

**VULNERABILIDADE ÀS INUNDAÇÕES, ABORDAGENS  
METODOLÓGICAS DE AVALIAÇÃO E AÇÕES PARA A RESILIÊNCIA**

**FLOOD VULNERABILITY, METHODOLOGICAL ASSESSMENT  
APPROACHES AND ACTIONS FOR RESILIENCE**

**VULNERABILIDAD A LAS INUNDACIONES, ENFOQUES DE  
EVALUACIÓN METODOLÓGICA Y ACCIONES PARA LA RESILIENCIA**

Tomé Francisco Chicombo<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-9039-7018>

Alecir Antônio Maciel Moreira<sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0002-6107-9782>

**RESUMO**

Este artigo traz uma reflexão sobre a vulnerabilidade às inundações, seus diversos componentes, abordagens metodológicas, escalas de análise e principais medidas para a construção da resiliência. O estudo baseou-se em revisão teórico-conceitual como método para a sua elaboração. Constatou-se que quatro principais abordagens são usadas quando se trata de avaliação da vulnerabilidade às inundações, a saber: as curvas de vulnerabilidade, matrizes de danos, indicadores de vulnerabilidade e abordagens baseadas na modelagem. Essas abordagens adotam escalas de análise que variam da realidade micro à nacional, passando pela local e regional. A construção de medidas que conduzem à resiliência deve atender a vários domínios, onde se destacam o físico-ambiental, o social, o econômico, o socio-comportamental e o político-administrativo, todos abordados de forma integrada. A principal conclusão deste estudo é que as abordagens de avaliação às inundações devem sempre ter como base de análise: o contexto no qual elas ocorrem e a vulnerabilidade como característica intrínseca de um sistema ou elemento. Por outro lado, a adoção das estratégias de adaptação deve ser realizada de forma holística e integrada, atentando-se para a forma com que cada fator contribui particularmente para acentuação da vulnerabilidade em comunidades.

**Palavras-chave:** Inundações. Vulnerabilidade. Resiliência.

**ABSTRACT**

This article proposes a reflection on vulnerability to floods, its compounds, methodological approaches, analysis scales and most important measures to build resilience. It was constructed by means of bibliographical revision of available literature. It was found that four main

<sup>1</sup> Doutorado em Geografia – Tratamento da Informação Espacial pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas). Mestrado em Sistemas de Informação para Gestão Ambiental pela Universidade Pedagógica de Maputo (UP). Graduado em Informática pela Universidade Eduardo Mondlane (UEM). Atuação como professor no Instituto Superior Politécnico de Gaza. E-mail: [tchicombo@gmail.com](mailto:tchicombo@gmail.com).

<sup>2</sup> Doutorado em Geografia – Tratamento da Informação Espacial pela Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas). Mestrado em Geografia com Ênfase em Análise Ambiental pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Graduado em Geografia pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). E-mail: [alecirmoreira@hotmail.com](mailto:alecirmoreira@hotmail.com)

approaches are used when it comes to assessing vulnerability to floods, namely: vulnerability curves, damage matrices, vulnerability indicators and the modeling-based approach. Those approaches adopt different analysis scales, from micro to national, from local to regional ones. Resilience construction measures must consider different factors, specially: physical-environmental, social, economic, social behavioral and political administrative, all of them taken together. The conclusion is that assessment approaches to floods must always be based on the context in which they occur, analyzing vulnerability as an intrinsic characteristic of a system or element. On the other hand, the adoption of adaptation strategies must be carried out in a holistic and integrated way, paying attention to the way in which each factor contributes particularly to increasing vulnerability in communities.

**Keywords:** Floods. Vulnerability. Resilience.

---

## RESUMEN

Este artículo reflexiona sobre la vulnerabilidad ante inundaciones, sus diversos componentes, enfoques metodológicos, escalas de análisis y principales medidas para la construcción de resiliencia. El estudio se basó en una revisión teórico-conceptual como método para su elaboración. Se encontró que se utilizan cuatro enfoques principales cuando se trata de evaluar la vulnerabilidad a las inundaciones, a saber: curvas de vulnerabilidad, matrices de daños, indicadores de vulnerabilidad y el enfoque basado en modelos. Estos enfoques adoptan escalas de análisis que van desde las realidades micro hasta las nacionales, incluidas las locales y regionales. La construcción de medidas que conduzcan a la resiliencia debe abordar varios dominios, incluidos el físico-ambiental, social, económico, socio conductual y político-administrativo, todos abordados de manera integrada. La principal conclusión a la que se puede llegar con este estudio es que los enfoques de evaluación de las inundaciones deben basarse siempre en el contexto en el que se producen, analizando la vulnerabilidad como una característica intrínseca de un sistema o elemento. Por otro lado, la adopción de estrategias de adaptación debe realizarse de manera holística e integrada, prestando atención a la forma en que cada factor contribuye particularmente a aumentar la vulnerabilidad en las comunidades.

**Palabras clave:** Inundaciones. Vulnerabilidad. Resiliencia.

---

## INTRODUÇÃO

As inundações constituem desastres naturais frequentes e gozam de ampla cobertura midiática no mundo, tanto pelo nível de danos e perdas de propriedades causados, tanto como pelo número de vítimas humanas. Atualmente, elas ocorrem em um contexto de mudança do clima global. Estima-se que, pelo menos até meados do século, as temperaturas se elevem de 1,5 °C e 2 °C (IPCC, 2021) e, como corolário do aquecimento, espera-se um aumento de eventos de grandes volumes de precipitação nas diversas escalas tempo-espaciais com rebates sobre o escoamento superficial e o comportamento do caudal dos rios.

Segundo Antwi *et al.* (2015), no caso do Hemisfério Sul, em contextos de forte vulnerabilidade social, os desastres naturais relacionados à mudança do clima se tornaram uma área importante de preocupação, tendo em conta que os riscos das populações são crescentes. É preciso, portanto, que populações e Estados aprendam a lidar com o risco. Segundo Bello *et al.* (2017), ainda que tais riscos não possam ser totalmente eliminados, a adaptação à mudança do clima pode reduzir a exposição e vulnerabilidade a eventos extremos, reduzir a probabilidade de ocorrência/magnitude de desastres e garantir a construção da resiliência.

Compreender a condição da vulnerabilidade de um determinado grupo e seu espaço é necessário, tendo em conta as diferentes características físico-ambientais, a capacidade no enfrentamento de um evento de inundações, a capacidade de sustentar várias categorias de tensões, a probabilidade de dados e a percepção do risco. Segundo Balica *et al.* (2013), essas informações permitem criar uma base de ligação entre os conceitos teóricos de vulnerabilidade e o processo de tomada de decisão do dia-a-dia. De acordo com Ouma e Tateishi (2014), a identificação dos fatores de vulnerabilidade permitirá providenciar a construção de bases para o desenvolvimento de planos de gerenciamento. Nesse caso, o conhecimento detalhado da situação em termos espaciais viabilizará o planejamento das necessárias intervenções e o seu mapeamento, dado que mapas retratam o(s) local(is) mais vulnerável (is), segundo Olayinka e Irvbogde (2017). Para Cutter (2011), é necessário haver um conhecimento geoespacial da vulnerabilidade partindo de uma investigação com base nos locais, considerando-se que todos os desastres são locais, e que as respostas imediatas também o são. Trata-se da aplicação do olhar holístico e integrado “propriamente geográfico da vulnerabilidade, e não apenas sua espacialização” (MARANDOLA JR. e HOGAN, 2009).

O objetivo deste artigo é, portanto, fazer algumas reflexões sobre os diversos componentes da vulnerabilidade e as abordagens metodológicas que permitirão a sua identificação. Sua relevância repousa no entendimento de que as análises e discussões da temática são de fundamental importância para produzir ferramentas de planejamento e gerenciamento eficazes para a redução da vulnerabilidade às inundações.

## **SOBRE A VULNERABILIDADE**

O termo vulnerabilidade remete à ideia da predisposição de algo ser negativamente afetado, segundo Mavume *et al.* (2009). Este termo, de acordo com

Sinha *et al.* (2014), inclui fatores físicos (impacto de um evento perigoso em ativos, como construção, infraestrutura, agricultura, etc.), sociais (impacto de um evento perigoso em grupos altamente vulneráveis, como pobres, capacidade de sobrevivência das pessoas, etc.), econômicos (impacto de um evento perigoso sobre os ativos e processos econômicos, como interrupções de negócios, etc.) e ambiental (impacto do evento perigoso na qualidade ambiental, resiliência natural a perigos, proteção ambiental, etc.). A vulnerabilidade, conforme exposto por Marandola Jr. e Hogan (2009), envolve as qualidades intrínsecas do lugar, das pessoas, da comunidade, dos grupos demográficos e dos recursos que fornecem elementos para pessoas e lugares estabelecerem seus sistemas de proteção.

Note-se que, o conceito de vulnerabilidade apresenta nuances em sua definição. Essas diferenças dependem geralmente do autor, objetivo do estudo e área da ciência, o que faz com que haja focos diferenciados em relação aos componentes do risco, tal como colocam Souza e Lourenço (2015), ao afirmarem que: o conceito de vulnerabilidade sofre com a fragmentação da abordagem, que varia conforme a perspectiva dos pesquisadores que trabalham com essa temática. Em geral, explica o potencial de exposição ou risco de um grupo, e como este responde ou o enfrenta numa área específica. Trata-se de um conceito em contínua reformulação, cuja função tem sido torná-lo mais abrangente e dinâmico ao incorporar diferentes dimensões (componentes física, social, econômica, ambiental e institucional). Essa reformulação deve, em tese, permitir maior capacidade analítica e complexidade através de sua conexão com conceitos como a suscetibilidade, exposição, capacidade de enfrentamento e capacidade adaptativa.

Nas definições de vulnerabilidade evidenciam-se duas principais correntes de abordagem, sendo que, todas mostram o reconhecimento de que esta depende do seu contexto. A primeira corrente foca o *status quo* do grupo que enfrentará um evento. Para este tipo de abordagem, a vulnerabilidade pode ser entendida como “as características de uma pessoa ou grupo, e sua situação que influenciam sua capacidade de antecipar, enfrentar, resistir e se recuperar do impacto caso um desastre ocorra sobre eles” (BLAIKIE *et al.*, 1996; WISNER *et al.*, 2003; UNDP, 2004; BIRKMANN, 2006). A segunda corrente procura destacar o potencial de perda, ou seja, o que se espera perder caso ocorra um evento extremo. Esta, define a vulnerabilidade como “o grau em que um sistema, ou parte de um sistema, pode reagir adversamente durante a ocorrência de um

evento perigoso” (MILETI, 1999; NOAA, 2010; CUTTER, 2011; ROAG, 2014; AQUINO, 2017).

Entretanto, independentemente das diferentes perspectivas adotadas pelos vários autores, parece haver consenso quanto ao fato de que a vulnerabilidade deve ser vista como uma característica intrínseca de um sistema ou elemento, ou seja, não se resume apenas em consequência da exposição aos perigos, mas sim, o resultado de condições sociais em que esses perigos se concretizam. De qualquer forma, ambas as abordagens, tendem a nos levar a perceber o grau em que se encontra o sistema, de modo a prever o potencial de perda, considerando que “um entendimento adequado de vulnerabilidade levará a uma avaliação de risco mais eficaz, gerenciamento de emergência e o desenvolvimento de atividades de mitigação” (PAPATHOMA-KOHLÉ *et al.*, 2012)<sup>3</sup>.

Com o intuito de analisar a vulnerabilidade tomando-se fatores ambientais e sociais, de forma integrada, surgiu o conceito de vulnerabilidade socioambiental, que de uma forma particular é definida por Alves (2006), como sendo “a coexistência ou sobreposição espacial entre grupos populacionais muito pobres e com alta privação (vulnerabilidade social) e áreas de risco ou degradação ambiental (vulnerabilidade ambiental)”. Segundo este autor, o uso do termo socioambiental na vulnerabilidade tem a ver com a combinação das duas dimensões, isto é, a sociedade e o meio ambiente. Do mesmo modo, Oliveira (2018), considera a vulnerabilidade socioambiental como um reflexo das condições físicas do ambiente, das condições sociais, políticas e econômicas, tanto individuais como coletivas de uma determinada comunidade. Nessa abordagem, segundo apontam Souza e Lourenço (2015), é necessário conhecer a vulnerabilidade que compreende o estudo de 3 propriedades: i) Suscetibilidade (potencial de ser afetado); ii) Resistência (capacidade de resistir ao impacto); e iii) Resiliência (celeridade de recuperação após impacto).

Dois componentes principais devem ser considerados quando se analisa a vulnerabilidade. Por um lado tem-se o componente ambiental, que envolve os fatores físicos. Estes fatores, segundo Christofolletti (1999), são controladores dos sistemas ambientais e envolvem os condicionamentos ligados ao clima, geodinâmica e interações entre seus componentes ligados com processos geomorfológicos, hidrológicos e ecossistêmicos. Nele, se analisa a população em relação ao seu entorno (declividade, altitude, drenagem, solo, vegetação, etc.). Trata-se da vulnerabilidade a partir da dimensão espacial, permitindo-se assim determinar quais populações estão em perigo,

---

<sup>3</sup> Tradução livre

quais são esses e qual o seu grau de exposição, de modo a encontrar mecanismos de enfrentamento. Por outro lado, tem-se o componente social, que compreende as relações sociais enquanto elementos da paisagem, que, de acordo com Cutter *et al.* (2003), é recorrentemente descrita usando-se as características individuais das populações (idade, saúde, renda, emprego, etc.), que influenciam como certos grupos se tornam mais vulneráveis em relação aos outros sob mesma condição de risco.

## **ABORDAGENS METODOLÓGICAS NA AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE ÀS INUNDAÇÕES**

Quatro propósitos foram identificados por Patt *et al.* (2009), para realizar uma avaliação de vulnerabilidade: i) melhorar o planejamento de adaptação; ii) enquadrar a mitigação da mudança do clima como um problema urgente; iii) para abordar a injustiça social, expondo o ônus diferencial da vulnerabilidade suportado pelos socialmente desfavorecidos; e iv) melhorar a compreensão científica básica da vulnerabilidade e aprimorar os métodos e ferramentas usados em sua avaliação. Na mesma linha, Malone e Engle (2011) distinguem três enquadramentos da avaliação de vulnerabilidade, a saber: i) como uma extensão da pesquisa sobre os impactos das mudanças do clima focando nos seus riscos físicos; ii) como um desdobramento da pesquisa de desenvolvimento sustentável, com foco nos aspectos sociais da vulnerabilidade à mudança do clima, determinada por fatores como governança e capital humano; e iii) como um desenvolvimento de pesquisas sobre perigos e desastres e pesquisas mais recentes relacionadas à resiliência, que se concentram em respostas flexíveis que integram capacidades físicas e sociais para enfrentar a curto prazo e se adaptar a longo prazo.

Observa-se, portanto que, ao se analisar o problema das inundações, várias estratégias são adotadas, de modo a mitigar e prevenir seus riscos. Tais estratégias, numa primeira fase, estavam focadas em medidas de defesa contra as inundações mas, nos últimos anos, as abordagens ganharam complexidade ao incluir a avaliação do risco. Em outras palavras, têm-se buscado avaliar como cada componente do risco pode influenciar no nível de desastre. Assim, estudos sobre vulnerabilidade às inundações, são pautados em quatro abordagens principais. Essas abordagens, apresentadas a seguir, permitem fornecer informações aos vários órgãos que intervêm no processo de gerenciamento do risco, facilitando a sua atuação.

## CURVAS DE VULNERABILIDADE

Esta abordagem usa geralmente elementos do meio físico como a profundidade, a velocidade e duração das inundações como fatores principais de avaliação da intensidade de dano. Segundo Brito (2018), embora a abordagem ofereça uma grande vantagem em estimativa quantitativa dos danos, ela requer uma quantidade significativa de entrada de dados e recursos computacionais. Os resultados do processamento, são apresentados graficamente, por uma curva contínua que associa o perigo (eixo  $x$ ) à resposta de dano de um edifício (eixo  $y$ ).

Estudos baseados nesta abordagem, datam de 1945 e foram elaborados nos Estados Unidos, quando White (1945), apresentou em sua dissertação, uma proposta de aplicação de curvas de dano por estágio, onde relacionou a profundidade da inundação às perdas esperadas expressas como percentagem ou dano total em valor monetário. A partir daí, vários outros estudos de avaliação de vulnerabilidade baseados nesta abordagem foram realizados (por exemplo: KANG *et al.*, 2005; BUCHELE *et al.*, 2006; GRUNTHAL *et al.*, 2006; MEYER *et al.*, 2009; WARD *et al.*, 2011).

A partir destes estudos, a abordagem de curvas de vulnerabilidade tem seu foco em infraestruturas, havendo poucos estudos cuja análise envolve a componente social. O resultado dos estudos, geralmente, são modelos que permitem explicar parâmetros como a profundidade das inundações e velocidade das inundações, seu potencial para provocar maiores ou menores danos, tendo em conta as características dos edifícios localizados nas áreas de risco. Nessa ótica, edifícios com estado de degradação avançado ou construídos com material pouco consistente tendem a ser mais vulneráveis a danos. Baseia-se essencialmente em dados de estudos de caso bem documentados, tão tipicamente restritos a habitações em uma área específica. Geralmente as curvas evidenciam os danos potenciais, embora métodos semelhantes possam ser usados para medir os danos que ocorrem imediatamente após uma inundação (análises de danos reais). Essa abordagem consome muito tempo e recursos e a confiabilidade desse método é menor do que outros porque não é aplicável a outras regiões (NASIRI *et al.*, 2013). Com a abordagem, possibilita-se identificar áreas de risco para as quais ações de mitigação são necessárias (ARIBISALA *et al.*, 2022).

Frequentemente, essa abordagem usa a profundidade como o único e principal parâmetro para estimar os danos de inundação. Entretanto, é importante que análises incorporem outros diferentes daquele da profundidade (ARIBISALA *et al.*, 2022), tais como a velocidade, turbulência e duração, não obstante, reconhece-se a dificuldade de medir tais variáveis. Nessa abordagem, indicadores socioeconômicos não são considerados, na maioria dos estudos aqui apresentados, o que poderia melhorar as estimativas dos danos.

Estudos de vulnerabilidade realizados com base na abordagem de curvas de vulnerabilidade podem usar bancos de dados já existentes sobre os possíveis efeitos das inundações na construção, materiais e similares, ou seja, uma abordagem empírica baseada em dados de danos de inundações passadas. Outra forma de obtenção de dados é a abordagem sintética. Abordagens sintéticas usam dados de danos coletados por meio de pesquisa de campo, entrevistas domiciliares, questionários, investigação de campo, discussão entre especialistas (ENGLHARDT *et al.* 2019).

A pesquisa de campo pode ser complementada por inquéritos de avaliação realizados com base informações existentes sobre os possíveis efeitos das inundações na construção, materiais e similares. Geralmente, são consideradas elementos expostos ao risco: residências, indústrias, estradas, veículos, recreação, agricultura, ferrovias, turbinas de vento, comércio, instalações essenciais e sistemas de transporte (MARTÍNEZ-GOMARIZ *et al.*, 2020). Alguns indicadores usados para o mapeamento de vulnerabilidade de edifícios residenciais são: profundidade da água da inundação, elevação (acima do ponto mais baixo), velocidade da água, número de andares, presença de porão, janelas do porão, altura das aberturas, material do piso, uso do primeiro andar, material da construção, tipo de construção, condição, casas construídas perto da costa, muro circundante, distância do córrego principal e rio, vegetação circundante, população vulnerável, densidade populacional e renda (KAOJE *et al.*, 2019). No caso de profundidade de inundação, é importante serem feitos reajustes temporais de modo que a curva se adeque as estimativas futuras atendendo as novas dinâmicas impostas pela mudança do clima. A vantagem do método é de ser qualitativo, sem necessidade de informações detalhadas. Em contrapartida, os resultados dos estudos que adotam essa abordagem não podem ser traduzidos em perda monetária (PAPATHOMA-KOHLER *et al.*, 2017).

## **MATRIZES DE DANOS**

Trata-se de uma abordagem considerada subjetiva, na medida que as matrizes são construídas com base em dados empíricos, resultantes do julgamento de especialistas. Assim, é espectável que diferentes especialistas apresentem resultados diferentes de nível de vulnerabilidade sobre o mesmo elemento exposto ao mesmo perigo com a mesma intensidade. Neste método, as matrizes são construídas por dados submetidos a análise estatística. Essas matrizes relacionam geralmente a exposição dos elementos em risco de modo a se vislumbrar a percentagem do número total de edifícios que está associada a cada classe de vulnerabilidade, distinguida para as diferentes classes de exposição (NASO *et al.*, 2013). Sobre essa abordagem, estes autores chamam atenção na necessidade de cautelas no tratamento dos seus resultados, já que a abordagem apesar de ser simples é pouco imprecisa devido aos dados registrados de forma desigual.

Geralmente, a vulnerabilidade é avaliada a partir de fatores físicos, como mostram os seguintes estudos: i) caracterização de áreas uniformemente estressadas de nível de intensidade dado com base no cálculo, para cada área solicitada, dos índices de perdas econômicas, humanas e suscetibilidade funcional caso ocorra o desastre (LÉONE *et al.* (1996); e ii) investigação do poder destrutivo dos fluxos de detritos (ZANCHETTA *et al.*, 2004).

Procura-se avaliar o provável nível de danos dos elementos físicos expostos ao risco, tendo como base dados do evento. Assim, o nível de vulnerabilidade é determinado pela combinação entre o estado dos elementos em risco e a intensidade do evento. Entretanto, apesar dos estudos com essa abordagem ignorarem as características importantes do processo natural (por exemplo, velocidade, duração, direção, etc.), bem como o elemento em risco (número de andares, material de construção), o método é quantitativo e pode “traduzir” um evento em custo monetário, o que constitui uma vantagem (Papathoma-Kohle *et al.*, 2017).

Entretanto, é importante insistir no fato de que, a condição socioeconômica das populações vivendo em áreas de risco é um fator importante a se ter em consideração quando se faz a avaliação da vulnerabilidade a desastres naturais. É essa condição, adicionada a outros elementos físicos, que nos fornece informação mais detalhada sobre o quão certos grupos expostos ao risco estão vulneráveis.

## **INDICADORES DE VULNERABILIDADE**

Segundo Brito (2018), essa abordagem constitui uma alternativa que permite integrar várias dimensões da vulnerabilidade em uma estrutura abrangente, superando assim os problemas apresentados pelas duas abordagens apresentadas anteriormente. Trata-se uma abordagem aplicada, numa primeira fase, para a avaliação da vulnerabilidade social, e apenas em estudos recentes tem sido usada também para a vulnerabilidade física.

A redução de risco de desastres naturais, depende em grande medida da avaliação da vulnerabilidade. Trata-se de uma atividade essencial e um pré-requisito na análise de vulnerabilidade de sistemas ou comunidades. Possibilita-se entender as variáveis que tornam certos elementos vulneráveis a eventos perigosos de origem natural, o que permite que esforços sejam direcionados a estes elementos particulares, e que os governos direcionem os orçamentos conforme as necessidades específicas de cada elemento. No mesmo sentido, as Nações Unidas, através das suas principais estratégias interventivas na redução de riscos a desastres naturais, propostas na estrutura *Hyogo Framework for Action* (HFA), consideram que:

Desenvolver sistemas de indicadores de risco de desastres e vulnerabilidade em escalas nacionais e subnacionais, permitirá aos tomadores de decisão, avaliar o impacto dos desastres nas áreas social, econômica e ambiental, condicionar e divulgar os resultados aos tomadores de decisão, o público e as populações em risco. (UN, 2007, tradução nossa)

Vários documentos organizados no quadro de ação de HFA fazem referência à necessidade de se desenvolver indicadores de vulnerabilidade para avaliar os impactos econômicos e ambientais de desastres. Nesse sentido, vários estudos vêm adotando essa abordagem. Inicialmente tomaram em conta apenas os elementos físicos e, ultimamente, incorporaram fatores ambientais, econômicos, sociais, organizacionais e comportamentais (por exemplo: SILVA e PEREIRA, 2014; THOURET *et al.*, 2014; ETTINGER *et al.*, 2016; BABANAWO *et al.* 2022).

A abordagem por indicadores é amplamente utilizada em estudos de vulnerabilidade a inundações visando priorizar medidas e planejar a resposta ao risco em determinada região (NASIRI *et al.*, 2013). Constate-se que a adoção de ponderações nos indicadores é um caminho a seguir, posto que cada indicador contribui de forma diferente na construção da vulnerabilidade. Não obstante, ainda existem estudos que atribuem mesmo peso aos indicadores.

Indicadores agregados em índices em diferentes unidades espaciais (bacia hidrográfica, sub-bacia hidrográfica, áreas urbanas) com diferentes componentes (sociais, econômicos, ambientais e físicos) quando relacionados com os fatores de vulnerabilidade da exposição (E), suscetibilidade (S) e resiliência (R), permitem auxiliar na identificação de pontos fracos de um sistema de defesa contra inundações e, portanto, auxiliar na elaboração de estratégias para melhoria do sistema na totalidade (BALICA *et al.*, 2009). Entretanto, a incerteza e a dificuldade de quantificar certos indicadores sociais são apontadas como fraquezas dessa abordagem (NASIRI *et al.*, 2013).

Na seleção dos indicadores é importante observar se eles correspondem aos objetivos do estudo, se os dados são disponíveis, se adéquam a realidade em estudo, são mensuráveis, relevantes e permitem uma análise estatística sólida. Por via dedutiva, os indicadores podem ser selecionados a partir de uma estrutura teórica baseada em levantamentos de estudos já realizados, ou seja, com base em pesquisa e nas conclusões de estudos anteriores. Na via indutiva, os indicadores são selecionados a partir de um levantamento e tratamento estatístico da sua relação com as inundações, ou seja, identificação de possíveis parâmetros que influenciam a vulnerabilidade numa região, e realizar uma análise estatística dessa influência. Note-se que a disponibilidade de dados e a opinião de especialistas por meio de julgamento de valor deve ser considerada.

Uma grande vantagem dessa abordagem é que as características do elemento em risco são consideradas e os resultados podem servir de base para a adoção de medidas de adaptação local e ações simples de redução da vulnerabilidade. Em contrapartida, a quantidade e o detalhamento dos dados necessários são altos, levando a pesquisas de campo demoradas, uma vez que a maioria dos dados não está disponível em escala local, e os resultados não são expressos em danos monetários (PAPATHOMA-KOHLER *et al.*, 2017).

## **ABORDAGEM BASEADA NA MODELAGEM**

Nesse tipo de abordagem são usados modelos computacionais unidimensionais e bidimensionais para avaliar extensão, profundidade, elevação e velocidade de inundação, frequência, magnitude em forma do hidrograma, a partir de dados econômicos, topográficos e hidrográficos da região de estudo. Esse método é considerado mais sensível, porque considera fatores locais específicos, embora não possa descrever uma ligação clara entre o mapa previsto e o nível de dano real das

enchentes (BALICA *et al.*, 2013; NASIRI *et al.*, 2013). Seus resultados podem ser usados para estimar a perda atribuída a um determinado evento de inundação projetado. Seus parâmetros podem então ser vinculados às estimativas de danos econômicos e perdas na área afetada (BALICA *et al.*, 2013).

A solução mais usada para a modelagem de inundação é o *Hydrologic Engineering Center's-River Analysis System* (HEC RAS). Trata-se de um *software* integrado projetado para operar cálculos hidráulicos para uma rede completa de canais naturais e artificiais. Seus resultados podem ser exportados para ArcGis, por exemplo, para mapeamento de áreas inundadas, sua extensão e profundidade.

A abordagem baseada em modelagem possui certas limitações no tocante a sua capacidade de análise. Isso se explica pela necessidade de consideração de certos elementos de suscetibilidade, exposição e resiliência para compreensão da vulnerabilidade que, geralmente, para essa estão indisponíveis. Esta abordagem tem sido aplicada em vários estudos (por exemplo: MAI e SMEDT, 2017; STATHIS, 2020; MONTE *et al.*, 2016; POUDEL *et al.*, 2021; AKSOY *et al.*, 2016; BRUNO *et al.*, 2022; MENDES *et al.*, 2022); NKEKI *et al.*, 2022).

A abordagem da vulnerabilidade baseada em modelagem apresenta como vantagem o fato de permitir uma alta capacidade de prognóstico. Isto se traduz na alta demanda de dados. Apesar de existirem soluções atuais de armazenamento de grandes volumes de dados, como a computação em nuvem, sua alta demanda ainda pode ser uma desvantagem quando os estudos envolvem áreas mais extensas. Outra desvantagem é a inexistência de dados históricos, principalmente em países em desenvolvimento, com dificuldades de realizar esses registros. Entretanto, a modelagem tem como limitação a avaliação limitada da vulnerabilidade, sendo mais eficaz para estudos mais focados, diferentemente da abordagem baseada em indicadores que vai além e abrange outros aspectos, como sociais, danos ambientais e resiliência da infraestrutura, oferecendo uma avaliação mais ampla, mas menos rigorosa (BALICA *et al.*, 2013).

Em suma, a avaliação da vulnerabilidade às inundações deve servir como uma ferramenta para os tomadores de decisão. Para tal, é necessário que, nessa avaliação, sejam considerados todos os fatores relevantes de forma sistêmica. Desta forma os tomadores de decisão terão uma base de informação que permita ligar conceitos teóricos e processos decisórios. É importante que os resultados sejam apresentados em forma de mapas que permitam apresentar a heterogeneidade espacial da vulnerabilidade de acordo com indicadores locais, o que permitirá priorizar a atuação em áreas específicas

consoante as necessidades locais, criando a resiliência, ao nível de indivíduos ou comunidades. Ressalte-se a importância da observação da escala de análise adotada.

## ESCALAS DE ANÁLISE DA VULNERABILIDADE ÀS INUNDAÇÕES

Numa bacia hidrográfica podem ser adotadas várias escalas de avaliação da vulnerabilidade às inundações. A categorização de escalas de análise apresenta vantagens tais como: possibilidade de diferenciar a vulnerabilidade espacial e socialmente; a heterogeneidade do espaço resulta em uma descrição mais precisa da realidade; a possibilidade de incluir as diferenças em componentes de vulnerabilidade e fatores de vulnerabilidade; dados de áreas urbanas podem diferir dos dados do país e os resultados serão mais aplicáveis e compreensíveis através do acúmulo de conhecimento de como vulnerabilidade é distribuída e como ela está se desenvolvendo em todo o mundo (BALICA *et al.*, 2009).

Em escala local, a vulnerabilidade é analisada a partir da interação dos aspectos socioeconômicos, edifícios, estradas, arranjos institucionais, cultura e percepção e comportamento. Segundo Zevenbergen *et al.* (2008), tanto em meso quanto em macro escala, a redução da vulnerabilidade geral do sistema a inundações é efetivada reduzindo-se a exposição e a sensibilidade do sistema e mitigando-se os impactos (recuperação), sendo que a exposição à inundação está diretamente relacionada ao mecanismo físico subjacente à propagação da inundação através do sistema de captação.

Na micro escala, procura-se identificar elementos que permitam desenvolver planos de ação para lidar com as inundações, e melhorar os processos de tomada de decisão ao nível local, por exemplo, num município. Procura-se identificar os pontos fracos em relação à situação de defesa contra inundações, considerando-se componentes sociais, econômicos, ambientais e físicos, relacionados à exposição, suscetibilidade e resiliência. Assim, é possível, segundo Balica *et al.* (2009), reduzir a vulnerabilidade a partir da definição de projetos prioritários.

É importante que a avaliação da vulnerabilidade seja realizada de baixo para cima, ou seja, partindo de um contexto local. É nessa escala que se torna possível capturar a capacidade das pessoas de lidar ou se adaptar a situações de inundação, mediante questões como comportamento, percepção de risco, características sociais, situação econômica, competências e recursos. Pode se ter informações sobre o

conhecimento das populações sobre a exposição, a capacidade de enfrentamento e as medidas de proteção contra inundações, o que só pode ser captado nesse nível espacial, através do uso de pesquisas domiciliares. Assim, torna-se possível otimizar investimentos através da avaliação da relação custo-eficácia de medidas estruturais e outras para redução do risco, desenvolvimento de mapas de perigo que apoiem o desenvolvimento de conceitos locais de gestão e planejamento, preparando as pessoas, comunidades e empresas para possíveis desastres, segundo Fekete *et al.* (2010).

É importante frisar que num evento de inundações, os locais são afetados de forma diferente, ou seja, algumas vulnerabilidades são particulares. A escolha da escala local só faz sentido quando os arranjos ambientais, institucionais, econômicos e sociais, analisados de forma integrada, permitem adotar medidas que permitam que as comunidades se tornem resilientes. No caso de vulnerabilidade física, mesmo que ela se constate, no caso de comunidades resilientes, a capacidade de reação e recuperação torna-se eficaz durante e após um evento danoso.

Apesar da avaliação da vulnerabilidade ser considerada inevitavelmente local, Menoni *et al.*, (2011), chamam atenção para a necessidade de se adotar abordagens complexas, tendo em vista que, ao mesmo tempo, certos condicionantes e efeitos podem ser específicos, mas afetarem, por extensão e conectividade em contexto macro. Dessa forma, um evento bastante local, pode se espalhar por zonas muito extensas. Esse evento que não provocou danos físicos significativos, perdas ou vítimas, mas com um impacto muito grande sobre o sistema de transporte e através do efeito cascata nas atividades econômicas de toda a indústria aeronáutica e do setor turístico.

Para estudos em escalas regional ou nacional, uma avaliação inicial é vital para capturar a vulnerabilidade da forma mais granular possível. O nível familiar fornece uma imagem boa da vulnerabilidade do ponto de vista de entidades individuais, segundo Morrison *et al.* (2022). Nessa análise, segundo o autor, populações expostas podem diferir em vulnerabilidade entre as comunidades, o que indica que a categorização de tipologias individuais é útil. A presença de tipologias individualmente mais vulneráveis deve alterar a classificação geral de vulnerabilidade das áreas de risco.

A exposição é dependente das intervenções implementadas em um nível superior, ou seja, da bacia hidrográfica. Por exemplo, a vulnerabilidade física é abordada principalmente na escala local, onde a análise incide na fragilidade intrínseca das estruturas, infraestruturas e pessoas. Dessa forma, a gestão da exposição às inundações envolve um processo de *feedback* iniciado de uma perspectiva da bacia

hidrográfica, do governo central, do estado até se chegar ao município e suas respectivas subdivisões administrativas.

As medidas tomadas em escala local dependerão daquelas tomadas no âmbito da bacia hidrográfica, pelo que seja necessária uma coordenação entre os diferentes níveis de atuação. Por outro lado, incentiva-se a abordagem que parte da escala local (quarteirão-bairro-município), para os níveis mais acima. Essa abordagem permite as estratégias adotadas localmente, possam ser moldadas no desenvolvimento de estratégias e desenvolvimento de políticas ao nível do município, estado e federação. No caso de ocorrência de um evento de inundação, os recursos necessários atravessam todos os níveis da administração pública. Isso leva a que haja uma necessidade de ampliar o olhar da escala local para escalas maiores, considerando como o local se insere em regiões econômicas e administrativas maiores, segundo Menoni *et al.* (2011). Para o autor, quando se trata de considerar as capacidades para recuperar efetivamente de forma resiliente, todas as escalas devem ser consideradas: o que será reconstruído é, em última análise, o que foi localmente danificado, mas os recursos necessários atravessam todos os níveis de governo e dependem também do tipo e força das relações entre os lugares afetados e uma região muito mais ampla.

## **DA VULNERABILIDADE À RESILIÊNCIA**

Segundo Balica *et al.* (2009), resiliência é a capacidade de um sistema sofrer qualquer perturbação causada pelas inundações, mantendo níveis significativos de eficiência em seus componentes sociais, econômicos, ambientais e físicos. Para esses autores, o foco principal da resiliência aos danos provocados pelas inundações deve ser direcionado a partir das experiências adquiridas durante e após a ocorrência desses eventos, daí a razão pela qual apenas considerados locais com eventos passados.

Os desafios futuros no desenvolvimento de estrutura clara para melhorar e avaliar a resiliência, segundo Zevenbergen *et al.* (2008), passam por um lado, esclarecer tanto os ciclos de *feedback* que causam vulnerabilidade, quanto aqueles que constroem resiliência e como eles interagem em diferentes escalas espaciais, desde o nível do edifício e da rua até a própria cidade e, finalmente, até a escala da bacia hidrográfica, fornecendo a base para discutir a distribuição de riscos (responsabilidades, passivos), entre as partes interessadas em diferentes níveis institucionais. Por outro lado, é importante frisar o papel do planejamento urbano na redução dos impactos das

enchentes e o desenho do processo para alcançar o trabalho interinstitucional/partes interessadas, em que os processos de tomada de decisão devem considerar a dimensão temporal da gestão das inundações.

## **ASPECTOS FÍSICO-AMBIENTAIS**

A construção da resiliência às inundações, no que tange aos aspectos fisiográficos de determinado espaço, requer o controle e monitoramento de áreas de baixa altimetria e a distribuição espacial do teor de água do solo. Ações simples permitem identificar áreas com saturação hídrica. Observa-se o grau de inclinação de uma feição em relação ao plano horizontal e torna-se possível apontar áreas suscetíveis, controlar a permeabilidade e o escoamento superficial.

Ao se tomar medidas para construir a resiliência em determinada área, é importante considerar também, aspectos como a frequência das inundações, sua altura, o número e tipo de infraestruturas situadas em zonas baixas, destacando-se entre estas, aquelas alcançadas por tais eventos. A caracterização do tipo de uso e ocupação da terra permite, ainda, diferenciar as funções urbanas das diferentes infraestruturas e a probabilidade de dano ou perda. Assim, os planos de gestão e ocupação de solo constituem um instrumento importante quando pretende se tornar resiliente aos desastres provocados pelas inundações. Esses planos determinam o tipo de infraestrutura resiliente que deve ser construída segundo o nível de risco.

Ações que demandam a criação de um local resiliente considerando aspectos físico-ambientais passam pela redução do pico das inundações através da retenção em barragens, direcionamento do fluxo para fora do alcance das populações via reservatórios, criação de bacias de detenção ou zonas úmidas, canalização de rios e desvio das águas. Trata-se de medidas consideradas intensivas. Elas permitem retardar, acelerar ou desviar o curso das águas de modo a se reduzir o risco inerente ao processo. Medidas consideradas extensivas passam por controlar a cobertura vegetal para reduzir o escoamento superficial, construir sistemas de drenagem sustentáveis e de diques de proteção. A implementação dessas medidas, permitiria alterar a dinâmica das relações entre precipitação e vazão numa planície de inundação.

### **Aspectos sociais**

As características sociais de uma comunidade determinam como ela enfrentará as inundações e indicam a sua condição de vulnerabilidade. Fatores como a escolaridade, a forma de disposição de resíduos sólidos e líquidos, o tipo de latrina, a existência de

canais de drenagem e/ou zonas alagamentos, a vontade de desocupar esse espaço e a existência de segregação social são alguns dos aspectos sociais que devem ser analisados ao se tomar medidas para a construção da resiliência. A segregação social, por exemplo, afeta a articulação de grupo, o que dificulta a partilha de informação, de experiências e de saberes, realimentando a vulnerabilidade. Em sociedades contemporâneas, como exposto por Beck (2010), em lugar das formas residenciais e de assentamento que ultrapassam os limites da família, orientadas em grande medida pelas dimensões municipais, entram em cena os condomínios/residências fechadas, com sua típica composição social mista de suas relações de vizinhança e de camaradagem muito mais frouxas. Segundo este autor, nesses contextos, as relações sociais de rede de contato foram desaparecendo e as classes sociais vão perdendo as tradições, diluídas no curso do processo individualizatório. Essa vulnerabilidade, pode ser reduzida, segundo Ojima (2012), com associações de bairro bem estruturadas, atividades escolares, atividades religiosas, festas, proximidade de familiares no entorno do domicílio/bairro.

## ASPECTOS ECONÔMICOS

A condição da habitação, fonte de água, tempo necessário para evacuação, estado de alerta, renda familiar e possibilidade de perda de propriedades são alguns fatores econômicos a consideram no processo de adoção de medidas de resiliência. A condição de habitabilidade é extremamente importante no sentido da construção da resiliência. Medidas que melhorem a condição de habitação permitem a redução de danos às estruturas, aos seus conteúdos e a proteção das populações. É importante que as construções sejam adaptadas para a redução de risco. Tais medidas devem ser tomadas de forma integrada nos níveis individuais ou de grupos de proprietários da comunidade, permitindo que as pessoas armazenem seus pertences com segurança e reestabeleçam a situação anterior com mínimo tempo de interrupção, reduzindo as perdas ao mínimo, em caso de um evento danoso. Nesse sentido, medidas como a elevação do piso acabado, impermeabilização úmida e a seco podem contribuir para que populações se tornem resilientes.

Sobre a perda de propriedades, a *United Nations International Strategy for Disaster Reduction* (UNISDR, 2017) faz as seguintes recomendações: i) manter um mecanismo de financiamento que permita o acesso à distribuição dos fundos para a recuperação; ii) coordenar as entidades designadas, os setores e os comitês de recuperação como parte de um processo mais vasto dos diversos atores; iii) concluir a

avaliação pós-acontecimento para analisar as falhas e habilidades e documentar as lições aprendidas para serem integradas nos processos da reconstrução e recuperação; e iv) como parte do processo de recuperação, considerar novos riscos e outras informações-chave através das revisões e atualização dos processos e planos do desenvolvimento urbano.

### **ASPECTOS SOCIO-COMPORTAMENTAIS**

Para a construção da resiliência, é importante olhar para vários aspectos socio-comportamentais, dentre eles: a existência de inter-ajuda entre vizinhos, a importância dada aos riscos, o estado de alerta, a aplicação dos conhecimentos sobre estratégias de adaptação, participação em capacitações, ciência de que o indivíduo mora em zona suscetível, conhecimento da existência de mapas de risco, da sazonalidade de inundações, conhecimento dos sistemas de alerta e a capacidade de interpretá-los, procedimentos de evacuação e de medidas de proteção.

A despeito da inter-ajuda entre vizinhos, merece ser destacada a colocação de Valêncio (2018). Para ele, durante a ocorrência de inundações, a capacidade individual ou coletiva para compreender a extensão do problema e ponderar sobre a sua situação específica pode ser afetada pela forma de como cada indivíduo ou grupo social se sente. A compreensão do processo pode afetar a percepção de vulnerabilidade material, social, física e psicológica face a um amplo conjunto de ameaças com as quais os mesmos se defrontam simultânea ou sucessivamente. Por outro lado, a não participação em capacitações em estratégias/ações preventivas e adaptativas a eventos danosos contribui para que as populações desconheçam sua existência.

A capacitação, segundo Batica e Gourbesville (2012), passa pelo aumento da conscientização sobre riscos e da sensibilização da população. Isso pode ser materializado através da apresentação de brochuras, pequenas apresentações públicas, criação de portais na internet que contenham informações úteis, comunicação constante com a população, a educação e o treinamento presencial. Por outro lado, segundo Cardoso *et al.* (2020), a educação para o risco pode ser um caminho importante. Para esses autores, abordar esse tema com as crianças, adolescentes e até mesmo adultos pode trazer resultados positivos e a Geografia escolar. A educação para o risco pode ser um instrumento indispensável para organização e participação da comunidade na solução dos problemas locais, a fim de fazer o cidadão exercitar sua plena cidadania e buscar o entendimento da apropriação do espaço a partir do lugar vivido.

Segundo Pereira (2017), é importante que as políticas públicas de regulamentação do uso da terra partam da elaboração de um mapa que demarque as zonas inundações, para nortear o parcelamento do solo. É necessário o delineamento de inundações passadas ou que têm uma frequência regular, com tempos de retorno escolhidos, tornando-se útil para criar diretrizes para o uso futuro do solo. Esse mapeamento, segundo Tucci (2003), engloba as seguintes etapas: i) determinação do risco das enchentes; ii) mapeamento das áreas de inundações; iii) levantamento da ocupação da população na área de risco; e iv) definição da ocupação ou zoneamento das áreas de risco. Para o autor, os mapas de inundações podem ser para planejamento (que definem as áreas atingidas por cheias de tempos de retorno escolhidos) e para alerta (que informam em cada esquina ou ponto de controle, o nível da régua onde inicia a inundações, permitindo o acompanhamento da evolução da inundações, com base nas observações da régua, pelos moradores nos diferentes locais da cidade).

Sobre os sistemas de alerta, a UNISDR (2017), faz as seguintes recomendações: i) garantir que os sistemas de alerta tenham acesso às informações sobre todos os acontecimentos relevantes de risco; ii) estabelecimento de que, as transmissões tenham cobertura suficiente em toda a área de risco para alertar a população; e iii) preparação e manutenção dos recursos adequados e as ferramentas utilizadas para a disseminação dos avisos por vários meios (rede social, radio, mensagens, sirenes, etc.). Segundo Pereira *et al.* (2020), para desencadear uma ação responsiva, o alerta precisa ser adaptado aos interesses, necessidades e valores das comunidades. Deve-se fazer o uso do idioma local e o conteúdo da informação deverá visar a compreensão do destinatário, por jornais, televisão, rádio comunitária, redes sociais, lideranças locais, polícia municipal, forças da defesa nacional e de segurança. Essa estratégia permitirá que a informação chegue a todos os grupos de interesse em tempo hábil e em observância à possível falta de acesso a canais de informação convencionais ou domínio da língua oficial.

É aconselhável evitar que sirenes usadas para alerta de inundações sejam ativadas para outros fins ou mesmo quando não se está perante um evento danoso. Isso pode levar ao descrédito do sistema de alerta e sua inobservância em tempo futuro. Por outro lado, Perera *et al.* (2020), chamam atenção para a necessidade de inclusão de estratégias de alerta, campanhas de conscientização de redução de risco, educação de comunidades e melhoramento da comunicação. Segundo esses autores, isso pode transformar a forma reativa de uma comunidade, antes dependente de funcionários de governo, para uma resposta autopreparada, abrangente em termos de participação, capaz

de tomada de decisão e de integração dos conhecimentos tradicionais e outros. Os autores apontam como impedimentos que afetam a capacidade de resposta das comunidades-alvo quando confrontadas com o alerta precoce: percepções de risco, cadeia de comunicação ineficiente, opções limitadas (recursos) para responder, conhecimento limitado das rotas de evacuação, infraestrutura inadequada e outras facilidades para os evacuados, risco de perder meios de subsistência, propriedades e gado, uma cultura de negligência e perda de confiança nos sistemas de alerta precoce.

## ASPECTOS POLÍTICO-ADMINISTRATIVOS

A incorporação da dimensão político-administrativa na construção da resiliência às inundações é extremamente importante, principalmente pelo seu papel na mitigação dos desastres. Segundo Ojima (2012), essa dimensão permite que, em uma análise contextual, possa-se distinguir as heterogeneidades existentes em contextos que, medidos exclusivamente a partir dos indivíduos ou domicílios, são incapazes de revelar. Essa dimensão trata dos mecanismos de acesso a serviços públicos, mesmo que não sejam efetivamente usados pelos grupos populacionais, afinal, eles existem e podem ser essenciais na construção da resiliência. Em se considerando os aspectos político-administrativos da vulnerabilidade, interessa avaliar, entre vários aspectos, a coordenação entre agências, os mecanismos de comunicação com o público, os sistemas de alerta, o histórico de inundações, a existência de pessoal de apoio na área de risco, os planos de ocupação do solo que prevem tipo de habitação resiliente às inundações e políticas de educação ambiental.

Sobre esses aspectos a 3ª Conferência Mundial das Nações Unidas, que teve lugar no Japão, entre 14 a 18 de março de 2015, apelou para o fortalecimento de cooperação internacional e parceria global e políticas de doadores informadas sobre o risco e programas, incluindo apoio financeiro e empréstimos de instituições internacionais. Entre os desafios colocados pelo instrumento há que destacar a necessidade de uma abordagem preventiva mais ampla e mais centrada nas pessoas para tratamento de riscos e desastres. Reafirma-se que é necessário que os setores público e privado, sociedade civil, organizações sociais, junto à academia e instituições científicas e de pesquisa, trabalhem mais estreitamente juntos para criar oportunidades de colaboração. Fez-se um chamado para que setores empresariais integrem o risco de desastres em suas práticas de gestão. Ainda, reafirma-se a importância da cooperação

internacional, regional, sub-regional e transfronteiriça no apoio aos Estados, suas autoridades nacionais e locais, bem como às comunidades e empresas, para gestão do risco.

Nos casos nos quais as bacias hidrográficas são compartilhadas por dois ou mais países recomenda-se o monitoramento conjunto, onde são realizadas ações de previsão de eventos que possam causar inundações, emissão de alertas precoces e avaliação contínua do risco. Entretanto, para que essas ações sejam realizadas de forma coordenada, é importante serem criadas instituições que permitam um gerenciamento de inundações, tendo atenção os eventos que ocorrem nos países a montante que possam causar inundações a jusante. O monitoramento das barragens é uma dessas ações.

Outros fatores importantes para que sociedades se tornem resilientes às inundações, do ponto de vista das políticas e da administração, são os mecanismos de comunicação com o público. Deve haver uma boa comunicação de modo a criar uma confiança nos órgãos de administração pública, o que garantirá sucesso na implementação de estratégias de proteção e adaptação às inundações. A UNISDR (2017) recomenda que dados de risco devam permanecer acessíveis e partilhados com outras organizações e cidadãos, para garantir que todos possam se comunicar com entidades de segurança e socorro, facilitando o fluxo das informações de emergência.

O sistema de alerta é outro fator importante a ser considerado. Trata-se, segundo Pereira (2017), esse sistema deve incluir a coleta, a transmissão de dados e o processamento de informações e de modelos de previsão. Em seguida deve-se proceder à transferência de dados/resultados para a autoridade competentes e para a sociedade. No caso das inundações, de acordo com Dottori *et al.* (2020), estes sistemas são geralmente baseados em modelos numéricos, que simulam a evolução das variáveis de vazão do rio (principalmente vazão e nível de água), ao longo da bacia fluvial de interesse, com base em previsões numéricas do tempo e observações de vazão. Eles permitem prever as condições de vazão em diversas escalas temporais, dependendo das condições climáticas e das características da bacia.

Outro elemento importante para a resiliência nos processos político-administrativos é a existência de registros com histórico de inundações. É importante manter esta memória em registros, detalhando a área inundada, perdas, etc. De forma auxiliar, pode-se ainda sinalizar postes de eletrificação, com diferentes cores, indicando a altura da inundação em cada época. Segundo Tucci (2003), isso contribui para democratização da informação e evita problemas imobiliários de compra e venda nas

áreas de risco. As lições aprendidas por narrativas pessoais devem ser usadas como fonte de informação importante para a memória coletiva.

É também importante que existam planos de ocupação do solo que prevejam a construção de habitações resilientes às inundações. Segundo Batica e Gourbesville (2012), tais planos permitem criar mais espaço para a água e novos edifícios podem surgir como formas melhoradas de aceitar certa quantidade de água, com danos mínimos, prevenindo cheias, sempre que possível. Por outro lado, o UNISDR (2017), recomenda que sejam atualizados regularmente os planos urbanos, com o conhecimento recente do risco. Tais planos devem prover mapas de boa qualidade, atualizando a informação referente ao risco, além do apontamento de zonas suscetíveis.

Em relação às políticas de educação ambiental, Pereira e Rodrigues (2020), frisam que, no processo de ensino e aprendizagem, devem ser articuladas questões relacionadas à sociedade. Nesta articulação, os educandos são incitados a pensar sobre sua realidade e subsidiar posteriormente a construção coletiva do conhecimento. Esse conhecimento deve ser baseado nas experiências de vida e na ciência, visando à prevenção, bem como à solução dos problemas ambientais. Ainda segundo os autores, a partir dessa articulação, cada pessoa ou grupo social desenvolve sua visão de natureza conforme a realidade local, implicando a construção de múltiplas representações sobre o meio ambiente.

As medidas abordadas neste artigo têm como finalidade única subsidiar, através do conhecimento, a construção de cidades resilientes. Os processos político-administrativos citados devem permitir que cidadãos possam conviver com o risco de inundações, e quando elas ocorrerem, que suas perdas sejam minimizadas e a sua recuperação, após evento, seja feita em tempo curto. Segundo Godschalk (2003), cidades resilientes são construídas para serem fortes e flexíveis. Seus sistemas vitais de estradas, serviços públicos e outras instalações de apoio devem ser projetados para continuar funcionando em face da subida da água. Seus edifícios devem ser construídos ou adaptados para atender aos padrões do código com base nas ameaças de inundações. Seus sistemas naturais de proteção ambiental devem ser conservados para manter funções valiosas de mitigação de riscos. Suas organizações governamentais, não governamentais e setores privados devem ser subsidiados com informações atualizadas sobre vulnerabilidade, recursos para desastres. Da mesma forma, toda a informação deve estar vinculada a redes de comunicação eficazes e dotadas de experiência de trabalho em conjunto.

No caso de países com capacidade limitada, para prevenção dos desastres naturais e, considerando-se um ambiente de mudança do clima, a agenda 2063 recomenda a criação de fundos de resiliência e o estabelecimento de parcerias entre instituições, comunidades, e membros dos Estados em níveis regional e continental, de modo a reduzir as suas fragilidades. Por outro lado, o Programa das Nações Unidas para Assentamentos Humanos (ONU-Habitat), e o *Disaster Risk Management, Sustainability and Urban Resilience* (DiMSUR) colaboraram para desenvolver ferramentas para fortalecer a capacidade de gestores e técnicos de cidades, para construir a resiliência de sua cidade e reduzir efetivamente os riscos urbanos. Trata-se de uma ferramenta denominada *City Resilience Action Planning Tool* (CityRAP). Ela procura permitir que governos locais de cidades de pequeno a médio porte, planejem e realizem ações práticas para fortalecer a resiliência de suas cidades. Essa ferramenta, produziu o que se designou de *City Resilience Framework for Action* (RFA), que orienta governos locais e outras instituições integrem a resiliência em suas políticas, planos, orçamentos, configurações institucionais, ações existentes e futuras.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo apresentou um panorama sobre as principais abordagens metodológicas na avaliação da vulnerabilidade às inundações, trazendo, no debate, caminhos a serem seguidos para o alcance da resiliência.

Constata-se que a avaliação da vulnerabilidade tem sido pautada em duas correntes principais que se desdobram em quatro abordagens metodológicas. Por um lado, há uma corrente que tende a procurar determinar o grau de exposição de pessoas a eventos de inundações. Em outras palavras, a sua capacidade de antecipar, enfrentar, resistir e se recuperar do impacto. Nessa corrente, a avaliação da vulnerabilidade tem sido operacionalizada principalmente com o método dos indicadores de vulnerabilidade. Por outro lado, há uma corrente que tende a avaliar o que se espera perder caso ocorra um evento de inundações, ou seja, o grau de resistência dos elementos expostos a um evento de inundações. Essa corrente tem usados os métodos de curvas de vulnerabilidade, matrizes de danos e modelagem para a operacionalização da avaliação e análise da vulnerabilidade.

Fica evidente que todas as abordagens têm como base de análise o contexto em que ocorrem as inundações. Analisa-se a vulnerabilidade como característica intrínseca de um sistema ou elemento, o que contribui para que o risco seja avaliado de forma

eficaz e que as medidas de gerenciamento do risco e as atividades de mitigação sejam realizados com maior eficácia, atendendo cada realidade.

Deste modo, todas as ações que transformam sociedades resilientes às inundações dependem principalmente da partilha de responsabilidades, o que está relacionado com aspectos político-administrativos. Um dos desafios propostos é a definição clara dos papéis e responsabilidades no gerenciamento de risco, de forma que cada instituição tenha responsabilidades e papéis diferentes na gestão de desastres. Esse processo inclui as instituições governamentais em vários níveis, de pesquisa, ONG's, setor privado, comunidade e agências internacionais que lidam com os desastres naturais, em particular as inundações.

Ao nível das comunidades vulneráveis, é importante a criação da cultura de risco. Esta envolve um amplo conhecimento sobre o uso e ocupação de terra, a criação de sistemas de alerta, estratégias de adaptação, além do conhecimento de procedimentos de evacuação e de medidas de proteção. Reitera-se, nessa perspectiva, a necessidade de que as comunidades tenham ciência de que moram em zona de risco e entendam da necessidade de mudança de comportamento. Essa mudança de comportamento deve resultar de ações de sensibilização, o que leva a que as comunidades a fazer parte na tomada de decisões para a implementação das medidas de adaptação rumo a resiliência, a partir do reconhecimento da necessidade de mudanças.

Ao abordar as estratégias adaptativas, é importante que estas sejam avaliadas tendo em conta as mudanças climáticas. Questões como a análise das tendências e medidas a serem adotadas devem ser tomadas considerando-se cada cenário e a condição socioeconômica das populações afetadas/afetáveis. Tais medidas devem fazer parte de planos governamentais para os quais devem ser alocados os recursos necessários.

Posto isto, resta afirmar que tanto a avaliação da vulnerabilidade tanto como a adoção das estratégias de adaptação devem ser realizadas de forma holística, integrando-se aspectos do meio físico-ambiental, sociais, comportamentais, econômicos e político administrativos. Cada um desses fatores contribui para acentuação da vulnerabilidade nas comunidades. É necessário que medidas estruturais de mitigação sejam acompanhadas de medidas não estruturais como o fortalecimento dos sistemas de alerta, capacitação das pessoas e instituições, conscientização das populações em relação ao risco de inundações e das medidas a tomar. As medidas estruturais por si só não garantem a redução de danos materiais e humanos e a perda de vidas,

principalmente no cenário das mudanças climáticas, onde devemos lidar com as incertezas.

Para tal, é importante ser rompido o ciclo caracterizado pela pobreza que gera a vulnerabilidade, aumenta o risco e desencadeia avolumadas perdas caso ocorra um evento de danoso. Sair desse ciclo significa adotar um caminho que começa pela identificação de elementos vulneráveis e a partir dessa constatação adotar estratégias de adaptação que tornem as populações resilientes, reduzindo o risco, o que consequentemente se evita o desastre, melhorando o bem-estar das comunidades.

Deve-se eliminar a relação de vítima e salvador na gestão da problemática das inundações. É importante que tanto os governantes como as agências que apoiam nesse processo direcionem suas energias nas estratégias de adaptação. Geralmente tem se direcionado toda a atenção no processo de socorro das vítimas, onde são direcionados vários recursos materiais, humanos e monetários. Não que essa atenção não seja importante, mas tem se visto como certos organismos (inter)nacionais e governantes andam ausentes no processo de mitigação e adaptação, e só se fazem presentes quando ocorre um evento provavelmente com intenções de ganhos políticos e de visibilidade.

### **Agradecimentos**

A CAPES, pelo financiamento da bolsa de estudos.

### **REFERÊNCIAS**

AKSOY, Hafzullah; KIRCA, Veysel Sadan Ozgur; BURGAN, Halil Ibrahim e KELLECIOGLU, Dorukhan. Hydrological and Hydraulic Models for Determination of Flood-Prone and Flood Inundation Areas. **Proc. IAHS**, v. 373, p. 137–141, Mai. 2016.

ALVES, Humberto Prates da Fonseca. Vulnerabilidade Socioambiental na Metrópole Paulistana: Uma Análise Sociodemográfica das Situações de Sobreposição Espacial de Problemas e Riscos Sociais e Ambientais. **R. bras. Est. Pop.**, São Paulo, n. 1, p. 43-59, Jun. 2006.

ANTWI, Effah Kwabena et al. **Community Vulnerability Assessment Index for Flood Prone Savannah Agro-Ecological Zone: A Case Study of Wa West District, Ghana.** *Weather and Climate Extremes*, n. 10, p. 56-69, Out. 2015.

AQUINO, Afonso Rodrigues de; PALETTA, Francisco Carlos; ALMEIDA, Josimar Ribeiro de. **Vulnerabilidade Ambiental**. São Paulo, Blucher, 2017. E-book.

ARIBISALA, O.D.; YUM, S.-G.; ADHIKARI, M.D.; SONG, M.-S. **Flood Damage Assessment: A Review of Microscale Methodologies for Residential Buildings**. Sustainability, v. 14, p.1-24, Out. 2022.

BABANAWO, Daystar; MATTAH, Precious Agbeko D.; AGBLORTI, Samuel K. M.; BREMPONG, Emmanuel K.; MATTAH, Memuna Mawusi e AHETO, Denis Worlanyo. Local Indicator-Based Flood Vulnerability Indices and Predictors of Relocation in the Ketu South Municipal Area of Ghana. Sustainability, v. 14, p. 1-26, Mai. 2022.

BALICA, Stefania; DOUBEN, Nicolaas; WRIGHT, Nigel George. Flood Vulnerability Indices at Varying Spatial Scales. **Water Science & Technology**, v. 60, n. 10, p. 2571-2580, Nov. 2009.

BALICA, SF, POPESCU, I, WRIGHT, NG et al. **Parametric And Physically Based Modelling Techniques for Flood Risk and Vulnerability Assessment: A Comparison**. Environmental Modelling and Software, v. 41, p. 84 – 92, 2013.

BATICA, Jelena e GOURBESVILLE, Philippe. A Resilience Measures Towards Assessed Urban Flood Management – CORFU Project. In: **International Conference on Urban Drainage Modelling**, 9. 2012, Belgrade, 2012.

BECK, Ulrich. **Sociedade de Risco: Rumo a Uma Outra Modernidade**. Tradução: Sebastião Nascimento. São Paulo: Ed. 34, 2010.

BELLO, Nurudeen Akinsola; DUROSINMI, Wasiu Ayobami e ABDULKARIM, Risikatu Isyaku. Assessment of Adaptation Strategies to Flooding Impacts in Nigeria - A Review. **Urban Design**, vol. 1, p. 135-145, Dez. 2017.

BIRKMANN, Jörn. Indicators and Criteria for Measuring Vulnerability: Theoretical Bases and Requirements. in **Measuring Vulnerability to Natural Hazards: Towards Disaster Resilient Societies** ed. BIRKMANN, Joern, Tokyo: UNU-Press, p. 55–77, 2006.

BLAIKIE, P. et al. **Vulnerabilidad: El Entorno Social, Político y Económico de los Desastres**. 1. ed. Lima (Peru): La Red, 1996. E-Book.

BRITO, Mariana Madruga de. **A Participatory Multi-Criteria Approach for Flood Vulnerability Assessment**. 2018. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade de Bonn, Alemanha, 2018.

BRUNO, Leonardo Souza et al. Hydrological and Hydraulic Modeling Applied to Flash Flood Events in a Small Urban Stream. **Hydrology**, v. 9, n. 223, p. 1-19, Dez. 2022.

BUCHELE, B., et al. Flood-risk mapping: contributions towards an enhanced assessment of extreme events and associated risks. **Nat. Hazards Earth Syst. Sci.**, n. 6, p. 485-503, Jun. 2006.

CARDOSO, Cristiane et al. Geografia e Riscos Socioambientais. In: CARDOSO, Cristiane; SILVA, Michele Souza da e GUERRA, Antônio José Teixeira (Orgs.) **Geografia e Riscos Socioambientais**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2020. p. 13-24.

CHRISTOFOLETTI, António. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Blucher, 1999.

CUTTER, Susan. A **Ciência da Vulnerabilidade: Modelos, Métodos e Indicadores**. Revista Crítica de Ciências Sociais, Coimbra, n. 93, p. 59-69, Mai. 2011.

CUTTER, Susan; BORUFF, Bryan; SHIRLEY, Lynn. Social Vulnerability to Environmental Hazards. **Hazards & Vulnerability Research Institute**, n. 1, p. 242-261, Jun. 2003.

DOTTORI, F. et al. Adapting to rising river flood risk in the EU under climate change, EUR 29955 EN, **Publications Office of the European Union**, Luxembourg, 2020, ISBN 978-92-76-12946-2, doi:10.2760/14505, JRC118425.

ENGLHARDT, Johanna; DE MOEL, Hans; HUYCK, Charles K.; DE RUITER, Marleen C.; AERTS, Jeroen C. J. H. e WARD, Philip J. Enhancement of Large-scale Flood Damage Assessments Using Building-material-based Vulnerability Curves for an Object-based Approach. **Nat. Hazards Earth Syst. Sci.**, v. 12, p. 1-28, Mar. 2019.

ETTINGER, Susanne et al. Building Vulnerability to Hydro-geomorphic Hazards: Estimating Damage Probability From Qualitative Vulnerability Assessment Using Logistic Regression. **Journal of Hydrology**, vol. 541, p. 563-581, Out. 2016.

FEKETE, Alexander; DAMM, Marion; BIRKMANN, Jorn. **Scales as a Challenge for Vulnerability Assessment. Natural Hazards**, v. 55, n. 3, p. 729–747, dez. 2010.

GODSCHALK, David R. Urban Hazard Mitigation: Creating Resilient Cities. **Natural Hazard Review**, v. 4, n. 3, p. 136-143, 2003.

GRUNTHAL, Gottfried et al. Comparative Risk Assessments for the City of Cologne, Germany - Storms, Floods, Earthquakes. **Natural Hazards**, n.1-2, p. 21-44, 2006.

**INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Sixth Assessment Report. Climate Change 2021: The Physical Science Basis.** The Working Group I contribution to the Sixth Assessment Report addresses the most up-to-date physical understanding of the climate system and climate change, bringing together the latest advances in climate science. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>. Acesso em: 06 Jun. 2022.

KANG, Jui-Lin; SU, Ming-Daw; CHANG, Ling-Fang. Loss Functions and Framework for Regional Flood Damage Estimation in Residential Area. **Journal of Marine Science and Technology**, n. 3, p. 193-199, Jan. 2005.

KAOJE, Ismaila Usman; RAHMAN, Muhammad Zulkarnain Abdul; TAM, Tze Huey e SALLEH, Mohd Radhie Mohd. An Indicator-Based Approach for Micro-Scale Physical Flood Vulnerability Mapping. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-4/W16, 2019, 6th **International Conference on Geomatics and Geospatial Technology (GGT 2019)**, 1–3 October 2019, Kuala Lumpur, Malaysia.

KASTRIDIS, Aristeidis e STATHIS, Dimitrios. Evaluation of Hydrological and Hydraulic Models Applied in Typical Mediterranean Ungauged Watersheds Using Post-Flash-Flood Measurements. **Hydrology**, v. 7, n. 7, p. 1-24, 2020.

LÉONE, Frédéric, ASTÉ, Jean-Pierre, LEROI, Eric. L'évaluation de la Vulnérabilité aux Mouvements de Terrains: Pour une Meilleure Quantification du Risque/The Evaluation of Vulnerability to Mass Movements: Towards a Better Quantification of Landslide Risks. **Revue de Géographie Alpine**, n. 1, p. 35-46, Jan. 1996.

MAI, Dang Thanh e DE SMEDT, Florimond. **A Combined Hydrological and Hydraulic Model for Flood Prediction in Vietnam Applied to the Huong River Basin as a Test Case Study**. *Water*, v. 9, p. 1-12, 2017.

MALONE, E., & ENGLE, N. (2011). Evaluating regional vulnerability to climate change: Purposes and methods. **WIRES Climatic Change**, 2, 462-474. doi:10.1002/wcc.116.

MARANDOLA JR., Eduardo e HOGAN, Daniel Joseph. Vulnerabilidade do lugar vs. Vulnerabilidade sociodemográfica: implicações metodológicas de uma velha questão. **R. bras. Est. Pop.**, v. 26, n. 2, p. 161-181, jul./dez. 2009.

MARTÍNEZ-GOMARIZ, Eduardo; FORERO-ORTIZ, Edwar; GUERRERO-HIDALGA, María; CASTÁN, Salvador e GÓMEZ, Manuel. **Flood Depth–Damage Curves for Spanish Urban Areas**. *Sustainability*, v. 12, p. 1-25, 2020.

MAVUME, Alberto et al. Climatology and Landfall of Tropical Cyclones in the South-West Indian Ocean. **Western Indian Ocean J. Mar. Sci.**, n. 1, p. 15-36, Jul. 2009.

MENDES, Thiago Augusto; DE SOUSA, Marlon Barbosa; PEREIRA, Sávio Aparecido dos Santos; DOS SANTOS, Kamila Almeida; TEODOMIRO, Klebber e FORMIGA, Martins. Uso do Modelo HEC-RAS com Base em Informações de LiDAR Para Avaliação de Inundações Urbanas. **Eng Sanit Ambient**, v. 27, n. 1, p. 141-157, Fev. 2022.

MENONI, S. COSTA, L.; GALDERISI, A.; MARGOTTINI, C.; BELVAUX, M.; BENENSON, I.; KARYMBALIS, E.; KIDRON, G.; KUNDAK, S.; MINUCCI, G.; PARKER, D. J.; SAPOUNTZAKI, K.; TAPSELL, SUE M. (2011) **Methodological Framework for an Integrated Multi-scale Vulnerability and Resilience Assessment. Project Report**. European Commission. Disponível em : < <https://eprints.mdx.ac.uk/16261/>>. Acesso em: 11 Jan. 2023.

MEYER, Volker; SCHEUER, Sebastian; HAASE, Dagmar. A Multicriteria Approach for Flood Risk Mapping Exemplified at the Mulde River, Germany. **Nat Hazards**, n. 1, p. 17-39, Mai. 2009.

MILETI, Dennis. **Disasters by Design: A Reassessment of Natural Hazards in the United States**. 1. ed. Washington, DC: Joseph Henry Press, 1999. E-Book.

MONTE, Benício Emanuel Omena; COSTA, Denis Duda; CHAVES, MAGALHÃES, Mahelvson Bazilio, Louis de Oliveira e UVO, Cintia B.. Hydrological and hydraulic modelling applied to the mapping of flood-prone areas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 21 n.1, p. 152-167, Mar. 2016.

MORRISON, D.; BEEVERS, L.; WRIGHT, G. e STEWART, M. D. The Impact of Data Spatial Resolution on Flood Vulnerability Assessment. **Environmental Hazards**, v. 21, n. 1, p. 77-98, 2022.

NASIRI, Hajar; SHAHMOHAMMADI-KALALAGH, Shahram. Flood Vulnerability Index as a Knowledge Base for Flood Risk Assessment in Urban Area. **J Nov. Appl Sci.**, n. 8, p. 266-269, Jan. 2013.

NASO, Susana; CHEN, Albert S., ARONICA, Giuseppe T. e DJORDJEVIC, Sloboda. **A Novel Approach to Flood Assessment: The Exposure-Vulnerability Matrixes**. **Floodrisk 2016 – 3rd European Conference on Flood Risk Management**. 2016.

NKEKI, Felix Ndidi; BELLO, Ehiaguina Innocent e AGBAJE, Ishola Ganiy. Flood Risk Mapping and Urban Infrastructural Susceptibility Assessment Using a GIS and Analytic Hierarchical Raster Fusion Approach in the Ona River Basin, Nigeria. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 77, p. 1-28, jun. 2022.

OFFICE OF OCEAN AND COASTAL RESOURCE MANAGEMENT. **National Oceanic and Atmospheric Administration. Adapting to Climate Change: A Planning Guide for State Coastal Managers**. NOAA, 2010. Disponível em: <<http://coastalmanagement.noaa.gov/climate/adaptation.html>>. Acesso em: 18 Mai. 2021, 2010.

OJIMA, Ricardo. A Vulnerabilidade Socioambiental Como Conceito Interdisciplinar: Avanços e Potencialidades para Pensar Mudanças Ambientais. **Cronos: R. Pós-Grad. Ci. Soc.** UFRN, Natal, v. 13, n. 1, p. 110-120, 2012.

OLAYINKA, Dupe Nihinlola e IRIVBOGBE, Hudson Ebadonoi. Flood Vulnerability Mapping of Lagos Island and Eti-Osa Local Government Areas Using a Multi-Criteria Decision Making Approach. **Nigerian Journal of Environmental Sciences and Technology**, n. 2, p. 244-255, Jul. 2017.

OLIVEIRA, Edson Luis de Almeida. Vulnerabilidade: A Questão Central da Educação de Risco. **Geografia, Ensino & Pesquisa**, Santa Maria, n. 19, p. 01-09, Jul. 2018.

OUMA, Yashon e TATEISHI, Ryutaro. **Urban Flood Vulnerability and Risk Mapping Using Integrated Multi-Parametric AHP and GIS: Methodological Overview and Case Study Assessment**. *Water*, n. 6, p. 1515-1545, Mai. 2014.

PAPATHOMA-KOHLER, Maria et al. Matrices, Curves and Indicators: A Review of Approaches to Assess Physical Vulnerability to Debris Flows. *Earth-Science Reviews*, p. 272–288, Jun. 2017.

PAPATHOMA-KOHLER, Maria et al. Physical Vulnerability Assessment for Alpine Hazards: State of the Art and Future Needs. **Nat Hazards**, n. 2, p. 645-680, Abr. 2012.

PATT. A. G. et al. **Assessing Vulnerability to Global Environmental Change – Making Research Useful for Adaptation Decision Making and Policy**. January 2009. Publisher: Earthscan .Editor: Patt A.G., Schröter D., Klein R.J.T, De la Vega-Leinert A.C.

PEREIRA, Leandro dos Santos e RODRIGUES, Aline Muniz. A Importância de Serem compreendidos os Solos, Seus Usos e Sua Conservação na Prevenção dos Riscos Socioambientais. In: CARDOSO, Cristiane; SILVA, Michele Souza da e GUERRA, Antônio José Teixeira (Orgs.) **Geografia e Riscos Socioambientais**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2020. p. 117-132.

PEREIRA, Winnie Bruna de Souza. **Aprendendo Com os Desastres Naturais: Inundações e resiliência em Vila Velhas/ES**. 2017. Dissertação (Mestre em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2017.

PROAG, Virendra. **The Concept of Vulnerability and Resilience**. *Procedia Economics and Finance*, Salford, n. 18, p. 369-376, Dez. 2014.

POUDEL, Kabita; BASNET, Keshav e SHERCHAN, Bikash. Hydrological and Hydraulic Modeling for Flood Analysis: A Case Study for Modi Catchment. *International Journal of Engineering Research & Technology*, v. 10, n. 8, p. 534-544, Ago. 2021.

SILVA, Maria Manuela Castro e PEREIRA, Susana. Assessment of Physical Vulnerability and Potential Losses of Buildings due to Shallow Slides. **Nat Hazards**, vol. 72, n. 2, p. 1-23, Jun. 2014.

SINHA, Nishant; PRIYANKA, Neena; JOSHI, Peter. Using Spatial Multi-Criteria Analysis and Ranking Tool (SMART) in earthquake risk assessment: a case study of Delhi region, India. *Geomatics*. **Natural Hazards and Risk**, n. 2, p. 680-701, Dez. 2014.

SOUZA, Kátia Regina Góes; LOURENÇO, Luciano. A Evolução do Conceito de Risco à Luz das Ciências Naturais e Sociais. **Territorium**, São João del-Rei, n. 22, p. 31-44, Ago. 2015.

THOURET, Jean-Claude et al. Assessing physical Vulnerability in Large Cities Exposed to Flash Floods and Debris Flows: the case of Arequipa (Peru). **Nat Hazards**, vol. 73, n. 3, p. 1771-1815, Set. 2014.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Inundações e Drenagem Urbana. In: TUCCI, Carlos Eduardo Morelli; BERTONI, Juan Carlos (Orgs.). **Inundações Urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003. p. 45-150.

UNITED NATIONS HUMAN SETTLEMENTS PROGRAMME (UN-HABITAT). **CityRAP Tool. City Resilience**. Action Planning Tool. 2020. Disponível em: <[https://unhabitat.org/sites/default/files/2020/05/cityrap\\_tool\\_booklet\\_2020.pdf](https://unhabitat.org/sites/default/files/2020/05/cityrap_tool_booklet_2020.pdf)>. Acesso em: 15 Ago. 2022.

UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION (UNISDR). **Como Construir Cidades Mais Resilientes: Um Manual Para Líderes do Governo Local**. 2017. Disponível em: <[https://www.unisdr.org/campaign/resilientcities/assets/toolkit/documents/Handbook%20for%20local%20government%20leaders%20%5B2017%20Edition%5D\\_PT\\_Jan2019.pdf](https://www.unisdr.org/campaign/resilientcities/assets/toolkit/documents/Handbook%20for%20local%20government%20leaders%20%5B2017%20Edition%5D_PT_Jan2019.pdf)>. Acesso em: 10 Ago. 2022.

UNITED NATIONS. HYOGO FRAMEWORK FOR ACTION 2005–2015. **Disaster Prevention and Mitigation-A Compendium of Current Knowledge**. UN, 2007. Disponível em: <<https://www.unisdr.org/2005/wcdr/intergover/official-doc/L-docs/Hyogo-framework-for-action-english.pdf>>. 2005. Acesso em: 29 Mai. 2021.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME - BUREAU FOR CRISIS PREVENTION AND RECOVERY. **Reducing Disaster Risk: A Challenge for Development.** A global Report. UNDP, 2004. Disponível em: <[https://www.planat.ch/fileadmin/PLANAT/planat\\_pdf/alle\\_2012/2001-2005/Pelling\\_\\_Maskrey\\_et\\_al\\_2004\\_-\\_Reducing\\_Disaster\\_Risk.pdf](https://www.planat.ch/fileadmin/PLANAT/planat_pdf/alle_2012/2001-2005/Pelling__Maskrey_et_al_2004_-_Reducing_Disaster_Risk.pdf)>. Acesso em: 21 Mai. 2021.

VALÊNCIO, Norma. A concepção de cuidado integral em contextos de inundações. In: VALÊNCIO, Norma; IBRAHIM, Samira Younes e GONÇALVES, Juliano Costa (Orgs.). **Inundações e Cuidado Integral: Guia para Discussões Técnicas e Comunitárias.** São Carlos, Rio de Janeiro: NEPED/DCAm-UFSCar, Rede de Cuidados - RJ, 2018. p. 7-19.

WARD, Philip et al. How are Flood Risk Estimates Affected by the Choice of Return-Periods? Nat. **Hazards Earth Syst. Sci.**, n. 12, p. 3181-3195, Dez. 2011.

WHITE Gilbert Fowler. Human Adjustment to Floods: A Geographical Approache to the Flood Problem in the United States. 1942. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade de Chicago, Estados Unidos, 1945.

WISNER, Ben et al. **At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters.** 2. ed. Routledge, 2003. E-Book.

ZANCHETTA, Giovanni et al. Characteristics of May 5-6, 1998 Volcanoclastic Debris Flows in the Sarno Area (Campania, southern Italy): Relationships to Structural Damage and Hazard Zonation. **Journal of Volcanology and Geothermal Research**, n. 1-4, p. 377-393, Mai. 2004.

ZEVENBERGEN, C.; VEERBEEK, W.; GERSONIUS B. and VAN HERK, S. Challenges in **Urban Flood Management: Travelling Across Spatial and Temporal Scales.** J Flood Risk Management, v. 1, n. 2, p. 81-88, Ago. 2008.

---

Artigo recebido em: 19 de novembro de 2023.

Artigo aceito em: 13 de setembro de 2024.

Artigo publicado em: 19 de setembro de 2024.