EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO E SISTEMA DE ALERTA DE DESASTRES: COMUNICAÇÃO DE RISCO E RESPOSTA DA POPULAÇÃO EM ANGRA DOS REIS (RJ)

EXTREME RAINFALL AND DISASTER WARNING SYSTEMS: RISK COMMUNICATION AND POPULATION RESPONSE IN ANGRA DOS REIS, BRAZIL

EXTREMOS DE PRECIPITACIÓN Y SISTEMA DE ALERTA DE DESASTRES: COMUNICACIÓN DEL RIESGO Y RESPUESTA DE LA POBLACIÓN EN ANGRA DOS REIS (RJ)

10.56238/IIMultiCientifica-190

Fábio Júnior da Silva Pires
Mestrando em Defesa e Segurança Civil
Instituição: Universidade Federal Fluminense (UFF)
E-mails: miecejr@hotmail.com; miecejr@gmail.com

Wanderson Luiz-Silva
Doutor em Engenharia Civil
Instituição: Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
E-mail: wanderson@igeo.ufrj.br

Débora Brito Silva
Graduanda em Políticas Públicas
Instituição: Universidade Federal Fluminense (UFF)
E-mail: britosl.debora@gmail.com

RESUMO
A comunicação de alertas constitui uma dimensão importante da gestão dos riscos associados às chuvas intensas. Neste contexto, o artigo examina os extremos de precipitação e a percepção de moradores sobre a comunicação do Sistema de Alerta e Alarme da Defesa Civil de Angra dos Reis, Rio de Janeiro, durante o evento de 4 de abril de 2025. A abordagem qualiquantitativa combinou dados pluviométricos de oito bairros, referentes ao período de 2013 a 2025, com respostas a um questionário digital semiestruturado aplicado entre 5 e 10 de abril de 2025 em áreas classificadas como de risco. As séries passaram por controle de qualidade e análise estatística descritiva, utilizando os índices de precipitação total anual (PRCPTOT) e máxima precipitação diária (RX1day). A análise pluviométrica revelou diferenças entre as estações nos totais anuais e nos máximos diários, com destaque para o acumulado de 554 mm em um dia na Vila do Abraão, em abril de 2022. Na avaliação da comunicação, 81,8% dos 3.229 participantes que responderam à pergunta sobre recebimento declarou ter recebido o alerta. Entre os 2.642 respondentes às questões subsequentes, 96,4% relataram a exibição da mensagem na tela do celular. A questão aberta reuniu 556 comentários, dos quais 67,4% expressaram aprovação do sistema, embora também tenham sido identificados problemas de recebimento, críticas à clareza e ao

funcionamento e solicitações de melhoria. Conclui-se que a avaliação do sistema deve considerar, além da disseminação das mensagens, sua clareza e adequação às necessidades locais, articulando comunicação territorialmente específica, orientações práticas e preparação comunitária.

Palavras-chave: Precipitação Extrema. Comunicação de Risco. Sistema de Alerta Precoce. Redução do Risco de Desastres.

ABSTRACT

Alert communication is a crucial part of managing risks associated with heavy rainfall. In this context, this article examines extreme precipitation events and residents' perceptions of the alert and alarm system operated by the Civil Defense of Angra dos Reis, Rio de Janeiro, during the April 4, 2025 event. We used a qualitative-quantitative approach, combining rainfall data from eight neighborhoods (2013-2025) with responses to a semi-structured digital questionnaire administered between April 5 and 10, 2025, in areas classified as high-risk. The datasets underwent quality control and descriptive statistical analysis, utilizing indices for total annual precipitation (PRCPTOT) and maximum daily precipitation (RX1day). The rainfall analysis revealed variation across stations in annual totals and daily maximums, most notably, a 554 mm accumulation in a single day in Vila do Abraão in April 2022. Regarding the communication system, 81.8% of the 3,229 participants who answered the question about alert receipt confirmed that they had received an alert. Among the 2,642 respondents who answered subsequent questions, 96.4% reported that the message appeared on their mobile phone screens. An open-ended question yielded 556 comments; 67.4% expressed approval of the system, though some respondents noted issues with receiving alerts, criticized the system's clarity or functionality, or offered suggestions for improvement. The study concludes that evaluating such a system requires looking beyond message dissemination; it must also account for information clarity and alignment with local needs by integrating location-specific communication, practical guidance, and community preparedness.

Keywords: Extreme Rainfall. Risk Communication. Early Warning System. Disaster Risk Reduction.

RESUMEN

La comunicación de alertas constituye una dimensión importante de la gestión de los riesgos asociados a las lluvias intensas. En este contexto, el artículo examina los extremos de precipitación y la percepción de los residentes sobre la comunicación del Sistema de Alerta y Alarma de la Defensa Civil de Angra dos Reis, Río de Janeiro, durante el evento del 4 de abril de 2025. El enfoque cuali-cuantitativo combinó datos pluviométricos de ocho barrios, correspondientes al período de 2013 a 2025, con las respuestas a un cuestionario digital semiestructurado aplicado entre el 5 y el 10 de abril de 2025 en áreas clasificadas como de riesgo. Las series fueron sometidas a un control de calidad y a un análisis estadístico descriptivo, utilizando los índices de precipitación total anual (PRCPTOT) y precipitación máxima diaria (RX1day). El análisis pluviométrico reveló diferencias entre las estaciones en cuanto a los totales anuales y los máximos diarios; destaca, en particular, el acumulado de 554 mm en un solo día en Vila do Abraão, en abril de 2022. En la evaluación de la comunicación, el 81,8% de los 3.229 participantes que respondieron a la pregunta sobre la recepción declararon haber recibido la alerta. Entre los 2.642 encuestados que respondieron a las preguntas subsiguientes, el 96,4% indicó que el mensaje apareció en la pantalla de su teléfono móvil. La pregunta abierta reunió 556 comentarios, de los cuales el 67,4% expresó una valoración positiva del sistema; no obstante, también se identificaron problemas en la recepción, críticas respecto a la claridad y el funcionamiento, así como solicitudes de mejora. Se concluye que la evaluación del sistema debe considerar, además de la difusión

de los mensajes, su claridad y adecuación a las necesidades locales, articulando una comunicación territorialmente específica, orientaciones prácticas y la preparación de la comunidad.

Palabras clave: Precipitación Extrema. Comunicación de Riesgos. Sistema de Alerta Temprana. Reducción del Riesgo de Desastres.

1 INTRODUÇÃO

Os desastres socioambientais associados a eventos de precipitação intensa, cada vez mais expressivos devido as mudanças climáticas, implicam uma análise interdisciplinar acerca de sua ocorrência, de modo que seja possível compreender que estes são resultados de fatores e dinâmicas que tencionam a construção de vulnerabilidades sociais. No litoral sul do estado do Rio de Janeiro, a configuração geomorfológica, caracteriza-se pela proximidade entre a Serra do Mar e a linha costeira. A presença de encostas íngremes e a reduzida extensão de planícies, impõe condicionantes à ocupação do território, que associadas aos processos históricos de urbanização e às desigualdades socioespaciais (Ribeiro, 2014), contribuem para um cenário de produção e reprodução do risco de desastres.

Este contexto, assume especial contorno no município de Angra dos Reis, no qual observa-se a recorrência de movimentos de massa e inundações derivadas de elevados índices pluviométricos. O Plano Municipal de Redução de Riscos[1] (PMRR) identificou 126 setores críticos a movimentos gravitacionais, com cerca de oito mil pessoas residindo em áreas classificadas em risco alto ou muito alto (Angra dos Reis, 2025), isto é, com habitações localizadas em áreas de encostas de montanhas. Os efeitos da expansão urbana acelerada da cidade, em consonância com a ocupação desordenada de áreas suscetíveis (Chetry, 2020) pode ser observada na dimensão histórica de ocorrência de desastres de grande impacto no município, visto que nestas áreas predominam os deslizamentos planares, responsáveis por 98% das mortes em desastres associados as chuvas entre 1988 e 2022 (Angra dos Reis, 2025). A título de exemplo, destacam-se os eventos de 2002, no bairro do Areal, que resultou na destruição de aproximadamente 100 residências e em 35 mortes, e na virada do ano de 2010, que atingiram as localidades do Bananal na Ilha Grande e morros do centro da cidade, ocasionando 53 mortes e deixando 652 pessoas desabrigadas (Angra dos Reis, 2025).

A apreensão desta conjuntura perpassa também pelas particularidades climáticas da região, as quais definem-se pela concentração de chuvas durante o verão, quando são registrados os maiores índices do ano (Silva e Dereczynski, 2014), resultado da interação entre a umidade proveniente do Oceano Atlântico e a atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), intensificando o efeito orográfico promovido pelo relevo serrano, favorecendo desta forma precipitações elevadas e

[1] O Plano Municipal de Redução de Riscos (PMRR) de Angra dos Reis, entregue em 2025, foi elaborado em parceria entre a Secretaria Municipal de Proteção e Defesa Civil, a Universidade Federal Fluminense (UFF), por meio do Grupo de Pesquisa em Desastres Sócio-Naturais do Instituto de Educação de Angra dos Reis, e o Ministério das Cidades, responsável pela coordenação e pelo financiamento do projeto. O plano constitui um instrumento de planejamento territorial voltado à identificação, classificação e priorização de intervenções em áreas suscetíveis a movimentos gravitacionais de massa, subsidiando a formulação de políticas públicas de prevenção e redução de riscos no município.

respostas rápidas de encostas e sistemas de drenagem.

Nesse contexto, a distribuição espacial e temporal da precipitação constitui uma dimensão importante para a comunicação dos riscos. A análise dos totais anuais e dos máximos diários permite examinar diferenças entre localidades, enquanto a consideração da duração e da persistência das chuvas contribui para contextualizar os episódios de maior potencial de impacto. A articulação dessas informações com as características das áreas suscetíveis pode subsidiar alertas territorialmente específicos, favorecendo a identificação dos locais abrangidos e a apresentação de orientações compatíveis com as condições de exposição da população.

O alto contingente populacional residindo em áreas suscetíveis à processos geológicos, e as condições físico-climáticas do território, evidencia a complexidade dos riscos socioambientais aos quais determinados grupos estão expostos. Tal conjuntura, reforça a necessidade de investigar a atuação dos instrumentos da gestão pública voltados à redução dos riscos de desastres, particularmente o Sistemas de Alerta Precoce, os quais são destinados à comunicação de alertas preventivos às populações vulneráveis, de modo a induzir a adoção de comportamentos preventivos por estes em eventos hidrometeorológicos extremos (UNDRR, 2023). Entretanto, sua efetividade não se restringe a capacidade técnica de monitoramento e a simples disseminação de informações, mas envolve também a maneira como estas são recebidas, interpretadas e incorporadas as decisões dos indivíduos.

A partir desta perspectiva, o presente artigo retoma e sistematiza parte das reflexões e dos resultados produzidos no âmbito da dissertação de mestrado intitulada “Extremos de Precipitação e Sistema de Alerta de Desastres: uma análise da comunicação e da resposta da população em Angra dos Reis – RJ”, buscando contribuir para o aprofundamento acerca da avaliação da comunicação de risco promovida pelo Sistema de Alerta e Alarme do município de Angra dos Reis (SAA), aferindo a performance deste mecanismo a partir da compreensão de que avaliar o desempenho da ferramenta requer observar tanto o alcance operacional quanto a percepção dos destinatários, e as condições que influenciam a adoção de medidas protetivas.

Deste modo, aqui propõe-se analisar a variabilidade dos extremos de precipitação em oito bairros do município de Angra dos Reis, a partir de suas estações meteorológicas, buscando compreender a dinâmica das chuvas intensas no território. Paralelamente, objetiva-se examinar o alcance percebido, a efetividade comunicacional e a avaliação da população acerca do Sistema de Alerta e Alarme municipal, tomando como referência o evento de chuvas extremas ocorrido em 4 de abril de 2025.

A articulação entre duas dimensões analíticas busca contribuir para uma investigação mais abrangente dos desafios associados à comunicação de riscos, considerando a disseminação das mensagens pelos órgãos públicos e sua recepção, com o intuito de subsidiar a discussão acerca de possibilidade de aprimoramento de comunicação e de preparação comunitária.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PRODUÇÃO SOCIOESPACIAL DO RISCO DE DESASTRES

A compreensão dos desastres socioambientais pressupõe o reconhecimento de sua natureza multidimensional, uma vez que sua ocorrência e seus impactos não se restringem à manifestação de fenômenos exclusivamente naturais, mas estão intrinsecamente relacionadas às formas de organização da sociedade, aos processos de ocupação territorial e às desigualdades historicamente estabelecidas. Em outras palavras, assimilar a complexidade destes eventos implica reconhecer o papel determinante que os fatores inerentes a construção da sociedade moderna têm na transformação de uma ameaça natural em desastres (Quarantelli, 2015).

À luz desta discussão, incorpora-se um olhar que atribui ao risco de desastres a falhas sistêmicas da sociedade, responsáveis pela produção de vulnerabilidades (Birkmann, 2006), compreendendo que o processo de construção do risco está intrinsecamente atrelado à uma organização do território, marcada por uma segregação socioespacial. Expondo e potencializando deste modo, determinados segmentos da população a vulnerabilidade socioambiental.

Sob essa ótica, assimila-se, portanto, que a ocorrência de fenômenos de origem natural, isoladamente não configura um desastre, mas atua como elemento desencadeador de consequências cuja intensidade e distribuição estão relacionadas às condições de vulnerabilidade previamente estabelecidas. Assim, essa concepção que desnaturaliza o olhar sobre os desastres, passa a compreendê-los sobretudo a partir das estruturas sociais e territoriais que condicionam seus impactos sobre diferentes grupos populacionais (Marchezini et al., 2018).

O panorama expressado converge com o processo de urbanização do município de Angra dos Reis, uma vez que sua expansão demográfica impulsionada pelo Estado através da instalação de grandes empreendimentos turísticos e industriais a partir da década de 50, não fora acompanhado de um aparato e planejamento governamental habitacional capaz de organizar o território (Chetry, 2020). Isto é, a expansão da atividade econômica da região, responsável por provocar um aumento no contingente populacional -- condições que quando associadas às características geográficas locais --

contribuíram para a produção de vulnerabilidades na cidade, elevando a exposição da população às ameaças naturais, e consequentemente, aos riscos de desastres.

2.2 SISTEMAS DE ALERTA PRECOCE COMO INSTRUMENTOS DE MITIGAÇÃO DO RISCO

Os Sistemas de Alerta Precoce (SAP) compreendem um conjunto articulado de instrumentos, procedimentos e mecanismos institucionais voltados à identificação, ao monitoramento e à comunicação antecipada de ameaças, com o propósito de subsidiar a adoção de medidas protetivas por parte dos grupos expostos a situações de riscos. Conforme estabelecido pelo Escritório das Nações Unidas para a Redução do Risco de Desastres (UNDRR, 2023), estes sistemas integram processos de produção, análise e disseminação de informações que possibilitam a emissão de alertas à população mediante a possibilidade de ocorrência de eventos adversos, através da integração de distintos atores, desde a sociedade civil até composições governamentais.

Nos sistemas de alerta para movimentos gravitacionais de massa desencadeados por chuvas, a emissão de avisos pode ser subsidiada pela integração de informações hidrometeorológicas e geotécnicas, incluindo a intensidade e a duração da precipitação e as condições de suscetibilidade das encostas (Calvello et al., 2014). Essa articulação permite estabelecer critérios para identificar situações potencialmente críticas e orientar medidas de proteção nas áreas monitoradas. Entretanto, a emissão do alerta não assegura, por si só, a evacuação: a resposta depende também da compreensão das orientações, da preparação prévia e das condições concretas de acesso a locais seguros.

Entretanto, destaca-se que a ativação do sistema, estabelece limiares pluviométricos para a garantia de um grau de confiabilidade, com o intuito de reduzir falsos alertas e situações em que deslizamentos ocorrem sem a emissão de um aviso prévio. O estado brasileiro, utiliza majoritariamente o método estatístico com representação unidimensional, com índices totais calculados em intervalos de 1, 12, 24, 48, 72 e 96h, além de registros acerca do nível mensal de chuva acumulada, definindo extremos críticos de precipitação associados ao desencadeamento de movimentos de massa (CEMADEN, 2018).

O Sistema de Alerta e Alarme de Angra dos Reis, vinculado à Secretaria de Proteção e Defesa Civil, estabelece que para a ativação dos mecanismos do SAP, os acumulados precisam alcançar os seguintes níveis: 50 mm em 1h; 100 mm em 24h e 200 mm em 96h. As transmissões das informações de evacuação em caso de acionamento do mesmo, é realizado através de sirenes fixas instaladas distribuídas em 24 localidades, pela emissão de torpedos SMS, por canais da plataforma WhatsApp e

pela tecnologia *Cell Broadcast*[2] do Defesa Civil Alerta (Angra dos Reis, 2021).

Destaca-se ainda que o SAP deve-se caracterizar como um sistema centrado nas pessoas (Marchezini, 2017), logo sua efetividade não pode ser medida exclusivamente pela sua capacidade de monitorar e prever ameaças, mas também pela disseminação rápida acessível e compreensível das informações, capaz de reduzir a vulnerabilidade dos indivíduos expostos a situações de risco, concretizadas através da implementação de múltiplos canais de comunicação.

2.3 ENTRE O ALERTA E A AÇÃO: COMUNICAÇÃO DE RISCO

A emissão de uma mensagem de alerta não garante que seus destinatários a recebam, compreendam seu significado, confiem na orientação ou consigam adotar a conduta recomendada. Sistemas centrados nas pessoas dependem da articulação entre conhecimento do risco, monitoramento, disseminação e capacidade de resposta (Basher, 2006; UNDRR, 2023). A comunicação de risco deve, portanto, ser avaliada para além do envio técnico da mensagem, compreendendo aspectos das necessidades e capacidades dos grupos situados em áreas de risco. A comunicação assume, portanto, papel central e decisivo intrínseco ao sistema, visto que este estabelece uma ponte entre os distintos atores que compõem as esferas políticas, governamentais e da sociedade civil.

A efetividade pressupõe a articulação entre duas dimensões complementares. A primeira refere-se à capacidade institucional de interpretar e converter as informações técnicas produzidas pelo monitoramento em decisões e medidas concretas de prevenção e resposta pelos órgãos públicos responsáveis. A segunda relaciona-se à apropriação dessas informações pela população exposta, cuja adesão às orientações emitidas constitui um elemento fundamental para a adoção de comportamentos auto protetivos e a redução dos impactos decorrentes de eventos adversos (Basher, 2006).

Nesse sentido, evidencia-se uma relação de interdependência entre a produção do conhecimento técnico, os processos decisórios das instituições responsáveis pela gestão dos riscos e as respostas mobilizadas pelos indivíduos e comunidades. Tal perspectiva suscita, deste modo, a necessidade de problematizar as estratégias de comunicação de risco e os mecanismos de disseminação dos alertas, especialmente diante da ocorrência de eventos pluviométricos extremos.

Em última análise, sobressai-se que os grupos e comunidades vulnerabilizadas não devem ser assimilados enquanto receptores passivos de informações, de modo que se pressupõe a concepção de processos participativos, incorporando a sociedade aos espaços de construção produção do

[2] Envio de mensagens estilo pop-up sem a necessidade de cadastro prévio.

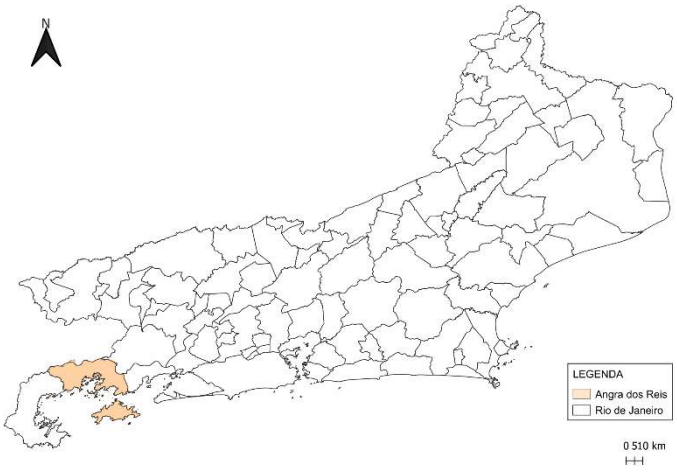
conhecimento e avaliação do sistema, através da incorporação de experiencias e sabres dos territórios (Oliveira, 2023). Esta metodologia, fortalece o vínculo institucional e a confiabilidade nas informações transmitidas em emergências, fomentando substancialmente o desenvolvimento de capacidades adaptativas e comportamento de autoproteção.

3 METODOLOGIA

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado em Angra dos Reis, município do litoral sul do estado do Rio de Janeiro (Figura 1), localizado entre as coordenadas geográficas de 23º00'24''S e 44º19'05''W (IBGE, 2007). O território caracteriza-se pela sua configuração continental e insular, com área total de 819 km², sendo distribuído respectivamente, entre as áreas de 629 km² 193 km².

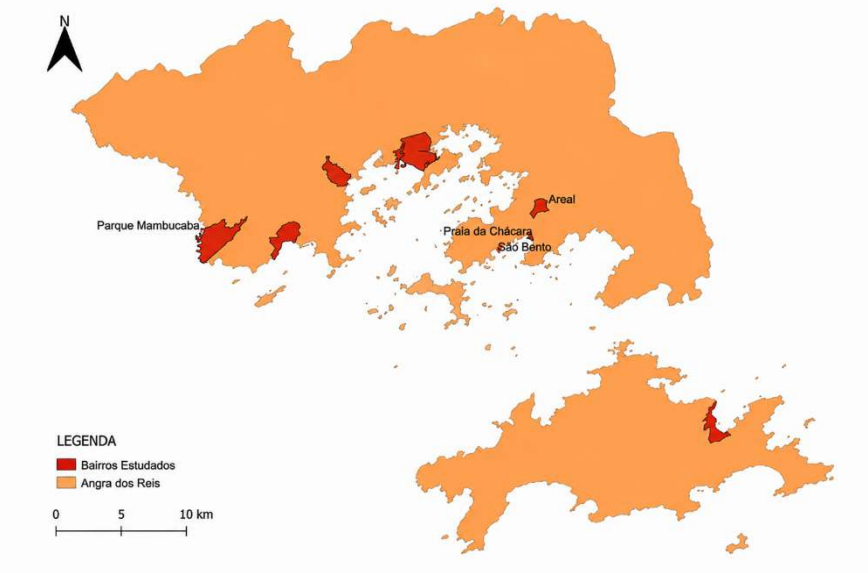
Figura 1 – Localização do município de Angra dos Reis (RJ).



Fonte: IBGE (2007).

Com o propósito de apresentar a distribuição espacial das unidades de monitoramento pluviométrico que compõem o recorte empírico desta investigação, a figura a seguir (Figura 2) apresenta a localização geográfica das estações selecionadas para a análise, distribuídas em oito bairros do município de Angra dos Reis, a saber: Areal, Abraão, Bracuí, Frade, Monsuaba, Praia da Chácara, Parque Mambucaba e São Bento.

Figura 2 – Bairros monitorados no estudo.



Fonte: Pires (2026, dissertação não publicada).

3.2 DADOS PLUVIOMÉTRICOS E ANÁLISES ESTATÍSTICAS

A presente pesquisa caracteriza-se como um estudo de caso (Stake, 1995), de natureza aplicada e abordagem qualiquantitativa, articulando dados secundários de precipitação registrados pelo Centro de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais de Angra dos Reis (CEMADEN-AR), disponibilizados pela Secretaria Municipal de Proteção e Defesa Civil, e dados primários obtidos por meio de questionário digital semiestruturado.

O primeiro agrupamento de dados, correspondem aos valores pluviométricos registrados em quatro bairros do município de Angra dos Reis no período de 2013 a 2025, sendo eles: Areal, Abraão, Bracuí e Praia da Chácara. Foram investigados os índices de extremos climáticos (Zhang et al., 2011), para a caracterização da variabilidade de chuva e dos eventos extremos no território, o *Annual total wet-day precipitation* (PRCPTOT), que mede a soma total de precipitação acumulada no período de um ano, e o *Maximum 1-day preciptation* (RX1day), que indica o maior volume de chuva acumulado em um único dia, registrado em um local.

As séries foram avaliadas quanto à consistência dos registros, duplicidades, valores discrepantes e completude temporal. Anos com percentual de dados ausentes superior a 10% (36 dias) foram excluídos das análises correspondentes, ilustrados no quadro a seguir (Quadro 1). O ano de 2013 foi excluído para todas as estações, devido à insuficiência de registros.

Tabela 1- Caracterização das estações pluviométricas e percentual de falhas das séries históricas (2013-2025)

Estação	Falhas da Série	Anos excluídos informados
Abraão	13,5% (21 meses)	2013 e 2017
Areal	11,3% (17 meses e 18 dias)	2013, 2016 e 2023
Bracuí	6,9% (10 meses e 23 dias)	2013 e 2015
Praia da Chácara	14,2% (22 meses e 14 dias)	2013, 2014, 2017 e 2019

Fonte: Elaborado pelos autores. Segundo dados em Pires (2026, dissertação não publicada).

Para caracterizar o comportamento dos índices foi realizada uma análise de caráter descritivo (Crespo, 2009), considerando média, máximo e mínimo das séries. A média aritmética fora utilizada para representar o valor médio de precipitação dos índices analisados. Seu cálculo é demonstrado pela soma de todos os valore observados, divida pelo número total de observações, conforme a expressão:

$$X = \frac{\sum fi \, . \, xi}{N} \qquad (1)$$

Onde:

x = média aritmética

$\sum$ = somatória

fi = frequência absoluta da medida Xi

xi = medida obtida

N = número total de elementos do conjunto

A análise do RX1day utilizou o limiar de 100 mm em 24 horas para contextualizar os máximos diários de precipitação em relação às rotinas operacionais do Sistema de Alerta e Alarme da Defesa Civil municipal. Esse valor foi empregado como referência para identificar os anos em que o maior acumulado diário ultrapassou o critério considerado, e não como um limite universal para a ocorrência de desastres. A superação desse limiar não comprova, isoladamente, o acionamento do sistema, cuja confirmação exige a consulta aos registros operacionais. Para representar o comportamento das chuvas nas estações investigadas, os índices PRCPTOT e RX1day foram sistematizados em gráficos de linhas e barras, apresentados na seção 4.1.

3.3 QUESTIONÁRIO DE CONTEÚDO

O segundo conjunto de dados demonstrados no estudo, compreende os elementos analisado em pesquisa de campo através da aplicação de formulários digitais à população residente de áreas de risco, durante o período de 5 a 10 de abril de 2025, com o intuito de verificar a percepção da população acerca da ativação do Sistema de Alerta e Alarme de Angra dos Reis no evento hidrometeorológico intenso ocorrido no dia 4 de abril de 2025. Os questionários foram distribuídos por grupos de comunicação do WhatsApp associados aos bairros monitorados.

Para a análise apresentada neste artigo, adotou-se como base 3.229 respostas à pergunta específica sobre recebimento do alerta, conforme a seção de resultados. As questões subsequentes reuniram 2.642 respostas, em razão do fluxo de perguntas do questionário.

As questões fechadas investigaram o recebimento e a visualização do alerta, a vibração e o som do telefone, o recebimento de mensagens adicionais e a localização dos participantes. A questão aberta e facultativa reuniu 556 comentários, categorizados em aprovação do sistema, solicitação de melhorias, problemas no recebimento, dificuldade de compreensão, críticas ao sistema e outros. A análise combina frequências descritivas e interpretação temática dos comentários.

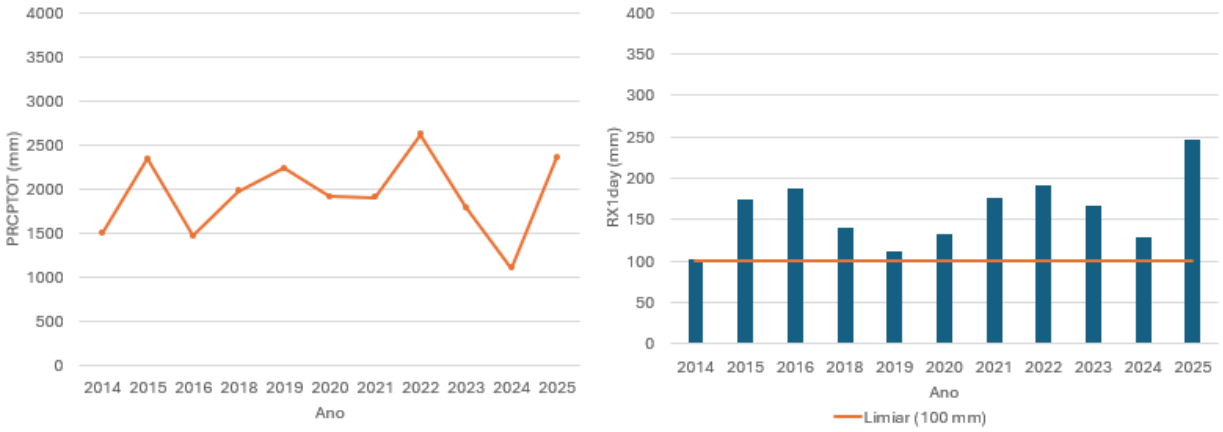
4 RESULTADOS

4.1 VARIABILIDADE DOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO

Nesta seção, são apresentados os gráficos dos índices RX1day e PRCPTOT das estações investigadas, com o intuito de examinar o comportamento das precipitações. A partir desses indicadores, busca-se identificar padrões e variações na intensidade das chuvas diárias máximas e no volume total de precipitação acumulada, evidenciando as particularidades do regime pluviométrico.

A primeira estação pluviométrica analisada apresenta características distintas das demais, uma vez que está localizada na porção insular do município de Angra dos Reis, especificamente na Ilha Grande, no bairro do Abraão. Essa particularidade geográfica deve ser considerada na interpretação dos resultados, tendo em vista as possíveis especificidades do regime pluviométrico local. Em consonância com o limiar metodológico estabelecido, os anos de 2013 e 2017 foram excluídos da análise, em razão de não atenderem aos critérios de consistência e representatividade dos dados adotados no estudo. Os dados demonstram-se a seguir na Figura 3.

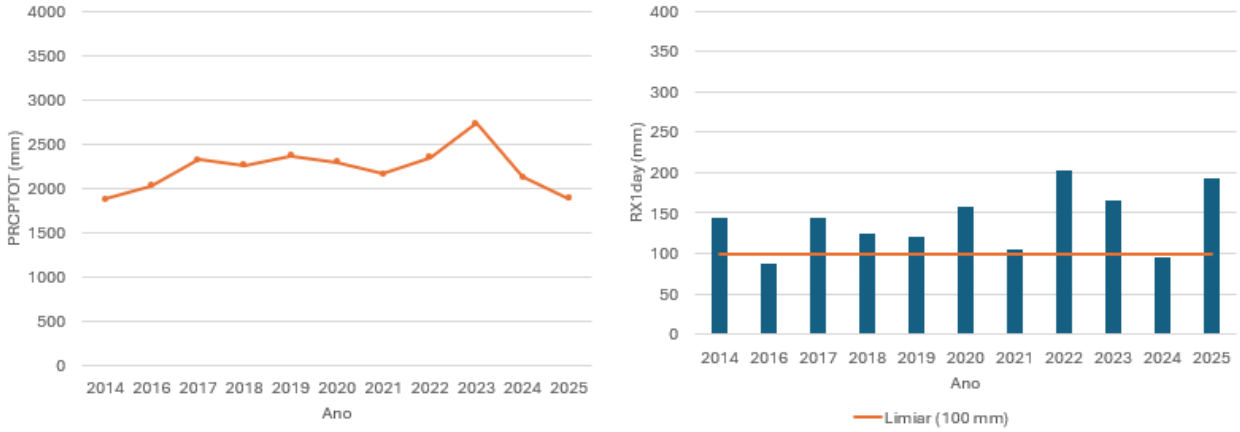
Figura 3 – Índices de precipitação PRCPTOT e RX1day da estação pluviométrica Abraão (2014–2025).



Fonte: Pires (2026, dissertação não publicada).

Na Vila do Abraão, o RX1day médio foi de 192,70 mm, com máximo de 554,05 mm em 1º de abril de 2022. A dissertação registra que, no dia seguinte, foram acumulados mais 192,01 mm, totalizando 736,06 mm em dois dias consecutivos. O episódio ilustra a limitação de um indicador que considera apenas o maior acumulado em um único dia: a persistência da chuva pode ampliar o potencial de impacto mesmo quando a análise se concentra no valor máximo diário.

Figura 4 – Índices de precipitação PRCPTOT e RX1day da estação pluviométrica Bracuí (2014–2025).

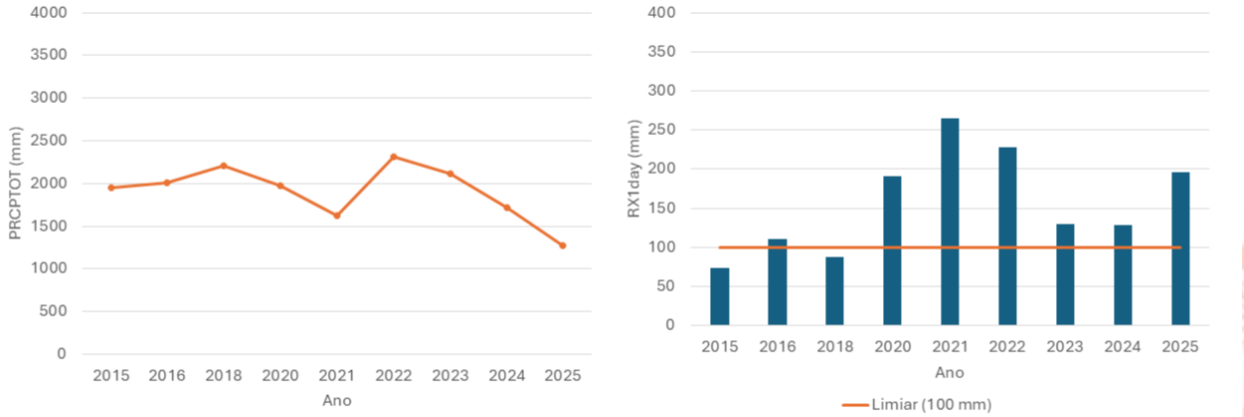


Fonte: Pires (2026, dissertação não publicada).

No Bracuí, o PRCPTOT médio foi de 2.217,07 mm e o RX1day médio, de 139,85 mm. O episódio de dezembro de 2023 demonstrou a importância da duração da precipitação: a dissertação descreve 165,88 mm no primeiro dia e 85,27 mm nas horas do dia seguinte, totalizando 251,15 mm,

em contexto de inundações severas. Na estação Areal, o PRCPTOT médio informado foi de 1.695,21 mm, com grande amplitude entre os registros anuais; a dissertação atribui parte dessa variabilidade a um valor mínimo excepcionalmente baixo, mantido na análise por não haver indicação de falha operacional na base oficial.

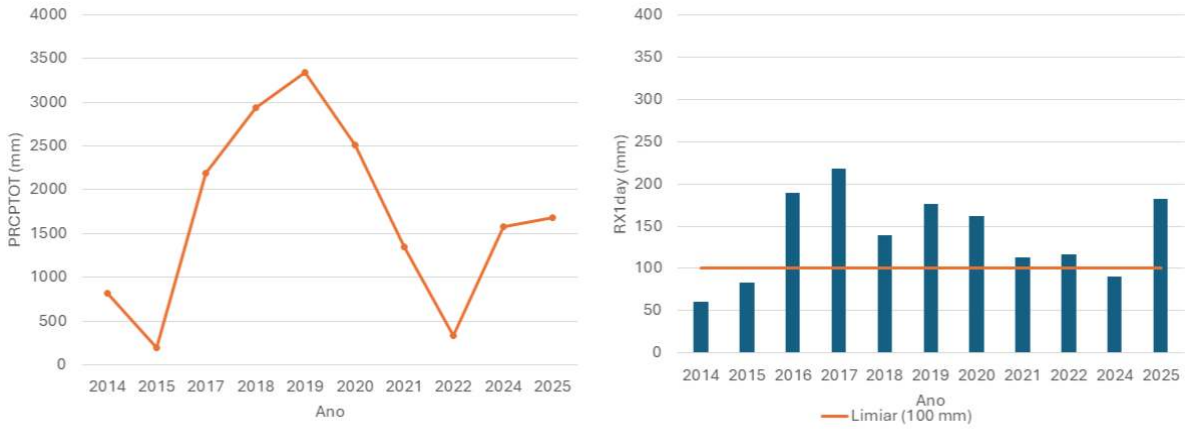
Figura 5 – Índices de precipitação PRCPTOT e RX1day da estação pluviométrica Praia da Chácara (2015–2025).



Fonte: Pires (2026, dissertação não publicada).

A estação da Praia da Chácara apresenta menor dispersão dos dados em relação às demais estações, o que não significa ausência de episódios de precipitação intensa. Esta também foi a única estação em que RX1day passou de 250 mm. As variações dos máximos diários ocorrem em um contexto regional marcado pela atuação de sistemas frontais, da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e de processos convectivos. Em Angra dos Reis, a proximidade do oceano e o relevo montanhoso podem favorecer o aporte e a elevação do ar úmido, contribuindo para chuvas expressivas. Entretanto, atribuir os máximos registrados a sistemas específicos exige análise meteorológica dos episódios, enquanto seus impactos dependem também das condições de drenagem, das encostas e da ocupação territorial.

Figura 6 – Índices de precipitação PRCPTOT e RX1day da estação pluviométrica Areal (2014–2025)



Fonte: Pires (2026, dissertação não publicada).

Na estação pluviométrica do Areal, o valor mínimo do PRCPTOT apresenta-se discrepante em relação aos demais registros, mas foi mantido na análise por não haver indicação de falhas ou inconsistências nos dados oficiais. Quanto ao Rx1day, apenas os anos de 2014, 2015 e 2024 registraram valores inferiores ao limiar de 100 mm. Destaca-se 2017, com o maior acumulado diário da série, de 218,41 mm.

As séries evidenciaram diferenças entre localidades nos acumulados anuais e nos máximos diários, indicando que a precipitação extrema não se distribui uniformemente pelo território. As médias anuais de PRCPTOT apresentadas para as estações variaram de 1.695,21 mm em Areal a 2.217,07 mm em Bracuí, enquanto a estação Abraão apresentou média de 1.922,56 mm. Esses resultados refletem regimes locais distintos e devem ser interpretados em conjunto com as diferenças de completude das séries.

Tabela 2 - Estatísticas descritivas dos índices pluviométricos PRCPTOT e Rx1day por estação de monitoramento.

Estação	PRCPTOT médio (mm)	RX1day médio (mm)	RX1day máximo (mm)
Areal	1.695,21	139,16	218,41
Vila do Abraão	1.922,56	192,70	554,05
Bracuí	2.217,07	139,85	203,54
Praia da Chácara	1.908,52	156,65	264,46

Fonte: Elaborado pelos autores. Segundo dados em Pires (2026, dissertação não publicada).

A síntese temporal da dissertação indica concentração dos maiores acumulados entre os meses de primavera e verão, especialmente de dezembro a março, embora eventos importantes também tenham ocorrido em outros meses. Essa sazonalidade é compatível com a atuação regional de sistemas

frontais, ZCAS, aporte de umidade oceânica e efeito orográfico, mas os episódios descritos reforçam que a persistência em dias consecutivos deve ser considerada na interpretação operacional.

4.2 ALCANCE DECLARADO e PERCEPÇÃO DA POPULAÇÃO DO ALERTA EM 4 DE ABRIL DE 2025

Inicialmente, são apresentados os resultados referentes ao primeiro eixo de análise, que contempla os aspectos técnicos relacionados ao funcionamento do *Defesa Civil Alerta* e dos demais mecanismos do Sistema de Alerta e Alarme (SAA) durante o evento de 4 de abril de 2025. Para fins de análise, os resultados foram organizados em dois eixos: (1) aspectos técnicos relacionados ao funcionamento dos sistemas durante o evento de 4 de abril de 2025; e (2) percepção da população acerca desses instrumentos. As respostas obtidas permitem examinar as condições de funcionamento desses instrumentos, bem como a experiência dos participantes em relação à recepção dos alertas e às medidas de proteção associadas. Os resultados estão sistematizados na tabela a seguir.

Quadro 1 – Aspectos técnicos do funcionamento do SAA em 4 de abril de 2025.

Indicador	**Resultado apresentado**	**Base**
Recebeu alerta da Defesa Civil	81,8% sim; 18,2% não	3.229
Mensagem apareceu na tela (pop-up)	96,4% sim; 3,6% não	2.642
Telefone vibrou	81,1% sim; 9,6% não; 9,3% não sabem	2.642
Recebeu outra mensagem relacionada	48,4% sim; 37,6% não; 14,0% não sabem	2.642
Localização no momento do alerta	96,4% em Angra dos Reis; 3,6% em outros locais	2.642

Fonte: Elaborado pelos autores. Segundo dados em Pires (2026, dissertação não publicada)..

Dos 3.229 participantes considerados na pergunta sobre recebimento, 81,8% afirmaram ter recebido o alerta e 18,2% declararam não tê-lo recebido. Como os que responderam negativamente não avançaram para as questões subsequentes, essas perguntas reuniram 2.642 respostas. Entre elas, 96,4% afirmaram que a mensagem apareceu na tela do celular; 81,1% informaram vibração do aparelho, enquanto 9,6% disseram que não houve vibração e 9,3% não souberam informar.

Quanto ao recebimento de outra mensagem relacionada ao alerta, 48,4% responderam afirmativamente, 37,6% negativamente e 14,0% não souberam informar. Sobre o sinal sonoro, a dissertação apresenta 2.268 participantes (70,24% do total de 3.229) que informaram que o telefone tocou repetidamente, 235 (7,28%) que não ouviram som, 109 (3,38%) que não souberam informar e 587 (18,18%) sem resposta registrada. A presença de respostas ausentes deve ser considerada na leitura desse indicador.

Na sequência, são apresentados os resultados referentes ao segundo eixo de análise, voltado à percepção da população acerca do Sistema de Alerta e Alarme de Angra dos Reis. As respostas foram sistematizadas em categorias temáticas (Quadro 2) definidas a partir da identificação de percepções e demandas semelhantes, contemplando a aprovação do sistema, solicitações de melhorias, problemas no recebimento, dificuldades de compreensão, críticas e outros apontamentos. Essa organização[3] permite identificar as principais potencialidades e limitações do sistema, bem como as necessidades de aprimoramento apontadas pelos participantes.

Quadro 2 – Percepção da população sobre o SAA de Angra dos Reis

Categoria de comentário	**Frequência**	**Percentual**
Aprovação do sistema	375	67,45%
Solicitação de melhorias	85	15,29%
Problemas no recebimento	45	8,09%
Críticas gerais ao sistema	28	5,04%
Outros	17	3,06%
Dificuldade de compreensão	6	1,08%
Total	556	100,01%*

Fonte: Elaborado pelos autores. Segundo dados em Pires (2026, dissertação não publicada).

Entre os 556 comentários abertos, 375 (67,45%) foram classificados como aprovação do sistema. Outros 85 (15,29%) solicitaram melhorias, incluindo maior direcionamento territorial e informação mais precisa sobre as localidades abrangidas. Foram registrados 45 comentários (8,09%) sobre falhas, atrasos ou ausência de recebimento; 28 (5,04%) críticas gerais; 17 (3,06%) manifestações diversas; e seis (1,08%) referências a dificuldade de compreensão. As manifestações indicam que a avaliação do alerta não se restringe à recepção técnica. Os comentários pediram mensagens mais localizadas e claras, orientações práticas e melhorias no funcionamento. O conjunto mostra aceitação majoritária entre aqueles que optaram por comentar, ao mesmo tempo que revela aspectos operacionais e comunicacionais a serem aperfeiçoados.

5 DISCUSSÃO

Os resultados demonstram que o sistema alcançou parcela expressiva dos participantes no evento analisado, mas também que uma fração relevante declarou não ter recebido o alerta. A proporção de visualização em pop-up entre os respondentes às perguntas subsequentes sugere bom desempenho percebido desse mecanismo, mas não equivale a comprovação de compreensão da

[3] Diferença de 0,01 ponto percentual decorrente do arredondamento.

mensagem ou adoção de medidas protetivas. Sistemas de alerta centrados nas pessoas dependem da articulação entre monitoramento, disseminação, interpretação e capacidade de resposta (Basher, 2006; UNDRR, 2023). A heterogeneidade espacial da chuva reforça a importância de combinar dados de múltiplas estações com informações de exposição e vulnerabilidade. Os resultados de Areal, Abraão e Bracuí mostram médias e máximos distintos, enquanto os episódios de chuva persistente demonstram que um indicador diário isolado não descreve completamente a ameaça. Para a gestão municipal, a análise deve considerar a distribuição espacial, a duração dos eventos e os limiares operacionais em uso, sem tratar um único valor como explicação suficiente para todos os cenários.

A comunicação deve transformar informação técnica em orientação prática. Uma mensagem útil precisa indicar a ameaça, a localidade afetada, a urgência e a ação esperada. As solicitações por maior especificidade territorial são consistentes com a necessidade de que o destinatário reconheça se está incluído na área de risco. A segmentação deve ser acompanhada de cautela: mensagens muito amplas podem gerar ruído e reduzir a percepção de pertinência, mas a segmentação inadequada pode deixar comunidades expostas sem informação.

O hiato da "última milha" refere-se aos obstáculos entre a emissão do alerta e sua conversão em ação protetiva. Nesta pesquisa, os relatos de problemas de recebimento e de clareza das mensagens indicam dificuldades na comunicação, mas não permitem determinar se os participantes adotaram as medidas recomendadas. Em sistemas centrados nas pessoas, a resposta depende também da preparação e da capacidade de agir da população exposta (Basher, 2006; UNDRR, 2023). Assim, avaliar a efetividade do sistema exige distinguir o alcance das mensagens, sua compreensão e as condições concretas para seguir as orientações, dimensões que não podem ser verificadas apenas pela contagem de alertas enviados ou pelo recebimento declarado.

A preparação comunitária, os Núcleos Comunitários de Proteção e Defesa Civil (NUPDECs), os exercícios simulados e a divulgação prévia dos pontos de apoio podem tornar a mensagem mais acionável. A dissertação também propõe protocolos de comunicação, educação e integração operacional e um plano de segurança de bens. Essas propostas reconhecem que a confiança e a resposta dependem tanto da clareza da mensagem quanto das condições concretas disponíveis para seguir a orientação.

Há limitações relevantes. A pesquisa utilizou formulário digital distribuído por redes de comunicação e compartilhamento entre moradores, sem demonstrar amostragem probabilística. As respostas refletem a percepção dos participantes e não permitem inferir diretamente comportamento

real de evacuação. As séries pluviométricas apresentam períodos excluídos e falhas distintas. A análise considera como base principal 3.229 respostas à pergunta sobre recebimento do alerta; as questões subsequentes possuem base própria de 2.642 respostas.

5.1 DIRETRIZES PARA O APRIMORAMENTO DA GESTÃO

Os achados permitem organizar quatro diretrizes aplicadas. A primeira é aprimorar o conteúdo das mensagens, incluindo ameaça, localidade, ação recomendada e indicação de ponto de apoio ou rota quando aplicável. A segunda é reforçar a cobertura e a redundância dos canais de disseminação, reconhecendo que diferentes pessoas podem depender de mecanismos distintos. A terceira é integrar alertas a atividades permanentes de preparação comunitária, exercícios simulados e educação para o risco. A quarta é instituir avaliação pós-evento com registro do horário de emissão, canais utilizados, área de abrangência, dúvidas recorrentes, funcionamento dos pontos de apoio e ações observadas.

Um modelo de mensagem operacional, a ser validado pela Defesa Civil conforme o cenário e os protocolos vigentes, poderia seguir a estrutura: “DEFESA CIVIL: risco de [ameaça] em [bairro/localidade]. [Instrução objetiva de proteção]. Dirija-se ao ponto de apoio [identificação], seguindo a rota segura indicada. Não retorne até nova orientação oficial.” Os campos devem ser preenchidos apenas com informação confirmada e compatível com a ocorrência. Recomenda-se que futuras avaliações diferenciem indicadores de entrega da mensagem, recebimento declarado, compreensão, confiança, intenção de agir, ação efetivamente realizada e tempo de resposta. Essa distinção permitiria identificar se as limitações estão relacionadas à cobertura tecnológica, ao conteúdo comunicacional ou às condições sociais e logísticas da autoproteção.

6 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise conjunta das séries pluviométricas e do questionário indica que Angra dos Reis apresenta variabilidade espacial dos acumulados e dos extremos diários, e que a persistência da chuva em dias consecutivos pode ampliar o potencial de impacto. A utilização dos índices PRCPTOT e RX1day contribui para caracterizar as séries, mas deve ser acompanhada de controle de qualidade, consideração das falhas e interpretação dos episódios persistentes.

A articulação entre a caracterização das chuvas e a percepção dos moradores constitui uma contribuição do estudo para a avaliação dos alertas municipais. Enquanto os registros pluviométricos permitem reconhecer diferenças entre localidades e episódios relevantes para o monitoramento, o

questionário revela aspectos da recepção e da avaliação das mensagens pelos participantes. Consideradas em conjunto, essas dimensões oferecem subsídios para aproximar os critérios técnicos de alerta das necessidades de informação e proteção nos territórios.No evento de 4 de abril de 2025, 81,8% dos 3.229 participantes considerados na pergunta específica declararam ter recebido o alerta. Entre os 2.642 respondentes às questões subsequentes, 96,4% afirmaram que a mensagem apareceu na tela do celular. Dos 556 comentários abertos, 67,45% foram classificados como aprovação, enquanto as demais categorias revelaram pedidos de melhoria, problemas de recebimento e críticas.

O aprimoramento do Sistema de Alerta e Alarme deve ser compreendido como um processo contínuo, alimentado pela experiência dos órgãos responsáveis e das comunidades expostas. Os resultados não permitem concluir que o recebimento da mensagem tenha resultado, necessariamente, em comportamento protetivo efetivo. A efetividade do alerta exige integração entre monitoramento, decisão operacional, comunicação compreensível, preparação comunitária e condições para a população agir. Recomenda-se aprimorar a localização das mensagens, as instruções práticas, os canais redundantes e a avaliação pós-evento, bem como validar os números divergentes diretamente nas bases originais antes da publicação. Dessa forma, a contribuição esperada do sistema ultrapassa a disseminação dos avisos e envolve o fortalecimento das condições para que a população reconheça os riscos e possa seguir as orientações de proteção.

REFERÊNCIAS

ANGRA DOS REIS. *Decreto nº 12.189, de 2 de agosto de 2021. Dispõe sobre o Regimento Interno da Secretaria Executiva de Proteção e Defesa Civil. Título II: Da Organização Disciplinar, Capítulo I: Dos Procedimentos Operacionais Padrão.* Angra dos Reis: Secretaria de Proteção e Defesa Civil, atualizado em 19 jul. 2024.

ANGRA DOS REIS (RJ). *Prefeitura Municipal. Plano Municipal de Redução de Riscos. Angra dos Reis: Prefeitura Municipal de Angra dos Reis*, 2025. Disponível em: https://angra.rj.gov.br/reducao-de-riscos. Acesso em: 1 out. 2026.

BASHER, Reid. *Global early warning systems for natural hazards: systematic and people-centred. Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences,* v. 364, n. 1845, p. 2167-2182, 2006. DOI: https://doi.org/10.1098/rsta.2006.1819.

BIRKMANN, J. *Measuring vulnerability to promote disaster-resilient societies: conceptual frameworks and definitions. In*: Measuring vulnerability to natural hazards: towards disaster resilient societies. [S. l.]: [s. n.], 2006. v. 1, p. 3-7.

CALVELLO, Michele et al. *The Rio de Janeiro early warning system for rainfall-induced landslides: analysis of performance for the years 2010–2013. International Journal of Disaster Risk Reduction*, [S. l.], v. 12, p. 248-254, jun. 2015. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2015.02.005.

CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS (CEMADEN). *Manual técnico para elaboração, transmissão e uso de alertas pluviométricos de deslizamentos de terra.* 2. ed. São José dos Campos: Cemaden, 2018.

CHETRY, Michael. *Crescimento demográfico e espacial de uma cidade média: Angra dos Reis*. Cadernos do Desenvolvimento Fluminense, Rio de Janeiro, n. 14/15, p. 23-34, 2020.
CRESPO, A. A. *Estatística fácil*. 19. ed. São Paulo: Saraiva, 2009.

IBGE. *Base cartográfica vetorial contínua do Rio de Janeiro (1:25.000)*. Rio de Janeiro: IBGE, 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Angra dos Reis-RJ: *mapa municipal estatístico. Escala 1:50.000. Rio de Janeiro: IBGE*, 2007. Disponível em: https://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/mapas_para_fins_de_levantamentos_estatisticos/contagem_da_populacao_e_censo_agropecuario_2007/mapas_municipais_estatisticos/rj/angra_dos_reis.pdf. Acesso em: 6 out. 2026.

MARCHEZINI, Victor et al. *Sistemas participativos de alerta precoce: juventude, ciência cidadã e diálogos intergeracionais sobre redução do risco de desastres no Brasil*. International Journal of Disaster Risk Science, [S. l.], v. 8, n. 4, p. 390-401, dez. 2017. DOI: https://doi.org/10.1007/s13753-017-0150-9. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s13753-017-0150-9. Acesso em: 7 out. 2026.

OLIVEIRA, Uilians Vieira de; COSTA, Rosangela Calado da; FREITAS, Juliana Gardenalli de. *O*

que faz uma comunicação de risco ser eficiente? A visão dos envolvidos. Ambiente & Sociedade, São Paulo, v. 26, 2023. DOI: https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20210059r2vu2023L1AO.

ORGANIZAÇÃO METEOROLÓGICA MUNDIAL; ESCRITÓRIO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A REDUÇÃO DO RISCO DE DESASTRES. Global status of multi-hazard early warning systems. Geneva: WMO/UNDRR, 2022. 1 imagem, color. Infográfico. Disponível em: https://www.undrr.org/publication/global-status-multi-hazard-early-warning-systems-2022. Acesso em: 7 out. 2026.

PIRES, Fábio Júnior da Silva. *Extremos de precipitação e sistema de alerta de desastres: uma análise da comunicação e da resposta da população em Angra dos Reis - RJ*. Niterói, RJ, 2026. Dissertação não publicada.

QUARANTELLI, Enrico Louis. *Uma agenda de pesquisa do século 21 em ciências sociais para os desastres: questões teóricas, metodológicas e empíricas, e suas implementações no campo profissional.* Tradução de Raquel Brigatte. O social em questão, Rio de Janeiro, ano XVIII, n. 33, p. 25-56, 2015.

SILVA, W.; DERECZYNSKI, C. P. *Caracterização climatológica e tendências de extremos no Rio de Janeiro.* Anuário do Instituto de Geociências, v. 37, p. 123-138, 2014.

UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION (UNDRR). *Words into Action guidelines: Multi-hazard early warning systems*. Geneva: UNDRR, 2023.

ZHANG, X. et al. *Indices for monitoring changes in extremes based on daily temperature and precipitation data.* Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change, v. 2, n. 6, p. 851-870, 2011. DOI: https://doi.org/10.1002/wcc.147.