

## **RESPOSTA LOCAL EM SISTEMAS DE ALERTA PARA INUNDAÇÕES BRUSCAS: UMA ABORDAGEM INTEGRADA COM DADOS OPERACIONAIS E CIÊNCIA CIDADÃ**

*Jussanã Milograna<sup>1</sup> & Priscilla Macedo Moura<sup>2</sup>*

**RESUMO** – A efetividade de sistemas de alerta precoce e abordagens de *nowcasting* não depende apenas da sofisticação tecnológica, mas também da integração entre monitoramento, comunicação de risco, governança e capacidade local de ação. Neste contexto, o presente artigo apresenta uma proposta de abordagem integrada para o *nowcasting* de inundações bruscas em bacias urbanas, articulando bases operacionais da Defesa Civil, sistemas institucionais locais e dados de ciência cidadã, com vistas ao fortalecimento da resposta local. A proposta toma como referência municípios brasileiros com características distintas de governança e monitoramento, buscando identificar atores, fluxos de informação, gargalos operacionais e possibilidades de integração de dados. Metodologicamente, o estudo combina revisão bibliográfica, análise documental, levantamento institucional, entrevistas com atores-chave e análise das bases de dados utilizadas na gestão do risco. Como contribuição, espera-se oferecer diretrizes para o aprimoramento da governança de sistemas de alerta de impacto, oferecer bases para a construção de alertas centrados nas pessoas, aprimorar os alertas e integrar capacidades técnicas, institucionais e comunitárias em contextos urbanos.

**Palavras-Chave** – Ciência cidadã; *nowcasting*; sistemas de alerta precoce.

**ABSTRACT** – The effectiveness of early warning systems and nowcasting approaches depends not only on technological sophistication, but also on the integration of monitoring, risk communication, governance, and local response capacity. In this context, this article presents a proposal for an integrated approach to flash flood nowcasting in urban catchments, articulating Civil Defense operational databases, local institutional systems, and citizen science data, with a view to strengthening local response. The proposal takes Brazilian municipalities with distinct governance and monitoring characteristics as reference cases, seeking to identify actors, information flows, operational bottlenecks, and possibilities for data integration. Methodologically, the study combines literature review, document analysis, institutional mapping, interviews with key actors, and analysis of the databases used in risk management. As a contribution, it is expected to provide guidelines for improving the governance of impact-based warning systems, offer a basis for the development of people-centered warnings, enhance warning and integrate technical, institutional, and community capacities in urban contexts.

**Key-words** – Citizen science; nowcasting; early warning systems.

---

1, 2) Universidade Federal de Minas Gerais. Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos Escola de Engenharia da UFMG - Bloco I  
Av. Antônio Carlos, 6627- Campus Pampulha - 31 270-901 – Belo Horizonte Tel: +(31) 3409.3684 – Fax: +(31) 3409.1001 -  
1) jussana.milgrana@ifg.edu.br  
2) priscilla.moura@chr.ufmg.br

## 1 INTRODUÇÃO

Os eventos extremos associados a chuvas intensas têm produzido impactos crescentes em áreas urbanas, especialmente em países marcados por desigualdades socioespaciais, limitações de infraestrutura e fragilidades na gestão territorial. No Brasil, os desastres associados ao excesso de chuva têm provocado perdas humanas, materiais e ambientais expressivas, revelando a necessidade de aprimorar não apenas os mecanismos de monitoramento e previsão, mas também os processos de preparação, comunicação de risco e resposta institucional. Somente entre 2013 e 2022, o número de vítimas fatais decorrentes dos eventos chuvosos e da ineficácia ou inexistência das medidas de preparo para a ocorrência desses eventos chegou a 1.756 e sua evolução ano a ano pode ser vista na Figura 1 (LIBERATO, 2023).



Figura 1 – Quantitativo de mortes pela ocorrência de chuvas entre 2013 e 2022.

(Fonte: Sistema Integrado de Informações Sobre Desastres (S2ID) – elaboração técnica da CNM *apud* Liberato, 2023)

No caso das inundações bruscas, a dinâmica hidrológica impõe desafios ainda maiores, uma vez que a elevação rápida do nível da água e a curta janela temporal de resposta limitam a capacidade de atuação dos sistemas convencionais de alerta. Em contextos urbanos, esses desafios são agravados pela impermeabilização do solo, pela configuração do relevo, pela densidade da ocupação e pela existência de populações socialmente vulneráveis, frequentemente expostas a riscos sem dispor de informação tempestiva ou meios adequados de proteção.

Os sistemas de alerta precoce são compostos por conhecimento do risco, monitoramento e previsão, disseminação da informação e capacidade de resposta. Essa perspectiva indica que a eficácia do alerta depende da articulação entre os diferentes elos da cadeia de geração e uso da informação. Assim, fragilidades institucionais, descontinuidade de fluxos informacionais, limitações na comunicação e ausência de protocolos locais podem comprometer o sistema mesmo quando há

capacidade técnica de monitoramento e previsão (LEE et al., 2020; UN, 2006; UNDRR; WMO, 2022).

Nessa mesma direção, a World Meteorological Organization define os sistemas de alerta precoce multiriscos como sistemas integrados de monitoramento, previsão, avaliação de risco, comunicação e preparação, capazes de permitir que indivíduos, comunidades, governos e outros atores adotem ações oportunas para reduzir riscos antes da ocorrência de eventos perigosos. Essa formulação reforça que o alerta não deve ser entendido apenas como emissão de avisos, mas como um arranjo orientado à ação antecipada e à redução de danos (WMO, 2018).

Nesse cenário, debates recentes têm avançado para modelos de alerta centrados nas pessoas, em abordagens multiriscos e alertas baseados em impactos, nos quais exposição, vulnerabilidade, entendimento local do risco e capacidade de ação passam a ser incorporados de forma mais explícita. Essas abordagens reforçam a importância da governança local, da participação comunitária e da integração entre instituições técnicas, operacionais e territoriais (BUDIMIR et al., 2025; IFRCRCS, 2020; WMO, 2015).

No Brasil, porém, persistem limitações importantes. Entre elas destacam-se a baixa densidade de dados hidrológicos em muitos municípios, a inacessibilidade ou inexistência de dados de radar em várias localidades, a dependência de interpretações empíricas por equipes locais e a fragmentação institucional entre órgãos responsáveis pelo monitoramento, emissão de alertas, mobilização, evacuação e resposta. Soma-se a isso a existência, em muitos casos, de planos locais de resposta insuficientemente estruturados, o que dificulta a conversão de alertas em ações concretas e tempestivas.

Diante dessas lacunas, emerge como promissora a integração entre bases de dados operacionais da Defesa Civil, informações territoriais locais, sistemas institucionais e dados de ciência cidadã. Essa articulação pode ampliar a redundância e a confiabilidade das informações, contribuir para o aumento do tempo de antecedência dos alertas e fortalecer a capacidade de tomada de decisão em tempo real. Mais do que uma inovação tecnológica, trata-se de uma estratégia de fortalecimento da governança do risco.

Assim, este artigo tem por objetivo apresentar uma proposta metodológica para a abordagem integrada ao *nowcasting* de inundações bruscas em bacias urbanas, articulando dados operacionais da Defesa Civil, arranjos institucionais locais e contribuições da ciência cidadã, com foco no fortalecimento da resposta local e na melhoria da governança dos sistemas de alerta.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Sistemas de alerta precoce e os quatro pilares de funcionamento**

A literatura especializada define os sistemas de alerta precoce como arranjos integrados capazes de gerar, interpretar, comunicar e transformar informações sobre ameaças em ações antecipadas de redução de danos. De maneira recorrente, esses sistemas são estruturados em quatro pilares: conhecimento do risco, monitoramento e previsão, disseminação da informação e capacidade de resposta. Esses componentes são interdependentes e sua efetividade depende da articulação funcional entre eles. (LEE et al., 2020; UNITED NATIONS, 2006; WMO, 2018).

A adoção dessa perspectiva amplia o entendimento do alerta para além da previsão de eventos, incorporando dimensões sociais, institucionais e territoriais. Isso significa que a emissão de um alerta não é suficiente em si mesma: ela precisa estar conectada à interpretação local, a protocolos operacionais bem definidos, a canais de comunicação eficazes e à capacidade concreta de ação da população e das instituições envolvidas.

### **2.2 Inundações bruscas, *nowcasting* e restrições operacionais**

As inundações bruscas são decorrentes de chuvas rápidas, de alta intensidade que ocorrem localmente, geralmente associadas a chuvas convectivas. Suas principais características são a rápida evolução do evento e consequente reduzido tempo disponível para resposta. Em áreas urbanas, esse fenômeno pode ser intensificado pela impermeabilização do solo, pela configuração do relevo, pela densidade da ocupação e pela insuficiência da infraestrutura de drenagem. Nesses casos, abordagens de *nowcasting* tornam-se particularmente relevantes, pois operam em escalas temporais curtas e buscam apoiar a tomada de decisão quase em tempo real (LEE et al., 2020; PRACTICAL ACTION, 2016).

Entretanto, sistemas baseados exclusivamente em monitoramento apresentam limitações quanto ao tempo de antecedência. Por isso, abordagens híbridas, capazes de combinar diferentes fontes de dados, modelagem hidrológica, previsão hidrometeorológica e informações operacionais provenientes do território e da comunidade tornam-se uma alternativa interessante, sobretudo em localidades onde há baixa densidade de dados convencionais.

No contexto brasileiro, como exemplo, a análise do sistema de monitoramento e alerta da Defesa Civil de Santa Catarina mostra que a emissão de alertas não é plenamente automatizada, dependendo da análise técnica especializada e da interpretação integrada de múltiplas variáveis. Essa constatação evidencia que a robustez do sistema está associada não apenas à disponibilidade dos

dados, mas também à capacidade institucional de integrá-los e convertê-los em decisões operacionais (PUGAS; VITOR, 2021).

### **2.3 Governança dos sistemas de alerta**

Um dos eixos centrais do debate contemporâneo sobre sistemas de alerta diz respeito à governança. Estudos recentes destacam a fragmentação institucional, a baixa coordenação entre atores e a dificuldade de compartilhamento de dados como obstáculos recorrentes à efetividade dos sistemas. Em muitos contextos, instituições responsáveis por monitoramento, previsão, comunicação, mobilização e resposta operam de forma paralela, com reduzido intercâmbio de informações e sem protocolos claros de articulação (LEE et al., 2020; UNDP; UNDRR, 2025; UNDRR; WMO, 2022).

O checklist da World Meteorological Organization (WMO, 2018), reforça esse debate ao destacar que sistemas eficazes de alerta precoce dependem de ambiente institucional viabilizador, boa governança, papéis e responsabilidades claramente definidos, coordenação entre partes envolvidas, procedimentos operacionais padronizados e mecanismos permanentes de devolutiva e melhoria do sistema. Assim, as deficiências de governança não devem ser tratadas como problemas periféricos, mas como entraves estruturais ao funcionamento do sistema de alerta.

Essas deficiências comprometem especialmente os cenários de resposta rápida, nos quais a eficiência do sistema depende da fluidez entre a produção de informação, a interpretação técnica, a disseminação do alerta e a mobilização local. Além disso, há uma ênfase excessiva em tecnologias de monitoramento, em detrimento da comunicação e da preparação, o que tende a reduzir a capacidade de converter informação técnica em decisão operacional (UNDP; UNDRR, 2025).

Embora haja avanços no monitoramento e no mapeamento de áreas suscetíveis a inundações, esses esforços nem sempre se traduzem em ações preventivas efetivas, prevalecendo, frequentemente, a lógica reativa, centrada na resposta ao desastre. Isso revela fragilidades persistentes na articulação entre planejamento urbano e gestão de riscos (NAKANO; MARU, 2024).

### **2.4 Alertas baseados em impactos, ciência cidadã e sistemas centrados nas pessoas**

A evolução conceitual dos sistemas de alerta tem incorporado a noção de alertas baseados em impactos, nos quais a mensagem não comunica apenas a ocorrência potencial de um perigo, mas também suas consequências prováveis sobre pessoas, bens, infraestrutura e serviços. Essa abordagem é particularmente importante em contextos urbanos complexos, pois favorece a emissão de mensagens mais práticas e compreensíveis para gestores e comunidades (WMO, 2015; UNDRR; WMO, 2022).

De forma convergente, estudos recentes reforçam a importância dos sistemas de alerta centrados nas pessoas, nos quais o conhecimento local, a participação comunitária e os mecanismos de ciência cidadã desempenham papel relevante em todas as etapas do sistema. A ciência cidadã pode contribuir tanto para ampliar a capilaridade da coleta de informações quanto para fortalecer o vínculo entre alerta e ação, incluindo a emissão de alertas compreensíveis e acionáveis. O conceito da expressão *last mile* é utilizado para designar a etapa final dos sistemas de alerta, alcançando a população mais vulnerável (BUDIMIR et al., 2025; IFRCRCS, 2020).

WMO (2018) enfatiza que a disseminação e a comunicação dos alertas devem alcançar efetivamente as populações em risco por meio de múltiplos canais, com mensagens claras, úteis, confiáveis e adaptadas às necessidades de diferentes grupos sociais, incluindo populações rurais e urbanas, mulheres, homens, idosos, jovens e pessoas com deficiência. Nessa lógica, a efetividade do alerta depende de sua capacidade de chegar à última mil e de induzir ação por parte dos grupos-alvo. Além disso, sistemas institucionais e comunitários não devem ser concebidos como esferas concorrentes, mas como dimensões complementares

## **2.5 Lacunas no contexto brasileiro e oportunidade de integração**

No contexto brasileiro, embora se observem avanços pontuais no monitoramento e na emissão de alertas, persistem limitações associadas à baixa disponibilidade de dados, à desigualdade entre municípios, à pouca articulação entre planejamento urbano e gestão de riscos, e à dependência de soluções operacionais fortemente baseadas na experiência empírica das equipes locais. Essas lacunas indicam a necessidade de modelos mais integrados, capazes de conectar dados, instituições, planejamento e participação social de modo mais consistente. As conclusões dos estudos de Nakano e Maru (2024) e Ferreira et al. (2022) confirmam as afirmações anteriores, uma vez que comprovam a pouca aderência dos municípios à utilização de planejamento adequado da prevenção de inundações e do ordenamento territorial, e das capacidades frequentemente limitadas da governança municipal. Nesse sentido, o aproveitamento de bases de dados operacionais da Defesa Civil, usualmente subutilizadas em modelos hidrológicos, apresenta-se como oportunidade relevante para municípios com baixa disponibilidade de dados convencionais. Ao mesmo tempo, a incorporação de plataformas de ciência cidadã pode aumentar a redundância, a confiabilidade e a contextualização territorial das informações utilizadas no *nowcasting* e na emissão de alertas baseados em impactos.

## **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **3.1 Área de estudo**

A pesquisa será desenvolvida no município de Belo Horizonte, incluído no projeto intitulado “Avanços em ferramentas de nowcasting aplicadas a inundações urbanas”. O município possui condições de monitoramento hidrológico para inundações bruscas já caracterizado no âmbito do projeto, e instrumentos de gestão e níveis operacionais em relação à governança a serem identificados e, dependendo das condições, existe possibilidade de extrapolar a metodologia adotada neste estudo para o município de São Carlos-SP.

### **3.2 Identificar e caracterizar a organização institucional e comunitária local relacionada à geração, difusão de alertas, mobilização**

Nessa etapa do estudo pretende-se avaliar a capacidade institucional e comunitária de identificar, difundir e se mobilizar frente a um alerta e identificar as organizações comunitárias disponíveis. Será realizado o levantamento dos atores institucionais envolvidos na gestão do risco de inundações bruscas, incluindo Defesa Civil, prefeitura, secretarias municipais, órgãos hidrometeorológicos, serviços de emergência e demais instituições pertinentes.

Serão identificadas as atribuições formais e informais de cada ator, os fluxos de informação existentes, os canais de comunicação utilizados e as responsabilidades associadas às ações de monitoramento, emissão de alertas, mobilização e evacuação. Serão feitas análise documental e levantamento de informações institucionais e comunitárias, em planos de contingência, protocolos existentes, documentos normativos, organogramas, relatórios técnicos e demais registros administrativos disponíveis, assim como da associação de moradores, e complementados por entrevistas semiestruturadas com representantes institucionais-chave.

Como resultado, espera-se produzir um diagnóstico da organização institucional e comunitária local, evidenciando os fluxos decisórios, os pontos de articulação entre atores e as eventuais sobreposições, lacunas ou descontinuidades na estrutura de gestão do alerta.

### **3.3 Avaliação da capacidade de ação dos gestores e da comunidade locais frente a eventos de inundação brusca.**

Com base no mapeamento institucional e comunitário realizado na etapa anterior, será conduzida uma avaliação da capacidade de ação dos gestores locais para responder aos eventos de inundação brusca. Essa análise abrangerá aspectos como: capacidade de interpretação dos alertas emitidos, tempo de resposta institucional, clareza na definição de responsabilidades, articulação entre órgãos, existência e clareza de protocolos de mobilização e evacuação, condições de operacionalização de medidas de emergência, e alcance dos alertas emitidos.

Essa etapa poderá ser desenvolvida por meio de entrevistas, questionários estruturados e oficinas técnicas com atores locais, buscando compreender como os alertas são efetivamente recebidos, interpretados e convertidos em decisão operacional. Também serão observadas limitações práticas, como insuficiência de pessoal, dificuldades de comunicação entre setores, ausência de treinamento específico e baixa integração entre previsão e resposta.

A análise permitirá identificar os principais gargalos da capacidade local de ação, tais como insuficiência de recursos humanos, qualificação de pessoal, bem como oportunidades de melhoria relacionadas à difusão de alertas, à coordenação interinstitucional e à preparação operacional.

### **3.4 Análise e proposição de estratégias para integração de bases de dados e informações entre Defesa Civil, prefeituras, secretarias e demais atores locais**

Na terceira etapa, será realizado o levantamento das bases de dados e fontes de informação utilizadas pelos diferentes atores locais, incluindo registros da Defesa Civil, dados pluviométricos e hidrológicos disponíveis, informações territoriais, registros de ocorrências, dados de áreas de risco, mapas existentes e outras bases relevantes para o monitoramento e resposta a inundações bruscas.

A partir desse levantamento, será analisado o grau de integração entre essas bases, considerando aspectos como formato, periodicidade de atualização, acessibilidade, compatibilidade, uso institucional e potencial de aplicação em sistemas de alerta. Será dada atenção especial ao banco de dados operacional da Defesa Civil, considerando sua relevância para complementar contextos de baixa disponibilidade de dados hidrológicos convencionais.

Com base nessa análise, serão identificadas barreiras técnicas e institucionais à integração de informações, bem como possibilidades de articulação entre os diferentes atores. Além disso, serão avaliadas necessidades de equipamentos e de ampliação da base de dados de monitoramento. Ao final da etapa, serão propostas estratégias para aprimorar o compartilhamento de dados e fortalecer o suporte à tomada de decisão em tempo real.

### **3.5 Propor diretrizes para o aprimoramento da governança dos sistemas de alerta**

A partir dos resultados das etapas anteriores, serão sistematizadas diretrizes voltadas ao aprimoramento da governança local dos sistemas de alerta para inundações bruscas. Essas diretrizes têm como objetivo fornecer subsídios para avaliar fragilidades ou fragmentação institucional e, nos casos afirmativos, buscar meios de reduzir as deficiências, fortalecer a articulação entre os atores e buscar a redução dessas falhas.

Como resultado, espera-se construir um conjunto de recomendações aplicáveis ao contexto local, com potencial de subsidiar melhorias nos arranjos institucionais e nos processos de tomada de decisão associados às inundações bruscas.

### **3.6 Integração de uma plataforma de dados de ciência cidadã no nowcasting de inundações**

A partir da manifestação de interesse e de condições favoráveis, desenvolver um modelo de integração entre dados de ciência cidadã a ser trabalhado em conjunto com sistemas institucionais de maneira a obter uma certa redundância e confiabilidade nos dados de alerta. Usar como referência para essa construção as referências brasileiras exitosas e outras já desenvolvidas em outros países. Além da inserção de uma plataforma participativa de alerta precoce do tipo alerta baseado em impactos, incluir foco no alcance na última milha e o alcance até a população mais vulnerável.

## **4 RESULTADOS ESPERADOS**

Espera-se que a abordagem proposta contribua para o avanço do debate sobre sistemas de alerta para inundações bruscas em pelo menos três frentes. A primeira refere-se à incorporação de bases de dados operacionais da Defesa Civil como insumos relevantes para o aprimoramento do *nowcasting* em municípios com baixa disponibilidade de dados convencionais. Acredita-se que a incorporação da ciência cidadã e dos dados comunitários possui grande relevância em localidades com baixa disponibilidade de dados. A segunda envolve a integração de elementos de ciência cidadã e sistemas comunitários, visando ampliar a capilaridade das informações e fortalecer a interpretação local dos alertas, com fechamento de ruas e atendimento à população em situação mais vulnerável. Por fim, tem-se a análise da governança local, com foco na identificação de possíveis gargalos, sobreposições e descontinuidades entre monitoramento, alerta, mobilização e resposta, e as melhorias na comunicação entre os atores envolvidos no processo de emissão dos alertas e o alcance destes.

Do ponto de vista prático, a pesquisa poderá subsidiar melhorias no fluxo de informações entre os atores envolvidos, apoiar a formulação de alertas baseados em impactos, apoiar a melhoria dos protocolos de operação em situações de emergência e oferecer recomendações aplicáveis ao fortalecimento de arranjos institucionais locais.

Também se espera que os resultados permitam avançar no entendimento da relação entre tempo de antecedência do alerta, estrutura institucional de resposta e qualidade das bases de dados disponíveis, contribuindo para a formulação de estratégias mais aderentes às realidades locais e às limitações operacionais existentes nos municípios brasileiros.

## AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem à CAPES, pelo auxílio no desenvolvimento de pesquisas e ao CNPq e MCTI pelo financiamento do Projeto Avanços em ferramentas de nowcasting aplicadas a inundações urbanas (Processo 446043/2023-0).

## REFERÊNCIAS

- BUDIMIR, M. et al. “*Opportunities and challenges for people-centered multi-hazard early warning systems: perspectives from the Global South.*” iScience, [s. l.], v. 28, p. 112353, 2025.
- FERREIRA, M. A.; ARTUSO, L. F.; MUNDIM, G. A.; BURGOS, F. “*Gestão de riscos de desastres socioambientais associados a chuvas: desafios de governança na metrópole de São Paulo.*” Desenvolvimento e Meio Ambiente, v. 60, p. 736-756, jul./dez. 2022. DOI: 10.5380/dma.v60i0.83687
- INTERNATIONAL FEDERATION OF RED CROSS AND RED CRESCENT SOCIETIES (IFRCRC). *Early warning early action: a guide to people-centered systems*. Geneva: IFRC, 2020.
- LEE, J. H.; YUK, G. M.; MOON, H. T.; MOON, Y.-I. “*Integrated flood forecasting and warning system against flash rainfall in the small-scaled urban stream.*” Atmosphere, Basel, v. 11, n. 9, p. 971, 2020.
- LIBERATO, J. A. *Defesa civil e prevenção de desastres: como seu Município pode estar preparado*. 2. ed. atual. Brasília: CNM, 2023.
- NAKANO, A. K.; MARU, H. T. K. “*O planejamento urbano e a gestão de riscos em municípios monitorados pelo Cemaden.*” Boletim Regional, Urbano e Ambiental, Brasília, n. 33, p. 67-77, dez. 2024.
- PRACTICAL ACTION. *Early warning systems for floods: a toolkit*. Rugby: Practical Action Publishing, 2016.
- PUGAS, A. F.; VITOR, A. “*Nowcasting: análise do sistema de monitoramento e alerta da Defesa Civil do estado de Santa Catarina.*” Estrabão, v. 2, p. 157-169, 2021.
- UNITED NATIONS (UN). “*International Strategy for Disaster Reduction. Developing early warning systems: a checklist.*” Bonn: Third International Conference on Early Warning, 2006.
- UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME (UNDP); UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION (UNDRR). *Early warning systems stakeholders mapping exercise across the Western Balkans*. New York: UNDP, 2025.
- UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION (UNDRR); WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO). *Global status of multi-hazard early warning systems: target G of the Sendai Framework*. Geneva: UNDRR; WMO, 2022.
- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. *WMO guidelines on multi-hazard impact-based forecast and warning services*. Geneva: WMO, 2015.
- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. *Multi-hazard early warning systems: a checklist*. Geneva: WMO, 2018.