

**DESAFIOS CONTEMPORÂNEOS EM PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL:  
DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO INTEGRADO PARA RESPOSTA  
RÁPIDA EM DESASTRES HIDROLÓGICOS**

**CONTEMPORARY CHALLENGES IN CIVIL PROTECTION AND  
DEFENSE: DEVELOPMENT OF AN INTEGRATED MODEL FOR RAPID  
RESPONSE TO HYDROLOGICAL DISASTERS**

Helton Pimentel da Silva<sup>1</sup>

Ávila Rodrigo de Sousa Fonseca<sup>2</sup>

**Resumo:** O problema abordado é a necessidade de aprimorar as políticas públicas e normativas na gestão de desastres no Brasil, devido ao aumento da frequência e intensidade desses eventos. A hipótese é que a integração de políticas públicas, aliada ao uso de tecnologias emergentes e à participação comunitária, pode melhorar significativamente a gestão de desastres. A metodologia inclui uma revisão de literatura sobre legislação vigente, análise de casos de estudo e a implementação de sistemas de monitoramento hidrometeorológico. Os principais resultados indicam que, embora existam avanços nas políticas de prevenção e mitigação, ainda há lacunas significativas na coordenação interinstitucional e na aplicação prática das normativas. A principal conclusão é que a integração efetiva entre políticas públicas e tecnologias emergentes é essencial para a redução de riscos e para a proteção eficaz das comunidades vulneráveis.

---

1 Eng civil, eng producao mecânica, pos graduado em seguranca publica, pos graduado em eng seguranca do trabalho, especialista em gestao de riscos e desastres, especialista em docencia.

2 Bacharel em gestão de riscos coletivos, bacharel em ciências náuticas, pós-graduação- medidas de combate a incêndio e desastres, pós-graduação em proteção e defesa civil

**Palavras-chave:** gestão de desastres, políticas públicas, tecnologias emergentes.

**Abstract:** The addressed problem is the need to enhance public policies and regulations in disaster management in Brazil, due to the increasing frequency and severity of these events. The hypothesis posits that integrating public policies with emerging technologies and community participation can significantly improve disaster management. The methodology involves a literature review of existing legislation, case study analysis, and the implementation of real-time hydrometeorological monitoring systems. Key results indicate that, despite advancements in prevention and mitigation policies, significant gaps remain in inter-institutional coordination and practical application of regulations. The main conclusion is that effective integration of public policies and emerging technologies is essential for risk reduction and the effective protection of vulnerable communities.

**Keywords:** disaster management, public policies, emerging technologies.

## INTRODUÇÃO.

Os desafios contemporâneos em proteção e defesa civil têm se intensificado com o aumento da frequência e da intensidade dos desastres hidrológicos, tais como enchentes, inundações e deslizamentos de terra. Estes eventos, impulsionados por mudanças climáticas e urbanização descontrolada, demandam respostas rápidas e eficazes para minimizar os danos e salvar vidas. Conforme apontado por Nóbrega e Coutinho (2014), o gerenciamento de riscos de desastres é uma tarefa complexa que requer a integração de diversas disciplinas e a colaboração entre diferentes níveis de governo e a sociedade civil.

Segundo Marchezini (2015), a gestão de desastres deve ser vista como um ciclo contínuo que inclui a preparação, resposta, recuperação e mitigação. Esse ciclo é crucial para a construção de resiliência comunitária, especialmente em áreas propensas a desastres hidrológicos. No entanto, a ca-

pacidade de resposta rápida ainda enfrenta desafios significativos, como a falta de coordenação entre as agências responsáveis e a insuficiência de recursos e treinamento adequados.

O trabalho de Amaral e Santos (2018) destaca a importância de uma abordagem holística para a gestão de desastres, integrando aspectos sociais, econômicos e ambientais. Amaral e Santos argumentam que a vulnerabilidade das comunidades deve ser avaliada em conjunto com a capacidade de resposta, para que sejam desenvolvidas estratégias mais eficazes e equitativas. Nesse contexto, a criação de um modelo integrado para resposta rápida em desastres hidrológicos surge como uma necessidade premente.

Oliveira, Pereira e Rodrigues (2017) enfatizam que as respostas aos desastres devem ser rápidas e coordenadas, para que sejam efetivas. Eles sublinham que a integração de tecnologias avançadas, como sistemas de alerta precoce e comunicação em tempo real, pode melhorar significativamente a eficácia das operações de resposta. Essas tecnologias, quando combinadas com estratégias bem definidas de preparação e mitigação, podem reduzir drasticamente os impactos dos desastres hidrológicos.

Adicionalmente, o estudo de Silva e Almeida (2016) reforça a ideia de que os desastres são, em grande parte, resultado de processos sociais que aumentam a vulnerabilidade das populações. Eles argumentam que a redução de riscos de desastres deve considerar fatores como pobreza, desigualdade e acesso limitado a recursos. Portanto, um modelo integrado deve incorporar não apenas componentes técnicos, mas também abordagens que lidem com as raízes sociais da vulnerabilidade.

A integração de múltiplas perspectivas é fundamental para o desenvolvimento de um modelo robusto e eficaz. Pereira e Silva (2019) sugerem que a colaboração entre cientistas, engenheiros, planejadores urbanos e gestores de políticas públicas é essencial para a criação de sistemas de resposta que sejam tanto eficientes quanto inclusivos. A participação ativa das comunidades afetadas também é crucial para garantir que as soluções desenvolvidas sejam relevantes e sustentáveis.

Portanto, este artigo propõe o desenvolvimento de um modelo integrado para resposta rápida em desastres hidrológicos, que leve em consideração as melhores práticas identificadas na literatura

e as experiências de campo de diversas regiões. Ao reunir insights teóricos e práticos, buscamos fornecer uma ferramenta abrangente que possa ser utilizada por gestores de defesa civil, formuladores de políticas e comunidades para melhorar a resiliência e a capacidade de resposta a desastres hidrológicos.

## **Objetivos.**

### **Objetivo Geral**

Avaliar os principais desafios contemporâneos enfrentados pelas agências de proteção e defesa civil e propor soluções integradas para melhorar a eficiência das respostas a desastres.

### **Objetivos Específicos**

Estudar a percepção e preparação das comunidades locais para responder a desastres hidrológicos.

Examinar a alocação e gestão de recursos humanos e materiais pelas agências de proteção e defesa civil em eventos de desastres.

Propor soluções tecnológicas e operacionais para melhorar a capacidade de resposta das agências de proteção e defesa civil.

Identificar lacunas e barreiras na coordenação entre diferentes níveis de governo e agências durante a resposta a desastres.

Analisar o impacto da urbanização e das mudanças climáticas na frequência e intensidade dos desastres hidrológicos.

## **METODOLOGIA**

Com base nos dados disponíveis, é evidente que o desenvolvimento de modelos integrados para resposta rápida em desastres hidrológicos é uma abordagem crucial para mitigar prejuízos econômicos e perdas humanas. Nos últimos anos, o Brasil enfrentou desastres ambientais devastadores, como as enchentes na região serrana do Rio de Janeiro, que resultaram em mais de R\$614 milhões em danos econômicos e a perda de centenas de vidas<sup>1</sup>. Além disso, Santa Catarina alocou R\$360 milhões em verbas federais para reconstrução após desastres naturais em 2008. Portanto, a implementação de sistemas de alerta integrados com modelos hidrológicos numéricos é uma alternativa interessante para agentes públicos e privados envolvidos em eventos catastróficos. Esses modelos, como o Sistema de Previsão de Eventos Hidrológicos Críticos (SPEHC), utilizam dados de diversas fontes, como telemetria, radar meteorológico e modelos meteorológicos, para simular cenários de geração de vazão em tempo real. O SPEHC, por exemplo, emprega o modelo PM-Tank para prever eventos críticos e auxiliar na tomada de decisões<sup>1</sup>. A aplicação desses modelos em bacias hidrográficas permite estimar a produção de escoamento e erosão do solo, contribuindo para a gestão eficiente da resposta a desastres hidrológicos. Portanto, seu trabalho pode contribuir significativamente para a proteção e defesa civil, considerando os desafios contemporâneos e as normativas nacionais e internacionais

## JUSTIFICATIVA

Os desastres hidrológicos, como enchentes, inundações e deslizamentos de terra, têm se tornado cada vez mais frequentes e severos, impulsionados por mudanças climáticas e processos de urbanização não planejada. No Brasil, eventos como as enchentes de 2022 em Petrópolis, que resultaram em mais de 230 mortes, ilustram a gravidade e o impacto devastador desses desastres (G1, 2022). Esses eventos destacam a urgência de desenvolver estratégias eficazes de resposta e mitigação.

Os desafios contemporâneos em proteção e defesa civil são multifacetados. Primeiramente, a falta de coordenação e integração entre diferentes níveis de governo e agências de resposta é um obstáculo significativo. A comunicação inadequada e a ausência de protocolos padronizados dificul-

tam a resposta rápida e eficaz a desastres. Segundo um relatório do Ministério do Desenvolvimento Regional (2020), a descentralização das responsabilidades e a fragmentação das ações impedem uma resposta coesa e eficiente.

Adicionalmente, a insuficiência de recursos financeiros e humanos limita a capacidade de preparação e resposta. As agências de defesa civil frequentemente operam com orçamentos restritos, comprometendo a manutenção de equipamentos essenciais e a realização de treinamentos regulares para as equipes de resposta. Estudos indicam que, em muitos casos, a resposta a desastres depende de voluntários e do apoio temporário de outras instituições, o que nem sempre é suficiente ou eficiente (Cunha et al., 2019).

Outro desafio crítico é a necessidade de incorporar tecnologias avançadas para melhorar a eficiência das respostas. Sistemas de alerta precoce, plataformas de comunicação em tempo real e ferramentas de gestão de informações geográficas são essenciais para a coordenação das ações durante um desastre. No entanto, a implementação e a manutenção dessas tecnologias requerem investimentos substanciais e capacitação contínua dos profissionais envolvidos (Silva e Almeida, 2016).

Além disso, a vulnerabilidade social das comunidades afetadas agrava a situação. Populações de baixa renda, que frequentemente habitam áreas de risco, são desproporcionalmente afetadas por desastres hidrológicos. A falta de infraestrutura adequada, combinada com a escassa preparação e conscientização sobre os riscos, torna essas comunidades particularmente suscetíveis aos impactos devastadores dos desastres (Marchezini, 2015).

Portanto, a justificativa para este trabalho está na necessidade impreterível de desenvolver um modelo integrado para resposta rápida a desastres hidrológicos, que leve em consideração esses desafios contemporâneos. O modelo proposto buscará integrar as melhores práticas identificadas na literatura, bem como as normativas nacionais e internacionais, para criar uma abordagem coesa e eficiente.

Este estudo visa fornecer uma base sólida para a implementação de políticas públicas eficazes e estratégias operacionais que possam melhorar significativamente a capacidade de resposta das

agências de defesa civil. Ao focar na integração de tecnologias avançadas, na melhoria da coordenação interinstitucional e no fortalecimento da resiliência comunitária, este trabalho contribuirá para a construção de sistemas de resposta mais robustos e adaptáveis aos desafios impostos pelos desastres hidrológicos contemporâneos.

## **REFERENCIAL TEORICO.**

### **Desafios Contemporâneos em Proteção e Defesa Civil.**

Os desafios contemporâneos em proteção e defesa civil são amplamente influenciados pelo conceito de vulnerabilidade, que tem ganhado destaque em diversas áreas científicas devido à sua multidimensionalidade. Em uma sociedade marcada pelo aumento dos riscos, sentir-se vulnerável se torna uma constante, especialmente diante das mudanças ambientais que impactam diretamente as condições sociais. Segundo Cutter (1996 apud Hogan e Marandola, 2006), existem pelo menos 18 definições de vulnerabilidade, que, embora não apresentem um consenso total, compartilham elementos comuns que permitem uma definição mais ampla de vulnerabilidade socioambiental. Este conceito é frequentemente adotado em disciplinas que relacionam as mudanças ambientais às condições sociais, evidenciando a necessidade de um entendimento aprofundado para a elaboração de estratégias eficazes em proteção e defesa civil.

Baseando-se nas definições selecionadas por Cutter (1996 apud Hogan e Marandola, 2006) e nas análises de Cunha (2004), Hogan e Marandola (2006), e Katzman e Filgueira (2006), três fatores principais emergem nas definições sobre vulnerabilidade. Primeiro, a exposição ao risco, que está mais relacionada a pessoas ou grupos sociais do que a lugares específicos. Este aspecto ressalta a importância de focar nas populações vulneráveis ao invés de apenas considerar a localização geográfica dos desastres. Segundo, a estrutura de oportunidades disponível para que as pessoas ou grupos enfrentem esses riscos. Esse fator enfatiza a necessidade de recursos adequados e acessíveis para a mitigação e adaptação aos riscos. Finalmente, a capacidade de resposta aos riscos, que envolve tanto a

preparação prévia quanto a eficiência na resposta às emergências. Estes fatores juntos constituem uma base sólida para compreender a vulnerabilidade socioambiental e, conseqüentemente, desenvolver políticas de proteção e defesa civil mais eficazes.

Além disso, a vulnerabilidade é um conceito que transcende a proteção e defesa civil, encontrando relevância em áreas como saúde pública, direitos humanos e economia. A multidimensionalidade da vulnerabilidade permite que seja aplicada em diferentes contextos, mas é particularmente importante nos estudos que conectam mudanças ambientais às condições sociais. As análises de Hogan e Marandola (2006) destacam a complexidade de se definir vulnerabilidade de maneira uniforme devido às diferentes perspectivas científicas. No entanto, a identificação de elementos comuns nas definições permite uma abordagem mais integrada e compreensiva. Este entendimento é crucial para a formulação de estratégias que não só reduzam os riscos, mas também aumentem a resiliência das populações vulneráveis. Portanto, ao considerar a vulnerabilidade no contexto da proteção e defesa civil, é essencial reconhecer sua abrangência e a necessidade de abordagens multidisciplinares para enfrentar os desafios contemporâneos de maneira eficaz e sustentável.

### **Percepção e Preparação das Comunidades Locais.**

É notável que a percepção do risco pelas comunidades locais desempenha um papel essencial na preparação para desastres naturais. Essa percepção pode variar desde o conhecimento e posterior intolerância e indignação diante do risco, até a aceitação e conformidade do perigo, passando pelo conhecimento do perigo sem ação ou até a total ignorância do risco (Almeida, 2003). Segundo este autor, esses comportamentos dependem também da forma como os meios de comunicação social intervêm, pois “a comunicação do risco tem um papel importante na informação, motivação e preparação da população e no enquadramento do respectivo comportamento na participação dos processos públicos de tomada de decisão, na informação de medidas mitigadoras” (Almeida, 2003).

Nos últimos anos, tem sido visível uma tendência para o aumento do número de desastres na-



turais em todo o mundo. Diversos autores reconhecem que o aumento da probabilidade da ocorrência de eventos extremos, como cheias e secas nas regiões temperadas, está intimamente relacionado com esse fenômeno (European Environmental Agency, 2003). Embora as cheias sempre tenham existido como fenômenos naturais, a ocorrência de períodos de precipitação muito intensos ou prolongados tem contribuído para a intensificação desses episódios, que passaram de excepcionalidades a parte integrante do cotidiano de muitas populações. A expansão populacional para áreas de risco e as dinâmicas sociais, econômicas e políticas inerentes aumentaram o grau de exposição e vulnerabilidade ao risco. A impermeabilização do solo, as intervenções nos rios que dificultam a passagem do caudal e a drenagem inadequada das águas pluviais são fatores que influenciam a magnitude e a frequência das cheias (Montz, 2000).

A percepção ambiental pode ser definida como a tomada de consciência do ambiente pelo homem, ou seja, o ato de perceber o ambiente em que está inserido, aprendendo a protegê-lo e cuidar dele. A visão holística da percepção ambiental aborda questões sobre o comportamento humano, colocando-o como resultante de um processo perceptivo no qual o ambiente possui um papel fundamental. Atualmente, todos devem se preocupar com qualquer ação de trabalho, relacionando-a ao meio ambiente (Faggionato, 1996). Muitas vezes, o indivíduo ouve falar sobre meio ambiente pela mídia impressa e outros meios. As informações e exemplos referem-se a florestas, animais, rios e mares, e esse indivíduo mantém na mente um cenário de significados, relacionando essas imagens ao meio ambiente sempre que ouve falar sobre o tema (Marques et al., 2002).

A percepção de risco constitui-se em uma construção social e é, portanto, uma representação mental vinculada à cultura existente (Renn, 1998; Guivant, 1998). Para Renn (2008), é possível compreender a percepção de risco como o processamento de sinais físicos ou informações sobre eventos e atividades potencialmente perigosas e a formação de julgamento com base na seriedade, probabilidade e aceitabilidade de um respectivo evento ou atividade. Burton e Kates (1972) observam que pessoas com mais experiências prévias com desastres, especialmente aquelas com implicações econômicas, tendem a perceber os riscos como problemas mais concretos. Essas percepções variam

e influenciam diretamente a forma como as comunidades se preparam e respondem a desastres naturais, destacando a importância da informação e educação ambiental para aumentar a resiliência comunitária frente a esses eventos.

### **Impacto das Mudanças Climáticas na Frequência e Intensidade dos Desastres Hidrológicos.**

O Brasil é particularmente vulnerável às mudanças climáticas, tanto as atuais quanto as projetadas para o futuro, especialmente em relação aos extremos climáticos. As áreas mais suscetíveis incluem a Amazônia e o Nordeste do Brasil, conforme evidenciado por estudos recentes (Marengo, 2007; Ambrizzi et al., 2007; Marengo et al., 2007). Compreender os cenários climático-hidrológicos futuros e suas incertezas é crucial para estimar futuras demandas de água e para definir políticas ambientais de uso e gerenciamento sustentável de recursos hídricos. Estudos sobre tendências de longo prazo nos últimos cinquenta anos e projeções de modelos climáticos até o final do século XXI fornecem informações valiosas sobre esses impactos (Trenberth et al., 2007; Magrin et al., 2007; Bates et al., 2008; Marengo et al., 2007; Ambrizzi et al., 2007; Salati et al., 2007).

Os desastres relacionados ao clima, incluindo eventos meteorológicos, hidrológicos e climatológicos, são predominantes, representando 91% dos desastres ocorridos no mundo (Mata-Lima et al., 2016). Dentre eles, as inundações são os mais frequentes, constituindo 43% de todos os eventos registrados entre 1994 e 2013 (CRED, 2015). Esse fenômeno afeta tanto países em desenvolvimento quanto desenvolvidos, causando danos econômicos significativos e vítimas humanas (Zou et al., 2012; Špitalar et al., 2014). Por exemplo, em 2010, países da Europa Ocidental, como Portugal, França, Bélgica e Alemanha, enfrentaram inundações que resultaram em elevados danos econômicos e dezenas de mortes (Leskens et al., 2014). No Brasil, a expansão urbana ocorre de maneira acelerada, especialmente nas regiões Sudeste e Sul, devido à concentração de indústrias de alta tecnologia, atraindo pessoas em busca de emprego e melhores condições de vida (Saboia, 2013; Mata-Lima et al., 2014). Nesse contexto, a gestão do risco de desastres deve incluir estratégias para planejar áreas urbanas sus-

tentáveis que mitiguem os impactos dos desastres em termos de vítimas humanas, danos econômicos e ambientais.

Além disso, as tendências de mudanças na temperatura na região indicam um aumento no número de dias quentes, diminuição nos dias frios, aumento nas noites quentes e redução nas noites frias (Marengo et al., 2009). Esses dados projetam impactos que incluem a intensificação das ilhas de calor, prejudicando a dispersão de poluentes. Espera-se que alguns poluentes, especialmente aqueles gerados por processos fotoquímicos atmosféricos, aumentem sua concentração (CETESB, 2006). Essas alterações climáticas não apenas exacerbam a frequência e intensidade dos desastres hidrológicos, mas também complicam a gestão ambiental, exigindo políticas adaptativas robustas e integradas para enfrentar os desafios futuros. O entendimento dessas mudanças é essencial para o desenvolvimento de estratégias eficazes de mitigação e adaptação, contribuindo para a resiliência das comunidades frente aos desastres hidrológicos.

### **Modelos Integrados de Resposta Rápida a Desastres.**

Os modelos integrados de resposta rápida a desastres são essenciais para garantir uma logística humanitária eficiente e eficaz durante eventos catastróficos. Nogueira (2010) destaca questões relevantes que devem ser abordadas no planejamento de um serviço humanitário, como a localização de centrais de recebimento e distribuição de materiais, a organização e controle desses materiais e a distribuição na rede. Segundo Doyen et al. (2011), as estratégias de salvamento devem enfatizar a eficiência, distribuição de suprimentos, velocidade do transporte e satisfação da demanda. Problemas de localização e roteirização são característicos da logística humanitária, especialmente em sistemas complexos onde a localização de bases e a roteirização de veículos são altamente intrincadas (Takeda, 2000). Lamosa et al. (2008) apontam que a abordagem integrada pode ser utilizada em serviços emergenciais, aviação e questões militares, entre outros.

Os problemas de localização e roteirização (LRP) buscam determinar os locais ideais para a

instalação de facilidades e as rotas de distribuição, visando minimizar os custos totais, que incluem custos de distribuição e localização (Barreto et al., 2007). Aplicações de modelos LRP na logística humanitária incluem técnicas de otimização para planos de evacuação e localização de abrigos, minimizando o tempo total de desocupação das áreas afetadas (Song e Zhang, 2009). Yi e Özdamar (2007) propõem problemas de localização e roteirização para atendimento por profissionais de saúde e transporte de vítimas. Campbell et al. (2008) apresentam objetivos de roteamento de veículos que transportam suprimentos para áreas afetadas por desastres. Lin et al. (2012) sugeriram a localização de armazéns temporários em torno de áreas afetadas por terremotos para melhorar processos logísticos de emergência. Ukkusuri e Yushimito (2008) utilizam programação inteira para preparação de atendimento à população afetada por desastres de início rápido.

Caunhye et al. (2012) analisaram modelos de otimização utilizados na logística de emergência, focando na melhoria da capacidade de resposta através da minimização do tempo de resposta, distância e demanda reprimida ao longo do tempo. Modelos quantitativos na literatura para operações humanitárias podem ser classificados em gestão de estoques, localização de instalações e distribuição de socorro e transporte de vítimas. A gestão de estoques envolve determinar o tamanho e a frequência de pedidos, bem como níveis de estoques de segurança (Beamon e Kotleba, 2006a). Modelos determinísticos e estocásticos determinam a localização de armazéns e centros de distribuição (Dessouky et al., 2006; Horner e Downs, 2010; Iakovou et al., 1997; Jia et al., 2005; McCall, 2006; Sherali et al., 1991; Kongsomsaksakul et al., 2005; Balcik e Beamon, 2008; Chang et al., 2007; Duran et al., 2011; Psaraftis et al., 1986; Wilhelm e Srinivasa, 1996; Rawls e Turnquist, 2010; Belardo et al., 1984; Mete e Zabinsky, 2010; Maciel Neto et al., 2012). A distribuição de socorro e transporte de vítimas inclui modelos que determinam fluxos de mercadorias ao longo de arcos (Sheu, 2007; Tzeng et al., 2007; Yan e Shih, 2009). Modelos de alocação de recursos e fluxo de mercadorias consideram atividades em diferentes períodos de tempo e modos de transporte (Özdamar et al., 2004; Yi e Kumar, 2007; Yi e Özdamar, 2007).

O desenvolvimento de sistemas de alerta integrados com modelos hidrológicos numéricos

representa uma alternativa eficaz para agentes públicos e privados envolvidos em eventos naturais catastróficos. Um sistema de alerta que integra dados pluviométricos e fluviométricos em tempo real, bem como previsões meteorológicas, permite gerar previsões de vazão em pontos de interesse. Essas previsões podem ser utilizadas para avaliar cotas de inundação e áreas de interesse, auxiliando na tomada de decisão (Lara e Kobiyama, 2012). O Sistema de Previsão de Eventos Hidrológicos Críticos (SPEHC), por exemplo, oferece subsídios para a gestão e o gerenciamento de recursos hídricos, gerando boletins diários com previsões de até 11 dias, empregando modelos meteorológicos de previsão como BRAMS (Freitas et al., 2009) e ETA (Chou et al., 2005). O SPEHC pode ser integrado a outras fontes de dados, como radares meteorológicos, para melhorar a precisão e a eficácia das previsões hidrológicas.

Implementado conforme um modelo iterativo, o SPEHC utiliza dados de telemetria em tempo real da Agência Nacional de Águas (ANA), do satélite TRMM-NASA, e modelos meteorológicos BRAMS e ETA. A implementação do sistema de modelagem numérica inclui a programação das equações da formulação numérica do modelo PM-Tank Model (Lara e Kobiyama, 2012). Assim, sistemas como o SPEHC são fundamentais para fornecer informações precisas e oportunas para a gestão de desastres, melhorando a capacidade de resposta e mitigação de impactos adversos.

### **Tecnologias Emergentes na Gestão de Desastres.**

As mudanças climáticas são uma ameaça significativa para a meta global de desenvolvimento sustentável, exigindo enfrentamento de fatores de risco como o desenvolvimento urbano não planejado, degradação ambiental e lacunas nos sistemas de alerta precoce (CRED e UNISDR, 2016). O Fórum Econômico Mundial (WEF, 2018) destaca a relação entre tecnologias emergentes aplicadas ao meio ambiente e a minimização dos impactos das mudanças climáticas, especialmente em sociedades vulneráveis caracterizadas por desigualdade e pressão social e econômica. No Brasil, a realidade é intensificada pelo atraso tecnológico e o sucateamento das instituições responsáveis pela redução de

desastres. Para abordar esses desafios, o monitoramento hidrometeorológico em tempo real no Estado do Rio de Janeiro é essencial, propondo um fluxo de trabalho automatizado para sistemas de alerta hidrometeorológico, visando a redução de desastres.

Os procedimentos adotados para o monitoramento em tempo real de riscos hidrometeorológicos consideram a chuva como um indicador inicial para a emissão de alertas no Rio de Janeiro, conforme as premissas da gestão de risco de desastres. A atuação depende das etapas de prevenção, mitigação, preparação e resposta a desastres hidrometeorológicos. O sistema de monitoramento e alerta é uma medida não estrutural que permite informar as comunidades em risco sobre eventos extremos, minimizando danos materiais e humanos (Kobiyama et al., 2006). Os três órgãos principais – CEMADEN-NAC, CEMADEN-RJ e INEA – mantêm suas próprias redes de monitoramento. O CEMADEN-NAC é responsável por prover alertas de risco hidrológico e geológico, segmentados e direcionados pelo CENAD para as Defesas Civis locais (Bacelar et al., 2020). No entanto, a inoperância de mais de 50% dos pluviômetros prejudica o monitoramento. O CEMADEN-RJ envia alertas via SMS e sirenes, mas cobre apenas 16 dos 92 municípios. O INEA, através do Sistema de Alerta de Cheias (SAC), fornece dados de chuva e nível de rios, emitindo alertas de transbordamentos, atuando desde 2009 para prevenção e controle de inundações (Bahense et al., 2015).

As Tecnologias de Informação Geográfica (SIG) são ferramentas essenciais no contexto das novas tecnologias de informação, aplicadas à representação e análise do espaço geográfico (Nogueira, 2008). Segundo Câmara e Queiroz (2001), os SIG são compostos por hardware, software, informações espaciais, procedimentos computacionais e recursos humanos que permitem a representação e análise do espaço e dos fenômenos nele ocorridos. Eles oferecem uma perspectiva inédita aos administradores, urbanistas, planejadores e engenheiros, facilitando a tomada de decisão baseada em dados georreferenciados. No entanto, a falta de acesso às informações geográficas limita o uso dos SIG a profissionais e ambientes acadêmicos, criando um fosso entre o saber científico e o saber comunitário. Isso reduz a alfabetização tecnológica dos cidadãos e o impacto das tecnologias de informação na resolução de problemas socioambientais, como os riscos e desastres (Câmara e Queiroz, 2001). O

desenvolvimento do SIG Participativo (SIG-P) busca integrar a percepção das comunidades na análise espacial, promovendo a participação cidadã na gestão do ambiente (Weiner et al., 1995 apud Urban-Ferauge, 2011).

A utilização de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) é crucial em situações de emergência, permitindo a produção rápida e de baixo custo de informações espaciais, análise de interações entre variáveis e suporte à tomada de decisão (Marcelino, 2007). Uriarte Junior (2008) destaca que uma infraestrutura adequada de TIC facilita a criação, organização, compartilhamento e aplicação do conhecimento, gerindo tanto o conhecimento tácito quanto o explícito. Balloni (2006) ressalta a importância das pessoas como gestores do conhecimento, responsáveis pelo aproveitamento das tecnologias e recursos para organização do conhecimento. Silva Neto (2007) confirma que um bom planejamento e gestão de TI são fundamentais para alcançar padrões de qualidade, funcionalidade, flexibilidade e melhoria do nível de serviços, acompanhados pela redução de custos. Portanto, a integração eficaz de tecnologias emergentes é vital para a gestão de desastres, melhorando a capacidade de resposta e reduzindo a vulnerabilidade das comunidades frente aos eventos climáticos extremos.

### **Políticas Públicas e Normativas na Gestão de Desastres.**

É notável que, apesar do retrocesso legislativo, a necessária integração com as demais políticas públicas permanece vigente no escopo da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), conforme destacado no parágrafo único do artigo 3º da Lei nº 12.608/2012. Tal exigência de atuação integrada deve se orientar por diretrizes como a abordagem sistêmica das ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação, sendo a prevenção a força motriz de interpretação (Brasil, 2012, art. 4º, inc. II). A base de análise relativa aos corpos d'água é a bacia hidrográfica, conforme as diretrizes do inciso IV do artigo 4º da PNPDEC (Brasil, 2012).

A iminência de desastres naturais, como enchentes, inundações, deslizamentos e vendavais, coloca a Defesa Civil como a instituição responsável por ações de redução, mitigação, socorro

e reconstrução. Segundo Calheiros (2007), a Defesa Civil se caracteriza por ações preventivas, de socorro, assistenciais e de reconstrução, visando evitar ou minimizar desastres, preservar o moral da população e restabelecer a normalidade social. No Brasil, a Instrução Normativa nº 1, de 24 de agosto de 2012, do Ministério da Integração Nacional, define dano como “o resultado das perdas humanas, materiais ou ambientais infligidas às pessoas, comunidades, instituições, instalações e aos ecossistemas, como consequência de um desastre” (Gomes, 2012). A magnitude das perdas é um aspecto relevante para a caracterização de desastres, e o aumento nos índices de ocorrência desses eventos acentua a necessidade de proteção do ser humano contra seus efeitos, configurando um dever constitucional do Estado.

O Estatuto da Cidade (Lei nº 10.257/2001) surge como parte integrante da política urbana, regulamentando os artigos 182 e 183 da Constituição Federal. Ele estabelece diretrizes gerais da política urbana, implementando políticas públicas específicas relacionadas à questão habitacional e ao ordenamento territorial. Rolnik (2001) afirma que as inovações do Estatuto se situam em três campos: novos instrumentos de natureza urbanística para induzir o uso do solo, uma nova estratégia de gestão com participação cidadã e a ampliação das possibilidades de regularização das posses urbanas. Maricato (2006) destaca que a criação do Ministério das Cidades, em 2003, veio preencher um vazio institucional, permitindo ao governo federal discutir políticas urbanas e o destino das cidades, refletindo lutas sociais por uma reforma urbana justa e democrática desde os anos 1970.

A Constituição de 1988 ampliou a proteção contra calamidades públicas, estabelecendo que é competência da União planejar e promover a defesa permanente contra secas e inundações, classificadas como calamidades públicas (Tavares, 2012). Além disso, o artigo 167, §3º, da Constituição permite a abertura de crédito extraordinário pela União para despesas imprevisíveis e urgentes, como as decorrentes de calamidades públicas. A criação de crédito extraordinário demonstra a prioridade constitucional na proteção contra desastres. Ferreira (2012) aponta que, devido ao impacto nas instituições políticas, administrativas e sociais, a Constituição prevê medidas excepcionais, mas necessárias, para restaurar a ordem durante desastres. Essas disposições visam proteger o ser humano contra



calamidades públicas, embora ainda não tenham reduzido significativamente o número de mortes decorrentes de desastres hidrológicos no Brasil.

O Estatuto da Cidade também enfatiza a sustentabilidade urbana, garantindo o direito a cidades sustentáveis com acesso à terra urbana, moradia, saneamento, infraestrutura, transporte, serviços públicos, trabalho e lazer para presentes e futuras gerações. Segundo Coutinho (2011), a sustentabilidade está diretamente relacionada à necessidade de planejamento e manutenção dos recursos ambientais. A Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, assegurando o desenvolvimento socioeconômico e a proteção da dignidade da vida humana. As políticas urbanas e ambientais integradas visam evitar distorções do crescimento urbano e seus efeitos negativos sobre o meio ambiente, promovendo a justiça, democracia e sustentabilidade na gestão das cidades.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa bibliográfica realizada ao longo deste estudo teve como objetivo analisar as políticas públicas e normativas na gestão de desastres no Brasil, com foco especial na integração de tecnologias emergentes e participação comunitária. O problema central abordado foi a necessidade de aprimorar essas políticas para enfrentar o aumento da frequência e intensidade dos desastres naturais, particularmente hidrológicos. A hipótese formulada sugeria que a integração eficaz de políticas públicas com tecnologias emergentes e a participação ativa das comunidades poderia melhorar significativamente a gestão de desastres.

Os resultados da pesquisa confirmam a hipótese. Verificou-se que, embora existam avanços notáveis nas políticas de prevenção e mitigação, há ainda lacunas importantes na coordenação interinstitucional e na aplicação prática das normativas vigentes. A análise de casos de estudo e a revisão da literatura demonstraram que a implementação de sistemas de monitoramento hidrometeorológico em tempo real, juntamente com a participação comunitária, pode aumentar a eficácia das respostas

aos desastres. A integração de sistemas de alerta precoce e tecnologias de informação geográfica (SIG) foi destacada como crucial para fornecer dados precisos e oportunos, auxiliando na tomada de decisões e na mitigação dos impactos adversos.

Além disso, a pesquisa sugere que a educação ambiental e a conscientização das comunidades sobre os riscos são fundamentais para a construção de uma cultura de resiliência. A participação ativa das comunidades na gestão dos desastres não só melhora a eficácia das respostas, mas também promove um senso de responsabilidade compartilhada e empoderamento comunitário. A integração de saberes locais com conhecimentos científicos pode fortalecer ainda mais as estratégias de gestão de desastres.

Recomenda-se que futuras pesquisas explorem a eficácia de diferentes modelos de participação comunitária em contextos variados, bem como o impacto de tecnologias emergentes específicas, como inteligência artificial e machine learning, na previsão e mitigação de desastres. Outro aspecto a ser investigado é a eficiência das políticas públicas em diferentes níveis de governo e como a coordenação entre esses níveis pode ser otimizada. Estudos comparativos entre diferentes países ou regiões também podem oferecer insights valiosos sobre práticas bem-sucedidas que poderiam ser adaptadas ao contexto brasileiro.

Em suma, a pesquisa confirma que a integração de políticas públicas com tecnologias emergentes e a participação comunitária é essencial para uma gestão de desastres mais eficaz e sustentável. A adoção dessas estratégias não apenas melhora a resposta imediata a eventos catastróficos, mas também contribui para a construção de comunidades mais resilientes e preparadas para enfrentar os desafios impostos pelas mudanças climáticas e a urbanização descontrolada. Portanto, a continuidade dos esforços de pesquisa e implementação dessas práticas é vital para a proteção das populações vulneráveis e a promoção de um desenvolvimento urbano sustentável.

## REFERÊNCIAS

Amaral, E., & Santos, R. (2018). *Gestão de desastres: Abordagens holísticas e estratégias de mitigação*. São Paulo: Editora Acadêmica.

Marchezini, V. (2015). *Gestão de desastres no Brasil: Desafios e perspectivas*. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz.

Nóbrega, R. A., & Coutinho, R. M. (2014). *Gerenciamento de riscos de desastres: Teoria e prática*. Recife: Editora Universitária UFPE.

Oliveira, A. J., Pereira, M. S., & Rodrigues, P. A. (2017). *Tecnologias avançadas na resposta a desastres: Sistemas de alerta e comunicação*. Belo Horizonte: Editora UFMG.

Pereira, J. P., & Silva, F. H. (2019). *Colaboração interdisciplinar na gestão de desastres: Eficiência e inclusão*. Brasília: Editora UnB.

Silva, L. A., & Almeida, C. R. (2016). *Vulnerabilidade social e desastres naturais: Uma análise crítica*. Salvador: Editora EDUFBA.

G1. (2022). *Enchentes em Petrópolis: Tragédia deixa mais de 230 mortos*. Disponível em: [link].

Marchezini, V. (2015). *Gestão de desastres no Brasil: Desafios e perspectivas*. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz.

HOGAN, D. J.; MARANDOLA JR., E. Para uma conceituação interdisciplinar da vulnerabilidade.

CUNHA, J. M. P. (Org.). *Novas metrópoles paulistas: população, vulnerabilidade e segregação*. Campinas: Nepo/UNICAMP, 2006.

COUTINHO, Nilton Carlos de Almeida. *concretização do direito de proteção contra desastres, sob a ótica da teoria dos direitos fundamentais*. In: *Revista de Estudos Constitucionais, Hermenêutica e Teoria do Direito (RECHTD)*, 6(2):211-217.

DÓRIA, Luiz Carlos Rodrigues. Problemática de defesa civil: abordagem preliminar. Brasília: Secretaria de defesa civil 1994.

FERREIRA, Olavo Augusto Vianna Alves. Sistema Constitucional das Crises: Restrições a Direitos Fundamentais. São Paulo: Método, 2012.

GOMES, Carla Amado. Direito(s) das catástrofes naturais. Coimbra: Almedina, 2012.