

Desastres

RESEARCH PAPER — PREPRINT

Um relato sobre a experiência da comunicação de riscos por pesquisadores voluntários durante o desastre climático de 2024 no Rio Grande do Sul, Brasil

Versão 0.0.4

Iporã Possantti^a, Camila Bellaver Alberti^b, Fernando Jorge Corrêa Magalhães Filho^a, Fernando Mainardi Fan^a, Guilherme Fernandes Marques^a, Igor Nicolini^a, José Augusto Müller Neto^a, Leonardo Laipelt dos Santos^a, Laura Azeredo^b, Lucas George Wendt^c, Luiz Carlos Oliveira da Silva^c, Matheus Sampaio Medeiros^a, Rafael Rodrigo Eckhardt^c, Rodrigo Cauduro Dias de Paiva^a, Sofia Royer Moraes^c, Tatiana Silva da Silva^a, Tiago Borges Ribeiro Gandra^d, Walter Collischonn^a

Porto Alegre,
28 de Março de 2025

^a Universidade Federal do Rio Grande do Sul

^b World Resources Institute Brasil

^c Universidade do Vale do Taquari

^d Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul

Autor correspondente: Iporã Possantti (ipora.possantti@ufrgs.br)

Preprint depositado em <https://doi.org/10.5281/zenodo.14914325>

Preparado para [Desenvolvimento e Meio Ambiente](#).

Submetido em 23 de Fevereiro de 2025.

Primeira decisão em 17 de Março de 2025 .

Re-submetido em 28 de Fevereiro de 2025.

Aceito em — .

Publicado em — .

Resumo

Desastre climático de abril e maio de 2024 no Rio Grande do Sul, Brasil, ocorreu em um contexto de mudanças climáticas, que vêm intensificando eventos extremos na região. A crise causada por chuvas extraordinárias expôs falhas estruturais e de gestão de riscos, evidenciando a urgência de comunicação eficaz. Este artigo apresenta uma cronologia do desastre e um relato das ações voluntárias de pesquisadores na produção e disseminação de informações essenciais, incluindo previsão do nível do Guaíba, mapas de risco, suporte técnico no Vale do Taquari, monitoramento de abrigos, informações sobre saneamento e o Repositório de Mapas. Análises pioneiras sobre os impactos das inundações foram cruciais para a compreensão rápida do evento. O relato destaca desafios como limitações tecnológicas, dificuldades de articulação com a gestão pública e a ausência de um sistema institucional robusto. A inexistência de agências de bacias hidrográficas compromete a gestão integrada dos recursos hídricos e a resposta a desastres no longo prazo. O evento reforça a necessidade de investimentos substanciais em governança hídrica, infraestrutura de monitoramento e estratégias de adaptação para fortalecer a resiliência da sociedade.

palavras-chave — Rio Grande do Sul; Desastres; Adaptação climática; Comunicação de riscos; Redução de riscos de desastres.

Sumário

1	Introdução	3
2	Metodologia	5
3	Resultados: a cronologia do desastre no Rio Grande do Sul	5
4	Resultados: relato das ações voluntárias de pesquisadores	10
4.1	Suporte técnico e ciência cidadã na bacia do Rio Taquari	10
4.2	Previsão de nível no Guaíba	12
4.3	Mapas de risco hidrológico	13
4.4	Análises pioneiras sobre o impacto da inundação	14
4.5	Repositório de mapas e banco de dados	15
4.6	Mapeamento e monitoramento de abrigos	17
4.7	Informações de utilidade pública no saneamento	18
5	Considerações finais	19
	Referências	21
	Informações adicionais	24

1 Introdução

O desastre ocorrido no Rio Grande do Sul entre abril e maio de 2024 demarcou que o Brasil, definitivamente, já enfrenta as consequências das mudanças climáticas. A Organização das Nações Unidas (ONU) define um desastre como “*uma grave perturbação no funcionamento de uma comunidade ou sociedade devido a eventos perigosos que interagem com condições de exposição, vulnerabilidade e capacidade, levando a perdas humanas, materiais, econômicas e ambientais*” (ONU, 2016). A partir dessa definição, se conclui que o Rio Grande do Sul sofreu um desastre sem precedentes, causado tanto por chuvas extraordinárias quanto pela incapacidade institucional de lidar com seus efeitos. As inundações devastaram cidades em diversos vales, e o sistema de proteção contra enchentes da Região Metropolitana de Porto Alegre colapsou (Collischonn et al., 2025). Cerca de 900 mil pessoas foram diretamente atingidas, muitas dependendo de resgates improvisados devido à falta de planos para ações emergenciais. Com 183 óbitos confirmados, o evento afetou toda a bacia da Laguna dos Patos, atingindo cidades como Pelotas e Rio Grande. Algumas análises já o classificam como o maior desastre climático da história do Brasil (Marengo et al., 2024).

A situação no Rio Grande do Sul se insere em um contexto mais amplo, pois 2024 foi o ano mais quente já registrado, com temperatura média global de 15,1°C (Copernicus, 2025). Esse recorde sucede o de 2023, que teve média de 14,9°C. Pela primeira vez, superou-se o limiar de 1,5°C acima da média pré-industrial de 13,5°C (1850-1900), antecipando as projeções mais pessimistas do último relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2021). Em 2023, por exemplo, a World Meteorological Organization (WMO) previa que essa ultrapassagem ocorreria entre 2028 e 2035 (WMO, 2023). Embora o El Niño tenha influenciado os anos de 2023 e 2024, a sequência de sucessivos recordes nos últimos cinquenta anos sugere que a mudança climática pode estar se acelerando.

As mudanças climáticas vem aumentando a frequência de chuvas extremas, especialmente nas regiões úmidas (Donat et al., 2016, 2019). Assim, se as mudanças climáticas estão se acelerando, os riscos associados a esses eventos devem aumentar também. O Fórum Econômico Mundial (WEF) classifica os eventos meteorológicos extremos como o segundo mais grave risco global no curto prazo e o primeiro no longo prazo (WEF, 2024). Em 2023 e 2024, tais eventos foram generalizados, incluindo furacões na América do Norte, enxurradas na Europa e Coreia do Sul, ondas de calor no leste da África, incêndios no Canadá, secas na Amazônia, chuvas extremas na África e no sul do Brasil. Mas como a vulnerabilidade é desigual nas diversas escalas do planeta, espera-se que os seus impactos sejam relativamente maiores em comunidades que pouco contribuíram para o aquecimento global. Por exemplo, a mortalidade desses eventos na última década foi aproximadamente 15 vezes maior nas regiões do Sul Global (IPCC, 2023). Na Região Metropolitana de Porto Alegre, as populações mais atingidas em 2024 foram, desproporcionalmente, as populações pobre e negra, fato que tonifica a problemática da justiça ambiental nesse contexto (Acseirad, 2010; Observatório das Metrôpoles, 2024).

Os eventos extremos no Brasil entre 2023 e 2024, como chuvas intensas e secas severas, não foram surpreendentes: sua distribuição já havia sido projetada há pelo menos uma década. O relatório do IPCC de 2013 indicava variações de até 20% nas chuvas na região Sul até o final do século, contrastando com reduções similares na região Norte (IPCC, 2013). O estudo Brasil 2040, coordenado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), confirmou essa projeção com modelos climáticos regionais (SAE, 2015). O relatório mais recente do IPCC apontou que, ao ultrapassar 1,5°C acima dos níveis pré-industriais (o que ocorreu em 2024), haveria alteração de pelo menos 10%

no regime de chuvas, aumentando no Sul e Sudeste e reduzindo no Norte, Centro-Oeste e Nordeste (IPCC, 2021). Marengo et al., 2021 reforçaram o alto risco de inundações e deslizamentos no Sul. Brêda et al., 2023 destacaram que variações na precipitação impactam as vazões fluviais na América do Sul, enquanto Chagas et al., 2022, com dados empíricos de estações fluviométricas (1980-2015), demonstraram um aumento nas vazões máximas das enchentes no sul do Brasil.

Assim como muitos outros pesquisadores, nós testemunhamos diretamente o desastre no Rio Grande do Sul. Mais do que um estudo de caso, os eventos de abril e maio de 2024 abalaram profundamente nossas vidas. A maioria de nós foi desalojada, principalmente pelo colapso da energia e do saneamento básico em Porto Alegre. Todos nós conhecemos amigos e familiares que tiveram suas casas inundadas. Trabalhamos incansavelmente, improvisando meios para fornecer informações importantes durante a crise. Dessa mobilização emergiu uma rede colaborativa entre pesquisadores, alunos e egressos, principalmente da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). O resultado mais emblemático foi o lançamento do Repositório de Mapas, em 10 de maio, centralizando dados sobre riscos na página inicial da universidade. Este artigo contribui para a comunidade técnico-científica ao documentar e analisar nossas ações voluntárias na produção de informações sobre riscos durante a crise. Diante das evidências, eventos extremos dessa magnitude no Rio Grande do Sul tenderão a se repetir, possivelmente com ainda mais intensidade. Porém, a própria definição de desastre garante que não precisa ser inevitável – acreditamos que a sociedade civil e as instituições em seus diferentes âmbitos podem e devem desenvolver a capacidade de adaptação e resposta a riscos climáticos. Para isso, uma comunicação eficaz é essencial na redução de riscos, abrangendo escalas operacional (tempo real), tática (médio prazo) e de planejamento (longo prazo) em todas as fases da gestão de desastres.

Antes de entrarmos nos pormenores do nosso relato, é preciso contextualizar seu prelúdio, iniciado em 2023. Entre 4 e 5 de setembro de 2023, chuvas extremas provocaram uma enchente no Rio Taquari, devastando cidades como Muçum e Roca Sales. Diante do estágio da tecnologia e do conhecimento disponíveis, o desastre certamente poderia ter sido menor. Motivados com isso, alguns autores publicaram, em 11 de setembro, uma Nota Técnica pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH-UFRGS), destacando essa lacuna e sugerindo ações urgentes (IPH, 2023). Em novembro do mesmo ano, novas chuvas elevaram o nível do Lago Guaíba, que atingiu 3,46 m no Cais Mauá, tornando-se, naquele momento, a segunda maior marca já registrada, atrás da enchente de 1941 (4,75 m). O episódio expôs falhas na proteção contra enchentes de Porto Alegre, levando autores do IPH-UFRGS a publicar um mapa de risco de inundação. O estudo, amplamente divulgado pela imprensa, recebeu a manchete: “*Sem sistema de proteção, Guaíba inundaria aeroporto, Mercado Público e estádios*” (Freitas, 2023). Poucos meses depois, o desastre de 2024 materializou o prognóstico técnico feito no ano anterior. A nova enchente superou o recorde de 1941, atingindo 5,37 m no Cais Mauá. A partir de então, a rede de pesquisadores se expandiu e culminou na criação do “Repositório de Mapas”, plataforma essencial na disseminação de informações durante a crise.

A próxima seção apresenta uma visão geral do desastre de abril e maio de 2024, com uma cronologia dos processos hidrológicos. A seguir, fornecemos relatos das ações de diferentes equipes de pesquisadores durante a crise. A penúltima seção apresenta as principais ferramentas de comunicação utilizadas, destacando suas vantagens e limitações. Por fim, a última seção estabelece considerações finais, abordando os desafios futuros impostos pela intensificação das mudanças climáticas e a necessidade urgente de adaptação climática, incluindo a capacitação técnica das instituições no Rio Grande do Sul.

2 Metodologia

O método aplicado para estabelecer um relato abrangente envolveu, inicialmente, a contextualização hidrológica e política do desastre de maio de 2024 no Rio Grande do Sul, seguida da sistematização dos relatos dos pesquisadores envolvidos.

Para a reconstrução da cronologia hidrológica, foi realizada uma revisão bibliográfica nos principais periódicos científicos nacionais e internacionais, buscando artigos e estudos recentes sobre o evento. Além disso, foram analisados dados do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIR) para interpretar os resultados à luz das evidências empíricas disponíveis publicamente. Paralelamente, fontes jornalísticas e reportagens foram consultadas para compreender as decisões políticas tomadas ao longo do desastre, ainda que com menor profundidade do que a análise hidrológica. Essa abordagem permitiu contextualizar as ações dos pesquisadores, evidenciando como suas atividades estavam diretamente vinculadas à evolução dos processos hidrológicos no estado.

Com essa base estabelecida, a segunda etapa consistiu na articulação e harmonização dos relatos de sete grupos de pesquisa que atuaram em paralelo durante o desastre, totalizando dezoito pesquisadores principais, que são os co-autores do relato. Para garantir a coerência na sistematização das informações, cada grupo respondeu a um conjunto padronizado de cinco perguntas: (1) *Qual foi o objetivo da atividade? Explique por que foi necessário desenvolver essa atividade no contexto do desastre.* (2) *Quando foi desenvolvida a atividade? Indique quando as atividades foram necessárias na cronologia dos fatos.* (3) *Como foram feitas as ações? Forneça detalhes sobre os métodos técnicos ou operacionais, as ferramentas de comunicação usadas, etc.* (4) *O que foi obtido como resultado? Dê detalhes sobre os resultados obtidos, incluindo especificações técnicas e as vantagens e limitações do resultado.* (5) *Qual foi a relevância para a sociedade? Demonstre qual era a cadeia de decisões que o resultado estava impactando no contexto do desastre.*

As respostas foram coletadas, analisadas e comparadas de forma a identificar padrões comuns e particularidades específicas de cada atuação. Esse processo permitiu estruturar um relato unificado, destacando a relação entre as diferentes abordagens adotadas pelos pesquisadores e o contexto hidrológico e político no qual estavam inseridas.

3 Resultados: a cronologia do desastre no Rio Grande do Sul

Para estabelecer uma cronologia, é necessário definir um ponto de partida, mas isso pode levar a uma regressão infinita. Se as mudanças climáticas intensificam o ciclo hidrológico, poderiam ser vistas como a causa final do desastre, mas sua origem remonta à Revolução Industrial e ao uso de combustíveis fósseis. O mesmo raciocínio se aplica à vulnerabilidade no Rio Grande do Sul: a ocupação das margens dos rios tem raízes na colonização europeia, enquanto a fragilidade institucional reflete décadas de investimentos insuficientes em gestão de desastres. Entre 2012 e 2023, o Governo Federal deixou de aplicar mais de um terço dos recursos destinados ao Programa de Gestão de Riscos e Desastres (Accioly, 2024; Nobre et al., 2024), enquanto órgãos estaduais e municipais foram reduzidos ou extintos, como a Metroplan e o DEP. A ausência de agências de bacia hidrográfica agrava a incapacidade de promover segurança hídrica, problema já acentuado pela extinção do DNOS em 1990. No longo prazo, a concepção de um

Estado liberal e austero, dominante no Rio Grande do Sul desde o início do século XX, consolidou um modelo de governança avesso a instituições estatais técnicas, seguindo a tradição de Assis Brasil, que se opunha a figuras como Júlio de Castilhos, Getúlio Vargas e Leonel Brizola, defensores de um Estado técnico e interventor.

Cmo isso, fica claro que o desastre resulta da interação entre processos hidrológicos e políticos em múltiplas escalas, combinando um evento hidrológico extremo com a baixa capacidade estatal, que deixou instituições despreparadas para enfrentar a crise. Não buscamos estabelecer uma cronologia política, mas três episódios ilustram essa fragilidade. Em 2 de maio de 2024, a Prefeitura de Porto Alegre instalou um abrigo no galpão Pepsi On Stage, uma área de alto risco de inundação, ignorando mapas de risco, como o divulgado por nós em novembro de 2023. Apenas após a publicação de um novo mapa em 3 de maio, a imprensa pressionou pela transferência dos abrigados para locais seguros, evitando que fossem atingidos pela água (GZH, 2024b; Sul21, 2024). Em 6 de maio, a inundação do PROCERGS paralisou a infraestrutura digital estadual por 21 dias, um colapso evitável caso houvesse proteção antecipada na Usina do Gasômetro (GZH, 2024a; Rio Grande do Sul, 2024). Por outro lado, o sucesso técnico na drenagem do polder Menino Deus, viabilizado pela instalação de um gerador, refuta a tese da inevitabilidade da catástrofe, sugerindo que um planejamento adequado teria reduzido os impactos da inundação.

A fragilidade institucional, por outro lado, reflete o histórico de escassos investimentos na gestão de desastres, agravado pelas políticas recentes de austeridade em todas as esferas de governo. Por exemplo, entre 2012 e 2023, o Governo Federal deixou de investir mais de um terço dos recursos destinados ao Programa de Gestão de Riscos e Desastres da Defesa Civil, o que aumenta a vulnerabilidade de milhões de brasileiros (Accioly, 2024; Nobre et al., 2024). Outro exemplo é a sobrecarga que os funcionários do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden) enfrentam atualmente (O Globo, 2025). No âmbito do estado e municípios, órgãos técnicos responsáveis pelo planejamento urbano e pela gestão do sistema de proteção contra enchentes foram reduzidos ou até extintos, como a Fundação de Planejamento Metropolitano e Regional (Metroplan, reduzida) e o Departamento de Esgotos Pluviais de Porto Alegre (DEP, extinto). Além disso, o Rio Grande do Sul ainda não instituiu as agências de bacia hidrográficas, aprofundando a sua incapacidade de promover a segurança hídrica no longo prazo. Dando um passo atrás, a extinção do Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS) em 1990 já havia comprometido a gestão da infraestrutura regional. Indo ainda mais longe, a concepção de um governo liberal e austero no Rio Grande do Sul, hoje hegemônica, tem raízes no início do século XX, desde quando líderes políticos como Assis Brasil se opunham aos defensores de um Estado técnico e interventor, como Júlio de Castilhos, Getúlio Vargas e Leonel Brizola.

Como isso, fica claro que o desastre resulta da interação entre processos hidrológicos e políticos em múltiplas escalas, combinando um evento hidrológico extremo com a baixa capacidade estatal, que deixou instituições despreparadas para enfrentar a crise. Não buscamos estabelecer uma cronologia política, mas três episódios ilustram essa fragilidade. Em 2 de maio de 2024, a Prefeitura de Porto Alegre instalou um abrigo no galpão Pepsi On Stage, uma área de alto risco de inundação, ignorando mapas de risco, como o divulgado por nós em novembro de 2023. Apenas após a publicação de um novo mapa em 3 de maio, a imprensa pressionou pela transferência dos abrigados para locais seguros, evitando que fossem atingidos pela água (GZH, 2024a; Sul21, 2024). Em 6 de maio, a inundação do PROCERGS paralisou a infraestrutura digital estadual por 21 dias, um colapso evitável caso houvesse proteção antecipada na Usina do Gasômetro (GZH, 2024b; Rio Grande do Sul/SECOM, 2024). Por outro lado, o sucesso técnico na drenagem do polder Menino Deus, viabilizado pela instalação de um gerador, refuta a tese da

inevitabilidade da catástrofe, sugerindo que um planejamento adequado teria reduzido os impactos da inundação.

A cronologia da componente hidrológica, por sua vez, pode ser inaugurada em 26 de abril de 2024, com a formação de um bloqueio atmosférico sobre a América do Sul (Figura 1a, detalhe i). Segundo Marengo et al., 2024, uma massa anômala de ar quente sobre o sudeste do Brasil impediu a passagem de frentes frias, enquanto o jato subtropical trouxe umidade da Amazônia, sustentando as chuvas no Rio Grande do Sul. Reboita et al., 2024 complementam essa análise com dados pluviométricos e de sensoriamento remoto, detalhando a atuação de sistemas atmosféricos em múltiplas escalas. Em grande escala, uma anomalia de calor no oeste do Oceano Índico gerou uma onda de Rossby, originando um anticiclone anômalo sobre o sudeste do Brasil, que intensificou o jato subtropical e favoreceu a formação de nuvens profundas. Na mesoescala, o jato a leste dos Andes forneceu calor e umidade, interagindo com frentes frias entre 26 de abril e 5 de maio e originando sistemas convectivos com chuvas intensas e descargas elétricas.

Com o bloqueio atmosférico formado em 26 de abril, chuvas intensas persistiram no Rio Grande do Sul por dez dias, até 6 de maio, quando a frente fria se deslocou. O período mais crítico foi de 28 de abril a 2 de maio, com acumulados acima de 100 mm em quase todo o Estado, exceto no sul e oeste (Marengo et al., 2024; Reboita et al., 2024). Nesse período, metade do território registrou chuvas superiores a 300 mm, com destaque para o centro-leste, onde os acumulados atingiram 650 mm em cinco dias – quatro vezes a média histórica de maio (140–160 mm). Collischonn et al., 2024 confirmam essa distribuição com dados pluviométricos, demonstrando que o evento superou todos os registros brasileiros entre 1961 e 2022 para áreas de 2.000 a 100.000 km² e durações de 3 a 14 dias. A Figura 2a exibe a série diária da estação Pequena Central Hidrelétrica (PCH) Rastro de Auto Barramento (ANA 86743800), no epicentro das chuvas na bacia do Rio Taquari, mostrando uma escalada a partir de 29 de abril, com pico de 267 mm em 1º de maio e novos eventos na segunda semana.

As chuvas extraordinárias se concentraram na escarpa do Planalto Meridional, região de encostas íngremes, vales profundos e solos rasos altamente argilosos da Formação Serra Geral, com capacidade de armazenamento de até 200 mm (Chagas et al., 2020; Paiva et al., 2024). Dados do satélite SMAP indicam que esses solos atingiram a saturação entre 29 de abril e 1º de maio, com umidade passando de 0,4 para 0,53 em fração volumétrica e permanecendo elevada ao longo do mês, um claro sinal de saturação (Reboita et al., 2024).

Entre 29 de abril e 1º de maio, a saturação dos solos na escarpa do Planalto Meridional atingiu um limiar crítico, desencadeando enxurradas e movimentos de massa generalizados, amplamente documentados em tempo real pela população. As enxurradas se caracterizam pela rápida descida da água pelas encostas, ocorrendo tanto pela forte intensidade das chuvas quanto pela saturação do solo (Dunne, 1983). Os movimentos de massa resultam da interação entre a inclinação, o tipo de solo e seu conteúdo de água. Collischonn et al., 2025 identificaram os escorregamentos translacionais como os mais frequentes, além de falhas de talude incompletas. Mapeamentos com cenas orbitais de 6 e 7 de maio confirmam que esses processos ocorreram antes dessas datas (Andrades-Filho et al., 2024; CEMADEN, 2024; NASA, 2024). A distribuição das cicatrizes de deslizamentos coincide com o foco das chuvas intensas (Figura 1a), e Egas et al., 2025 mostram que a frequência dos deslizamentos aumentou a partir do limiar de 200 mm de chuva acumulados, indicando saturação generalizada dos solos a partir de 30 de abril.

As enxurradas nas encostas do Planalto Meridional então convergiram para os vales, causando enchentes nos rios que escoam para a Depressão Central, a Planície

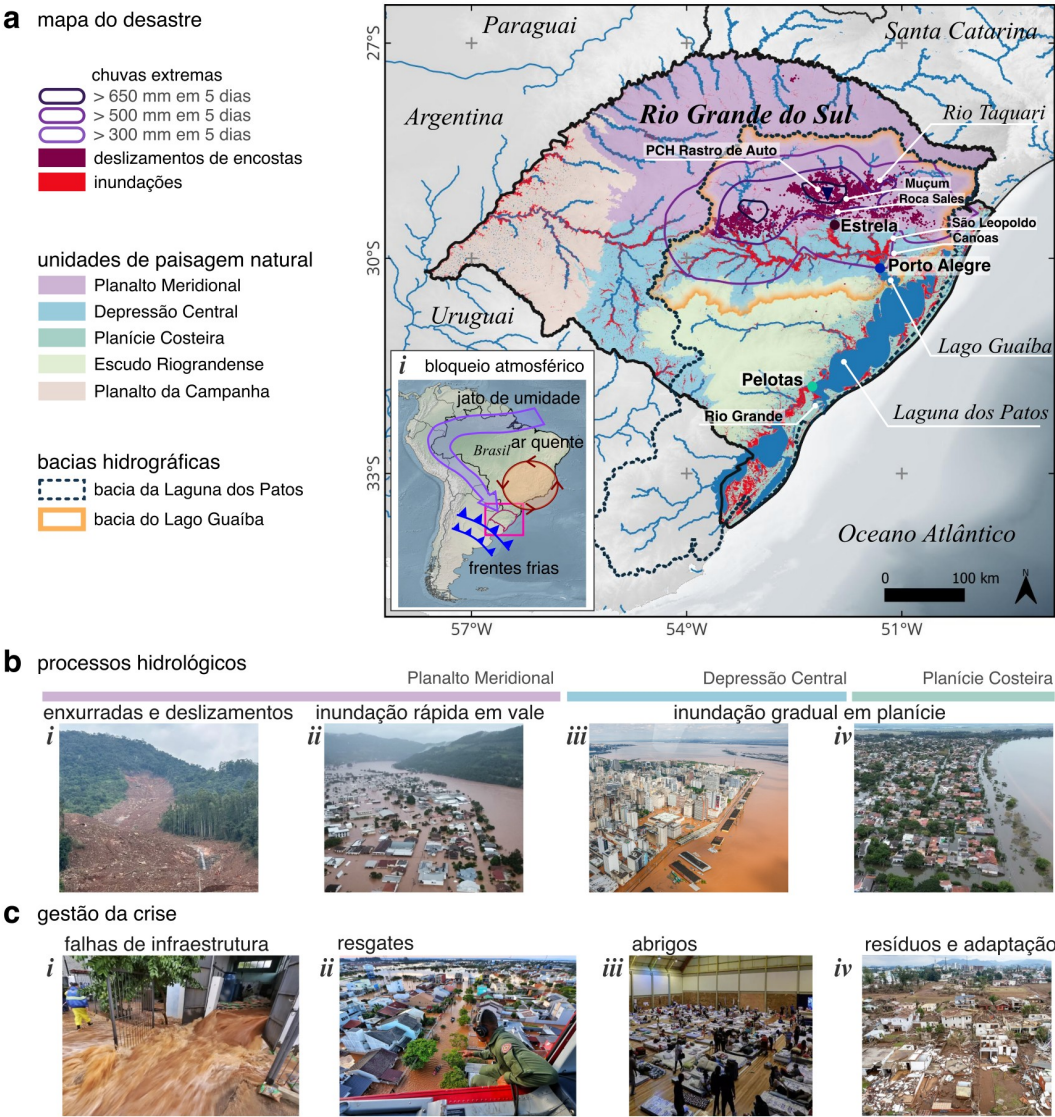


Figura 1 — Visão geral do desastre de 2024 no Rio Grande do Sul. Em **a**, extensão do desastre. Em **b**, processos hidrológicos: enxurradas e deslizamentos (*i*); inundação rápida em vale (*ii*); inundações graduais em planície (*iii* e *iv*). Em **c**, destaque para a crise desencadeada: falhas de infraestrutura (*i*); resgates (*ii*); abrigos (*iii*); resíduos e adaptação (*iv*). Fontes das fotografias: *bi* — Bombeiros/Divulgação; *bii* — Bruno Zilio / Divulgação; *biii* — Ricardo Stuckert / Presidência da República; *biv* — FlyCameraPelotas/Youtube; *ci* — Lauro Alves/Secom; *cii* — Lauro Alves/Secom; *ciii* — Prefeitura de Porto Alegre/Divulgação; *civ* — Gustavo Mansur/Palácio Piratini. Fonte dos dados: Collischonn et al. (2025).

Costeira e o Oceano Atlântico. Essa dinâmica explica o evento extremo que afetou cidades serranas, a Região Metropolitana de Porto Alegre e a orla da Laguna dos Patos. As enchentes foram ditadas pela topografia: no Planalto Meridional, vales estreitos e alta declividade produziram enchentes rápidas – como no Rio Taquari; a Planície Costeira favoreceu o escoamento lento, influenciado por fluxos diferenciais e ventos; e na Depressão Central, exemplificada pelo Lago Guaíba, as enchentes foram rápidas devido ao aporte de rios montanhosos, mas a recessão foi lenta pela conexão com o sistema lagunar. Em todos os casos, as enchentes ultrapassaram níveis a ponto de causar inundações e impactos severos na sociedade. Estudos indicam que enchentes e chuvas foram, de fato, excepcionais, superando a recorrência de 100 anos (Collischonn et al., 2025; Marengo et al., 2024).

Para ilustrar esses processos, destacamos três leituras de nível d'água: Estrela (Rio Taquari, estação nº 86879300), Terminal Catsul (Lago Guaíba, nº 87242000) e Porto de

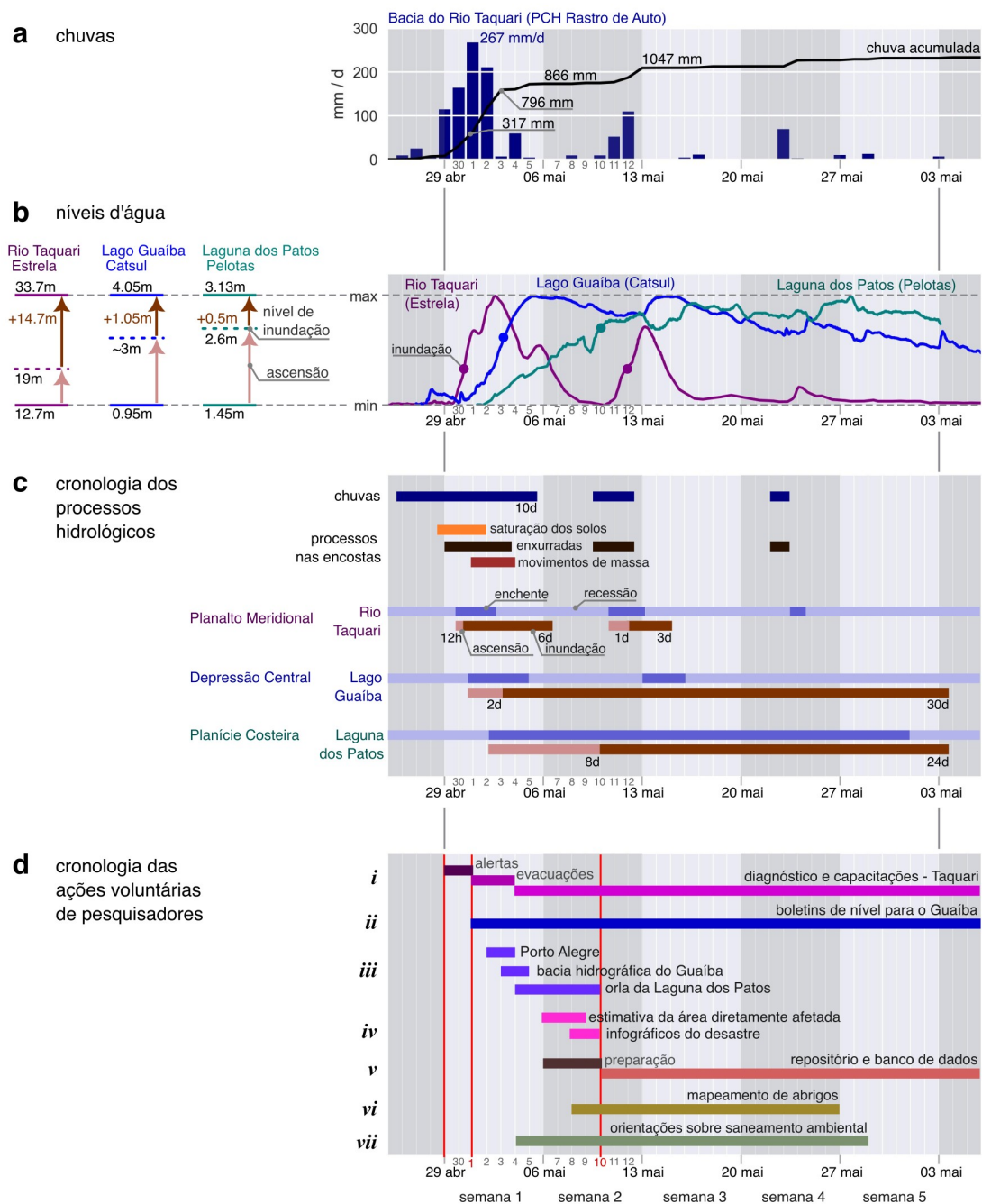


Figura 2 — A componente hidrológica do desastre e ações voluntárias Em **a**, chuvas extremas na Bacia do Rio Taquari. **b** — Sequência de inundações desde o Planalto Meridional (Estrela, Rio Taquari), pela Depressão Central (Lago Guaíba) até a Planície Costeira (Laguna dos Patos), com nível d'água normalizado para melhor visualização. **c** — Cronologia do desastre, destacando a rápida evolução das enchentes nos vales e a progressão mais lenta na Depressão Central e Planície Costeira. **d** — Ações voluntárias de pesquisadores: suporte no Vale do Taquari (i); boletins de previsão (ii); mapas de risco (iii); estimativas de impactos (iv); repositório de mapas (v); mapeamento de abrigos (vi); e orientações de saneamento (vii). Dados: Sistema Hidroweb (ANA, 2025) – estação “PCH Rastro de Auto Barramento” (86743800); réguas 86879300 (Rio Taquari), 87242000 (Lago Guaíba), 88810100 (Laguna dos Patos).

258 Pelotas (Laguna dos Patos, nº 88810100). A Figura 2b mostra os níveis normalizados, enquanto a Figura 2c apresenta um gráfico de Gantt com a evolução dos processos hidrológicos. No Rio Taquari, a enchente principal ocorreu entre 30 de abril e 3 de maio, ultrapassando a cota de inundação em 12 horas no dia 1º, atingindo 14,7 m e com recessão completa em 10 de maio. Novas chuvas provocaram outra enchente de quatro dias na segunda semana. No Lago Guaíba, o nível permaneceu elevado por 30 dias após a rápida enchente inicial (entre 1º e 5 de maio), com nova enchente de três dias e recessão

259

260

261

262

263

264

até o fim de julho. Na Laguna dos Patos, a enchente iniciou em 2 de maio, durou 25 dias e recuou até agosto. Silveira et al., 2024 apontam que o remanso no Delta do Jacuí retardou a drenagem para o Lago Guaíba, criando gradientes de até 15 cm/km, enquanto Laipelt et al., 2025 destacam a influência dos ventos na recessão.

A sucessão dos processos hidrológicos (Figura 1b) expôs a fragilidade institucional do Rio Grande do Sul, refletindo planejamento urbano inadequado, falta de manutenção das estruturas de proteção e resposta emergencial improvisada (Figura 1c). A escalada do desastre é evidenciada pelos decretos estaduais de calamidade: 46 municípios em 13 de maio, 78 em 21 de maio e 95 no fim do mês (Giaccom e Rorato, 2023). A inundação súbita nos fundos de vale deixou pouco tempo para evacuações, resultando em perdas humanas e resgates complexos. A rápida enchente e a lenta recessão agravaram a crise humanitária na Região Metropolitana. A falha das estruturas de proteção surpreendeu a população e ampliou a necessidade de abrigos e resgates (Collischonn et al., 2025). No saneamento, o abastecimento de água potável só foi progressivamente restabelecido graças ao esforço dos funcionários técnicos, que evitaram um colapso social total na região. Na Planície Costeira, a inundação gradual com dias de atraso permitiu evacuações mais organizadas, auxiliadas pela troca de informações com as regiões já atingidas.

4 Resultados: relato das ações voluntárias de pesquisadores

Esta seção marca o início de um relato sobre a resposta à crise, focando inicialmente nas ações voluntárias que nós, autores e pesquisadores, realizamos. Embora ainda não exista um levantamento completo sobre o que foi feito pelo lado institucional, buscamos aqui documentar nossa experiência e contribuição, preservando a memória dessas iniciativas, algo que se torna importante em um contexto de eventuais outros eventos. Algumas dessas ações envolveram contato direto com tomadores de decisão, enquanto outras ocorreram de maneira aut noma, com a divulgação sendo feita por canais indiretos ou mediada por mensagens, mas sem uma articulação formal estruturada. As iniciativas descritas estão organizadas na Figura 2d, por meio de um gráfico de Gantt que complementa a cronologia dos processos hidrológicos. A Tabela 1 apresenta uma lista das aplicações desenvolvidas citadas nos relatos.

4.1 Suporte técnico e ciência cidadã na bacia do Rio Taquari

O suporte técnico na bacia do Rio Taquari foi estruturado em três fases: antes do evento (alertas), durante (evacuações e resgates) e após a enchente (diagnóstico e capacitações). As ações incluíram previsões hidrológicas, comunicação sobre níveis de inundação, apoio técnico   Defesa Civil, restabelecimento do monitoramento após o colapso de estações automáticas e articulação entre governo, Ministério Público, instituições de pesquisa e técnicos voluntários para reconhecimento de áreas de risco e ciência cidadã. O objetivo central foi assegurar uma comunicação clara com a população, mitigar desinformações e recuperar a capacidade de monitoramento hidrológico.

Os alertas começaram em 29 de abril com o monitoramento das chuvas e projeções iniciais dos níveis de inundação. Em 1  de maio, foram intensificados devido à rápida elevação do rio, levando à recomendação de evacuação de áreas vulneráveis antes da noite, quando falhas de energia e comunicação se agravaram.

Tabela 1: Relação de aplicações digitais citadas nos relatos. Outras iniciativas de demais colegas são listadas no Repositório de Mapas.

Iniciativa	Autoria	Aplicação	Abrangência	Link
Repositório de Mapas	Geral	ArcGIS Story Map	Rio Grande do Sul	https://storymaps.arcgis.com/stories/a81d69f4bccf42989609e3fe64d8ef48
Inundação e Abrigos em Porto Alegre	IPH-UFRGS; FAU-UFRGS	Google My Maps	Região Metropolitana de Porto Alegre	https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1F2r9aE2ikmUPdplswccL57m57fWlQ&ll
Cheias na Região Metropolitana de Porto Alegre	HGE (IPH-UFRGS)	Google My Maps	Região Metropolitana de Porto Alegre	https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1jioyl2lr5xZOG3fV8i9OZV2t-5Jfa18&ll
Fontes de água e sistema de proteção	NESA (IPH-UFRGS)	Google My Maps	Região Metropolitana de Porto Alegre	https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1XCT-eGo39ygiVILHE6EjxZHY45E2TqA&ll
Áreas propensas a movimentos de massa	GPDEN (IPH-UFRGS)	Google My Maps	Vale do Rio Taquari	https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1VKA9oe_jDTmeUCetNHGx2rDmDBYAnTI
Imagens de satélite	HGE (IPH-UFRGS)	Google Earth Engine Apps	Região Hidrográfica do Lago Guaíba	https://ee-leolaipelt.projects.earthengine.app/view/enchentes2024imagens
Simulação da inundação (HEC-RAS)	HGE (IPH-UFRGS)	Google My Maps	Região Hidrográfica do Lago Guaíba	https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1ZziSX_tPoDATywh1GptSdw5FDO9FVuU&ll
Modelo de criticidade - Rio Grande	LABModel (IGEO-UFRGS)	Google My Maps	Zona Sul e Planície Costeira	https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1ygr-fX5zL8vg56c9a9n8r2cyM01GL4&ll
Sistema de fases - Rio Grande	LABModel (IGEO-UFRGS)	R Shiny	Zona Sul e Planície Costeira	http://inundacaorg.riogrande.ifrs.edu.br/
Mapa cidadão - inundações e deslizamentos	GPDEN (IPH-UFRGS)	Google My Maps	Rio Grande do Sul	https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1jWiyVwY3JPYQUVaBSRbCjp_QQlRxaIQ&ll
Boletins de previsão de nível	HGE (IPH-UFRGS)	Diversos	Porto Alegre	https://storymaps.arcgis.com/stories/a81d69f4bccf42989609e3fe64d8ef48#n-d90jUU
Banco de dados das cheias na Região Hidrográfica do Lago Guaíba em Maio de 2024	Geral	Zenodo	Região Hidrográfica do Lago Guaíba	https://doi.org/10.5281/zenodo.11164049
Base de dados da inundação na Região da Lagoa dos Patos em Maio de 2024	LABModel (IGEO-UFRGS)	Open Science Framework	Zona Sul e Planície Costeira	https://osf.io/9wr5c/

A fase crítica de resgates e evacuações teve início na madrugada de 2 de maio, quando o Rio Taquari atingiu níveis inéditos, destruindo áreas extensas. A queda de energia, internet e sistemas de monitoramento dificultou o resgate. Equipes voluntárias repassaram pedidos de socorro via WhatsApp ao Corpo de Bombeiros, enquanto a Univas utilizou uma rádio local para atualizar previsões. Registros históricos de enchentes em Lajeado foram essenciais para aferições manuais do nível do rio, realizadas a cada 30 minutos e transmitidas via rádio para municípios a jusante. A estratégia combinou hidrologia, comunicação e geotecnologias, incluindo modelos matemáticos alimentados por estações em tempo real. Um canal emergencial via WhatsApp permitiu sobrepor mais de 200 localizações enviadas no Google Earth Pro a camadas de risco, orientando famílias sobre medidas de contingência. Grupos no WhatsApp viabilizaram a articulação entre Defesa Civil, Ministério Público e universidades para decisões ágeis e coordenadas.

No pós-cheia, voluntários participaram de capacitações e expandiram um projeto de ciência cidadã iniciado em 2023, registrando níveis de cheia e cicatrizes de movimentos de massa, resultando em um mapa cidadão (Figura 3). Foram mapeados 634 pontos, principalmente de inundação e deslizamentos, em regiões como a dos Vales do Taquari e Rio Pardo, região Metropolitana e de Porto Alegre e Centro do Rio Grande do Sul. O mapa já tem mais de 23 mil visualizações, tendo recebido, inclusive, destaque na imprensa internacional especializada em cobertura de clima. A equipe também atuou junto à Defesa Civil de Lajeado e ao Serviço Geológico do Brasil (SGB), realizando medições das cotas máximas de inundação em Lajeado, Estrela e Cruzeiro do Sul. Após a recessão, os pontos foram levantados com GPS-RTK para gerar dados públicos sobre as inundações de maio de 2024.

As ações de suporte técnico tiveram impactos sociais expressivos, orientando decisões cruciais antes, durante e após o desastre. Os alertas embasaram evacuações obrigatórias para áreas de risco. O sistema de georreferenciamento emergencial otimizou o resgate, priorizando áreas mais vulneráveis. No pós-desastre, os mapas gerados oferecem subsídios para a revisão de planos diretores e estratégias de gestão de risco. Apesar

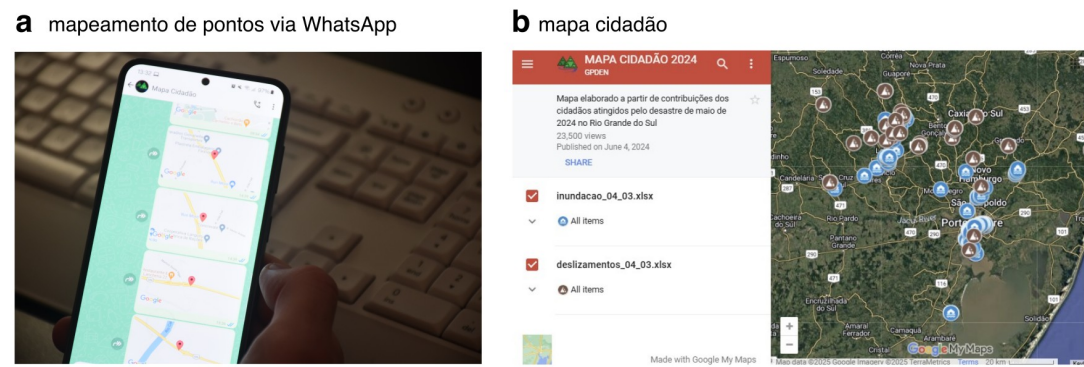


Figura 3 — Mapeamento participativo da extensão da inundação e movimentos de massa. Conduzido no Vale do Rio Taquari e demais regiões. **a** — Envio de pontos geolocalizados por WhatsApp. **b** — Aplicação Google My Maps com resultados obtidos.

dos desafios, como a dependência de energia para transmissão de dados durante a crise, o engajamento em ciência cidadã resultou em um banco de dados robusto sobre os níveis das enchentes e cicatrizes de deslizamento, atualmente analisado por pesquisadores do Grupo de Pesquisas em Desastres Naturais (GPDEN – IPH/UFRGS) e Univates.

4.2 Previsão de nível no Guaíba

Diante das chuvas extremas já reportadas, a equipe do grupo Hidrologia de Grande Escala - HGE (IPH-UFRGS) iniciou, em 1º de maio de 2024, a previsão dos níveis do Lago Guaíba (também denominado Rio Guaíba), visando acompanhar a enchente e avaliar a ultrapassagem do nível de extravasamento de 6 metros do sistema de proteção contra enchentes de Porto Alegre. A iniciativa se baseou na experiência adquirida nas enchentes de setembro e novembro de 2023, quando esse sistema começou a ser implementado no âmbito de pesquisa. Nesse ponto, com a iminente chegada de grandes vazões na região mais populosa do Rio Grande do Sul, tornou-se essencial prever a duração da enchente e seus possíveis impactos.

A primeira previsão, feita na noite de 1º de maio, indicou que o nível do Guaíba poderia superar 5 metros. Essa informação foi compartilhada via WhatsApp entre contatos técnicos, incluindo a Sala de Situação do Governo do Estado. Diante da previsão excepcional, que superava o recorde da cheia de 1941 (4,75 metros), a equipe passou a emitir boletins diários a partir de 2 de maio, incluindo comunicadores e jornalistas para ampliar o alcance. Assim, os boletins foram disseminados por redes sociais, imprensa e posteriormente incorporados ao site do IPH-UFRGS e ao Repositório de Mapas. A emissão de boletins, ilustrada na Figura 4, seguiu até 11 de julho, já no final da recessão do evento.

As previsões de nível foram elaboradas com base em modelos hidrológicos e hidrodinâmicos, aliados a dados pluviométricos, fluviométricos, imagens de satélite e radar. O processo incluía a avaliação das previsões anteriores e das condições meteorológicas mais recentes, processadas nos modelos MGB (vazões de entrada) e HEC-RAS (níveis do Guaíba). Os boletins descreviam o comportamento recente do Guaíba, os níveis e chuvas na bacia, previsões meteorológicas e de níveis, além de recomendações gerais. A interpretação técnica da equipe foi fundamental para lidar com incertezas dos modelos e falhas nas observações.

Cada boletim apresentava os níveis observados até o dia anterior e quatro cenários distintos para os 10 dias seguintes. O primeiro cenário assumia estabilidade sem chuvas

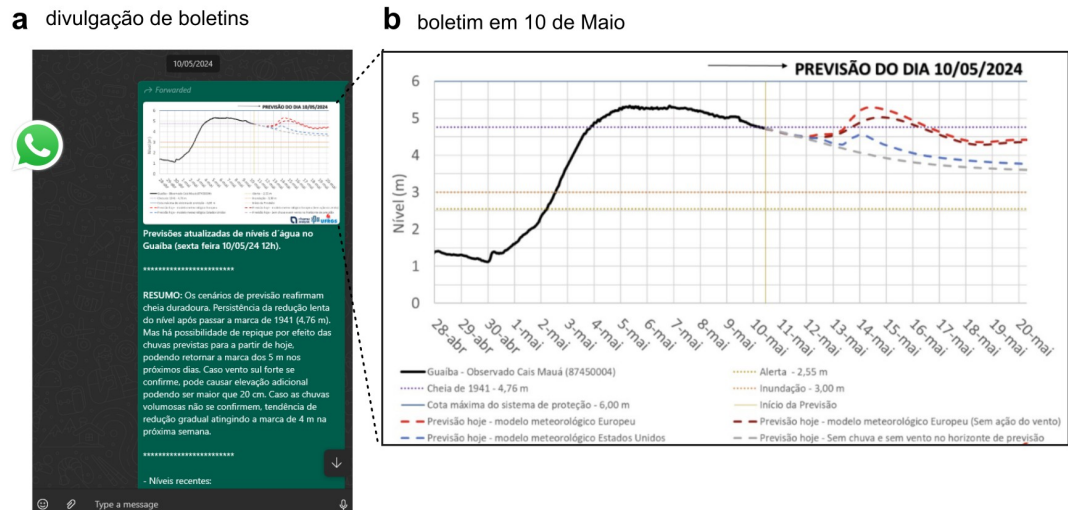


Figura 4 — Exemplo de previsões e comunicação das previsões realizadas pela equipe do IPH-UFRGS para os níveis do Guaíba durante a cheia de 2024: a — divulgação por WhatsApp da previsão para o dia 10/05, e o detalhe b — mostra um zoom para a previsão, onde o é mostrada a previsão do segundo pico da cheia com antecedência.

ou ventos adicionais, enquanto os demais combinavam previsões dos modelos ECMWF e GFS. Além dos valores numéricos nos gráficos, a contextualização dos resultados com a descrição mais detalhada foi essencial para sua compreensão por gestores e população.

As previsões tiveram impacto direto no dimensionamento do que estava por vir em Porto Alegre, antecipando em três dias que o Guaíba superaria 5 metros, mas que não atingiria 6 metros. O segundo pico da cheia foi previsto com oito dias de antecedência, melhorando a preparação no enfrentamento da crise. Pequenas variações nos níveis foram monitoradas para evitar alarmes desnecessários. A estimativa indicou recuo abaixo da cota de inundação entre o final de maio e início de junho, auxiliando nas expectativas sobre a duração da calamidade pública que se instalou.

A experiência da equipe envolvida corroborou que previsões hidrológicas não podem depender apenas de modelos e dados observacionais – é preciso inteligência humana para supervisionar e divulgar os resultados. As incertezas dos modelos, as falhas nas medições e a complexidade das decisões na situação emergencial exigiram interpretação especializada e debates constantes para validar os resultados antes da emissão de cada boletim. O caso deixou evidente que, em situações como essa, investir em um corpo de especialistas expressivo e qualificado na área de modelagem, capaz de debater e interpretar criticamente o funcionamento dos modelos, é tão essencial quanto o aprimoramento das tecnologias de alerta e previsão para a proteção de vidas e patrimônio.

4.3 Mapas de risco hidrológico

A partir de 2 de maio, equipes passaram a elaborar mapas de risco hidrológico, complementando previsões de nível com a espacialização da inundação (Figura 5). Em Porto Alegre e na bacia do Guaíba, as iniciativas foram independentes, enquanto na planície costeira, especialmente em Rio Grande, o desenvolvimento ocorreu em cooperação direta com os gestores municipais, garantindo alinhamento às ações de defesa civil.

Em Porto Alegre, o mapeamento visava antecipar impactos em caso de falha do sistema de proteção contra enchentes. Boletins indicavam a superação da cota histórica do Guaíba, levando à simulação de cenários hidrostáticos de até 7,00 m. Divulgado

amplamente a partir de 3 de maio, o mapa, elaborado em QGIS e disponibilizado no Google My Maps, tornou-se uma ferramenta essencial de consulta pública, atingindo 14 milhões de visualizações até o final de 2024. Sua atualização incorporou dados observados, camadas sobre Estações de Bombeamento de Águas Pluviais (EBAPs) e Estações de Tratamento de Água e Esgoto (ETAs), além de informações sobre abrigos e doações. O acesso facilitado permitiu que a população e gestores tomassem decisões estratégicas, evitando erros, como a instalação de abrigos em áreas de risco.

Na bacia do Guaíba, a análise expandiu a previsão para municípios da Região Metropolitana, contribuindo para o planejamento de deslocamentos e definição de zonas seguras. Produzido em 3 de maio e divulgado em 4 de maio, o mapa utilizou o modelo HEC-RAS para simular a progressão da enchente com base na elevação projetada do Guaíba. A segmentação das camadas vetoriais garantiu melhor detalhamento na plataforma Google My Maps. No entanto, a divulgação de uma poligonal de alerta pela Defesa Civil do RS, sem correspondência com a área efetivamente inundável, causou confusão na população. Apesar disso, o mapa preditivo antecipou corretamente impactos em Canoas e São Leopoldo, demonstrando sua utilidade no planejamento emergencial.

Diferente das abordagens anteriores, em Rio Grande, a modelagem integrou um Sistema de Fases de Ações Preventivas e Emergenciais, estruturado junto à gestão municipal. Iniciado em 4 de maio e formalizado no dia 6, o sistema utilizou topografia e dados em tempo real para aprimorar a resposta à enchente. Além da disponibilização via Google My Maps, foi desenvolvida uma aplicação SIG Web em R Shiny, hospedada no Instituto Federal de Rio Grande, permitindo maior detalhamento e funcionalidades interativas. O mapeamento foi baseado em um modelo digital de terreno (MDT) de 1 metro de resolução, processado a partir de dados LIDAR da Prefeitura, com integração em tempo real do sensor TideSat, que fornecia leituras dinâmicas do nível da água. O SIG Web também incorporou um formulário participativo, permitindo o envio de registros georreferenciados pela população. A plataforma consolidou múltiplas fontes de dados, incluindo respostas do mapeamento participativo e setores censitários do IBGE 2022, garantindo uma gestão municipal mais eficaz.

4.4 Análises pioneiras sobre o impacto da inundação

A partir de 6 de maio, iniciou-se uma fase de diagnóstico do desastre. Assim, uma equipe de pesquisadores realizou o mapeamento da mancha de inundação na bacia do Lago Guaíba e criou os primeiros infográficos públicos sobre o desastre (Figura 6 6), sintetizando seus impactos de forma didática e acessível ao público geral, o que é importante para ampliar a capilarização da compreensão das dimensões do fenômeno vivido no Rio Grande do Sul. A análise focou nessa bacia, que concentrava os efeitos mais severos naquele momento, enquanto outras regiões do estado, como a orla da Laguna dos Patos e a bacia do Rio Uruguai, ainda não haviam sido atingidas com a mesma intensidade.

As primeiras imagens de satélite foram obtidas pelo Sentinel-2 em 6 e 8 de maio de 2024, quando as condições meteorológicas permitiram a observação da área diretamente afetada. As imagens foram processadas no Google Earth Engine para gerar máscaras de inundação e lama. Foram aplicados o Índice Normalizado de Diferença de Água (NDWI) para detectar áreas ainda inundadas e o Índice de Solo Exposto (BSI) para identificar a lama das áreas que já haviam sido drenadas. Foi então feito um refinamento manual para corrigir inconsistências, especialmente em áreas urbanizadas, utilizando imagens em cor natural via Earth Engine Apps. Essa delimitação inicial foi posteriormente aprimorada por outra equipe com imagens de alta resolução dos satélites Planet



Figura 5 — Mapas de risco de inundação desenvolvidos na véspera da enchente e divulgados preventivamente. a — mapas de risco para Porto Alegre e para a bacia hidrográfica do Guaíba, e; **b —** SIG Web Rio Grande, destacando o sistema de fases: simulador de nível e integração com medições em tempo real.

(cenas de 7 e 9 de maio), Skysat e WorldView, além de dados de campo e interpolação de cotas de inundação, melhorando a representação da área afetada.

Nos dias 9 e 10 de maio, a equipe envolvida produziu infográficos destacando a extensão da inundação, a população afetada e os domicílios atingidos. Isso foi possível pelo cruzamento da mancha com dados do Censo Demográfico de 2022 (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE) e pelo Cadastro Nacional de Endereços (CNEFE). A amostragem por município então facilitou a produção de gráficos de barras, ordenando os municípios mais afetados tanto em termos absolutos quanto relativos.

A ampla divulgação dos infográficos e mapas a partir do dia 10 de maio possibilitou que informações sobre o desastre estivessem acessíveis para gestores, pesquisadores e a sociedade. A publicação pioneira dessas informações consolidou uma referência para análises subsequentes e contribuiu para o entendimento inequívoco da extensão extraordinária do evento.

4.5 Repositório de mapas e banco de dados

Talvez o ápice de todas as ações tenha sido a criação do Repositório de Mapas¹, que foi criado para centralizar e organizar as diversas iniciativas desenvolvidas em paralelo durante o desastre, facilitando o acesso a informações espaciais produzidas por diferen-

¹Disponível em: <https://storymaps.arcgis.com/stories/a81d69f4bccf42989609e3fe64d8ef48>



Figura 6 — Análises pioneiras sobre o impacto da inundação. **a** — Estimativa da área diretamente afetada em 6 de maio de 2024: mapa da inundação (*i*) e cruzamento com a base de endereços (*ii*). **b** — Infográficos com estimativa de impactos, divulgados em 10 de maio com o Repositório de Mapas.

tes pesquisadores. Desde os primeiros dias da crise, mapas interativos, notas técnicas e análises complementares foram disponibilizados para Porto Alegre, a bacia do Lago Guaíba e a Orla da Laguna dos Patos. Inicialmente estruturada para uso interno, a lista desses produtos foi organizada em uma plataforma pública para ampliar seu alcance de forma sistemática. Para isso, foi utilizada a plataforma ArcGIS Story Maps, acessível por meio da licença institucional da UFRGS.

O website começou a ser produzido em 6 de maio de 2024, paralelamente às primeiras análises da inundação. Inicialmente, consistia em uma compilação interna de links para mapas e materiais técnicos. Com o crescimento das iniciativas de mapeamento, a necessidade de um portal consolidado levou à publicação oficial do website em 10 de maio, acompanhada de uma entrevista à imprensa da UFRGS. A plataforma reuniu contribuições voluntárias e institucionais, consolidando-se como um espaço único para consulta de informações espaciais sobre o desastre durante a crise, linkada na página inicial da Universidade (Figura 7a).

A estrutura do site foi organizada em seções específicas (Figura 7b). A primeira destacava os infográficos pioneiros e as análises iniciais da inundação. Em seguida, uma seção reunia mapas interativos organizados por região, incluindo um SIG Web simplificado com camadas relevantes para análise técnica. O site também armazenou previsões do nível do Guaíba até 20 de maio e disponibilizou links diretos para os bancos de dados públicos no Zenodo (focado na bacia do Lago Guaíba) e no Open Science Framework (voltado para a Orla da Laguna dos Patos). O banco de dados Zenodo, com os dados mais relevantes do desastre, resultou em mais de 18 mil downloads nos meses seguintes.

Apesar da rápida implementação, algumas limitações operacionais foram identificadas. Inicialmente, apenas um pesquisador possuía acesso administrativo ao website, dificultando a atualização frequente. Para contornar essa restrição, a senha foi temporariamente compartilhada entre a equipe até a configuração de múltiplos editores. Além disso, a inclusão de novos mapas e autores exigiu ajustes constantes na manutenção da plataforma.

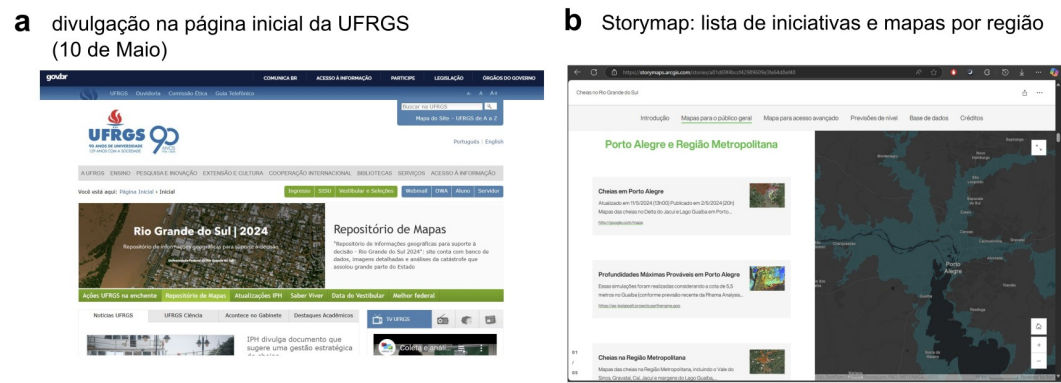


Figura 7 — Repositório de Mapas criado com a aplicação ArcGIS Story Map. a — Divulgação do portal. b — Principais itens do website: introdução e estimativa de impactos (i); lista de iniciativas e mapas por região (ii).

4.6 Mapeamento e monitoramento de abrigos

O GT Abrigos foi criado para organizar e geolocalizar informações sobre os locais de atendimento emergencial estruturados durante o desastre de 2024. Composto por cerca de 30 pesquisadores voluntários de instituições como o World Resources Institute (WRI) Brasil, o Laboratório Tecnopolítico Mãos Arquitetura Terra Território e o PROPUR/UFRGS, o grupo manteve um monitoramento contínuo da rede de acolhimento, suprimindo a falta de uma base de dados unificada. Diante da diversidade de iniciativas emergenciais e da rápida mudança nas demandas, tornou-se essencial sistematizar informações sobre endereços, capacidade, necessidade de voluntários e itens prioritários para otimizar a distribuição de recursos e suporte à população desabrigada.

As atividades começaram no início de maio de 2024 com um pequeno grupo de pesquisadores e se expandiram com a criação de um grupo no WhatsApp em 8 de maio. A partir do dia 9, parte da equipe passou a atuar presencialmente no Parque Científico e Tecnológico da PUCRS (TECNO-PUC), onde outros grupos, como Ajuda/RS e SOS/RS (posteriormente Bonanza), também organizavam dados sobre as enchentes. O processo iniciou com foco em Porto Alegre, expandindo-se para a Região Metropolitana e, posteriormente, para cidades do interior com grande concentração de desabrigados, como Pelotas e Caxias do Sul. Ao longo do mês, o GT divulgou 10 atualizações de mapas interativos no Google My Maps, consolidando a única base pública e estruturada de abrigos durante a crise (Figura 8). O esforço avançou até 27 de maio, quando a estrutura de atualização contínua foi finalizada. Inicialmente, as atividades eram remotas, mas reuniões presenciais tornaram-se essenciais para integrar esforços com outras iniciativas.

A estruturação das informações envolveu compilação de fontes diversas, geolocalização manual dos abrigos, atualização contínua das necessidades e categorização dos atendimentos. Foram identificadas as instituições responsáveis por cada abrigo, cruzados dados disponíveis na internet e sistematizadas informações no Repositório de Mapas. Um dos desafios foi a inconsistência das bases existentes, com nomes duplicados, endereços incompletos e divergências. Para solucionar isso, adotou-se um código de identificação único baseado em coordenadas geográficas, garantindo maior precisão. Além disso, os abrigos foram categorizados em abrigos para pessoas, abrigos para animais, centros de doações, cozinhas solidárias e espaços multifuncionais.

A base consolidada pelo GT resultou em um banco de dados com 1.110 registros iniciais, dos quais 920 foram validados para publicação externa. A equipe atualizou periodicamente um mapa interativo no Google My Maps e produziu relatórios sobre a distribuição dos abrigos, organizando as informações por variáveis como tipo de atendi-

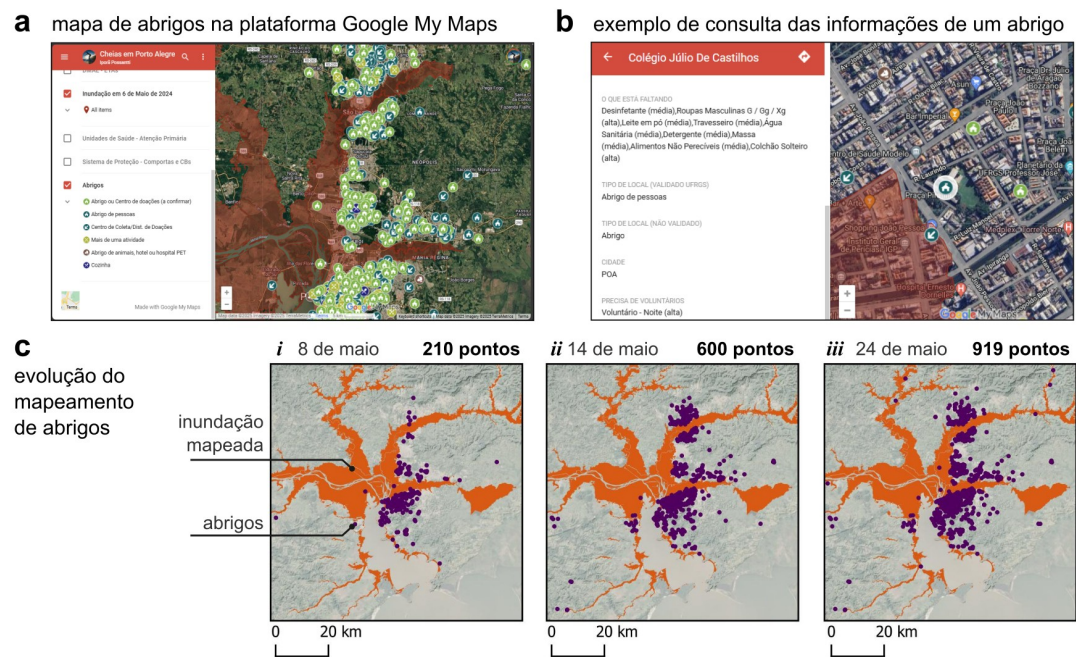


Figura 8 — Mapeamento e monitoramento de abrigos e pontos de coleta de doações durante a crise. **a** — Mapa interativo na plataforma Google My Maps. **b** — Exemplo da consulta de informações sobre um ponto mapeado, incluindo a lista de itens em falta no abrigo e a necessidade de voluntários. **c** — Evolução do mapeamento ao longo do mês de maio, totalizando 919 pontos mapeados, abrangendo outras cidades do Estado.

526 mento, capacidade, necessidade de voluntários e itens disponíveis ou em falta. A mo-
527 vimentação dinâmica dos abrigos — com criação, desativação ou mudança de função —
528 exigiu monitoramento contínuo e contato direto com administradores e voluntários para
529 manter a precisão dos dados.

530 O impacto da base de dados foi amplo, auxiliando a alocação de recursos e a
531 resposta ao desastre. Os dados foram integrados a plataformas como Vivo e Waze, faci-
532 litando a distribuição de donativos. O mapa interativo obteve milhões de visualizações,
533 tornando-se uma referência para voluntários, organizações sociais e gestores públicos.
534 Além disso, a base foi incorporada por iniciativas como Ajuda/RS e SOS/RS, reduzindo
535 duplicações e aprimorando a gestão dos abrigos. Apesar das tentativas de colaboração
536 com a Prefeitura de Porto Alegre, a administração municipal não integrou os dados ao
537 seu sistema. Assim como, propostas semelhantes do governo estadual e da Defesa Civil
538 para criar um mapa de amplo acesso no período de maior necessidade não avançaram.

539 O trabalho do GT Abrigos demonstrou a importância da organização de dados
540 em cenários de desastre, permitindo um gerenciamento mais eficiente dos espaços de
541 acolhimento. A consolidação das informações em um banco estruturado e a publicação
542 regular de mapas interativos aumentaram a transparência do processo e fortaleceram a
543 resposta humanitária, garantindo que recursos chegassem a quem mais precisava.

544 **4.7 Informações de utilidade pública no saneamento**

545 A disseminação de informações técnicas sobre higiene e saneamento foi um ponto im-
546 portante durante o desastre de 2024. As ações foram conduzidas pelo Núcleo de Estudos
547 em Saneamento Ambiental - NESA (IPH-UFRGS), envolvendo professores, técnicos e
548 estudantes. Inicialmente voltados às ações emergenciais, os materiais garantiram medi-
549 das seguras na resposta à crise. Com o agravamento da situação, o escopo foi ampliado
550 para a recuperação. A vulnerabilidade da infraestrutura hídrica e sanitária já havia sido

evidenciada em 2023, após eventos extremos comprometerem o abastecimento de água e o tratamento de esgoto no RS. A enchente de maio de 2024 e a iminente falha do sistema de proteção contra enchentes evidenciaram o risco da interrupção do fornecimento de água e sobrecarga dos sistemas de drenagem e resíduos. Assim, a produção e divulgação de informações sobre abastecimento, manejo de resíduos e higiene tornaram-se essenciais para mitigar impactos e orientar a população e gestores.

As atividades começaram em 2023 com a publicação da "Nota Técnica Sobre Saneamento em Situações de Desastres Hidrológicos – Inundações". Com a previsão de que o Guaíba ultrapassaria registros históricos nos episódios de 2024, o grupo antecipou medidas emergenciais para manter as Estações de Tratamento de Água (ETAs) de Porto Alegre. Entre 4 e 6 de maio, foi estruturada a "Nota do IPH-UFRGS à Comunidade", lançada em 7 de maio, com propostas para evitar a paralisação das ETAs e alertas sobre os riscos da escassez hídrica. Paralelamente, o Instagram do NESA iniciou uma campanha com orientações sobre economia de água, esgotamento sanitário emergencial e prevenção de doenças (Figura 9b). Entre 9 e 11 de maio, foram divulgadas diretrizes sobre manejo de resíduos e higienização de ambientes. No dia 13 de maio, foi consolidado e publicado o material "Estratégias e cuidados durante e após as enchentes", voltado à população e abrigos emergenciais. Durante o mês, novos conteúdos abordaram segurança alimentar e uso adequado de EPIs para limpeza.

Além disso, a partir de 6 de maio, com o colapso dos sistemas de abastecimento, foi implementado um mapa na plataforma Google My Maps para identificar fontes alternativas de água potável na Região Metropolitana de Porto Alegre (Figura 9a). O mapa classificou as fontes por segurança para consumo (azul: potável; vermelho: requer tratamento) e também incluiu informações sobre o funcionamento das casas de bombas (EBAP), o status dos sistemas de proteção (muros, diques e comportas) e a operação das ETAs.

A equipe produziu e divulgou materiais informativos baseados na Nota Técnica e em referências nacionais e internacionais, como documentos da Fundação Nacional de Saúde - Funasa, World Health Organization (WHO), Centers for Disease Control and Prevention (CDC) e Environmental Protection Agency (EPA). Durante a enchente, os conteúdos foram amplamente disseminados via redes sociais do NESA, site do IPH-UFRGS e veículos de mídia locais e nacionais. A colaboração com a Secretaria de Meio Ambiente e Infraestrutura do RS, Corpo de Bombeiros e o programa VIGIDESASTRES garantiu que as informações alcançassem gestores, equipes de resgate e população.

A principal conquista foi consolidar informações sobre saneamento em desastres, um tema pouco abordado no Brasil. O material serviu como referência para gestores, técnicos e população afetada. Em maio, as visualizações das redes sociais do NESA cresceram 5.022% em relação ao mês anterior, atingindo 28 mil contas e aumentando os seguidores em 26,3%. Além da disseminação online, docentes participaram de entrevistas em rádios, jornais e TV, ampliando o alcance das informações. O material foi utilizado por hospitais, escolas, órgãos governamentais e organizações humanitárias, auxiliando na formulação de estratégias para minimizar a crise sanitária.

5 Considerações finais

Com o relato apresentando, fica claro que nossas ações voluntárias foram fundamentais na comunicação de riscos durante o desastre de 2024 no Rio Grande do Sul, suprimindo lacunas técnicas e evidenciando a carência de governança para eventos dessa magni-

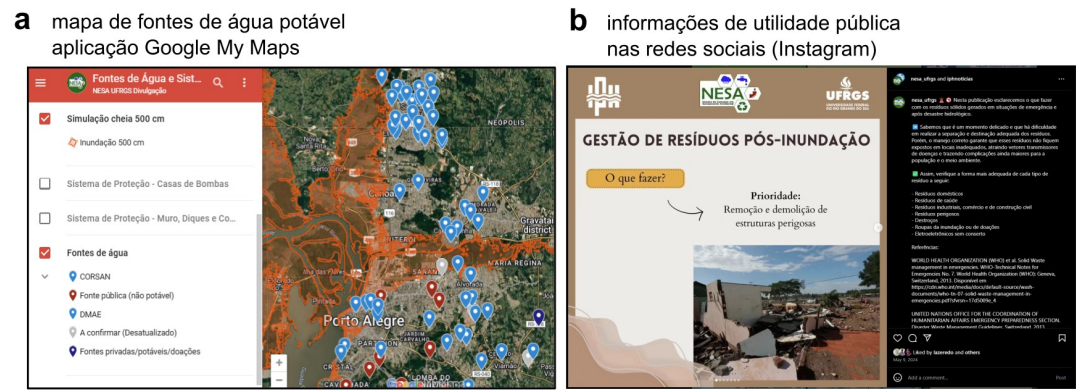


Figura 9 — Mapa interativo de fontes de água potável e informações sobre saneamento ambiental. a — Mapa interativo no Google My Maps com localização de fontes de água potável. **b —** Postagens em redes sociais com informações sobre saneamento ambiental, incluindo medições da qualidade da água e orientações sobre gestão de resíduos pós-inundação.

597 tude. Além de relatar essas iniciativas, este artigo buscou contribuir para a memória
598 coletiva do maior desastre climático do Brasil, um esforço essencial diante da possibili-
599 dade de eventos futuros. Não pretendemos esgotar todas as atividades realizadas, muitas
600 documentadas no Repositório de Mapas, mas esperamos que essa experiência ajude a
601 aprimorar a resposta da sociedade.

602 O evento reafirma que desastres não são inevitáveis, mas resultam da interação
603 entre processos naturais e vulnerabilidades sociais. O sul do Brasil enfrenta um cená-
604 rio de enchentes mais frequentes e intensas (Collischonn et al., 2024), agravadas por
605 falhas de infraestrutura, dificuldades de previsão e desafios na resposta emergencial. En-
606 tre 2012 e 2023, o Governo Federal deixou de aplicar mais de um terço dos recursos
607 destinados ao Programa de Gestão de Riscos e Desastres (Accioly, 2024; Nobre et al.,
608 2024). Nossa experiência demonstrou que, mesmo na era da inteligência artificial, a
609 interpretação crítica humana segue insubstituível, como evidenciado na previsão de ní-
610 veis em Porto Alegre. A integração da informação também se mostrou essencial, como
611 exemplificado pelo Sistema de Fases em Rio Grande, reforçando que previsões de nível,
612 monitoramento em tempo real e mapas de risco precisam ser acessíveis à população para
613 evitar erros operacionais.

614 A cronologia do desastre reflete a geografia da região: resposta rápida nos vales
615 montanhosos, inundações de recessão lenta na Depressão Central e um processo gra-
616 dual na Planície Costeira. Essa dinâmica influenciou o tempo de resposta e reforça a
617 necessidade de um planejamento ajustado a cada contexto. O zoneamento das várzeas,
618 associado a unidades de conservação e revisão dos planos diretores, pode restringir a
619 ocupação em áreas suscetíveis, criando alternativas habitacionais dignas. A mitigação
620 demanda infraestrutura adequada e um modelo de gestão com responsabilidades claras
621 e mecanismos sustentáveis de operação e monitoramento. A preparação depende de
622 sistemas de alerta confiáveis, operados por uma equipe técnica qualificada, capaz de in-
623 terpretar modelos e comunicar riscos. A memória do evento deve ser preservada tanto
624 em equipamentos urbanos quanto na difusão cultural. A resposta precisa ser coordenada,
625 baseada em planos emergenciais amplamente divulgados, enquanto a recuperação deve
626 focar na reconstrução resiliente.

627 A implementação dessas medidas requer fortalecimento da governança hídrica. O
628 Sistema Estadual de Recursos Hídricos (SERH) deve articular ações entre estado, mu-
629 nicipios e governo federal, além de criar e fortalecer comitês e agências de bacia. A
630 ausência dessas agências no Rio Grande do Sul compromete a capacidade de gestão de
631 riscos e desastres. Experiências em outros estados mostram que sua atuação amplia a dis-

632 ponibilidade de informações técnicas e viabiliza instrumentos de planejamento (Costa et
633 al., 2018; Pavão et al., 2013). Além disso, o suporte técnico-executivo dessas entidades
634 acelera a execução de projetos estruturantes, garantindo que investimentos sejam direci-
635 onados a iniciativas de maior impacto e sustentabilidade financeira (Marques, 2024). O
636 fortalecimento dessas agências é essencial para garantir uma gestão hídrica integrada e
637 sustentável, assegurando que medidas de adaptação e resposta a eventos extremos sejam
638 implementadas no longo prazo.

Referências

- Accioly, D. (2024). Brasil deixa de aplicar 35% da verba para gestão de riscos e desastres, aponta TCU [Accessed: 20 Feb. 2024]. *Agência Senado*. <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2024/05/29/brasil-deixa-de-aplicar-35-da-verba-para-gestao-de-riscos-e-desastres-aponta-tcu>
- Acselrad, H. (2010). Ambientalização das lutas sociais: o caso do movimento por justiça ambiental. *Revista Estudos Avançados*, 24(68), 103–119. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142010000100010>
- Andrades-Filho et al. (2024). WebMapa de Movimentos de Massa para equipes de apoio na situação de calamidade - RS - Maio de 2024. <https://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?webmap=17a2432cbbd84ecf9be28bb8d3f4e450&extent=-51.9282,-29.3009,-51.9045,-29.2887>
- Brêda, J. P. L. F., Cauduro, R., Siqueira, V. A., & Collischonn, W. (2023). Assessing climate change impact on flood discharge in South America and the influence of its main drivers. *Journal of Hydrology*, 619, 129284. <https://doi.org/10.1016/J.JHYDROL.2023.129284>
- CEMADEN. (2024). Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN).
- Chagas, V. B. P., Chaffe, P. L. B., Addor, N., Fan, F. M., Fleischmann, A. S., Paiva, R. C. D., & Siqueira, V. A. (2020). CAMELS-BR: hydrometeorological time series and landscape attributes for 897 catchments in Brazil. *Earth Syst. Sci. Data*, 12, 2075–2096. <https://doi.org/10.5194/essd-12-2075-2020>
- Chagas, V. B. P., Chaffe, P. L. B., & Blöschl, G. (2022). Climate and land management accelerate the Brazilian water cycle. *Nature Communications*, 13, 5136. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-32580-x>
- Collischonn, W., Brêda, J., Wongchuig, S., Ruhoff, A., Paiva, R., Fan, F., Machado Filho, R., & Ramalho, N. (2024). Unprecedented April-May 2024 rainfall in South Brazil sets new record. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 29, e50. <https://doi.org/10.1590/2318-0331.292420240088>
- Collischonn, W., Fan, F. M., Possantti, I., Dornelles, F., Paiva, R., Sampaio, M., Michel, G., Magalhães Filho, F. J. C., Moraes, S. R., Marcuzzo, F. F. N., Michel, R. D. L., Beskow, T. L. C., Beskow, S., Fernandes, E., Laipelt, L., Ruhoff, A., Kobiyama, M., Collores, G. L., Buffon, F., ... Allasia, D. (2025). The exceptional hydrological disaster of April-May 2024 in southern Brazil. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. <https://doi.org/10.1590/2318-0331.302520240119>
- Copernicus. (2025). Global Climate Highlights: 2024 is the first year to exceed 1.5°C above pre-industrial level. <https://climate.copernicus.eu/copernicus-2024-first-year-exceed-15degc-above-pre-industrial-level>
- Costa, A. C., Guedes, R. B., Almeida, L. P., Pedra, R. M. S., Santos, D. C., & Chagas, G. C. (2018). Aplicação dos recursos da cobrança pela entidade delegatária: o caso da bacia do Rio Paraíba do Sul. *Anais do III Simpósio de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul*, 1–9.

- Donat, M. G., Angéllil, O., & Ukkola, A. M. (2019). Intensification of precipitation extremes in the world's humid and water-limited regions. *Environmental Research Letters*, 14, 065003. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab1c8e>
- Donat, M. G., Lowry, A. L., Alexander, L. V., O’Gorman, P. A., & Maher, N. (2016). More extreme precipitation in the world's dry and wet regions. *Nature Climate Change*, 6(5), 508–513. <https://doi.org/10.1038/nclimate2941>
- Dunne, T. (1983). Relation of field studies and modeling in the prediction of storm runoff. *Journal of Hydrology*, 65, 25–48.
- Egas, H. M., Stabile, R. A., & de Andrade, M. R. M. e. a. (2025). Comprehensive inventory and initial assessment of landslides triggered by autumn 2024 rainfall in Rio Grande do Sul, Brazil. *Landslides*, 22, 579–589. <https://doi.org/10.1007/s10346-024-02410-w>
- Freitas, C. (2023). Sem sistema de proteção, Guaíba inundaria aeroporto, Mercado Público e estádios, diz estudo. <https://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2023/11/22/sem-sistema-de-protecao-guaiba-inundaria-aeroporto-mercado-publico-e-estadios-diz-estudo.ghtml>
- Giaccom, B., & Rorato, G. (2023). *Municípios RS em Estado de Calamidade Pública e em Situação de Emergência*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11480064>
- GZH. (2024a). Hidrólogos pedem que Porto Alegre prepare evacuação; veja como seria inundação. <https://gauchazh.clicrbs.com.br/porto-alegre/noticia/2024/05/hidrologos-pedem-que-porto-alegre-prepare-evacuacao-veja-como-seria-inundacao-clvqsldrv022l01lw51s0vgfk.html>
- GZH. (2024b). Serviços da Procempa seguem funcionando, enquanto parte dos da Procergs estão fora do ar. <https://gauchazh.clicrbs.com.br/tecnologia/noticia/2024/05/servicos-da-procempa-seguem-funcionando-enquanto-parte-dos-da-procergs-estao-fora-do-ar-clvx0d3us007s0152nkel6yq2.html>
- IPCC. (2013). *Summary for Policymakers*. Cambridge University Press.
- IPCC. (2021). *Summary for Policymakers*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157896.001>
- IPCC. (2023). *Climate Change 2023: Synthesis Report*. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>
- IPH. (2023). *Nota sobre a cheia ocorrida nos dias 4 e 5 de setembro na Bacia do rio Taquari-Antas* (rel. téc.). Instituto de Pesquisas Hidráulicas - UFRGS. <https://www.ufrgs.br/iph/wp-content/uploads/2023/09/Nota-sobre-a-cheia-ocorrida-nos-dias-4-e-5-de-setembro-na-Bacia-do-rio-Taquari-v2.pdf>
- Laipelt, L., de Paiva, R. C. D., Fan, F. M., Collischonn, W., Papa, F., & Ruhoff, A. (2025). SWOT reveals how the 2024 disastrous flood in South Brazil was intensified by increased water slope and wind forcing. *Geophysical Research Letters*, 52, e2024GL111287. <https://doi.org/10.1029/2024GL111287>
- Marengo, J. A., Camarinha, P. I., Alves, L. M., Diniz, F., & Betts, R. A. (2021). Extreme Rainfall and Hydro-Geo-Meteorological Disaster Risk in 1.5, 2.0, and 4.0°C Global Warming Scenarios: An Analysis for Brazil. *Frontiers in Climate*, 3. <https://doi.org/10.3389/fclim.2021.610433>
- Marengo, J. A., Dolif, G., Cuartas, A., Camarinha, P., Gonçalves, D., Luiz, R., Silva, L., Alvala, R. C. S., Seluchi, M. E., Moraes, O. L., Soares, W. R., & Nobre, C. A. (2024). O maior desastre climático do Brasil: chuvas e inundações no estado do Rio Grande do Sul em abril-maio 2024. *Estudos Avançados*, 38(112), 203–228. <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.202438112.012>
- Marques, G. F. (2024). *Gestão estratégica de cheias: a visão integrada necessária à reconstrução no Estado* (rel. téc.). Universidade Federal do Rio Grande do Sul - GESPLA. <https://www.ufrgs.br/gespla/wp-content/uploads/2024/05/Estrategia-Cheias-RS-GESPLA.pdf>

- NASA. (2024). *Landslides Mapped with Planet Imagery for the May 2024 Brazil Floods* (rel. téc.). National Aeronautics and Space Administration. <https://maps.disasters.nasa.gov/arcgis/home/item.html?id=b68a02ab6c2544dfa4c9cd7457049423>
- Nobre, C., Costa, M., Hargreaves-Westenberger, L., Luederman, G., & Funari, A. (2024). Capítulo 13 – As Metrôpoles Brasileiras no Contexto Das Mudanças Climáticas: Entrevista com Carlos Nobre. Em M. A. Costa (Ed.), *50 Anos de Regiões Metropolitanas no Brasil e a Política Nacional de Desenvolvimento Urbano: no Cenário de Adaptação das Cidades às Mudanças Climáticas e à Transição Digital*. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/13469/1/50anos_Cap13.pdf
- O Globo. (2025). Principal centro de monitoramento de desastres naturais do Brasil tem apenas metade dos servidores necessários [Edição de 15 de Janeiro de 2025]. *O Globo*. <https://oglobo.globo.com/brasil/meio-ambiente/noticia/2025/01/15/cemaden-esvaziado-principal-centro-de-monitoramento-de-desastres-naturais-tem-apenas-metade-dos-servidores-necessarios.ghtml>
- Observatório das Metrôpoles. (2024). *Núcleo Porto Alegre analisa os impactos das enchentes na população pobre e negra do Rio Grande do Sul* (rel. téc.). Observatório das Metrôpoles. <https://www.observatoriodasmetropoles.net.br/nucleo-porto-alegre-analisa-os-impactos-das-enchentes-na-populacao-pobre-e-negra-do-rio-grande-do-sul/>
- ONU. (2016). *Report of the open-ended intergovernmental expert working group on indicators and terminology relating to disaster risk reduction (A/71/644)* (rel. téc.). United Nations Office for Disaster Risk Reduction. https://www.preventionweb.net/files/50683_oiewgreportenglish.pdf
- Paiva, R. C. D., Collischonn, W., Kolling, A., & Miranda, P. T. (2024). *Cooperação em tecnologias para análises hidrológicas em escala nacional. CLIMA: Sensibilidade de vazões a variabilidade e mudanças climáticas – Relatório Final* (rel. téc.). IPH-ANA-HGE-CLIMA A2, UFRGS - IPH, ANA - Brasília. <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/279713>
- Pavão, W. S., Sampaio, G. F., Muniz, G. S., Soalheiro e Romano, L., Johnsson, R. M. F., Santos, M., D'Oliveira, L. D., & Romancini, P. Y. (2013). O Contrato de Gestão com Entidades Delegatárias no Estado do Rio de Janeiro: Um Instrumento de Fortalecimento da Gestão Participativa dos Recursos Hídricos. *Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, 1–8.
- Reboita, M. S., Mattos, E. V., Capucin, B. C., Souza, D. O., & Ferreira, G. W. (2024). A Multi-Scale Analysis of the Extreme Precipitation in Southern Brazil in April/May 2024. *Atmosphere*, 15. <https://doi.org/10.3390/atmos15091123>
- Rio Grande do Sul/SECOM. (2024). *Procergs restabelece data center e sistemas informatizados do Estado voltam a operar na segunda* (27) (rel. téc.). Secretaria de Comunicação do Rio Grande do Sul. <https://planejamento.rs.gov.br/procergs-restabelece-data-center-e-sistemas-informatizados-do-estado-voltam-a-operar-na-segunda-27>
- SAE. (2015). *Brasil 2040: Resumo Executivo* (rel. téc.). Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. Brasília.
- Silveira, L., et al. (2024). Wide-swath satellite altimetry reveals the 2024 Porto Alegre extreme flood was intensified by backwater effect across choked river section. *Authorea*. <https://doi.org/10.22541/au.171769020.08746753/v1>
- Sul21. (2024). Pessoas abrigadas no Pepsi on Stage são realocadas por risco de inundação; Prefeitura monta três abrigos [Edição do dia 3 de Maio de 2024]. *Sul21*. <https://sul21.com.br/noticias/geral/2024/05/pessoas-abrigadas-no-pepsi-on-stage-sao-realocadas-por-risco-de-inundacao-prefeitura-monta-tres-abrigos/>
- WEF. (2024). *Global Risks Report 2024 - 19th ed.* World Economic Forum. <https://www.weforum.org/publications/global-risks-report-2024/>

WMO. (2023). *The Global Climate 2011-2020: A Decade of Accelerating Climate Change* (WMO-No. 1338) (rel. téc.). World Meteorological Organization. Geneva. <https://library.wmo.int/idurl/4/68585>

Informações adicionais

CRedit – contribuições de autoria

Iporã Possantti: Conceituação, Metodologia, Administração do Projeto, Supervisão, Visualização, Escrita – Rascunho Original, Escrita – Revisão e Edição. **Camila Bellaver Alberti:** Escrita – Revisão e Edição. **Fernando Jorge Corrêa Magalhães Filho:** Escrita – Rascunho Original, Escrita – Revisão e Edição. **Fernando Mainardi Fan:** Escrita – Rascunho Original, Escrita – Revisão e Edição. **Guilherme Fernandes Marques:** Escrita – Rascunho Original, Escrita – Revisão e Edição. **Igor Nicolini:** Escrita – Rascunho Original, Escrita – Revisão e Edição. **José Augusto Müller Neto:** Escrita – Revisão e Edição. **Leonardo Laipelt dos Santos:** Escrita – Rascunho Original, Escrita – Revisão e Edição. **Laura Azeredo:** Escrita – Rascunho Original, Escrita – Revisão e Edição. **Lucas George Wendt:** Escrita – Revisão e Edição. **Luiz Carlos Oliveira da Silva:** Escrita – Revisão e Edição. **Matheus Sampaio Medeiros:** Escrita – Revisão e Edição. **Rafael Rodrigo Eckhardt:** Escrita – Revisão e Edição. **Rodrigo Cauduro Dias de Paiva:** Escrita – Revisão e Edição. **Sofia Royer Moraes:** Escrita – Rascunho Original, Escrita – Revisão e Edição. **Tatiana Silva da Silva:** Escrita – Rascunho Original, Escrita – Revisão e Edição. **Tiago Borges Ribeiro Gandra:** Escrita – Rascunho Original, Escrita – Revisão e Edição. **Walter Collischonn:** Escrita – Revisão e Edição.

Disponibilidade de dados

Dados estão disponíveis em <https://doi.org/10.5281/zenodo.14914325>.

Agradecimentos

Os autores agradecem a participação dos seguintes voluntários: Alfonso Risso, Alice Rauber, Alice Roitman, Aline Hellmann, Aline Souza, Ana Aguirre, Anderson Ruhoff, Andrea Iescheck, Antonio Cornely, Ariane Sigallis, Arthur Tschiedel, Bárbara Giacom, Beatriz Cargnin, Bruna Kappes, Bruna Marques, Claudia Sluter, Clódis Andrades, Cristiano Gonçalves, Dafne Cavaleiro, Daniela Forgiarini, Édipo Cremon, Edson Guimarães, Edson Guimarães, Eduardo Moura, Elisa Utzig, Érico Neves, Erika Ruoso, Fernando Becker, Fernando Dornelles, Fernando Meirelles, Fernando Zambrano, Filipe Aguiar, Flora Chiarelli, Gabriel Cantor, Gabriel Gonçalves, Gabriel Schwarzer, Gean Michel, Geisa Rorato, Giulia Carrard, Giuliana Sfreddo, Glauco Umbelino, Guilherme Horstmann, Guilherme Iablonovski, Guilherme Oliveira, Henrique Schmitt, Itzayana González-Ávila, Jamile Mallet, Janaína Zeilmann, João Dorneles, João Maciel, Joel Goldenfum, José Cacciatore, José Müller, José Nunes, Julia Gezatt, Juliane Lenhard, Juliano Balbon, Kahuam Gianuca, Kleverson Novakoski, Lara Nonnemacher, Larissa Soares, Laura Prestes, Laurindo Guasselli, Leandro Petry, Leonardo Sousa, Leonardo Ucha, Letícia Naitzel, Letícia Schabbach, Lorenzo Mexias, Luana Krob, Luana Peres, Lucas Cunha, Mariana Barcelos, Mariana Castilhos, Mariana Froner, Mariana Mincarone, Marília Ramos, Masato Kobayama, Mateus Camana, Mateus Reis, Matheus Schiaffino, Maurício Righi, Michelle Silva, Miguel Krasner, Millena Bedin, Millena Oliveira, Milton Ribeiro, Natália Corraini, Natan Bregalda, Nathalia Serrano, Pâmela Herrmann, Paola Kuele, Paulo Ott, Pedro Camargo, Priscila Kipper, Rachel Berruti, Rachel Cunha, Rafael Barbedo, Rafaela Cazanova, Raul Schumacher, Renata Quevedo, Rodrigo Paiva, Rodrigo Quintela, Rodrigo Rodrigues, Rossano Michel, Santiago Silva, Sergio Cárdenas, Sophie Giasson, Thauana Cardozo, Veridiana Rosa, Vicente Lutz, Victor Soares, Vinícius Montenegro.