

São José dos Campos, 09 de setembro de 2023

Nota Técnica

DESASTRE OCORRIDO NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL ENTRE OS DIAS 01 E 05 DE SETEMBRO DE 2023

1. As causas: Situação Meteorológica

Entre os dias 1 e 4 de setembro de 2023, um sistema frontal de características quasi-estacionárias permaneceu sobre o Estado do Rio Grande do Sul, causando precipitações históricas. Esse sistema se deslocou, inicialmente como frente fria, desde a Argentina na tarde da sexta-feira (01 de setembro), provocando as primeiras precipitações sobre o oeste do estado do Rio Grande do Sul (ver áreas na cor vermelha na Figura 1, esquerda, que indicam nuvens de grande desenvolvimento vertical).

Entre os dias 02/09 (sábado) e 03/09 (domingo) 03/09 essa frente se tornou estacionária, provocando precipitações constantes, de variadas intensidades, que contribuíram para aumentar os acumulados pluviométricos já registrados na região. Na segunda-feira (04/09), uma área de baixa pressão nos altos níveis da atmosfera (que tem o papel de “sugar” o ar úmido da superfície até grandes alturas) contribuiu para o forte incremento da precipitação (Ver Figura 1, direita) e, posteriormente, para a formação de um ciclone extratropical que se afastou rapidamente do continente. Este ciclone, muito mencionado pela imprensa, não foi o motivo principal das precipitações extraordinárias, uma vez que o fator determinante foi a presença do sistema frontal semi-estacionário e da área de baixa pressão atmosférica.

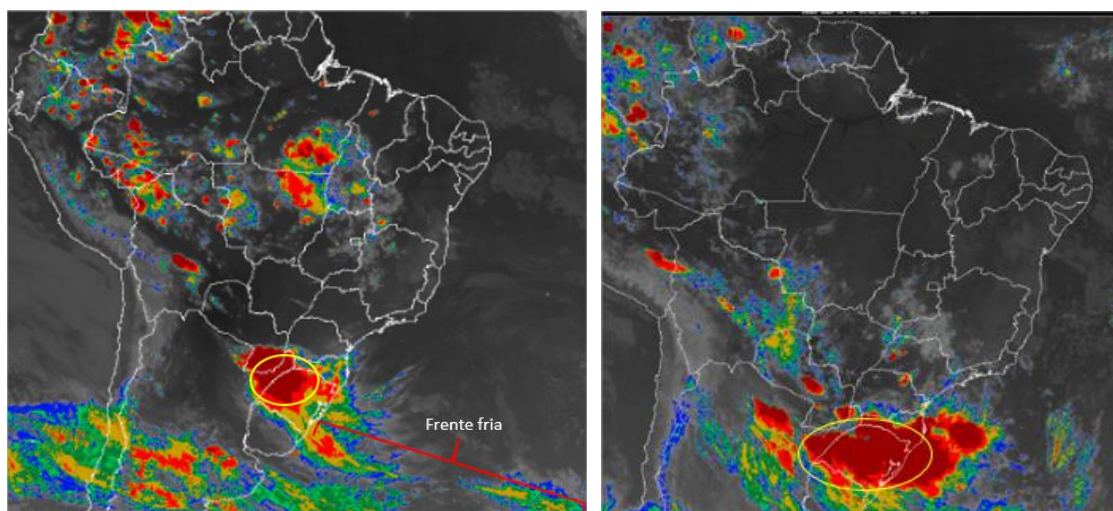


Figura 1: Imagens de satélite de 01/09 (sexta-feira), às 18:40 h (esquerda) e de 04/09 (segunda-feira 04/09) às 08:00 h (direita). As áreas em vermelho correspondem às precipitações mais intensas. FONTE: INMET

O acumulado pluviométrico total registrado entre os dias 01/09 a 04/09 está ilustrado na Figura 2, onde se destacam precipitações próximas aos 300mm (áreas na cor azul escuro) na porção centro-norte do estado gaúcho. Como referência, a precipitação climatológica total para o mês de setembro é de aproximadamente 150 mm.

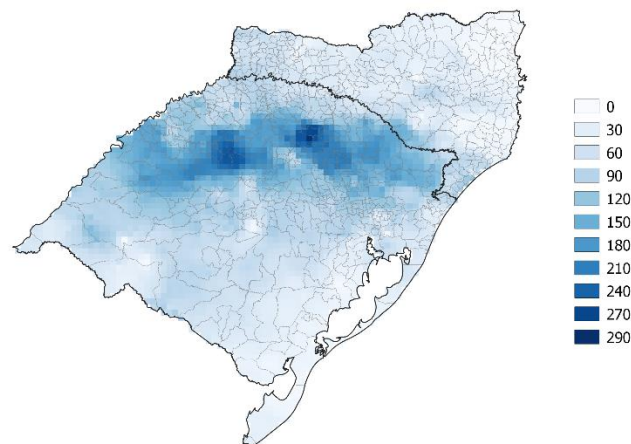


Figura 2: Acumulado pluviométrico total (em mm) observado entre os dias 01 e 04 /09/2023.
Fonte dos dados: CEMADEN/MCTI

2. Consequências das chuvas

Em função das chuvas históricas ocorridas, várias bacias registraram inundações bruscas entre os dias 04 e 06 de setembro. O nível do rio Taquari subiu de forma muito rápida, principalmente nas regiões de cabeceira e na parte do terço médio da bacia, como ilustrado no gráfico da estação instalada no município de Muçum (Figura 3). Logo após o início do evento, a onda de cheia se propagou ao longo da bacia, iniciando o ponto mais crítico da inundação na madrugada do dia 05/09 e atingindo sua cota máxima no início da tarde do dia 06/09 em Taquari.

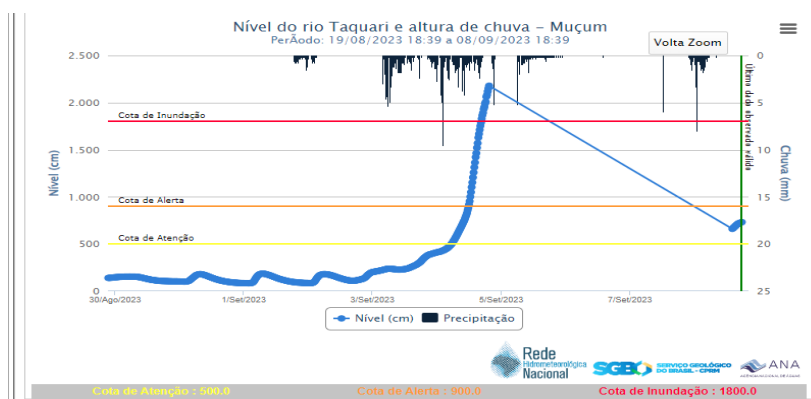


Figura 3: Nível do rio Taquari observado em Muçum. FONTE: CPRM

Situação similar foi observada na bacia do rio Caí, vizinha do Taquari, onde se exemplifica a evolução do nível do rio no município de Nova Palmira (Figura 4). O ponto

mais crítico da inundação ocorreu na noite do dia 04/09 na parte mais alta da bacia, com a propagação da onda de cheia atingindo o seu pico máximo no final da madrugada do dia 06/09 em Passo Montenegro, parte mais baixa da bacia e próxima a sua foz.

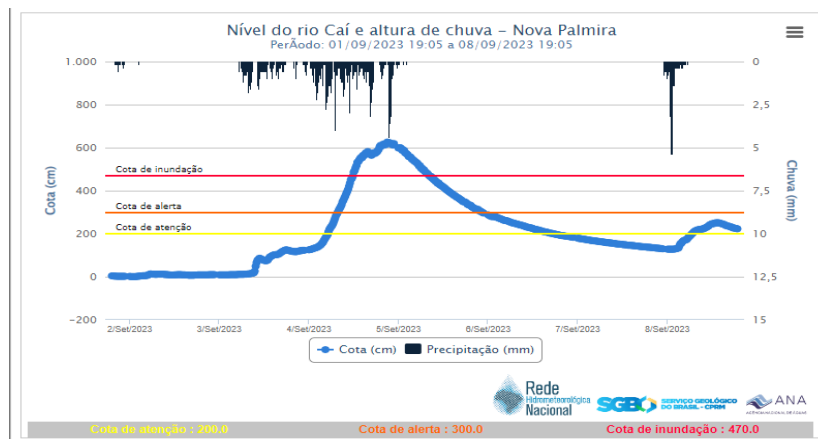


Figura 4: Nível do rio Caí em Nova Palmira. FONTE: CPRM

Por outro lado, o nível do rio dos Sinos, outro dos mais afetados, subiu de forma mais rápida em Taquara (Figura 5) e, conseqüentemente, nas demais estações a jusante. O ponto mais crítico da inundação ocorreu na manhã do dia 06/09 em Taquara, com a propagação da onda de cheia atingindo o seu pico máximo na tarde do dia 07/09 em Campo Bom.

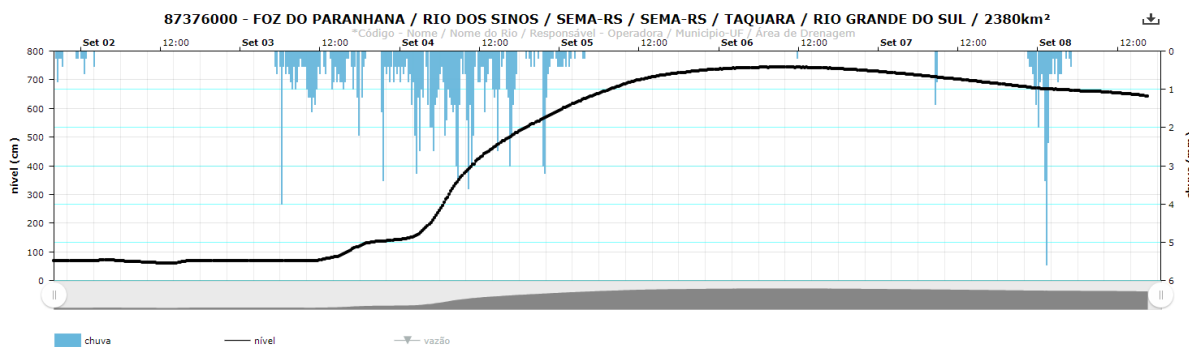


Figura 5: Nível do rio dos Sinos e a precipitação acumulada em Taquara. FONTE: SEMA-RS

3. Influência do fenômeno do “El Niño”

O “El Niño” é um fenômeno que envolve alterações na temperatura do Oceano Pacífico e no comportamento da atmosfera. Um dos principais “sintomas” vinculados à ocorrência do El Niño é o aquecimento anormal das águas do Oceano Pacífico equatorial, que, por sua vez, está também associado a alterações nos ventos e na precipitação em várias áreas do planeta. De modo geral, este fenômeno altera o comportamento dos sistemas frontais, que se tornam mais frequentes e persistentes sobre a Região Sul, provocando aumento das precipitações nessa região. Considerando

as características meteorológicas particulares do desastre ocorrido nos primeiros dias de setembro, pode-se deduzir que este episódio foi fortemente influenciado pelo fenômeno do El Niño. Destaca-se que este fenômeno ainda não atingiu a sua máxima intensidade, prevista aproximadamente para o mês de dezembro; logo, é altamente provável que eventos semelhantes possam se repetir nos próximos meses. De fato, a previsão para o próximo trimestre (setembro-novembro) é de precipitações superiores aos valores normais na Região Sul do Brasil, como mostrado na Figura 6, que compila as previsões de vários centros internacionais.

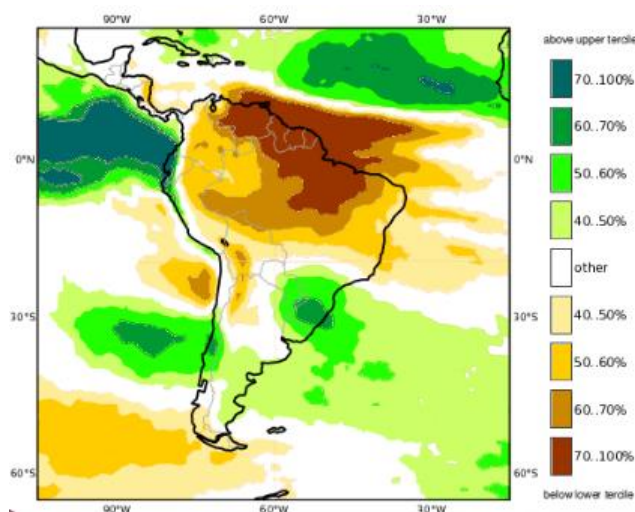


Figura 6: Previsão de chuva para o trimestre setembro-novembro de 2023 segundo um conjunto de modelos numéricos (vinculados à União Europeia). As áreas em verde indicam chuvas acima da média e as áreas em marrom chuvas abaixo da média histórica. As áreas em branco representam alta incerteza. Para as regiões Sudeste e Centro-Oeste a previsão não está definida. FONTE: Copérnicus

4. Atuação do CEMADEN/MCTI

A situação que derivou na ocorrência de inundações históricas em municípios do estado do Rio Grande do Sul foi formalmente reportada pelo CEMADEN/MCTI ao CENAD/MIDR durante a discussão diária realizada no dia 30/08 (quarta-feira). Essa situação foi confirmada na discussão do dia 31/08 (quinta-feira), fato que motivou a convocação de uma reunião por parte do CENAD/MIDR, que contou com a presença das Defesas Cíveis dos estados de Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e Mato Grosso do Sul. Na referida reunião foi discutida a previsão de chuvas e dos impactos decorrentes, assim como as medidas que deveriam ser adotadas pelas Defesas Cíveis. Essas reuniões tomaram caráter diário durante o final de semana. Em particular, no dia 01/09 o CEMADEN/MCTI detalhou a possibilidade de ocorrência de inundações nas bacias dos rios Jacuí, Gravataí, Caí e Taquari e em toda a Região Metropolitana de Porto Alegre, destacando os municípios de Porto Alegre, Eldorado do Sul, São Jerônimo, Candelária, Cachoeira do Sul, Taquari e Venâncio Aires. Essa possibilidade foi mais uma vez confirmada nos dias 02/09 e 03/09, assim como nas previsões de riscos geohidrológicos, elaboradas diariamente à tarde e publicadas na página do CEMADEN/MCTI. Desta forma, enfatizamos que o CEMADEN/MCTI identificou e alertou

a situação que derivou no desastre ocorrido no estado do Rio Grande do Sul com cinco (5) dias de antecedência.

Quanto aos alertas específicos para os municípios monitorados (que indicam a tipologia de desastre, o rio e as áreas de risco envolvidas, assim como o potencial de vítimas), no dia 04/09, aproximadamente 48 horas antes do pico da inundação, foram emitidos 40 alertas, sendo 22 de risco hidrológico (Figura 7) e 18 de risco geológico (Figura 8). Destes 40 alertas, 11 foram atualizados para nível ALTO e 2 atualizados para nível MUITO ALTO entre os dias 04/09 e 05/09/2023.

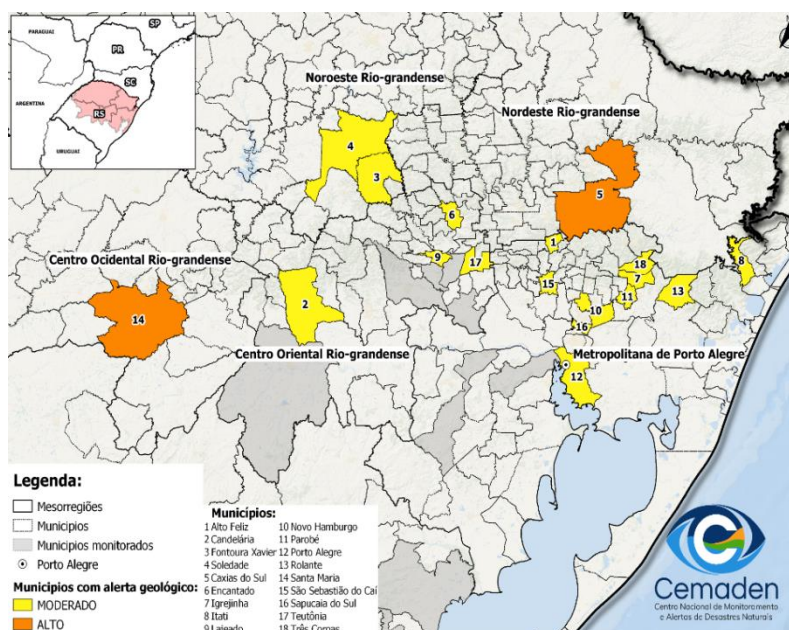


Figura 7. Alertas de Risco Hidrológico enviados em 04/09.

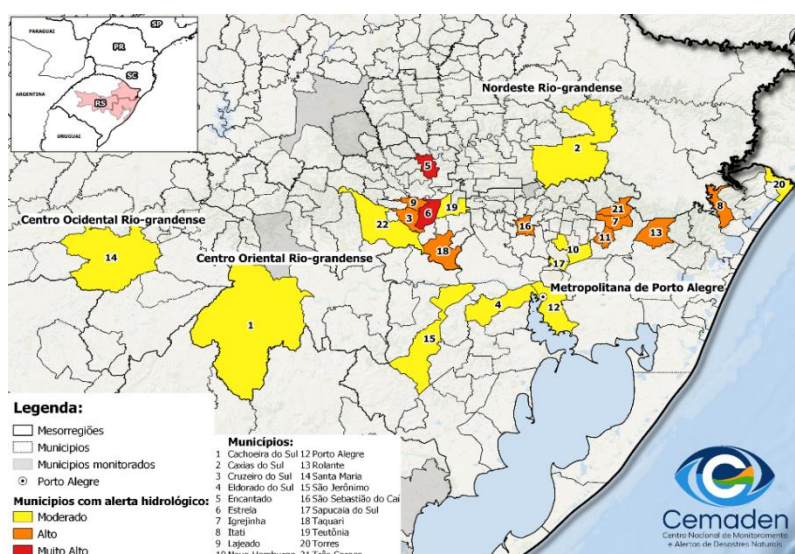


Figura 8. Alertas de Risco Geológico enviados em 04/09.

Até o presente momento, 13 municípios alertados pelo CEMADEN/MCTI apresentaram ocorrências confirmadas (principalmente alagamentos e inundações), sendo os mais afetados os de *Cruzeiro do Sul* (4 óbitos); *Lajeado* (3 óbitos); *Estrela* (2 óbitos); e *Encantado* (1 óbito). Para os municípios monitorados e mais afetados pelas ocorrências, foram emitidos alertas de nível MUITO ALTO (*Encantado* e *Estrela*); e alertas de nível ALTO (*Cruzeiro do Sul* e *Lajeado*).

Outros municípios monitorados que registraram ocorrências foram *São Jerônimo*; *São Sebastião do Caí*; *Venâncio Aires*; *Caxias do Sul*; *Santa Maria*; *Igrejinha*; *Porto Alegre*; *Novo Hamburgo*; e *Eldorado do Sul*.

Informações atualizadas até as 20h30 do dia 08/09/2023, obtidas através do CENAD/MIDR e da Defesa Civil do estado do Rio Grande do Sul registram:

Municípios Afetados	87
Nº Feridos	223
Nº Desabrigados	3.193
Nº Desalojados	8.256
Nº Afetados	147.341
Nº Municípios Registro S2ID	68
Nº Municípios Com Decreto	28
Nº Desaparecidos	46
Nº Salvamentos	3.130

A relação de óbitos em municípios monitorados e não monitorados, de acordo com a Defesa Civil do estado do Rio Grande do Sul, atualizado até às 20h30 do dia 08/09/2023 é a seguinte:

Município	Óbitos	Monitorado Cemaden
Muçum	15	Não monitorado
Roca Sales	10	Não monitorado
Cruzeiro do Sul	4	Monitorado pelo Cemaden
Lajeado	3	Monitorado pelo Cemaden
Estrela	2	Monitorado pelo Cemaden
Ibiraíaras	2	Não monitorado
Encantado	1	Monitorado pelo Cemaden
Mato Castelhano	1	Não monitorado
Passo Fundo	1	Não monitorado
Santa Tereza	1	Não monitorado
Imigrante	1	Não monitorado

5.Previsão para a semana 11 a 18 de setembro

Na semana de 14/09 a 18/09 há previsão de uma situação meteorológica relativamente semelhante à ocorrida entre os dias 01 a 04, envolvendo novamente a atuação de um sistema frontal estacionário sobre o estado do Rio Grande do Sul. Esta situação se inicia no dia 11/09 (segunda-feira) com a chegada de uma frente fria, que fica estacionária nos dias 12/09 e 13/09 e será reforçada, especialmente no dia 14/09 (quinta-feira) por um novo sistema de baixa pressão nos níveis altos da atmosfera. Embora os modelos meteorológicos numéricos não possuam grande precisão para prever a intensidade, assim como a localização exata da chuva, vários deles apontam volumes pluviométricos

totais próximos aos 200 mm, especialmente na porção centro-sul e leste do estado do Rio Grande do Sul.

Em decorrência desta previsão, do ponto de vista hidrológico, considera-se **MUITO ALTA** a possibilidade de ocorrência de eventos hidrológicos nas mesorregião Sudeste no estado do Rio Grande do Sul devido à previsão de chuva moderada a forte e persistente ao longo dos dias 11, 12 e 13 de setembro, somada aos acumulados prévios (em vermelho na Figura 9 esquerda). Além disso, considera-se **ALTA** a possibilidade de ocorrência de eventos hidrológicos na mesorregião Centro Ocidental, Centro Oriental, Sudoeste no estado do Rio Grande do Sul e Metropolitana de Porto Alegre, com destaque para a Região Metropolitana de Porto Alegre e a bacia hidrográfica do rio dos Sinos (em laranja na Figura 9 esquerda). Ainda, existe risco **MODERADO** de eventos hidrológicos na mesorregião Noroeste e Nordeste Rio-Grandense (em amarelo na Figura 9 esquerda)

Em relação ao risco geodinâmico, considera-se **ALTA** a possibilidade de ocorrências de movimentos de massa (em laranja na Figura 9 direita) nas mesorregiões Metropolitana de Porto Alegre e Centro Ocidental Rio-grandense (especialmente em Santa Maria), devido ao registro de elevados acumulados nos últimos dias e à previsão de chuva de intensidade moderada a forte ao longo dos dias 11, 12 e 13 de setembro, que poderão ser suficientes para deflagrar deslizamentos de terra esparsos induzidos (taludes de corte e aterro) e deslizamentos pontuais em encostas naturais. Ainda, considera-se **MODERADA** a possibilidade de ocorrência de movimentos de massa nas mesorregiões Centro Oriental Rio-grandense e Nordeste Rio Grandense (em amarelo, na Figura 9 direita), onde não pode ser descartada a ocorrência de deslizamentos de terra pontuais induzidos, incluindo “quedas de barreira” à margem de rodovias ou eventos de movimento de massa de baixa magnitude, em função do relevo da região.

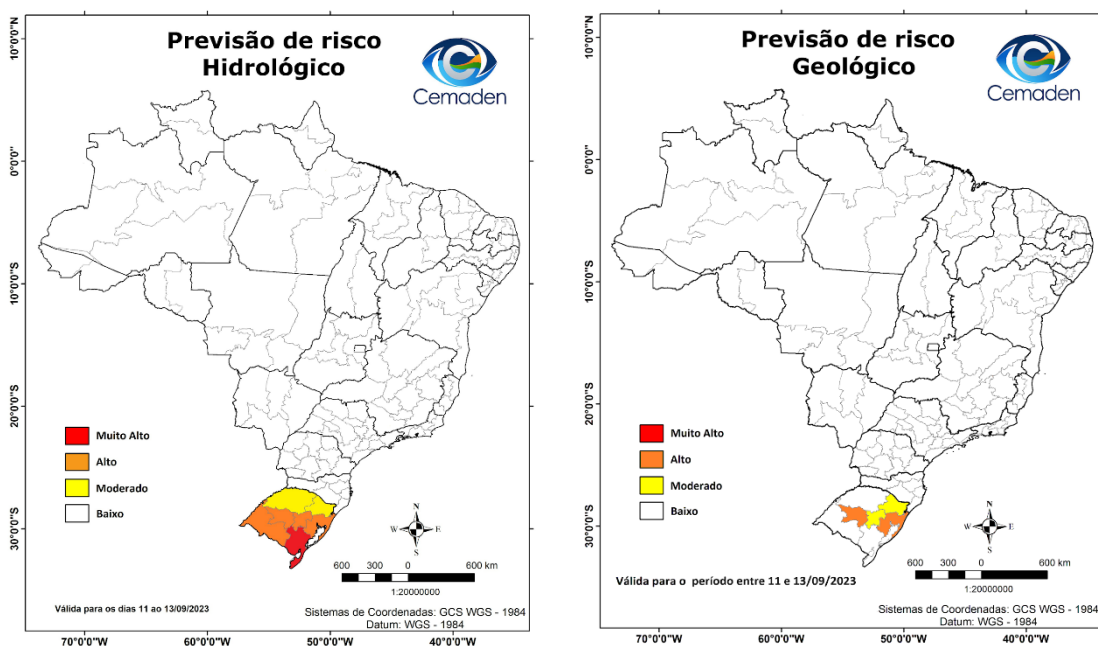


Figura 9 - Possibilidade de ocorrência de eventos hidrológicos (esquerda) e geológico (direita) em ao menos um município das mesorregiões indicadas durante a semana dos dias 11-18/09/2023.