

ÁREA DIRETAMENTE ATINGIDA (ADA) PELOS DESASTRES NATURAIS OCORRIDOS NO RIO GRANDE DO SUL EM MAIO DE 2024

Luciana da Silva Mieres

Especialista em Infraestrutura - Geógrafa; Mestre em Sensoriamento Remoto
Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão do Rio Grande do Sul (SPGG)
E-mail: luciana-mieres@planejamento.rs.gov.br

Mariana Lisboa Pessoa

Analista Pesquisadora em Geografia; Mestre em Planejamento Urbano e Regional
Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão do Rio Grande do Sul (SPGG)
E-mail: mariana-pessoa@planejamento.rs.gov.br

Luana de Lima e Silva

Analista de Planejamento e Orçamento
Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão do Rio Grande do Sul (SPGG)
E-mail: luana-lima@spgg.rs.gov.br

Fernando Dreissig de Moraes

Especialista em Infraestrutura - Geógrafo; Mestre em Geografia
Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão do Rio Grande do Sul (SPGG)
E-mail: fernando-moraes@planejamento.rs.gov.br

Laurie Fofonka Cunha

Analista de Planejamento e Orçamento
Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão do Rio Grande do Sul (SPGG)
E-mail: laurie-cunha@planejamento.rs.gov.br

RESUMO

Entre o final de abril e o início de maio de 2024, o Rio Grande do Sul enfrentou um evento climático extremo, com chuvas intensas especialmente nas regiões nordeste, norte e central do estado. Estações da ANA, CEMADEN e INMET registraram volumes de até 400 mm em menos de duas semanas, chegando a ultrapassar 900 mm em algumas localidades, valores muito superiores à média histórica. As chuvas provocaram inundações severas em diversas bacias hidrográficas, como as dos rios Caí, Jacuí, Sinos, Paranhana e Taquari. Destaca-se que dos 497 municípios gaúchos, 95 entraram em estado de calamidade pública e 357 em situação de emergência, atingindo mais de 877 mil pessoas. A delimitação das Áreas Diretamente Atingidas (ADA) começou ainda no mês de maio e prosseguiu ao longo do ano, possibilitando agilidade na identificação dos beneficiários do Programa Volta por Cima e SOS PIX. A obtenção da ADA só foi possível graças às instituições parceiras que subsidiaram o Estado com produtos cartográficos desenvolvidos por processamento digital de imagens, modelagem hidrodinâmica e pelo trabalho de validação, este desenvolvido pelos analistas da SPGG-RS.

PALAVRAS-CHAVE: Desastre Natural; Inundação; Movimentos de massa; Área Diretamente Atingida

DIRECTLY AFFECTED AREA (DAA) BY THE NATURAL DISASTERS THAT OCCURRED IN RIO GRANDE DO SUL IN MAY 2024

ABSTRACT:

In the end of April and the beginning of May 2024, the state of Rio Grande do Sul experienced an extreme weather event, with intense rainfall especially affecting the northeast, north, and central regions. Monitoring stations from ANA, CEMADEN, and INMET recorded rainfall volumes of up to 400 mm in less than two weeks, with some areas exceeding 900 mm, levels far above the

historical average. The heavy rains caused severe flooding in several river basins, including the Caí, Jacuí, Sinos, Paranhana, and Taquari rivers. Out of the 497 municipalities in the state, 95 were declared in a state of public calamity, and 357 in a state of emergency, with more than 877.000 people affected. The delineation of Directly Affected Areas (DAA) began in May and continued throughout the year, enabling faster identification of beneficiaries for the Volta por Cima and SOS PIX Social Programs. The DAA mapping was made possible through partnerships with institutions that provided the state with cartographic products developed using digital image processing, hydrodynamic modeling, and validation work made by analysts from the SPGG-RS.

KEYWORDS: Natural Disaster, Flood, Mass wasting; Directly Affected Areas

INTRODUÇÃO

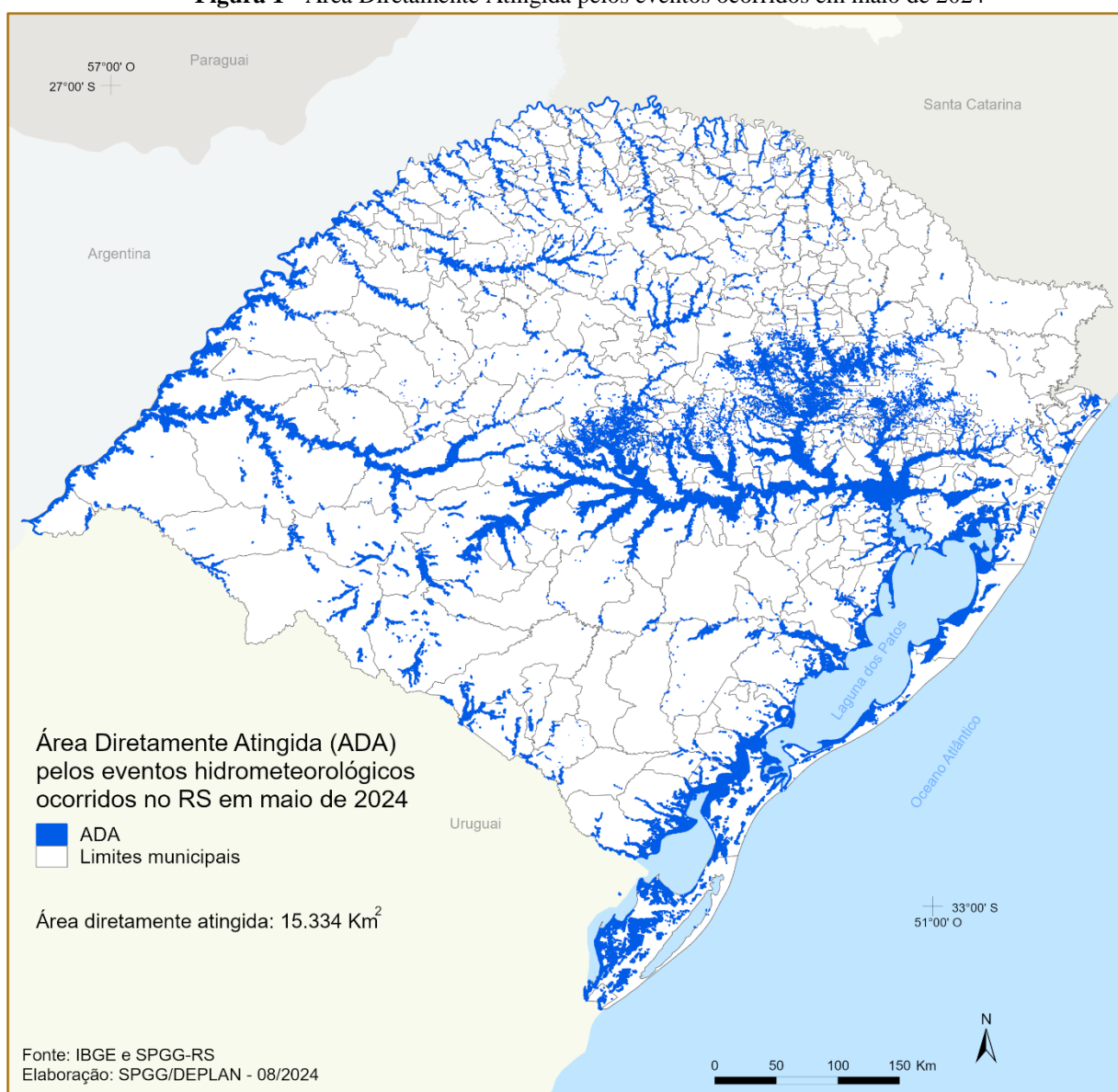
A ocorrência de precipitações intensas no final de abril e início de maio em 2024 trouxe consequências graves para o Estado, registrando inundações históricas em diversas bacias hidrográficas. Em relação ao montante de municípios atingidos pela catástrofe, de acordo com os dados divulgados pelo Mapa Único Plano Rio Grande (MUP), dos 497 existentes no Rio Grande do Sul, 95 (19,1%) foram reconhecidos em estado de calamidade pública, enquanto 357 (71,8%) entraram em situação de emergência. Apenas 45 (9,1%) não tiveram situação homologada. Mais de 970 mil pessoas (ou 8,9% da população do estado) foram atingidas pelos eventos.

Diferentes instituições empregaram um grande esforço para consolidação da Área Diretamente Atingida (ADA) pelos eventos e cada uma delas foi tornando-se parceira do Governo do Estado, contribuindo com a delimitação da ADA utilizada para o cruzamento de distintas bases de dados sociais. Este esforço conjunto possibilitou maior agilidade na identificação dos atingidos e consequente pagamento dos auxílios decorrentes dos programas sociais Volta por Cima (Decreto N°57.418, de 29 de dezembro de 2023) e SOS Rio Grande do Sul, além do pagamento do programa Devolve ICMS - Linha Branca.

Cada uma dessas instituições utilizou diferentes metodologias para obtenção de seus produtos, as quais serão apresentadas ao longo da presente nota. Porém, cabe nomear a contribuição da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) com produtos desenvolvidos pelo Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia (CEPSRM) e pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), ambos vinculados ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), da empresa Santiago & Cintra Consultoria (SCCON), da Universidade Federal de Rio Grande (FURG), da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), conjuntamente com a Agência para o Desenvolvimento da Bacia da Lagoa Mirim, além das prefeituras municipais em parceria com suas Defesas Civis.

Finalmente, destaca-se o apoio institucional da Secretaria de Estado do Meio Ambiente (SEMA), da Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM), da Defesa Civil Estadual e da Federação das Associações de Municípios do Rio Grande do Sul (FAMURS), fundamentais na intermediação de muitos dos parceiros citados anteriormente, possibilitando que as contribuições fossem tempestivamente agregadas à mancha final. A Figura 1 ilustra a Área Diretamente Atingida pelos eventos ocorridos em maio de 2024 e constituída a partir dos produtos de todos os parceiros supracitados, além dos trabalhos desenvolvidos internamente pela equipe da Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão do Estado do Rio Grande do Sul (SPGG-RS).

Figura 1 - Área Diretamente Atingida pelos eventos ocorridos em maio de 2024



Fonte: SPGG- RS. Elaboração própria

METODOLOGIA

A seguir serão detalhadas as metodologias utilizadas pelos parceiros que contribuíram com os incrementos para a composição da ADA, e pela equipe técnica da Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão (SPGG-RS) no que tange à qualificação das áreas atingidas.

Incrementos produzidos pela Santiago & Cintra Consultoria (SCCON):

O Governo do Estado, por meio da SPGG-RS, possui contrato com a empresa Santiago & Cintra Consultoria (SCCON) para a prestação de serviço de monitoramento contínuo do território do Rio Grande do Sul visando a geração de alertas de detecção de mudanças em relação a fogo e cicatriz de queimada, desmatamentos (degradação e corte raso), deslizamentos e áreas inundadas.

Diante da urgência em mapear as áreas atingidas pelos desastres, ainda durante o mês de maio, a empresa passou a auxiliar o Governo do Estado fornecendo insumos para a consolidação da mancha, obtidos a partir do processamento das imagens PlanetScope com resolução espacial de 3 metros.

Para geração da mancha de inundação foram utilizadas tecnologias de Sensoriamento Remoto (SR), incluindo processamento digital das imagens diárias PlanetScope e análises integradas que incluíram também todos os alertas de inundação gerados ao longo do período de interesse, utilizando-se banco de dados com informações geoespaciais, algoritmos e processos de auditoria. Na etapa de pré-processamento das imagens, as áreas com cobertura de nuvens foram extraídas para possibilitar a classificação das áreas com água e lama. Posteriormente foi aplicado o Índice de Diferença de Água Normalizada (*NDWI – Normalized Difference Water Index*) utilizando as bandas do Infravermelho Próximo e do Verde.

Para a detecção das áreas de movimentos de massa a empresa utiliza análise automatizada da mudança da cobertura com a aplicação de algoritmo de propriedade intelectual da própria companhia, aplicado diretamente às imagens PlanetScope diárias e possibilitando a identificação de cicatrizes decorrentes de movimentos de massa.

Incrementos produzidos pelo CEMADEN e INPE

A celebração do Acordo de Cooperação Técnica (ACT) entre a União, por intermédio do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, e o Governo do Estado, objetivou a troca de informação e dados para a consolidação das Áreas Diretamente Atingidas com a finalidade de enfrentamento aos efeitos dos desastres climáticos no Rio Grande do Sul. A partir desse acordo, a SPGG-RS encaminhou ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) a versão da ADA

produzida em 23 de maio de 2024, a qual foi utilizada como insumo, dentre outros, para a estruturação da ADA produzida pelo Governo Federal.

A metodologia do Mapa de Inundação e Movimentos de Massa do Governo Federal foi consolidada em distintas etapas, conforme Nota Técnica emitida pelos órgãos envolvidos. As informações a seguir apresentadas foram extraídas dessa Nota Técnica. O Governo Federal, através do INPE, órgão que atuou como ponto focal de informações referente ao ACT, forneceu à SPGG-RS diferentes versões da ADA à medida que esta foi sendo consolidada ao longo do processo de qualificação e acréscimo de incrementos. Conforme citado, a evolução da delimitação das áreas atingidas ocorreu em etapas, a seguir apresentadas.

Etapas 1: Versão 1.0 da mancha correspondendo à união dos dados da Diretoria do Serviço Geográfico do Exército Brasileiro (DSG) e do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IPH/UFRGS). O IPH gerou a mancha de inundação utilizando sensoriamento remoto, modelos digitais do terreno, além de pontos coletados em campo para validação. Visando a resposta imediata ao desastre.

Etapas 2: Versão 2.0 da mancha corresponde à união da versão 1.0 com a mancha proveniente do Governo do Estado do Rio Grande do Sul e de dados do CEMADEN. O Governo do Estado encaminhou o arquivo vetorial referente a área atingida que havia sido consolidado no dia 23 de maio, o qual foi gerado a partir do processamento digital de imagens PlanetScope com resolução espacial de 3 metros, passando, posteriormente, pelo processo de qualificação e validação utilizando análise visual de imagens PlanetScope e Sentinel com apoio de Modelo Digital de Elevação e base hidrográfica. Contudo, não havia distinção entre movimentos de massa e inundação, tendo em vista o objetivo de se obter a área diretamente atingida independentemente do tipo de desastre, como subsídio às ações de resposta do Estado aos eventos, tanto em relação aos pagamentos dos programas sociais Volta Por Cima e SOS Rio Grande do Sul, quanto ao planejamento das políticas públicas dos órgãos estaduais. O CEMADEN disponibilizou os resultados das simulações obtidas por modelagem hidrodinâmica, resultando na mancha de inundação para a área da bacia do rio Taquari. Além desta técnica, também foram geradas manchas de inundação para os trechos referentes aos rios tributários, a partir da técnica *HAND (Height Above Nearest Neighbor)* que possibilitou o mapeamento da extensão da inundação a partir do pico da cheia. Para validação foram utilizadas imagens PlanetScope.

Etapas 3: consistiu no refinamento das bordas da versão 2.0 da mancha em razão da disponibilidade de imagens de satélite adicionais às utilizadas nas versões 1.0 e 2.0. A partir deste processo, foram incorporadas novas áreas por meio de interpretação visual das imagens de altíssima resolução espacial (igual ou inferior a 1 metro) Pleiades, Vision-1, WorldView e

BlackSky, provenientes da ativação da Carta Internacional de Espaço e Grandes Desastres. Além das imagens de alta resolução PlanetScope (3 metros de resolução), algumas imagens adicionais desta constelação foram obtidas a partir do Programa NICFI (*Norway's International Climate and Forest Initiative Satellite Data Program*), além do uso de imagens GeoEye, WorldView e BlackSky cedidas pela Força Aérea Brasileira (FAB).

Etapa 4: consistiu na obtenção da área inundada para aqueles municípios que haviam ficado descobertos pela mancha em sua versão 2.0, incluindo também incrementos de movimentos de massa, ambos desenvolvidos pelo CEMADEN. A mancha obtida a partir de modelagem hidrodinâmica e também pela técnica *HAND* foi desenvolvida conforme citado na etapa 2. Para os incrementos de movimentos gravitacionais de massa foram considerados tantos os deslizamentos, quanto os fluxos de detritos identificados a partir do processamento digital de imagens de satélite.

Etapa 5: Versão 3.0 da mancha foi consolidada a partir da agregação de insumos provenientes do Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia (CEPSRM) da UFRGS, o qual executou interpretações de imagens adicionais, utilizando imagens óticas complementadas por modelos digitais de elevação, além de pontos coletados em campo. Estes acréscimos, agregados aos incrementos produzidos pelo CEMADEN na etapa 3 e a versão 2.0 da mancha, constituíram a versão 3.0. Até a publicação desta nota, o INPE enviou à SPGG-RS uma nova versão, denominada versão 3.3 que ainda será incluída na ADA do Governo do Estado.

Incrementos produzidos pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

A Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) através de seus pesquisadores vinculados ao Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia (CEPSRM) e ao Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH), produziu insumos geoespaciais que demonstram tanto as áreas atingidas por inundação, quanto áreas afetadas por movimentos de massa. Para cada tipo de análise, contudo, foi adotada uma metodologia específica e por esta razão, são apresentadas separadamente.

Incrementos de inundação:

No que tange à mancha de inundação desenvolvida pelos pesquisadores do CEPSRM, restringiu-se à região hidrográfica do Guaíba, sendo gerada a extração de pontos limites da inundação por meio de interpretação visual das imagens óticas de sensoriamento remoto, especificamente dos satélites PlanetScope, BlackSky, Skysat e WorldView-2, referentes ao período de 06 a 07 de maio de 2024, integrando aos modelos digitais de elevação da SPGG-RS, de resolução espacial de 2,5 metros, e o FABDEM (*Forest And Buildings removed Copernicus*

DEM), resolução de 30 metros. As imagens foram utilizadas para extração de pontos limites da inundação, por interpretação visual, de modo a identificar as bordas com água em superfície, além dos limites identificáveis com lama e detritos, indicando a provável passagem da onda de cheia pelo local. A cota de inundação foi interpolada pelo método de *krigagem* ordinária e, posteriormente, realizada a subtração da cota de inundação interpolada pela elevação obtida por meio de MDE, resultando em profundidades estimadas de água e limites da mancha de inundação. Pontos coletados em campo, durante ou próximo ao período marcado pela cota máxima, foram utilizados para validação do produto. Eventualmente quando necessário, devido à resolução espacial dos modelos digitais de elevação utilizados, foi realizada a edição manual da mancha de inundação, procedimento adotado em algumas áreas dos vales fluviais quando constatada discrepância entre a mancha produzida e a mancha observada nas imagens de satélite.

Incrementos de movimentos de massa:

As manchas de movimentos de massa mapeadas pelos pesquisadores do CEPSRM representam as cicatrizes nas áreas de relevo, as quais consistem em marcas da movimentação de solo e/ou rochas visíveis no terreno, geralmente ao longo de encostas. Essas marcas podem ser oriundas de movimentos de massa como deslizamentos, fluxos de detritos e lama e queda de blocos e rastejamento, tendo sido delimitadas a partir de interpretação visual de imagens de satélite de alta resolução espacial na composição colorida RGB cor verdadeira, utilizando para tanto as bases dos satélites *World View* (resolução espacial 0,35 m), tendo como fonte a Maxar Technologies, sendo concedidas para uso emergencial pela *National Geospatial-Intelligence Agency* (NGA), pela Diretoria de Serviço Geográfico (DSG) do Exército Brasileiro. Além dessas, também foram utilizadas imagens de resolução espacial 0,9m - EROS e BlackSky - cedidas pela Força Aérea do Chile e pela Força Aérea Brasileira, imagens do satélite sino-brasileiro CBERS 4A, especificamente o sensor WPM, com processamento *pansharpening* (resolução espacial: 2m) oriundas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). É importante ressaltar que as cicatrizes de movimentos de massa mapeadas até a publicação desta nota técnica representam uma parcela da área total atingida por movimentos de massa na escarpa sul do Planalto Meridional-RS em maio de 2024, trabalho que segue em andamento e passando por revisões frente as áreas possivelmente impactadas por movimentos de massa. Este mapeamento foi realizado pelo Laboratório Latitude - CEPSRM / Programa de Pós-graduação em Sensoriamento Remoto (PPGSR) / Departamento de Geodésia / Instituto de Geociências (IGeo) / UFRGS.

Incrementos produzidos pelas Defesas Civas municipais – Autodeclarações

Diante da necessidade em se ter mapeado de forma mais completa possível as áreas que tenham sido afetadas pelos eventos ocorridos em maio de 2024, propôs-se a participação das Defesas Civas municipais. Contando com a intermediação da Defesa Civil Estadual e da Federação das Associações dos Municípios do Rio Grande do Sul (FAMURS), a SPGG-RS requisitou que os municípios identificassem suas áreas diretamente atingidas utilizando como ferramenta de análise e de produção de dado geoespacial a aplicação *My Maps* da empresa Google, a qual possibilita a vetorização de polígonos e sua exportação para o formato *Keyhole Markup Language* (KML), extensão de arquivo aceita por *softwares* de Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Para este processo de trabalho, a SPGG-RS promoveu um treinamento síncrono de modo online, no qual orientou que a delimitação dos polígonos fosse realizada por um representante direto da Defesa Civil do município, tendo em vista seu conhecimento em razão das ações operacionais decorrentes da resposta ao desastre. Além disso, foi enfatizada a importância de que fossem consideradas apenas as áreas que de fato foram diretamente atingidas pelos desastres de inundação, enxurrada, alagamento e movimentos de massa. Posteriormente ao encaminhamento destes dados geoespaciais à SPGG-RS, realizavam-se análises utilizando *softwares* SIG que possibilitam a interpretação visual das áreas autodeclaradas, utilizando como insumos o Modelos Digitais de Elevação (MDE) ANADEM (resolução espacial de 30 metros), arquivo vetorial que representa a hidrografia do Estado (compatível escala de 1:25000) e imagens de alta resolução da constelação PlanetScope (resolução de 3 metros). Em diversas situações foram requisitadas revisões dos produtos enviados, tendo em vista que alguns tratavam-se da delimitação de áreas de risco e não somente das áreas diretamente atingidas. Além disso, diversas reuniões foram realizadas com distintas prefeituras com objetivo de esclarecer dúvidas e auxiliar esse processo de delimitação das ADAs autodeclaradas.

Incrementos produzidos pela equipe técnica da SPGG-RS

O processo de qualificação da mancha realizado pela equipe técnica da SPGG-RS foi executado a partir da terceira semana de consolidação da ADA (ver Figura 1) e consistiu na agregação de incrementos a partir da interpretação visual de imagens PlanetScope, utilizando *softwares* de SIG. As imagens com datas anteriores e posteriores ao evento foram comparadas visualmente, permitindo a identificação de áreas atingidas ainda não mapeadas. A partir da presença ou registro de água, lama ou cicatrizes de movimentos de massa observados na comparação entre as diferentes datas, as áreas atingidas identificadas foram agregadas à ADA por vetorização manual. As áreas anteriormente identificadas pelos outros processos de produção da

ADA não foram removidas ou reduzidas durante a qualificação visual. As datas específicas das imagens utilizadas variaram conforme a região a ser trabalhada e a disponibilidade de cobertura sem nuvens, buscando, na medida do possível, aquelas mais próximas temporalmente à ocorrência do evento.

Além das imagens PlanetScope, outros insumos foram utilizados para consulta e como referência na identificação das áreas atingidas no processo de qualificação: ADA mais recente consolidada pela SPGG-RS, rede de drenagem em escala 1:25.000, modelo digital de elevação ANADEM¹ com resolução de 30m, imagens de alta resolução WorldView e GeoEye (disponível apenas para algumas regiões), além de imagens de altíssima resolução da Airbus disponíveis para alguns municípios.

Os incrementos produzidos na qualificação foram agregados semanalmente a cada nova versão da ADA, como parte do fluxo de consolidação da mancha produzida pelo Governo do Estado. A unidade de análise utilizada no processo de qualificação foi o município, a fim de manter melhor controle das agregações semanais.

RECOMENDAÇÕES

A delimitação da ADA em razão dos eventos extremos de maio de 2024 representou uma iniciativa de caráter técnico e institucional qualificado, marcada pela articulação entre diferentes esferas de governo, instituições científicas e empresas especializadas. O êxito deste esforço técnico e colaborativo reforça a relevância da integração entre conhecimento especializado, tecnologia e gestão pública na mitigação de desastres e na promoção da resiliência territorial. Como recomendação futura, aponta-se o prosseguimento desta atividade de consolidação da ADA desenvolvida internamente pelos analistas do Estado com apoio de instituições parceiras, prosseguindo com a agilidade na identificação dos beneficiários do Programa Volta por Cima.

REFERÊNCIAS

RIO GRANDE DO SUL. Decreto N°57.418, de 29 de dezembro de 2023. Cria o Programa Volta por Cima e institui o auxílio financeiro destinado à população vítima das contingências decorrentes das chuvas intensas e enchentes no Rio Grande do Sul.

RIO GRANDE DO SUL. **Mapa Único Plano Rio Grande – MUP**. Disponível em: <https://mup.rs.gov.br>. Acesso em: 29 maio. 2024.

¹ O ANADEM é um modelo digital do terreno (MDT) com remoção de viés causado pela vegetação no modelo digital de elevação (MDE) Copernicus GLO-30. Com resolução espacial de 30 metros, e disponível para toda a América do Sul, o produto foi desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da UFRGS em parceria com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) através de termo de cooperação. Fonte: <https://www.ufrgs.br/hge/anadem-modelo-digital-de-terreno-mdt/>

RIO GRANDE DO SUL. **SOS Rio Grande do Sul**. Disponível em: <https://sosenchentes.rs.gov.br/inicial>. Acesso em: 29 maio. 2024.

RIO GRANDE DO SUL. **Devolve ICMS – Linha Branca**. Disponível em: <https://sosenchentes.rs.gov.br/devolve-icms-linha-branca>. Acesso em: 29 maio. 2024.

PAIVA, R.; COLLISCHONN, W.; MIRANDA, I.P.; DORNELLES, F.; GOLDENFUM, J.; FAN, F.; RUHOFF, A.; FAGUNDES, H. **Critérios hidrológicos para adaptação à mudança climática: Chuvas e cheias extremas na Região Sul do Brasil**. Nota técnica. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Porto Alegre. 27 de maio de 2024.

COLLISCHONN, W.; RUHOFF, A.; CABELEIRA, R.; PAIVA, R.; FAN, F.; POSSA, T. **Chuva da cheia de 2024 foi mais volumosa e intensa que a da cheia de 1941 na bacia hidrográfica do Guaíba**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. 2024. Porto Alegre.