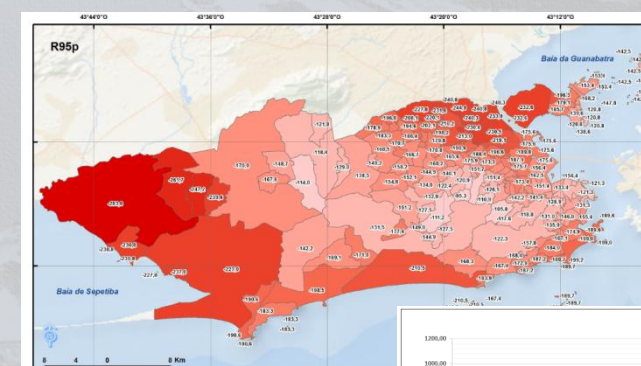
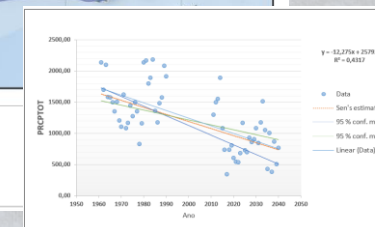
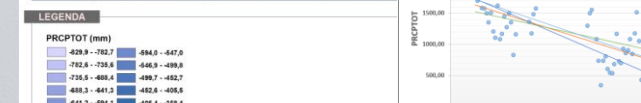
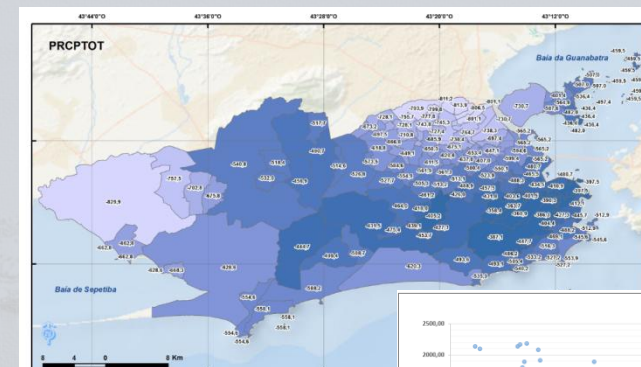
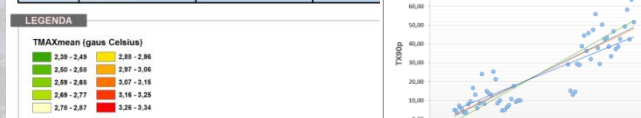
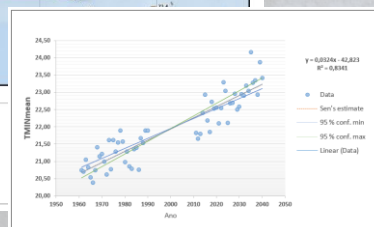
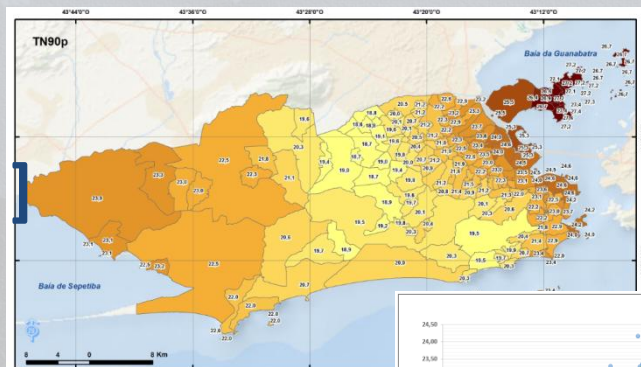
PRCPTOT

CDD

RX1day

R95p

R30mm





RIO
PREFEITURA



Centro Clima
CENTRO DE ESTUDOS INTEGRADOS SOBRE
MEIO AMBIENTE E MUDANÇAS CLIMÁTICAS

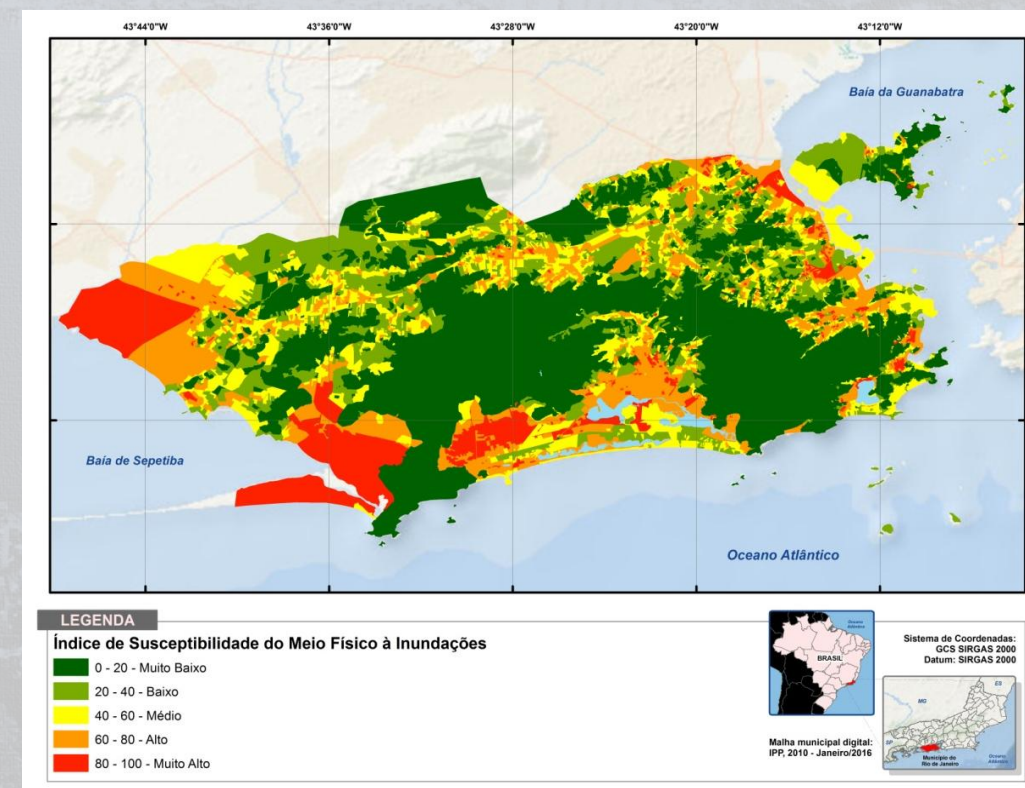
PERIGOS

SUSCETIBILIDADE À INUNDAÇÃO

- Mapear a suscetibilidade do meio físico à ocorrência de inundação fluvial
→ **ISMFI**: Índice de Susceptibilidade do Meio Físico à Inundação, que representa, **qualitativamente**, as áreas propensas frente a eventos de precipitação

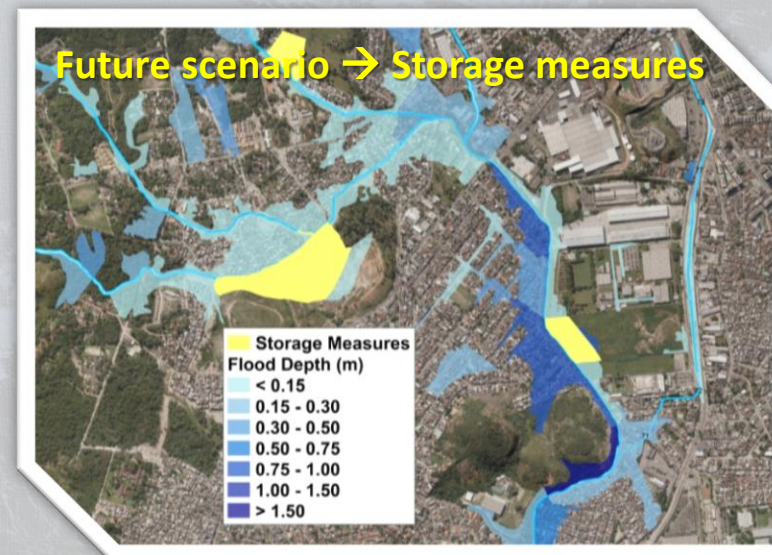
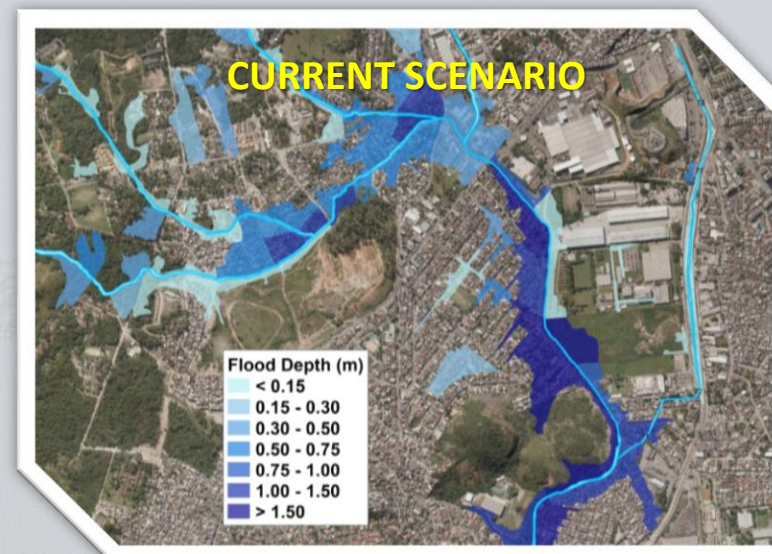
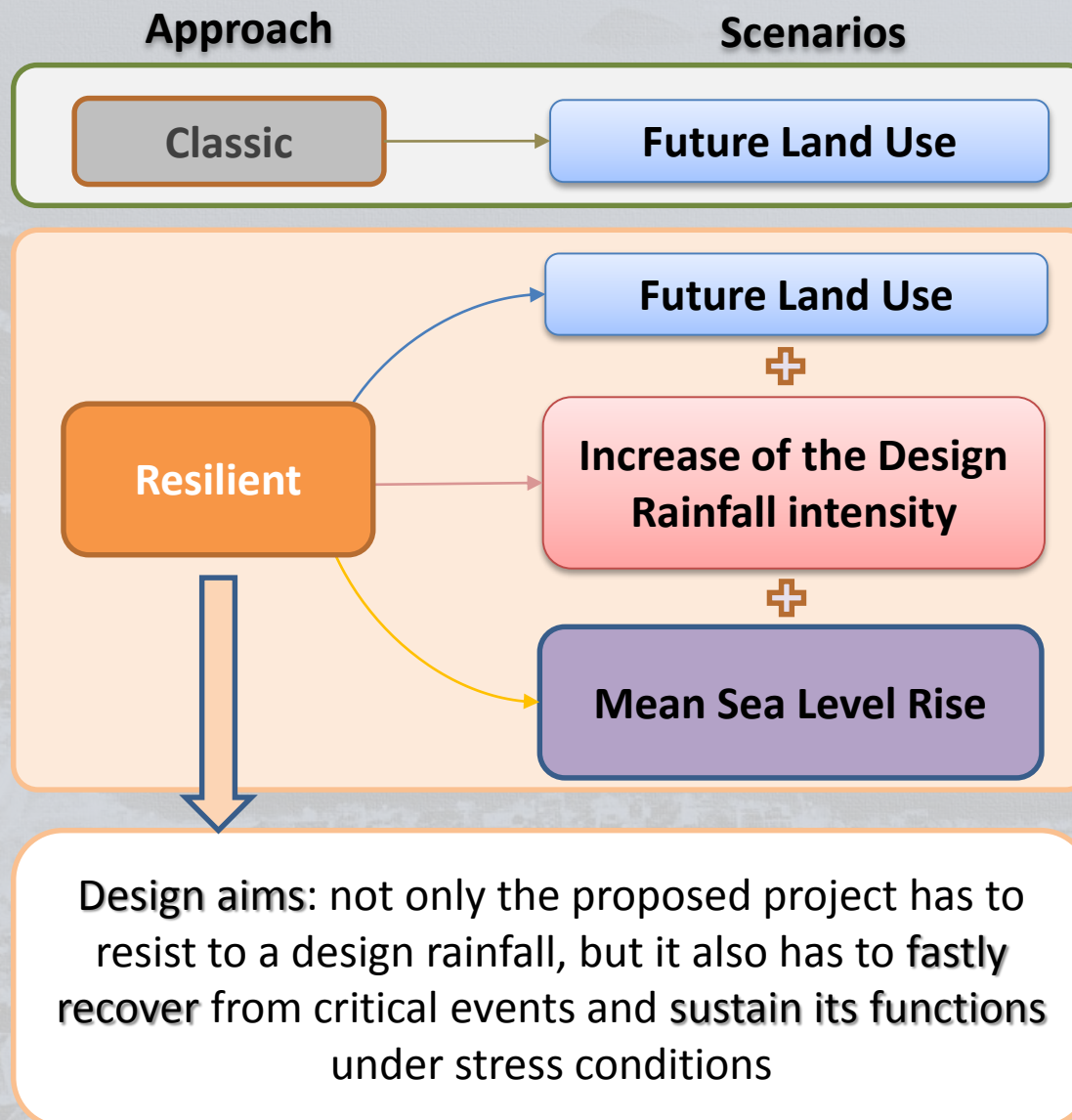
FATORES FÍSICOS AVALIADOS:

- DECLIVIDADE - IDEC
- COTA ALTIMÉTRICA ABSOLUTA - ICA
- IMPERMEABILIZAÇÃO DO SOLO - IIMP
- PROXIMIDADE DE CURSO D'ÁGUA - IPROX



SUSCETIBILIDADE À INUNDAÇÃO – Estudo de caso-piloto

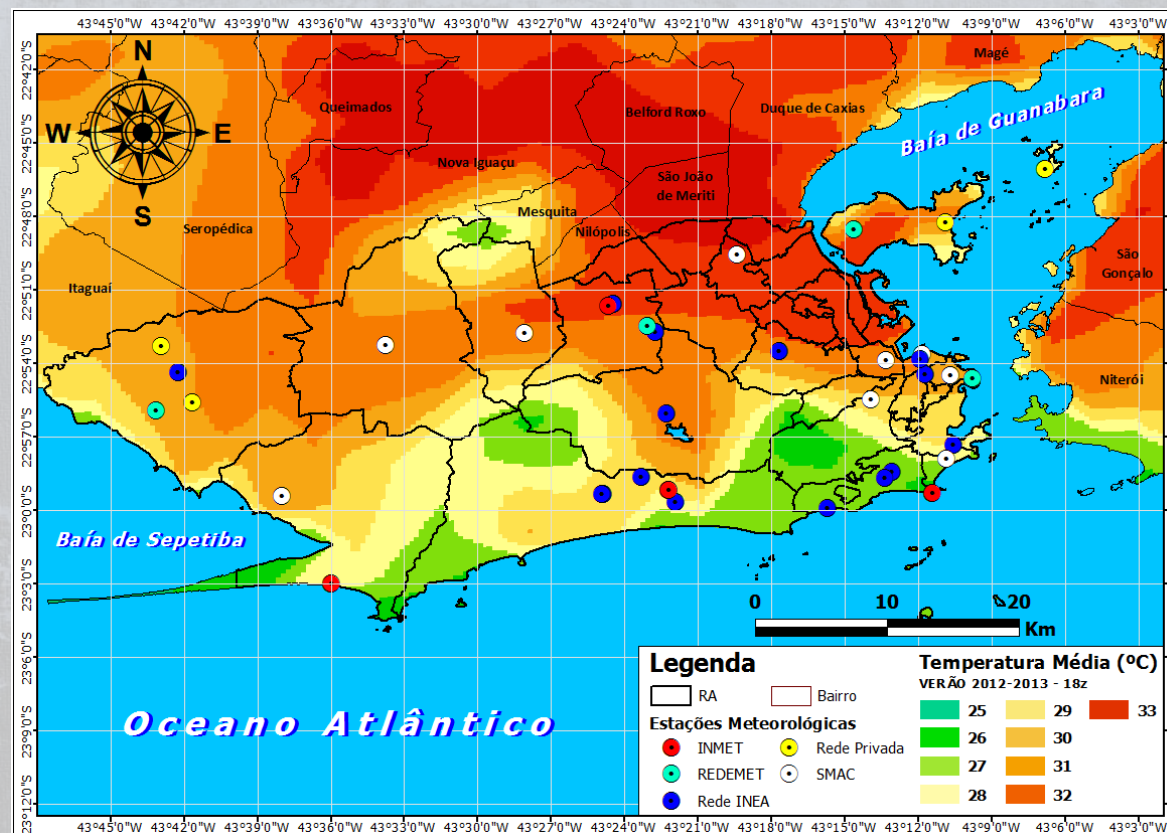
CHANGING URBAN
FLOOD CONTROL
APPROACH
CONSIDERING
CLIMATE CHANGES



PREVISÃO NUMÉRICA - ILHAS E ONDAS DE CALOR

- Avaliar a influência dos sistemas meteorológicos atuantes na CRJ sobre os fenômenos de **ilhas de calor** e **ondas de calor**, e estimar o **Índice de Calor**, com base em Modelagem computacional (*Weather Research and Forecasting – WRF*)

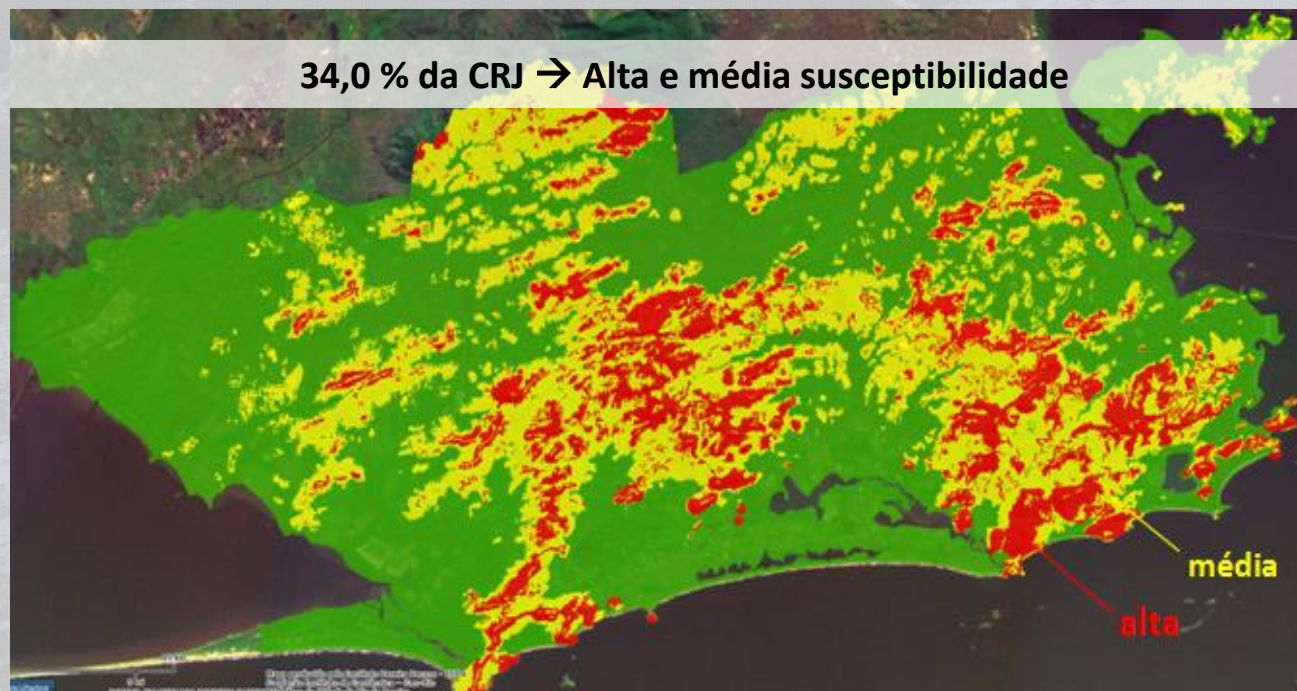
As menores temperaturas são registradas nos **maciços florestais** e áreas litorâneas, onde a **brisa marítima** atua como importante sistema de resfriamento



SUSCETIBILIDADE A ESCOREGAMENTOS DE MASSA

- Determinar possível alteração na suscetibilidade de **escorregamento de massa** a eventos pluviométricos para DJFM (2030-2040), para acumulados de 3, 6, 12, 24, 96 e 720 h, considerando curvas de criticidade já definidas para a CRJ →
- **Obs.:** Estudo realizado ainda que tenha sido projetada redução global de precipitação, segundo o cenário RCP 8.5, do Eta-HadGEM2-ES (INPE)

34,0 % da CRJ → Alta e média susceptibilidade



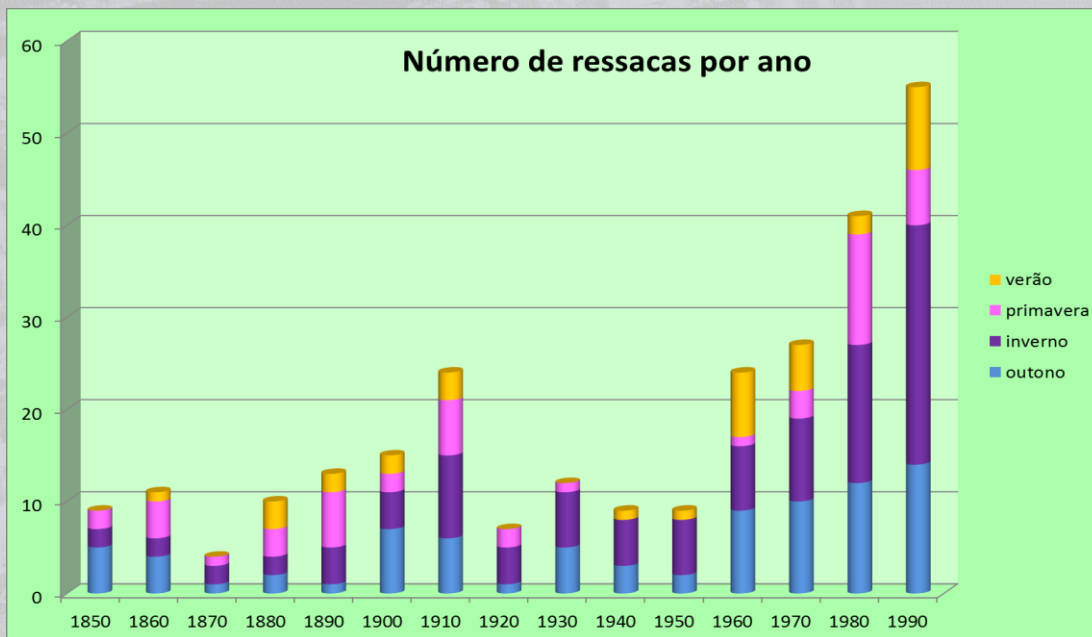
ESCORREGAMENTOS ASSOCIADOS A CAUSAS
NATURAIS:

ESCORREGAMENTOS INDUZIDOS POR
OCUPAÇÃO NAS ENCOSTAS



NÍVEL MÉDIO DO MAR, ONDAS E AGENTES OCEÂNICOS

- Avaliar a vulnerabilidade de praias, lagoas e baías a ondas e ressacas, marés meteorológicas e elevação do nível eustático do mar;
- Levantamento histórico de eventos de ondas e ressacas, período 1850-1990.
- **Obs.:** **a)** A urbanização original da orla não levou em consideração a dinâmica costeira e agentes oceânicos; **b)** As marés meteorológicas já atingem 1,0 m.





RIO
PREFEITURA



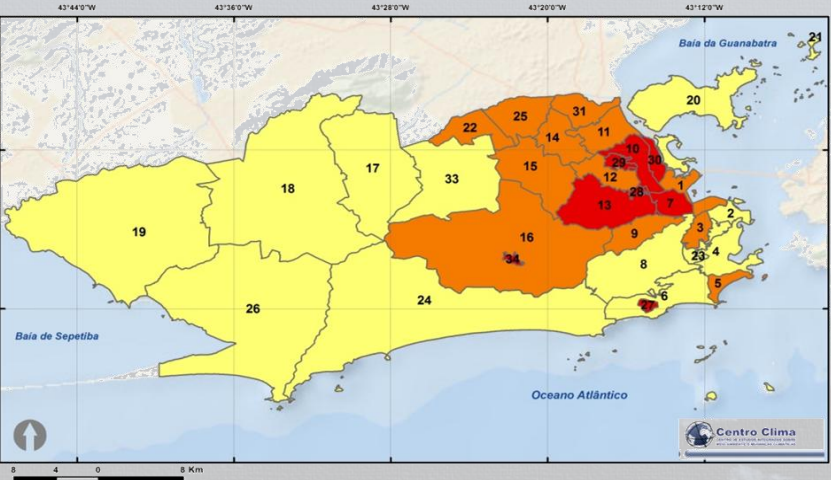
Centro Clima
CENTRO DE ESTUDOS INTEGRADOS SOBRE
MEIO AMBIENTE E MUDANÇAS CLIMÁTICAS

AVALIAÇÃO DE VULNERABILIDADE

ÍNDICE DE VULNERABILIDADE - Urbanização & Habitação



MAPA: ÍNDICE DE VULNERABILIDADE



LEGENDA

ÍNDICE DE VULNERABILIDADE

Escala de Vulnerabilidade

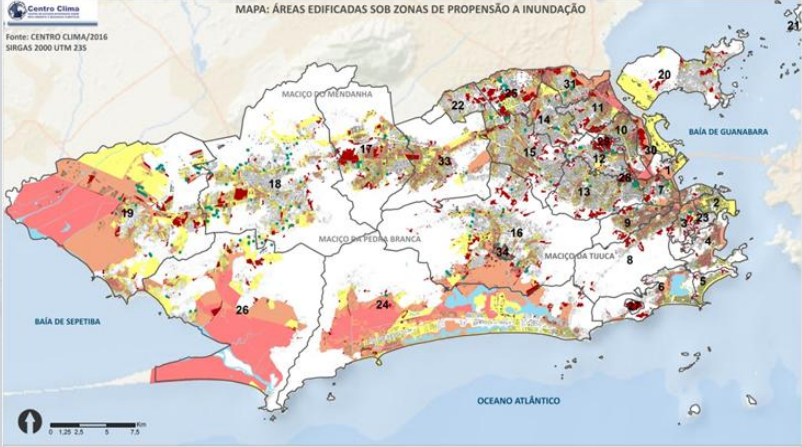
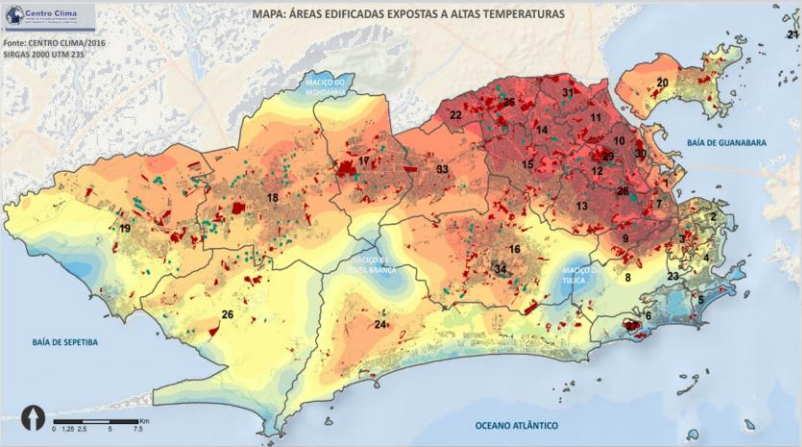
- Média Vulnerabilidade
- Alta Vulnerabilidade
- Muito Alta Vulnerabilidade

Numeração das Regiões Administrativas:

- 1 - Portuária; 2 - Centro; 3 - Rio Comprido; 4 - Botafogo; 5 - Copacabana; 6 - Lagoa; 7 - São Cristóvão; 8 - Tijuca; 9 - Vila Isabel; 10 - Ramos; 11 - Penha; 12 - Inhaúma; 13 - Méier; 14 - Irajá; 15 - Madureira; 16 - Jacarepaguá; 17 - Bangú; 18 - Campo Grande; 19 - Santa Cruz; 20 - Ilha do Governador; 21 - Paqueta;
- 22 - Anchieta; 23 - Santa Tereza; 24 - Barra da Tijuca; 25 - Pavuna; 26 - Guaratiba; 27 - Rocinha; 28 - Jacarezinho; 29 - Complexo do Alemão; 30 - Complexo da Maré; 31 - Vigário Geral; 32 - Realengo; 33 - Cidade de Deus; 34 - Cidade de Deus.

Sistema de Coordenadas:
GCS-SIRGAS 2000 UTM
Datum: SIRGAS 2000
Projeção: UTM 23S

Malha municipal digital
IPP-2010 - Janeiro-2016

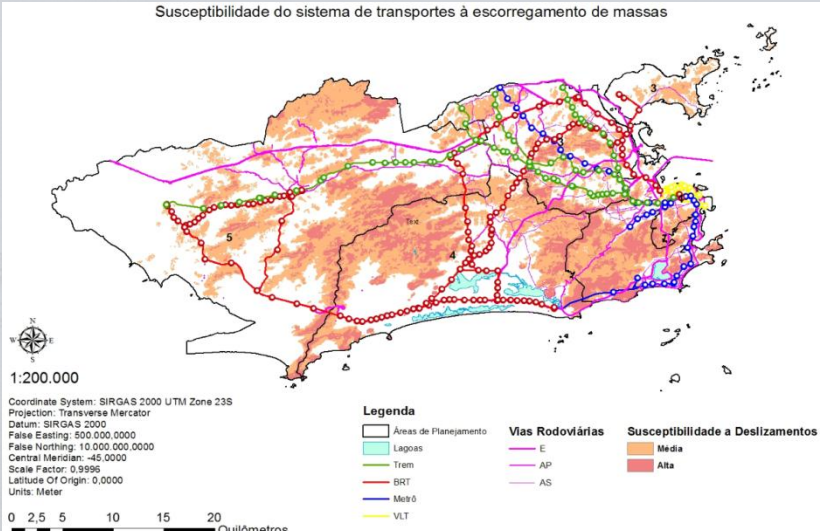
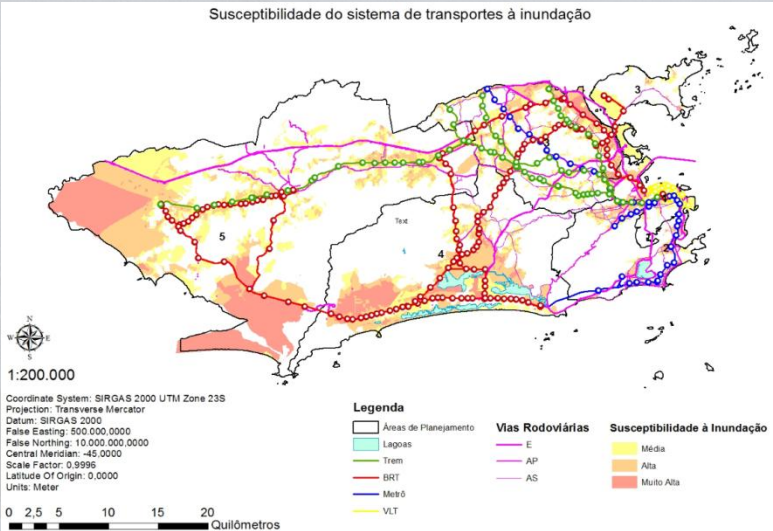
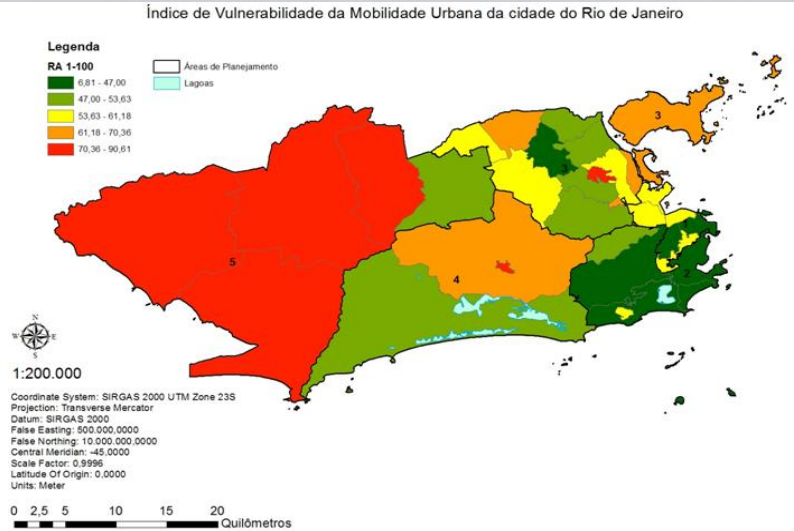


PERIGOS CLIMÁTICOS

Escorregamento, OC e IC, ENMM e ondas e ressacas e marés meteorológicas

VULNERABILIDADE FUTURA	TENDÊNCIA
Os atuais vetores de crescimento urbano estão ameaçando as áreas naturalmente sensíveis às mudanças climáticas	↑
Adensamento urbano em áreas expostas a altas temperaturas	↑
Áreas urbanas costeiras ameaçadas pela ENMM	↑
Perpetuação dos padrões de vulnerabilidade para residentes de assentamentos precários	↓
Programas de habitação social sobre áreas propensas aos impactos das mudanças climáticas	↑

ÍNDICE DE VULNERABILIDADE - Mobilidade Urbana

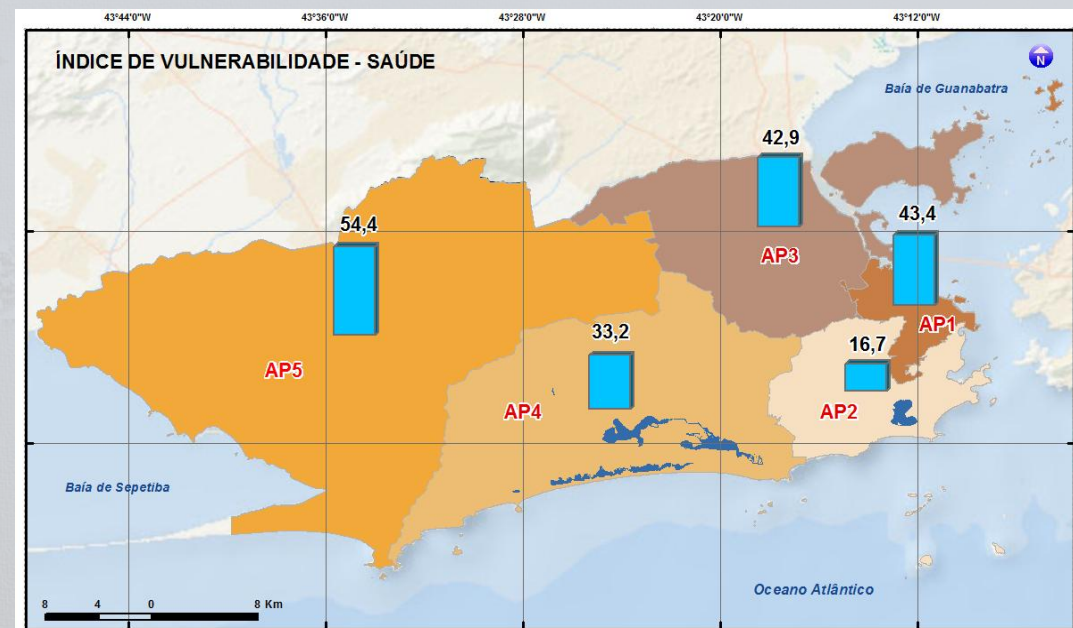
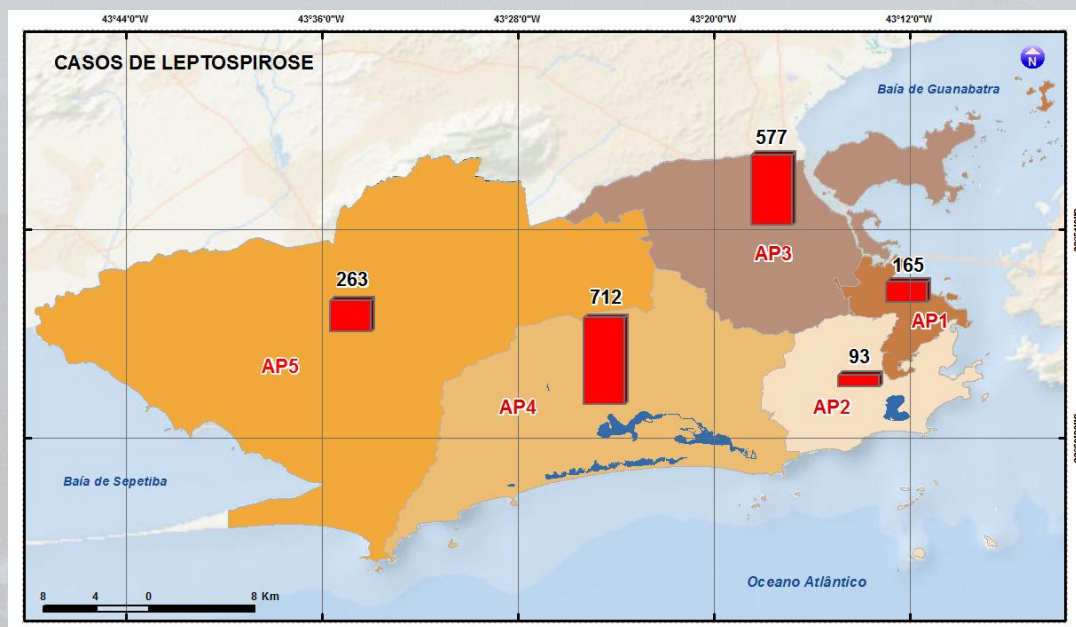


PERIGOS CLIMÁTICOS

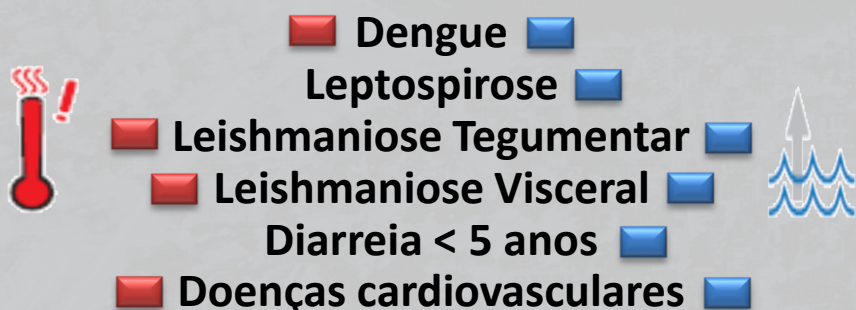


VULNERABILIDADE FUTURA	TENDÊNCIA
Interferência da temperatura na infraestrutura do sistema rodoviário e ferroviário	↑
Conforto térmico das estações de ônibus, trem e respectivos acessos, ciclovias e calçadas de passeio	↓
Inundação de vias e acessos a estações de média e alta capacidade do sistema atual e previsto (expansão)	↑
Exposição de rodovias, viadutos e ciclovias a ondas → Transgressão dos padrões construtivos	↑
Vulnerabilidade de túneis subterrâneos a fortes chuvas, combinadas com ressacas e marés de sizígia e meteorológicas	↑
Susceptibilidade de túneis, vias e estações a interrupções por escorregamento de massa → Expansão do sistema prevê a implantação de infraestruturas em áreas susceptíveis	↑

ÍNDICE DE VULNERABILIDADE - Saúde



PERIGOS CLIMÁTICOS

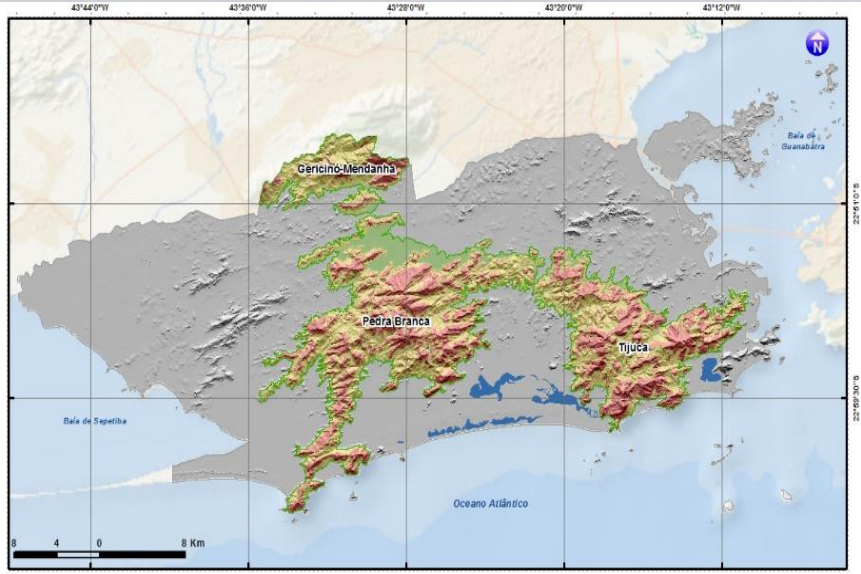


- As doenças são **multivariadas** (multicasuais), podendo ser influenciadas por outros fatores além dos climáticos:

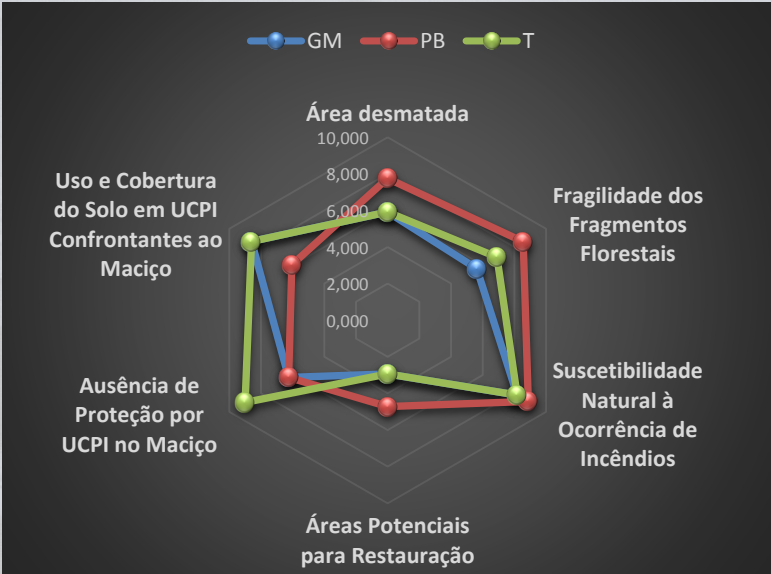
- Condições de saneamento (lixo, esgotamento sanitário);
- Grau de impermeabilização do solo, com falhas no sistema de drenagem;
- População vulnerável exposta etc.

ÍNDICE DE VULNERABILIDADE - Maciços florestais

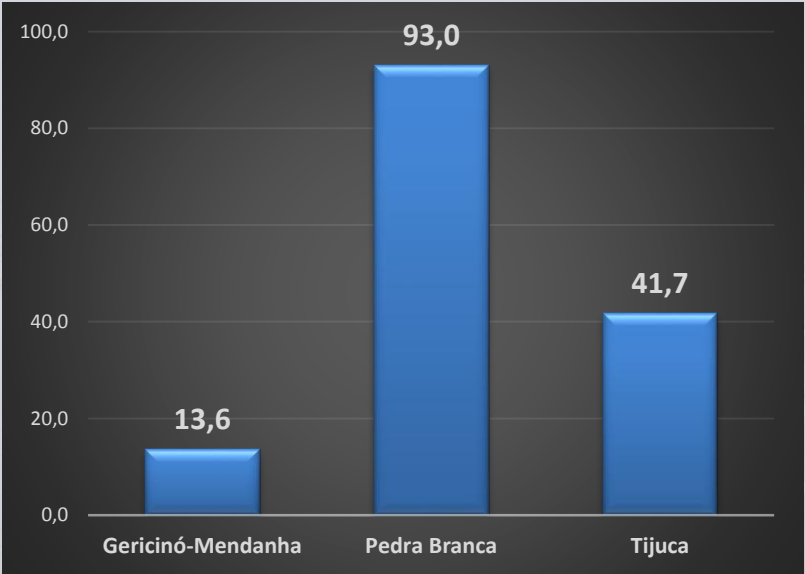
Localização



Indicadores de Sensibilidade



Índice de Vulnerabilidade



PERIGOS CLIMÁTICOS



VULNERABILIDADE FUTURA

TENDÊNCIA

Escorregamento massa → Alteração extensão e fragmentação da vegetação



Diversidade de habitats



Frequência e extensão de incêndios florestais

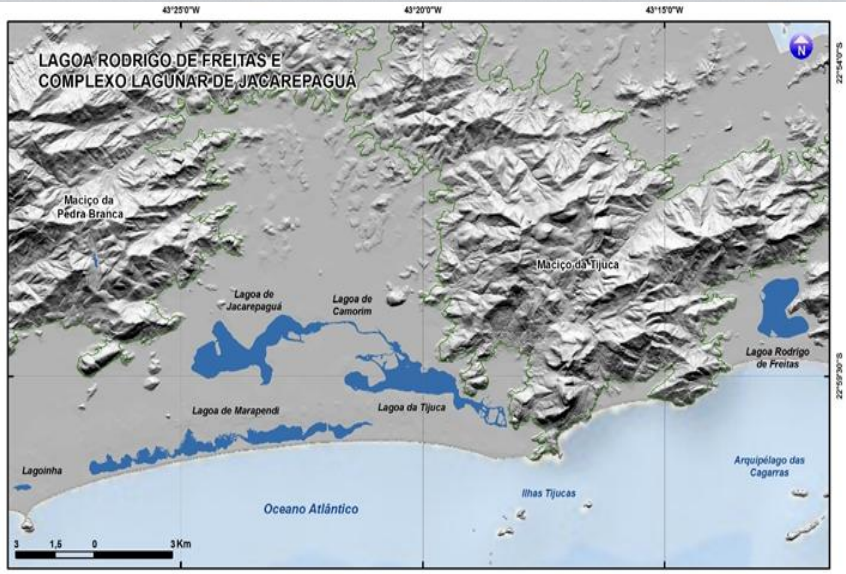


Recarga de aquíferos e capacidade de abastecimento da população

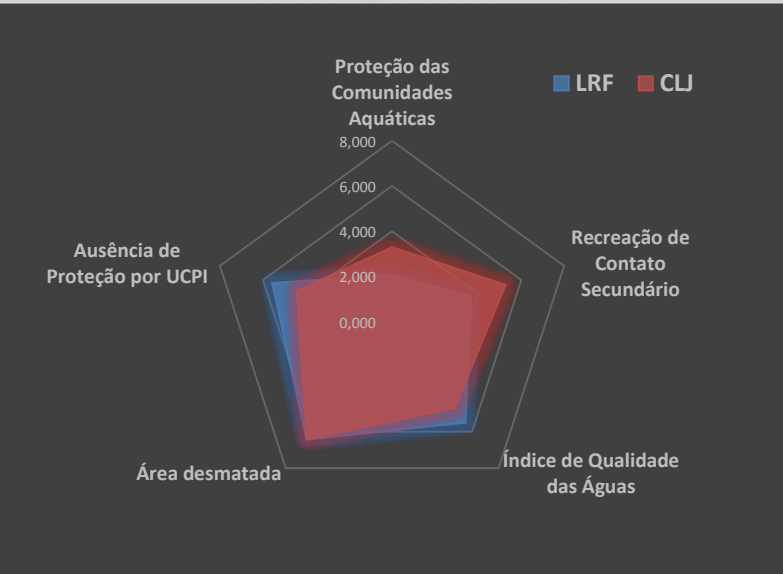


ÍNDICE DE VULNERABILIDADE - Lagoas

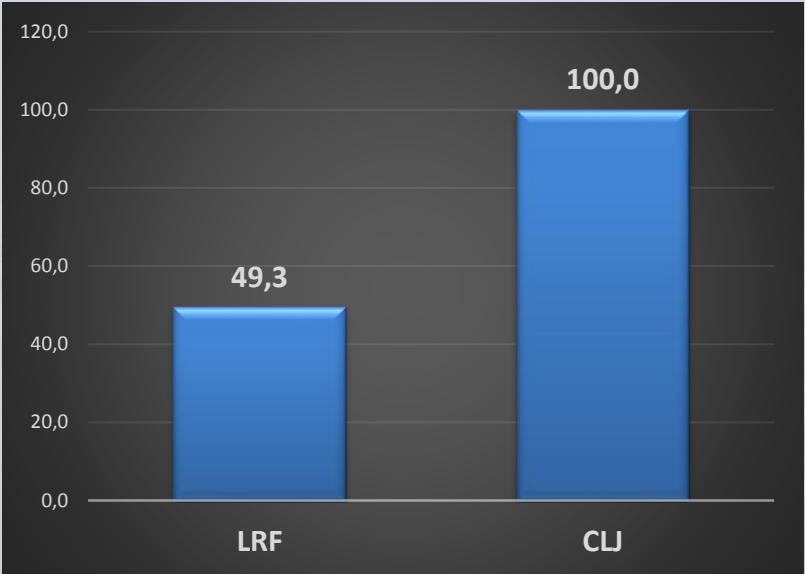
Localização



Indicadores de Sensibilidade



Índice de Vulnerabilidade



PERIGOS CLIMÁTICOS



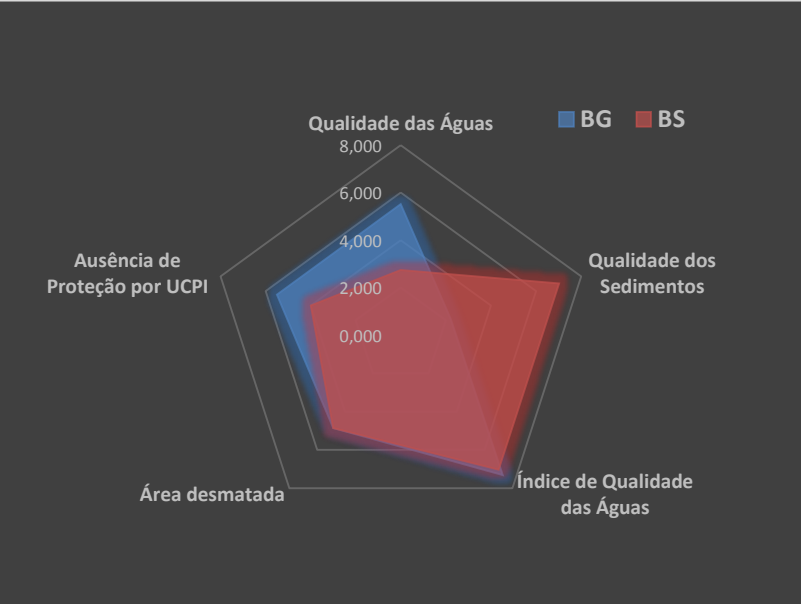
VULNERABILIDADE FUTURA	TENDÊNCIA
Sedimentação	↑
Eutrofização artificial (carga orgânica) → mortandade de peixes	↑
Alterações na distribuição e composição organismos aquáticos	↑
Alagamento de áreas rebaixadas no entorno	↑
Intrusão da cunha salina no lençol freático	↑

ÍNDICE DE VULNERABILIDADE - Baías

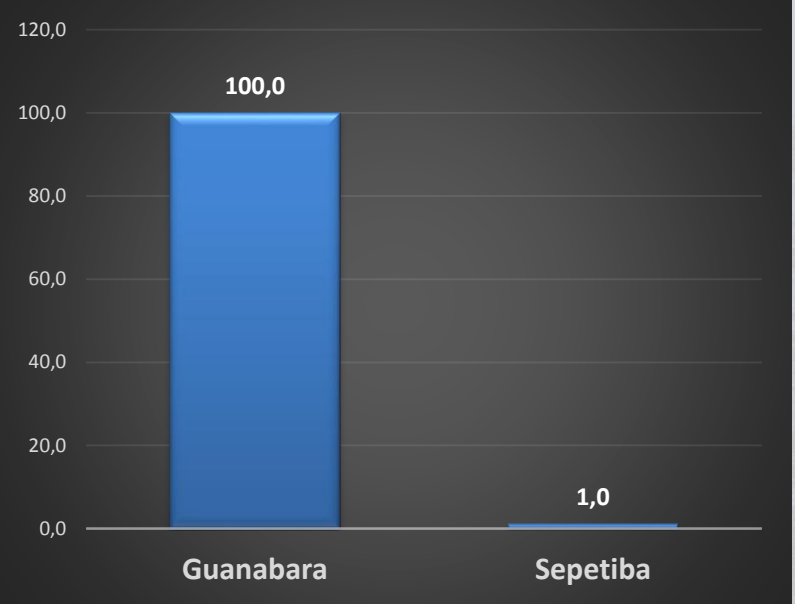
Localização



Indicadores de Sensibilidade



Índice de Vulnerabilidade



PERIGOS CLIMÁTICOS



VULNERABILIDADE FUTURA	TENDÊNCIA
Sedimentação	↑
Eutrofização artificial (carga orgânica) → mortandade de peixes	↑
Alagamento de áreas na desembocadura de rios e canais	↑
Intrusão da cunha salina nas regiões estuarinas	↑
Erosão e destruição de estruturas junto à orla	↑



RIO
PREFEITURA



Centro Clima
CENTRO DE ESTUDOS INTEGRADOS SOBRE
MEIO AMBIENTE E MUDANÇAS CLIMÁTICAS

AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO

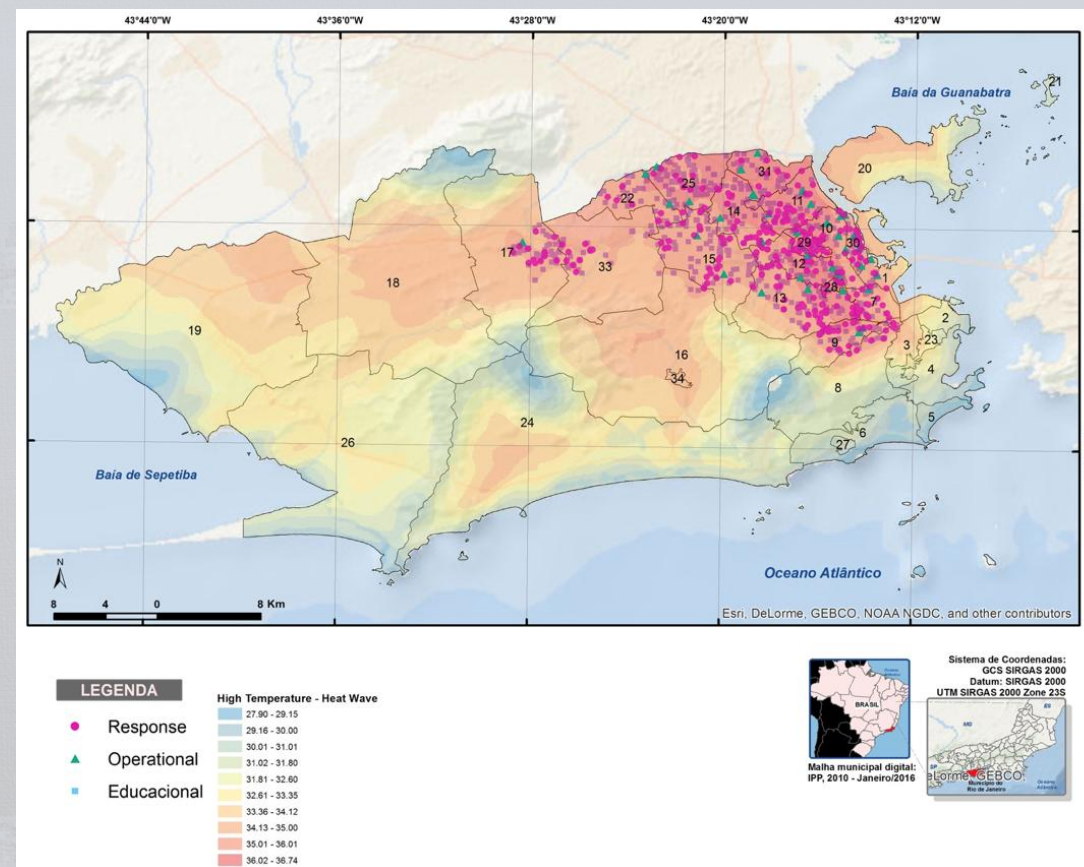
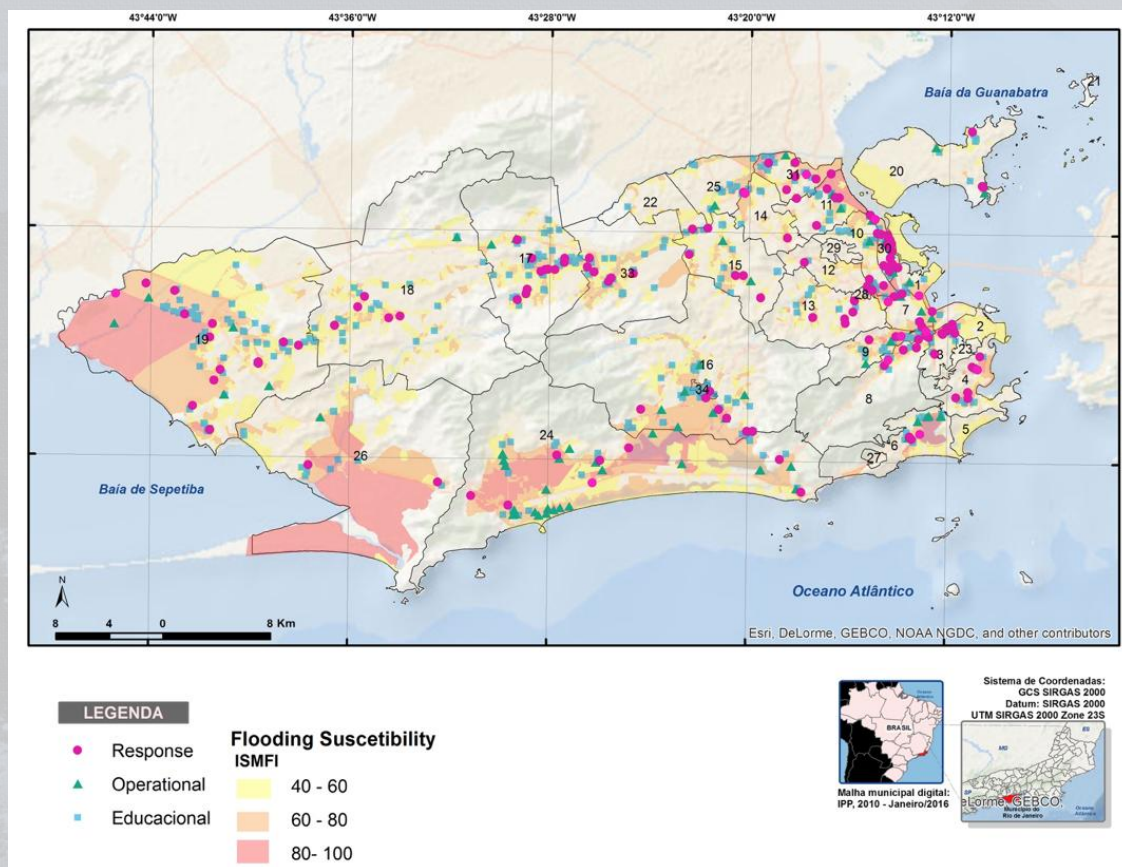
INFRAESTRUTURAS ESTRATÉGICAS

OBJETIVOS

- Avaliação da potencial **exposição** para **três categorias de infraestruturas estratégicas**, considerando o comprometimento das respectivas funcionalidades;
- Proposição de medidas de adaptação para reduzir a exposição a eventos climáticos.

Resposta	Operação	Educacional
Centro de operações e resposta	Aeroportos, Rodoviárias e Portos	Creches municipais e escolas especiais
Corpo de Bombeiros	Estação de transferência de resíduos	
Delegacia de Polícia e Batalhões de Polícia	Estação e subestação de energia	
Hospitais, Postos de saúde e Unidades de Pronto Atendimento, Centros de Família, Clínicas Municipais	Estação de Tratamento de Efluentes	Escolas municipais e estaduais
Pontos de Apoio	Rede de distribuição de água	
Pontos SECONSERVA		
Unidades de Pacificação		

INFRAESTRUTURAS ESTRATÉGICAS – Exposição potencial



- **Exposição potencial** das três categorias de infraestruturas, de acordo com a suscetibilidade a alagamento (média, alta e muito alta) e temperaturas elevadas – Ondas de calor ($\geq 35,0$ °C)



RIO
PREFEITURA



Centro Clima
CENTRO DE ESTUDOS INTEGRADOS SOBRE
MEIO AMBIENTE E MUDANÇAS CLIMÁTICAS

ESTRATÉGIAS DE ADAPTAÇÃO

ESTRATÉGIAS DE ADAPTAÇÃO



PERIGOS

Integrar adaptação, gestão de risco de desastres e resiliência no planejamento
Fomentar cultura de adaptação e consumo consciente
Promover o empoderamento do cidadão para lidar com a mudança do clima
Capacitar corpo técnico
Gerenciar ações de monitoramento
Avançar no conhecimento
Criar oportunidades
Mobilizar recursos
Recuperar e ampliar as áreas verdes e manter a heterogeneidade ecossistêmica
Ampliar conhecimento sobre o ambiente costeiro
Promover Governança Ambiental
Fortalecer os programas de saúde para prevenir doenças suscetíveis às mudanças climáticas
Estabelecer e/ou fortalecer estratégias e ações inter e intrassetorial
Fortalecer a comunicação

Eixo Estratégico A:
Fortalecer a capacidade institucional e humana

Eixo Estratégico B
Garantir a conservação e integridade dos ecossistemas e o uso racional e sustentável dos recursos naturais

Eixo Estratégico C:
Fomentar a promoção da Saúde da população frente às mudanças climáticas

Nossa visão:
Buscar soluções inovadoras e adequadas para a complexidade e diversidade territorial e socioeconômica, visando uma sociedade democrática e inclusiva, com equidade de oportunidade. Valorizar os ativos ambientais, nosso patrimônio, promovendo melhor qualidade de vida e bem-estar para as pessoas. Empenhar em ampliar a resiliência, para que a população tenha autonomia nas suas escolhas, entendendo ser o Carioca o protagonista na construção da capacidade de adaptação às mudanças climáticas

Eixo Estratégico D:
Conduzir a ocupação e uso do território de forma a promover a qualidade urbano-ambiental

Eixo Estratégico E:
Garantir mobilidade urbana eficiente e sustentável

Eixo Estratégico F:
Garantir o funcionamento das Infraestruturas Estratégicas sob condições climáticas adversas

Conter a expansão urbana e controlar o adensamento

Promover a urbanização de favelas

Promover espaços livres verdes e multifuncionais

Promover a adaptação e eficiência energética e hídrica em edificações

Promover o desenvolvimento territorial mais equilibrado e integrado aos sistemas de transporte

Aumentar a segurança das infraestruturas rodoviárias e de trilhos

Fomentar adoção de estratégias de redução da demanda por transporte individual motorizado

Fomentar o processo de escolha de trajetos pelos cidadãos

Fortalecer Capacidade Institucional do Setor de Transportes

Orientar a implantação e construção das novas Infraestruturas Estratégicas

Promover a adequação das Infraestruturas Estratégicas

OBRIGADO !

Prof. Emilio Lèbre La Rovere

emilio@ppe.ufrj.br * 51 21 3938-8805