

Cidad Resilient **ES**

Elaboração dos Planos Municipais
de Redução de Risco e Adaptação
às Mudanças Climáticas

Riscos Hidrológicos – excesso de água

Daniel Rigo (DEA/CT/UFES)



Instituições Envolvidas



GOVERNO DO ESTADO
DO ESPÍRITO SANTO

Definições

- **Risco Hidrológico:** interação entre eventos hidrológicos extremos e as vulnerabilidades da sociedade e do ambiente afetado. É função da magnitude do evento extremo e também da vulnerabilidade da população exposta, sendo essencial o mapeamento dessas áreas para mitigar impactos
- **Desastres hidrológicos:** processos naturais que podem ser intensificados por fatores antrópicos, como a impermeabilização do solo e a ocupação de áreas de várzea



Inundação em Mimoso do Sul em 24 de março de 2024. Fonte: UOL.

Classificação de Riscos Hidrológicos

- **Inundações Urbanas:**
Associadas à drenagem insuficiente e ao uso inadequado do solo;
- **Inundações Fluviais:**
Resultantes do extravasamento de rios devido a chuvas intensas;
- **Enxurradas:** Fluxos rápidos de água gerados por precipitações extremas e topografia acidentada;

Fonte: Tucci (2012)



Inundação em Colatina em 23 de dezembro de 2013. Fonte: UOL.

Mudanças Climáticas x Riscos Hidrológicos

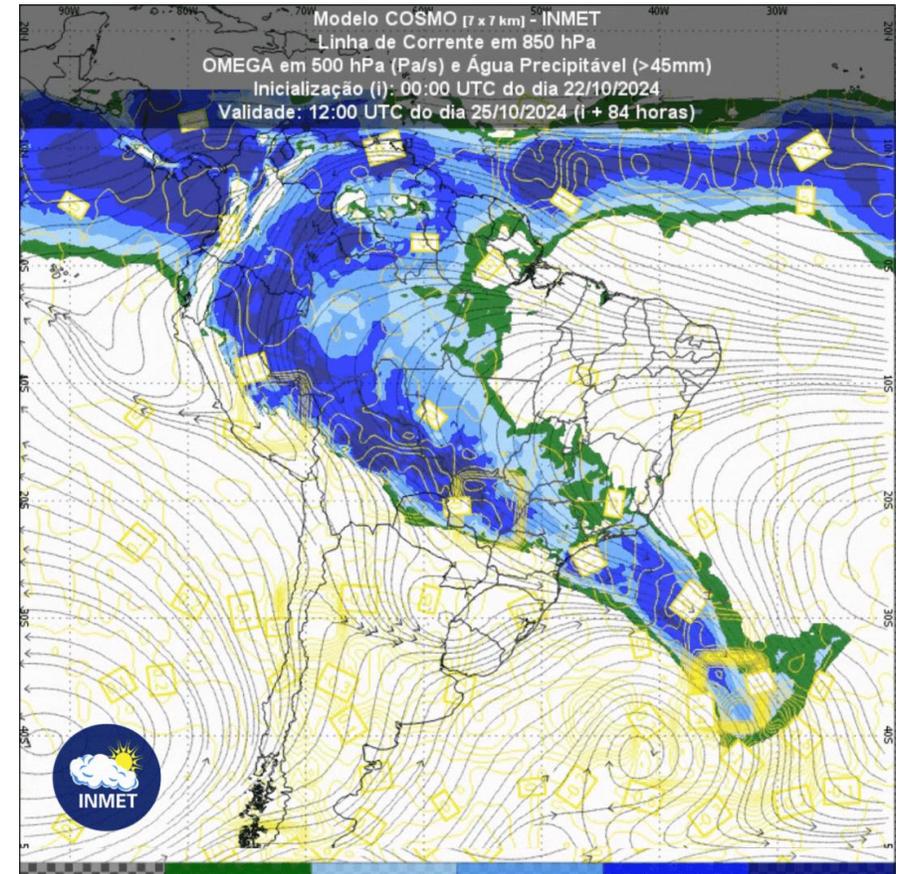


Chuvas Extremas no Espírito Santo

Os eventos de chuvas que podem ser tratadas como “extremas”, por causar grandes inundações e prejuízos no Espírito Santo, são de dois tipos:

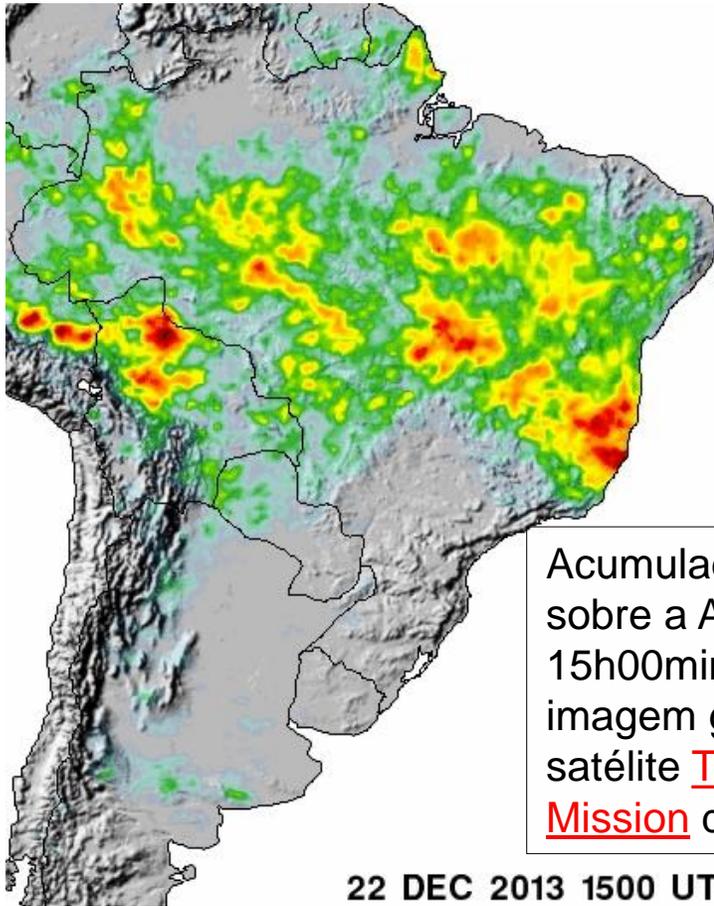
- **Chuva extrema volumosa:** com duração de muitos dias, decorrente da atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).
- **Chuva extrema muito intensa:** com duração de algumas horas, com influência orográfica.

A ZCAS é um dos principais sistemas meteorológicos causadores de chuvas volumosas nas regiões Centro-Oeste e Sudeste entre o fim da primavera e o verão. Entre os meses de novembro e fevereiro, os episódios de ZCAS se formam, com duração de quatro a dez dias em média, e podem ocorrer vários episódios ao longo destes meses.



“Rios voadores” trazendo umidade equatorial para uma grande faixa da América do Sul. Fonte: INMET

Histórico dos Principais Eventos - ZCAS



Acumulado de sete dias de chuva sobre a América do Sul até as 15h00min de 22/12/13 (UTC), imagem gerada pelo satélite [Tropical Rainfall Measuring Mission](#) da [NASA](#).

No Espírito Santo, as chuvas extremas produzidas por episódios de **ZCAS de janeiro de 1979 e dezembro de 2013** produziram as maiores inundações no estado:

- em tamanho das áreas afetadas (muitos municípios do estado);
- nos níveis de inundações alcançados;
- na duração da inundações (chegou a semanas em alguns locais).

ZACAS de dezembro de 2013 no ES:

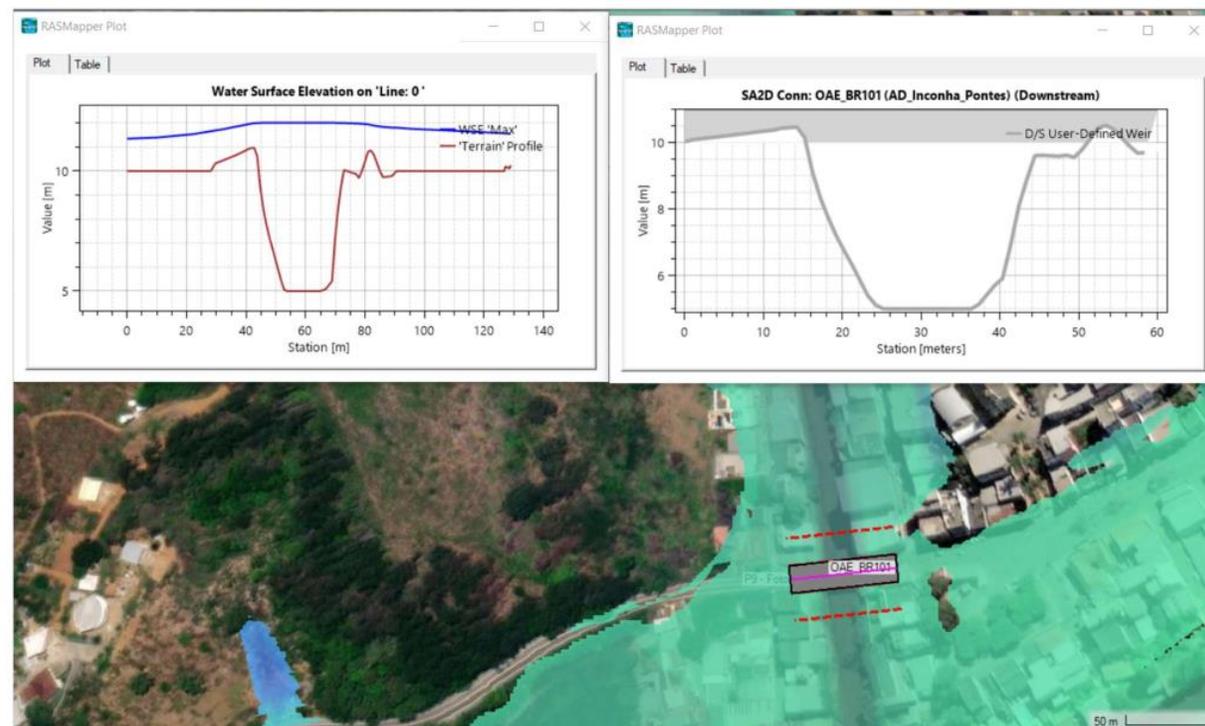
- 55 municípios atingidos
 - 24 óbitos
 - 40.000 edificações danificadas
 - 7.396 pessoas desabrigadas
 - 55.690 pessoas desalojadas
 - + de 20.000 km de estradas danificadas
-

Histórico dos Principais Eventos - chuva muito intensa

As chuvas torrenciais de 17 de janeiro de 2020, que atingiram principalmente Iconha, mas também Alfredo Chaves, Vargem Alta, Castelo, Anchieta, Marechal Floriano e Rio Novo do Sul, causaram grandes danos materiais e humanos. Em Iconha foram registrados 4 óbitos, e em Alfredo Chaves, 3 óbitos. Os desalojados nos municípios afetados foram 2.204, e os desabrigados foram 78 (CEPDEC, 2020).

Guzzo (2024) demonstrou que a chuva de 17/01/20 causou uma sobre-elevação do Rio Iconha de **8,05 m** na cidade de Iconha, alcançando vazão de **1.050 m³/s**.

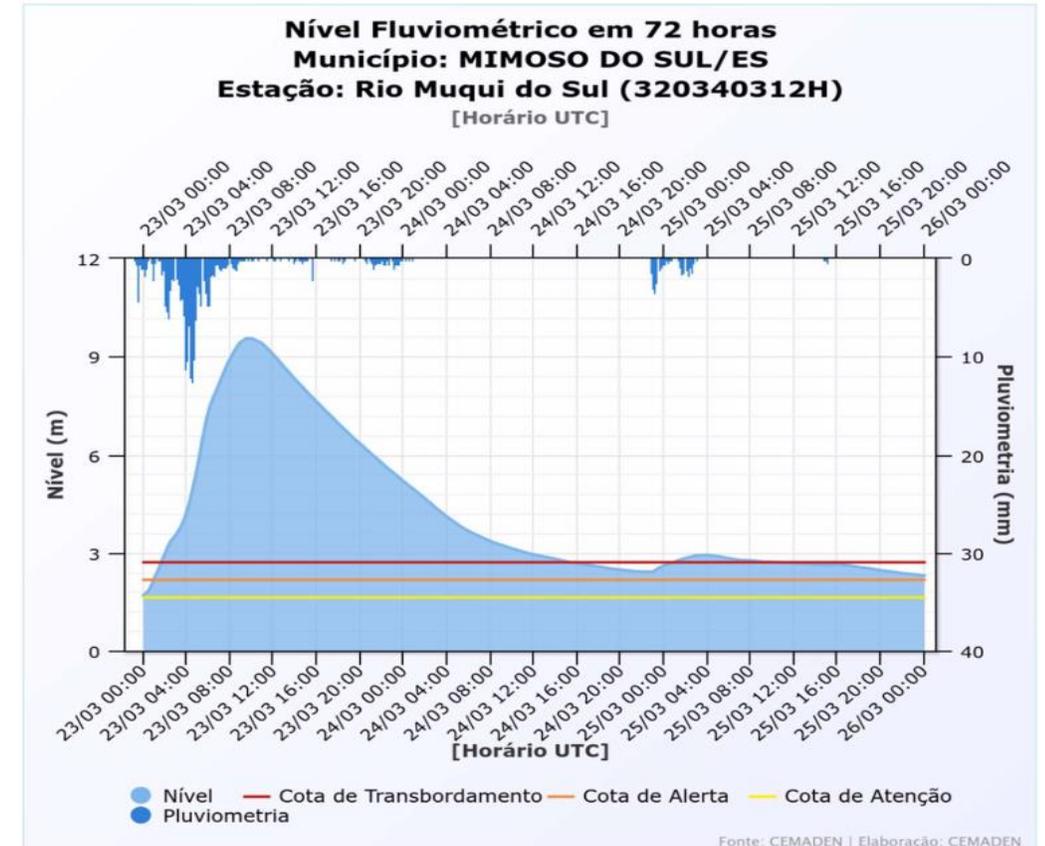
O período de retorno foi estimado em cerca de 1.000 anos.



Níveis d'água modelados em Iconha (acima seção da ponte da BR 101, abaixo sua localização) (Guzzo, 2024)

Histórico dos Principais Eventos - chuva muito intensa

As chuvas torrenciais de 22 de março de 2024 atingiram principalmente o município de **Mimoso do Sul**, mas também **Vargem Alta, Bom Jesus do Norte, Apiacá e Muniz Freire**. Os desalojados nos municípios atingidos foram 7.296, e 408 desabrigados. Em Mimoso do Sul ocorreram 18 óbitos, e 2 óbitos em Apiacá (CEPDEC, 2024).
O período de retorno da chuva foi estimado em centenas de anos.



Pluviometria e nível d'água medidos na Estação Rio Muqui do Sul a partir de 23/03/24.

Fonte: CEMADEN, apud CEPDEC, 2024

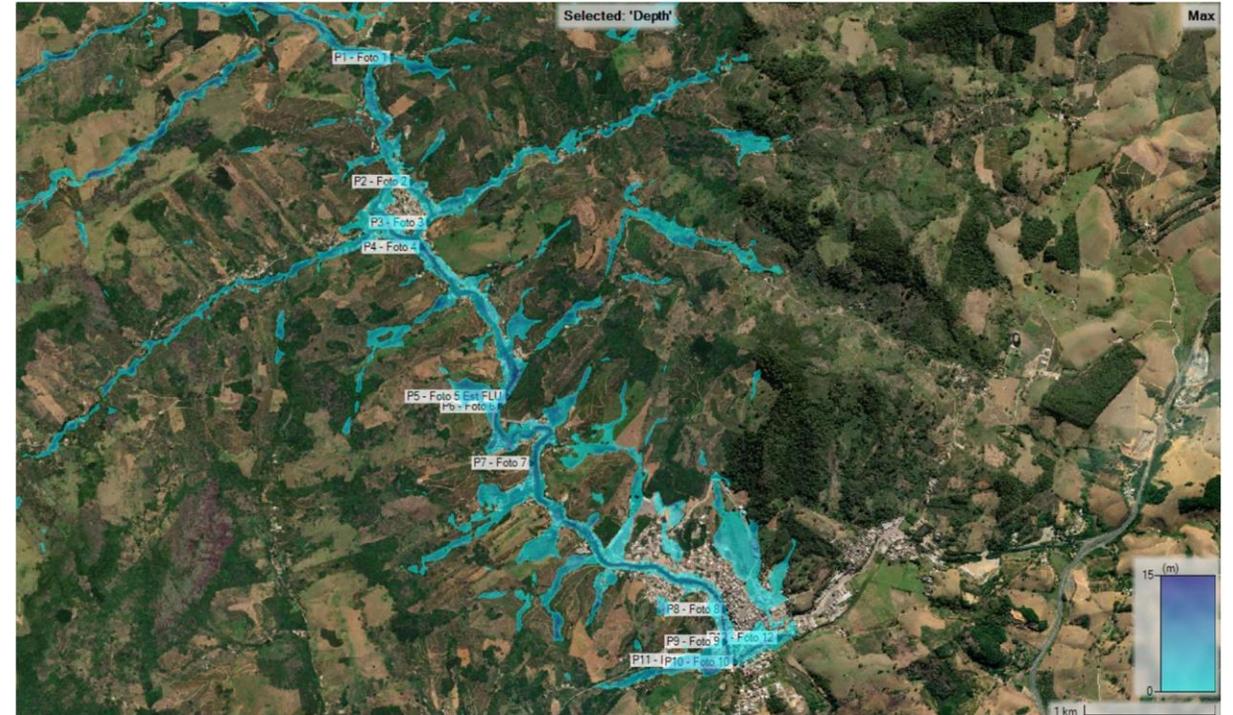
Mancha de inundação referente às chuvas de 22 a 23/03/24 em Mimoso do Sul/ES (CEPDEC, 2024)



Metodologia – Mapas de Risco Hidrológico

Desenvolvimento dos **mapas de riscos hidrológicos** com abordagens de acordo o grau de complexidade dos sistemas hidrológicos, utilizando Sistemas de Informação Geográficas (SIG) em todos os casos, podendo ser adotados os seguintes métodos:

- **Associação de modelos hidrológicos e hidráulicos:** adoção da modelagem hidrológica (HEC-HMS) e hidráulica (HEC-RAS);
- **Associação de modelos hidrológicos a cálculos hidráulicos de escoamento livre em movimento uniforme em canais:** adoção de modelos hidrológicos (HEC-HMS) e cálculo hidráulico de canais;
- **Análise de dados hidrológicos cota-vazão:** análise estatística dos dados históricos de cota-vazão de estações fluviométricas (cursos d'água instrumentados).



Através de modelagem e cálculos hidráulicos são traçados cenários prospectivos (futuros) para identificar eventuais mudanças no comportamento do risco hidrológico. Ex: Mancha de inundação na bacia do Rio Iconha (Guzzo, 2024).

Medidas estruturais e não estruturais

A partir dos resultados dos mapas de risco hidrológico, são elaboradas propostas de medidas estruturais e não estruturais:

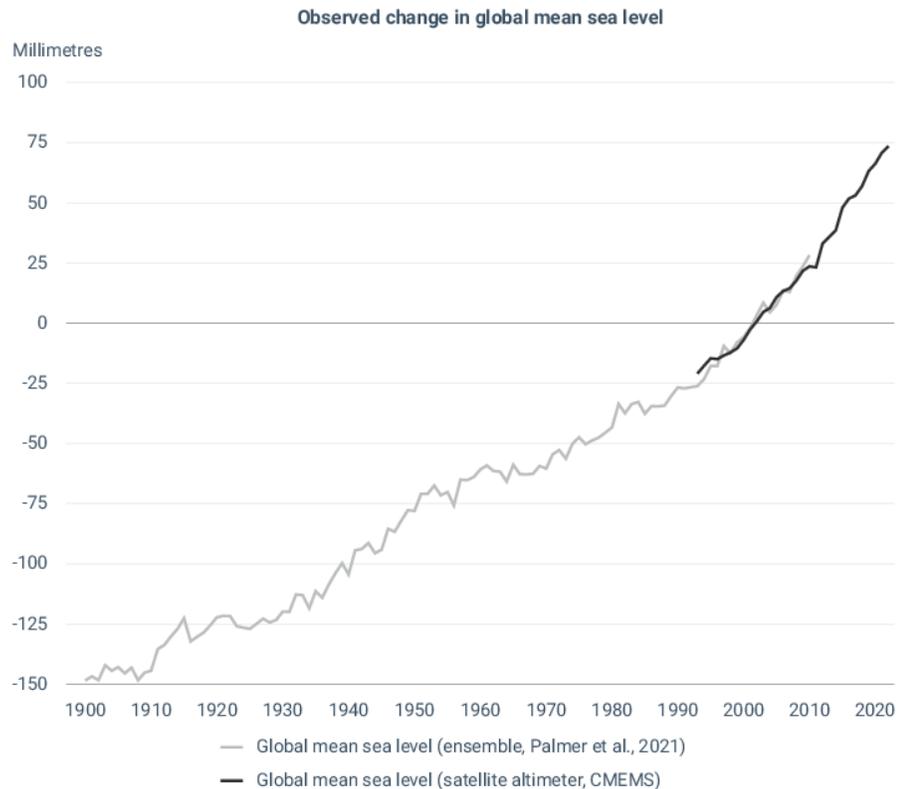
Medidas Estruturais

- Obras Hidráulicas (canais, bueiros)
- Obras de Contenção (diques)
- Obras de Detenção (barragens)
- Obras Hidromecânicas (bombeamento)

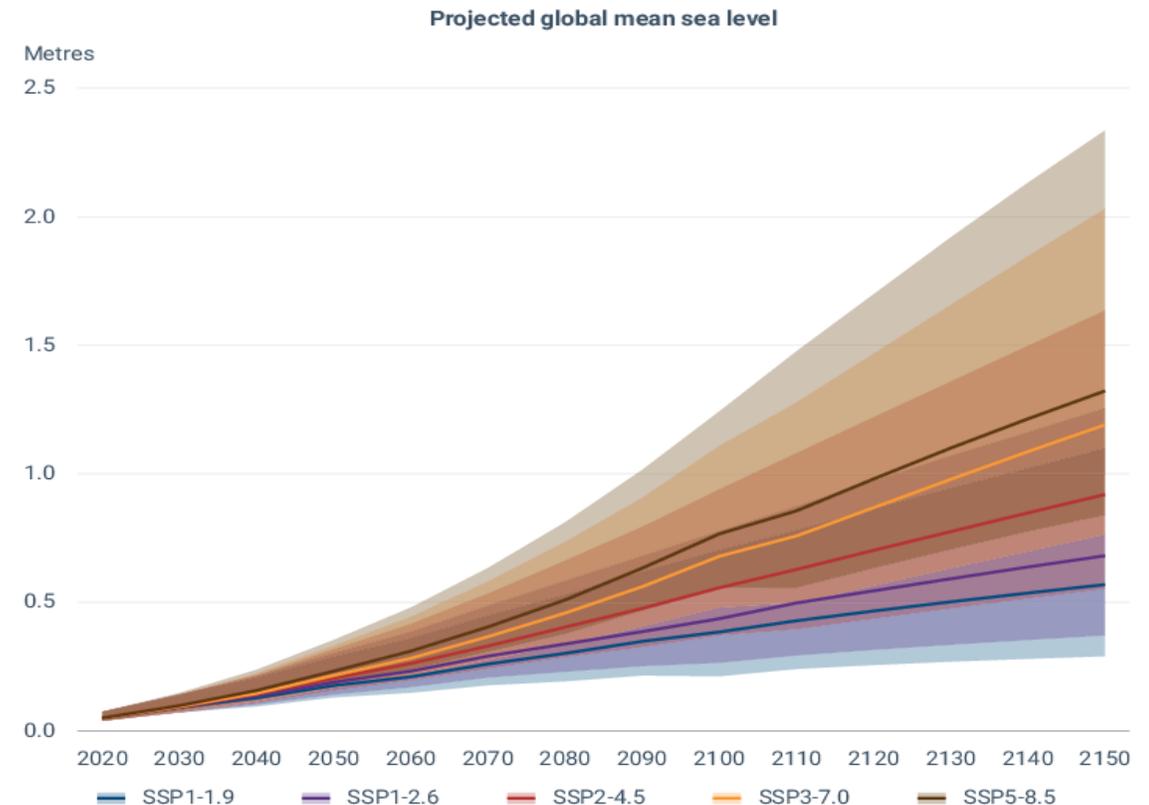
Medidas Não Estruturais

- Controle do Uso do Solo
 - Conservação Ambiental
 - Estruturação Institucional
 - Estrutura Organizacional de Resposta a Emergências
-

Municípios costeiros – sobrelevação do NMM e erosão costeira



Mudança (elevação) em **milímetros** observada no nível médio do mar global entre 1920 e 2020



Mudança projetada (elevação) em **metros** no nível médio do mar global entre 2020 e 2150 para diferentes SSPs.

Municípios costeiros – sobrelevação do NMM e erosão costeira

Nível Médio do Mar (NMM) mais alto ocasiona:

- Aumento da salinização do trecho final de rios (cunha salina alcançando trechos mais a montante nos estuários) em períodos de estiagem – pode inviabilizar captações existentes. Ex: Rio Cricaré (São Mateus), Rio Reis Magos (Serra), Rio Itapemirim (Itapemirim e Marataízes).
 - Inundação pela sobrelevação do NMM - aumento da frequência de níveis mais altos de maré em canais de drenagem, aumentando o risco de inundações. No ES há diversos núcleos urbanos costeiros com canais de drenagem influenciados pela maré, onde há extensas áreas urbanas vulneráveis à inundação.
 - Elevação do nível em que as ondas atingem as praias, aumentando a erosão costeira.
-

Municípios costeiros – erosão costeira

Praia: estrutura deformável que protege o continente, dissipando a energia das ondas, impedindo que o mar avance.

- A mudança climática altera o padrão de ventos e tempestades no Atlântico, onde são geradas as ondas que atingem a costa do ES.
- Novo clima de ondas modifica a forma das praias, causando erosão.
- A erosão é mais problemática quando atinge estradas e/ou regiões urbanizadas.



Municípios costeiros – erosão costeira

Já receberam obras de proteção costeira: Conceição da Barra, Marataízes, Guarapari (Meaípe).

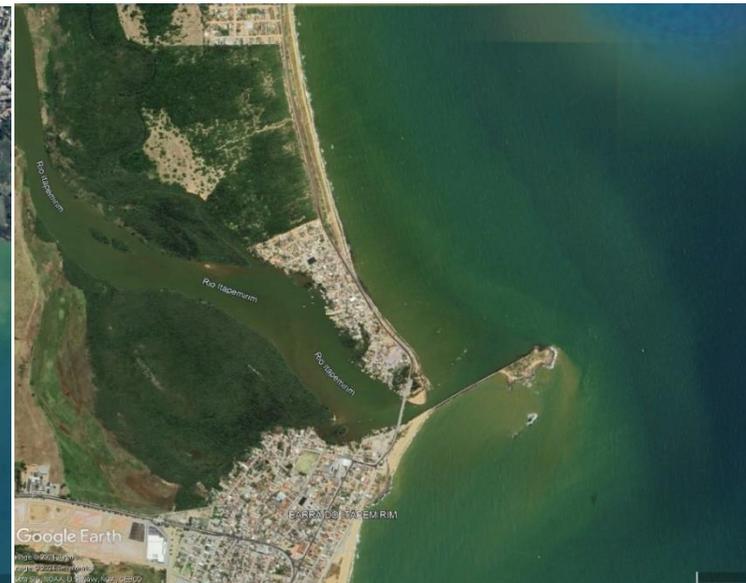
Há regiões que necessitam de intervenções, por exemplo:



Anchieta



Piúma



Desembocadura do Rio Itapemirim

Considerações Finais

A implementação de uma governança hidrológica por meio dos Planos Municipais de Redução de Riscos e Adaptação Climática deverá garantir:

- Definição de diretrizes para os investimentos na infraestrutura urbana necessária para adaptação às mudanças climáticas;
- Orientar o planejamento urbano e controle de ocupação territorial;
- Fortalecer políticas públicas para respostas à emergências;
- Promover a resiliência urbana frente às mudanças climáticas.

