MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES
GABINETE DO MINISTRO
Assessoria de Assuntos Parlamentares

OFÍCIO Nº 5111/2022/MCTI

A Sua Excelência o Senhor
Senador ROMÁRIO
Presidente da CTEPETR/SF
SENADO FEDERAL
Brasília-DF
ctepetr@senado.leg.br

Assunto: Requerimento nº 17/2022 - CTEPETR.

Senhor Presidente,

Em atenção ao Ofício nº 030/2022 - CTEPETR, de 24 de março de 2022, que trata do Requerimento nº 17/2022-CTEPETR, de autoria da Comissão Temporária Externa Destinada a Acompanhar "*in Loco*" a Situação do Município de Petrópolis, Estado do Rio de Janeiro, encaminho as informações consubstanciadas na Nota Técnica e no Anexo : Requerimento 17-2022 CTEPETR, exaradas pelo Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), Unidade Vinculada deste Ministério.

Atenciosamente,

PAULO CESAR REZENDE DE CARVALHO ALVIM
Ministro de Estado

Anexos:

Nota Técnica CEMADEN: Eventos Petrópolis/RJ (9611020); e
Anexo : Requerimento 17-2022 CTEPETR (9645537).

Documento assinado eletronicamente por **Paulo Cesar Rezende de Carvalho Alvim**, **Ministro de Estado da Ciência, Tecnologia e Inovações**, em 06/04/2022, às 15:57 (horário oficial de Brasília), com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.mctic.gov.br/verifica.html, informando o código verificador **9650963** e o código CRC **8A5E6F8E**.

NOTA TÉCNICA

(Anexa ao Memorando 135/2022/CEMADEN)

Desastres ocorridos na Cidade de Petrópolis, RJ

Evento ocorrido no dia 15/02/2022

As causas

O desastre ocorrido na cidade de Petrópolis no dia 15 de fevereiro foi provocado pela atuação de uma única nuvem, de características extraordinárias e, sem antecedentes conhecidos. A situação foi influenciada pela presença da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), que consiste em uma banda de nebulosidade que se estende desde a Amazônia até o Oceano Atlântico, típica da estação chuvosa, e que na ocasião estava posicionada sobre o estado do Rio de Janeiro. Esse sistema foi previsto com antecedência de vários dias, e sua função principal é favorecer a ocorrência de pancadas de chuva, que normalmente apresentam um ciclo de vida de entre 30 e 60 minutos. O outro elemento chave que derivou nas chuvas extraordinárias no centro de Petrópolis foi a passagem de uma frente fria, com características muito particulares, que ocorreu no momento exato em que as pancadas de chuva começaram a se formar sobre a cidade. Essa frente fria, por um lado, foi o suficientemente fraca para não conseguir dissipar a instabilidade necessária para formar as nuvens de tempestade e, por outro, teve a intensidade suficiente para mudar a direção do vento, que a passou a ser de sul, ou seja exatamente perpendicular à serra de Petrópolis. Como consequência dessa combinação de fatores, a nuvem de tempestade, que deveria durar alguns minutos, se prolongou por várias horas devido à interação dos ventos de sul associados à frente fria com a montanha. O resultado foi a formação de um tipo de nuvem, sem precedentes na literatura, derivada da combinação de uma nuvem orográfica (nuvem que se instala durante horas no topo das montanhas, mas que normalmente não precipita) e de uma nuvem de tempestade (denominada tecnicamente de cumulonimbus).

Destaca-se que o estado atual do conhecimento e da previsão meteorológica não permite prever onde cada nuvem individual irá se formal, com o qual esse evento não conseguiu ser previsto com antecedência.

A Figura 1 mostra as imagens de radar do Pico do Couto, onde pode se apreciar a formação da nuvem exatamente em cima do centro da cidade de Petrópolis. Note-se que apenas a área residencial do município foi afetada pela chuva, que se prolongou durante mais de três horas. Pode se notar também, nas duas figuras da parte inferior, a curvatura da tempestade produzida pelos ventos de sul (representado por setas azuis na figura de baixo à esquerda) o que derivou na sua longa persistência.

Devido à formação súbita e ao nulo deslocamento da tempestade os radares meteorológicos também não permitiram seu rastreamento antecipado.

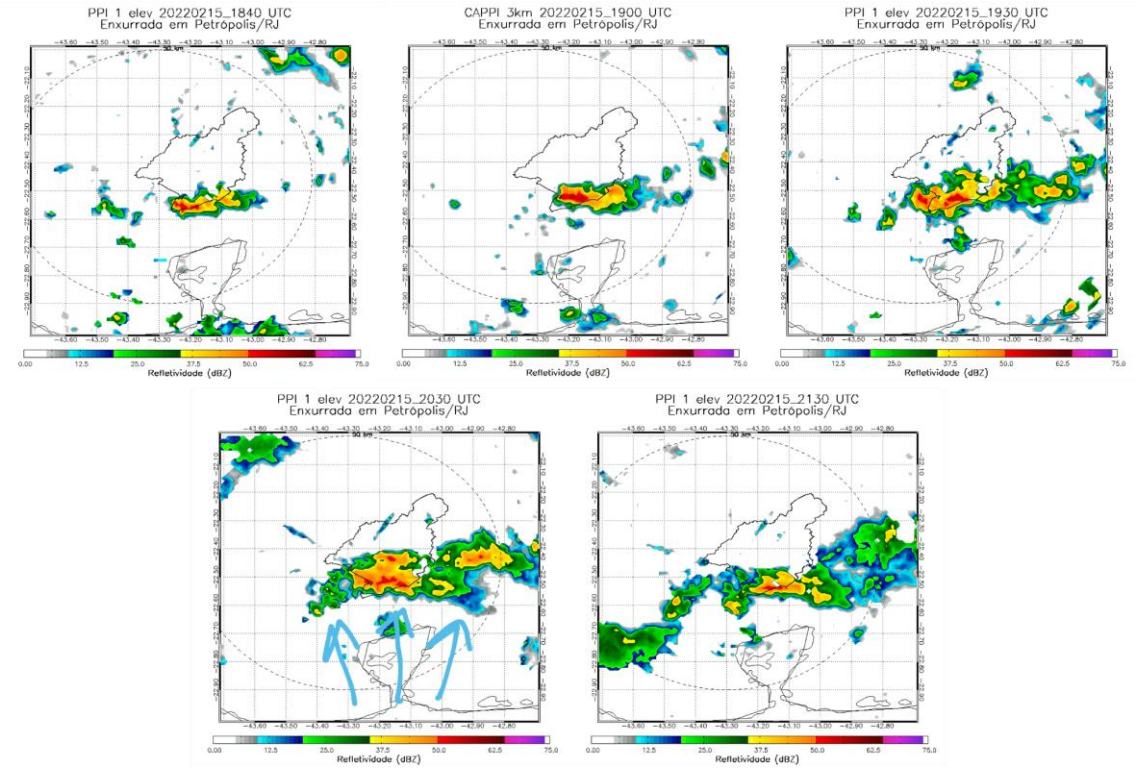


Figura 1: Imagens do radar Pico do Couto entre as 18:40 UTC e 21:30 UTC do dia 15/02/2022

Na Figura 2 apresentam-se os acumulados registrados pelo CEMADEN/MCTI no dia 15 de fevereiro, onde se observam precipitações extraordinárias e de forma muito localizada sobre a cidade de Petrópolis. O maior registro, de 260 mm em apenas 4 horas, ocorridos entre a tarde e a noite da terça-feira (15/02/2022), não tem precedentes na cidade.

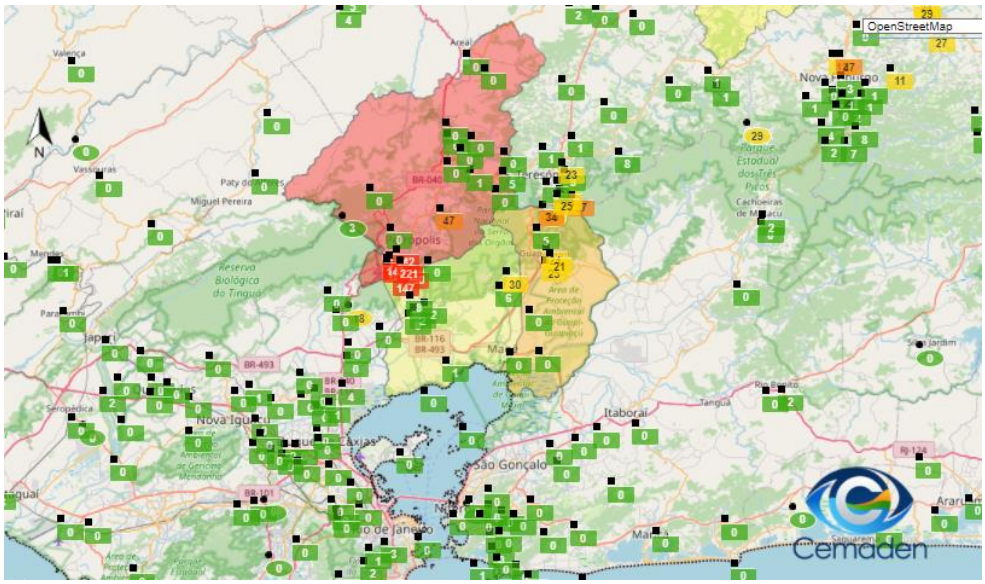


Figura 2: Mapa de acumulados de chuvas registrados pelas estações do CEMADEN e INMET no dia 15 de fevereiro de 2022.

As consequências

Do ponto de vista hidrológico, os eventos registrados em 15/02/2022 no município de Petrópolis, RJ, são caracterizados como das tipologias inundação e enxurrada. A hidrografia do município, ilustrada na Figura 3, indica a convergência dos rios e córregos, sendo eles localizados em uma bacia hidrográfica antropizada. Em função dessas características, e da chuva que atuou sobre o município, houve súbita elevação dos níveis dos rios e córregos, ocasionando eventos de inundação, além de enxurradas, caracterizados pelo escoamento superficial de alta velocidade e energia. Nessas circunstâncias, os sistemas de drenagem se sobrecarregam e, com isso, a água pluvial escoa superficialmente provocando enxurradas e inundações.

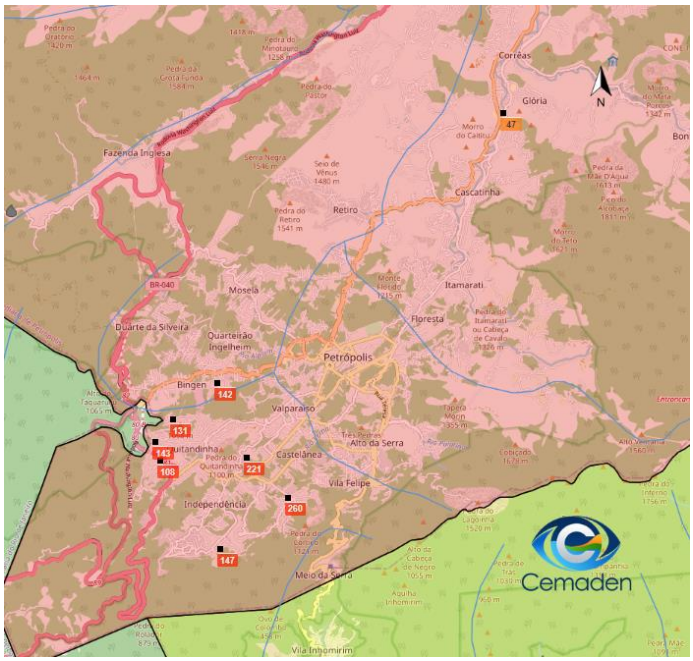
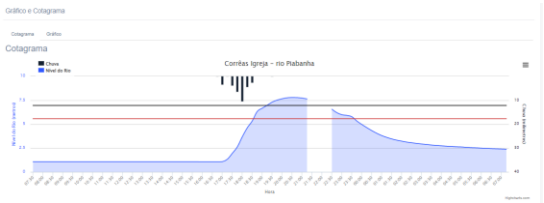
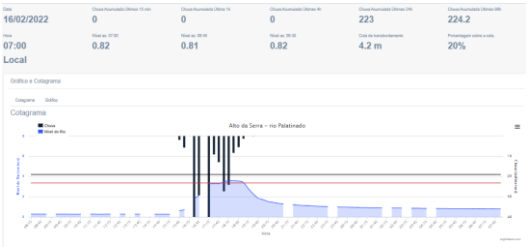


Figura 3: Hidrografia de Petrópolis com os valores acumulados em 24 horas nas estações do Cemaden (16/02/2022-10:22 GMT).

As Figuras 4a - 4d mostram a onda de cheia se propagando desde o rio Quitandinha e rio Palatinado afluentes do rio Piabanha, no centro de Petrópolis e em Corrêas e Nogueira situadas no rio Piabanha, nas estações do INEA.

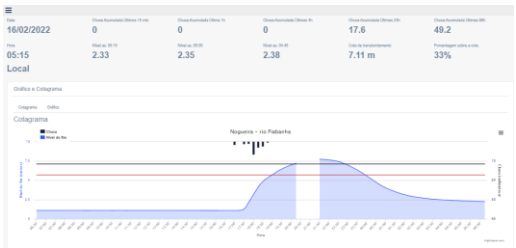


(a)



(b)

(c)



(d)

Figura 4: Nível nas estações hidrológicas do INEA situadas: (a) em Coronel Veiga no rio Quitandinha, no Alto da Serra no rio Palatinado, (c) em Corrêas no rio Piabanha e (d) em Nogueira no rio Piabanha.

Em relação às ocorrências de deslizamentos, as estações geotécnicas do CEMADEN/MCTI instaladas no município de Petrópolis, indicam que houve aumento significativo da umidade do solo entre às 15h30 e 19h00 do dia 15 de fevereiro de 2022. Destaca-se que a umidade do solo já estava elevada, pois as chuvas precedentes superaram 220mm/ 14 dias e 350mm/21 dias em algumas das estações do Cemaden. A umidade do solo precedente foi fator preparatório para os deslizamentos. A elevação abrupta da umidade em pouco tempo, devido à alta precipitação, proporcionou a deflagração de centenas de processos de movimentos de massa.

Ocorrências e danos humanos

No evento de 15/02/2022 foram registrados enxurradas, inundações e deslizamentos em encostas (com fluxo de detritos nas áreas dos vales), tendo sido decretado o Estado de Calamidade Pública em Petrópolis.

De acordo com o Formulário de Informações do Desastre - FIDE (RJ-F-3303906-13214-20220215), preenchido e cadastrado pela Defesa Civil de Petrópolis, junto ao Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2id, as áreas urbanas afetadas no município foram: Quitandinha, Centro, Alto da Serra, Mosela, Independência, Estrada da Saudade, São Sebastião, Morin, Castelânea, Bairro Castrioto, Caxambu, Chácara Flora, Corrêas, Fazenda Inglesa, Quissamã, Retiro, Bingen, Cascatinha, Duarte da Silveira, Valparaíso, Vila Militar, Bonsucesso, Coronel Veiga, Duques, Floresta, Meio da Serra, Nogueira, Roseiral, Saldanha Marinho, Siméria. As áreas rurais afetadas foram: Caxambu, Santa Isabel.

Dentre estes bairros/localidades, o Alto da Serra foi um dos mais devastados. Cerca de 50 unidades habitacionais foram atingidas por deslizamento no Morro da Oficina (Figura 5), localizado no bairro.

Figura 5: Morro da Oficina, após deslizamento de 15/02/2022. Fonte: FIDE RJ-F-3303906-13214-20220215.

De acordo com o Relatório Sintético de Ocorrências da Defesa Civil Estadual do Rio de Janeiro (de 09/03/2022), o total de óbitos atualizado foi de 233. Ainda de acordo com este documento, foram 5224 ocorrências atendidas após as chuvas de 15/02/2022.

Atuação do CEMADEN/MCTI

A presença da ZCAS e a possibilidade de pancadas intensas na região foi prevista com muita antecedência, de pelo menos uma semana. Assim, nas discussões diárias realizadas com o CENAD/MDR foi constantemente apontada a possibilidade de ocorrência de chuva em forma de pancadas na região, com chance de atingir forte intensidade. Contudo, o evento particular, isto é a ocorrência de chuva extraordinária na área urbana de Petrópolis, não foi previsto com antecedência, pelas razões apontadas anteriormente. Mesmo assim, em função da possibilidade de ocorrência de chuvas intensas na cidade, o alerta 922/22, de nível moderado, estava vigente desde o dia 14 de fevereiro às 17:20h. No dia 15, já com o evento em desenvolvimento, o alerta foi aumentado para nível Alto às 17:05h (alerta 952/22) e atualizado para o nível Muito Alto às 18:24h.

Evento do dia 20/03/2022

As causas

No dia 20 de março de 2022, um segundo evento de intensa precipitação foi observado no município de Petrópolis, com volumes superiores a 100mm em 1 hora e acumulados superiores a 400mm em apenas 12h (Figura 1). Os intensos valores de precipitação começaram a ser observados a partir das 14 horas e persistiram até as 20 horas. Posteriormente voltou a chover de forma intensa sobre a região no início da madrugada. A situação foi causada por uma frente fria que se formou no dia 18/03/2022 sobre a Região Sul do país e se deslocou em direção ao Sudeste, alcançando o RJ no dia 20/03/2022 (Figura 2). O posicionamento deste sistema frontal, relativamente intenso para a época, e a presença de ventos do quadrante sul que interagem diretamente com a barreira montanhosa da região foram os elementos fundamentais para a ocorrência de intensa precipitação.

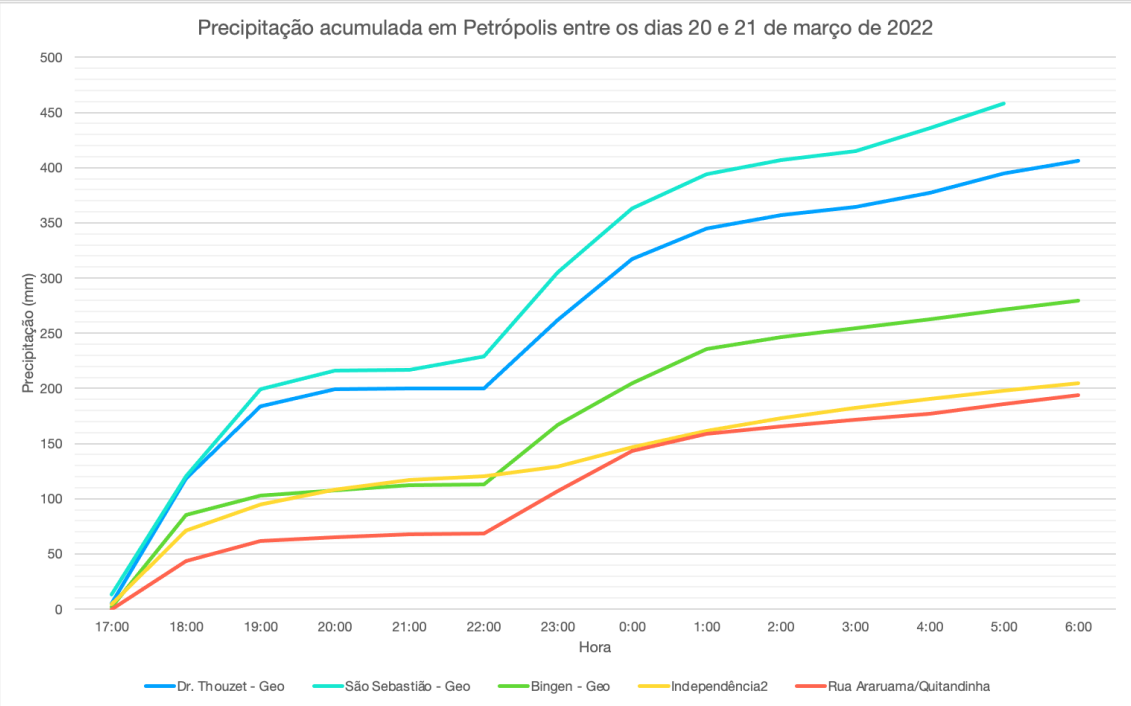


Figura 1: Precipitação observada horária e acumulada em Petrópolis entre os dias 20 e 21 de março de 2022.

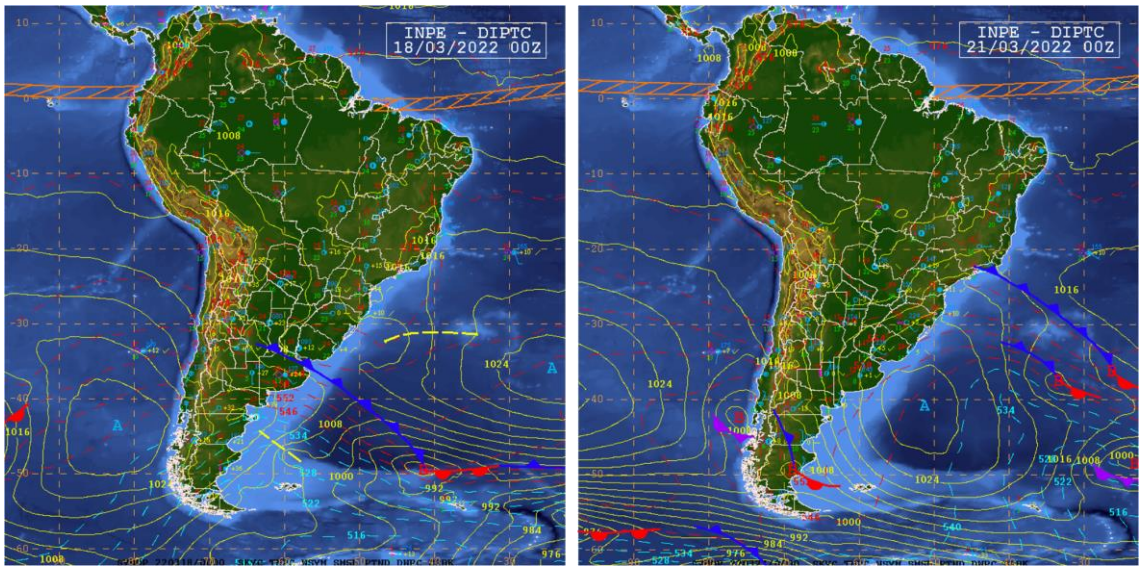


Figura 2: Cartas meteorológicas ilustrando a presença da frente fria sobre o Brasil para os dias 18 e 21 de março de 2022.

As consequências

Do ponto de vista hidrológico, os eventos registrados no município no dia 20/03/2022 podem ser caracterizados pela tipologia de inundação brusca e de enxurrada.

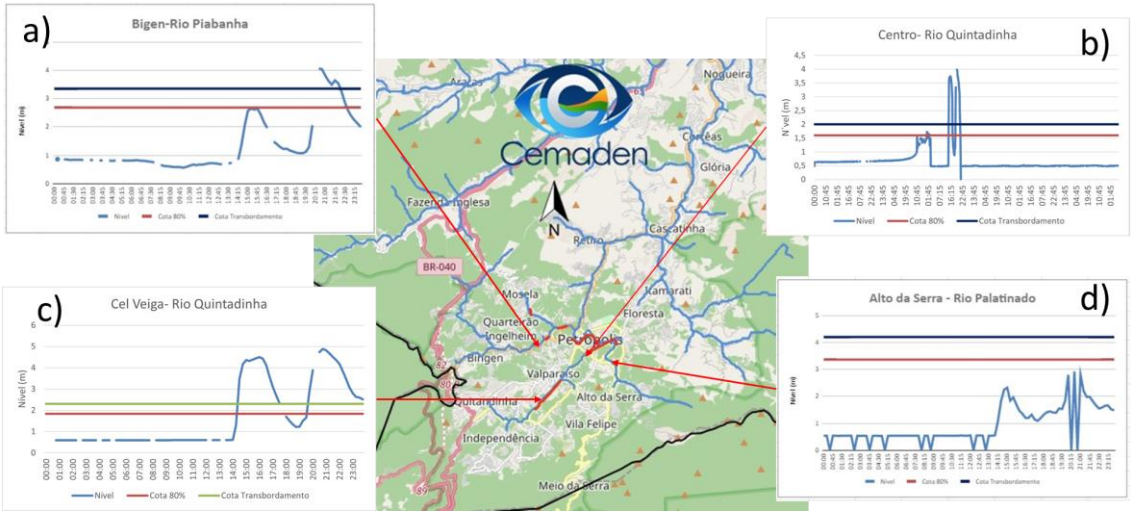


Figura 3: Nível nas estações hidrológicas do INEA, no dia 20/03/2022, situadas: (a) Bigen no Rio Piabanha; (b) Centro no Rio Quitandinha; (c) Coronel Veiga no rio Quitandinha, e (d) no Alto da Serra no rio Palatinado.

Em função das características do evento meteorológico e do alto nível de antropização das microbacias localizadas no município, foi registrada a elevação brusca dos níveis

fluviométricos dos rios e córregos, como se ilustra na Figura 3. Desta forma, foram novamente observados eventos de inundação brusca e enxurrada.

Em relação às ocorrências de deslizamentos, as estações geotécnicas instaladas no município de Petrópolis, indicam que houve aumento significativo da umidade do solo durante o evento de chuva a partir das 17h00 do dia 20 de março de 2022.

Neste evento, houve variação da umidade do solo até em profundidades maiores (3m) (Figura 4), o que propiciou a ocorrência de deslizamentos. Contudo, eles ocorreram em menor número em comparação com o episódio de 15 de fevereiro.

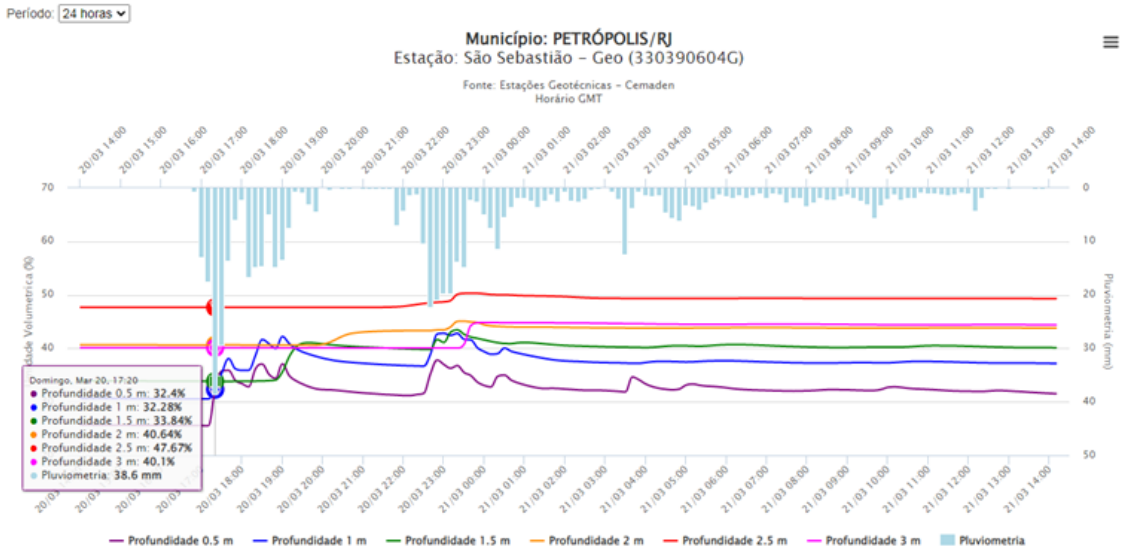


Figura 4: Estação Geotécnica de Bingen demonstrando a elevação do nível de umidade do solo durante a chuva do dia 15/02/2022. É possível observar que houve um aumento significativo da umidade desde 0,5 m até a profundidade de 2,5m, tendo seu ápice às 18h10 - horário local (21h10 GMT).

Ocorrências e danos humanos

Para o evento do dia 20/03/2022 foram registradas ocorrências de deslizamentos, inundações e alagamentos, resultando em novos danos e no aprofundamento dos danos das chuvas intensas ocorridas em 15/02/2022.

Conforme o FIDE cadastrado para este evento (RJ-F-3303906-13214-20220320), foram afetados os distritos do Centro e de Cascatinha, em sua totalidade; além do Distrito de Itaipava (localidades: Estrada União e Indústria). Ainda segundo o documento, cerca de 200 unidades habitacionais foram danificadas e 150 destruídas (em levantamento preliminar dos danos, até às 16h00 de 22/03/2022).

De acordo com o último informativo do CENAD (Relatório de Monitoramento n° 147 de 23/03/2022) foram contabilizados, até o momento, 07 óbitos. Há ainda 03 desaparecidos e 880 pessoas desabrigadas no município.

Atuação do CEMADEN/MCTI

Neste caso, devido a que o desastre foi provocado por uma frente fria, a possibilidade de acumulados significativos de chuva foi prevista com vários dias de antecedência. Nesse sentido, durante os *briefings* diários realizados com o CENAD/MDR os profissionais da sala de situação do CEMADEN/MCTI apontaram, já desde o dia 16 de março, a possiblidade de chuvas fortes entre os dias 19 e 21 de março nos litorais dos estados de São Paulo e Rio de Janeiro, assim como na região serrana do Rio de Janeiro. Como resultado, o CENAD emitiu comunicados especiais para as Defesas Civis de ambos os estados.

Além dessa comunicação antecipada do risco, o alerta específico para eventos hidrológicos no município de Petrópolis (alerta 1418/22) foi enviado às 07:10h, com antecedência de muitas horas. Destaca-se que foi esse tipo de evento que predominou no dia 20 de março. O nível do alerta foi aumentado para alto às 14:33h e para nível muito alto às 15:41h. Em relação aos movimentos de massa o alerta 1425/22 foi enviado às 14:29h e elevado para nível muito alto às 14:36h

Considerações finais

A cidade de Petrópolis-RJ sofreu, no transcurso de poucas semanas, dois grandes desastres de tipo hidro-geo-meteorológico. O primeiro deles teve características únicas e imprevisíveis, o que impossibilitou realizar uma previsão e preparação adequadas do desastre, acarretando um número muito elevado de vítimas. Devido à nula previsibilidade, os alertas foram enviados em função dos volumes pluviométricos detectados a partir da rede observacional do CEMADEN. A intensidade sem precedente das chuvas, fez com que os alertas fossem enviados, e aumentados de nível, em poucos minutos, quando o evento já estava em desenvolvimento. Contudo, levando em conta as características da cidade, pode se concluir que as consequências poderiam ter sido ainda mais graves caso esses alertas não tivessem sido enviados e as sirenes não tivessem sido acionadas.

O desastre ocorrido no dia 20 de março foi previsto com vários dias de antecedência, o que permitiu à Defesa Civil uma preparação mais ordenada e organizada para o desastre. Nesta situação os volumes totais de chuva superaram os ocorridos no dia 15

de fevereiro, porém, felizmente, o número de vítimas fatais foi consideravelmente menor.

Desta maneira, os desastres ocorridos na cidade de Petrópolis mostram claramente a importância de contar com equipes especialidades de profissionais monitorando 24 horas por dia a possibilidade de ocorrências de desastres. A emissão de alertas antecipados, com a maior antecedência possível, permite realizar ações de preparação eficientes com o objetivo de salvar vidas. Isso também foi constatsdo nos recentes desastres ocorridos nos estados da Bahia (dezembro de 2021) e Minas Gerais (janeiro de 2022) onde, apesar dos volumes históricos de chuva (vários recordes históricos foram quebrados no Estado da Bahia em dezembro de 2021), o número de vítimas fatais foi muito baixo.

São José dos Campos, 25 de março de 2022.

OSVALDO LUIZ LEAL DE MORAES
Diretor do CEMADEN

Requerimento CTEPETR – Petrópolis/RJ

1. **O CEMADEN ou outra instância vinculada ao MCTI participa da elaboração e atualização da identificação do mapeamento do georreferenciamento das áreas suscetíveis a desastres no Município de Petrópolis/RJ?**

   O CEMADEN/MCTI não realiza nenhum tipo de identificação/mapeamento de áreas passíveis de ocorrência de movimentos de massa ou processos hidrológicos. Essa atribuição corresponde a outros órgãos e instituições parceiras.
   No caso de Petrópolis, os mapeamentos são provenientes do Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro/DRM-RJ e da Prefeitura Municipal.

2. **Existem equipamentos de instrumentação instalados no Município capazes de monitorar, em tempo real, a possibilidade de desastres naturais decorrentes de movimentos de massa, como deslizamentos de encostas e rolamento de rochas, e/ou decorrentes de processos hidrológicos, como inundações, alagamentos e enxurradas?**

   No município de Petrópolis-RJ existem pluviômetros automáticos, que medem precipitação acumulada em intervalos de 10 minutos, utilizados para nortear a tomada de decisão para envio ou atualização de alertas hidrológicos e/ou de movimentos de massa. Além disso, em fase experimental, o CEMADEN/MCTI conta com estações geotécnicas, que têm por objetivo medir a umidade do solo para avaliar a possibilidade de ocorrências de deslizamentos de terra. Também existem estações fluviométricas instaladas em alguns corpos hídricos, que adicionadas às informações de chuva, podem auxiliar no monitoramento de eventos hidrológicos nas bacias hidrográficas do município. O CEMADEN/MCTI tem acesso aos dados das estações fluviométricas em tempo real, embora esses equipamentos são de responsabilidade do INEA-RJ.

3. **Em caso positivo, quais são esses instrumentos, qual a função de cada um deles, onde estão instalados e qual seu estado de funcionamento?**

   Os pluviômetros são equipamentos que coletam a água da chuva em um recipiente e realizam a quantificação do volume nele coletado em uma unidade padrão (milímetros/mm). Atualmente o CEMADEN/MCTI conta com 24 pluviômetros ativos instalados no município de Petrópolis
   (Tabela 1).

Tabela 1: Lista de pluviômetros ativos no município de Petrópolis.

UF	Cidade	Nome
RJ	Petrópolis	São Sebastião - Geo [G]
RJ	Petrópolis	Quitandinha - Geo [G]
RJ	Petrópolis	Bingen - Geo [G]
RJ	Petrópolis	Ciep Brizolão 281 [A/B]
RJ	Petrópolis	Itaipava2 [A/B]
RJ	Petrópolis	Vila Rica [A/B]
RJ	Petrópolis	Mosela [A/B]
RJ	Petrópolis	Rua Amazonas/quitandinha [A/B]
RJ	Petrópolis	Vila Constância [A/B]
RJ	Petrópolis	Itaipava [A/B]
RJ	Petrópolis	Morin [A/B]
RJ	Petrópolis	Rua Araruama/quitandinha [A/B]
RJ	Petrópolis	Estrada Petrópolis/teresópolis [A/B]
RJ	Petrópolis	Estrada Da Cachoeira [A/B]
RJ	Petrópolis	Independência2 [A/B]
RJ	Petrópolis	Estrada Do Cantagalo [A/B]
RJ	Petrópolis	Vale Do Cuiabá [A/B]
RJ	Petrópolis	Araras [A/B]
RJ	Petrópolis	Pedro Do Rio [A/B]
RJ	Petrópolis	Ciep Brizolão137 [A/B]
RJ	Petrópolis	Dr. Thouzet - Geo [G]
RJ	Petrópolis	Chácara Flora - Geo [G]

Em relação às estações fluviométricas em Petrópolis, esses são instrumentos que medem o nível do rio, mostrando a variação da altura da lâmina d'água em um determinado corpo hídrico. Em Petrópolis existem 8 (oito) estações fluviométricas, distribuídas da seguinte forma: 2 (duas) no rio Quitandinha, 3 (três) no rio Piabanha, 1 (uma) no rio Santo Antônio, 1 (uma) no rio Cuiabá e 1 (uma) no rio Palatinado, todas de responsabilidade do INEA-RJ e funcionando normalmente.

O município de Petrópolis conta também com 5 estações geotécnicas do CEMADEN/MCTI: Quitandinha, Dr. Thouzet, Chácara Flora, Bingen e Sao Sebastiao. As estações geotécnicas são instrumentos que possuem um pluviômetro acoplado e sensores de umidade do solo que medem até 3m de profundidade. Os dados fornecidos pela Rede Geotécnica permitem compreender melhor a dinâmica de movimentação das encostas (mecanismos de ruptura), bem como a quantidade de chuva acumulada e o conteúdo de umidade do solo necessários para a deflagração dos deslizamentos em cada localidade.

4. Que outros dados, instrumentos e equipamentos são utilizados no monitoramento do risco de desastres naturais em Petrópolis?

Além dos equipamentos citados anteriormente, o CEMADEN/MCTI conta com informações atualizadas de 2 radares meteorológicos instalados no estado do Rio de Janeiro. O radar do Pico do Couto, de responsabilidade do DCEA, e o radar de Macaé, de responsabilidade do Governo do Estado. Os radares meteorológicos possibilitam o acompanhamento e eventual rastreamento de nuvens ou conjuntos de nuvens, e sua precipitação associada, em tempo real dentro de um raio de 250km.

Uma ferramenta que também auxilia no monitoramento em tempo real são as informações de descargas atmosféricas (raios), que possibilitam identificar com um atraso muito pequeno (um ou dois minutos) as tempestades que apresentam alta atividade elétrica, normalmente relacionada a chuvas intensas. Embora esta ferramenta não permita obter estimativas de precipitação instantânea possibilita identificar qualitativamente tempestades intensas em todo o território nacional.

Outras informações que auxiliam o monitoramento em tempo quase real, com uma latência mínima de 30 minutos, são as informações provenientes de satélites, como imagens que permitem a identificação de sistemas meteorológicos de grande escala, e informações de estimativas de precipitação.

5. **Há algum plano de aquisição de instrumentos e equipamentos mais modernos e precisos?**

   A tecnologia dos equipamentos disponíveis comercialmente não é, significativamente, mais moderna e precisa do que as em uso. Neste sentido não há necessidade de adquirir equipamentos para substituição dos atuais. Isto não significa, contudo, que não exista plano de modernização de equipamentos devido a obsolescência natural decorrente do uso de sensores expostos ao tempo.

6. **Como ocorre a sistematização dos dados coletados por esses instrumentos e equipamentos?**

   Os dados ambientais, após coleta pelos instrumentos e equipamentos em campo, são transmitidos para os servidores de recepção de dados do CEMADEN/MCTI por conexão via redes móveis (3G/2G), utilizando protocolos de transferência de arquivos padrões da indústria (FTP/SFTP). Uma vez os dados recebidos no CEMADEN/MCTI, eles são processados pelo Sistema de Gerenciamento da Rede de PCDs (SGRP), que qualifica os dados de acordo com parâmetros científicos e os armazena no banco de dados do Centro. Após a inserção no banco de dados, eles são visualizados em tempo real no Sistema de Visualização de Áreas de Risco (Salvar), que é o principal sistema de acompanhamento de dados ambientais utilizados pela Sala de Situação. Na sequência, os dados são disponibilizados para parceiros que fazem os requerimentos de acesso por webservices e no Mapa Interativo, que é o sistema aberto de visualização da população em geral.

7. **Essa sistematização está incorporada à rotina de atualização dos mapas de risco do Município?**

   Não, a atualização dos mapas de risco fica a cargo dos órgãos e instituições parceiras do CEMADEN/MCTI.

8. **O CEMADEN ou outra instância vinculada ao MCTI participa ou participou da elaboração e atualização do Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil do Município de Petrópolis?**

   O CEMADEN/MCTI é um órgão de monitoramento e pesquisa que visa, entre outras atividades e competências, entregar à Defesa Civil Nacional o melhor alerta possível, ou seja, com a maior antecedência e precisão possíveis. Contudo o Centro não tem entre as suas competências a atuação na área de gestão do risco. Em outras palavras, o CEMADEN/MCTI não participa da elaboração/atualização do Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil de nenhum município brasileiro. Os alertas enviados pelo CEMADEN/MCTI fazem parte do "Fluxo de Ativação do Plano" do município de Petrópolis, conforme item 3.3.1 do documento "Plano de Contingência do Município de Petrópolis para Chuvas Intensas 2021/2022", disponível em https://www.petropolis.rj.gov.br/dfc/phocadownload/plano_de_contingencia/chuvas_intensas/Plano_Verao_%202021_2022.pdf

9. **Qual o procedimento para a produção de alertas antecipados sobre a possibilidade de ocorrência de desastres no Município de Petrópolis/RJ?**

   Em relação aos processos de movimentos de massa, primeiramente leva-se em consideração a existência ou não de áreas de risco no município. No caso de Petrópolis, além do conhecimento do processo e do risco, leva-se em consideração os limiares que possam levar à deflagração de um deslizamento (diagnóstico), por exemplo, associado à previsão meteorológica (prognóstico). Portanto, a decisão do envio de alertas de movimento de massa leva em conta tanto o acumulado pluviométrico observado em diferentes períodos de tempo (o quanto já choveu) quanto a previsão meteorológica para as próximas horas e dias (o quanto pode chover).

Em termos gerais, o alerta é enviado quando a precipitação acumulada somada à chuva prevista ultrapassa limiares críticos. Nesses casos, quando existem acumulados prévios e a previsão meteorológica indica que o valor crítico pode se ultrapassado, o alerta correspondente é enviado ao CENAD/MDR. Atualmente para estabelecer o limiar crítico de chuva é usado o método estatístico com representação unidimensional (índice de chuva total somente no eixo y) e cálculo pela chuva total em um dado período, tais como os índices os totais calculados em intervalos de 1, 3, 12, 24, 48, 72, 96 e 120 horas, uma semana, um e dois meses, com base no histórico de chuvas com eventos, para cada municipalidade. Os limiares são utilizados simultaneamente, sendo aplicado o que ocorrer primeiro.

Depois do evento ocorrido na região Serrana do Rio de Janeiro em 2011, o Governo Brasileiro buscou cooperação técnica junto ao Governo Japonês, por meio do "Projeto de Fortalecimento da Estratégia Nacional de Gestão Integrada de Riscos em Desastres Naturais", denominado Gides, cujo início ocorreu em julho de 2013, com duração prevista para quatro anos (posteriormente prorrogado por mais quatro meses). O desenvolvimento das atividades do Projeto Gides ficou a cargo do Ministério das Cidades (MCid), do Ministério da Integração Nacional (MI), do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) e do Ministério das Minas e Energia (MME). Coube à Agência Brasileira de Cooperação (ABC) a responsabilidade pela coordenação geral do projeto. O objetivo do Cemaden foi o desenvolvimento de um método para cálculo de limiares (ou linha crítica) para três municípios pilotos, Petrópolis, Nova Friburgo e Blumenau para posteriormente aplicá-lo para os demais municípios monitorados. Assim, foi desenvolvido o "método compartilhado", adaptado do método japonês para emissão de alertas de movimentos de massa. Nesse método o limiar (ou linha crítica) é representado por uma reta (y= ax + b), e não por um único número.

Para o caso de alertas hidrológicos, segundo o Manual de Procedimentos da Operação do CEMADEN, os critérios de envio para municípios localizados em microbacias, como é o caso de Petrópolis, depende da chuva acumulada em curtos períodos de tempo e da previsão meteorológica. Assim, considerando as limitações das ferramentas de meteorologia para antecipar eventos de enxurrada, e inundação brusca, se utilizam precipitação (preferentemente previstas, ou eventualmente observadas) que ultrapassem determinados valores indicados nas equações IDF (Intensidade - Duração - Frequência) regionais. Em outras palavras, é preciso determinar qual é o período de retorno (um ano, cinco anos, dez anos, etc) de uma chuva registra com uma determinada duração e intensidade observada/prevista. Essa é a metodologia mais adequada para bacias que possuem um tempo de concentração inferior a 1 hora. Já no caso de bacias hidrográficas com tempo de concentração maior do que 1 hora a previsibilidade é consideravelmente melhor. Nesses casos deve se levar em conta a cota atual dos rios, o tamanho das bacias, a chuva observada nos dias, semanas ou meses anteriores (dependendo do tempo de concentração da bacia), as características geográficas da bacia e a previsão de chuva para as próximas horas ou dias.

Tanto para alertas hidrológicos como para alertas geodinâmicos se utilizam três níveis de alerta: Moderado, Alto e Muito Alto. Estes níveis são determinados a partir da combinação da possibilidade de ocorrência do fenômeno alertado (que em boa parte depende da confiabilidade da previsão meteorológica) e do impacto potencial para a população.

Matriz de níveis de Alertas		Impacto Potencial		
		Moderado	Alto	Muito Alto
Possibilidade de ocorrência	Muito Alta	*Moderado*	*Alto*	*Muito Alto*
	Alta	*Moderado*	*Alto*	*Alto*
	Moderada	*Moderado*	*Moderado*	*Moderado*

Assim, um alerta Moderado indica que o fenômeno alertado não pode ser descartado, mas que sua previsibilidade é relativamente baixa. Os alertas de nível Alto indicam que o fenômeno alertado é altamente provável, assim como o potencial de impactos para a população. Já os alertas Muito Altos são utilizados para os casos mais graves, onde existe uma probabilidade muito alta de causar impactos severos e/ou generalizados na população.

10. Qual o grau de precisão (espacial e temporal) desses alertas?

O grau de precisão espacial do alerta se dá em escala regional / intramunicipal, considerando as áreas de risco mapeadas do município.

Sobre a precisão temporal, destaca-se que, exceto nos casos de inundação gradual, os alertas do CEMADEN/MCTI indicam situações de risco hidrológico e geodinâmicas previsíveis em curto prazo. Os alertas enviados incluem uma descrição da situação atual, com informações de precipitação acumulada na última hora, ou nas últimas horas, assim como a tendência da previsão meteorológica nas próximas horas ou ao longo do dia, conforme o cenário de risco do município, considerando a vulnerabilidade da população exposta ao risco alertado. Depois da abertura do alerta, este é atualizado considerando a evolução da situação meteorológica, das ocorrências registradas, até o cessar daquele alerta.

Sendo assim, o alerta e seus níveis serão totalmente dependentes de condições previamente presentes, tais como a exposição da população em risco, as condições meteorológicas favoráveis à ocorrência de eventos de caráter geodinâmico e/ou hidrológico, o nível de determinado rio, etc.

11. Como ocorre a comunicação do alerta antecipado ao Estado do Rio de Janeiro e ao Município de Petrópolis/RJ?

Há um Protocolo de Ação entre o CEMADEN/MCTI e o Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CENAD), órgão do atual Ministério do Desenvolvimento Regional, instituído a partir da Portaria nº 314 de 17 de outubro de 2012 e alterado pela Portaria nº 149 de 18 de dezembro de 2013, que estabelece que todo alerta de risco de desastres naturais emitido pelo CEMADEN/MCTI deverá ser enviado unicamente ao CENAD. O CENAD usa o alerta do CEMADEN como subsídio fundamental na tomada de ações preventivas de proteção civil, entre outros aspectos legais.

Os alertas do CEMADEN/MCTI são enviados ao CENAD, por e-mail, que os repassa imediatamente para os órgãos de Defesa Civil Estadual e Municipal através de diferentes meios de comunicação.

Entretanto, em casos de ameaças potencialmente impactantes a comunicação entre o CEMADEN e o CENAD ocorre de modo mais efetivo, como mensagens de aplicativo e ligações telefônicas que possibilitam a instalação de uma sala de crise.

Importante, adicionalmente, relatar que desde outubro de 2021 as salas de operação do CEMADEN e do CENAD estão conectadas 24h por dia através de equipamento audiovisual.

12. Com que antecedência esses alertas são produzidos e em quanto tempo chegam às autoridades competentes no nível municipal?

O diagnóstico dos cenários de risco geo-hidrológicos é atualizado constantemente à medida que novas informações sobre acumulados de precipitação e nível dos rios são obtidas. A antecedência da emissão do alerta de risco será totalmente dependente da previsibilidade do evento meteorológico deflagrador. Desastres relacionados com eventos de inundação brusca e enxurrada, por exemplo, estão diretamente relacionados a sistemas meteorológicos de curta duração e baixa previsibilidade por modelos meteorológicos e sistemas de observação. Sendo assim, o envio de um alerta de risco para este tipo de evento dependerá do

acompanhamento em tempo real das informações de pluviômetros, estações hidrológicas e radares meteorológicos. Já os sistemas meteorológicos de escala espacial e temporal maior, como frentes frias ou Zonas de Convergência do Atlântico Sul, entre outros, podem ser previstos com antecedência de vários dias. Contudo, mesmo nestes casos, a previsão dos volumes de chuva e dos locais onde as maiores precipitações possam ocorrer, apresenta sempre uma baixa confiabilidade em função das limitações da ciência meteorológica.

Acrescenta-se que diariamente também são elaborados boletins de previsão de risco geo-hidrológico para o dia seguinte onde são destacadas as regiões onde há risco de ocorrência de inundações ou movimentos de massa. Esta previsão é elaborada a partir de um diagnóstico da atual situação geo-hidrológica somado a um prognóstico meteorológico que poderá, eventualmente, elevar o potencial para ocorrência de eventos de risco. Essa previsão visa antecipar as ações de preparação diante de um possível desastre e encontra-se disponível atualmente no link https://www.gov.br/cemaden/pt-br/assuntos/riscos-geo-hidrologicos.

13. Envio a esta Comissão dos documentos oficiais pertinentes aos questionamentos acima.

Exemplo de Alerta Hidrológico para Petrópolis

Cemaden

ALERTA

ALERTA Nº	ABERTO EM	ATUALIZADO EM	MUNICÍPIO	UF
1418/2022 Abertura	20/03/2022 07h10		PETRÓPOLIS	RJ

TIPO DE EVENTO/NÍVEL: **RISCO HIDROLÓGICO / MODERADO**

Cenário de Risco:

Possibilidade de ocorrência de enxurrada em áreas urbanas com alta declividade, onde o escoamento superficial é concentrado e com alta energia de transporte. Possibilidade de ocorrência de inundação brusca nos canais e rios que cortam áreas de ocupação urbana da planície de inundação dos rios Quitandinha, Piabanha e córregos do município. Possibilidade de ocorrência de alagamento em função da extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana e consequente acúmulo de água em ruas, calçadas ou outras infraestruturas urbanas.

Situação Atual:

A atuação de áreas de instabilidade se aproximando do município a partir da tarde poderá provocar chuvas fortes e eventos hidrológicos .

Tendência:

A previsão meteorológica indica aproximação de chuva no município para o final da tarde, com volume previsto de 80mm em 24 horas, porém com possibilidade de pancadas localmente mais intensas. Diante da vulnerabilidade do município e do ocorrido em fevereiro, recomenda-se especial atenção às áreas já fragilizadas e aquelas destacadas no mapeamento de risco. Nessas condições, o cenário de risco hidrológico no município pode se agravar.

Recomendações:

Atenção às áreas de risco mapeadas pela Prefeitura de Petrópolis (2007) .

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, o impacto para a população poderá não ser apenas moderado. Recomendam-se ações previstas no plano de contingência, tais como: sobreaviso das equipes municipais, etc.**

FORMULÁRIO DE OCORRÊNCIAS:

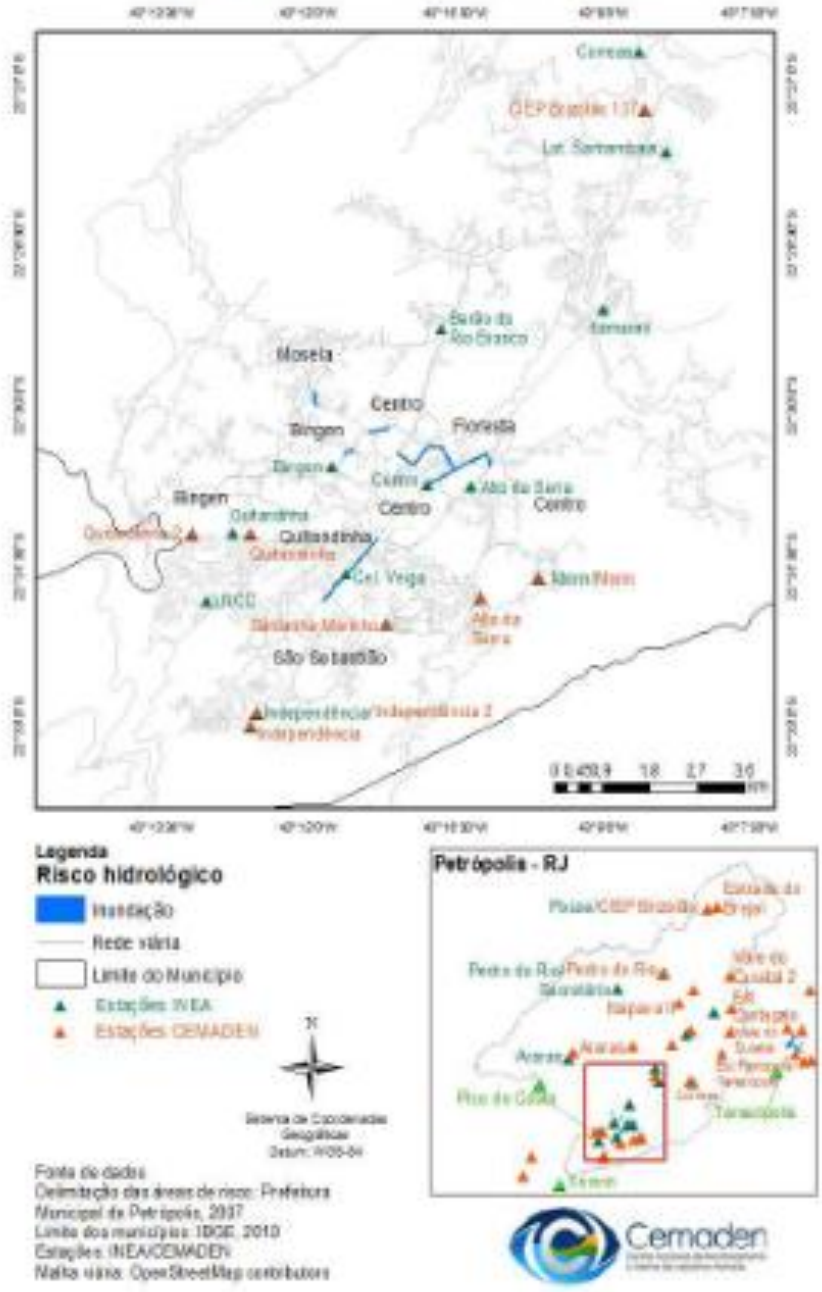
Para constante melhoria dos alertas emitidos pelo Cemaden, solicita-se o preenchimento do breve questionário no link: http://www.cemaden.gov.br/ocorrencias/index.php

PREVISÃO DE RISCO GEO-HIDROLÓGICO:

Para a Previsão de Risco Geo-Hidrológico, elaborada diariamente pelo Cemaden, acesse o link: https://www.gov.br/mcti/pt-br/rede-mcti/cemaden/conteudo/riscos-geo-hidrologicos/

O monitoramento e os alertas do Cemaden utilizam as seguintes fontes de informação:
AlertaRio, ANA, APAC, CEMADEN, CEMIG, CENAD, CGE, CIIAGRO, CPRM, CTH, DECEA, DRM, EPAGRI, FCTH/DAEE, FUNCEME, IBGE, IG, IGAM, INCAPER, INEA, INMET, INPE, IPMET, IPT, ITEP, SEMARH, SIMEPAR, UFAL/SIRMAL, USP.

Áreas de risco do município de Petrópolis - RJ



Exemplo de Alerta geodinâmico para Petrópolis

Cemaden
Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais

ALERTA

ALERTA Nº	ABERTO EM	ATUALIZADO EM	MUNICÍPIO	UF
1425/2022 Abertura	20/03/2022 14h29		PETRÓPOLIS	RJ

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

Cenário de Risco:

As áreas de risco de movimentos de massa no município caracterizam-se pela presença de áreas suscetíveis a deslizamentos do tipo planar solo/solo e solo/rocha, além de processos erosivos, com ocupação na base e no topo de encostas de alta declividade em sistema corte e aterro. Há ainda o risco de queda e rolamento de blocos e de deslizamentos rotacionais. Esta situação associada à precipitação incidente e a previsão meteorológica indica que podem ocorrer deslizamentos pontuais e induzidos nas áreas de risco mapeadas.

Situação Atual:

Os acumulados de precipitação são de até 70 mm em 1 hora(s).

Tendência:

A previsão meteorológica indica continuidade das chuvas ao longo do dia, podendo incrementar os acumulados já registrados. Nessas condições, o cenário de risco de movimentos de massa no município pode se agravar.

Recomendações:

Atenção às áreas de risco mapeadas pela Prefeitura Municipal de Petrópolis (2007).

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, o impacto para a população poderá não ser apenas moderado. Recomendam-se ações previstas no plano de contingência, tais como: sobreaviso das equipes municipais, etc.

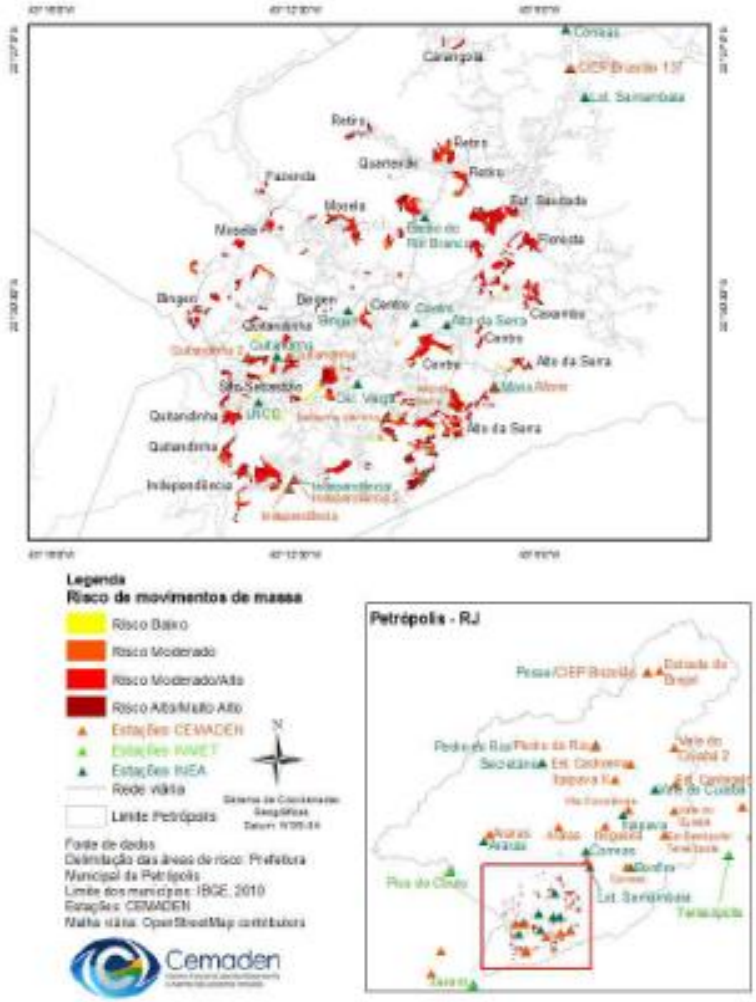
FORMULÁRIO DE OCORRÊNCIAS:
Para constante melhoria dos alertas emitidos pelo Cemaden, solicita-se o preenchimento do breve questionário no link: http://www.cemaden.gov.br/ocorrencias/index.php

PREVISÃO DE RISCO GEO-HIDROLÓGICO:
Para a Previsão de Risco Geo-Hidrológico, elaborada diariamente pelo Cemaden, acesse o link: https://www.gov.br/mcti/pt-br/rede-mcti/cemaden/conteudo/riscos-geo-hidrologicos/

O monitoramento e os alertas do Cemaden utilizam as seguintes fontes de informação:
AlertaRio, ANA, APAC, CEMADEN, CEMIG, CENAD, CGE, CIIAGRO, CPRM, CTH, DECEA, DRM, EPAGRI, FCTH/IAEE, FUNCEME, IBGE, IG, IGAM, INCAPER, INEA, INMET, INPE, IPMET, IPT, ITEP, SEMARH, SIMEPAR, UFAL/SIRMAL, USP.

UF	Cidade	Pluviômetro	Data	Último	1	3	6	12	24	48	72	96	120
RJ	Petrópolis	São Sebastião - Geo [Q]	20/09/2022 17:50	0.2	70	70	70	70	70	70	70	70	70
RJ	Petrópolis	Dr. Thouzet - Geo [Q]	20/09/2022 17:50	0.2	47	47	47	47	47	47	47	47	47
RJ	Petrópolis	Bingen - Geo [Q]	20/09/2022 17:50	0.2	39	39	39	39	39	39	39	39	39
RJ	Petrópolis	Independência [A/R]	20/09/2022 17:20	12.2	50	50	50	50	50	50	50	50	50
RJ	Petrópolis	Quitandinha - Geo [Q]	20/09/2022 17:50	0.2	38	38	38	38	38	38	38	38	38
RJ	Petrópolis	Rua Amazonas/quitandinha	20/09/2022 17:50	0.0	24	24	24	24	24	24	24	24	24

Áreas de risco do município de Petrópolis - RJ



Exemplo de Previsão de Risco geo-hidrológico

Cemaden MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES PÁTRIA AMADA BRASIL GOVERNO FEDERAL

Previsão de riscos geo-hidrológicos para 29/03/2022

Nesta terça-feira (29/03/2022), o cenário de risco de eventos geo-hidrológicos para as mesorregiões do Brasil é apresentado a seguir:

Risco Hidrológico

- ***Região Norte:*** *Acre, Amazonas.*

*Considera-se **MODERADA** a possibilidade de ocorrência de inundações nas mesorregiões do Vale do Acre e Vale Juruá, no Acre, Sudoeste e Centro Amazonense, devido aos níveis elevados dos rios Negro, Tarauacá, Juruá, Envira e Purus, à propagação da onda de cheia, e à previsão de continuidade da chuva nas bacias da região, podendo elevar ainda mais estes níveis. (Figura 1).*

- ***Região Nordeste:*** *Maranhão, Piauí, Pernambuco e Ceará*

*Considera-se **MODERADA** a possibilidade de ocorrência de inundações nas mesorregiões Leste e Centro Maranhense e Norte Piauiense, onde as Bacias dos Rios Itapecuru e Parnaíba encontram-se acima da cota de alerta em alguns municípios. Nas regiões do Norte Maranhense, na região Metropolitana de Fortaleza, na região da Mata Pernambucana e na Região Metropolitana de Recife, em Pernambuco, e no Leste Alagoano considera-se **MODERADA** a possibilidade de enxurradas e alagamentos em áreas urbanas rebaixadas, devido aos acumulados prévios e à previsão de pancadas de chuva ao longo do dia (Figura 1).*

- ***Região Sudeste:*** *São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro*

*Considera-se **MODERADA** a possibilidade de ocorrência de inundações, enxurradas e alagamentos no Vale do Paraíba, especialmente Litoral Norte de São Paulo, nas mesorregiões Sul Fluminense e Metropolitana do Rio de Janeiro, Zona da Mata, Campo das Vertentes e Região Metropolitana de Belo Horizonte, em Minas Gerais, devido à previsão de chuvas com intensidade moderada a forte ao longo do dia, podendo ocorrer na forma de*

Cemaden MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES PÁTRIA AMADA BRASIL GOVERNO FEDERAL

pancadas. Destaca-se a possibilidade de ocorrência de enxurradas e inundações bruscas na Região Serrana do Rio de Janeiro, devido à previsão de pancadas de chuva, que podem ocorrer com forte intensidade em curto espaço de tempo, e à característica de relevo, córregos canalizados e alta vulnerabilidade da região. Ressalta-se que em caso de possíveis ocorrências, o impacto para a população pode ser além do nível moderado (Figura 1).

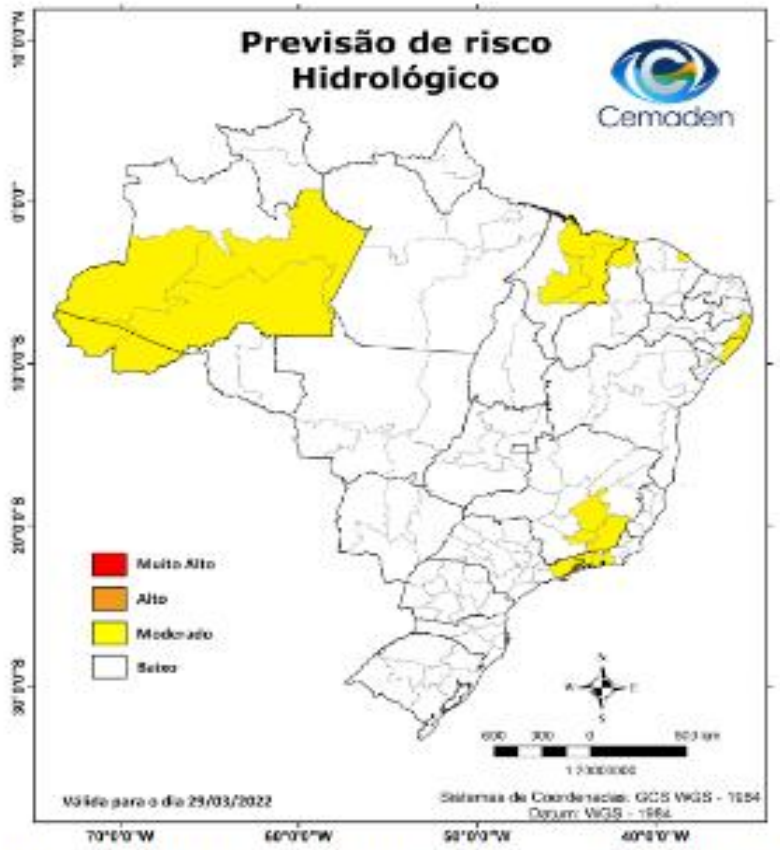


Figura 1 - Possibilidade de ocorrência de inundações e enxurradas em ao menos um município das mesorregiões indicadas. Este mapa é elaborado por uma equipe multidisciplinar, levando em consideração os cenários de riscos hidrológicos atuais somados à previsão de chuva.

Cemaden
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES
PÁTRIA AMADA BRASIL GOVERNO FEDERAL

Risco Geológico

- ***Região Norte**: Amazonas*

*Considera-se **MODERADA** a possibilidade de ocorrência de deslizamentos de terra (Figura 2) em Manaus devido à sua alta vulnerabilidade e à previsão de pancadas de chuva de intensidade moderada à forte ao longo do dia.*

- ***Região Sudeste**: Rio de Janeiro*

*Permanece **MODERADA** a possibilidade de ocorrência de deslizamentos de terra (Figura 2) na Região Serrana do Rio de Janeiro, devido à possibilidade de chuva ao longo do dia que poderá ser suficiente para deflagrar deslizamentos de terra pontuais nas áreas suscetíveis.*

- ***Região Nordeste**: Ceará e Pernambuco*

*Permanece **MODERADA** a possibilidade de ocorrência de deslizamentos de terra (Figura 2) nas Regiões Metropolitanas de Fortaleza e Recife devido aos acumulados registrados nos últimos dias que, somados à previsão de pancadas de chuva ao longo do dia, poderão deflagrar deslizamentos de terra pontuais.*

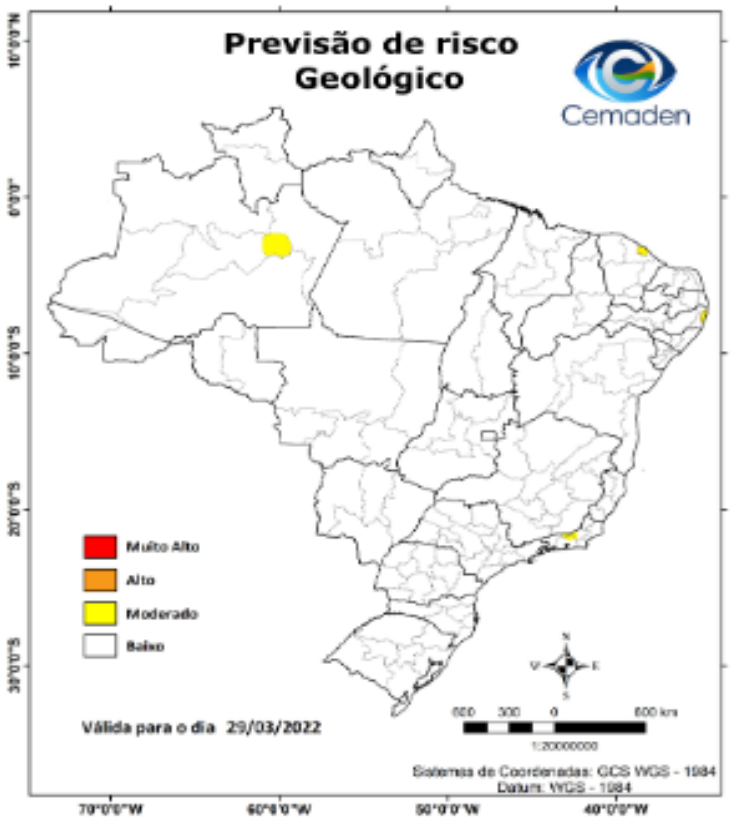


Figura 2 - Possibilidade de ocorrência de deslizamentos em ao menos um município das mesorregiões indicadas. Este mapa é elaborado por uma equipe multidisciplinar, levando em consideração as condições dos cenários de riscos geológicos atuais somados à previsão de chuva.