

**LIZANDRA PRADO DE AZEVEDO**

**ANÁLISE DOS SISTEMAS DE ALERTA E ALARME PARA  
O PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA DE BARRAGENS:  
DESAFIOS E PERSPECTIVAS.**

Artigo Científico apresentado ao Curso de Especialização em Segurança de Barragens, Escola Politécnica; Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para obtenção do grau de Especialista.

Orientador: Pof. Diego Antonio Fonseca Balbi

Rio de Janeiro  
2024

# **ANÁLISE DOS SISTEMAS DE ALERTA E ALARME PARA O PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA DE BARRAGENS: DESAFIOS E PERSPECTIVAS.**

**Lizandra Prado de Azevedo**

## **Resumo**

O Plano de Ação de Emergência – PAE é uma ferramenta estabelecida pela Política Nacional de Segurança de Barragem, no qual são considerados cenários de emergência em barragens. Os sistemas de alerta e alarme são de suma importância para a eficácia do PAE. Um fator importante a ser considerado é a percepção do risco do público-alvo, que é forma como as pessoas percebem e interpretam os riscos associados a determinadas situações ou eventos, pois esse fator influencia diretamente na resposta da população a mensagens de emergência. Os sistemas de alerta e alarme podem ser divididos em três grupos: sistemas sonoros externos, sistemas sonoros internos e sistemas de alerta e alarme individuais. As soluções escolhidas podem ser individuais (utilizando apenas uma tecnologia) ou combinadas (utilizando duas ou mais tecnologias). A utilização de soluções combinadas nos sistemas de alerta e alarme deve ser priorizada, com o objetivo de fornecer um meio de aviso rápido e eficaz para indivíduos em situações de emergência, permitindo que tomem medidas de segurança adequadas para si mesmos.

**Palavras-chave:** Sistema de Alerta e Alarme, Plano de Ação de Emergência, Gerenciamento de Riscos, Percepção do Risco e Segurança de Barragens.

## **Abstract**

The Emergency Action Plan – PAE is a tool established by the National Dam Safety Policy, in which emergency scenarios in dams are considered. Alert and warning systems are extremely important for the effectiveness of the PAE. An important factor to be considered is the risk perception of the target audience, which is the way in which people perceive and interpret the risks associated with certain situations or events, as this factor directly influences the population's response to emergency messages. Alert and warning systems can be divided into three groups: external sound systems, internal sound systems and individual alert and warning systems. The solutions chosen can be individual (using just one technology) or combined (using two or more technologies). The use of combined solutions in alert and warning systems should be prioritized, with the aim of providing a quick and effective means of warning to individuals in emergency situations, allowing them to take appropriate safety measures for themselves.

**Keywords:** Alert and warning system, Emergency Action Plan, Risk Management, Risk Perception and Dam Safety.

# 1 INTRODUÇÃO

Com as recentes tragédias relacionadas a barragens de rejeito no Brasil, houve a necessidade de rever conceito da gestão da segurança e do risco associado a tais estruturas. Com o rompimento da Barragem de Fundão, em novembro de 2015, em Mariana-MG, e da Barragem I, em janeiro de 2019, em Brumadinho-MG, evidenciou-se a importância da regulamentação sobre o tema e, principalmente, de sua aplicabilidade, no que tange à prevenção, preparação e resposta a eventos emergenciais.

A Lei 12.334/2010, alterada pela Lei 14.066/2020, estabeleceu a Política Nacional de Segurança de Barragem – PNSB, que prevê, dentre outros itens, o Plano de Segurança de Barragem – PSB – que abrange, basicamente, todos os documentos relativos à barragem. Destes documentos, destaca-se o Plano de Ação de Emergência – PAE, que contempla os procedimentos para o gerenciamento do risco e as respostas a situações de emergência, que corresponde a uma ruptura eminente do barramento.

A PNSB prevê a obrigatoriedade da elaboração do PAE, pelo empreendedor, para barragens destinadas à acumulação ou à disposição de rejeitos de mineração e para todas as barragens, independente da destinação, classificadas com dano potencial associado médio e alto ou de alto risco.

No âmbito do PAE são estudados os possíveis cenários emergenciais na barragem, com simulações de mapas de inundações, definindo aquele com pior dano potencial associado – ou seja, com potencial de perdas de vidas humanas, impacto ambiental e/ou impacto socioeconômico –, e descrevendo os procedimentos preventivos, corretivos e responsivos para atendimento a esse tipo de emergência na barragem.

No PAE, são delimitadas a Zona de Autossalvamento (ZAS) e a zona de segurança secundária (ZSS). De acordo com Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), a ZAS é o trecho do vale à jusante da barragem em que não haja tempo suficiente para intervenção da autoridade competente em situação de emergência, conforme mapa de inundação e a ZSS corresponde ao trecho constante do mapa de inundação não definido como ZAS.

Uma das etapas para a operacionalização do PAE é a implantação dos sistemas de alerta e alarme, que visam alertar e avisar às populações nas ZAS (Zona de Autossalvamento) sobre uma possível falha na barragem, permitindo que medidas de resposta, como a evacuação da sejam tomadas em tempo hábil. Esses sistemas são, portanto, de extrema importância para garantir a eficácia na gestão de riscos relacionados a barragens e devem ser implantados na fase de preparação do ciclo de gerenciamento de riscos.

Frequentemente os conceitos de Alerta e Alarme são confundidos, com o termo Alerta sendo empregado em vez de Alarme. Portanto é importante destacar as definições trazidas pela Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. De acordo com MI, 2017, os **Sistemas de Alerta** correspondem a informações sobre a potencialidade de um evento, que podem ser realizados em formato de boletins ou de avisos de atenção, e comunicados por rádio, TV, mensagem de celular ou internet. Já os **Sistemas de Alarme**, correspondem a informação de ocorrência iminente, com ação imediata por parte da população (de evacuação por exemplo), que podem ser emitidos por sirenes, sinos de igreja, veículos de som, WhatsApp ou qualquer meio de comunicação previamente acordado.

Portanto, o **Alerta** é responsável pela “primeira mensagem”, de antecipação de uma possível situação de risco ou perigo e o **Alarme** é responsável pela “segunda mensagem”, aviso sobre o risco ou perigo iminente. Porém, no âmbito do PAE, por vezes esses termos podem ser usados de maneira intercambiável. Este artigo não pretende aprofundar o tema, apenas procura alertar para a existência destas definições e situações em que os termos são utilizados, de forma a deixar clara a informação que pretende ser comunicada.

Um fator importante a ser considerado para a definição de um sistema de alerta e alarme é a *percepção do risco* do público-alvo, que é forma como as pessoas percebem e interpretam os riscos associados a determinadas situações ou eventos, pois esse fator influencia diretamente na resposta a alertas e avisos de emergência. Muitas vezes, as pessoas tendem a negar a gravidade da situação ou acreditam que o evento de risco não as afetará diretamente, o que pode levar a uma resposta inadequada ou atrasada diante de uma ameaça iminente. Portanto, é fundamental, para a eficácia dos sistemas de alerta e alarme, que os gestores de emergência compreendam a *percepção do risco* da população-alvo e desenvolvam estratégias de comunicação eficientes de forma a transmitir informações claras, precisas e relevantes sobre os riscos em potencial.

A legislação não determina qual tipo de sistema de alerta e alarme deve ser implantado, porém orienta a instalação de sistema sonoro ou de outra solução tecnológica de maior eficácia nos locais habitados na ZAS, sendo que uma solução alternativa ao sistema sonoro deve ter sua maior eficácia e alcance à ZAS comprovada por meio de relatório técnico.

Este trabalho tem como objetivo analisar o papel dos sistemas de alerta e alarme no âmbito do PAE, que podem variar de acordo com as especificidades de cada empreendimento, e das características do vale à jusante da barragem, além de explorar a percepção do risco do indivíduo de forma a auxiliar os gestores de emergência na escolha de um plano de comunicação eficiente. Serão examinados os principais elementos que compõem um sistema

de alerta e alarme eficaz, os desafios na sua implementação e operação, bem como os benefícios que podem ser alcançados por meio de sua utilização.

A estrutura deste trabalho é organizada da seguinte forma: inicialmente, será realizada uma revisão da literatura sobre a percepção do risco pela população e a comunicação do perigo, dada a importância desse conhecimento para a escolha mais adequada dos sistemas de alerta e alarme. Também será apresentada a correlação entre o gerenciamento de riscos e o papel destes sistemas. Em seguida serão abordados os principais sistemas de alerta e alarme que estão sendo utilizados para a implantação dos PAEs e os ainda que poderão ser utilizados. Por fim, serão apresentadas conclusões e recomendações visando contribuir com o processo de implantação do PAE, quanto a melhor escolha do sistema de alerta e alarme a ser implantado.

A análise crítica e a compreensão aprofundada da percepção de risco da sociedade e do tipo do sistema de alerta e alarme dentro dos Planos de Ação de Emergência de barragens são cruciais para garantir a segurança das comunidades que vivem próximas a essas estruturas. Espera-se que este trabalho contribua para o avanço do conhecimento nessa área e para a promoção de práticas mais seguras e resilientes no gerenciamento de riscos de barragens.

## **2 METODOLOGIA**

O processo metodológico utilizado neste trabalho foi baseado na revisão de literatura sobre os sistemas de alerta e alarme, utilizados na implantação do Plano de Ação de Emergência – PAE para barragens e, também, sobre a percepção do risco e a comunicação de alerta e alarme em situações de emergência .

Para a revisão bibliográfica foi dada prioridade às informações oficiais de órgãos reguladores e órgãos públicos Municipais, Estaduais e Federais, além de associações como a Associação Brasileira das Empresas Geradoras de Energia Elétrica - ABRAGE. Para os trabalhos técnicos utilizados, foi observada a questão da temporalidade da publicação em relação a legislação vigente à época. Foram consideradas publicações nacionais e internacionais.

Foram coletados dados de páginas oficiais governamentais e de órgãos reguladores nacionais e internacionais, publicações em revistas e por meio de pesquisas realizadas em páginas da Internet específicas, como Google Acadêmico, Periódicos CAPES, instituições de ensino superior, além de eventos, como congressos, seminários, etc.

## 3 REVISÃO DE LITERATURA

### 3.1. Percepção do Risco e Comunicação

A percepção do risco e a resposta adequada a um aviso de perigo, dependem de uma comunicação eficiente entre o emissor do aviso e a sociedade, de forma que a mensagem seja compreendida e o risco possa ser mitigado.

O Ministério da Integração Nacional (MI, 2017b), ressalta que a comunicação em circunstâncias de desastres é indispensável para evitar boatos, pânico, saques, tumultos, especulação, etc. A sociedade demanda ser informada, o que pressupõe um processo de comunicação social, que vai além da informação. A informação deve ser de caráter preventivo, informativo e orientador das ações que exigem obediência imediata.

Para o desenvolvimento deste item, foram utilizados como base três estudos com diferentes abordagens para a percepção do risco pela população e a forma mais eficiente para comunicar uma ameaça. O primeiro estudo (PNNL, 2015) propõe a utilização de uma ontologia de risco para otimizar a resposta ao risco. O segundo estudo (SADIQ et al, 2023) realiza uma revisão de literatura com temas relacionados a sistemas de alerta e aviso e por fim, o terceiro estudo (USACE, 2019) é um guia para alertas e avisos públicos para emergências em barragens e diques publicado pelo Corpo de Engenheiros do Exército dos EUA. Nota-se que o termo “aviso” é utilizado com o mesmo conceito do termo “alarme”, definido pela Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (MI, 2017).

Em 2015, foi realizado um estudo (PNNL, 2015) pelo *Pacific Northwest National Laboratory* (Washington, EUA), com o objetivo de avaliar a percepção de risco pela sociedade, utilizando uma ontologia de risco para compreender melhor a resposta ao risco e melhorar a comunicação para a sociedade.

Para isso, o estudo procurou desenvolver um modelo para avaliar e prever a resposta ao risco em alertas ou avisos oficiais, eliminando ineficiências na comunicação e considerando fatores cognitivos que influenciam a tomada de decisão do público.

Segundo PNNL (2015), a classificação de características individuais contribui para o desenvolvimento de um modelo que avalia e prevê a resposta ao risco a um alerta ou aviso oficial. A catalogação e a compreensão desta resposta revelam o que o público considera importante e as suas prioridades face ao perigo, o que pode diferir muito das prioridades e perspectivas dos especialistas que enviam as mensagens. Tal compreensão também permite eliminar ineficiências nas comunicações de riscos. Esta abordagem dá ênfase às decisões que

o público toma ao receber um alerta ou aviso e investiga os fatores cognitivos que influenciam o processo de tomada de decisão.

O Estudo procurou alinhar as recomendações dos especialistas com as percepções da sociedade e compreender por que é que algumas pessoas reagem a um perigo com extrema aversão ou de forma indiferente (SLOVIC et al, 1979). Dado que os alertas e avisos são geralmente justificados com embasamento técnico, o foco deve estar na percepção do risco do ponto de vista da sociedade. Esta abordagem é recomendada pelo Marco de Ação de Hyogo 2005-2015 (UNISDR, 2006), que defende uma abordagem “centrada nas pessoas” nos esforços de redução de catástrofes. Este tipo de abordagem tem em conta as características demográficas, de gênero, culturais e de subsistência dos públicos-alvo, incluindo orientações sobre como agir em caso de alertas, e apoia operações eficazes por parte dos gestores de catástrofes e outros decisores (UNISDR, 2006). Em março de 2015, foi adotado o Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres 2015 – 2030 (UNISDR, 2015), sucessor do Marco de Ação de Hyogo.

Para a realização do estudo foram coletados dados a partir de mensagens postadas durante cinco desastres naturais, como tornados e inundações, para análise da comunicação e percepção do risco. Esses dados foram utilizados juntamente com conceitos da neurociência cognitiva e psicologia social para desenvolver uma ontologia que categorizasse as percepções e respostas ao risco de desastres.

A conclusão do estudo (PNNL, 2015) destaca a importância de desenvolver uma ontologia de risco para compreender a percepção e resposta ao risco, visando melhorar a eficácia da comunicação de risco e a preparação para desastres. Também foi abordada a relevância de se considerar as características demográficas, de gênero, culturais e de subsistência dos públicos-alvo para uma comunicação eficaz de risco.

Mais recentemente, em 2023, foi publicada uma revisão de literatura na *Natural Hazards Journal* (SADIQ et al, 2023), com 156 estudos, sobre sistemas de alerta e aviso, que identificou 12 principais temas. O estudo incluiu temas relacionados a sistemas de alerta e aviso no contexto de desastres naturais, porém, a abordagem de alguns desses temas apresentam sinergia com o presente artigo, que são: características da mensagem de aviso; influência das mensagens de aviso no comportamento da população; informações sobre evacuação e conscientização. Abaixo segue o detalhamento dos temas, considerando os estudos tratados na revisão de literatura:

- **Características da mensagem de aviso** - Os autores de um dos estudos que abordava o tema (SUTTON et al. 2018) descobriram, entre outros resultados, que mensagens mais

curtas não forneciam informações suficientes sobre o perigo iminente e as medidas de proteção necessárias a serem tomadas em comparação com mensagens mais longas. WOOD et al. (2018) estudaram a relação entre busca de informações sobre o perigo e mensagens de aviso público nos EUA. As suas conclusões indicaram que, embora as mensagens com elevado teor de informação (mensagens mais longas) não eliminassem completamente a busca de informações sobre o perigo, eram mais eficientes do que as mensagens com baixo teor de informação (mensagens mais curtas).

- **Influência das mensagens de aviso no comportamento da população** - Esse tema apresentou estudos que confirmaram a influência das mensagens de aviso no comportamento dos indivíduos. CASTEEL (2016) utilizou uma abordagem experimental para investigar os avisos do *Natural Weather Service - NWS* sobre a intenção comportamental dos indivíduos de tomar medidas de proteção. Eles descobriram que as mensagens levaram a mudanças comportamentais dos indivíduos. LIU et al. (2017) estudaram se a inclusão de mapas e mensagens de aviso pode levar a mudanças comportamentais. Os autores descobriram que a inclusão de mapas melhorou apenas marginalmente a compreensão da mensagem. CAIN et al. (2021) examinaram o papel dos mapas na transmissão de informações aos estudantes universitários. Descobriram que os mapas por si só não conduziam à resposta comportamental esperada, mas quando combinados com mensagens de aviso mais específicas provocavam a resposta comportamental esperada.
- **Informações sobre evacuação e conscientização** - COLLINS et al. (2017) estudaram a influência das conexões sociais na tomada de decisões de evacuação durante um aviso de furacão e não encontraram diferença entre evacuados e não evacuados em relação à densidade e diversidade de suas relações sociais. Além disso, os autores descobriram que aqueles que evacuaram perceberam as suas relações como menos confiáveis, e aqueles que não evacuaram perceberam as suas relações como mais confiáveis. Além disso, GRAJDURA et al. (2021) investigaram o tempo de conscientização da população, tempo de preparação para evacuação e horário de partida durante evacuações sem aviso prévio e descobriram que o tempo de conscientização foi influenciado pela visualização do risco, familiaridade com procedimentos de evacuação, renda mais alta, posse de um smartphone, etc. Os resultados também indicaram que ser residente de longa data estava associado a tempos de preparação e partida mais longos.

Considerando os temas citados, SADIQ et al, 2023 aponta que mensagens de aviso claras e eficazes, aliadas à conscientização e preparação da população, são fundamentais para a segurança e a mitigação de danos em situações de emergência.

Em 2019, foi publicado um guia para alertas e avisos públicos para emergências em barragens e diques pelo Corpo de Engenheiros do Exército dos EUA (USACE, 2019). O documento aborda, entre outros assuntos, a importância de se minimizar o atraso no primeiro envio do aviso, acelerar o tempo de disseminação do aviso e reduzir o tempo início da ação do indivíduo após receber o aviso.

O tempo de atraso no primeiro envio do aviso é o período entre a constatação da ameaça e o gestor de emergência emitir o primeiro aviso. O tempo de disseminação do aviso é o período após o primeiro aviso ser emitido e o recebimento do aviso pelas pessoas. E o tempo de início da ação após as pessoas receberem o aviso. A Figura 1, ilustra esses três períodos.

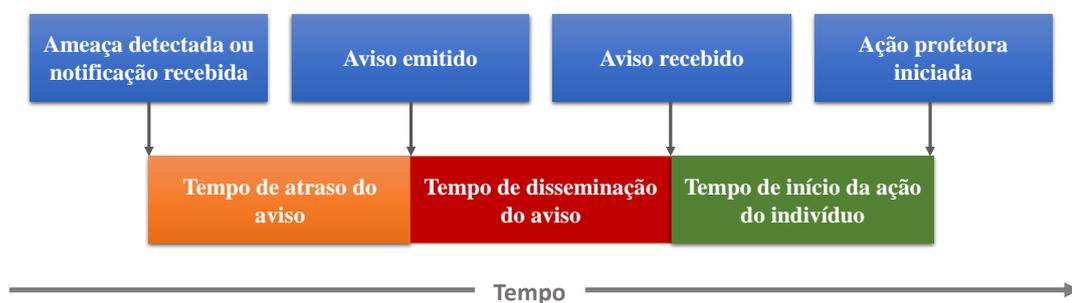


Figura 1 - primeiro aviso ao início da ação. Fonte: adaptado de USACE, 2019

O Guia aborda a percepção do risco pela população para estas três fases, enfatizando algumas crenças (mitos), por parte dos gestores de emergência, em relação a percepção e ação da população diante de uma mensagem de aviso.

Em relação ao atraso no primeiro aviso, o guia cita os seguintes mitos que podem influenciar os gestores de emergência a retardar o envio da primeira mensagem de aviso:

- **Mito do pânico** - O público não entra em pânico em resposta a avisos de desastres comunitários iminentes de qualquer tipo. A consequência negativa de acreditar que o pânico irá ocorrer é que os gestores de emergência podem reter informações porque têm medo de causar pânico.
- **Mito do acidente de trânsito** - Alguns gestores de emergência atrasam ou evitam emitir avisos devido à sua preocupação de que o processo de evacuação será caótico e causará um aumento de acidentes de trânsito, ferimentos e mortes. Este não é o caso na maioria das evacuações pois o trânsito se move a velocidades mais lentas, geralmente num único sentido, e as pessoas são mais cautelosas e mais atenciosas.

Em relação ao tempo de disseminação do aviso, o guia ressalta a importância da redundância do envio do aviso em canais de comunicação diferentes envolvendo tecnologias novas (por exemplo, telemóvel ou Internet) e estabelecidas (por exemplo, TV, rádio, sirene, alerta de rota). Cada canal tem pontos fortes e fracos, como a velocidade de disseminação, capacidade de transmitir informações e suscetibilidade ao fracasso. A recepção de um aviso também é influenciada pelas características das pessoas a quem a mensagem se destina, que incluem atividades nas quais as pessoas estão envolvidas, onde estão localizadas, a hora do dia, os impedimentos de recepção e os recursos pessoais disponíveis.

Em relação ao tempo de disseminação do aviso o guia ressalta que esta é a tarefa mais complexa para os gestores de emergência, pois envolve conhecimentos sobre comportamento humano, tecnologia, gestão de emergências públicas e ambientes físicos e de engenharia. As características de uma mensagem de aviso influenciam quanto tempo as pessoas demoram para agir de acordo com a recomendação do aviso.

- **Mito da resposta imediata** - Ao contrário da crença popular, as pessoas não agem imediatamente para se protegerem quando ouvem o primeiro aviso. Em vez disso, as pessoas procuram mais informações sobre a ameaça iminente e o que devem fazer a respeito e tendem a adiar a tomada de ações de proteção, a menos que a mensagem forneça uma explicação clara da necessidade de uma resposta imediata.
- **Mito das mensagens curtas** - Muitos acreditam que as mensagens sobre desastres que atingem toda a comunidade devem ser curtas ou a atenção do público será perdida. Na verdade, as pessoas querem informações completas sobre esses eventos. As pessoas têm necessidade de informação em emergências de barragens e diques e devem receber todas as informações de que necessitam para agir de forma rápida e eficaz. Mensagens curtas não motivam as pessoas a agirem rapidamente, mas a procurem mais informações e, conseqüentemente, o que causa atraso na ação que deveria ser imediata. Mensagens mais longas que apresentam informações relativamente completas podem reduzir o tempo de reação da população. Isto é importante em eventos de ameaça iminentes, quando o tempo para causar impacto é curto.

Outro fator relevante abordado pelo Guia (USACE, 2019) pelo guia é a importância da comunicação clara e precisa para combater informações falsas que possam causar pânico ou prejudicar a resposta eficaz às emergências. Os gestores de emergências devem descobrir que informações erradas existem monitorizando as emissões de televisão e rádio e analisando o que as pessoas dizem umas às outras nas redes sociais.

### 3.2. Sistemas de Alerta e Aviso e o Gerenciamento de Riscos no Brasil

O Ciclo da Gestão de Riscos e Desastres, de acordo com a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC (BRASIL, 2012), é composto pelas fases: prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação.

A fase de **prevenção** consiste na redução da probabilidade da ocorrência de acidentes ou desastres ou na minimização da intensidade, por meio da identificação, do mapeamento e do monitoramento de riscos e da capacitação da sociedade em atividades de proteção e defesa civil, entre outras estabelecidas pelos órgãos do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC. A fase de **preparação** consiste em ações não estruturais, com maior atuação na redução do fator vulnerabilidade. Estão incluídas, entre outras ações, a capacitação, o monitoramento e a implantação de sistemas de alerta e aviso e da infraestrutura necessária para garantir resposta adequada aos acidentes ou prejuízos deles decorrentes. Quando a emergência é declarada, ocorre a fase de **resposta**, que consiste em ações imediatas, com o objetivo de socorrer a população atingida e restabelecer as condições de segurança das áreas atingidas. Após a fase de emergência, iniciam-se os processos de **recuperação**, com ações de caráter definitivo com o objetivo de restabelecer o cenário destruído e as condições de vida da comunidade afetada.

A figura 2, proposta por BALBI, 2008, faz uma associação dos conceitos de riscos e emergências, dividindo o ciclo de gerenciamento em três fases: mitigação (envolvendo procedimentos de prevenção e preparação); resposta e recuperação.

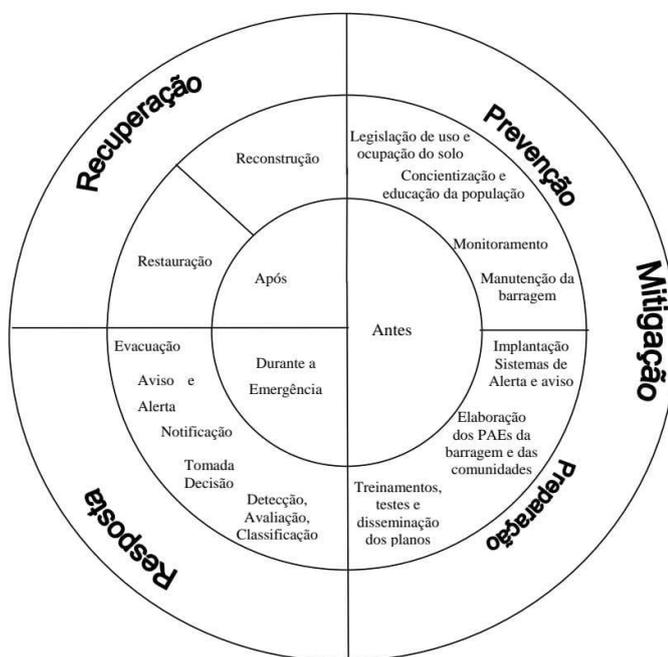


Figura 2 - Ciclo de gerenciamento de riscos e emergências (BALBI, 2008)

De acordo com a PNPDEC (BRASIL, 2012), os **Sistemas de Alerta e Aviso** devem ser implantados na fase de preparação, na qual são previstas ações de antecipação de cenários emergenciais e que visam garantir resposta adequada aos acidentes ou desastres, e para minimizar danos e prejuízos deles decorrentes.

Os sistemas de alerta e aviso estão inseridos no contexto de gestão de riscos e desastres, mais especificamente na fase da preparação. No entanto, a estruturação e operação de sistemas de alerta e aviso permeiam as fases de preparação e resposta. Eles são estruturados com base na integração de quatro elementos: *conhecimento do risco*, *monitoramento e previsão*, *disseminando informação* e *capacidade de resposta*. A fase de *conhecimento do risco* fornece informações essenciais para elencar prioridades de estratégias para mitigação e prevenção e designar sistemas de alerta antecipado. A fase de *monitoramento e previsão* fornecem estimativas antecipada dos riscos potenciais que comunidades, economias e meio ambiente estão expostos. Para a fase de *disseminar informações* são necessários sistemas de comunicação para disseminar mensagens de avisos e alertas para locais potencialmente afetados, assim como agências governamentais locais e regionais. As *capacidades de resposta* podem se traduzir sob a forma de políticas de mitigação de riscos em larga escala, abarcando diferentes dimensões (física, econômica, educacional, institucional etc.) da vulnerabilidade. (RG&AS, 2018).

### 3.3. Sistemas de Alerta e Alarme

Conforme dito anteriormente, na introdução deste trabalho, frequentemente os conceitos de Alerta e Alarme são confundidos, com o termo Alerta sendo empregado em vez de Alarme. O **Alerta** é responsável pela “primeira mensagem”, de antecipação de uma possível situação de risco ou perigo e o **Alarme** é responsável pela “segunda mensagem”, aviso sobre o risco ou perigo iminente. Portanto, os sistemas de alarme têm a finalidade de dar início à evacuação da população residente em área de risco.

De acordo com o Guia de orientação e formulários do PAE da Agência Nacional de Águas (ANA, 2016), a escolha do meio de alertar e avisar a população deverá ser baseada na extensão da zona afetada, no tipo, dimensão e dispersão geográfica da população a avisar (pequenas povoações rurais, grandes aglomerados urbanos, fazendas dispersas, etc.), na proximidade geográfica dos agentes de defesa civil e nos meios e recursos disponíveis pelo Sistema de Defesa Civil.

A Política Nacional de Segurança de Barragem (BRASIL, 2010a), não define qual tipo de sistema deve ser implantado, apenas orienta a instalação de sistema sonoro ou de outra

solução tecnológica de maior eficácia em situação de alerta ou emergência e o órgão regulamentador acrescenta, por meio dos parágrafos 6º e 7º da Resolução Normativa ANEEL 1.064/2023 (BRASIL, 2023), que o sistema alternativo ao sistema sonoro deve ter maior eficácia e alcance à ZAS comprovada por meio de relatório técnico.

Neste trabalho abordaremos os tipos de sistemas sonoros, suas tecnologias associadas e demais tecnologias alternativas que podem substituir os sistemas sonoros, em consonância com a legislação, ou ainda serem utilizadas de forma combinadas visando uma maior confiabilidade do sistema.

### **3.3.1. Sistemas Sonoros Externos**

As sirenes são um meio muito direto e imediato de alarme, mas podem não ser tão efetivas dada a capacidade de compreensão do sinal pela população. Deve-se prever um sistema de energia auxiliar para permitir sua utilização mesmo após longos períodos sem energia. As sirenes são consideradas o canal de comunicação que oferece maior eficácia no aviso a regiões mais populosas. (ANA, 2011)

O Guia elaborado pela Associação Brasileira das Empresas Geradoras de Energia Elétrica (ABRAGE, 2024) descreve quatro tecnologias utilizadas pelos dispositivos sonoros: tecnologia eletromecânica, tecnologia eletrônica, tecnologia rotativa e tecnologia omnidirecional.

O **dispositivo sonoro eletromecânico** é um equipamento que utiliza um motor elétrico para acionar um rotor giratório, também conhecido como chopper, localizado dentro de um estator estacionário. A quantidade de aberturas no dispositivo sonoro e a velocidade de rotação do rotor determinam a intensidade do som produzido.

O **dispositivo sonoro eletrônico** difere significativamente de um dispositivo sonoro eletromecânico, especialmente quando se consideram sistemas de alarme ao ar livre, como alarmes sonoros ou sistemas de voz em grande escala. A principal vantagem dos dispositivos sonoros eletrônicos está em sua capacidade de transmitir mensagens de voz e outras gravações, um recurso que os dispositivos sonoros mecânicos não podem replicar de forma eficaz em sistemas de alerta e alarmes ao ar livre ou alarmes sonoros em grande escala.

O **dispositivo sonoro omnidirecional** é um equipamento que emite som em um raio de 360 graus em todas as direções, em vez de utilizar um mecanismo de rotação que produz som em uma direção por vez.

O **dispositivo sonoro rotativo** são equipamentos que utilizam um mecanismo de rotação para girar um projetor em 360 graus, permitindo uma distribuição mais concentrada do som em

comparação com os dispositivos sonoros omnidirecionais. Essa configuração possibilita uma projeção mais eficaz do som, com maior potência sonora e alcance, embora restrita a uma única direção em cada momento.

#### a. Sirenes Fixas

Os dispositivos sonoros fixos são instalados permanentemente em locais locados por meio de estudo/projeto de propagação sonora. Os conjuntos sonoros são posicionados em áreas elevadas e visíveis para garantir uma propagação eficaz do som. Sua eficácia depende da capacidade de serem audíveis em um determinado território, fornecendo alarmes sonoros em caso de necessidade de evacuação. Os conjuntos sonoros podem ser fixados em torres, postes em madeira, concreto ou metálico. Os dispositivos são acionados e monitorados por um sistema central, operado a distância pelas salas de controle ou/e por centro de operações. Quando ativado, o sistema de controle envia um sinal para os dispositivos sonoros, que emitem um som característico e audível, alertando as pessoas sobre a emergência em andamento. (ABRAGE, 2024)

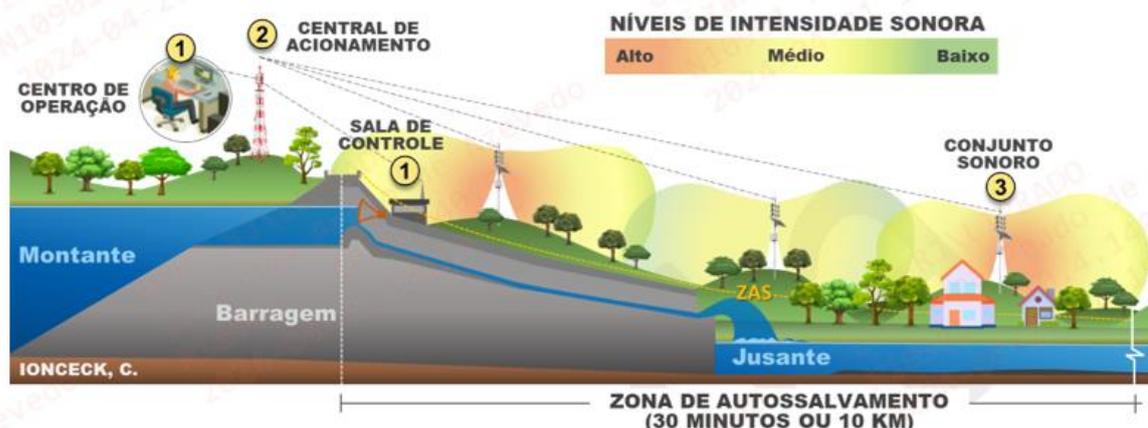


Figura 3 – Sistema de controle para sirene fixa. Fonte: ABRAGE, 2024.

#### b. Sirenes Móveis

O dispositivo móvel é uma alternativa viável para comunicação em situações de emergência, podendo ser usado em conjunto ou como complemento a outros sistemas de comunicação em massa. Este sistema é altamente versátil, pois permite que o equipamento seja deslocado para as proximidades das residências e instalações das Zonas de Autossalvamento, potencializando a propagação sonora.

A tecnologia pode ser do tipo eletromecânico ou eletrônico, oferecendo uma variedade de funcionalidades. Em particular, as sirenes eletrônicas representam uma opção versátil,

permitindo a utilização de alertas e alarmes sonoros, mensagens gravadas pré-definidas ou até mesmo interação em tempo real entre o condutor do veículo, onde está instalado o dispositivo, e a população afetada. Essa flexibilidade torna esses dispositivos eficazes e adaptáveis a uma variedade de cenários de emergência. (ABRAGE, 2024)

### **3.3.2. Sistemas Sonoros Internos**

#### **a. DIN**

O DIN - Dispositivo Individual de Notificação - foi desenvolvido pela CEMIG, com apoio de parceiros de pesquisa, com uma arquitetura de telecomunicações adequada para atender regiões remotas com relevo desafiador. O dispositivo funciona como um alarme, com interface gráfica e sonora, ligado às informações das barragens e da rede de monitoramento das barragens, para interação com as comunidades das áreas possivelmente afetadas, em situações de emergências.

O equipamento possui display para exibição de mensagens, módulo GPS e supervisor capaz de verificar uma fronteira geográfica, permite a emissão de alarmes segregados por áreas específicas, bem como apresenta maior presença junto à população, fazendo parte de seu dia a dia. (ABRAGE, 2024)

O DIN está inserido em um sistema IoT (Internet of Things) baseado no padrão LoRaWAN (Long Range Wide Area Network), que usa telecomunicação de baixa potência longo alcance em um pequeno aparelho para enviar o alarme para cada usuário em área de risco. Sua infraestrutura de telecomunicações, por ser de baixa potência, torna o custo de 5 a 10 vezes menor que a solução com sirenes. (MAFRA, 2022).

Em contrapartida, é necessário deixar claro à população a essencialidade de se manter o equipamento energizado em sua casa, dado sua autonomia de 24 horas.

#### **b. SINORE**

Considerando dispositivos internos a edificações, o SINORE é um equipamento projetado pela empresa Solver Tecnologias, sediada em Itajubá – MG. Também conta com a cobertura da rede de telecomunicação em padrão LoRawan, sendo aplicado em conjunto com a tecnologias de monitoramento da estrutura da barragem em si. Apesar de não contar com uma interface gráfica ao usuário que será notificado, o SINORE conta com uma bateria de alta capacidade que permite a instalação sem que seja necessário estar conectado à rede elétrica da edificação. Para garantir a disponibilidade do equipamento, a Solver fornece um sistema

supervisório que monitora o self-test de comunicação que o equipamento realiza a cada 30 minutos. (ABRAGE, 2024)

### **3.3.3. Sistemas de Alerta e Alarme Individuais**

Sistemas de alerta e alarme individuais englobam diversas tecnologias, como por exemplo aplicativos, sistemas de mensagens, mídias sociais, ráiodifusão. Essas tecnologias corroboram para uma abordagem “centrada nas pessoas”, recomendada pelo Marco de Ação de Hyogo (UNISDR, 2006), que considera características demográficas, de gênero, culturais e de subsistência dos públicos-alvo, incluindo orientações sobre como agir em caso de emergências.

#### **a. Aplicativos**

Os aplicativos utilizados para notificação de alerta e alarme são ferramentas importantes que estão sendo utilizadas na estratégia de comunicação, de forma complementar às Sirenes, na implantação do Plano de Ação de Emergência – PAE. É possível citar algumas características que podem estar presentes nesses aplicativos: funcionalidade para a gestão de simulados, cadastramento demográfico, alerta via push ao app e via mensageria SMS, integração com sistema de sirenes, divulgação informações hidrológicas das barragens em tempo real, funcionalidade de rotas de fuga e ponto de encontro mais próximo.

Os aplicativos Alert (Pimenta de Ávila), Prox (Cemig), Alerta Individual – Dam Safety (Construserv) e Fique Seguro (Geometrisa) possuem, individualmente, algumas das características citadas.

#### **b. Listas de Transmissão**

O Guia da ABRAGE (ABRAGE, 2024), cita a possibilidade de se utilizar grupos do WhatsApp, que possibilita o contato simultâneo com 256 pessoas por Lista de Transmissão. Caso o público a ser notificado seja maior, é possível ampliar esta capacidade criando-se mais listas de transmissão. A opção por esta alternativa deve levar em consideração a qualidade e estabilidade do sinal de internet na localidade mapeada, bem como o grau de adesão da população ao aplicativo.

A vantagem desta opção é que o WhatsApp é um dos aplicativos mais utilizados e com que a população em geral possui maior familiaridade. Por isto, é um importante recurso complementar para compor o Sistema de Notificação. As mensagens para cada situação emergencial devem ser definidas pelo empreendedor e aprovadas pela Defesa Civil.

### **c. Sistema de Alerta da Defesa Civil**

No Brasil, o Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres - CENAD tem o objetivo de gerenciar ações estratégicas de preparação e resposta a desastres. Este órgão é coordenado pela Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil - SEDEC e atua 24 horas por dia no monitoramento de possíveis desastres no país. A Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC (BRASIL, 2012) prevê que as ações de proteção e defesa civil sejam integradas e contínuas. A integração dessas ações representa a gestão colaborativa para a redução dos riscos de desastres no Brasil e define a composição do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC com diferentes órgãos públicos federais, estaduais e municipais.

O Sistema de Alerta da Defesa Civil disponibiliza à população a possibilidade de solicitar o recebimento de avisos e alertas de riscos de desastres e eventos adversos. As mensagens podem ser recebidas por SMS, TV por assinatura, aplicativo Telegram e aplicativo WhatsApp. As informações estão disponíveis na página da Defesa Civil, no Governo. As orientações para as notificações são:

- SMS (cadastramento através do número 40199 com o CEP da área de interesse);
- Aplicativo Telegram (procurar pelo contato “defesa Civil Alertas”; ao enviar um “olá”, um robô dará as instruções);
- TVs por assinatura (alertas durante a programação);
- Aplicativo WhatsApp (Chatbots) da Defesa Civil (o cadastro pode ser feito pelo número 61 2034-4611);

A Lei Federal nº 12.340/2010, artigo 15-B, traz a obrigação às prestadoras de serviço de telecomunicações em transmitir gratuitamente informações de alerta de desastres dos órgãos de defesa civil à população.

O Guia elaborado pela ABRAGE (ABRAGE, 2024) pontua que o agente deverá firmar um convênio com a Defesa Civil do seu Estado para o envio de alertas e alarmes referentes às barragens. Caberá ao Agente elencar as situações emergenciais, elaborar as mensagens e definir as localidades a serem notificadas. À Defesa Civil cabe inserir essas informações em seus processos e propagar os alertas e alarmes para a população cadastrada. Também é de responsabilidade do Agente o cadastramento da população das zonas a serem notificadas, incentivando-a a realizar o cadastro e auxiliando na escolha das opções mais adequadas conforme as características de cada público.

## CHATBOTS

A utilização de Chatbots no Sistema de Alerta da Defesa Civil (DEFESA EM FOCO, 2022) é relativamente recente. Trata-se de uma parceria do Governo Federal com o WhatsApp e o grupo Robbu. Para utilizar o sistema, é necessário enviar um “oi” no aplicativo para o número 61 2034-4611 e iniciar a interação. A ferramenta solicita o compartilhamento da localização ou do CEP e o dispositivo passa a receber, em mensagem de Whatsapp, os alertas considerando sua localização.

O sistema é integrado à Interface de Divulgação de Alertas Públicos (IDAP) e conta com a vantagem da grande adesão ao WhatsApp no Brasil e o menor custo de comparado com outras soluções tecnológicas. A tecnologia também permite a interação da população, e o fornecimento de instruções de como agir na emergência (como exibir o ponto de encontro mais próximo), o que pode trazer maior confiabilidade e resposta da população aos comunicados.



Figura 4 – Chatbot da Defesa Civil. Fonte: Imagem da autora.

#### **d. Cell broadcast (SMS)**

Em outubro de 2022, a Anatel determinou, às prestadoras de telefonia móvel, uma evolução do sistema de alertas e alarmes de emergência, por meio da tecnologia cell broadcast. A implementação do sistema foi prevista para dezembro de 2023, porém ainda estão sendo realizados ajustes para a operacionalização, coordenados pelo Centro Nacional de Gerenciamento de Risco e Desastres (CENAD), órgão vinculado ao Ministério da Integração e Desenvolvimento Regional (DCERS, 2024).

O Cell Broadcast é um sistema de transmissão de mensagens em massa para dispositivos móveis, como smartphones, sem a necessidade de cadastramento prévio dos usuários e a indicação de um CEP de interesse. Os alertas e alarmes de emergência podem ser enviados para todos os celulares que estejam situados ou venham a entrar na região em risco. Outra vantagem é que as mensagens, em formato de pop up, aparecem sobrepostas ao conteúdo que eventualmente esteja sendo acessado no celular. Também há a possibilidade de acionamento de um sinal sonoro no celular, mesmo se estiver no modo silencioso, o que vai permitir maior funcionalidade da mensagem nas situações de risco.

Diferentemente das notificações via SMS, que chegam gradativamente aos usuários, as mensagens de texto do cell broadcast são recebidas quase que instantaneamente por todos os usuários.

O Guia elaborado pela ABRAGE (ABRAGE, 2024) pontua que, apesar do serviço gratuito prestado à Defesa Civil Nacional, é possível realizar acordos comerciais com empresas de telefonia para a emissão de alertas e alarmes, apesar de não existir nenhuma aplicação no Brasil nesse momento. Uma alternativa a acordos comerciais, é a utilização de equipamentos que trabalham na mesma faixa de frequência das operadoras locais. Nesse caso é necessária a homologação do equipamento junto à ANATEL e licenciamento como uso de órgão governamental.

#### **e. Mídias de Radiodifusão e Mídias Sociais**

A comunicação com o público por meio de várias mídias, como rádio, televisão e as mídias sociais, é uma importante estratégia para manter as pessoas informadas em situações de emergência. O uso combinado de rádio e mídias sociais abrange uma variedade de faixas etárias da população, permitindo que as informações alcancem uma audiência ampla e diversificada.

Historicamente as mídias de rádio e televisão tem sido os principais meios para transmitir informações urgentes em massa, o que traz vantagens de alcançar um grande número de pessoas, não importando sua localização. E as mídias sociais têm a característica de disseminação muito rápida da informação, dada a possibilidade de interatividade, fazendo com que a abrangência vá aumentando com o decorrer do tempo.

**f. Emergency Warning Broadcast System - EWBS**

O EWBS (Emergency Warning Broadcast System) é um sistema de alerta e alarme de emergência desenvolvido no Japão para comunicar rapidamente informações críticas, como avisos de tsunamis, terremotos e outros desastres, ao público em geral. Ele é parte integrante do padrão de transmissão digital terrestre ISDB-T também desenvolvido pelo Japão.

O EWBS utiliza a infraestrutura de transmissão existente, como redes de radiodifusão, para garantir uma ampla cobertura e confiabilidade na entrega de mensagens de emergência. Além disso, o sistema permite a superposição de mensagens sobre a programação de TV ou rádio, garantindo que estas mensagens sejam percebidas pelos espectadores e ouvintes.

Embora o EWBS seja destinado principalmente a ser recebido por redes de radiodifusão, televisores e receptores de rádio que suportam o padrão ISDB-T, em alguns casos, é possível que as mensagens do EWBS sejam recebidas em dispositivos móveis, como smartphones, por meio de aplicativos ou funcionalidades específicas. No entanto, a transmissão direta de alarmes do EWBS para celulares pode depender da infraestrutura de comunicação móvel e das configurações de recepção de cada dispositivo.

O EWBS tem sido implementado em países latino-americanos que adotaram o ISDB-T (padrão de transmissão de televisão digital desenvolvido no Japão), como Nicarágua, El Salvador, Costa Rica, Peru e Brasil.

O Brasil foi o primeiro país fora do Japão a adotar o ISDB-T em 2006. A transmissão e recepção equipamentos e sistemas para transmissão digital terrestre ISDB-T na América Latina foram desenvolvidos e comercializados com estreita referência aos padrões brasileiros de TV digital.

## **4 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

As estratégias de comunicação a serem utilizadas nos Planos de Ações de Emergências devem considerar fatores como a percepção do risco pela população-alvo, que é forma como as pessoas percebem e interpretam os riscos associados a determinadas situações ou eventos, pois esse fator influencia diretamente na resposta a alertas e avisos de emergência. Tal compreensão permite mitigar ineficiências nas comunicações de riscos. Outro ponto abordado foi o conteúdo das mensagens de alerta e alarme. Há a crença de que as mensagens devem ser curtas e objetivas, porém os estudos mostraram que a população em geral necessita de informações completas sobre a emergência, caso contrário tendem a demorar a agir enquanto buscam mais informações. Também foi abordada a relevância de se considerar as características demográficas, de gênero, culturais e de subsistência dos públicos-alvo para uma comunicação eficaz de risco.

A legislação não determina qual tipo de sistema de alerta e alarme deve ser implantado, porém orienta a instalação de sistema sonoro ou de outra solução tecnológica de maior eficácia nos locais habitados na ZAS, sendo que uma solução alternativa ao sistema sonoro deve ter sua maior eficácia e alcance à ZAS comprovada por meio de relatório técnico.

O presente trabalho abordou os Sistemas de Alerta e Alarme divididos em três grupos: sistemas sonoros externos, sistemas sonoros internos e sistemas de alerta e alarme individuais. Os sistemas sonoros externos são um meio muito direto e imediato de alarme, que consistem em sirenes fixas ou móveis. Os sistemas sonoros internos são dispositivos que ficam internos às edificações e podem emitir alarmes sonoros ou exibir mensagens através de display. Os sistemas de alertas e alarmes individuais englobam diversas tecnologias como aplicativos, listas de transmissão de mensagens, chatbots (Defesa Civil), cell broadcast e mídias de radiodifusão incluindo o EWBS (Emergency Warning Broadcast System), que é um sistema de alerta e alarme desenvolvido no Japão para redes de radiodifusão.

As soluções para a implantação dos sistemas de alerta e alarme podem ser individuais (somente uma tecnologia) ou combinadas (duas ou mais tecnologias), dependendo das condições de relevo, densidade demográfica, acessibilidade e disponibilidade de recursos. Porém ressalta-se que se deve considerar benéfica a redundância na utilização dos sistemas, visando fornecer um meio de aviso rápido e eficaz para indivíduos em situações de emergência e permitindo que eles tomem medidas de segurança adequadas para si mesmos.

Dessa forma, este trabalho buscou contribuir com uma revisão bibliográfica dos fatores a serem considerados na escolha de tecnologias para compor um sistema de alerta e alarme a ser implementado no Plano de Ação de Emergências – PAE, abordando a importância de se considerar a forma como o seu público-alvo compreende o risco e as mensagens de alerta e alarme, e, principalmente, expondo as tecnologias existentes.

Como sugestão de trabalhos futuros, citam-se o desenvolvimento de estudos nacionais sobre a percepção do risco das populações à jusante de barragens; estudos conceituando e exemplificando as principais diferenças entre sistemas de alerta e sistemas de alarme e estudos comparativos sobre a utilização de soluções combinadas destes sistemas.

## REFERÊNCIAS

ABRAGE - Associação Brasileira das Empresas Geradoras de Energia Elétrica. **Guia de orientações para seleção de sistema sonoro ou de outra solução tecnológica de maior eficácia em situação de alerta ou emergência para geração hidráulica.** Elaborado pelo Subgrupo de Sistema de Notificação da ABRAGE. Brasil, 2024.

ANA - Agência Nacional do Águas. **Guia de orientação e formulários do Plano de Ação de Emergência - PAE.** Brasília: ANA, 2016.

ANA - Agência Nacional do Águas e FPTI - Fundação Parque Tecnológico de Itaipu. **Curso Segurança de Barragens. Módulo III: Gestão e Desempenho de Barragens. Unidade 2: Planos de Ações de Emergência.** Material produzido no âmbito do Convênio nº 001/ANA/2011 – SICONV nº 756001/2011, firmado entre a ANA e o FPTI. Brasil, 2011.

ANATEL – Agência Nacional de Telecomunicações. Brasília, página do Planalto, 2023. **Nota à imprensa.** <https://www.gov.br/anatel/pt-br/assuntos/noticias/nota-a-imprensa-10>. Acesso em abril de 2024.

BALBI, D. A. F. **Metodologias para a elaboração de planos de ações emergenciais para inundações induzidas por barragens: estudo de caso: Barragem de Peti - MG.** Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

BRASIL. **Decreto Nº 11.310, DE 26 de dezembro de 2022.** Brasília, página do Planalto, 2022. Acesso em março de 2024. Disponível em: [https://planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2022/decreto/d11310.htm](https://planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/d11310.htm)

BRASIL. **Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010.** Brasília, página do Planalto, 2010a. Acesso em março de 2024. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112334.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112334.htm)

BRASIL. **Lei nº 12.340, de 1º de dezembro de 2010.** Brasília, página do Planalto, 2010b. Acesso em abril de 2024. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112340.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112340.htm)

BRASIL. **Lei nº 12.608 de 10 de abril de 2012.** Brasília, página do Planalto, 2010. Acesso em março de 2024. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112608.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112608.htm)

BRASIL. **Orientações para apoio à elaboração de Planos de Contingência municipais para Barragens.** Página da Defesa Civil do Paraná, 2016. Acesso em março de 2024. Disponível em: <https://www.defesacivil.pr.gov.br/Pagina/Barragens-manuais-e-guias>

BRASIL. **Resolução nº 739, de 21 de dezembro de 2020.** Brasília, página da ANATEL, 2020. Acesso em março de 2024. Disponível em: <https://informacoes.anatel.gov.br/legislacao/resolucoes/2020/1496-resolucao-739>

BRASIL. **Resolução Normativa ANEEL nº 1.064, de 2 de maio de 2023**. Brasília, página da ANEEL, 2023. Acesso em março de 2024. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20231064.pdf>

CAIN, L., E. Herovic, and K. Wombacher. **You are here”**: Assessing the inclusion of maps in a campus emergency alert system. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 29(3), 332–340. 2021.

CASTEEL, M. A. **Communicating increased risk: An empirical investigation of the National Weather Service’s impact-based warnings**. *Weather, Climate, and Society*, 8(3), 219–232. 2016

COLLINS, J., R. Ersing, and A. Polen. **Evacuation decision-making during Hurricane Matthew: An assessment of the effects of social connections**. *Weather, Climate, and Society*, 9(4), 769–776. EUA, 2017.

DEFESA CIVIL DO ESTADO DE SANTA CATARINA – DCESC. **Monitoramento e Alerta: o que é**. Disponível em <https://www.defesacivil.sc.gov.br/monitoramento-e-alerta-o-que-e/>. Acesso em abril de 2024.

DEFESA CIVIL DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL – DCERS. **Defesa Civil se reúne com órgãos federais e estaduais e discute apoio e ferramentas para gestão de risco e desastres**. Publicado em 10/04/2024. <https://www.defesacivil.rs.gov.br/defesa-civil-se-reune-com-orgaos-federais-e-estaduais-e-discute-apoio-e-ferramentas-para-gestao-de-risco-e-desastres>. Acesso em abril de 2024.

DEFESA EM FOCO. **Governo Federal lança serviço inédito de emissão de alertas de desastres em parceria com WhatsApp e Robbu**. Notícia de 30 de junho de 2022. Disponível em: <https://www.defesaemfoco.com.br/governo-federal-lanca-servico-inedito-de-emissao-de-alertas-de-desastres-em-parceria-com-whatsapp-e-robbu/>. Acesso abril de 2024.

GRAJDURA, S., S. Borjigin, and D. Niemeier. **Fast-moving dire wildfire evacuation simulation**. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 104. 2022.

GRAJDURA, S., X. Qian, and D. Niemeier. **Awareness, departure, and preparation time in no-notice wildfire evacuations**. *Safety Science*, 139. 2021.

LIU, B. F., M. M. Wood, M. Egnoto, H. Bean, J. Sutton, D. Mileti, and S. Madden. **Is a picture worth a thousand words? The effects of maps and warning messages on how publics respond to disaster information**. *Public Relations Review*, 43(3), 493–506. 2017.

LUZ, M. B. **Sistemas de alerta de risco a desastres: aplicabilidade para o município de João Pessoa/PB**. Monografia (Curso de Graduação em Engenharia Ambiental) Campus I – UFPB / Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018

MAFRA J., Martins, D. C. B. **Sistema IoT de alarme de emergência em barragens usando LoRaWAN**. *Revista Brasileira de Engenharia de Barragens (RBEB) Nº12*. 68-74. ISSN: 2594-7451. 2022.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL – MI. **Módulo de formação: elaboração de plano de contingência: livro base** / Ministério da Integração Nacional, Secretaria

Nacional de Proteção e Defesa Civil, Departamento de Minimização de Desastres. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2017a.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL – MI. **Módulo de formação: resposta: gestão de desastres, decretação e reconhecimento federal e gestão de recursos federais em proteção em defesa civil para resposta: apostila do instrutor: Livro Base.** Ministério da Integração Nacional, Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, Departamento de Minimização de Desastres. - Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2017b.

OLIVEIRA, L. A. P. **Fluxo de implantação do Plano de Ação de Emergência (PAE) de barragens de armazenamento de água sob a ótica das diretrizes legais brasileiras.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, 2022.

PNNL - PACIFIC NORTHWEST NATIONAL LABORATORY. **Training Data Sets of Risk Communication and Perception: Task Final Report.** PNNL-24113. Pacific Northwest National Laboratory. Washington, United States, 2015.

RG&AS - Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental. **Sistemas de alerta centrados nas pessoas: desafios para os cidadãos, cientistas e gestores públicos.** Florianópolis v. 7, p. 525-558, 2018.

SLOVIC, Paul, Baruch Fischhoff and Sarah Lichtenstein. **Rating the Risks.** Environment 21.3: 14–25. EUA, 1979.

SADIQ, AA., Okhai, R., Tyler, J. et al. **Public alert and warning system literature review in the USA: identifying research gaps and lessons for practice.** Nat Hazards 117, 1711–1744 EUA, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11069-023-05926-x>

SORENSEN JH. **Hazard warning systems: review of 20 years of progress.** Nat Hazard Rev 1(2):119–125 EUA, 2000.

SUTTON, J., S. C. Vos, M. M. Wood, and M. Turner. **Designing effective tsunami messages: Examining the role of short messages and fear in warning response.** Weather, Climate, and Society, 10(1), 75–87. 2018.

UNISDR - United Nations International Strategy for Disaster Reduction. **Hyogo Framework for Action 2005 – 2015: Building the Resilience of Nations and Communities to Disasters.** United Nations, 2006.

UNISDR - United Nations International Strategy for Disaster Reduction. **Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015 – 2030.** United Nations, 2015.

USACE - U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS. **A Guide to Public Alerts and Warnings for Dam and Levee Emergencies.** Appendix A. U.S. Army Corps of Engineers, Department of the Army. United States, 2019.

WOOD, M. M., D. S. Mileti, H. Bean, B. F. Liu, J. Sutton, and S. Madden. **Milling and public warnings.** Environment and Behavior, 50(5), 535–566. 2018.