



I Seminário Estadual de Proteção e Defesa Civil

**Inovações tecnológicas que contribuem para a
melhoria do sistema de alerta antecipado**

Claudia de Albuquerque Linhares

*Dra. Sensoriamento Remoto/Hidrologia
Especialista em Extremos Hidrológicos
Sala de Situação do Cemaden*

Santa Catarina, Caçador, 09 de julho de 2024

TRABALHO EM PARCERIA



Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC)

implementação da doutrina estabelecida na Política Nacional de Proteção e Defesa Civil *mobilizar a sociedade civil para atuar em situação de emergência ou estado de calamidade pública, coordenando o apoio logístico para o desenvolvimento das ações de proteção e defesa civil*

DECRETO Nº 11.493, DE 17 DE ABRIL DE 2023



GESTÃO DE DESASTRES

- I - elaborar **alertas** de DN relevantes para ações de proteção e de defesa civil no território nacional;
- II - elaborar e divulgar **estudos** destinados à produção de informações necessárias ao planejamento e à promoção de ações contra DN;
- III - desenvolver capacidade científica, tecnológica e de inovação para o aperfeiçoamento contínuo dos **alertas** de DN;
- IV - desenvolver e implementar sistemas de observação para o **monitoramento** de DN;
- V - desenvolver e implementar modelos computacionais para a **previsão** de DN;
- VI - operar sistemas computacionais necessários à elaboração dos **alertas** de DN;
- VII - emitir **alertas** de DN para o CENAD da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil do MIDR, e para os órgãos estaduais, distrital e municipais de defesa civil, em cooperação com o SINPDEC.



- ✓ Histórico de desastres
- ✓ Defesa Civil
- ✓ Mapeamento de riscos



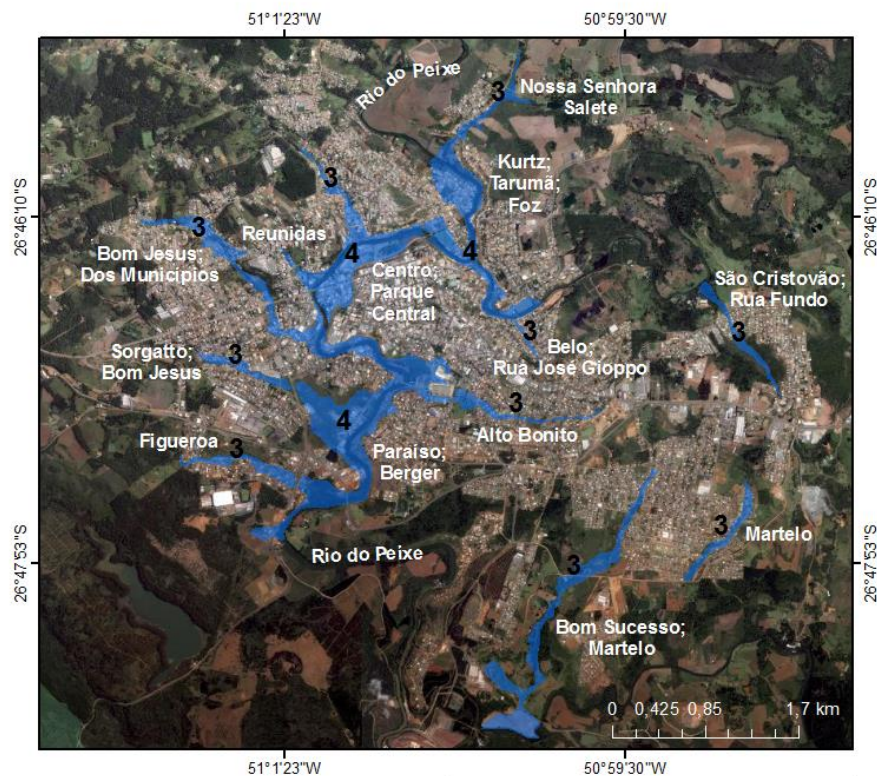
 **CPRM**
Serviço Geológico do Brasil

IG, IPT, Universidades,
Prefeituras, etc.

821 municípios prioritários
(Casa Civil)

Atualmente, o Cemaden monitora 1133 municípios

Área de risco do município de Caçador - SC



Legenda

Risco Hidrológico

Alto

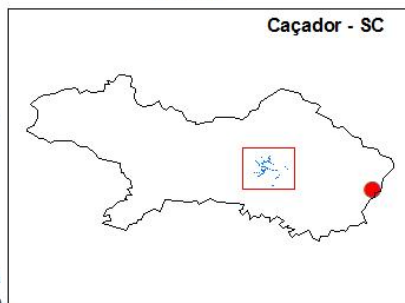
Estações

INMET

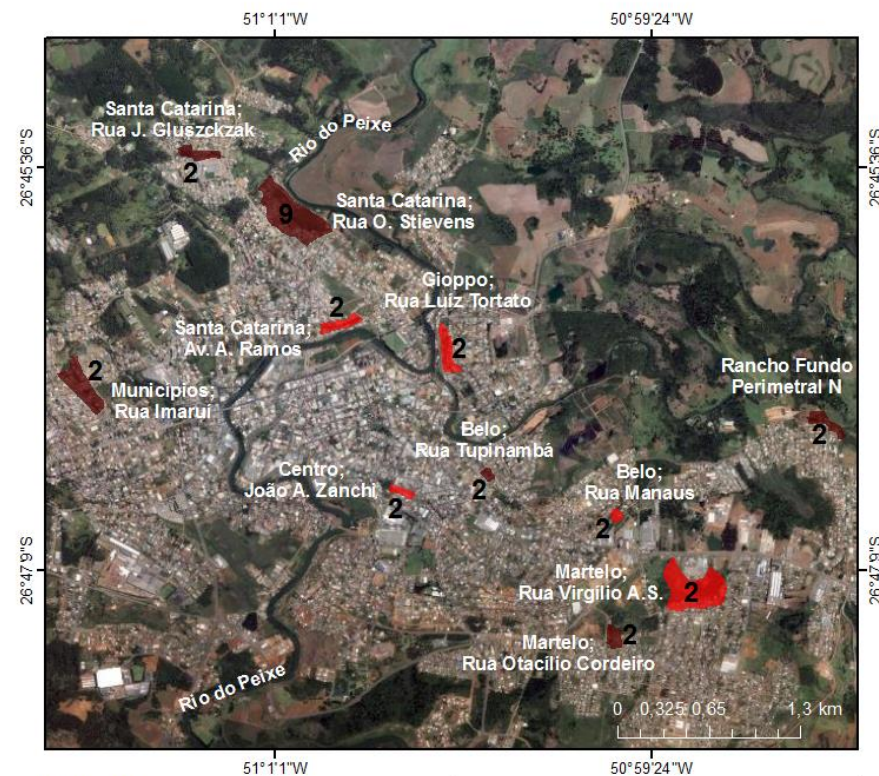
Limite Caçador



Processos
3 - Enxurrada
4 - Inundação



Área de risco do município de Caçador - SC



Legenda

Risco de Movimentos de Massa

Alto

Médio

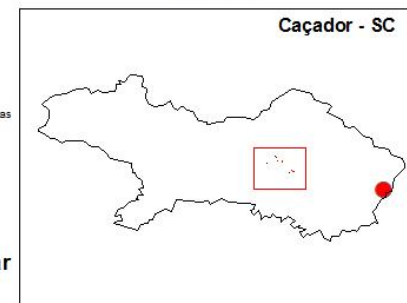
Estações

INMET

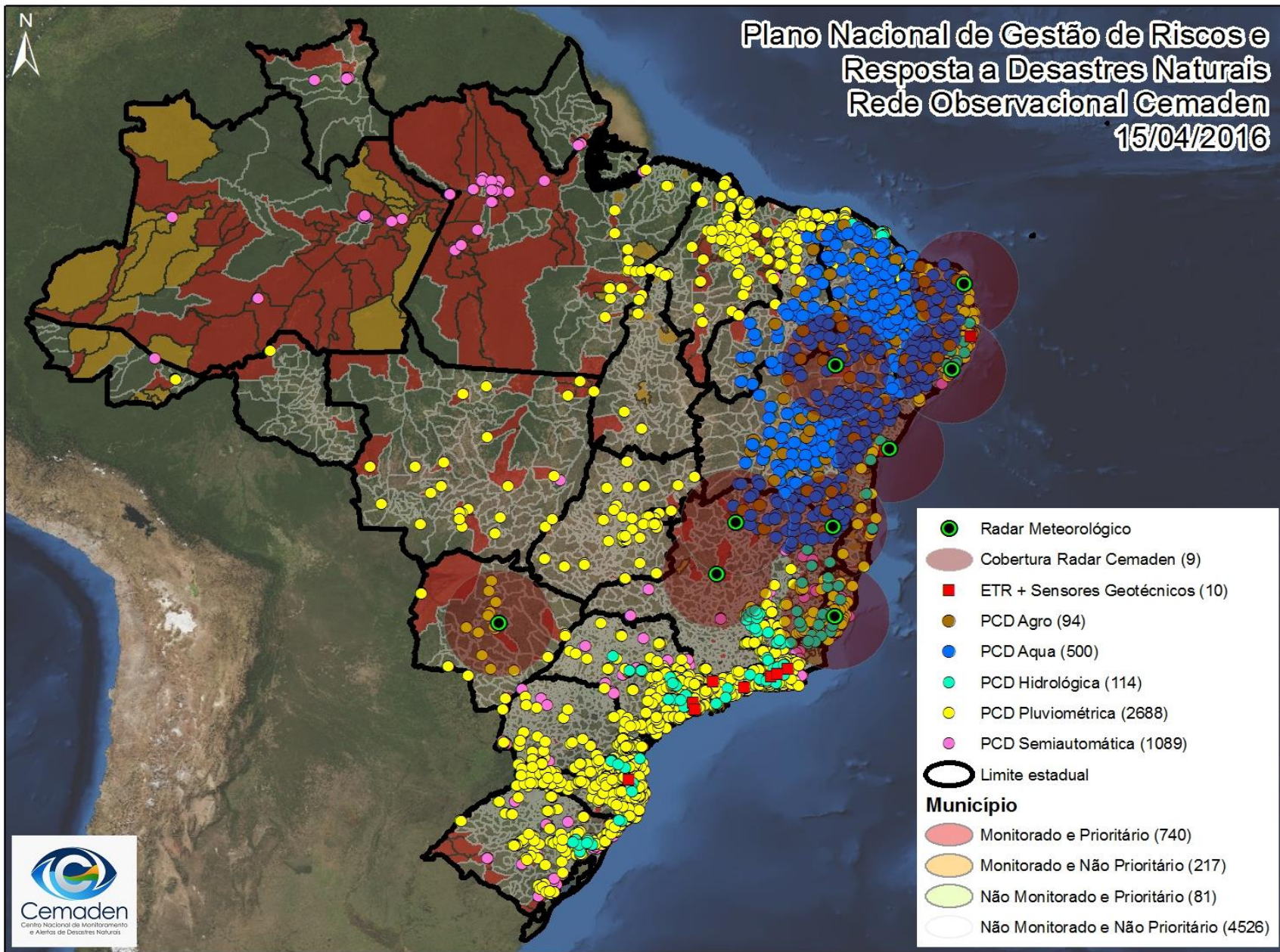
Limite Caçador

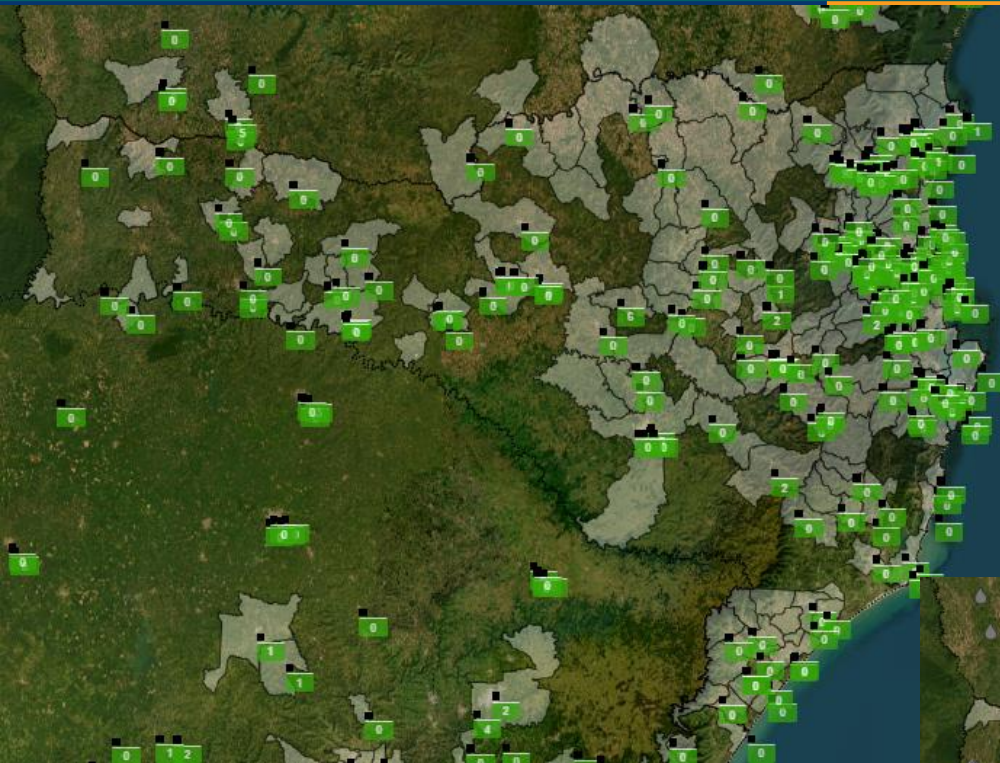


Processos
2 - Deslizamento planar
9 - Outros



Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais Rede Observacional Cemaden 15/04/2016





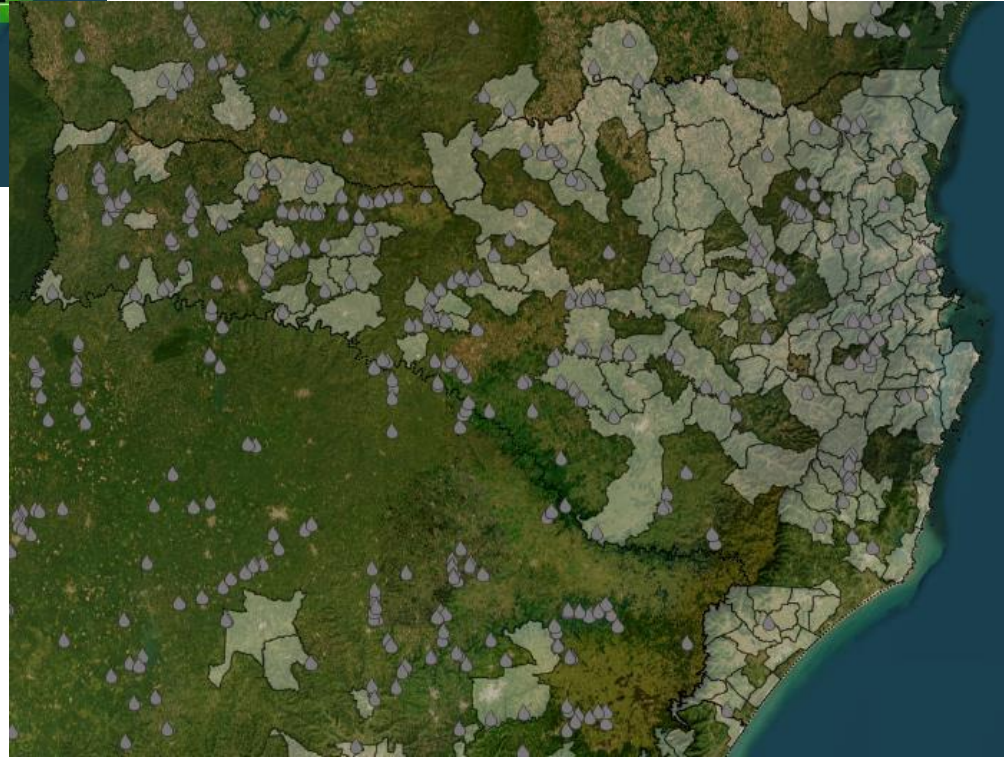
Em 2024, SC passou de 79 municípios monitorados para 141 (78%)

Cemaden tem 238 pluviômetros instalados em 115 municípios

- Blumenau :: 19 PCDs
- Itajaí :: 11 PCDs

:: outras fontes de dados ::

- Rede Hidrometeorológica da DC de SC
- EPAGRI/CIRAM
- Nível do Rio Itajaí nos municípios de Blumenau, Ilhota, Rio do Sul e Gaspar
- ANA, CPRM, etc



Escala de monitoramento



8 Equipes :: 24h
Especialistas

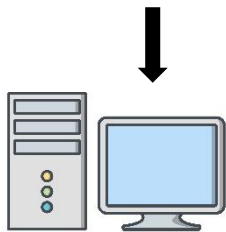
meteorologia (12) | geodinâmica (10) | hidrologia (10) | desastres naturais (9)



Sistema de Gerenciamento de Rede de
Plataforma de Coleta de Dados
(SGRP)

Pluviômetros, Fluviômetros, radares
meteorológicos, imagens de satélite, etc

**VALIDAÇÃO DA
INFORMAÇÃO**



Sistema de Alerta e
Visualização de Áreas de Risco
(SALVAR)

Sistema Integrado de Alerta de
Desastres Naturais
(SIADEN)



ALERTA

ALERTA Nº	ABERTO EM	ATUALIZADO EM	MUNICÍPIO	UF
0372/2019 Abertura	15/02/2019 21h30		SÃO PAULO	SP

TIPO DE EVENTO/NÍVEL: MOVIMENTOS DE MASSA / **MODERADO**

Cenário de Risco:

As áreas de risco de movimentos de massa no município caracterizam-se pela ocupação de alta densidade populacional em taludes de corte/aterro suscetíveis a deslizamentos. Esta situação associada à precipitação incidente e à previsão meteorológica, indica que podem ocorrer deslizamentos pontuais e induzidos nas áreas de risco mapeadas.

Situação Atual:

Os acumulados de precipitação são de até 33mm na última hora, na estação Campo Limpo.

Tendência:

A previsão indica continuidade da chuva para este período, podendo ocorrer na forma de pancadas.

Recomendações:

Atenção às áreas de risco mapeadas pelo IPT.

Ações de Proteção e Defesa Civil recomendadas pelo CENAD:

Em caso de alerta de risco de nível **MODERADO** não se descarta a possibilidade do fenômeno alertado e, caso ocorra, espera-se impacto moderado para a população. Recomendam-se ações previstas no plano de contingência, tais como: sobreaviso das equipes municipais, etc.

FORMULÁRIO DE OCORRÊNCIAS:

Para constante melhoria dos alertas emitidos pelo Cemaden, solicita-se o preenchimento do breve questionário no link: <http://www.cemaden.gov.br/ocorrencias/index.php>

PREVISÃO DE RISCO GEO-HIDROLÓGICO:

Para a Previsão de Risco Geo-Hidrologico, elaborada diariamente pelo Cemaden, acesse o link: <http://www.cemaden.gov.br/categoria/riscos-geo-hidrologicos/>



Criação de Alertas



Lista Alertas



Comunicado de Atenção



Cadastro de Alertas



Consulta Avançada de Alertas



Comunicado de Aviso



Alertas Vigentes



Cadastro Turno



Cadastro de Legendas



Sugestão de Alerta



Consulta Turno



Mapa de Alertas



BANCO DE OCORRÊNCIAS DE DESASTRES DO CEMADEN

Registro de Ocorrências



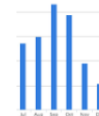
Consulta ao Histórico de Ocorrências



Consulta avançada ao Histórico de Ocorrências



Linha do Tempo Chuva x Ocorrência



Precipitação Acumulada



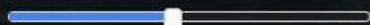
Home

Sistema de Alerta e Visualização de Áreas de Risco (Salvar)

CLAUDIA LINHARES

Sair

Camadas Ativas



CEMADEN - Mapa de Acumulados x
sáb, 06 jul 2024 - 18:58:09 UTC

DTA x
sáb, 06 jul 2024 - 18:16:00 UTC

Stroke(Pulse) x
sáb, 06 jul 2024 - 17:57:01 UTC

Alertas Vigentes x
sáb, 06 jul 2024 - 18:58:00 UTC

Municípios Monitorados - Fundo x

Municípios Monitorados x

Limites Estaduais x

GOES - Canal 13 Realçado Animado x
sáb, 06 jul 2024 - 17:50:00 UTC

ArcGIS - Mapa Base Global Imageado

-48.86960, -27.70534



- Desastres Naturais
- Radar
- Base
- Geociências
- Hidrologia
- Meteorologia



Código: 421430001A
Estação: RanchoQueimado01
Rede: CEMADEN
Município: RANCHO QUEIMADO - SC

Diagnóstico (ATUAL)

Meteorologia
Evento deflagrador



Vulnerabilidade
Dimensão
Humana

Alertas Geodinâmicos
Deslizamentos de Terra,
Queda de Blocos, etc



Alertas Hidrológicos
Inundações,
Enxurradas e
Alagamentos



Construção do Cenário de Risco
Prognóstico (FUTURO)

ALERTA



Sala de Situação do Cemaden

CENÁRIO DE RISCO

MUNICÍPIO

DANOS HUMANOS, MATERIAIS
E FINANCEIROS

Possíveis **impactos** que podem ser causados a um determinado **sistema de interesse** mediante à **probabilidade** de ocorrência de um **evento adverso** em consequência de uma **situação potencial** (ainda não concretizada).

CHUVA

EVENTO HIDROLÓGICO ou
GEODINÂMICO



Enviar ou não um alerta? Em qual nível?

Construção do cenário de risco

Matriz de Risco para definição dos níveis dos Alertas		IMPACTO POTENCIAL		
		Moderado	Alto	Muito Alto
Probabilidade de ocorrência (alagamentos, enxurradas e inundações)	Muito Alta (quase certo)	Moderado	Alto	Muito Alto
	Alta (provável)	Moderado	Alto	Alto
	Baixa (possível)	Observação	Moderado	Moderado

- ✓ número de pessoas expostas à ameaça nas áreas de risco
- ✓ vulnerabilidades locais das áreas expostas ao risco (socioeconômicas, estruturais, etc)

PREVISÃO METEOROLÓGICA + ANÁLISE HIDROLÓGICA

GRANDE VARIABILIDADE ESPACIAL

tamanho da bacia
localização da bacia no município
magnitude do processo hidrológico

GRANDE VARIABILIDADE TEMPORAL

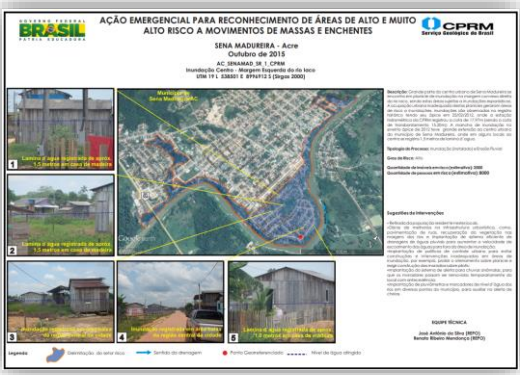
tempo possível para abertura do alerta
duração do fenômeno meteorológico
duração do evento hidrológico

GRANDE VARIABILIDADE DE IMPACTOS

transtornos no trânsito
prejuízos econômicos e isolamento
acidentes e mortes

possíveis impactos

- interdição do trânsito
- perdas materiais
- prejuízo econômico
- derrubada de árvores e casas
- transporte de material
- isolamento
- desabastecimentos
- acidentes
- desaparecimentos
- mortes



PRINCIPAL QUESTÃO

QUANTO CHOVE NA BACIA?

tamanhos das bacias
diferentes tempos de concentração
resposta mais ou menos rápida

Meteorologia
Evento deflagrador

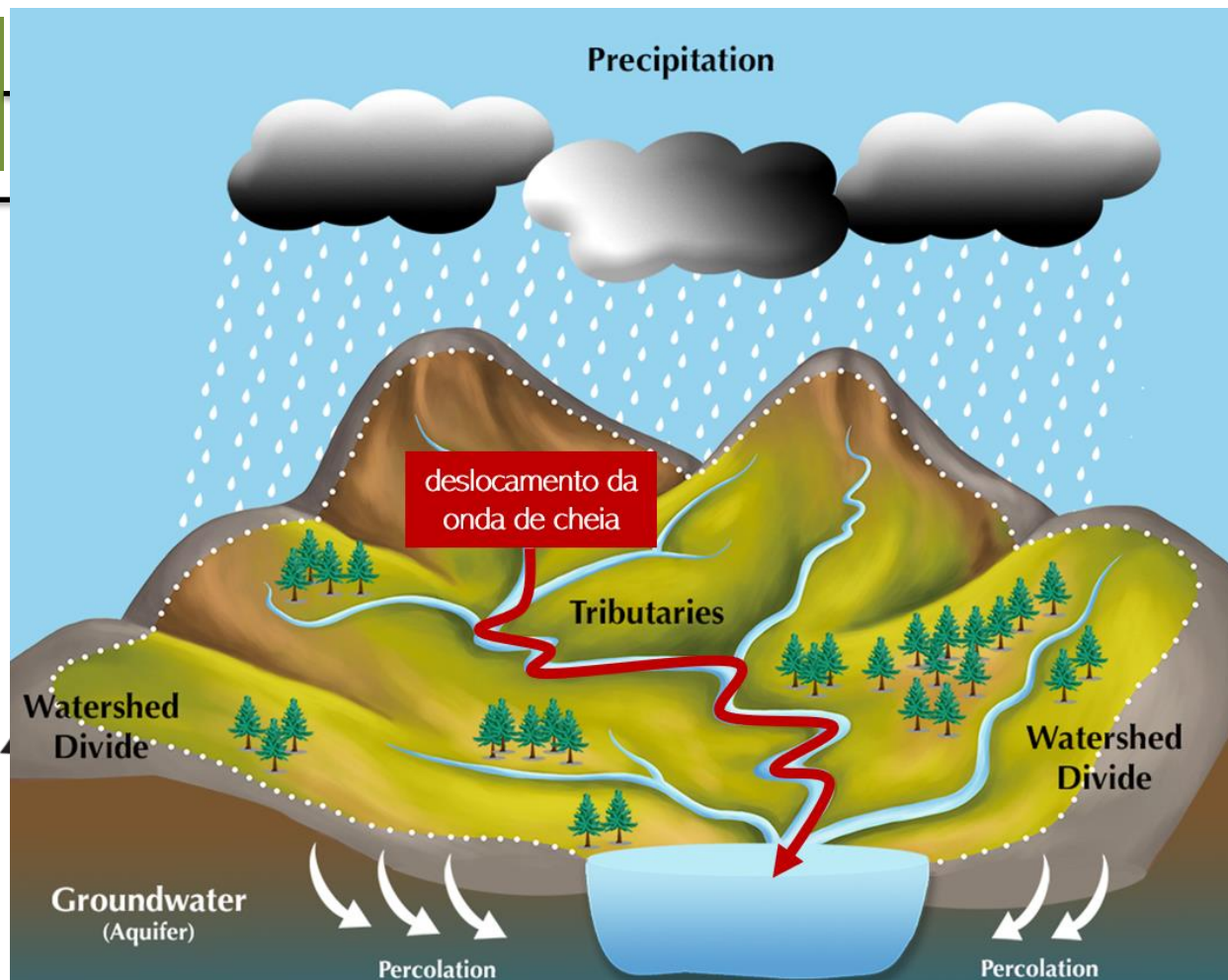


Vulnerabilidade
Dimensão
Humana

Alertas Hidrológicos
Inundações,
Enxurradas e
Alagamentos



ALERTA



Bacia X Município

Limites não são iguais

Uma bacia, vários municípios

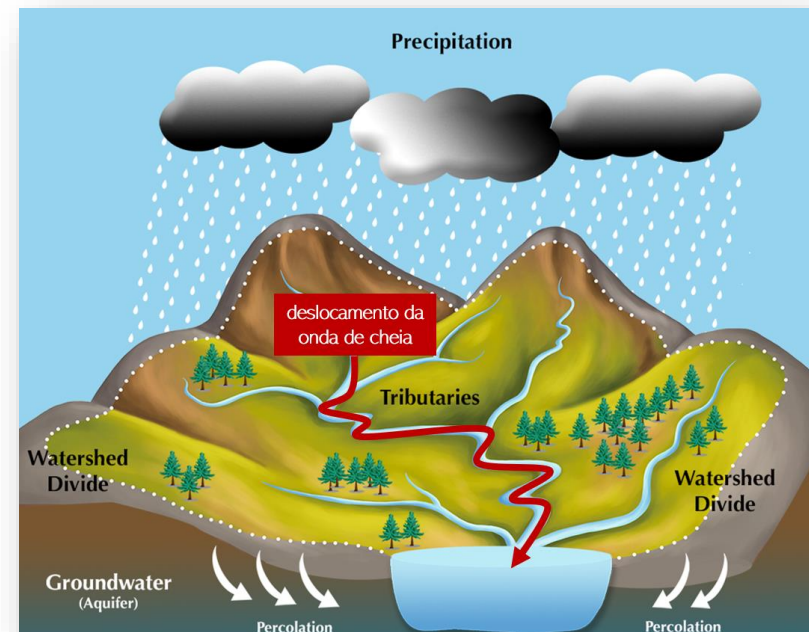
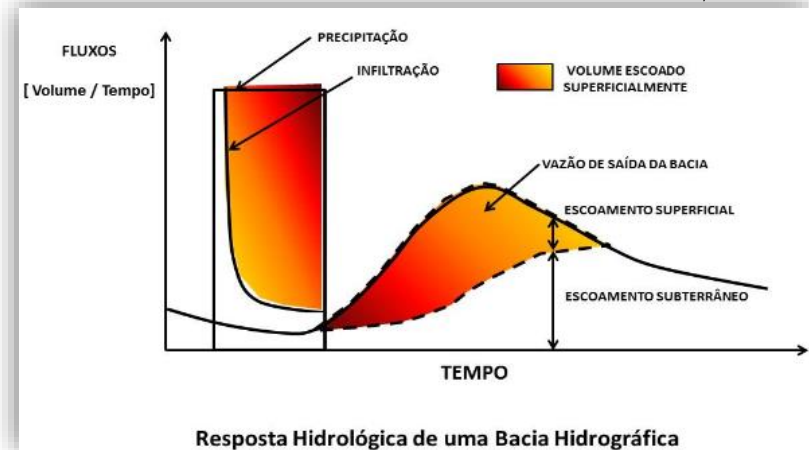
Um município, várias bacias

Onde a chuva cai?

Dentro da bacia, fica na bacia

No divisor de água, tem dois destinos

Tucci, 2013



Avaliar a dinâmica da água na bacia para definir qual município alertar

Frente Fria

curta/média/longa duração

intensidade fraca/moderada/forte

possibilidade de pancadas e de descargas elétricas

boa previsibilidade

causam alagamentos, enxurradas e/ou inundações

ZCAS

média/longa duração

intensidade fraca/moderada

boa previsibilidade

causam inundações

ajudam a reabastecer represas

“Chuvas de Verão”

curta duração

intensidade moderada/forte

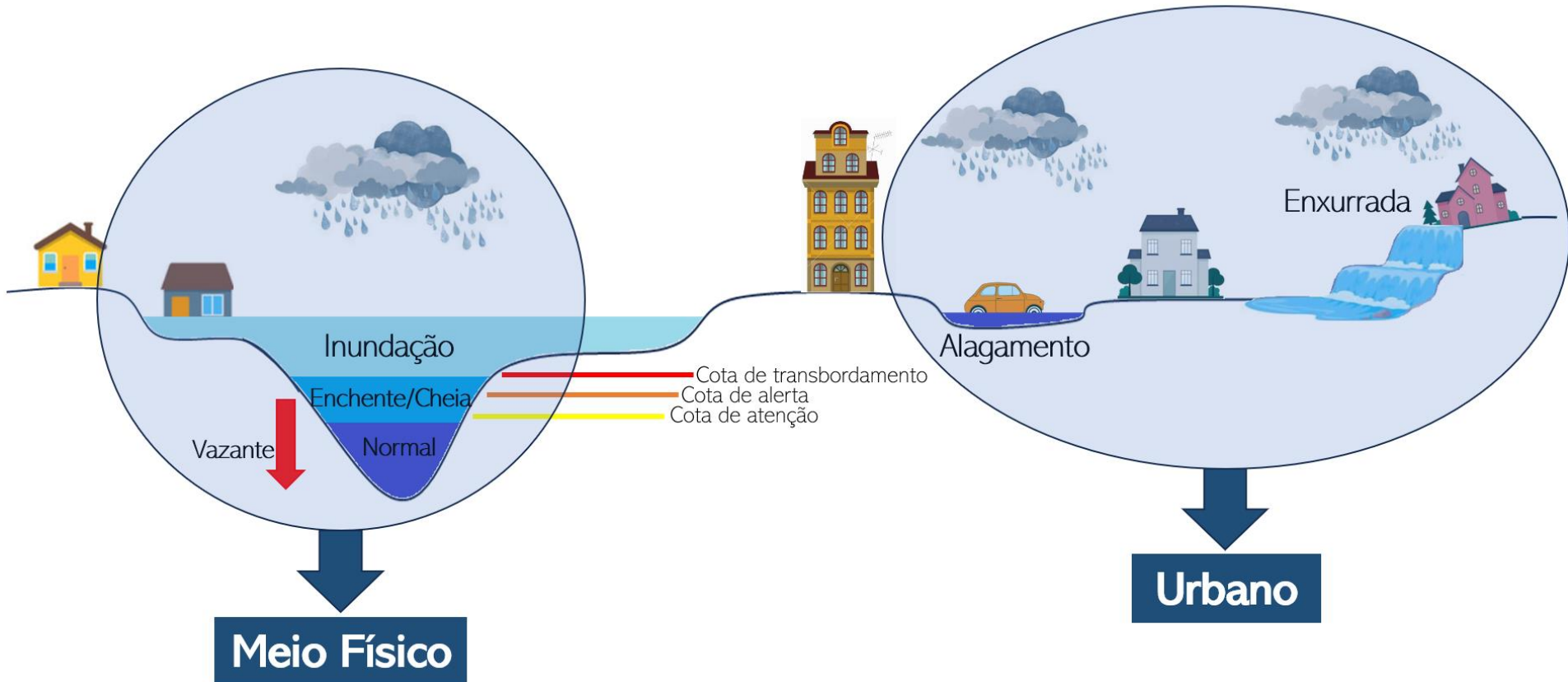
possibilidade de pancadas e de descargas elétricas

baixa previsibilidade

causam alagamentos, enxurradas e/ou inundações bruscas



CHUVA





situação potencial (*agente deflagrador*)

chuvas “volumosas”

curta duração
forte intensidade

média duração
média intensidade

vulnerabilidade

sistema de drenagem urbana deficiente

possíveis impactos

interdição do trânsito
perdas materiais
acidentes
desaparecimentos
mortes





situação potencial (*agente deflagrador*)

chuvas “intensas”

curta duração

forte intensidade

vulnerabilidade

áreas urbanas com alguma declividade

proximidade de rios

possíveis impactos

interdição do trânsito

perdas materiais

derrubada de árvores e casas

transporte de material

acidentes

desaparecimentos

mortes

Inundações bruscas

Rio Quitandinha/Petrópolis, RJ



Inundações graduais

Rio Madeira/Porto Velho, RO



bacias pequenas
menor tempo de concentração
resposta rápida

bacias grandes
maior tempo de concentração
resposta lenta



curta duração
forte intensidade



proximidade de rios
fator 'surpresa'



trânsito/perdas materiais/prejuízo econômico
acidentes/desaparecimentos/mortes



média/longa duração
intensidade fraca/moderada



proximidade de rios



interdição de estradas
prejuízo econômico
isolamento de comunidades
desabastecimento/desaparecimentos
mortes

**POR UM
LONGO
TEMPO...**

QUANDO ABRIR?

- ANTECEDÊNCIA DESEJADA **MÍNIMO DE 2 HORAS**
- ANTECEDÊNCIA POSSÍVEL **MINUTOS A MESES**

PREVISÃO METEOROLÓGICA + ANÁLISE HIDROLÓGICA
ambas dependem da rede observacional

Alagamentos, Enxurradas e Inundações Bruscas

Frente Fria e ZCAS

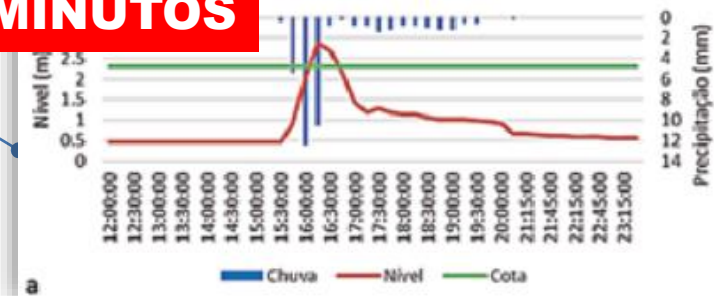
boa previsibilidade

Chuvas de Verão (pancadas)

baixa previsibilidade



MINUTOS



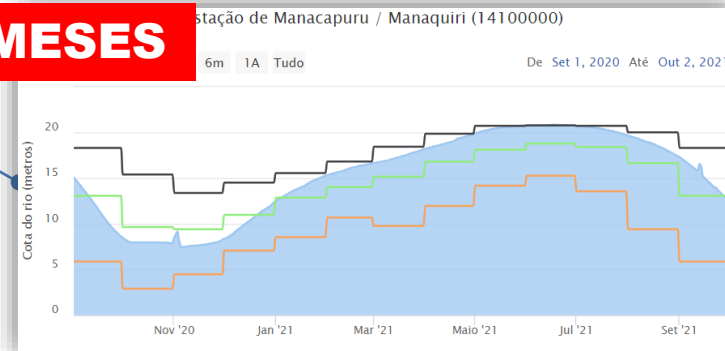
Inundação Gradual

Depende da climatologia

ótima previsibilidade



MESES



ACUMULADOS PRETÉRITOS TEM MENOR INFLUÊNCIA NA HIDROLOGIA

QUANDO CESSAR?

TEMPO DE VIDA DO ALERTA

MINUTOS a MESES

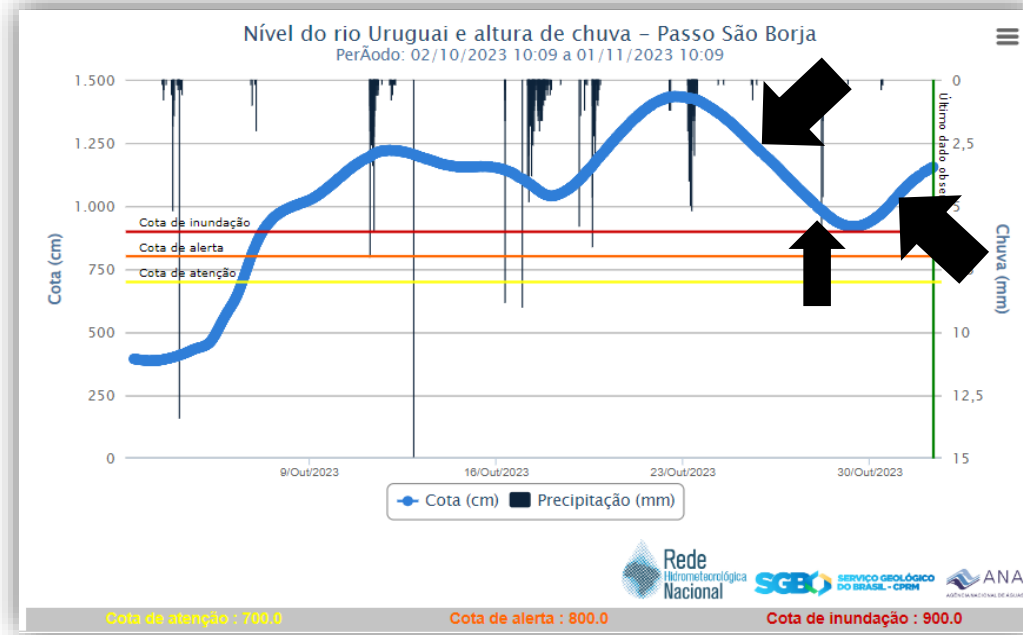
PROGNÓSTICO METEOROLÓGICO + ANÁLISE HIDROLÓGICA

Situação meteorológica

duração do evento deflagrador: horas a dias
gravidade do evento
previsão de continuidade

Situação hidrológica

nível do rio
condições pretéritas da bacia (umidade do solo, níveis hidrométricos, etc)
situação à montante e possíveis impactos à jusante
previsão hidrológica para os próximos dias



PARA QUAL MUNICÍPIO ABRIR?

QUANDO ABRIR?

QUANDO MUDAR O NÍVEL?

QUANDO CESSAR?

CONFIABILIDADE NO CENTRO EM
FUNÇÃO DA QUALIDADE DA
INFORMAÇÃO FORNECIDA

EFETIVA COLABORAÇÃO COM AS
DEFESAS CIVIS

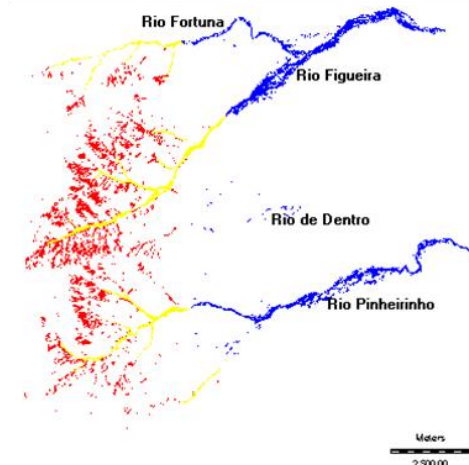
PROTEÇÃO DA POPULAÇÃO

Evitar mortes

Trabalhar a conscientização

Desenvolver a percepção de risco

Timbé do Sul, SC



Eventos geodinâmicos são menos frequentes, mas matam mais.

one

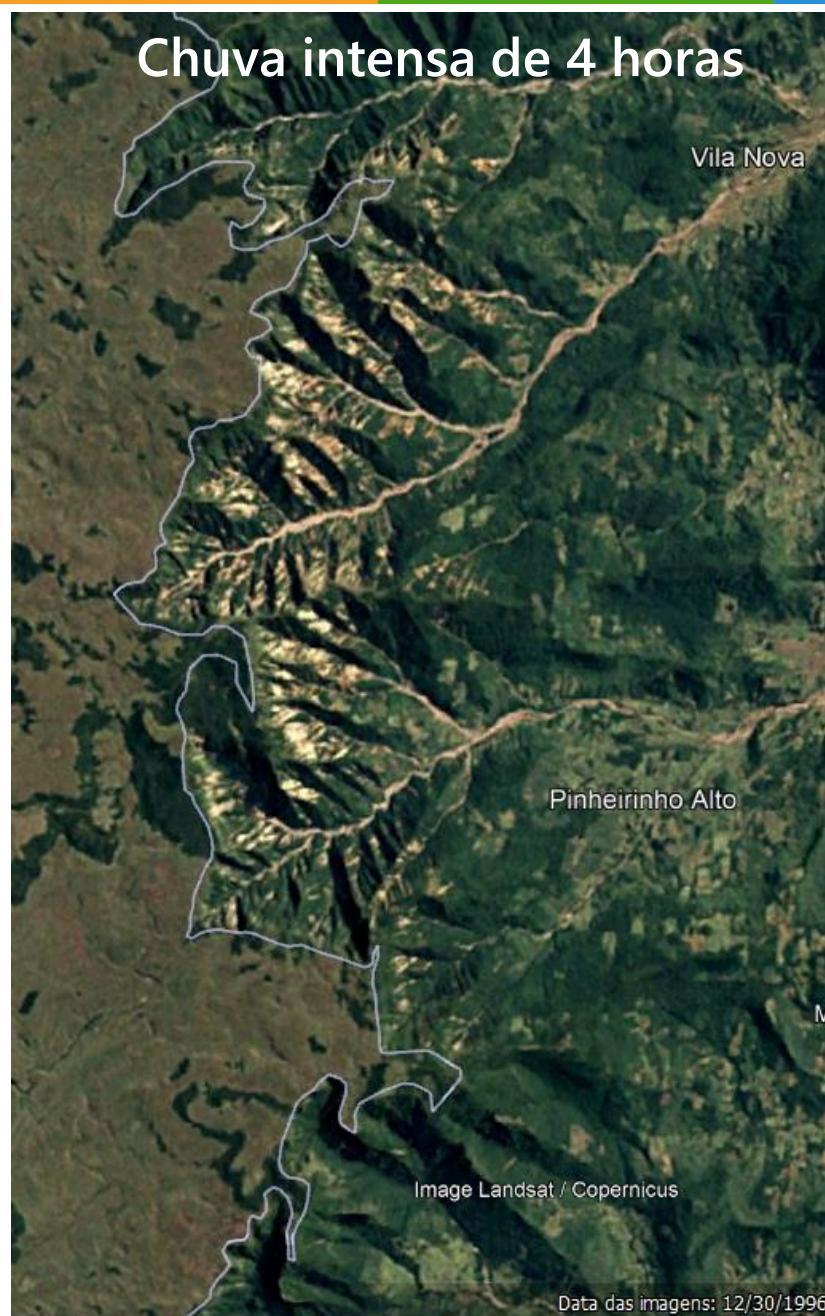
Superfícies destruídas na planície da zona 2
Novos depósitos dos altos vales da zona 1
Superfícies deslizadas da Serra

atingidas pela enxurrada de Dezembro de 1995

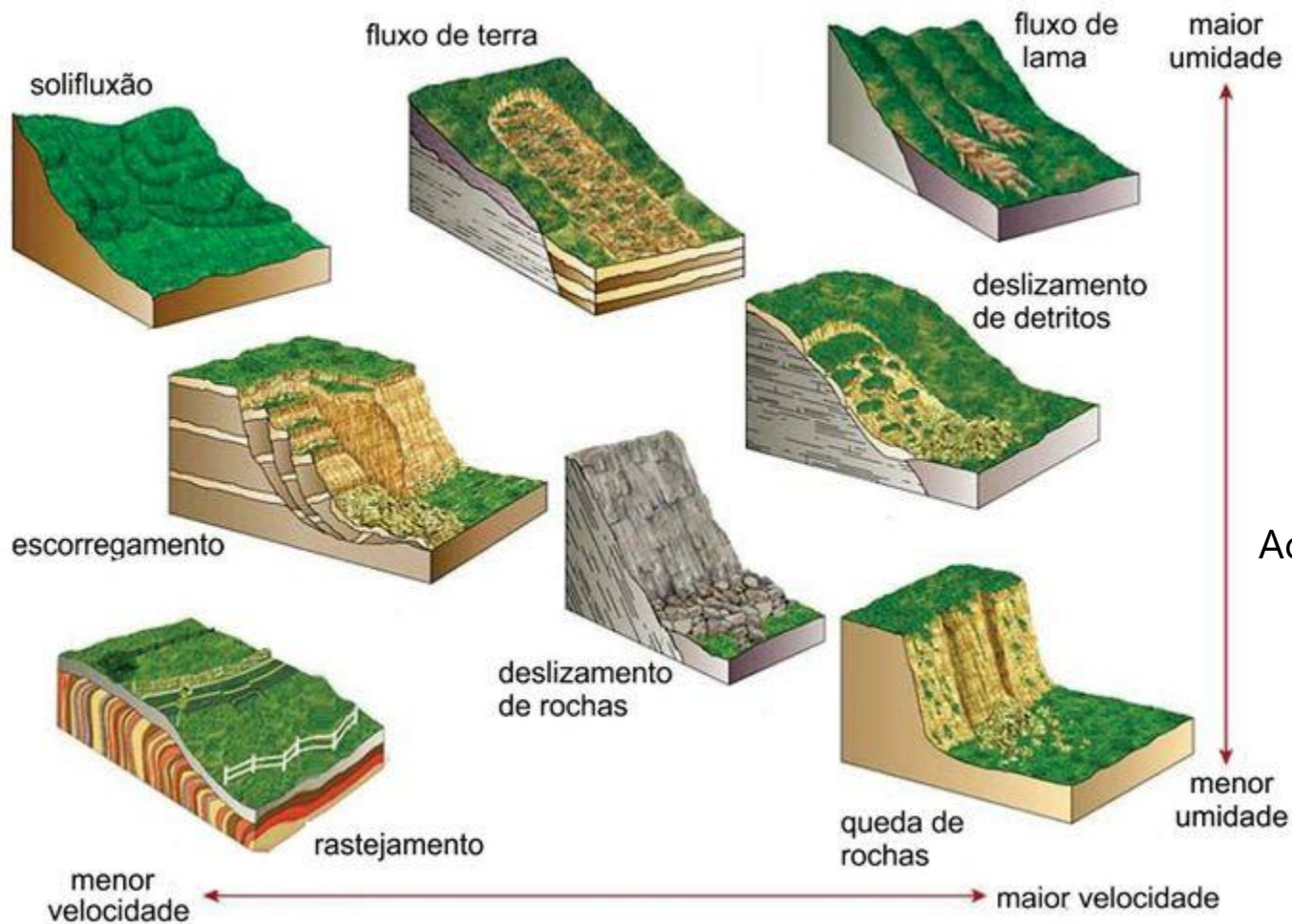


Temporal de 4 horas 23/12/1995 no Sul do Estado SC



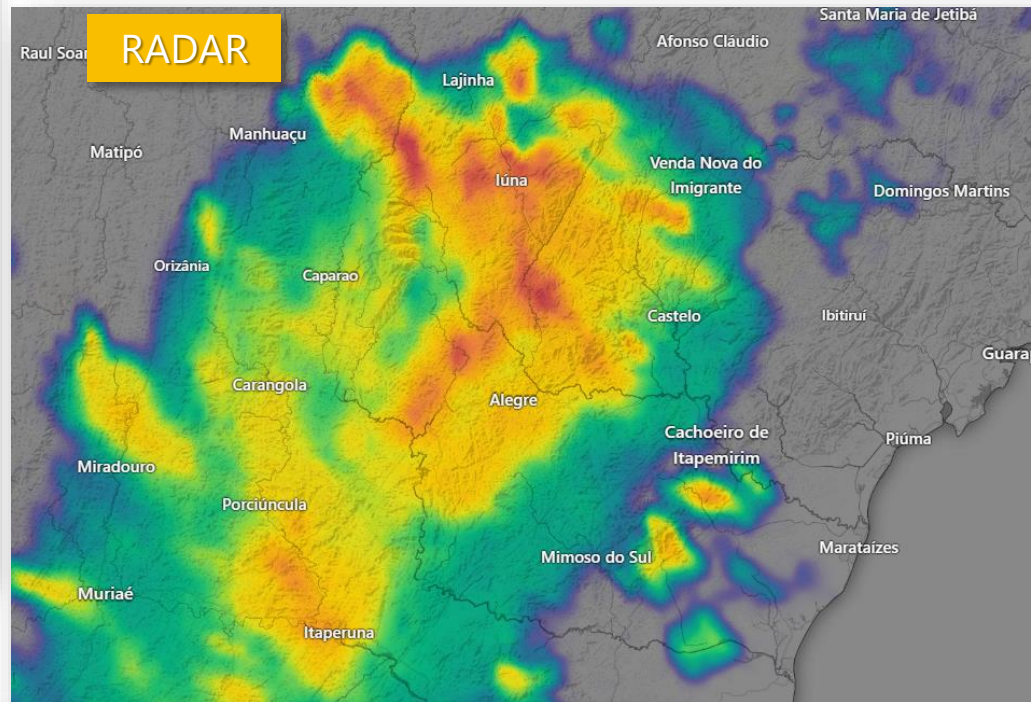
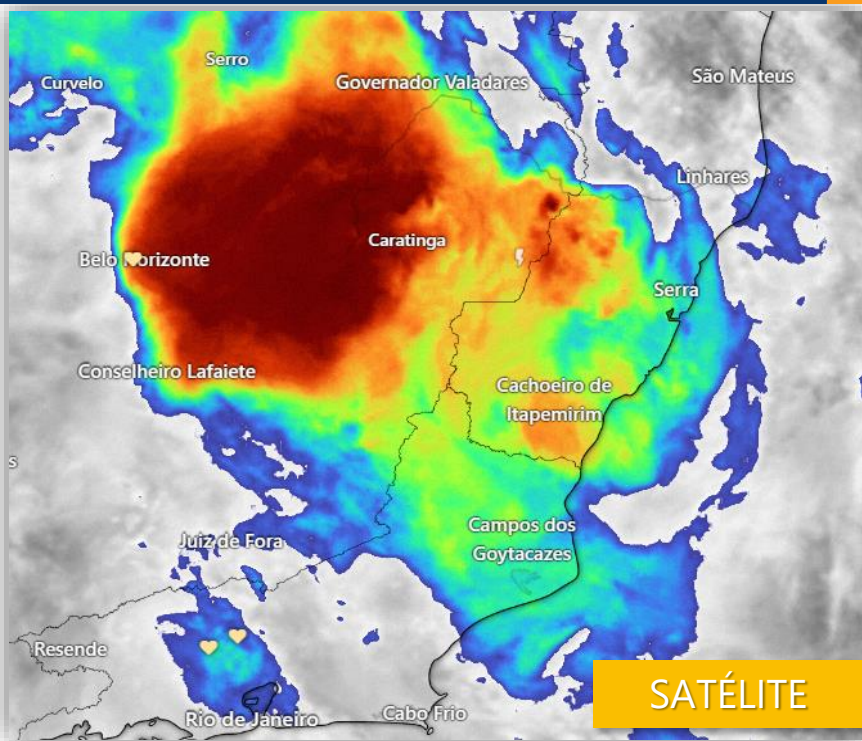


EVENTOS GEODINÂMICOS



Limiões críticos
Acumulados de precipitação
Umidade do solo
Características do relevo
Uso e cobertura da terra

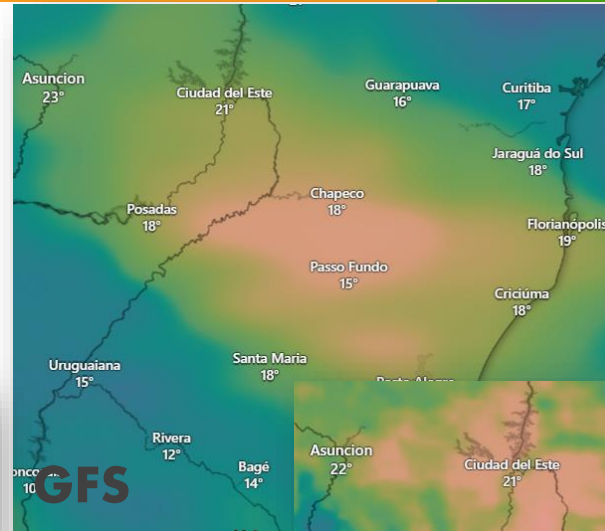
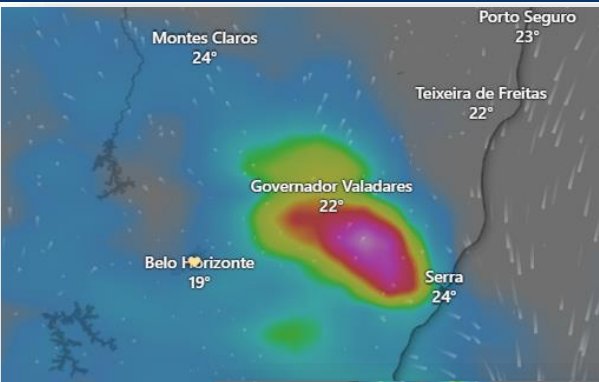
REDE OBSERVACIONAL



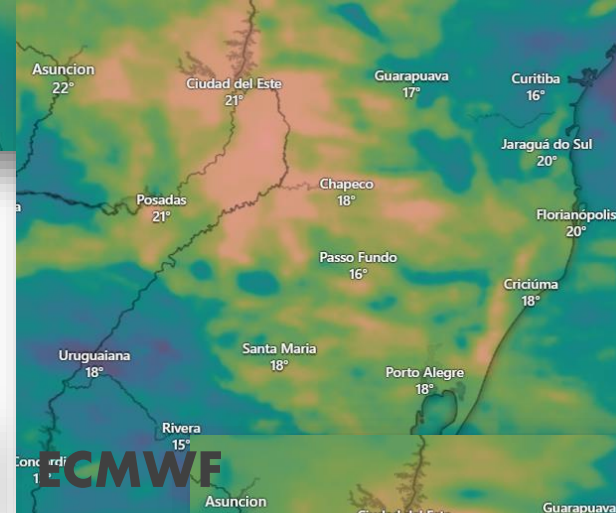
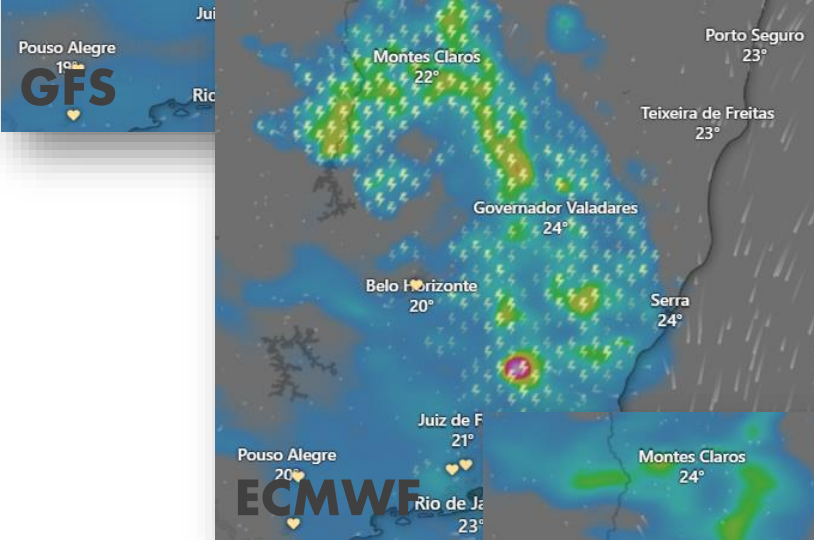
PLUVIÔMETROS

Rede	UF	Cidade	Nome	Data	Último	1"	3	6	12	24	48	72	96	120	
CEMADEN	MS	Maracaju	Jardim Guanabara [A/B]	01/11/2023 03:40	0.6	18	19	19	19	49	49	49	49	49	☔
CEMADEN	MG	👁 Governador Valadares	Jardim Vera Cruz [A/B]	01/11/2023 03:50	0.8	18	18	18	18	28	37	37	37	41	☔
CEMADEN	RJ	👁 Nova Friburgo	Praia - Geo [G]	01/11/2023 03:50	0.2	15	17	19	55	55	56	113	114	116	☔
CEMADEN	MG	👁 Caratinga	Rural [A/B]	01/11/2023 03:50	0.2	14	48	49	49	55	76	76	76	91	☔
CEMADEN	MG	👁 Manhuaçu	Pouso Alegre [A/B]	01/11/2023 03:50	0.6	12	13	13	13	19	46	46	46	48	☔
CEMADEN	MG	👁 Aimorés	Igrejinha [A/B]	01/11/2023 03:50	0.2	12	12	12	12	18	18	18	18	35	☔
CEMADEN	MG	👁 Belo Oriente	Centro [A/B]	01/11/2023 03:40	1.0	11	39	39	39	47	65	65	68	79	☔
CEMADEN	ES	👁 Itarana	Morro Do Cafezal [A/B]	01/11/2023 03:50	0.4	11	21	21	21	34	35	35	37	56	☔
CEMADEN	RJ	👁 Cantagalo	Boa Sorte [A/B]	01/11/2023 04:00	0.4	11	18	24	27	27	30	65	66	67	☔
CEMADEN	ES	👁 Santa Teresa	Alto Caldeirão [A/B]	01/11/2023 03:50	2.8	11	11	12	12	14	14	14	15	57	☔

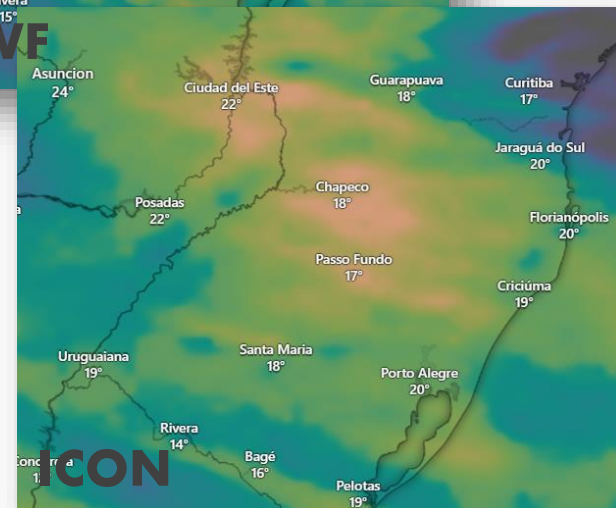
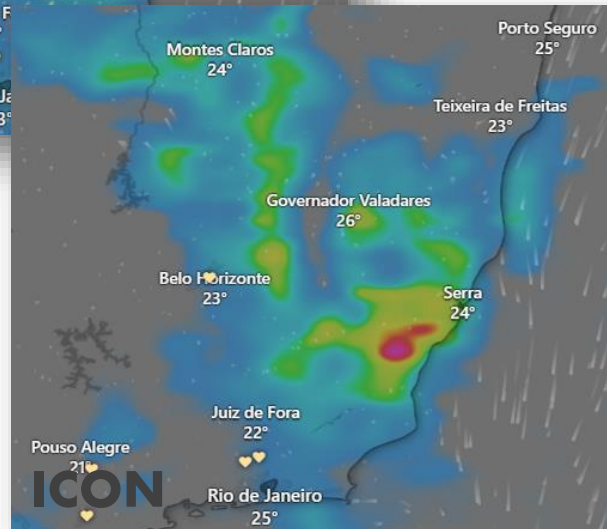
MODELOS METEOROLÓGICOS

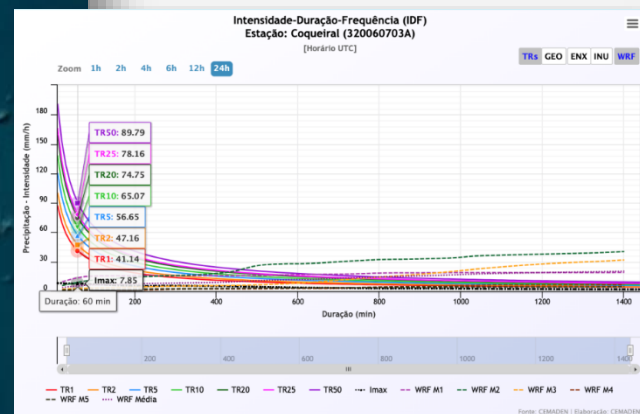
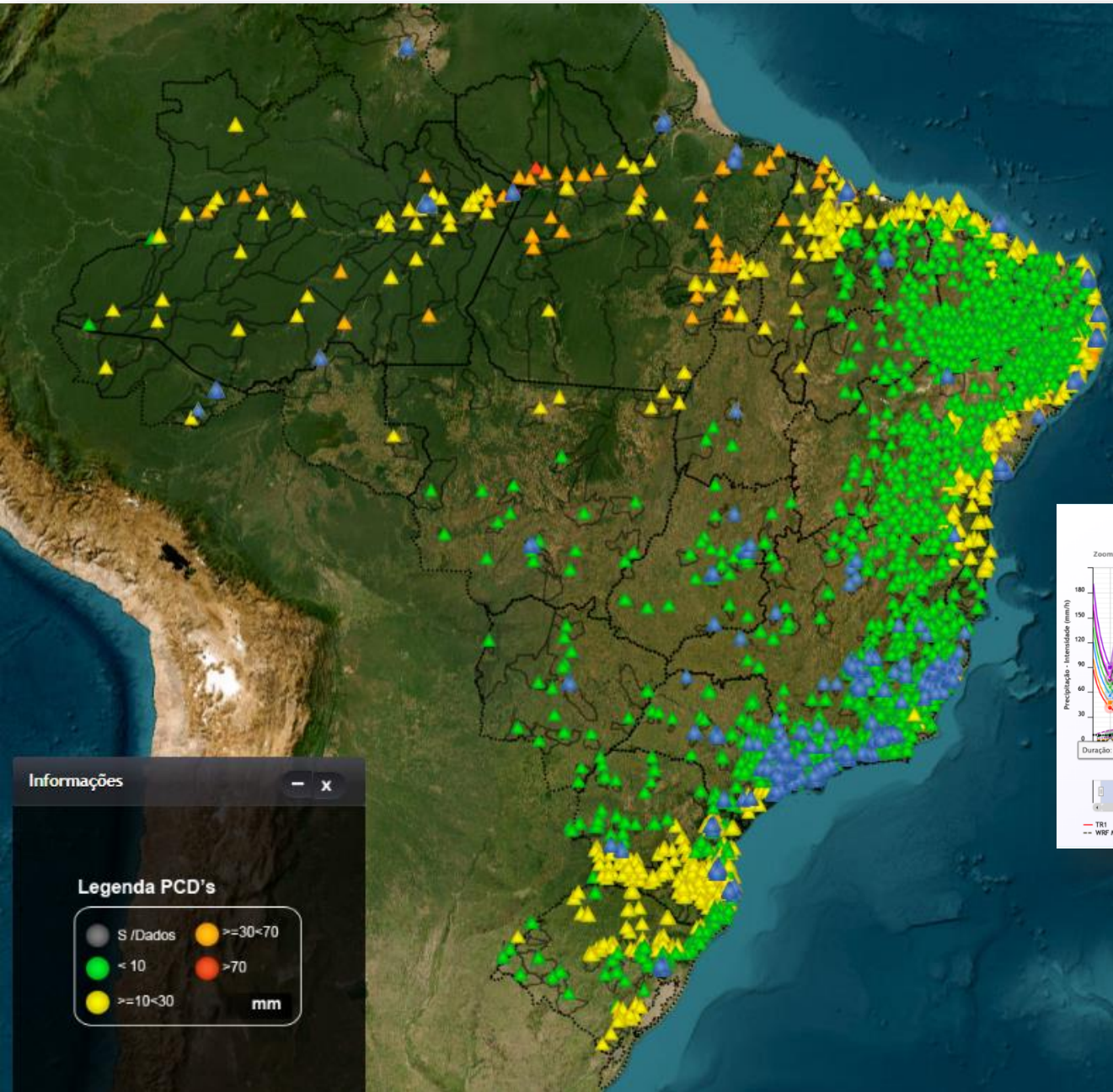


Acumulados previstos para 3 dias



Previsão a cada 1h

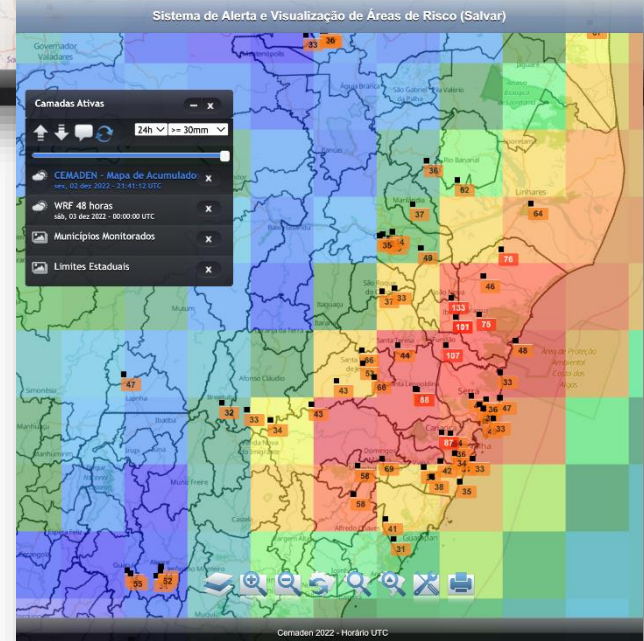
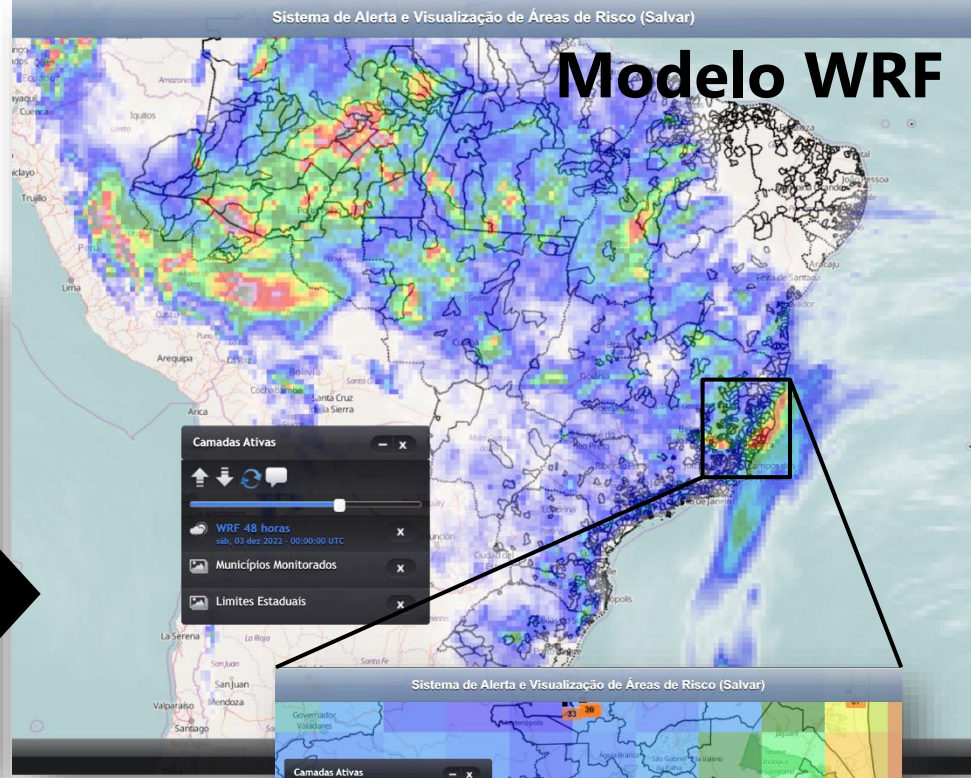
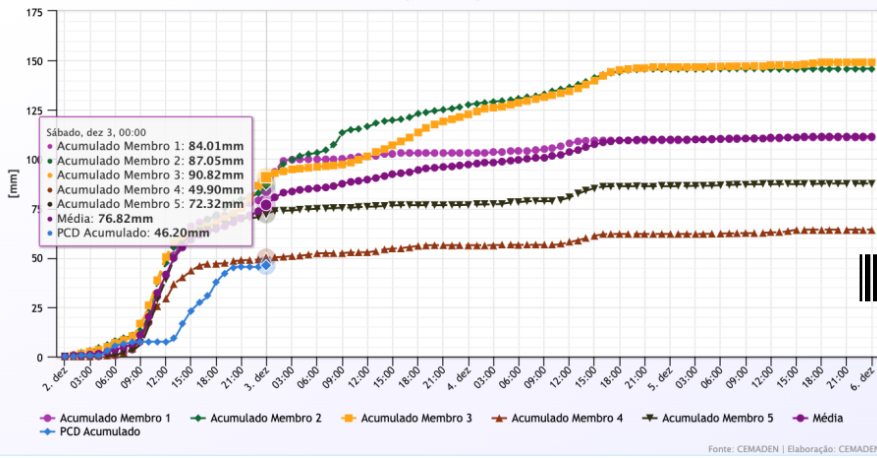




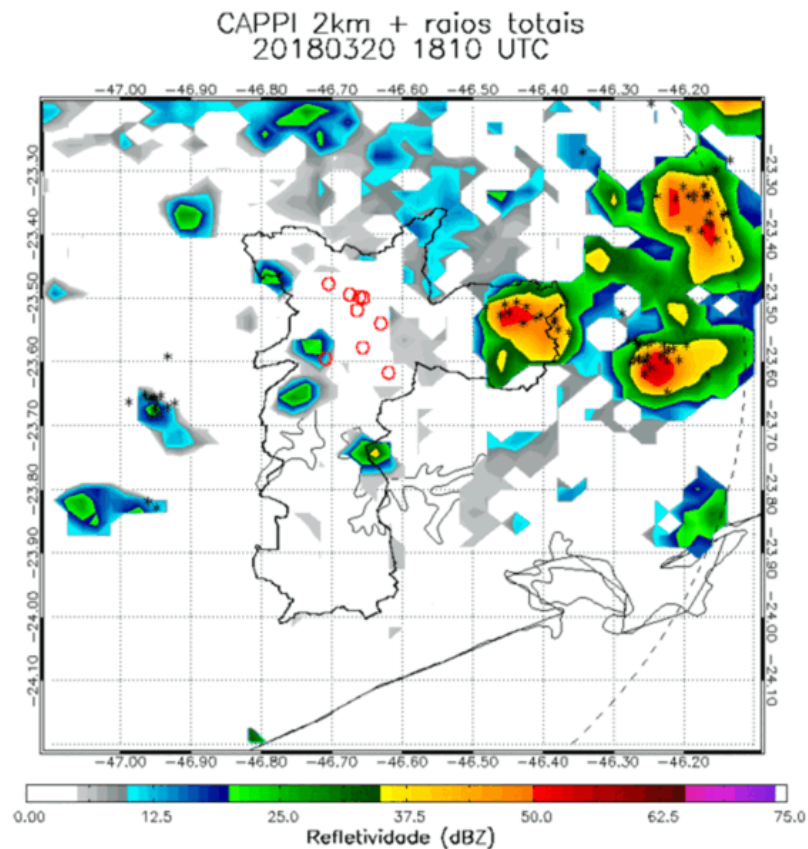
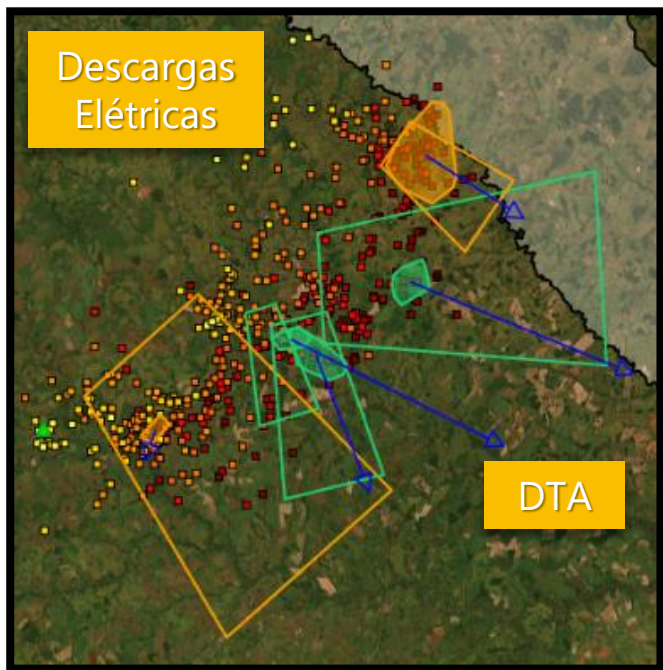
- ▲ Curvas IDF
- ▲▲ GFS 72 horas
- ▲▲▲ Nowcasting de radar

**Estação: Coqueiral (320060703A) | Tipo: Pluviométrica |
Município: ARACRUZ/ES | Instalada em: 27/12/2013 | Fonte: CEMADEN**

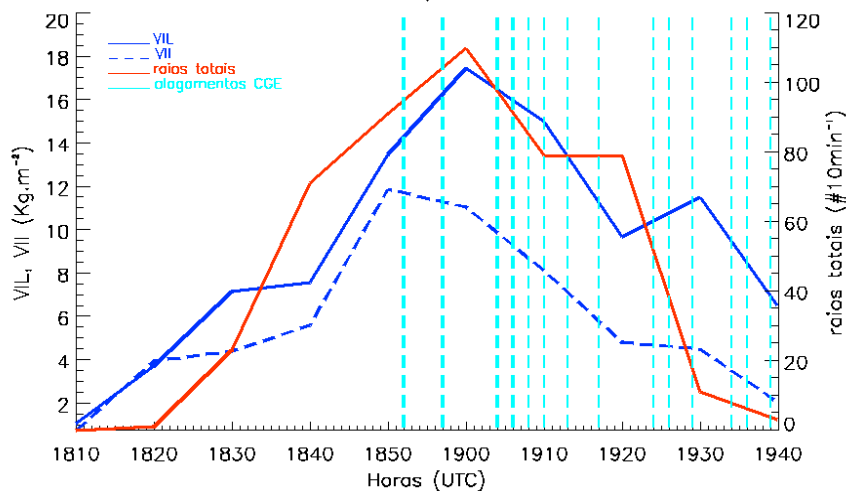
Modelo WRF - Previsão para 96 horas | Estação: Coqueiral (320060703A)
[Horário UTC]



DESCARGAS ELÉTRICAS

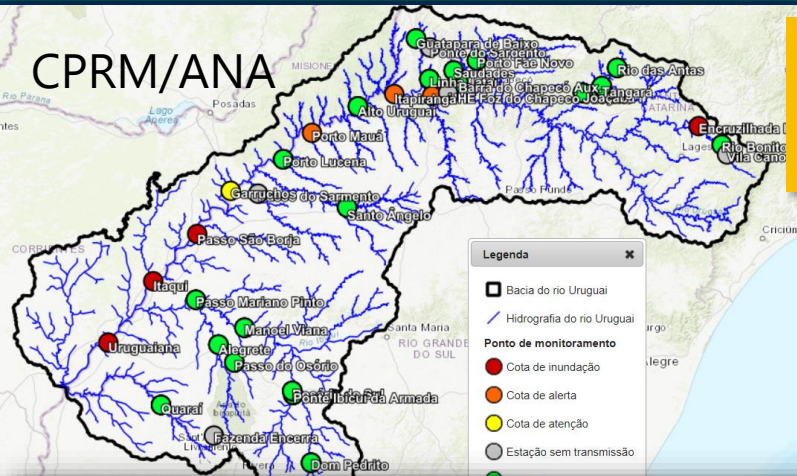


Microfísica da tempestade
20 de março de 2018

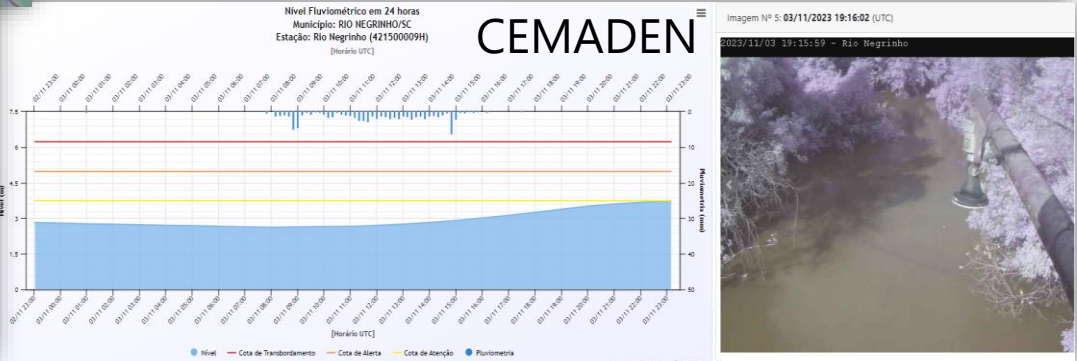
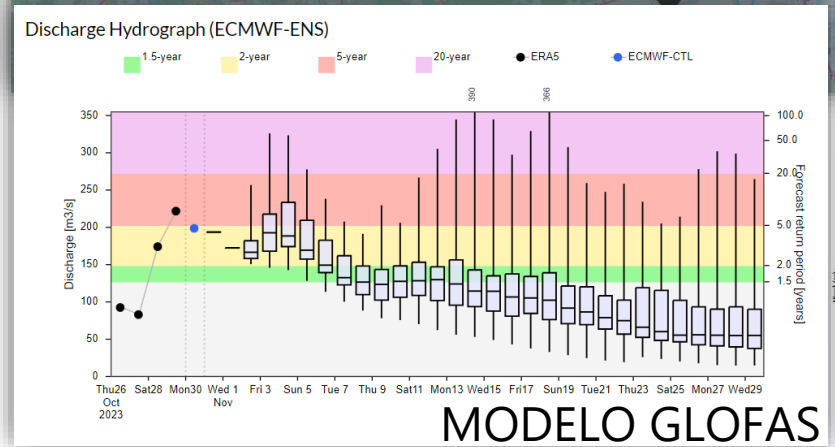
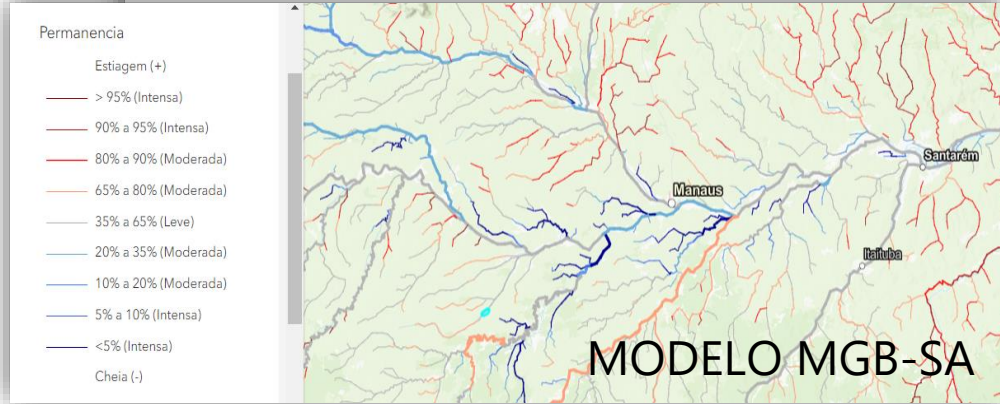
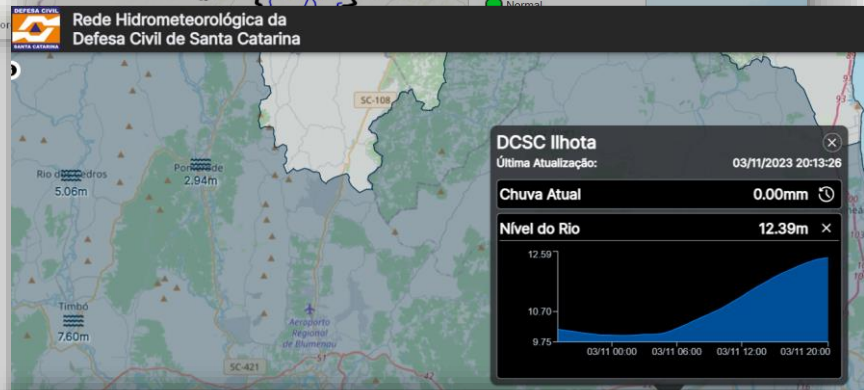
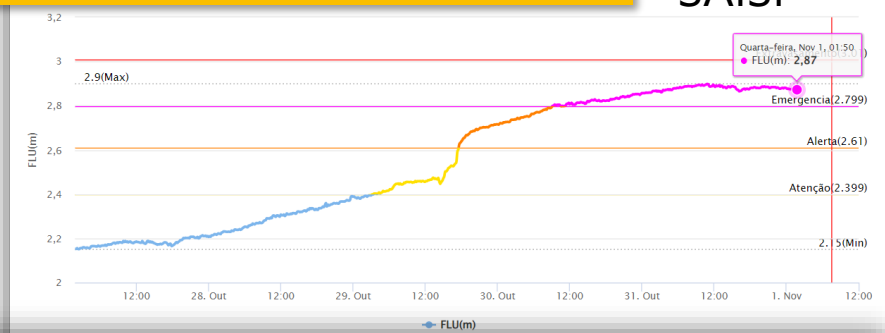


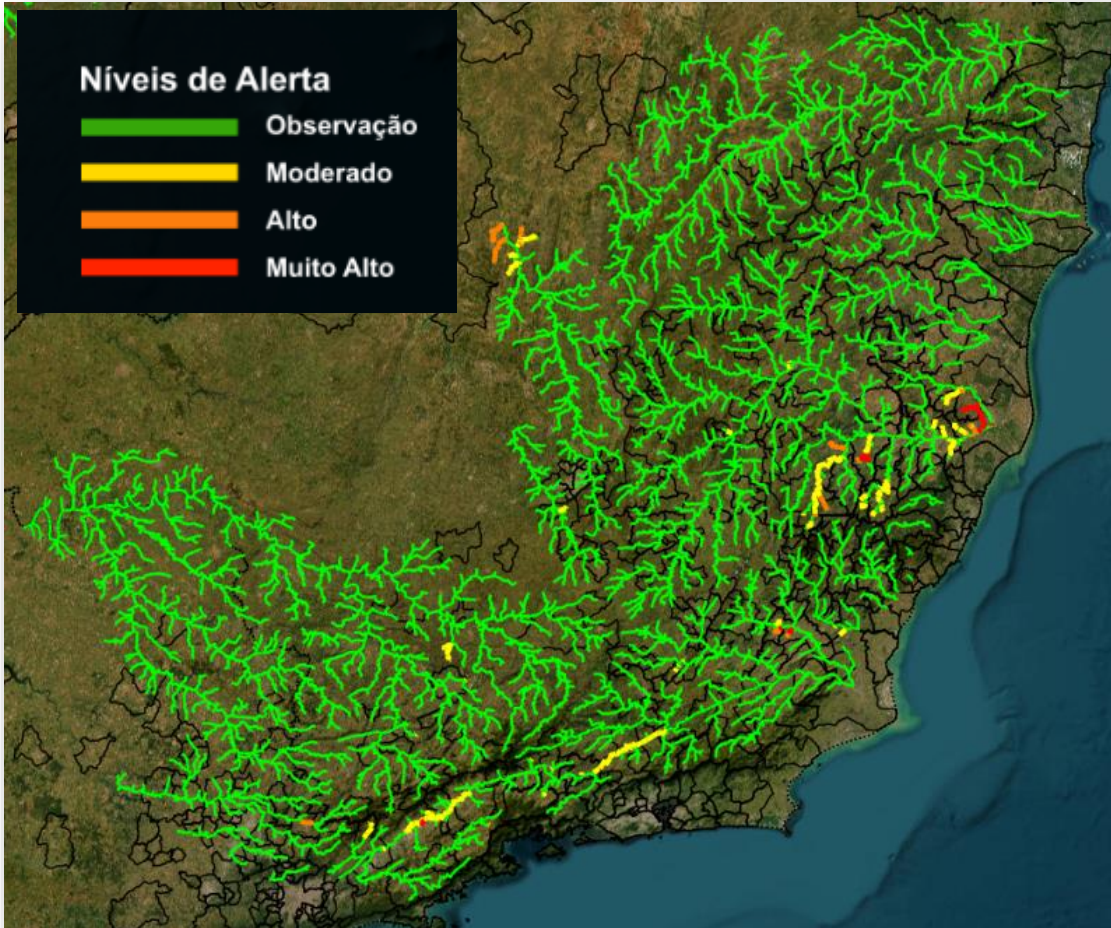
Detecção de tempestades: 18h10 UTC
Início das inundações: 18h52 UTC
42 minutos de antecedência

ANÁLISE HIDROLÓGICA

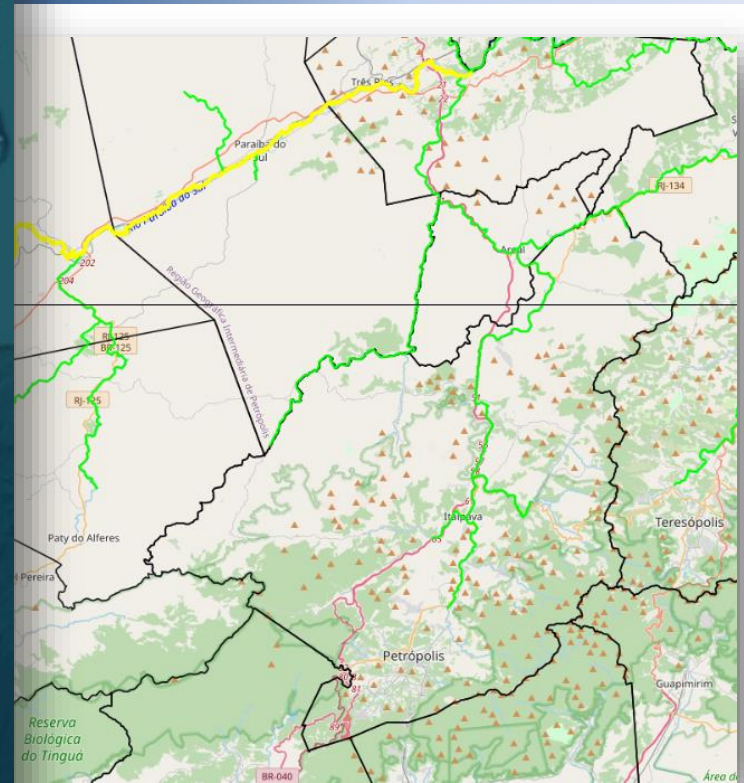


DADOS HIDROLÓGICOS EM TEMPO REAL COTAS DE REFERÊNCIA MODELOS HIDROLÓGICOS





Modelo MHD-INPE



Em constante construção e melhoramento, para ajuste de erros e melhoria das previsões.

Expansão para outras bacias:

- ✓ São Francisco
- ✓ Atlântico Leste, incluindo todo litoral da BA
- ✓ Itajaí

Próxima etapa: **Região Sul**

Níveis de risco por mesorregião brasileira

30/10/2020 – PREVISÃO DE RISCO GEO-HIDROLÓGICO
Nesta sexta-feira (30/10/2020), o cenário de risco de eventos geo-hidrológicos para as mesorregiões...

5ª CAMPANHA #AprenderParaPrevenir
Desastres, desastres, desastres!
O que podemos fazer?
E a educação?
2020

ACESSE OS DADOS
Mapa Interativo – Rede Observacional
Radar
Pluviômetro
Satélite

PREVISÃO DE RISCO GEO-HIDROLÓGICO
RISCO GEO-HIDROLÓGICO

ÚLTIMAS NOTÍCIAS
Seca, impactos na produção agrícola e atenção em alguns reservatórios são apontados pelo Cemaden
28 de outubro de 2020
Uso da Inteligência Artificial para monitoramento e emissão de alertas de desastres é apresentado pelo Cemaden na SNCT
27 de outubro de 2020
Cemaden debate o tema “Sistemas Comunitários de Alerta” no Dia Internacional para Redução de Risco de Desastres
26 de outubro de 2020
[+ Mais notícias >](#)

Breve descrição do cenário observado

- **Região Sudeste:** São Paulo, Espírito Santo, Rio de Janeiro e Minas Gerais.

Considera-se **ALTA** a possibilidade de ocorrência de eventos de movimento de massa, na região central e norte do Espírito Santo devido aos acumulados dos últimos dias e à previsão de pancadas de chuva que podem ocorrer com forte intensidade nessas regiões. Também é **ALTA** a possibilidade de ocorrência de enxurradas e inundações em pequenas bacias nas regiões do Centro e Norte do Espírito Santo e nas regiões do Vale do Rio Doce e Vale do Mucuri em Minas Gerais.

Considera-se **MODERADA** a possibilidade de ocorrência de eventos de movimento de massa na Região Serrana e sul do Rio de Janeiro, no litoral norte de São Paulo, nas regiões da Zona da Mata Mineira, Vale do Rio Doce, Vale do Mucuri, Centro-Oeste de Minas Gerais e Metropolitana de Belo Horizonte e Região Sul do Espírito Santo. Também é **MODERADA** a possibilidade de enxurradas e inundações em pequenas bacias urbanas na região sul do Espírito Santo, nas regiões da Zona da Mata Mineira e Metropolitana de Belo Horizonte e na Região Serrana do Rio de Janeiro, especialmente em áreas urbanas densamente povoadas, devido à previsão de pancadas de chuva que podem ocorrer com forte intensidade.

- **Região Nordeste:** Bahia.

Considera-se **MODERADA** a possibilidade de ocorrência de eventos geo-hidrológicos no litoral sul da Bahia, devido aos acumulados já observados e a previsão de pancadas de chuva que podem ocorrer com forte intensidade.

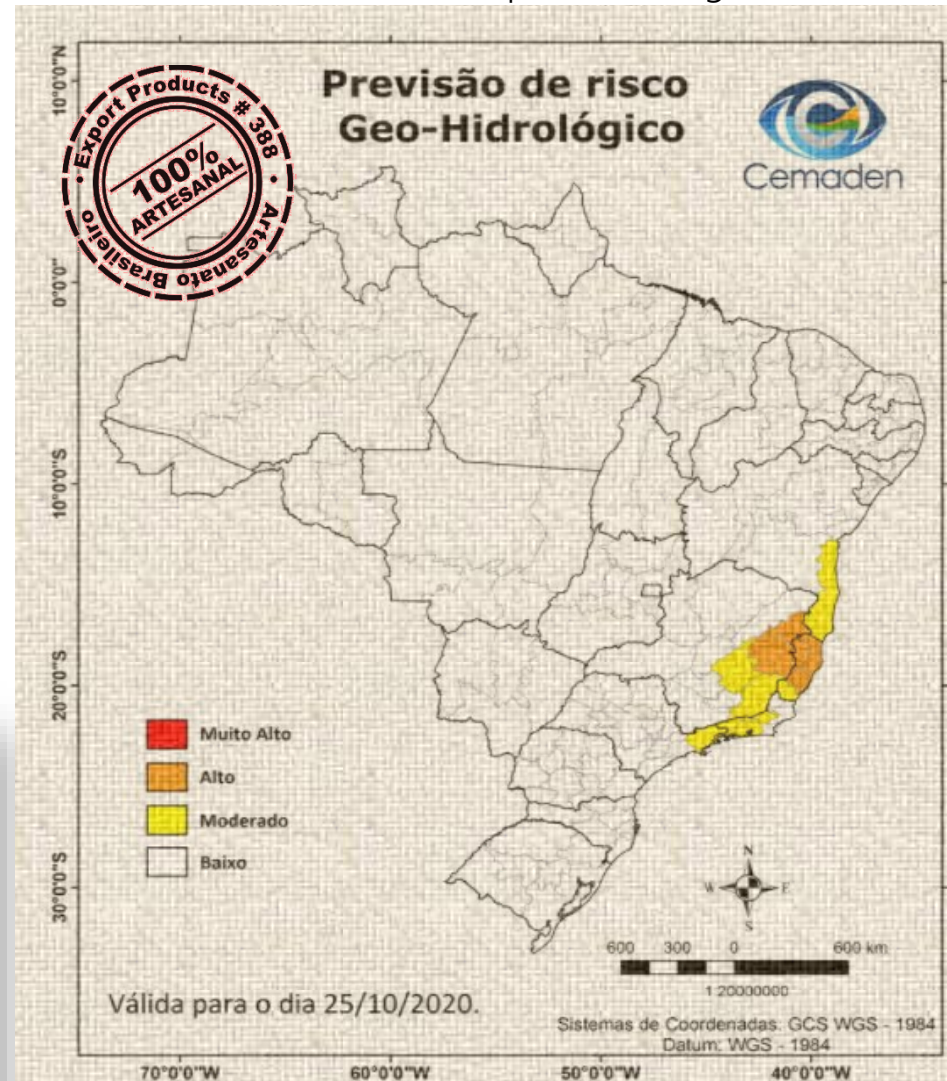
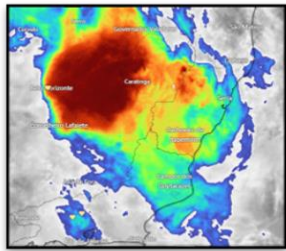
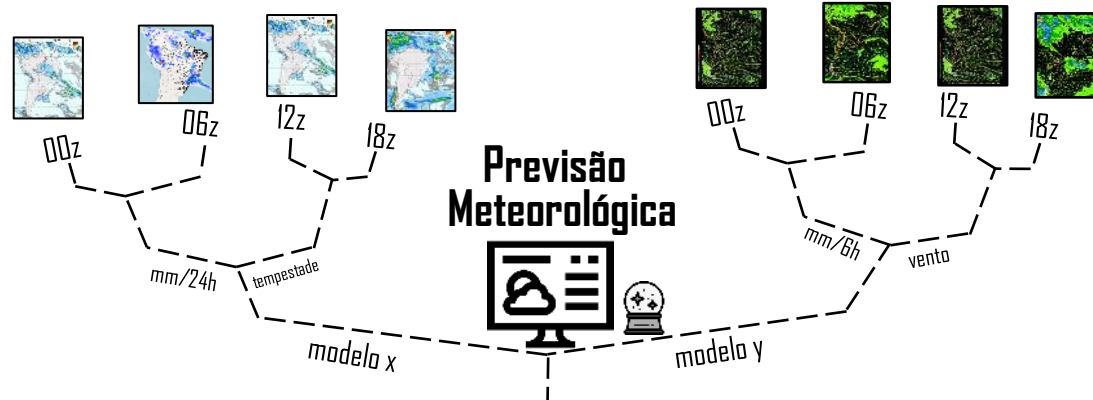


Figura 01. Mesorregiões Brasileiras com possibilidade de ocorrência de eventos geo-hidrológicos. Este mapa é feito por uma equipe multidisciplinar, levando em consideração as condições do cenário de risco geo-hidrológico atual somado à previsão de chuva.

Complexidade
Subjetividade
Variabilidade
(equipe e modelos)



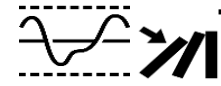
Acumulados
observados



Eventualmente, informações complementares
(ocorrências recentes, fatores adversos, etc.)



experiência
conhecimento



Limiares Críticos

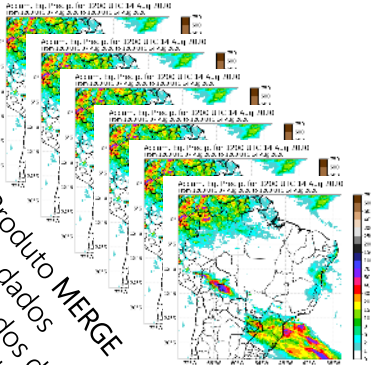


BD Excel

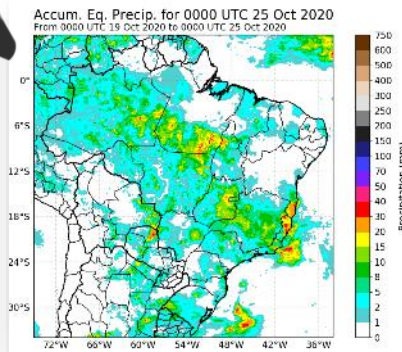
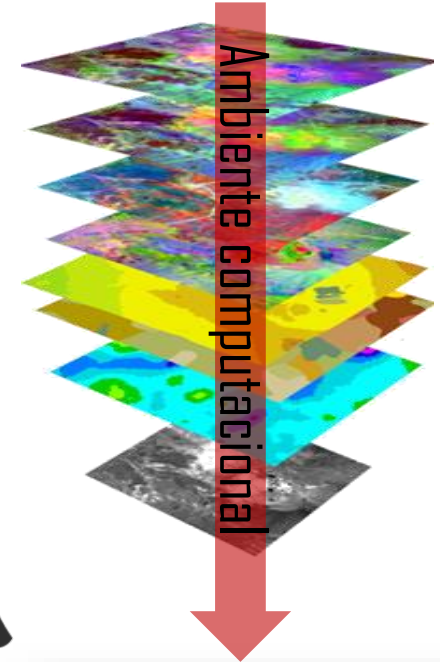
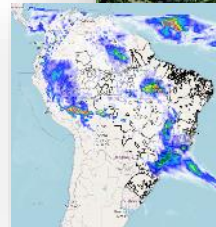
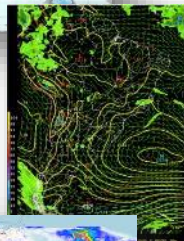
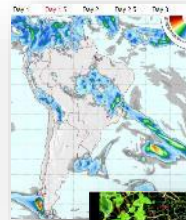
Possibilidade de inserir informações de outras pesquisas do Cemaden e parceiros

Atualmente, somente a camada de limiares críticos

Passado



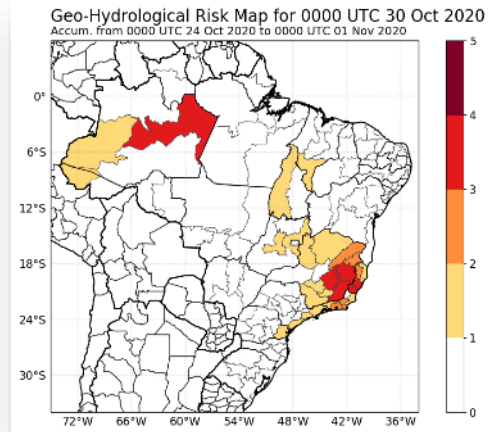
Previsão para o dia atual e seguinte (diversas fontes)



Estimativa do acumulado "efetivo" para o presente



Conceito de meia-vida para estimar a água no solo (inspirado no Método Comitê utilizado no projeto GIDES) como condição inicial



LIMIARES CRÍTICOS PARA DESLIZAMENTO

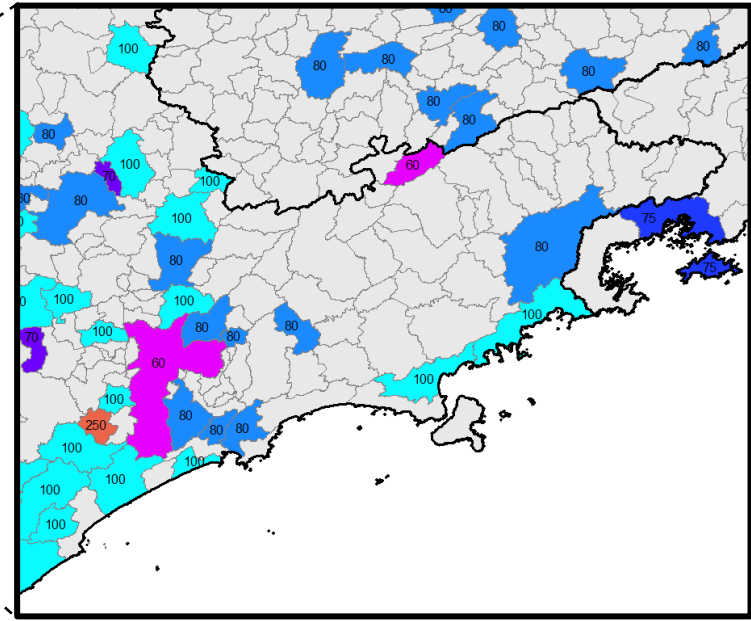
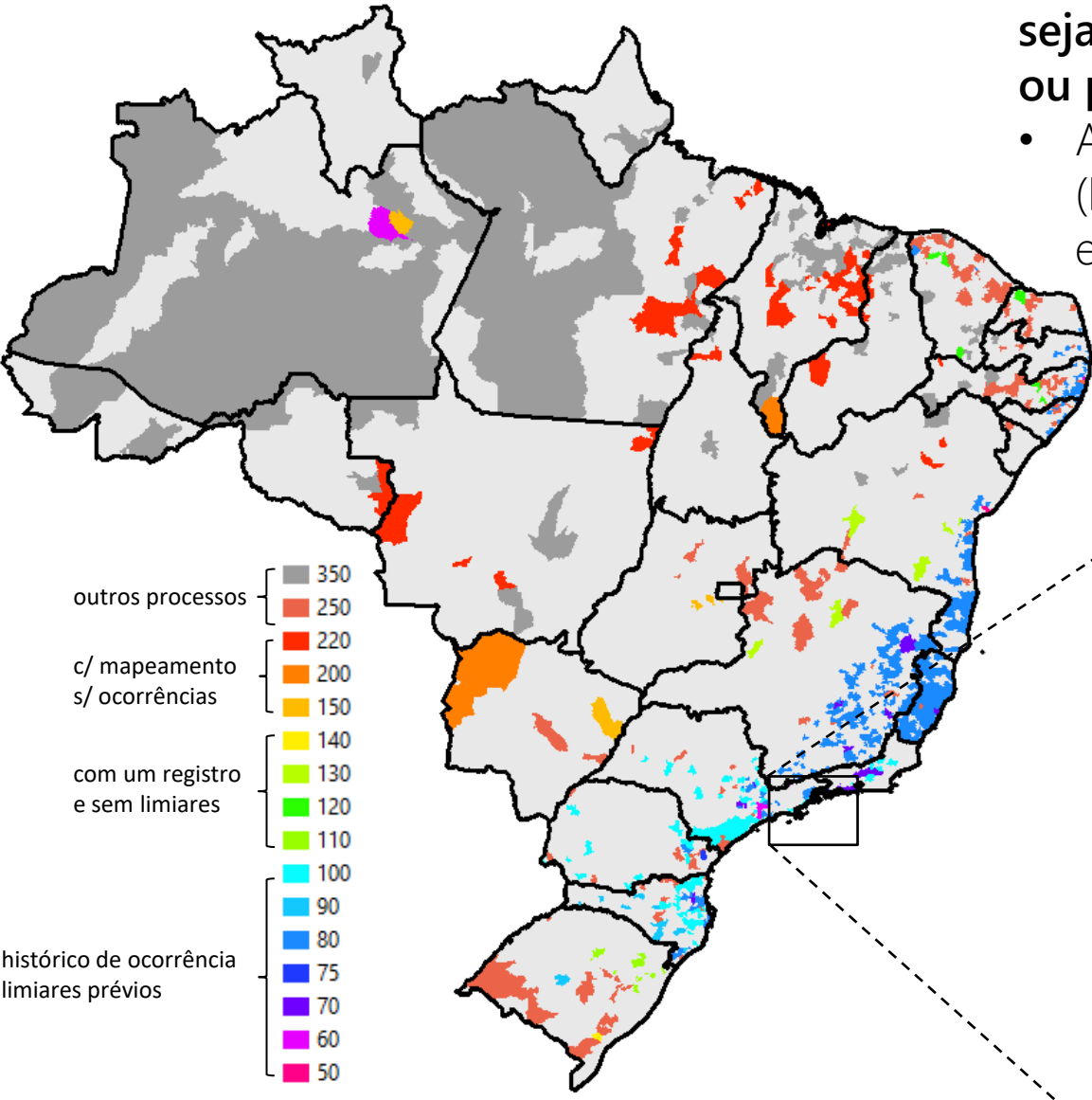


MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO

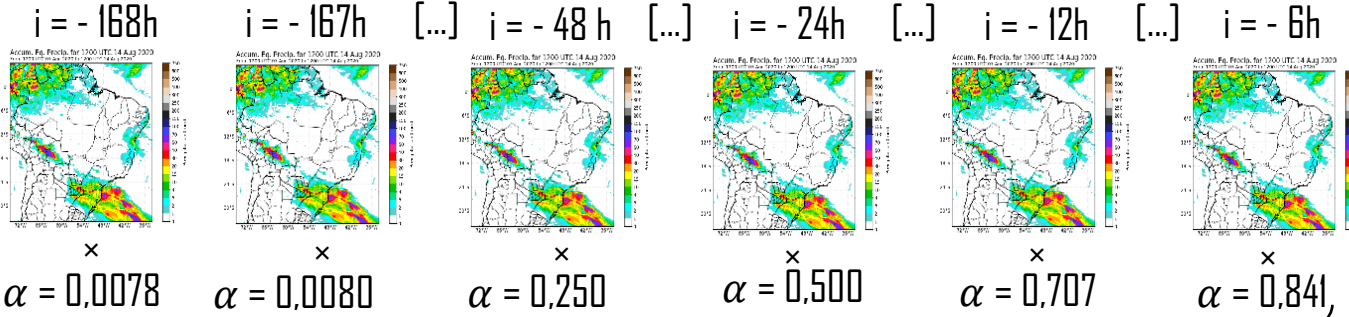


Uso de todos os limiares existentes, sejam empíricos e localizados, ou provenientes de estudos

- Ajustes baseados no REINDESC (Registros de Eventos de INundação e DESlizamentos do Cemaden)



CÁLCULO DO ACUMULADO EFETIVO DE CHUVA



MERGE (Rozante et al. (2010))

- Resolução espacial: 5 km
- Resolução temporal: 1 hora
- Disponibilidade: a cada 1 hora
- Latência: 4 horas
- Reprocessamento: depois de 24h

$$ER = \left[\left(\sum \alpha_{1i} \right) \times R_{1i} \right]$$

Tempo pretérito avaliado: 7 dias anteriores à previsão (168h)
Meia-vida (T) da água no solo: valor único para Brasil = 24 h



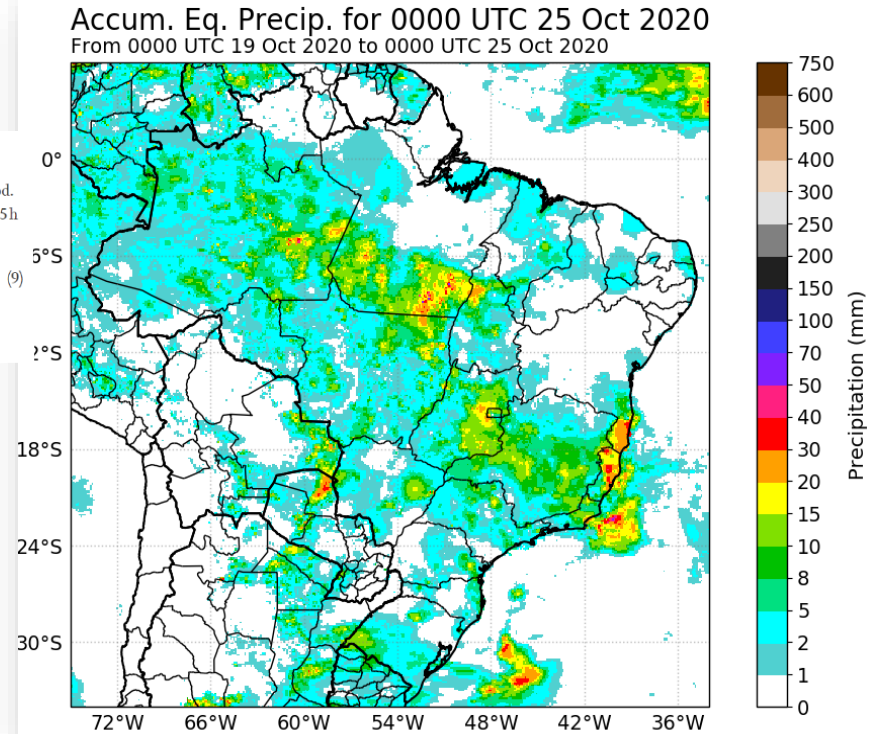
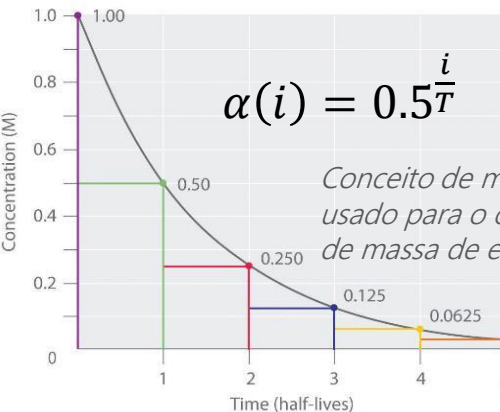
3.2. Effective rainfall index

The effective rainfall index is calculated based on the following method. In the conventional method given by Yano (1990), two half-lives, i.e., 1.5 h and 24 h, are used. The effective rain is then calculated as follows:

$$ER = \left(\sum \alpha_{1i} \right) \times R_{1i}$$

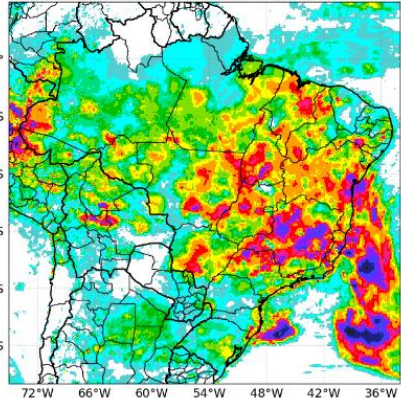
ER=effective rainfall (mm), $\alpha_{1i} = 0.5^{\frac{i}{T}}$, reduction coefficient i hours beforehand, R_{1i} =current 1-h rainfall amount (mm/h) and T =half-life.

Subramanian et al. (2018)



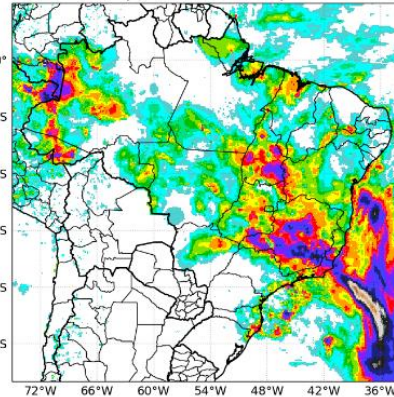
Acumulado "Efetivo"

Accum. Eq. Precip. for 0000 UTC 24 Jan 2020
From 0000 UTC 17 Jan 2020 to 0000 UTC 24 Jan 2020

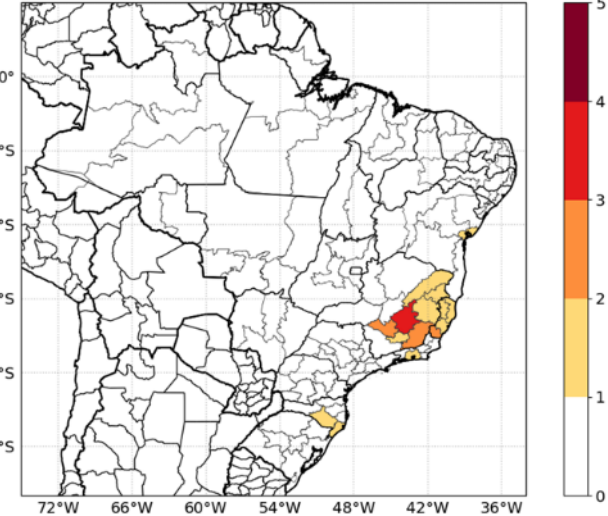


Chuva dia seguinte

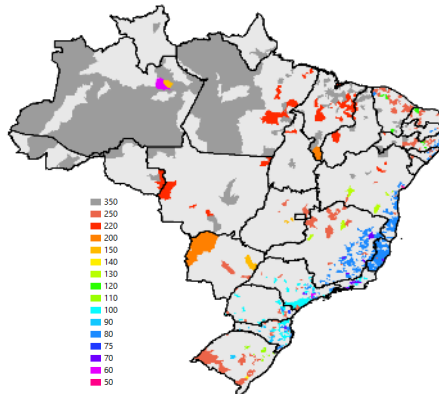
Fcst. Accum. Precip. for 0000 UTC 24 Jan 2020
From 0000 UTC 24 Jan 2020 to 0000 UTC 25 Jan 2020



Geo-Hydrological Risk Map for 0000 UTC 24 Jan 2020
Accum. from 0000 UTC 17 Jan 2020 to 0000 UTC 25 Jan 2020



Limiaries

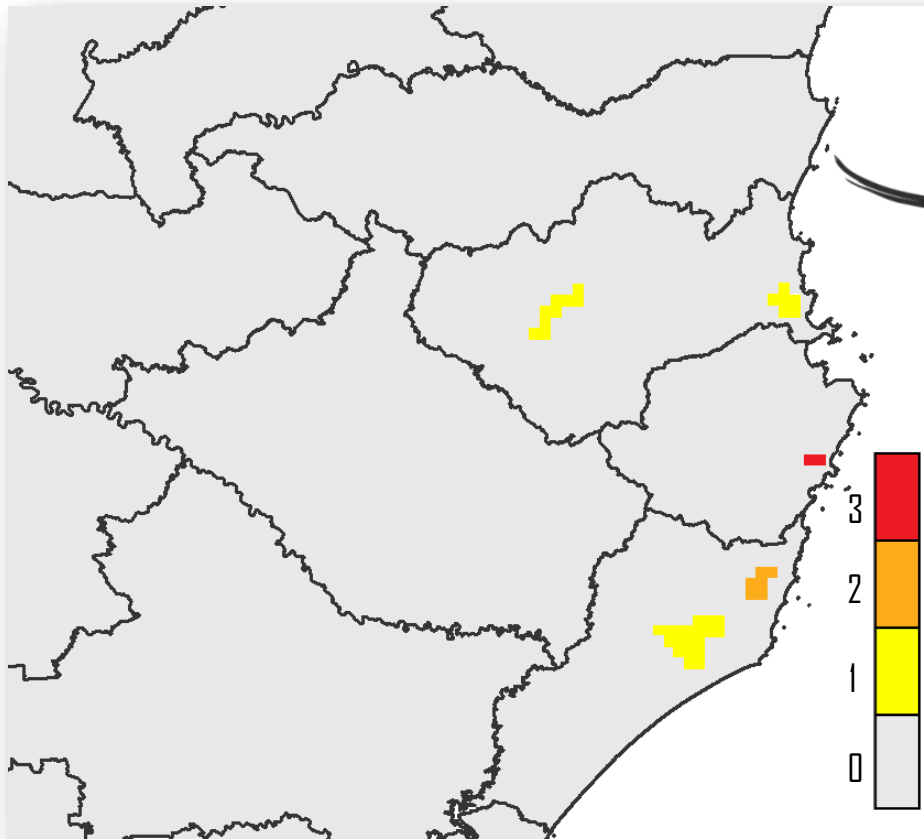


Os níveis de risco provém da relação entre acumulados e limiaries.

Quando essa relação é maior que 1, há possibilidade de deslizamentos.

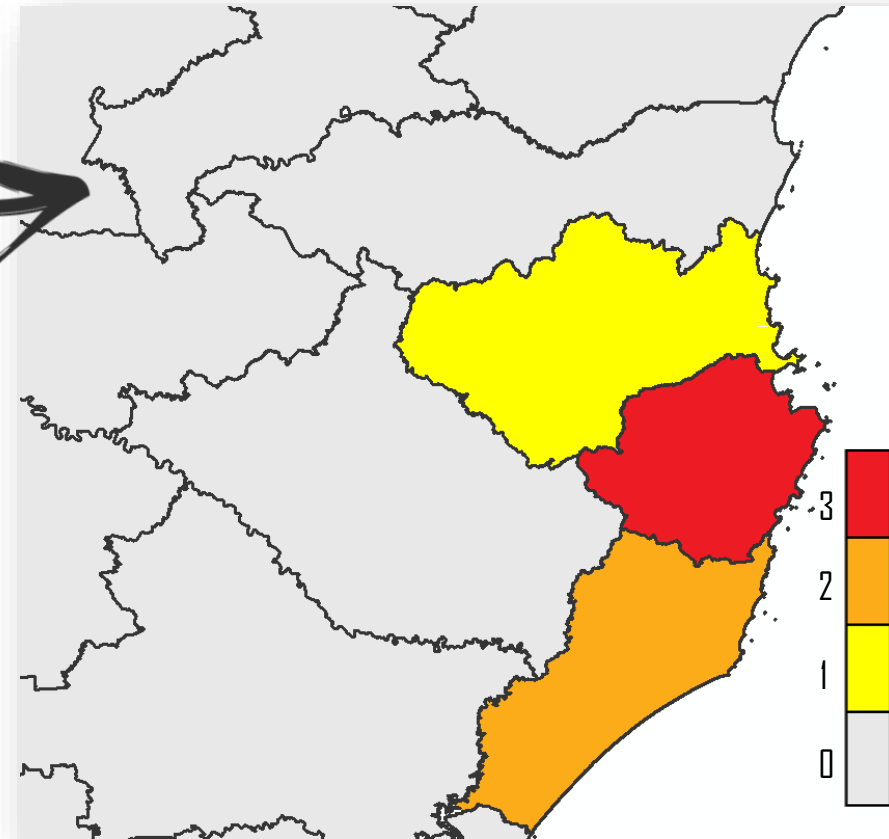
De forma simplificada, espera-se a ocorrência de deslizamentos pontuais, esparsos e generalizados quando a relação for maior que 1, 2 e 3, respectivamente.

Resultado bruto por ponto de grade
10 km x 10 km



A resolução de saída do modelo segue a da **camada de limiares**.
Resoluções maiores requerem tempo de processamento
exponencialmente maior (grade de 5km seria 4x mais tempo)

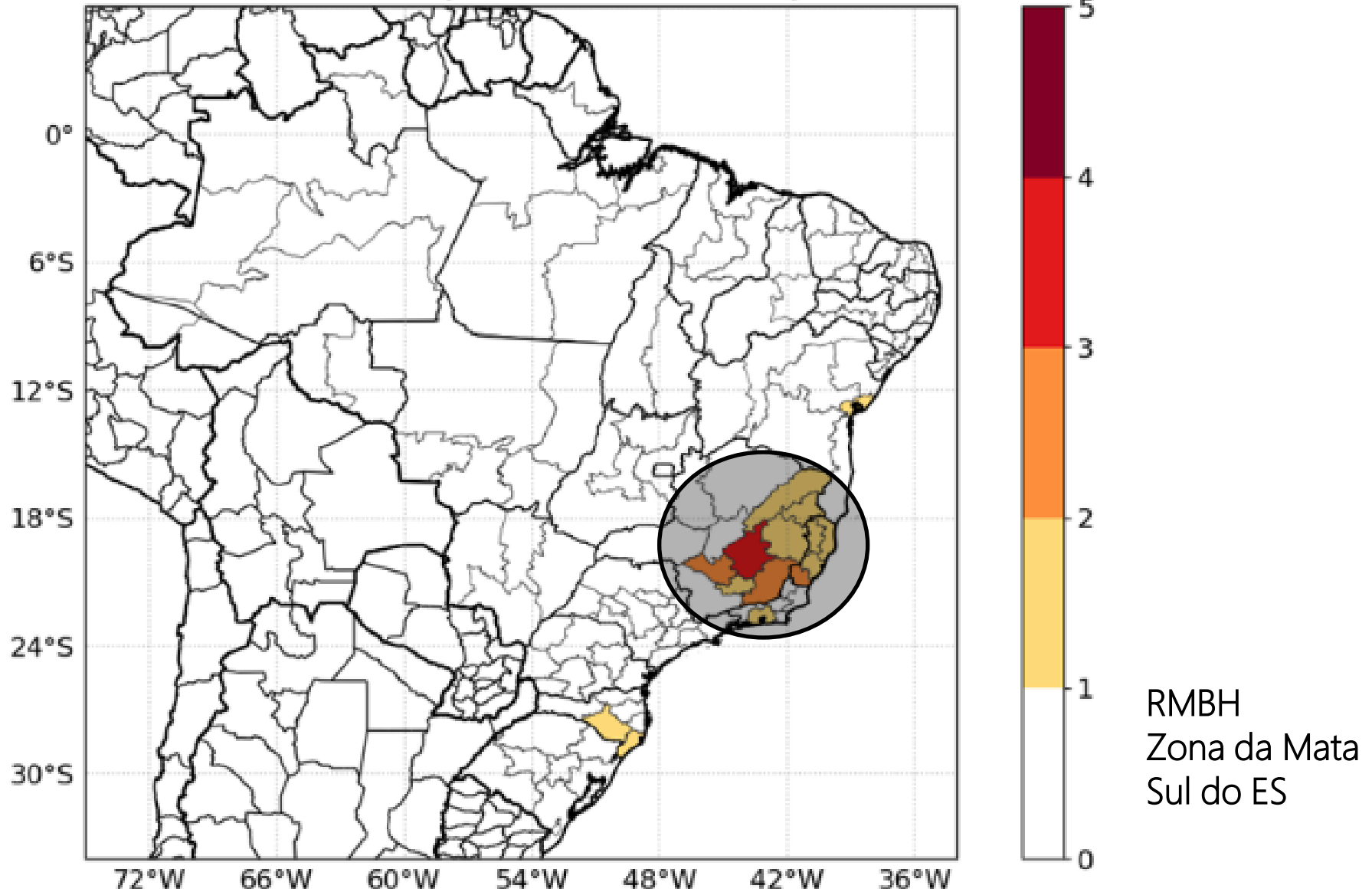
Valor máximo atribuído
à toda mesorregião



Cada mesorregião leva o índice de risco do ponto com o
maior índice calculado no território, mais útil aos alertas,
devido às **imprecisões espaciais dos modelos**

Geo-Hydrological Risk Map for 0000 UTC 24 Jan 2020

Accum. from 0000 UTC 17 Jan 2020 to 0000 UTC 25 Jan 2020



Município: Malacacheta (MG)
PP – Deslizamento
Precisão temporal: Ausente

Na verdade a ocorrência foi na
madrugada do dia 22, onde a
ferramenta sugere índice ALTO

Mesorregiões de ES e MG

		20012020	21012020	22012020	23012020	24012020	25012020	26012020	27012020	28012020	29012020	30012020
NOROESTE DE MINAS	3101	0,11	0,86	1,39	0,93	0,86	1,10	0,78	0,40	0,52	0,58	0,31
NORTE DE MINAS	3102	0,30		0,10	0,37	0,74	0,82	0,54	0,42	0,28	0,35	0,29
JEQUITINHONHA	3103	0,24	0,11	0,11	1,69	1,34	1,56	1,48	1,29	0,81	0,51	0,25
VALE DO MUCURI	3104	0,09	0,07	★ 0,09	2,02	★ 1,31	0,91	1,83	1,59	0,91	0,46	0,23
TRIÂNGULO MINEIRO/ALTO PA	3105	0,18	0,14	0,08	0,58	0,52	0,79	0,54	0,29	0,46	0,56	0,30
METROPOLITANA DE BELO HOR	3107	0,05	0,04	0,04	★ 1,99	★ 3,89	★ 2,61	1,64	1,31	1,58	2,21	1,31
VALE DO RIO DOCE	3108	0,34	0,73	1,49	2,09	★ 1,61	★ 2,87	1,77	1,36	1,04	0,59	0,51
OESTE DE MINAS	3109	0,03	0,05	0,03	0,88	2,57	1,54	0,87	0,45	0,33	1,21	0,64
SUL/SUDOESTE DE MINAS	3110	0,25	0,60	1,21	0,72	0,88	0,50	0,25	0,28	0,21	0,66	0,72
CAMPO DAS VERTENTES	3111	0,40	0,20	0,22	0,59	★ 1,60	1,19	0,72	0,46	0,58	0,77	0,56
ZONA DA MATA	3112	0,19	0,10	0,12	1,36	★ 2,83	★ 2,70	★ 2,22	1,58	1,12	1,56	1,00
NOROESTE ESPÁRITO-SANTENS	3201	0,01	0,01	0,00	1,86	1,16	★ 0,92	★ 1,25	★ 1,44	1,27	0,68	0,35
LITORAL NORTE ESPÁRITO-SAN	3202	0,03	0,17	0,24	2,83	1,72	1,11	★ 1,64	★ 1,77	★ 1,44	0,76	0,39
CENTRAL ESPÁRITO-SANTENSE	3203	★ 0,08	0,29	0,28	★ 1,99	1,65	★ 2,18	1,88	1,77	1,44	0,76	0,53
SUL ESPÁRITO-SANTENSE	3204	0,01	0,01	0,16	1,48	★ 2,44	★ 2,51	2,29	1,53	1,28	1,09	1,15

Município: Anchieta (ES)
PP – Queda de Bloco
Precisão temporal: Ausente

Provavelmente a queda de bloco foi
deflagrada por outros fatores.
A ferramenta não foi estruturada
para esse tipo de processo.

Município: Colatina (ES)
PP – Deslizamento
PT: Baixa (Manhã 6h -12h)

Muito próximo de 1, condição limite
estabelecida para configurar risco "Moderado"

CICLONE BOMBA NO SUDESTE – JAN 2020

Quantificação das ocorrências de deslizamentos x Nível de Risco

Mesorregião	Dia 23	Dia 24	Dia 25	Dia 26	Dia 27	Dia 28
VALE DO MUCURI	-	1	-	-	-	-
METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE	1	15	7	-	-	-
VALE DO RIO DOCE	-	1	6	-	-	-
CAMPO DAS VERTENTES	-	1	-	-	-	-
ZONA DA MATA	-	11	1	1	-	-
NOROESTE ESPIRITO-SANTENSE	-	-	-	-	1	-
LITORAL NORTE ESPIRITO-SANTENSE	-	-	-	1	2	1
CENTRAL ESPIRITO-SANTENSE	1	-	2	-	-	-
SUL ESPIRITO-SANTENSE	-	6	3	-	-	-

18 mortes

5 mortes

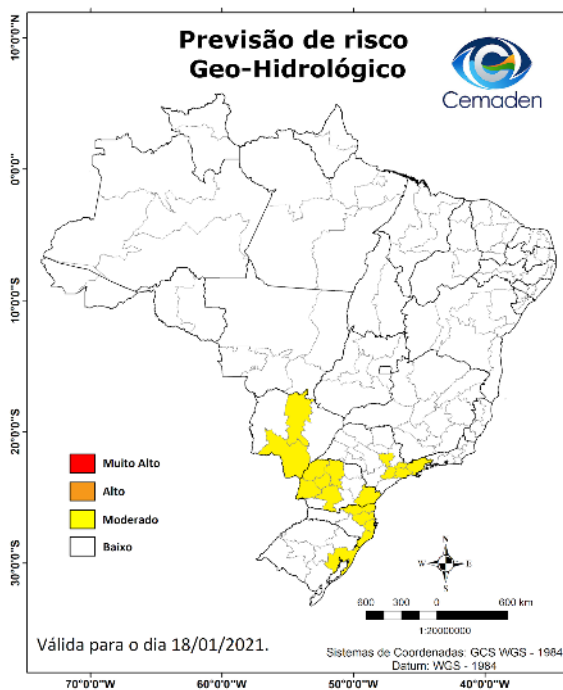
1015 Afetados e 1 morte

1003 Afetados

1 morte

Total de afetados: 3254
Total de mortes: 26

Estação chuvosa - Dez/2020 a Fev/2021 (~90 dias) Cruzamento de informações



Geo-Hydrological Risk Map for 0000 UTC 27 Dec 2020
Accum. from 0000 UTC 20 Dec 2020 to 0000 UTC 28 Dec 2020



Anotações das indicações de risco feitas pela ferramenta (automatizada)



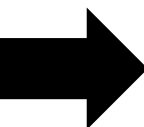
Relação das ocorrências de eventos geológicos registrado no REINDESC

Levantamento **manual** das indicações de risco apontadas nos boletins de previsão de risco diários

		Ocorrências Registradas		Total
		Houve ocorrência	Não houve	
Previsão feita pela Ferramenta	Há previsão	a (correto positivo)	b (falso alerta)	(a+b) total de regiões com previsão
	Não há	c (falhas)	d (correto negativo)	(c+d) total de regiões sem previsão
Total		(a+c) total de regiões com ocorrências	(b+d) total de regiões sem ocorrências	(a+b+c+d) = n total de regiões analisadas

VALIDAÇÃO DA FERRAMENTA

Métrica	Definição	Equação
Poder de Detecção	Fração das ocorrências observadas que foram corretamente identificadas pela previsão de risco. (Dentre as que tiveram ocorrência, mostra a % que a ferramenta previu)	$POD = \frac{a}{a + c}$
Razão de Falso Alarme	Fração da previsão de risco geológica apontadas pela ferramenta onde não houve ocorrência. (Dentre todas as regiões previstas, mostra % de falso alerta)	$FAR = \frac{b}{a+b}$
Viés da Frequência	Relação entre as frequências de valores estimados para as frequências de valores observados. Indicando a subestimativa ou superestimativa da quantidade de ocorrências que são corretamente identificados pela ferramenta.	$BIAS = \frac{a+c}{b+c}$
Escore de Destreza de Gilbert	Fração de eventos que foram corretamente estimados, ajustados com relação a acertos associados com possibilidades randômicas. Ou seja, penaliza os acertos positivos (a) em relação aos falsos alarmes (b) e as falhas (c).	$ETS = \frac{a - \frac{(a+c)(a+b)}{n}}{a - \frac{(a+c)(a+b)}{n} + b + c}$
Razão de Acurácia	Fração de eventos estimados corretamente, independe se foram corretos positivos (a) ou negativos (d), com relação ao total de eventos (n).	$AR = \frac{a+d}{n}$



GANHO DE PERFORMANCE

OBS: considerando que há subnotificação de ocorrências estimada em 50%, o POD seria maior e o FAR seria menor no caso dos moderados

BRASIL (160)	Índices	Operação	GEFS	GFS	WRF CEMADEN	WRF CPTEC	MERRA-2
ESTATÍSTICAS DE OCORRÊNCIAS	POD	0,66	0,72	0,36	0,68	0,50	0,68
	FAR	0,88	0,89	0,81	0,88	0,82	0,79
	BIAS	5,25	6,70	1,93	5,85	2,79	3,29
	ETS	0,11	0,09	0,13	0,10	0,14	0,18
	AR	0,93	0,91	0,97	0,92	0,96	0,96

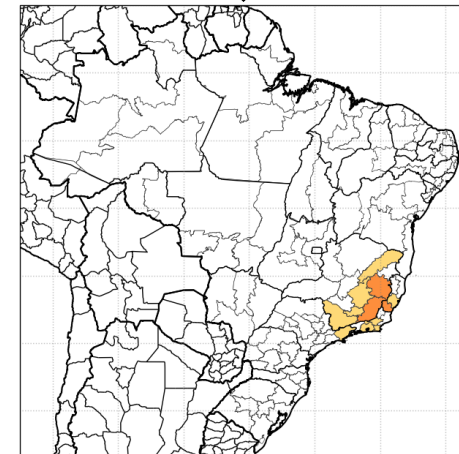
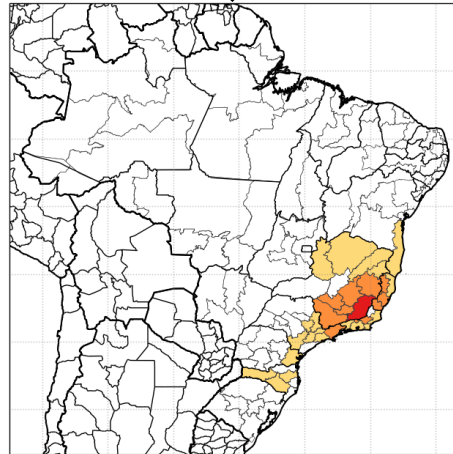
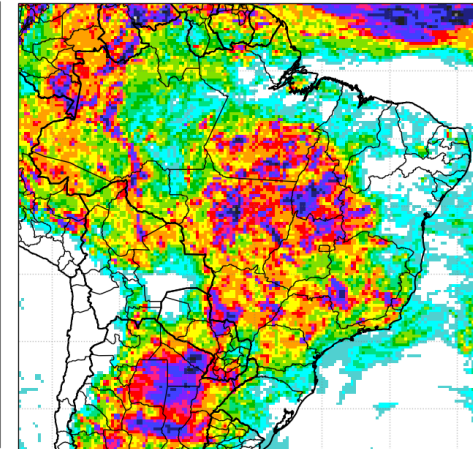
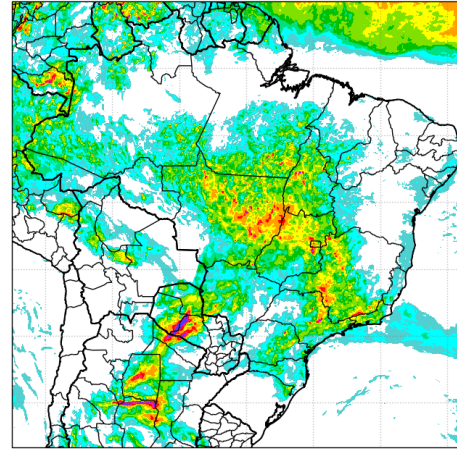
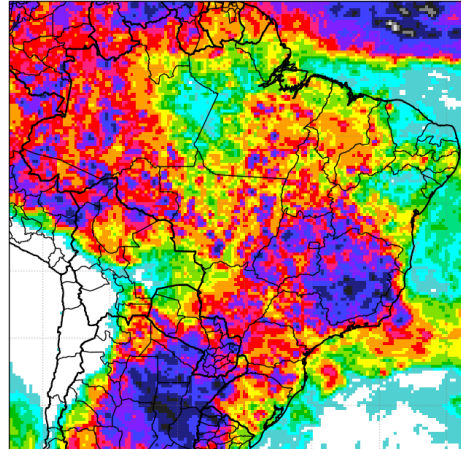
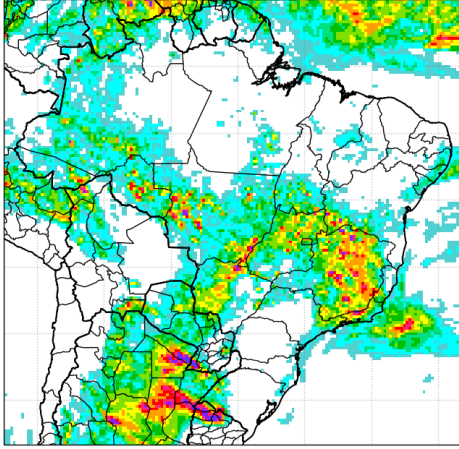
OTIMIZANDO OS RESULTADOS

GFS 00UTC

Máximo do GFS 00UTC

WRF-CPTEC 00UTC

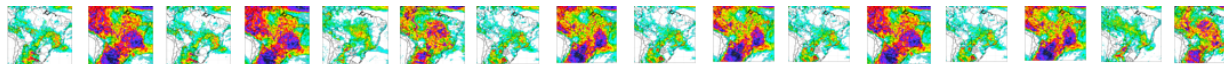
Máximo do WRF-Cemaden



Um resultado diferente para cada modelo/rodada/dia

QUAL USAR?

OTIMIZANDO OS RESULTADOS



MESORREGIÃO	GFS-NCEP_10-12UTC_0.77	GEFS-NCEP_10-12UTC_0.25	GFS-NCEP_10-06UTC_0.55	GEFS-NCEP_10-06UTC_0.18	WRF-CPTec_10-00UTC_0.90	WRF-CEM10-00UTC_0.27	GFS-NCEP_10-00UTC_0.69	GEFS-NCEP_10-00UTC_0.23	GFS-NCEP_09-18UTC_0.49	GEFS-NCEP_09-18UTC_0.16	GFS-NCEP_09-12UTC_0.62	GEFS-NCEP_09-12UTC_0.20	GFS-NCEP_09-06UTC_0.40	GEFS-NCEP_09-06UTC_0.13	WRF-CPTec_09-00UTC_0.60	WRF-CEM_09-00UTC_0.18
ZONA DA MATA	0,98	2,2	1,16	2,11	0,89	1,88	0,65	1,98	0,73	2,14	1	2,3	1,02	2,89	0,75	2,67
SUL/SUDOESTE DE MINAS	0,44	2,18	1,01	2,37	0,67	2,03	0,35	2,97	0,51	1,97	0,82	2,24	0,48	2,99	0,71	1,83
VALE DO PARAÍBA PAULISTA	0,59	2,42	0,45	2,63	0,49	0,76	0,36	3,43	0,41	2,66	0,92	2,28	0,54	2,5	0,44	1,27
METROPOLITANA DE BELO HORIZON	0,65	1,68	0,49	1,84	0,44	1,67	0,46	2,05	0,72	2,28	0,6	2,63	0,63	2,63	0,46	1,91
CAMPO DAS VERTENTES	0,61	1,77	0,76	2,34	0,44	1,48	0,3	2,39	0,51	1,92	0,69	2,34	0,8	2,2	0,4	1,02
VALE DO RIO DOCE	0,71	1,94	0,48	1,6	0,39	1,2	0,54	1,84	0,38	2,01	0,64	2,45	0,56	2,67	0,33	2,33
METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO	0,37	2,2	0,81	1,65	0,47	0,75	1,14	1,27	0,38	1,1	0,93	1,2	0,54	1,83	0,4	1,76
CAMPINAS	0,43	1,52	0,56	2,39	0,44	0,74	0,64	2,45	0,75	2,18	0,56	1,98	0,86	2,25	0,36	0,39
SUL ESPÍRITO-SANTENSE	0,43	1,93	0,51	1,24	0,37	1,41	0,58	1,28	0,48	1,22	0,65	1,64	0,46	2,01	0,36	2,51
OESTE DE MINAS	0,47	2,15	0,52	1,95	0,48	0,68	0,39	2,45	0,38	2,07	0,48	1,78	0,6	2,41	0,39	0,93
CENTRO FLUMINENSE	0,5	1,54	0,57	2	0,41	0,76	0,8	1,5	0,39	1,1	0,85	1,38	0,57	1,48	0,4	1,83
CENTRAL ESPÍRITO-SANTENSE	0,38	1,91	0,39	1,34	0,37	1,18	0,55	1,28	0,38	1,35	0,64	1,34	0,45	2	0,3	1,77
JEQUITINHONHA	0,78	1,59	0,43	1,49	0,21	0,6	0,3	1,77	0,46	2,16	0,51	2,36	0,57	1,55	0,22	1,11
MACRO METROPOLITANA PAULISTA	0,43	1,32	0,4	2,26	0,32	0,49	0,58	1,81	0,37	2,03	0,43	1,56	0,65	1,72	0,38	0,38
BAIXADAS	0,18	1,24	0,35	2	0,34	0,76	0,45	1,5	0,25	1,07	0,52	1,02	0,26	1,3	0,39	1,81
METROPOLITANA DE SÃO PAULO	0,21	1,52	0,18	2,03	0,3	1,65	0,15	1,68	0,22	1,89	0,48	0,92	0,52	1,53	0,31	0,41
PIRACICABA	0,43	1,15	0,28	1,81	0,17	0,39	0,41	2,06	0,33	1,07	0,23	1,32	0,48	1,46	0,63	0,42
VALE DO MUCURI	0,71	1,15	0,17	1,15	0,16	0,84	0,26	1,65	0,35	1,21	0,48	1,45	0,44	1,69	0,08	0,37
SUL FLUMINENSE	0,43	1,33	0,31	1,19	0,41	0,81	0,21	1,36	0,23	1,05	0,58	0,87	0,43	1,32	0,32	0,77
ITAPETINGA	0,04	0,67	0,16	1,15	0,22	0,42	0,28	1,82	0,22	1,26	0,36	1,38	0,4	1,5	0,17	0,34
NOROESTE ESPÍRITO-SANTENSE	0,17	0,99	0,18	1,52	0,19	0,4	0,19	1,2	0,21	1,36	0,18	1,24	0,19	1,98	0,13	0,53
NORTE FLUMINENSE	0,14	0,76	0,19	1,12	0,19	0,58	0,42	0,78	0,34	0,82	0,45	0,93	0,28	1,04	0,21	0,62
NORTE DE MINAS	0,2	1,04	0,33	0,96	0,17	0,59	0,27	0,74	0,21	0,93	0,36	0,99	0,25	1,07	0,14	0,68
BAURU	0,29	0,87	0,22	1,17	0,18	0,62	0,4	1,38	0,11	0,89	0,24	1,21	0,16	0,71	0,14	0,6
LITORAL NORTE ESPÍRITO-SANTENSE	0,19	0,6	0,16	1,24	0,25	0,53	0,23	0,81	0,24	0,98	0,21	1,12	0,2	1,6	0,18	0,73
LESTE GOIANO	0,16	1,15	0,21	0,73	0,12	0,76	0,25	0,78	0,26	0,67	0,25	0,74	0,25	0,71	0,28	0,49
NOROESTE DE MINAS	0,13	1,13	0,13	1,09	0,16	0,45	0,24	0,89	0,19	0,8	0,15	1,03	0,21	0,98	0,14	0,53
CENTRO GOIANO	0,17	0,97	0,18	0,84	0,11	1,03	0,17	0,71	0,19	0,63	0,28	0,66	0,32	0,58	0,11	0,55
LESTE DE MATO GROSSO DO SUL	0,14	0,84	0,15	1,28	0,03	0,32	0,41	0,55	0,18	1,13	0,13	0,85	0,18	1,21	0,04	0,71
METROPOLITANA DE CURITIBA	0,04	0,61	0,04	0,84	0,19	0,49	0,06	1,06	0,06	1,43	0,04	1,84	0,04	1,24	0,19	0,19
OESTE CATARINENSE	0,08	1,1	0,05	0,71	0,08	0,69	0,19	1,56	0,06	0,88	0,08	0,74	0,03	1,35	0,14	0,27
SERRANA	0,18	0,7	0,08	0,56	0,08	0,48	0,25	1,4	0,08	0,85	0,1	0,67	0,11	0,89	0,14	0,54

Com base na validação anterior, foi feita uma ponderação por 3 critérios (distância da rodada, qualidade da rodada intradiária e destreza do modelo), atribuiu-se um **peso** para cada modelo/rodada, combinando todos os resultados por media ponderada e gerando um **indicador de risco único**

MESORREGIÃO	% das rodadas que ultrapassam			Índice de RISCO	GFS-NCEP_10-12UTC_0.77	GEFS-NCEP_10-12UTC_0.25	GFS-NCEP_10-06UTC_0.55	GEFS-NCEP_10-06UTC_0.18	WRF-CPTec_10-00UTC_0.90	WRF-CEM10-00UTC_0.27	GFS-NCEP_10-00UTC_0.69	GEFS-NCEP_10-00UTC_0.23	GFS-NCEP_09-18UTC_0.49	GEFS-NCEP_09-18UTC_0.16	GFS-NCEP_09-12UTC_0.62
	1x limiar	2x limiar	3x limiar												
ZONA DA MATA	56%	0%	0%	1,23	0,98	2,2	1,16	2,11	0,89	1,88	0,65	1,98	0,73	2,14	1
SUL/SUDOESTE DE MINAS	33%	0%	0%	1,03	0,44	2,18	1,01	2,37	0,67	2,03	0,35	2,97	0,51	1,97	0,82
VALE DO PARAÍBA PAULISTA	28%	0%	0%	0,94	0,59	2,42	0,45	2,63	0,49	0,76	0,36	3,43	0,41	2,66	0,92
METROPOLITANA DE BELO HORIZON	22%	0%	0%	0,93	0,65	1,68	0,49	1,84	0,44	1,67	0,46	2,05	0,72	2,28	0,6

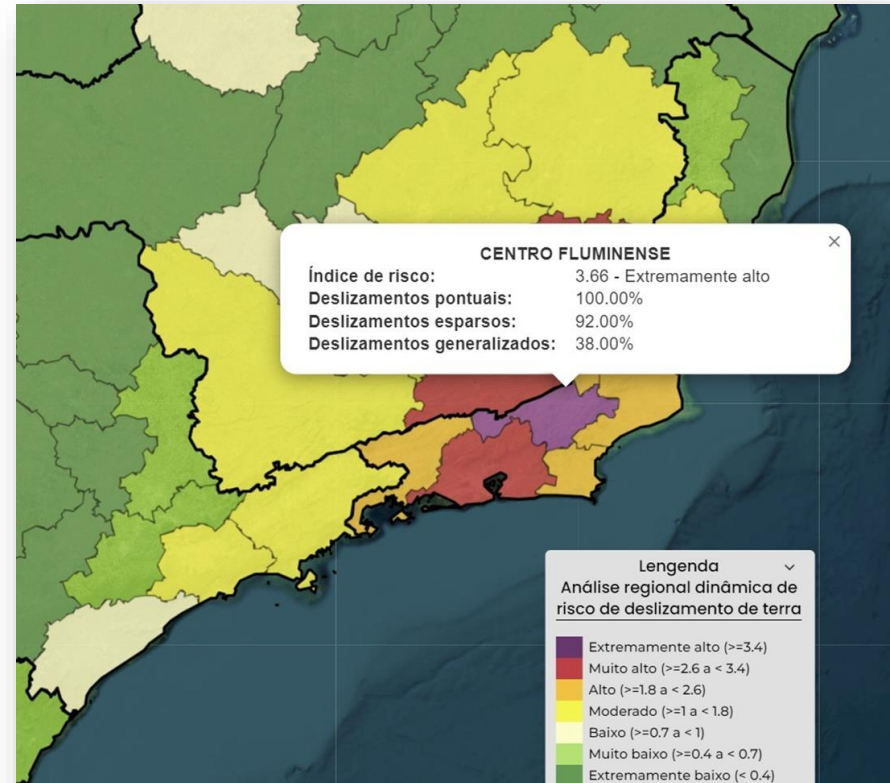
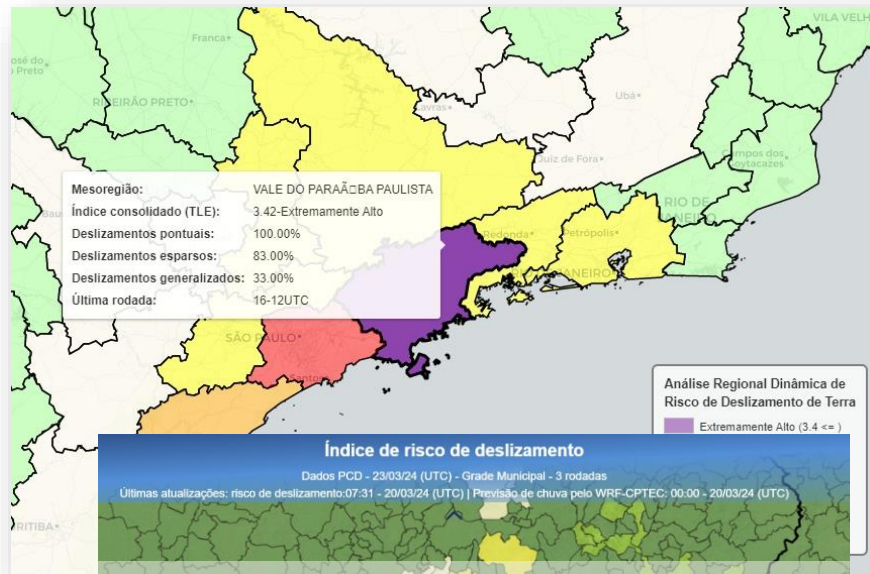
OUTROS EXEMPLOS DE ACERTO

SÃO SEBASTIÃO/SP :: FEV 2023

2 dias de antecedência

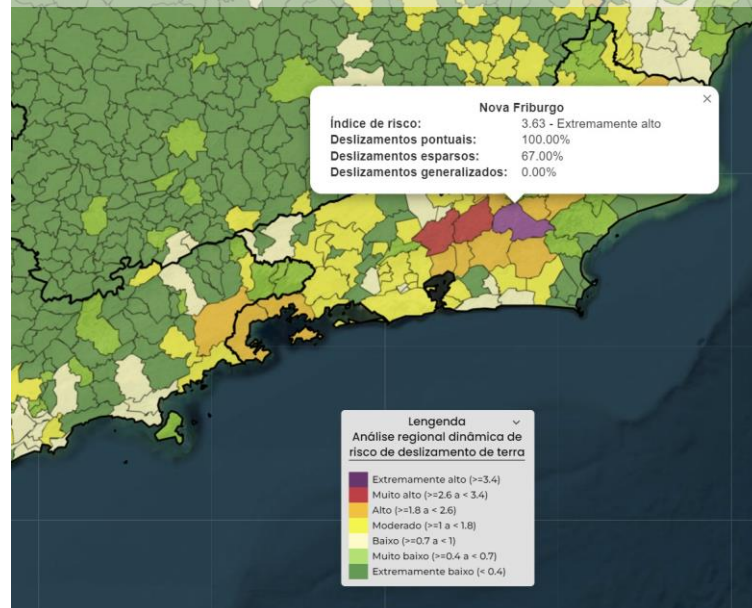
milhares de desabrigados

63 mortos



MIMOSO DO SUL/ES :: MAR 2024

12 horas de antecedência



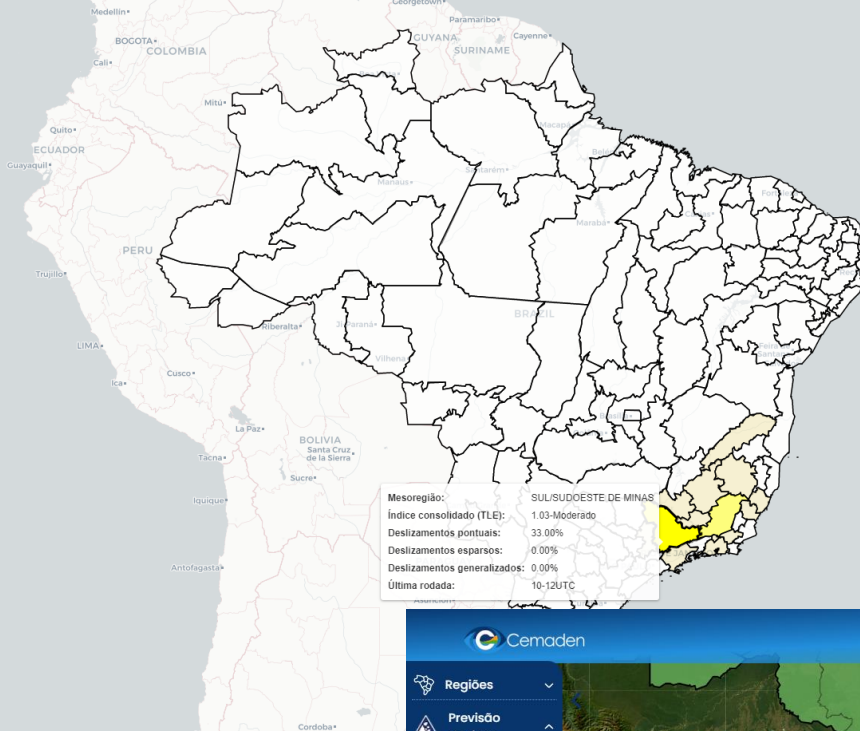
PETRÓPOLIS/RJ :: MAR 2024

2 dias de antecedência

580 pontos de deslizamentos

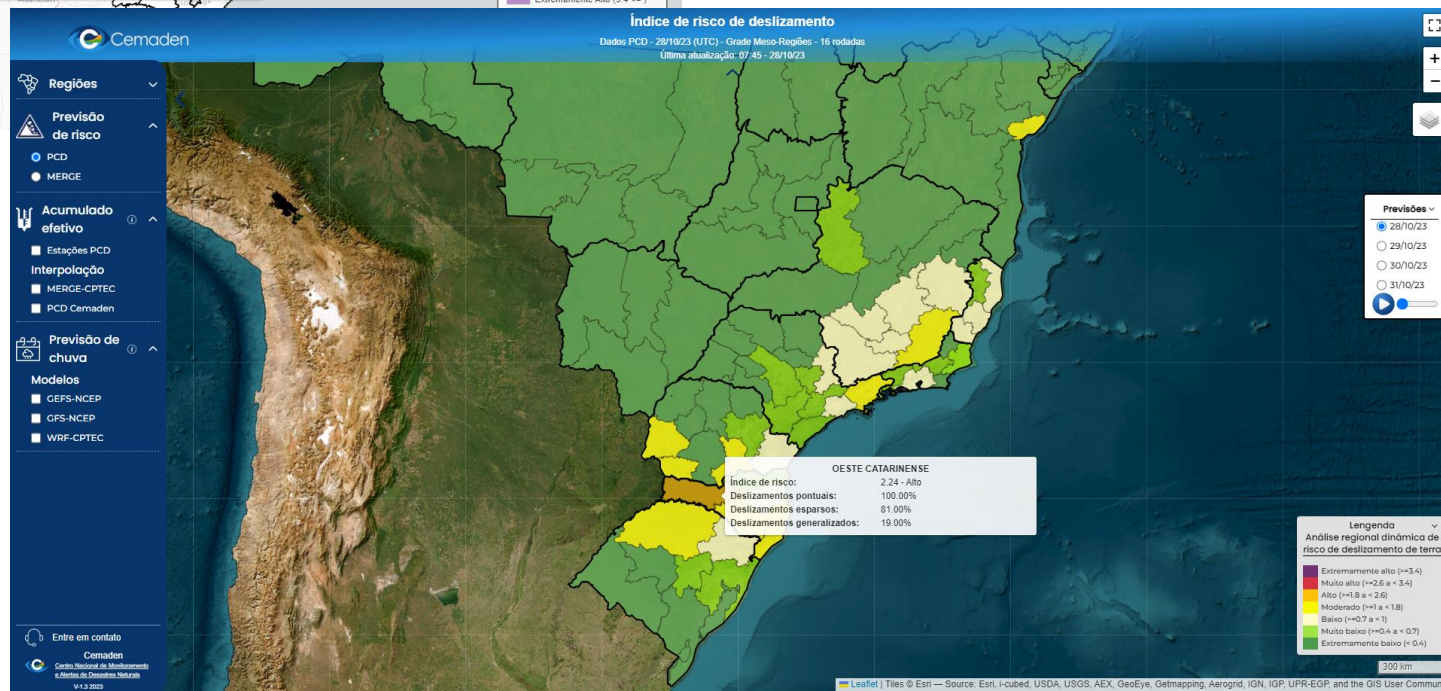
4 mortos

Previsão de Risco de Deslizamentos



Em constante construção e melhoramento.

Previsão de construção de uma versão para **HIDROLOGIA**, usando limiares críticos de chuva para cada bacia hidrográfica.



Dr. Pedro Camarinha, tecnologista em geodinâmica da Sala de Situação do Cemaden, está com um projeto CNPq focado em SC, que irá compartimentar todo o estado, para melhoria dos parâmetros e dos limiares críticos, e cálculo de novos valores de meia vida para a Ferramenta, com foco principal na cooperação com as DCs, para que a ferramenta seja útil para elas, alinhado aos seus protocolos de ação.

CONTATO

pedro.camarinha@cemaden.gov.br

*"Não dá pra resolver problemas históricos com sistema de alerta"
(Dr. Leandro Casagrande, especialista em extremos hidrológicos do Cemaden)*

Não é possível EVITAR,
mas é possível PREVER.
Um alerta é uma previsão.

Alerta é a última arma.
Antes, são necessárias:

- ✓ Mudanças estruturais (políticas habitacionais e resolução da mobilidade)
- ✓ Mudança de hábitos
- ✓ Maior conscientização da população

Projeto Atual



“Com-ciência participativa para a redução das vulnerabilidades, proteção e prevenção de riscos e de desastres no Brasil: ampliação do Programa CEMADEN/MCTI Educação”



Projeto

Projeto Ciência Cidadã na Escola

O Cemaden Educação é parceiro do Projeto "Prevenção de deslizamentos se aprende na escola: ciência cidadã em redução de riscos de desastres", do Programa Ciência na Escola, desenvolvido em ...



Projeto

Rede ERRD Litoral Norte

A Rede de Educação para Redução de Riscos de Desastres do Litoral Norte de São Paulo (ERRD-LN), criada em 2017, tem buscado consolidar uma rede colaborativa envolvendo escolas, comunidades locais e tradicionais, órgãos públicos na ...



Projeto

É FOGO (MAP-FIRE)

Com o objetivo de promover o engajamento da ciência cidadã, a formação de jovens pesquisadores e a conscientização da sociedade sobre os riscos e impactos dos incêndios florestais na ...



Destaques Projeto

Projeto Dados à prova d'água

O projeto Dados à Prova D'Água (também conhecido como Waterproofing Data - WPD) é uma iniciativa que permite que as comunidades monitorem o nível dos rios e obtenham informações ...

PRODUTOS E INFORMAÇÕES



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO



Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres
Naturais - Cemaden/MCTI

O que você procura?



DIARIAMENTE À TARDE

PREVISÃO DE RISCOS GEO-HIDROLÓGICOS

VEJA AQUI TODOS OS BOLETINS

MAPA INTERATIVO - REDE OBSERVACIONAL

RADAR

PLUVIÔMETRO

SATÉLITE



BOLETINS E

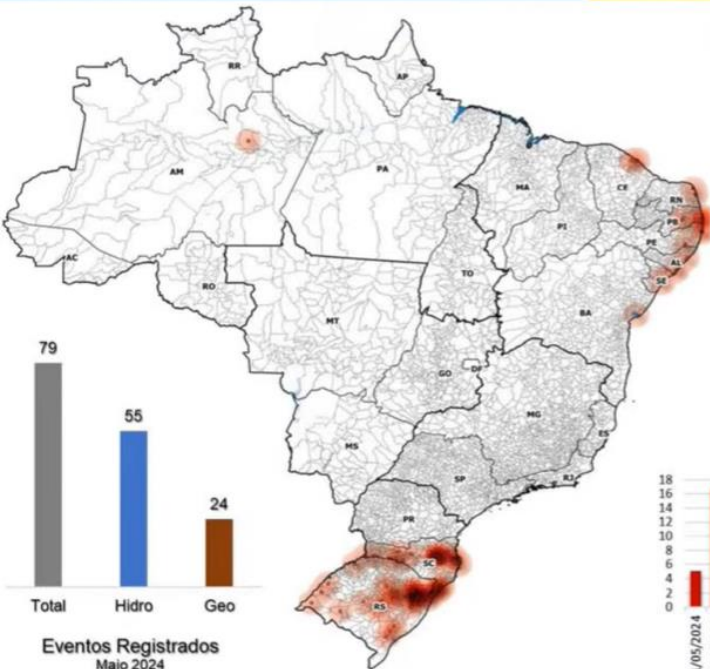
RELATÓRIOS



ALERTAS

VIGENTES

REUNIÃO DE AVALIAÇÃO E PREVISÃO DE IMPACTOS DE
EXTREMOS DE ORIGEM HIDRO-GEO-CLIMÁTICO



G1
Mais de mil pes
chuvas em Serg

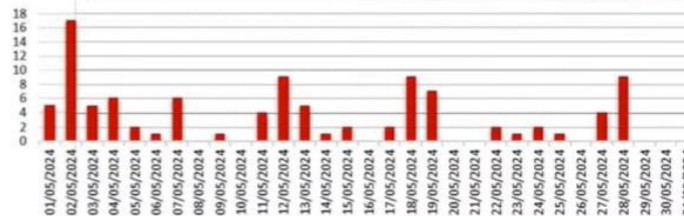
UOL Confere
Recife e Macei
previsão de no

Rios transbordam e enchentes atingem também
Santa Catarina

ClimatInfo
Extensão territorial e número de afetados
tornam tragédia no RS inédita no Brasil



MAPA INTERATIVO:
ALERTA-SECAS



@reuniadeimpactoscemaden

Obrigada!

claudia.linhares@cemaden.gov.br



@cemadenmcti

@reuniaodeimpactoscemaden

(12) 3205-0200/0201 (PRINCIPAL)

(12) 3205-0124 (SALA DE SITUAÇÃO)