COMUNICAÇÃO TÉCNICA

Nº 179871

Impactos ambientais e resposta sanitária frente às inundações

Alexandre Muselli Barbosa

Palestra apresentada no Seminário Paulista de Segurança Química, Áreas Contamindas e Saúde, 24, 2025, São Paulo. 26 slides.

A série "Comunicação Técnica" compreende trabalhos elaborados por técnicos do IPT, apresentados em eventos, publicados em revistas especializadas ou quando seu conteúdo apresentar relevância pública.
PROIBIDO REPRODUÇÃO

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A - IPT
Av. Prof. Almeida Prado, 532 | Cidade Universitária ou
Caixa Postal 0141 | CEP 01064-970
São Paulo | SP | Brasil | CEP 05508-901
Tel 11 3767 4374/4000 | Fax 11 3767-4099

www.ipt.br

24º Seminário Paulista de Segurança Química,
Áreas Contaminadas e Saúde

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS

IMPACTOS AMBIENTAIS E RESPOSTA SANITÁRIA FRENTE ÀS INUNDAÇÕES

Eng. Alexandre Muselli Barbosa

Seção de Investigações, Risco e Gerenciamento Ambiental

09.10.25

SÃO PAULO
GOVERNO DO ESTADO

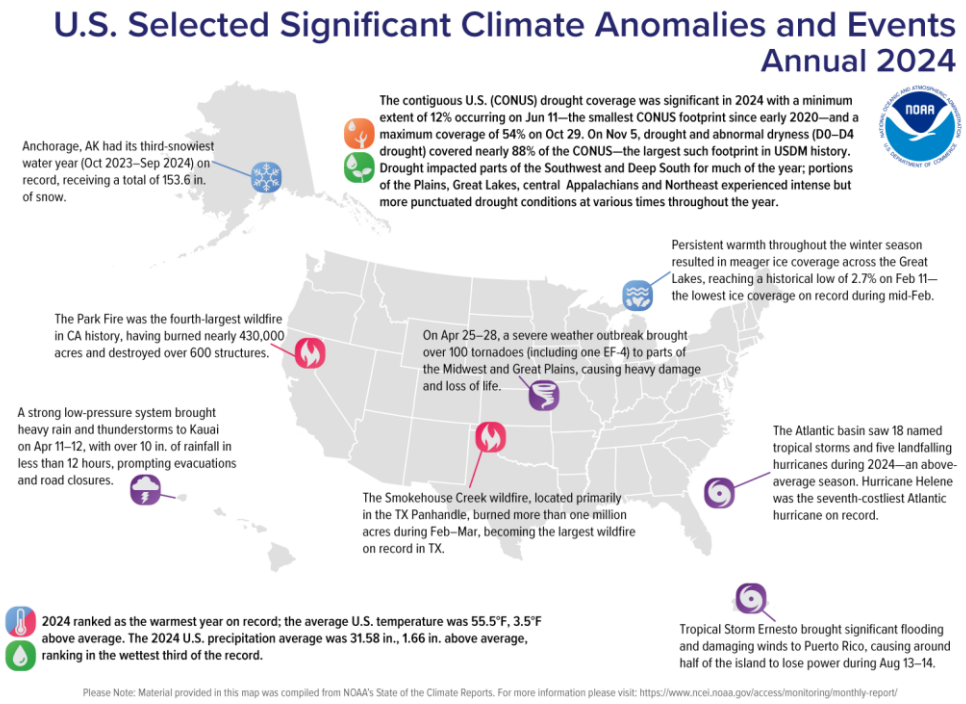
"Mudanças” climáticas e consequências

IPCC - Para a década 2015–2024, o aquecimento é estimado em **1,24 °C**

Banco Asiático de Desenvolvimento (ADB) - Desastres climáticos “relacionados ao clima” (inundações, secas, tempestades, ondas de calor etc.) aumentaram de 3.656 eventos no período 1980-1999 para 6.681 no período 2000-2019 — um crescimento de cerca de **83%.**

NOAA - Nos EUA, em 2024 foram contabilizados 27 desastres climáticos/metereológicos com prejuízo de pelo menos US$ 1 bilhão cada, causando cerca de 568 mortes e custos de ~US$ 182,7 bilhões. Isto torna 2024 um dos anos mais caros para eventos desse tipo no registro moderno

Mudanças climáticas e eventos no mundo



A **temperatura média anual** dos EUA contíguos foi de **13,1 °C**
1,9 °C acima da média e a mais quente no registro de 130 anos.

A **precipitação anual** nos Estados Unidos contíguos foi de **802,1 mm**,
42,2 mm acima da média, terço mais chuvoso do registro histórico (1895–2024).

A **bacia do Atlântico** registrou **18 ciclones tropicais** e **cinco furacões** em 2024
O **furacão Helene** foi o **sétimo mais custoso** já registrado no Atlântico.

A **contagem de tornados** em 2024 foi a **segunda maior já registrada**
Com **pelo menos 1 735 tornados confirmados (categoria EF-2 ou superior (179 km/h))**

Os danos causados pelo **furacão Helene** lideraram a lista de **27 eventos climáticos e meteorológicos** de **bilhões de dólares** identificados em 2024
a **segunda maior contagem anual de desastres** no registro de 45 anos.

Mudanças climáticas e eventos no mundo

[1/5] Pessoas remam caiaques em ruas inundadas na cidade de Bahía Blanca, na província de Buenos Aires, Argentina, em 9 de março de 2025. REUTERS/Juan Sebastian Lobos/ Direitos de licenciamento de compra de foto de arquivo

Argentina: 09/03/2025

Enchentes no Paquistão já desalojam 2 milhões

Número de mortos chega a 900, três anos depois da monção extrema que deixou um terço do país debaixo d'água

5 de setembro 2025 por Rodrigo Vargas

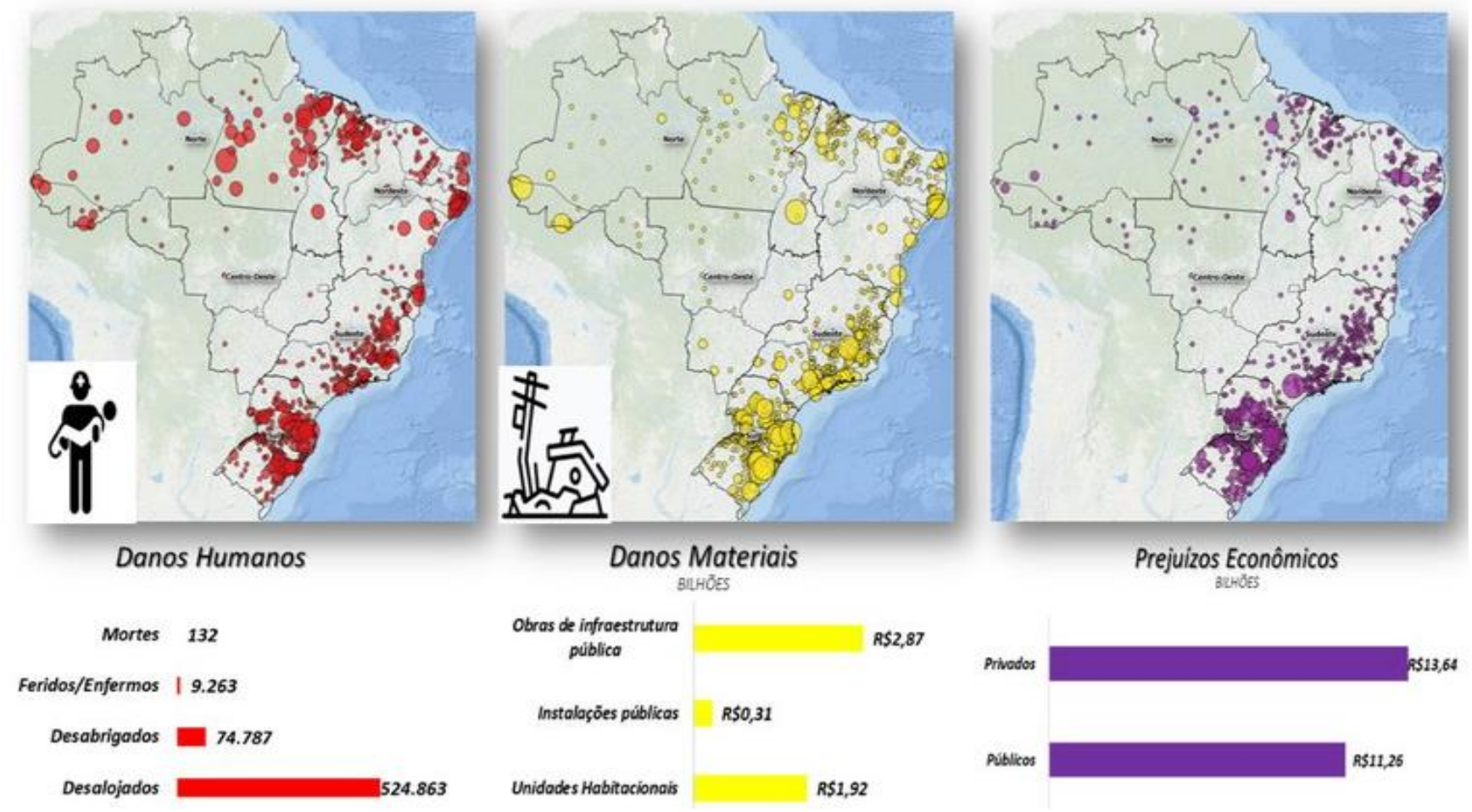
Enchente no Paquistão em 2025 (Foto: Unic Pakistan)

Paquistão: 05/09/2025

Na província de Punjab, na região leste do país, a inundação é considerada a pior da história, com quase 4 milhões de atingidos.

Levantamento Autoridade Nacional de Gestão de Desastres do Paquistão (NDMA) contabiliza 892 pessoas mortas e 1.116 feridas em razão das inundações.
Foram registrados danos a 9.406 casas e a perda de 6 mil cabeças de gado.

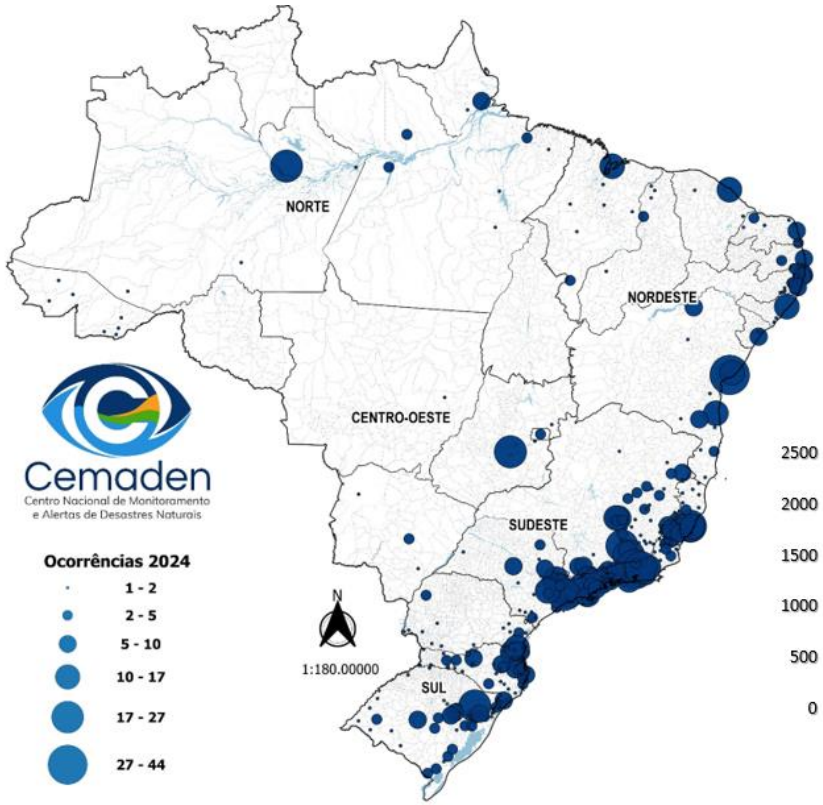
Mudanças climáticas e eventos no Brasil (2023)

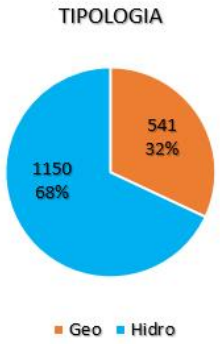


CEMADEN https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2024/01/em-2023-cemaden-registrou-maior-numero-de-ocorrencias-de-desastres-no-brasil

Eventos extremos e área urbanas

Em 2024, o CEMADEN emitiu 3.620 alertas de desastres, sendo 68% relacionados a enchentes e enxurradas
Reflexo de áreas urbanas mais vulneráveis.





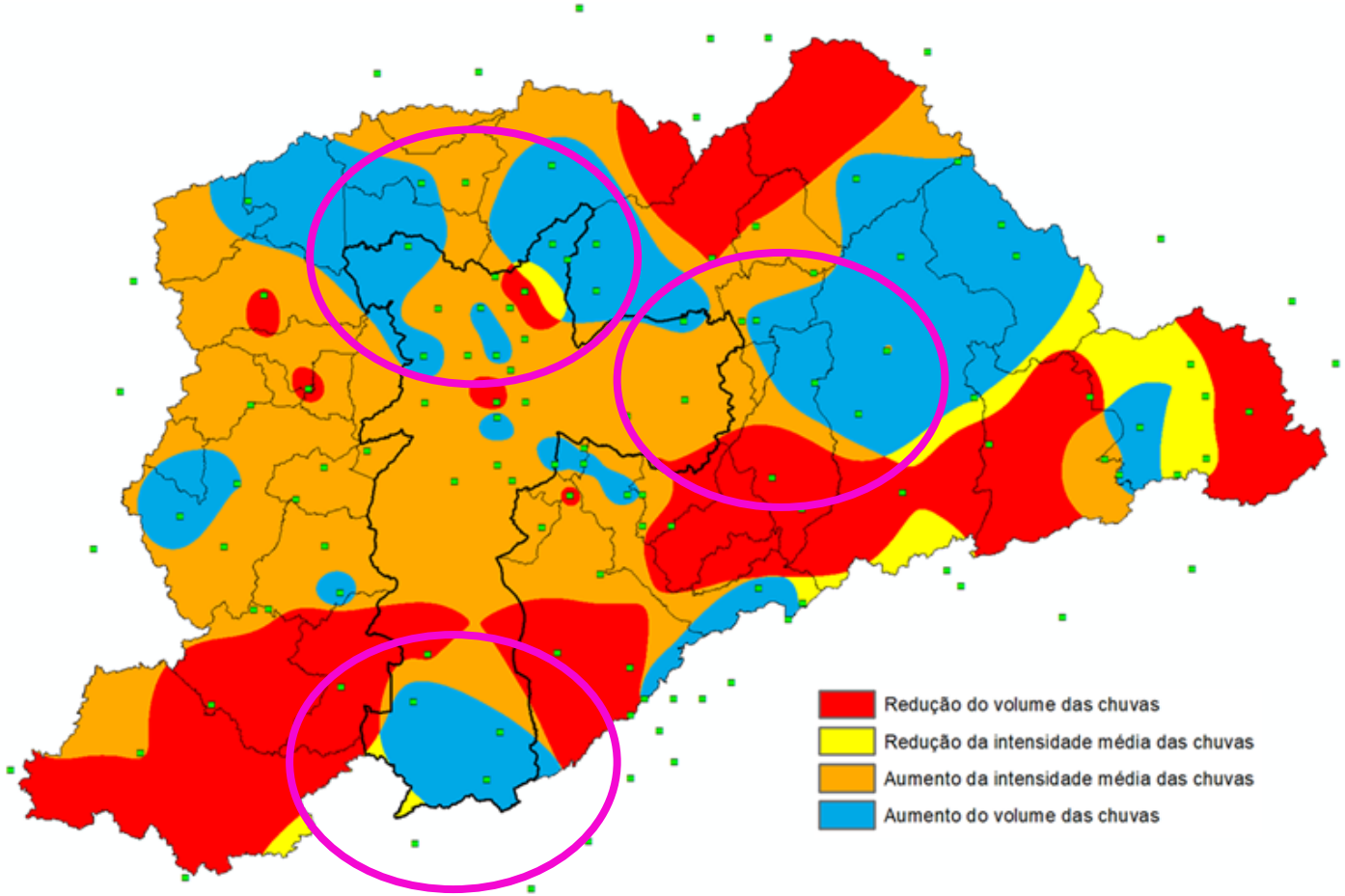
RANKING MUNICÍPIOS

Posição	Município	Ocorrências
1	Petrópolis - RJ	44
2	Salvador - BA	33
3	São Paulo - SP	27
4	Cariacica - ES	24
	Teresópolis - RJ	24
5	Juiz de Fora - MG	22
	Barbacena - MG	22
6	Caxias do Sul - RS	21
7	Goiânia - GO	20
8	Manaus - AM	19
9	Sorocaba - SP	17
	Campinas - SP	17
	Rio de Janeiro - RJ	17
10	Nova Friburgo - RJ	16

CEMADEN https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2025/01/cemaden-registra-recorde-de-alertas-e-mais-de-1-6-mil-ocorrencias-de-desastre-no-brasil-em-2024

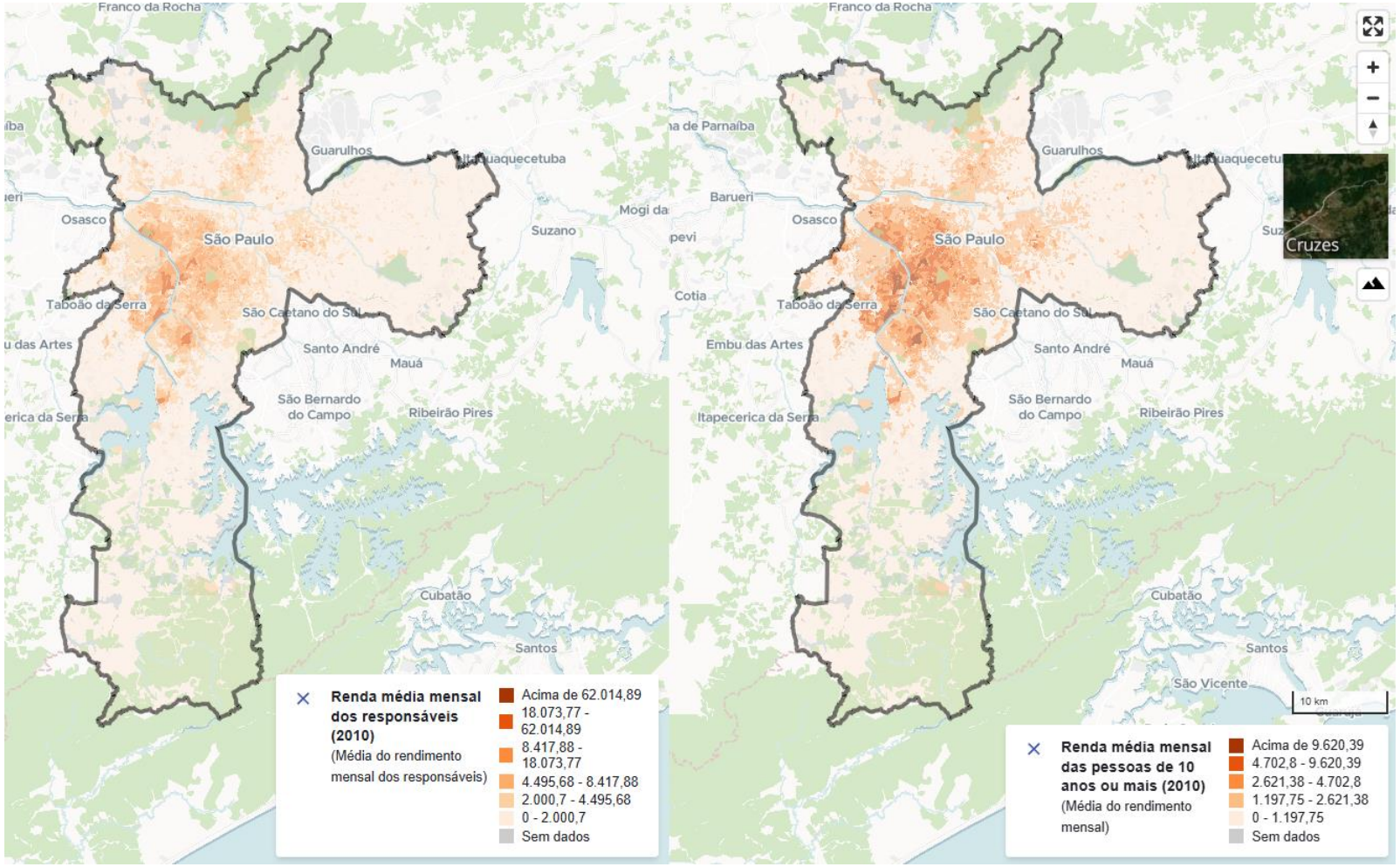
Eventos extremos e área urbanas: São Paulo

Tendência das chuvas dos últimos 30 anos (1990-2020) com base nos postos do DAEE

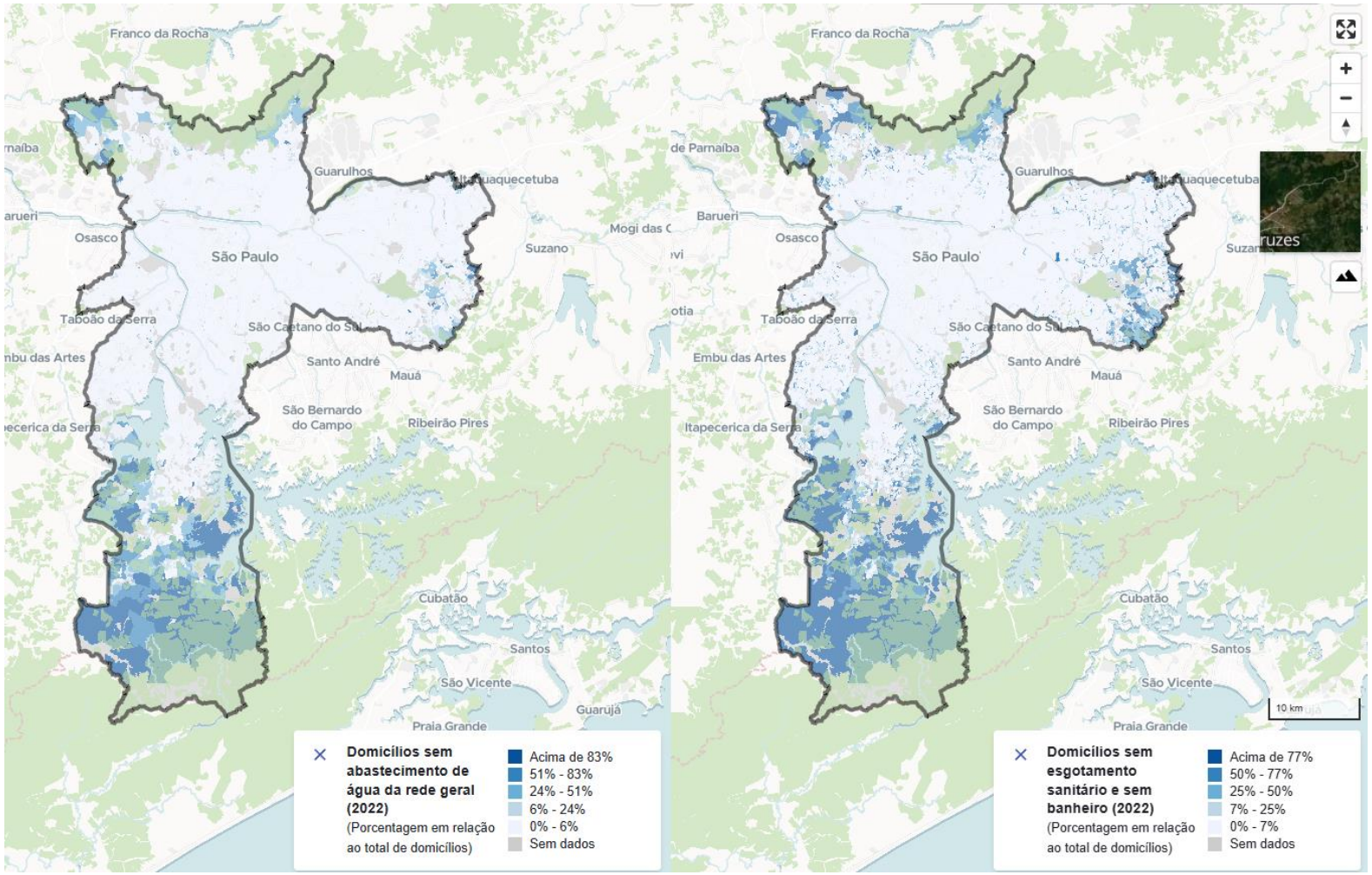


IPT https://metadados.geosampa.prefeitura.sp.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/84038280-695a-4905-82ae-1898d19cf09a

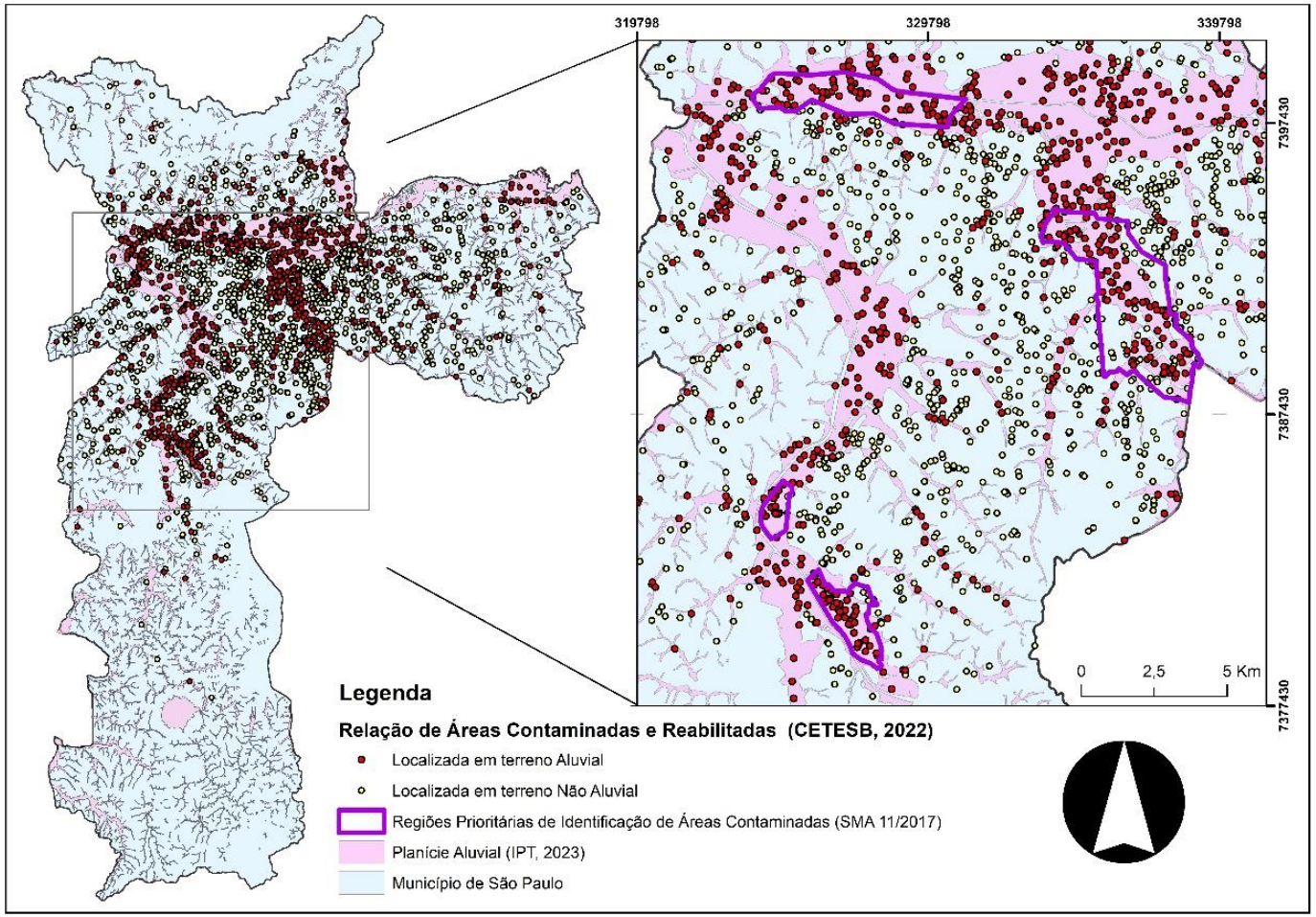
São Paulo e vulnerabilidade ambiental



São Paulo e vulnerabilidade ambiental



São Paulo e vulnerabilidade ambiental



Ano	Total de áreas contaminadas Cadastradas para a Cidade de São Paulo (CETESB, 2022)	Áreas localizadas em terreno aluvial	Porcentagem de ocorrência
2016	2047	841	41,08%
2020	2394	994	41,52%

BARBOSA et al., 2025 (em revisão)

Risco/vulnerabilidade NatTec (Natural + Tecnológico) – Pré existentes

Caso da Ilha Diana – Santos, SP

- Comunidade tradicional caiçara
- Cerca de 200 pessoas
- Acesso apenas por embarcações

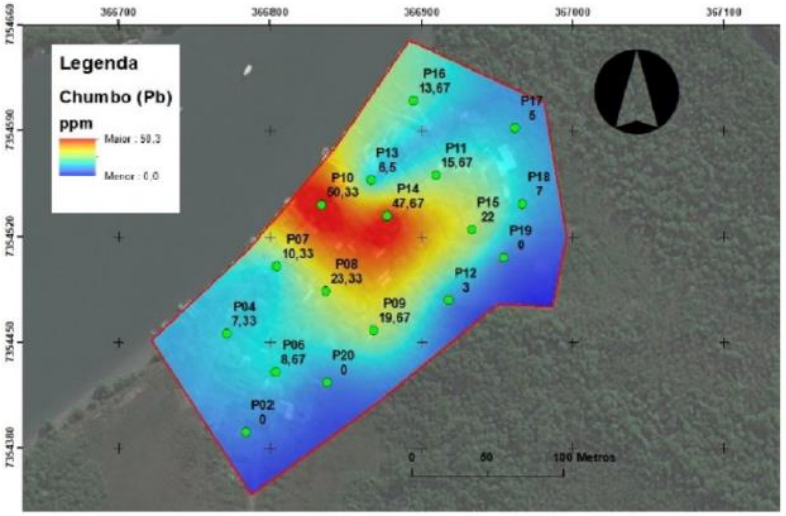
TAKASEE et al., (2020) DOI: 10.20396/td.v16i0.8661279

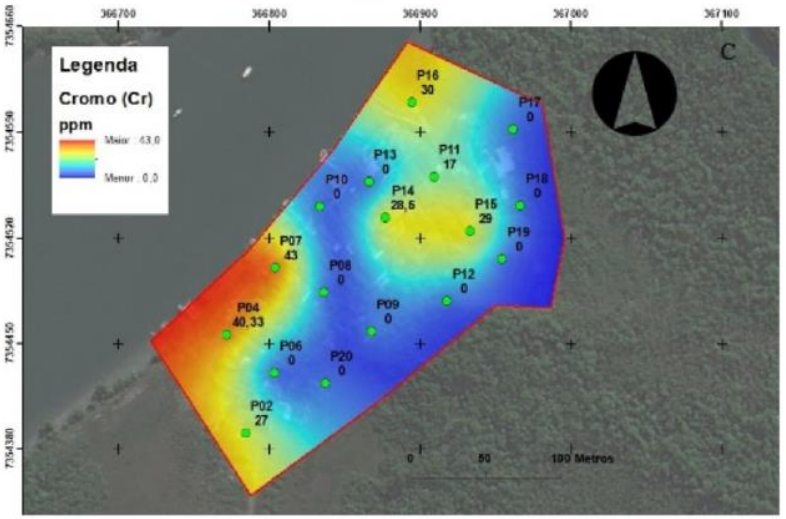
Exposição NatTec

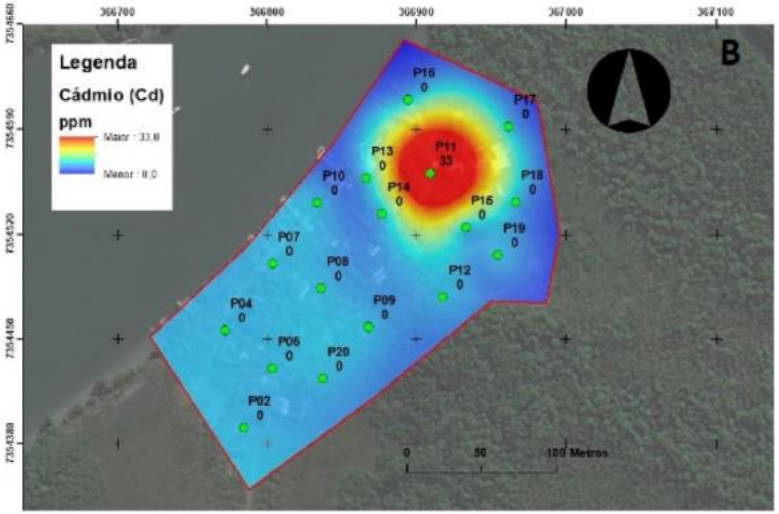
TAKASEE et al., (2020) DOI: 10.20396/td.v16i0.8661279

Exposição NatTec

- Água e sedimento contaminados
- Comunidade exposta a contaminações por metais pesados no solo superficial

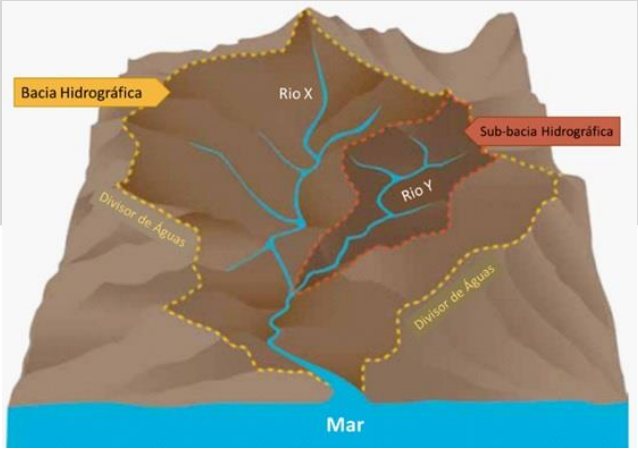






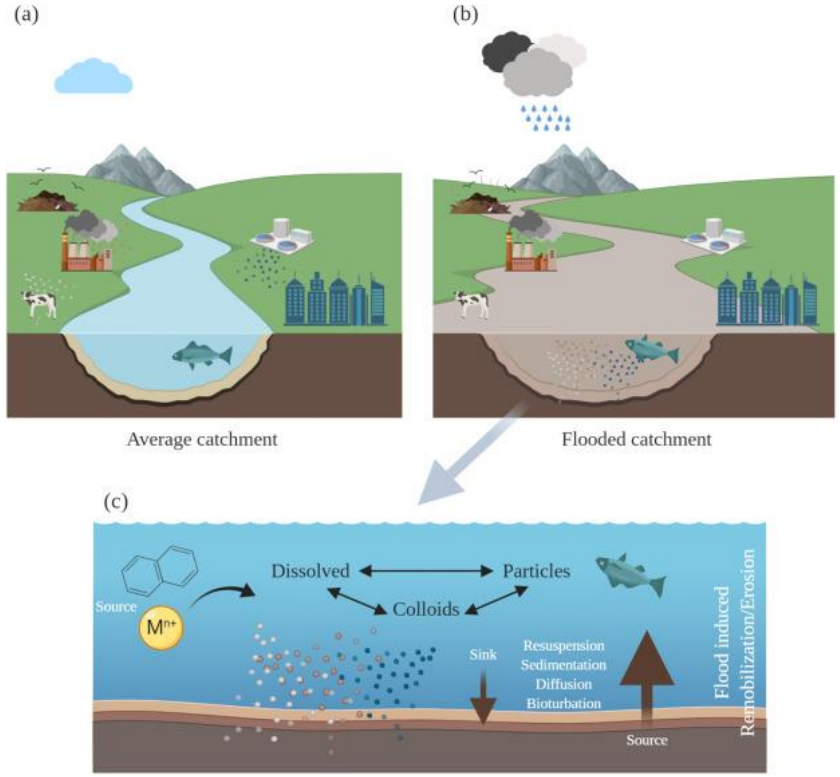
TAKASEE et al., (2020) DOI: 10.20396/td.v16i0.8661279

Processo de redistribuição



- Compostos diversos chegam aos corpos d'água
- Partículas compostos orgânicos e inorgânicos ficam sorvidos e no leito do sedimento
- O acumulo é contínuo e pode ficar "armazenado" por anos
- Durante um evento ocorrem alteração físicas (turbulência) e químicas (pH), colocando as partículas em suspensão
- São depositadas junto com a redução da velocidade e nível d'água
- Podem gerar impacto a curto e médio prazo

- A dinâmica e o potencial contaminação varia de região para região;
- Locais com histórico de desastres ambientais como vazamento de petróleo (nordeste/2019), barragens (MG 2015 e 2019) e mineroduto (2018), podem gerar efeitos que perdurem por décadas



CRAWFORD et al., (2022) https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389421016563?via=ihub

Impactos durante os eventos

Regionais

- Saturação dos sistemas de drenagem;
- Mistura de águas pluviais e servidas;
- Dispersão de resíduos e produtos químicos;
  - Impacto em área residenciais e comerciais/industriais
  - Contaminação por metais, esgoto, hidrocarbonetos, pesticidas
- Colapso de infraestrutura;
  - Redes de abastecimento e vias
  - Instalações e residências

Locais

- Impacto e restrição temporário ou definitivo das residências;
- Exposição potencial a contaminação química e biológica;
- Perdas de bens materiais;

Principais Riscos Sanitários

- **Doenças**

  Leptospirose, Hepatite A, Doenças Diarreicas Agudas (DDA), Tétano acidental

- **Vetores**

  Mosquitos, Roedores (animais peçonhentos)

- **Exposição a compostos tóxicos**

  Potencial exposição a produtos diversos

- **Deposição de sedimentos contaminados**

  Além das residências, áreas ajardinadas e hortas contaminadas

- **Impactos mentais e sociais**.

Impacto Pós Evento

Caso Bacia do Rio dos Sinos - RS

Amostragem: Municípios de Rolante, Taquara, Novo Hamburgo, São Leopoldo e Canoas

Dois períodos: 2 meses e 5 meses após evento

Resultados:

- Contaminação em água
  - Presença de contaminações biológicas (Coliformes e *Escherichia Coli*)
- Contaminação em solo
  - Presença de contaminações biológicas (Coliformes e *Escherichia Coli*)
  - Presença de contaminações por Cromo (2.400 a 107.560 mg/kg)

CAETANO et al., 2025 https://rgsa.openaccesspublications.org/rgsa/article/view/11610/6202

Resposta Emergencial/ Plano de Contingência

Princípios Gerais da Gestão Sanitária em Desastres

Intersetorialidade: integrar saúde, defesa civil, saneamento, assistência e meio ambiente.

Equidade: priorizar populações vulneráveis (idosos, gestantes, crianças).

Transparência: comunicar dados e decisões de forma pública e acessível.

Planejamento contínuo: transformar a experiência em **aprendizado institucional**.

Resposta Emergencial/ Plano de Contingência

Comitê de Crise

Garantia da Água Potável e Controle de Abastecimento

- Suspender o consumo de água da rede pública se houver contaminação confirmada ou suspeita.
- Distribuir **água potável engarrafada** ou clorada em pontos de abrigo.
- Realizar **cloração emergencial** e instalar unidades móveis de tratamento de água.

Controle de Resíduos e Esgotamento

- Reforçar a **coleta emergencial de lixo** e o isolamento de áreas com resíduos acumulados.
- Interditar sistemas de **esgoto danificados** para evitar refluxo de águas contaminadas.
- Implantar **sanitários químicos** ou fossas provisórias em abrigos.

Abrigos Temporários e Vigilância em Saúde

- Garantir **condições de higiene**, ventilação, iluminação e separação entre famílias.
- Instalar **equipes de vigilância epidemiológica** para identificar doenças infecciosas precocemente

Controle de Vetores e Animais

- Controlar a presença de **ratos** e outros animais transmissores de doenças.
- Recolher **carcaças de animais** e destinar adequadamente (enterramento sanitário).

Comunicação e Educação em Saúde

- Informar a população sobre **riscos sanitários**, sintomas de doenças e onde buscar atendimento.
- Manter **canais de comunicação oficiais** (rádio, SMS, redes sociais) com mensagens claras e acessíveis.

Recuperação e Mitigação dos Impactos

Vigilância Epidemiológica e Laboratorial

- Intensificar a **notificação de casos** de doenças de veiculação hídrica e vetorial.
- Monitorar a qualidade da água e alimentos.

Assistência à Saúde

- Reforçar a **atenção básica e emergencial**, com equipes itinerantes em áreas isoladas.
- Garantir a **vacinação de bloqueio** (hepatite A, tétano, leptospirose).

Gestão de Resíduos e Destinação Final

- Restabelecer o **serviço regular de coleta e transporte de resíduos**.
- Fazer a **triagem de materiais contaminados** (móveis, roupas, alimentos).
- Monitorar **aterros sanitários e lixões** para evitar novos focos de contaminação.

Limpeza e Desinfecção

- Promover **mutirões de limpeza urbana** com apoio comunitário.
- Distribuir **kits de limpeza** com desinfetantes e hipoclorito.
- Desinfetar **caixas d'água, utensílios e residências** antes do retorno da população

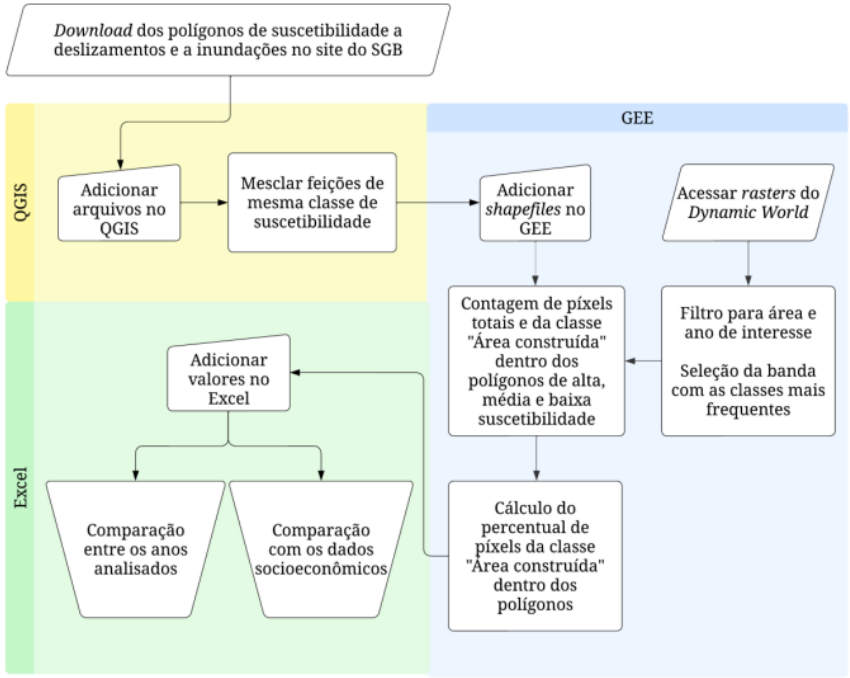
Avaliação e Planejamento Pós-Evento

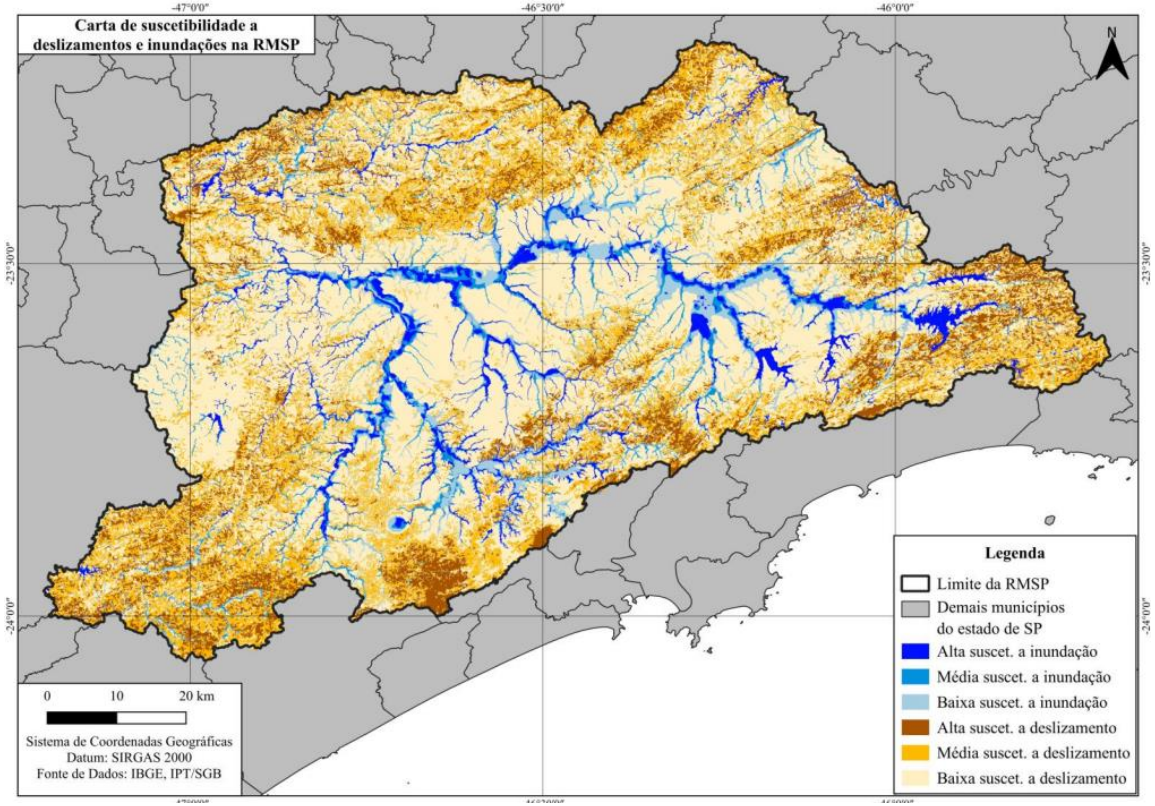
- Elaborar **relatório de danos e ações corretivas**.
- Atualizar **planos de contingência e protocolos intersetoriais**.

Recuperação e Mitigação dos Impactos

Resiliência e Adaptação Urbana

Evolução da área construída em terrenos suscetíveis a movimento de massa e inundação

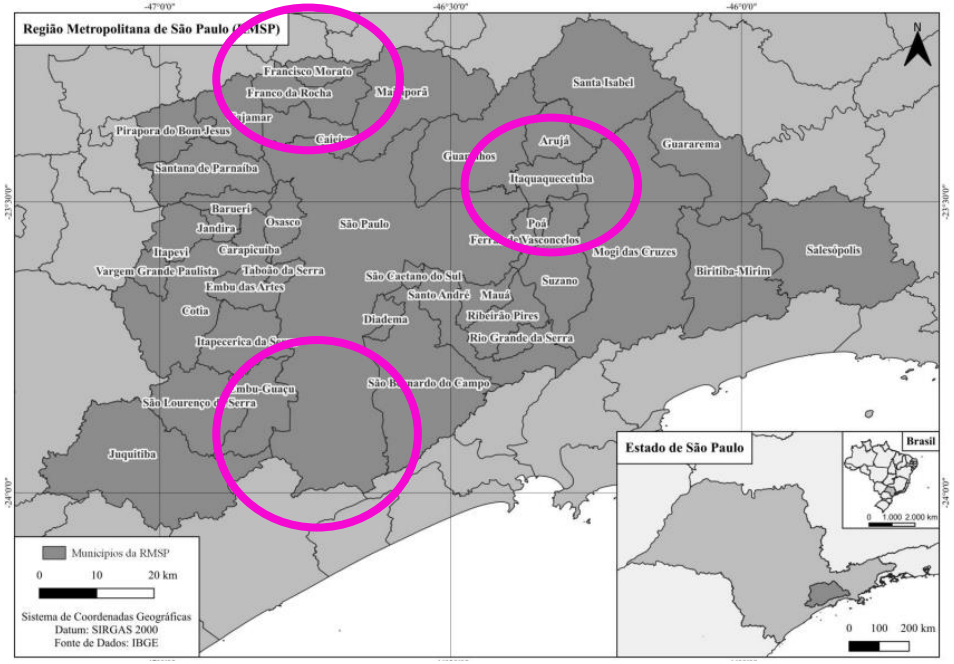


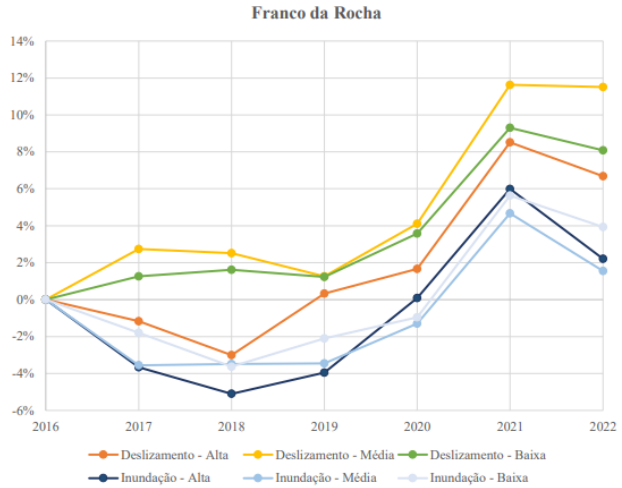


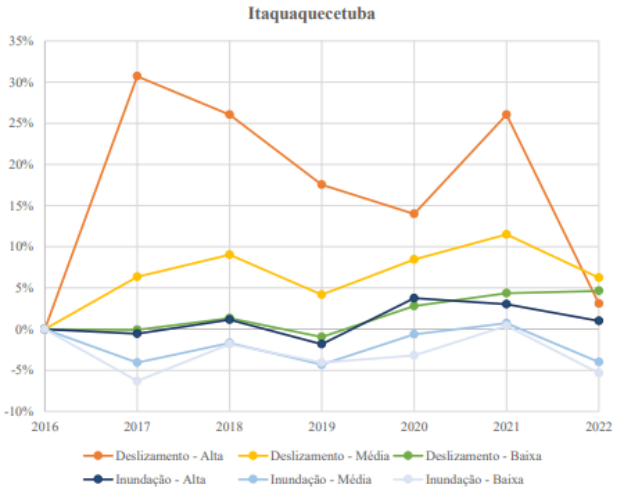
Carta de Suscetibilidade a deslizamentos e inundações

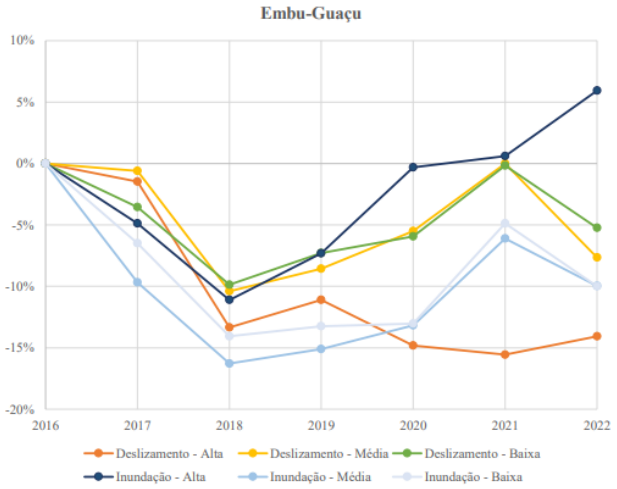
SANDRE (2025) https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/106/106132/tde-12062025-151058/publico/Dissertacao_LucasHenriqueSandre.pdf

Resiliência e Adaptação Urbana







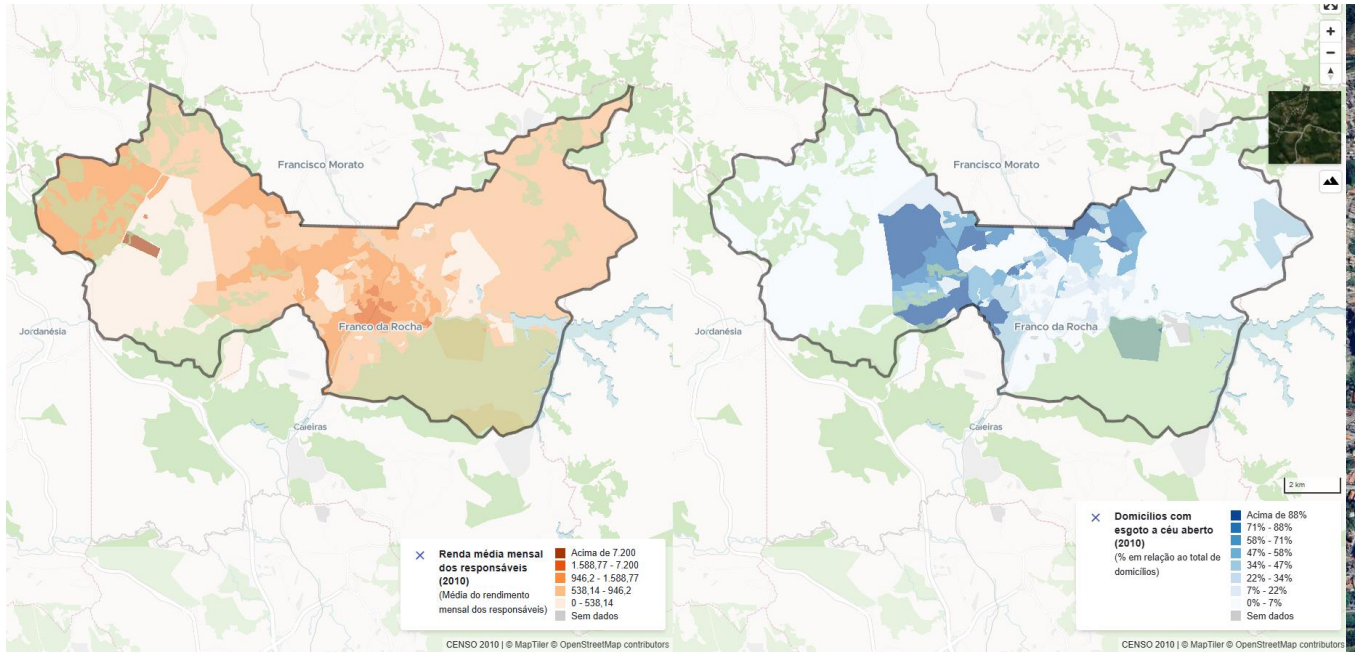


PMRR Franco da Rocha (2021)

O plano mapeou cerca de 230 áreas críticas e identificou 1.177 moradias em setores de risco

https://agenciamural.org.br/enchentes-em-franco-da-rocha-deixam-impactos-para-alem-da-epoca-de-chuvas/

Franco da Rocha, SP



NOTAS

- As “mudanças” climáticas já aconteceram
- Eventos extremos estão cada vez mais recorrentes
- São necessários planos de contingência para respostas rápidas e eficientes
- Regiões de vulnerabilidade ambiental são as que mais sofrem impactos
- Planejamento e Desenvolvimento de cidades adaptadas e resilientes a nova realidade ambiental

Obrigado!

- Eng. Alexandre Muselli Barbosa
- muselli@ipt.br

linkedin.com/school/iptsp/

instagram.com/ipt_oficial/

youtube.com/@IPTbr/

www.ipt.br

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS

SÃO PAULO GOVERNO DO ESTADO