

BREVES ASPECTOS SOBRE MITIGAÇÃO DE DESASTRES URBANOS

Brief Points on Urban Disaster Mitigation

Breves Aspectos de la Mitigación de Desastres Urbanos

ZUQUETTE, L.V.¹

Resumo

Os eventos perigosos naturais têm ocorrido nas mais diferentes regiões da Terra gerando perdas humanas, sociais, econômicas e ambientais de diferentes magnitudes. Com o aumento e a concentração populacional em áreas urbanizadas estas perdas têm sofrido um aumento da frequência e da magnitude, caracterizando-se como desastres. No sentido de minimizar estas perdas ações de prevenção e de mitigação têm sido propostas, mas nem sempre adotadas, principalmente, devido à falta de conhecimento sobre os eventos perigosos e as consequências. Neste texto apresentam-se, de maneira breve, aspectos envolvidos na escolha de ações de prevenção e medidas de mitigação de eventos perigosos naturais e potenciais riscos, assim como os principais conceitos, relações entre as diferentes etapas de estimativas de riscos e de tomadas de decisão.

Palavras-chave: Eventos perigosos naturais, prevenção, riscos.

¹ ZUQUETTE, L. V. - Lázaro Valentin Zuquette. Professor e Doutor em Geotecnia da Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Geotecnia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4053-1976>, lazarus1@sc.usp.br

Artigo base da palestra
do evento 2º Cidades +
Resilientes: Transformações
Urbanas frente às Questões
Humanas

Data da Publicação:
10 de março de 2025



COMO CITAR:

ZUQUETTE, L. V. . BREVES ASPECTOS SOBRE MITIGAÇÃO DE DESASTRES URBANOS. Engenharia Urbana Em Debate. Engenharia Urbana Em Debate, 6(1). <https://doi.org/110.14244/engurbdebate.v6i1.153>

Abstract

Natural events have occurred in many different regions of the Earth, generating human, social, economic and environmental losses of varying magnitudes. With population growth and concentration in urbanized areas, these losses have increased in frequency and magnitude, characterizing them as disasters. In order to minimize these losses, prevention and mitigation actions have been proposed, but not always adopted, mainly due to a lack of knowledge about hazards and their consequences. This text briefly presents the aspects involved in choosing prevention actions and mitigation measures for natural hazards and potential risks, as well as the main concepts and relationships between the different stages of risk estimation and decision-making.

Keywords: Natural hazards, Prevention, Risk.

Resumen

En muchas regiones de la Tierra se han producido amenazas naturales que han generado pérdidas humanas, sociales, económicas y medioambientales de diversa magnitud. Con el crecimiento demográfico y la concentración en zonas urbanizadas, estas pérdidas han aumentado en frecuencia y magnitud, lo que las caracteriza como desastres. Con el fin de minimizar estas pérdidas, se han propuesto acciones de prevención y mitigación, pero no siempre se han adoptado, principalmente debido a la falta de conocimiento sobre los eventos peligrosos y sus consecuencias. Este texto presenta brevemente los aspectos que intervienen en la elección de acciones de prevención y medidas de mitigación de los fenómenos naturales peligrosos y los riesgos potenciales, así como los principales conceptos, las relaciones entre las distintas etapas de la estimación del riesgo y la toma de decisiones.

Palabras-clave: Amenazas naturales, Prevención, Riesgos.

1. Introdução

Atualmente, as pessoas nos mais diferentes locais da Terra estão enfrentando condições adversas como as guerras, conflitos, variações econômicas, variabilidade climática, segurança quanto a emprego e, associado a todos estes aspectos os desastres decorrentes de eventos perigosos naturais (hazards) que impõem perdas de diferentes magnitudes, incertezas e inseguranças que afetam a vida das pessoas, em nível individual e coletivo, da sociedade, cidades, regiões e países. Estas situações impõem as estas entidades tomadas de decisão de diferentes dimensões e magnitudes envolvendo as formas de gerenciamento de riscos e de enfrentamento dos diferentes níveis de riscos com vistas a minimizar os efeitos do evento perigoso (hazard).

Quanto aos eventos naturais, às estimativas quanto ao potencial de ocorrer o evento e os níveis de risco associados caracterizam-se como informações fundamentais para as tomadas de decisão, sejam, pelos indivíduos, sociedades e instituições públicas

municipais, estaduais e federais. As estimativas de riscos permitem que sejam adotadas medidas de redução de riscos, como parte do gerenciamento de riscos, porém estes documentos devem ter em seu bojo conteúdo que expressem as variabilidades locais em termos espaciais e temporais.

Neste sentido é fundamental que o poder público, de qualquer nível, tenha como princípio a elaboração destes estudos com o devido rigor técnico - científico e conceitual por equipes constituídas por profissionais com o devido nível de conhecimento. A dotação orçamentária suficiente para a elaboração do estudo e a obtenção de resultados adequados é fundamental para que permitam tomadas de decisão não genéricas e nem sem condições de aplicação de qualquer medida em função da generalização espacial e temporal. A redução de riscos decorrentes de eventos perigosos naturais está centrada em ações de prevenção e mitigação que visam à redução de perdas de vidas, propriedades, serviços essenciais,

dificuldades e limitações econômicas, assim como reduzir as medidas de recuperação em curto e longo prazo, como também, reduzir os custos de reconstruções. Por outro lado, deve-se ter como um ponto fundamental aumentar a cooperação e a comunicação entre os membros da sociedade por meio de um planejamento e buscar aumentar as possibilidades de suportes dos diferentes níveis governamentais para a recuperação, reconstrução e respostas.

A prevenção e a mitigação envolvem uma posição fundamental que é sobre quais aspectos do risco que podem ser modificados e quais não se têm condições de alterá-los, visando minimizar o risco. Para tanto, são necessários conhecimentos específicos sobre os eventos perigosos, elementos do meio ambiente e consequências, em escala espacial e temporal adequada.

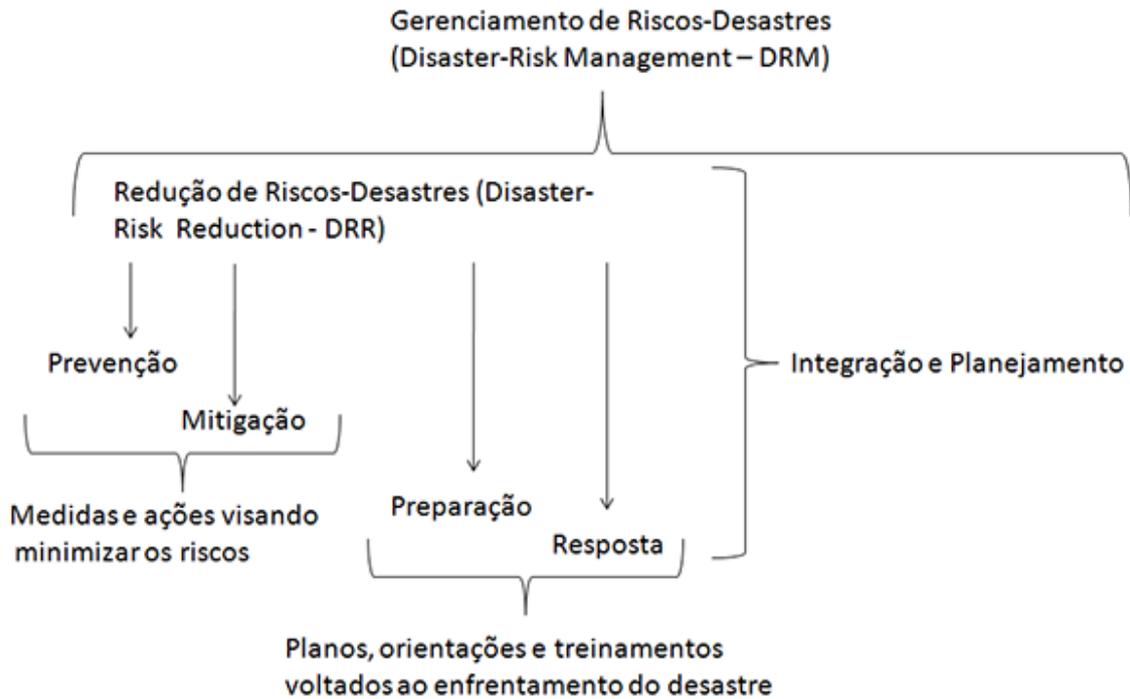
2. Background

Os riscos são decorrentes de diferentes tipos de fontes de eventos perigosos (hazard) de natureza natural, quasi-natural, natural-tecnológicos e antropogênicos. Em função da magnitude das perdas decorrentes de eventos perigosos, pode-se ter a condição de desastres. Assim, as estimativas de riscos é o passo fundamental para evitar desastres. No sentido de minimizar as perdas a UNISDR (2008, 2009) e Baas *et al.* (2008) propõe ações para Redução de riscos de desastres

(Disaster Risk Reduction – DRR) que refere-se à proposição de elementos que considere a minimização de vulnerabilidades e riscos para a sociedade, para evitar (prevenção) ou para limitar (mitigação e preparação) de impactos adversos dos eventos perigosos (hazard) dentro do contexto do desenvolvimento sustentável. Esta etapa está inserida no âmbito do gerenciamento de riscos e desastres (Disaster Risk Management - DRM) que inclui as perspectivas de gerenciamento com a combinação das ações de prevenção, mitigação e preparação com as de respostas no caso da ocorrência do evento perigoso.

A UNISDR (2008) entende que mitigação é o conjunto de ações que são adotadas no sentido de reduzir o risco, prevenindo ou na contenção do evento perigoso; evitar ou reduzir a exposição; melhorar a tolerância e reduzir a sensibilidade e o aumentar a resiliência e a capacidade com o objetivo de minimizar os impactos do evento perigoso e/ou situações de perdas possível no caso de desastres. As ações da mitigação são medidas estruturais e não estruturais adotadas visando atuar em relação aos 2 componentes do risco, na probabilidade de ocorrência do evento e nas consequências. As ações de mitigação variam em função do tipo de evento perigoso, sendo que no caso de eventos perigosos naturais a mitigação tem sido mais efetiva em termos de diminuir as consequências. Na Figura 1 observa-se um fluxograma com as principais relações inseridas no processo de Gerenciamento de Riscos-Desastres.

Figura 1. Etapas e relações envolvidas no processo de Gerenciamento de Riscos-Desastres (Disaster Risk Management – DRM).

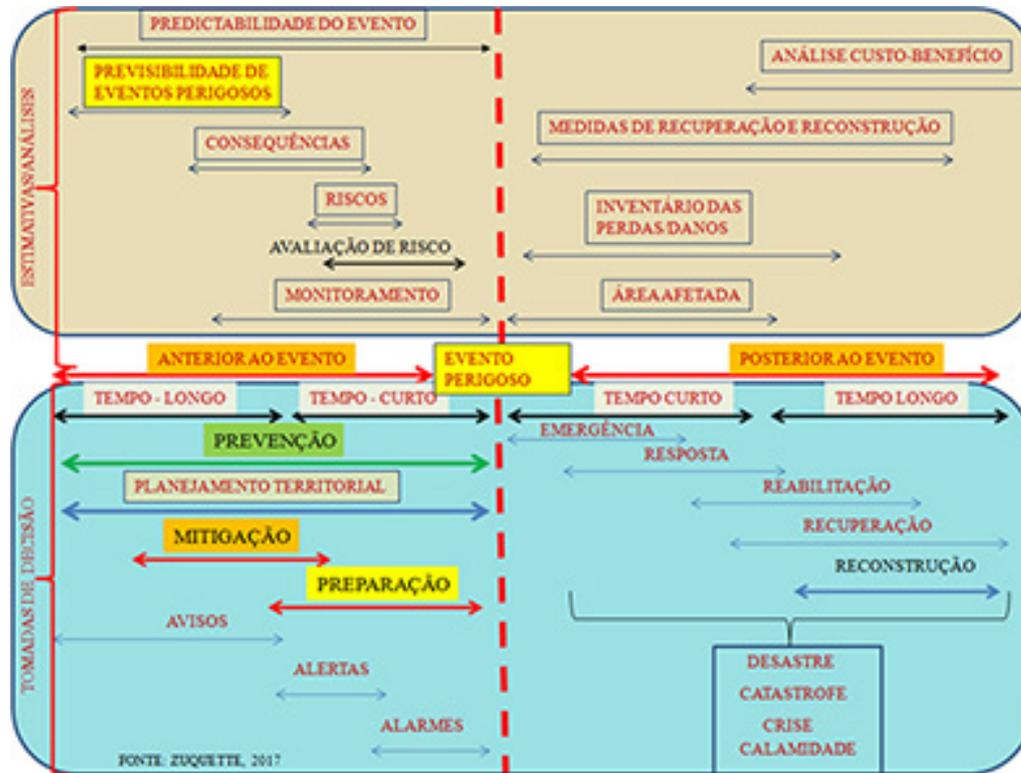


Fonte: Elaborado pelo autor.

As diferentes ações associadas ao processo de gerenciamento de riscos-desastres encontram-se relacionadas na Figura 2, considerando as

fases de estimativas e análises, assim como as de tomadas de decisão, para as condições anteriores e posteriores a ocorrência do evento perigoso.

Figura 2. Ações relacionadas ao Gerenciamento de riscos-desastres.



Fonte: Elaborada pelo autor.

3. Aspectos Conceituais

As medidas de prevenção e mitigação devem ser consideradas de maneira combinada visto que ambas são complementares e demandam de conhecimentos específicos dos conceitos envolvidos nas estimativas de riscos que são fundamentais para que a análise voltada a prevenção e mitigação torne-se efetivas. Neste sentido um conjunto de termos foi considerado em termos conceituais.

Os termos e conceitos fundamentais para subsidiar as seleções e escolhas das ações de prevenção e de medidas de mitigação estão apresentados a seguir de maneira direta e concisa.

Resiliência

É um termo tem sido utilizado com muita frequência em função das possibilidades que existem para

alterar as características de resiliência de uma área, no sentido de aumentar sua eficiência e obter ganhos sociais mais significativos com o objetivo de enfrentar as possíveis ações de um evento perigoso, independentemente de sua natureza. Conceitualmente Manyena (2006) apresenta um texto com uma abordagem bem completa. Existem diversos conceitos e dentre eles destacam-se os seguintes conceitos:

Cardona, 2003 – é a capacidade de um ecossistema ou comunidade afetada absorver os impactos negativos e recuperar-se deles.

Resilience Alliance, 2005 – resiliência de um ecossistema é a capacidade do mesmo em tolerar as alterações (impactos) sem entrar em colapso. Ou seja, de retornar a um equilíbrio sem interferência após ser atingido pelos efeitos de um evento perigoso.

UNISDR, 2005 – é a capacidade de uma sociedade, comunidade ou sistema potencialmente exposta a um evento perigoso em adaptar-se, resistir ou mudar no sentido de manter um nível aceitável de funcionamento e estrutura organizacional.

Evento Perigoso (hazard)

Considerações gerais

O termo é conceituado por diferentes autores, e a grande maioria tem em comum que trata-se de um evento com determinada intensidade e caráter probabilístico em termos espacial e temporal, conforme os conceitos a seguir:

1. Em termos físicos, Scheidegger, 1994 considera que evento perigoso natural é a probabilidade que uma condição razoavelmente estável pode mudar abruptamente.

2. Uma condição ou fenômeno geológico natural ou induzido pelo Homem que apresenta risco ou um perigo potencial a vida e/ou a propriedade (Bates e Jackson, 1984).

3. Todo elemento do ambiente físico que são perigosos ou que produz forças estranhas ao Homem (Burton e Kates, 1964).

4. Um evento concentrado no tempo e no espaço o qual atinge a sociedade ou parte dela com consequências consideradas inaceitáveis (Turner, 1976).

5. A probabilidade de ocorrência de um fenômeno potencialmente danoso dentro de um período de tempo específico e dentro de uma área (UNDRO, 1982).

6. De acordo com CSA (1997) é uma fonte de potencial perigo ou uma situação com potencial para causar problemas em termos de injúria, danos a propriedades, ao meio ambiente ou a outras situações e elementos, ou ainda a combinação de todos.

7. Evento perigoso é uma ação natural ou antropogênica que impacta os humanos e/ou sistemas humanos (Blaikie *et al.*, 1994; Hewitt 1997).

Os eventos perigosos são eventos que ocorrem normalmente, mas que atingem níveis de intensidade e capacidade para afetar os elementos do meio ambiente além de um grau considerado normal para a região exposta aos efeitos diretos e indiretos. Assim, as fontes dos eventos perigosos são as mesmas que geram os eventos cotidianos. As ocorrências de eventos perigosos podem gerar as perdas e danos, que se caracterizam como as consequências do evento e, dependendo da magnitude e diversidades destas consequências, podem ser classificados como desastres e catástrofes.

Os eventos perigosos podem ser agrupados em diferentes categorias dependendo da base de dados considerada, a saber:

1. Quanto à origem (fontes),

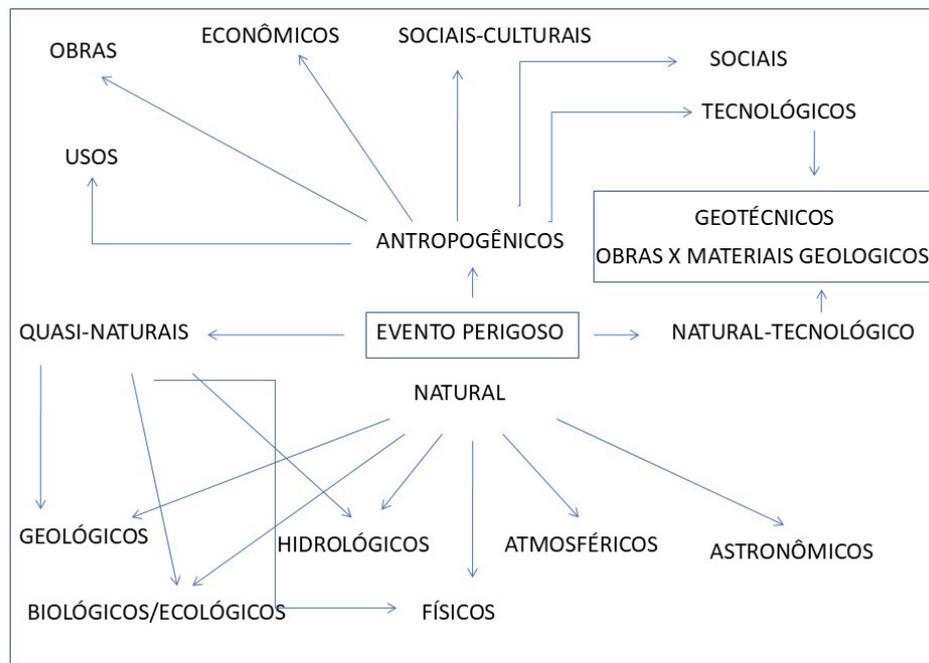
2. Quanto à exposição dos elementos do meio ambiente,
3. Quanto à extensão e magnitude, e
4. Quanto ao caráter antropogênico.

Fontes de eventos perigosos

Dentre as possibilidades de agrupar os eventos perigosos citadas anteriormente a que considera a origem dos eventos é a que permite maior amplitude para o enquadramento dos diferentes tipos, pois permite uma relação entre os tipos de eventos gerados sob as mesmas condições naturais ou antropogênicas. As fontes de eventos perigosos considerando a origem são variadas e em termos gerais podem ser enquadradas

em diferentes grupos em função de origem, magnitude, áreas atingidas, entre outros fatores. No sentido de propiciar o melhor entendimento procurou-se adotar uma sistemática que baseia-se na origem, relação entre a condição natural e a atividade humana, adotando como as divisões em nível fundamental as seguintes: naturais, quasi-naturais, antropogênicos e natural-tecnológicos conhecidos como "Natech" (Figura 3). As fontes estão distribuídas espacialmente de maneira específica e lógica para alguns tipos e sem nenhum padrão, mesmo que seja mínimo, no caso de outras fontes. Vale considerar que a ocorrência de um evento pode gerar uma cadeia de eventos secundários, terciários e em outros níveis, e mesmo que o primário não tenha sido de grandes intensidades os decorrentes podem ser, e assim sejam classificados como eventos perigosos.

Figura 3. Categorias básicas de fontes de eventos perigosos.

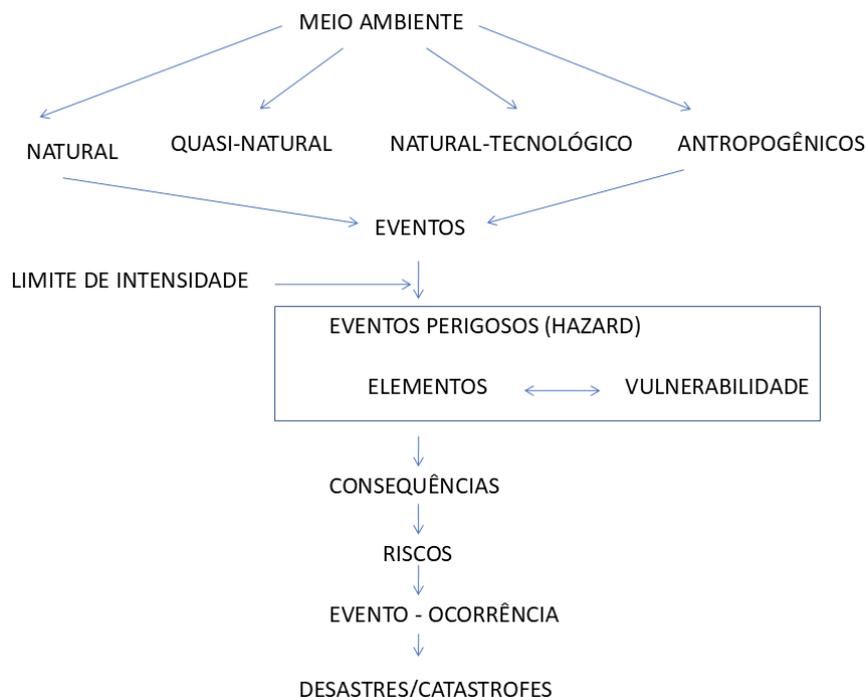


Fonte: Zuquette (2017).

Os estudos de predictabilidade (previsibilidade/prognóstico/previsão) relacionados aos eventos perigosos naturais, quasi-naturais, naturais-tecnológicos e antropogênicos são a base fundamental para estimativa de riscos de qualquer natureza, e, portanto, parte fundamental no âmbito da minimização dos efeitos dos desastres e das catástrofes, sejam diretos e indireto (Figura 4). Os eventos perigosos em termos de origem e efeitos podem se únicos, sequenciais ou combinados. O termo evento perigoso foi adotado a partir da palavra "hazard", em inglês, que tem origem na palavra "al zahr " que em inglês significa "dices", no Frances "hasard" ou em espanhol "azar". Existem argumentos conceituais diferentes em função do aspecto ambiental tratado e dos profissionais, assim como das finalidades que se destinam os resultados da predictabilidade. Estes podem ser identificados por diversos métodos: estudos específicos considerando as características

intrínsecas, operacionais, incertezas e eficiência de controle, históricos sobre o tipo de evento; seguido de avaliação de trabalhos anteriores, investigação do histórico para condições semelhantes, monitoramento, consulta a especialistas, consulta a órgãos públicos responsáveis pelo controle, uso de documentos (mapas, cartas, etc.) com informações sobre o local ou atividade, uso de mapas de eventos perigosos (hazard maps), estudo do histórico de perdas e uso de checklists. Os eventos perigosos devem ser caracterizados pelos seguintes atributos: localização, tipo, magnitude, intensidade, frequência, duração, dimensão, extensão espacial, materiais envolvidos e distribuição temporal. Para quase todos os tipos de eventos perigosos há recursos para predictabilidade com base no conhecimento científico, e, portanto, as consequências decorrentes podem ser minimizadas, ou mesmo evitadas em sua totalidade.

Figura 4. Relações entre as fontes de eventos perigosos, riscos, desastres e catástrofes.



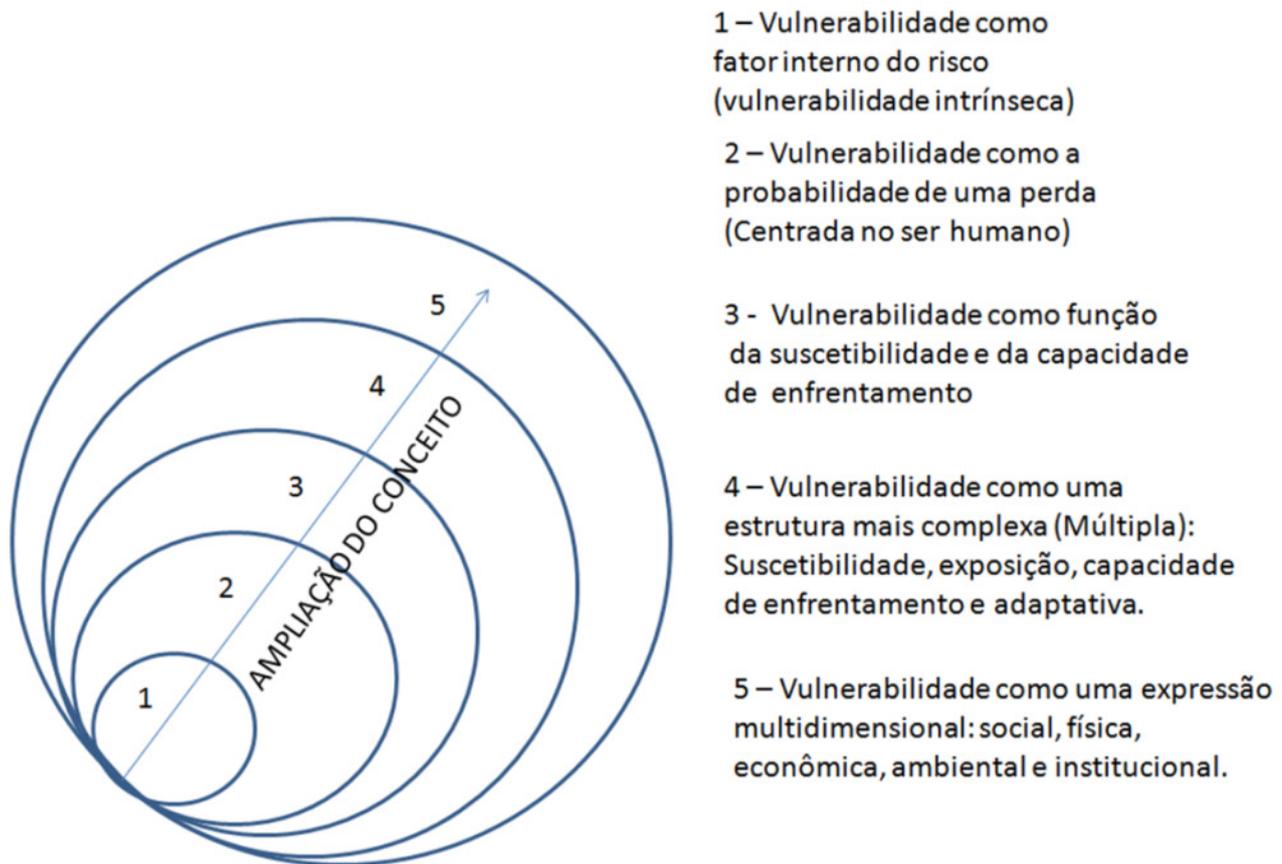
Fonte: Zuquette (2017).

Vulnerabilidade

O termo vulnerabilidade vem passando por mudanças do ponto de vista dos diversos tipos de profissionais envolvidos como considerado no item anterior com a diversidade dos conceitos existentes, e neste sentido Birkmann (2006) e

Villagrán de León (2006) apresentam trabalhos críticos, sendo que o primeiro apresenta um gráfico com a expansão do conceito resultando dos diferentes pontos de vistas dos autores (Figura 5).

Figura 5. Esquema representando as alterações do conceito de vulnerabilidade ao longo do tempo.



Fonte: Modificado de Birkmann (2006).

Wisner et al. (2004) considera vulnerabilidade como os elementos que estão propensos ou predispostos a serem afetados negativamente pela ação ou efeitos de um evento, portanto dependem de suas características intrínsecas que afetam a capacidade de antecipação, enfrentamento, de resistência e recuperação frente aos efeitos do evento.

UNDRO (1991) - refere-se ao grau de perdas potenciais de um elemento ou grupo de elementos quando expostos a ocorrência de um fenômeno de dada magnitude, e varia de 0 (Sem perdas) e 1 (Perda total).

Provention Consortium (2007) - considera como o potencial dos elementos expostos de sofrerem perdas em função da capacidade de antecipação ao evento perigoso, de enfrentamento, de resistir e de recuperar dos seus efeitos. A vulnerabilidade e sua antítese, a resiliência, é função das características dos fatores físicos, ambientais, sociais, econômicos, políticos, culturais e institucionais.

Considerando os conceitos acima pode-se entender que a vulnerabilidade é a combinação de elementos em exposição, as características intrínsecas dos elementos, a resistência e a resiliência, e deve ser considerada como:

1. Multidimensional – ou seja, relacionada a fatores físicos, sociais, econômicos, ambientais, institucionais e humanas.
2. Dinâmica – ou seja, varia ao longo do tempo.
3. Dependente da escala – desde um indivíduo até a extensão de um país.
4. Dependente de local específico.

O grau de vulnerabilidade de um elemento ambiental frente aos efeitos de um evento específico depende de alguns aspectos, tais como:

1. Densidade populacional na proximidade da ocorrência do evento.
2. Grau de educação da sociedade e conhecimento sobre eventos perigosos, riscos e desastres.
3. Existência de sistemas de avisos, alertas e alarmes, assim como meio comunicação eficiente.
4. Conhecimento técnico sobre o evento das equipes envolvidas.
5. Disponibilidade de infraestrutura para ações e medidas de emergência.

6. Materiais usados, procedimentos e métodos construtivos das edificações.

7. Fatores culturais que relacionam com o problema.

8. Eficiência de resposta pelas instituições e organizações responsáveis seja pública ou privada.

Desta forma quanto ao caráter multidimensional à vulnerabilidade pode ser:

1. Física – retrata o potencial frente ao impacto físico sobre uma construção e a população, normalmente expressa em valores entre 0 e 1 para um evento de uma determinada intensidade/magnitude. A vulnerabilidade física pode ser avaliada por meio de procedimentos empíricos (análise de perdas ocorridas, opinião de especialista, pontuação) e modelos analíticos (modelos analíticos simples, métodos analíticos detalhados).

2. Econômica – relacionada aos diferentes setores econômicos em decorrência dos efeitos do evento perigoso e pode ser na forma interrupção de negócios, perdas de postos de trabalho, entre outros aspectos.

3. Social – os impactos de um evento podem afetar pessoas de maneira geral, mas principalmente as com deficiências, idosos, escolas de crianças e hospitais.

4. Ambiental – quando a ação do evento atinge componentes ambientais, por exemplo, como a contaminação de águas subterrâneas ou assoreamento de lagos e reservatórios.

5. Institucional – instituições e edificações públicas sofrem perdas com o impacto do evento.

Para a quantificação da vulnerabilidade é fundamental a existência de informações relativas aos seguintes aspectos:

1. Distribuição e tipologia dos diferentes elementos expostos e suas características intrínsecas.

2. Considerar as diferentes dimensões da vulnerabilidade.

3. As diferentes escalas, visto que cada nível requer métodos específicos e que muitas vezes demandam um tratamento complexo dos dados.

4. O tipo de evento perigoso, visto que os métodos de avaliação da vulnerabilidade variam em função do tipo, intensidades e probabilidades espaciais e temporais.

5. Considerar os eventos perigosos em diferentes cenários em função das intensidades.

Existem métodos que podem ser utilizados para avaliação do grau de vulnerabilidade, com diferentes graus de complexidade, que inicialmente podem ser agrupados em 5 categorias:

1. Consultores/Profissionais – baseado nas características de um evento perigoso como a intensidade o profissional deve estimar as porcentagens de perdas e danos para os diferentes elementos ambientais expostos considerando as suas características intrínsecas.

2. Análises históricas – baseado nas informações de banco de dados e análises estatísticas das perdas e danos ocorridos frente a eventos com diferentes intensidades que ocorreram no passado, elabora-se um ranqueamento dos diferentes graus de vulnerabilidades em relação a intensidades do evento perigoso.

3. Uso de índices – é um método com eficiência muito boa pois considera uma lista ou matriz com diferentes parâmetros relativos as características dos elementos ambientais em análise e os graus de perdas e danos frente as intensidades do evento.

4. Modelos analíticos básicos – avalia-se o comportamento dos elementos ambientais com base em suas características frente as condições impostas pelo evento perigoso baseado em critérios definidos previamente, com o uso de modelos conceituais que são simulados por meio de programas computacionais para diferentes cenários.

5. Modelos analíticos complexos – a partir de métodos com alta complexidade que demandam grande quantidade de informações e normalmente são aplicados para elementos específicos e eventos com intensidades e efeitos bem conhecidos.

Consequências

As estimativas das consequências buscam avaliar a grandeza das perdas e dos danos de todas as naturezas provocadas aos elementos de uma área que estejam expostos as ações decorrentes da ocorrência de um evento perigoso e condicionadas pelo grau de vulnerabilidade dos mesmos em suas diferentes dimensões. As consequências podem ser diretas (perdas de vidas, destruição de edificações e de linhas de infraestrutura, perdas de bens, perdas agrícolas envolvendo danificação de áreas para usos, produtos e animais, assim como custos para recuperação) e indiretas (interrupção de serviços, negócios, perdas de fontes de trabalho, impactos na atividade produtiva, custos sociais, e custos de longo prazo envolvendo saúde). A estimativa das consequências está baseada no elemento e sua posição, assim como no grau de vulnerabilidade, ou seja, existe uma probabilidade espacial de que o evento atinja a área ocupada por um determinado elemento associada a uma probabilidade temporal, dada que a probabilidade espacial ocorra, e, portanto, poderá haver efeitos por um período de tempo. A vulnerabilidade é estimada considerando a posição do elemento e suas características intrínsecas, e que no tempo de ocorrência do evento o mesmo esteja sujeito a ação do evento. Consequências podem ser estimadas para elementos por equações gerais como a seguinte:

$$C = f (P(E/Ep).P(T/E).V(E/T).P(Ci/lep). C(D,I)),$$

Onde:

$P(E/Ep)$ – Probabilidade de que efeitos existam dentro de uma área (E) dado que ocorra o evento perigoso (Ep).

$P(T/E)$ – Probabilidade de que haverá efeitos temporais dado que ocorram efeitos espaciais.

$V(E/T)$ – Probabilidade de que o elemento esteja no local no mesmo tempo do evento.

$P(Ci/lep)$ – Probabilidade do comportamento das características intrínseca do elemento frente à intensidade potencial dos efeitos do possível evento.

$C(D,I)$ – Custos e valores diretos e indiretos relativos ao elemento.

Riscos

A palavra risco tem sua origem relacionada a diversas fontes, a mais difundida vem do grego clássico com a expressão (ρίζα) que significa raiz (root) e foi citado na "Homer's Rhapsody M of Odyssey", e depois no latim teve a interpretação como falésia (Cliff). Diversos textos confirmam que o termo em latim originou dos termos gregos relacionados à navegação rhizikon e rhiza, que são considerados como uma metáfora para a expressão "difficulty to avoid in the sea". A partir do latim (resicum, risicum, riscus) e do latim vulgar (cliff, récif, Felsklippe) surgiu o termo em italiano (risico, risco, rischio), o espanhol (riesgo) e o frances risque. Ressalta-se que o termo em inglês originou-se a partir do espanhol e o alemão dos italianos até o surgimento do termo Frances no século 18.

Atualmente pode se relacionar o termo risco com o fato de não ter uma solução adequada para um problema, com a falta de certeza, ou seja, as incertezas relacionadas a um sistema, problema ou condição e, portanto, com expectativas de perdas e danos. A expressão básica de risco como proposta por Varnes (1984), que considera risco como o resultado da associação da probabilidade de ocorrência de um evento perigoso (H) e a vulnerabilidade do elemento (V) em questão ($R = H \times V$), resultando em consequências de diferentes naturezas. Esta tem sido utilizada com muita frequência nos diversos campos de aplicação das estimativas de riscos, enquanto, para UNDHA (1992) - risco é a expectativa de perdas de vidas, injúrias, perdas econômicas, devido a um particular evento perigoso para uma dada área e espaço temporal.

Desastres

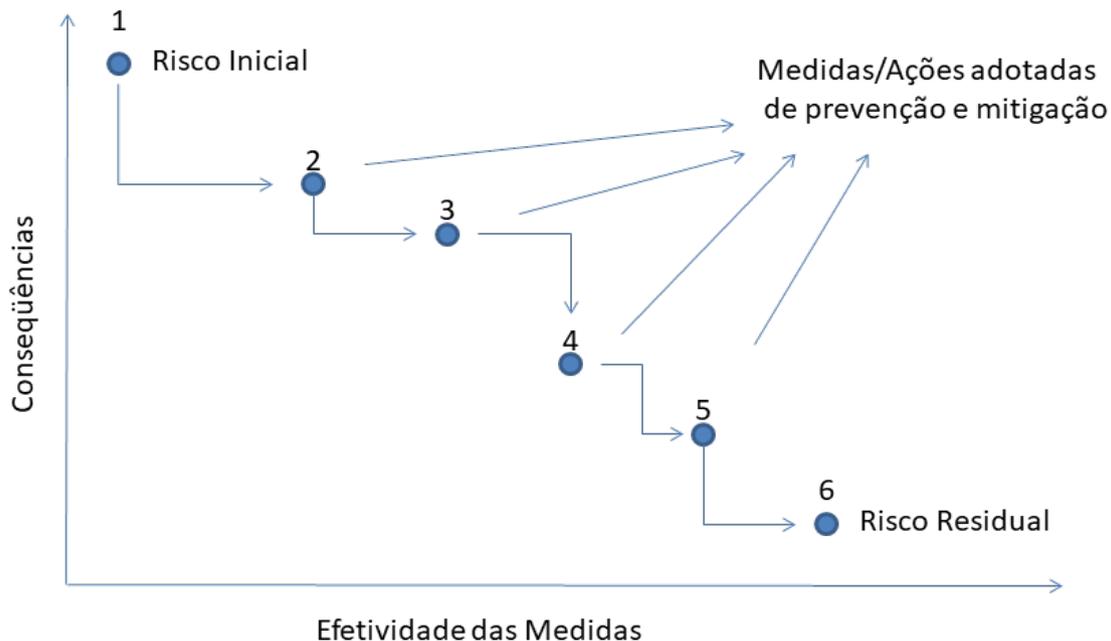
A diversidade de conceitos não é grande como para vulnerabilidade, e a maioria considera como uma interrupção do funcionamento de um sistema, comunidade, sociedade causando problemas de natureza humana em grandes extensões e proporção, envolvendo perdas humanas, materiais, econômicas e ambientais que estão acima do limite que uma sociedade tem como enfrentar com os próprios recursos (UN/ISDR, 2009). Assim, os desastres são resultantes da ocorrência de um evento perigoso, da exposição e vulnerabilidade dos elementos do meio ambiente e da capacidade insuficiente ou de medidas para reduzir as consequências. É importante realçar que a condição de desastre varia em função das condições sociais e econômicas, assim como em função dos elementos afetados, e o critério econômico pode ser extremamente variado de uma situação ou região para outra.

4. Prevenção e Mitigação

As ações de prevenção e mitigação visam reduzir os níveis de riscos que a sociedade está sujeita em decorrência de efeitos dos eventos perigosos.

Na Figura 6 observa-se uma esquematização da adoção de medidas de prevenção e mitigação.

Figura 6. Efeitos da adoção de medidas de prevenção e mitigação sobre a magnitude dos riscos.



Fonte: Zuquette (2017).

Ações de Prevenção

As ações de prevenção envolvem medidas que são adotadas no sentido que a ocorrência de um evento perigoso (hazard) de qualquer natureza tenha efeitos negativos para as pessoas, assim como para outros elementos do meio ambiente. A prevenção visa eliminar as causas básicas (rootcauses) que colocam as pessoas e os elementos do meio ambiente em graus de vulnerabilidade.

As atividades de prevenção dependem de que haja uma adequada identificação do evento perigoso, assim como da vulnerabilidade e conseqüências humanas, sociais, econômicas e ambientais e da capacidade da sociedade de enfrentar as conseqüências. Na Tabela 1 encontram-se comentários sobre aspectos envolvidos com as medidas no sentido de evitar ou minimizar a ocorrência do evento perigoso e das suas conseqüências.

Tabela 1. Aspectos relacionados à prevenção em termos da redução de riscos-desastres.

	EVENTOS COM POSSIBILIDADE DE REDUÇÃO	EVENTOS SEM POSSIBILIDADE DE REDUÇÃO	OBSERVAÇÕES FUNDAMENTAIS
Redução da probabilidade de ocorrência do evento	Erosão, Inundação, Subsidiências, Movimentos de massa gravitacionais	Terremotos, Tornados, Furacões	A elaboração de planejamentos territoriais e ambientais baseados em informações que contemplem a ocorrência de eventos perigosos é uma peça fundamental, senão a mais importante no sentido de minimizar os riscos que a sociedade e os elementos ambientais estarão expostos, e contemplam dados oriundos de: <ol style="list-style-type: none"> 1 - Mapeamentos geotécnicos e temáticos desenvolvidos com conteúdos adequados e com critérios técnicos, em escalas adequadas. 2 - Mapeamento de eventos perigosos com predictabilidade adequada. 3 - Legislações para as unidades espaciais com base em critérios técnicos e dados compatíveis para os fins e escala. 4 - Normas com orientações e critérios para investigações prévias a implantação de usos e obras, assim como de procedimentos de monitoramentos no sentido de previsibilidade de comportamentos frente aos eventos perigosos potenciais.
Redução das consequências	Diminuindo a vulnerabilidade		A Vulnerabilidade tem caráter multidimensional e demanda cuidados na sua estimativa: <ol style="list-style-type: none"> 1 - Física – retrata o potencial frente ao impacto físico sobre uma construção e a população, normalmente expressa em valores entre 0 e 1 para um evento de uma determinada intensidade/magnitude. A vulnerabilidade física pode ser avaliada por meio de procedimentos empíricos (análise de perdas ocorridas, opinião de especialista, pontuação) e modelos analíticos (modelos analíticos simples, métodos analíticos detalhados). 2 – Econômica – relacionadas aos diferentes setores econômicos em decorrência dos efeitos do evento perigoso, e pode ser na forma interrupção de negócios, perdas de postos de trabalho, entre outros aspectos. 3 – Social – os impactos de um evento podem afetar pessoas de maneira geral, mas principalmente as com deficiências, idosos, escolas de crianças e hospitais. 4 - Ambiental – quando a ação do evento atinge componentes ambientais, por exemplo, como a contaminação de águas subterrâneas ou assoreamento de lagos e reservatórios. 5 - Institucional – quando instituições e edificações públicas são afetadas pelo impacto do evento.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Medidas de Mitigação

As medidas de mitigação são enquadradas como estruturais e não estruturais (Tabela 2). As medidas estruturais são pertinentes a 2 grupos: baseadas em critérios de planejamento e construtivos (Engineered structural measures) e aquelas que não consideram tais critérios (Non-engineered structural measures). As medidas estruturais baseadas em critérios construtivos envolvem a participação de equipe multidisciplinar que tenha conhecimentos sobre o evento perigoso considerado e nas suas consequências. Estas medidas demandam planejamento e projetos que são dependentes das características do evento perigoso e de sua probabilidade de ocorrências, assim como da distribuição espacial e da vulnerabilidade dos elementos do meio ambiente. Um aspecto

fundamental é que estejam substanciadas pela estimativa da probabilidade de ocorrência do evento perigoso, das consequências e da extensão que será afetada, as quais condicionam a elaboração dos códigos e técnicas construtivas, assim como o planejamento territorial e ambiental.

As medidas estruturais não baseadas em critérios construtivos são, basicamente, as desenvolvidas pelas pessoas no sentido de aumentar a resistência de edificações e aumentar a proteção das pessoas das ações dos eventos perigosos. Incluem medidas simples como a construção de barreiras com materiais locais e alternativos, canais de desvios de fluxos, aterros e uso de barreiras de vegetação.

As medidas não estruturais são conceituadas como as voltadas a redução do risco (probabilidade do evento perigoso e consequências) via modificações do comportamento humano ou no processo natural sem que haja necessidade de obras baseadas

em critérios construtivos (Engineered structures). As medidas são, normalmente, consideradas de adaptação das pessoas a natureza, de custo baixo. E adotadas facilmente pela sociedade com baixa necessidade financeira e de recursos tecnológicos.

Tabela 2. Principais medidas de mitigação e algumas observações quanto à aplicação.

CATEGORIAS	MITIGAÇÃO – PRINCIPAIS TIPOS DE MEDIDAS E AÇÕES	EXEMPLOS	OBSERVAÇÕES FUNDAMENTAIS	
Estrutural baseado em critérios de engenharia (engineered structural)	Medidas de regulação	Zoneamentos e orientações para usos baseadas nas estimativas de riscos	Depende da predictabilidade dos eventos e das estimativas de riscos	
	Códigos de edificações	Normas para projetos de edifícios/infraestruturas que aumentem a resistência quanto a pressões externas	Fundamentadas nas intensidades dos eventos e nas probabilidades de ocorrência.	
	Construções resistentes	Aumento da resistência de edificações, infraestruturas, etc.	Frente à intensidade dos eventos	
	Realocação	Considerando custo-benefício, em casos de eventos como deslizamentos é mais adequado realocação edificações	Depende do nível de risco estimado.	No caso de eventos de contaminação das águas e materiais geológicos pode ser a única medida possível.
	Modificações estruturais	Elevação de moradias em caso de inundação	A magnitude da elevação da superfície será função da magnitude e intensidade do evento e da posição topográfica.	
	Construção de Barreiras	Diques e bermas para o caso de inundações	Muros de espera para movimentos gravitacionais de massa	Depressões para deposição de sedimentos gerados pelos processos erosivos
	Construção de sistemas de deflexão	Trincheiras e canais para desvios dos fluxos de águas, fluxos de terra e detritos	Canais inclinados para os materiais de deslizamentos	Sistemas de grades e barreiras para o caso de fluxos de terra e detritos.
	Construção de sistemas de retenção	Barragens seja para o caso de inundação, erosão ou seca.	Estruturas de contenção para o caso de deslizamentos	
Sistemas de detecção	Sistemas de monitoramento para quase todos os tipos de eventos	Fundamentais para os sistemas de alertas e alarmes		

	Modificações físicas (mudanças no terreno – relevo)	Remoção de materiais geológicos expansivos	Terraceamento para o caso de deslizamentos e erosão.	
	Sistemas de tratamento	Retirada de materiais geológicos contaminados e tratamento ex-situ		
	Redundância em infraestruturas seguras	Redobrar os cuidados com os sistemas de armazenamento de águas		
Estrutural não baseado em critérios de engenharia (non-engineered structural)	Barreiras construídas com materiais locais e alternativos	Controle de eventos de inundação, movimentos de massa gravitacionais e inundações de pequena magnitude.	Apresentam resistência baixa.	Os custos são baixos.
	Trincheiras para a condução de fluxos	Normalmente para redirecionamento de fluxos de água concentrados.		
	Barreiras de vegetação	Controle de avanço de processos erosivos.		
	Barramento em canais	Executados em vales no sentido de acumular águas e evitar alagamentos e inundações		
Não estruturais	Medidas regulatórias	Zoneamento de uso do terreno, Espaços abertos (preservação), Não fornecer serviços públicos em áreas de alto risco, Controle da densidade populacional, Regulação do tipo de uso de edificações, Acordos públicos/privados para usos, Regras para disposição de rejeitos e resíduos, Regulamentações de segurança, Regulamentação para uso dos recursos públicos, Regulamentação de proteção ambiental, Requisitos para obtenção de empréstimos para obras de mitigação, Divulgação para proprietário dos níveis de risco	Estas medidas e ações são as que trazem os melhores resultados, porém demandam que os conhecimentos dos eventos e dos riscos sejam detalhados.	

Programas de educação	Mudanças de comportamento quanto ao entendimento das possíveis consequências,	Fundamental dotar os indivíduos de conhecimentos sobre o evento.	<u>Veja o caso dos incêndios!!</u>
Proteção da comunidade	Avisos, alertas e alarmes	Estes são dependentes de um conhecimento detalhado da ocorrência do evento perigoso, tanto em termos espaciais quanto temporais.	Dependem fortemente dos sistemas de monitoramento. <u>Necessita de credibilidade do processo de monitoramento!!</u>
Modificações físicas não estruturais	Disposição mais segura de móveis e componentes internos das edificações	Dispositivos de combustíveis (gasosos e líquidos) devem ser priorizados	
Controles ambientais	Manejo de vegetação, Reflorestamento, Preservação de dunas, mangues, planícies marginais a canais de drenagem, Áreas de deposição de sedimentos e de acúmulos de águas, etc.....	São fundamentais no controle de muitas fontes de eventos como os movimentos de massa gravitacionais, erosivos, inundações, assoreamentos, incêndios	
Modificações comportamentais	Racionamentos, Práticas de conservação ambiental, Apoios e incentivos as práticas mais seguras nas atividades de vida, orientações para aumentar a resiliência e a resistência,		
Transferência de riscos	Seguros, Fundos financeiros, Regulamentação de serviços públicos, Resseguro de infraestrutura pública e de bens privados, Elaboração de estratégias de proteção financeira.	No Brasil este sistema é ainda incipiente, principalmente em função dos prognósticos dos eventos	
Compartilhamento de riscos	Acordos para que perdas sejam divididas por um grupo de indivíduos	Construções de abrigos	
Distribuição de riscos	Redistribuição entre os diferentes segmentos da sociedade.	No Brasil, ainda muito distante, porém as perdas afetam todos os segmentos da área atingida pelo evento.	

Fonte: Elaborado pelo autor.

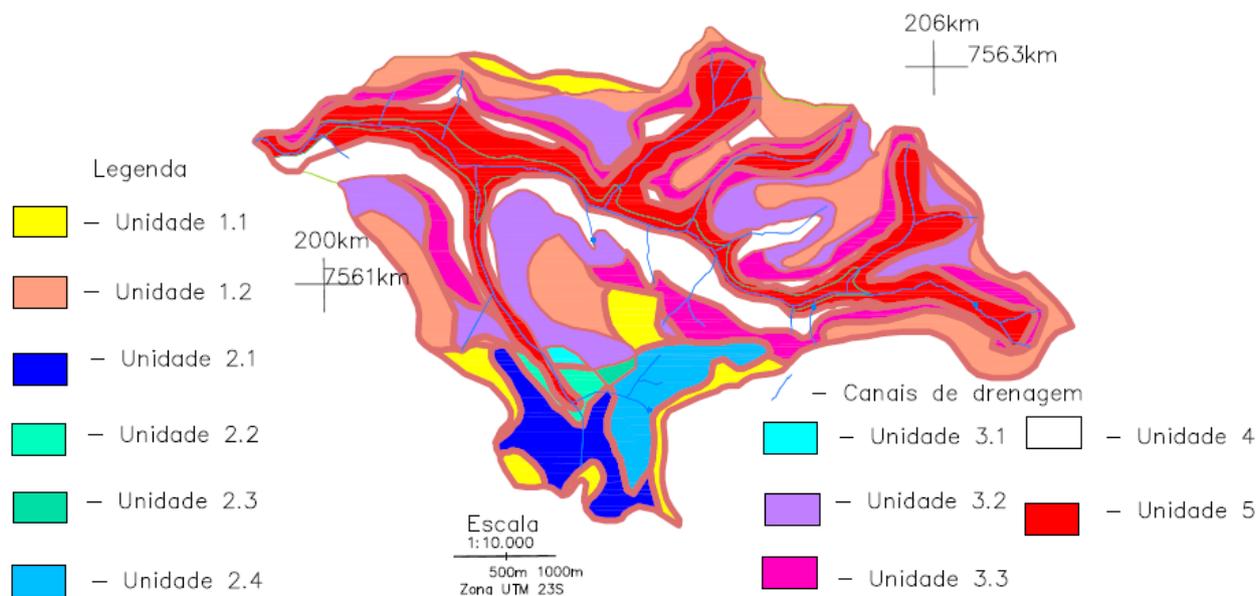
5. Adoção de Medidas de Prevenção e Mitigação

A seleção de medidas de prevenção e mitigação depende do conhecimento adequado do evento perigoso e das suas consequências. Como exemplo desta necessidade tem-se os eventos perigosos de inundação na bacia do Córrego do Gregório, na cidade de São Carlos (SP) que intensificaram nos últimos 40 anos. Os processos de inundação apresentam uma probabilidade de ocorrência anual da ordem de 0,35 considerando a série de eventos nos últimos 120 anos e, quando, se considera uma série dos últimos 40 anos, a probabilidade anual é da ordem de 0,52. Estes dados elevados de probabilidade são frutos de que 75% da bacia encontra-se urbanizada e com um coeficiente de Manning das vertentes menores que 0,01 e capacidade de armazenamento de cerca de 2mm de chuva, quando em condições naturais, o coeficiente de Manning variava de 0,4 a 0,6 e a capacidade de armazenamento da ordem de 20 a 50mm. Estes valores condicionam tempo de permanência das águas de chuva nas vertentes muito curtos e, conseqüentemente, tempos de pico e de concentrações curtos, gerando as inundações para determinados tipos de eventos de chuva.

No sentido de minimizar os riscos decorrentes destacam-se 2 caminhos de prevenção e mitigação como os mais adequados: o primeiro, promover a retenção das águas nas vertentes, com medidas como os Sistemas de Drenagem Sustentáveis (SDSs) e o segundo, o aumento da vazão do canal principal do Córrego do Gregório, o que envolveria desapropriação de áreas laterais ao canal e o aumento da secção do canal para propiciar uma vazão maior para que não haja espalhamento das águas.

Considerando o caso das medidas relacionadas aos SDSs, é necessário um estudo detalhado e o zoneamento quanto à adequabilidade dos diferentes tipos de SDSs (Figura 7) baseado em características geológicas, geotécnicas, geomorfológicas e dos usos e ocupações (Tabela 3) de acordo com Zuquette *et al.* (2022).

Figura 7. Mapa de zoneamento da adequabilidade de Sistemas de Drenagem Sustentáveis (SDSs).



Fonte: Zuquette et al. (2022).

Tabela 3. Síntese das características intrínsecas das zonas de adequabilidade dos Sistemas de Drenagem Sustentáveis (SDSs).

Zona	Unidade geológica	Características básicas				Aspectos de adequabilidade				
		Condutividade Hidráulica (K) da camada superficial (m/s)	Subzona	Profundidade da zona saturada (m)	Profundidade do rochoso (m)	Condição de funcionalidade	Condição construtiva	Condição de drenagem subsuperficial	Condição potencial de contaminação das águas subsuperficiais	Condição de estabilidade
1	Unidade 1 Unidade 2	10^{-5} a 10^{-6}	1.1	>10	>10	Favorável/ Moderada	Camada superficial quando compactada ou ausente devido às atividades antropogênicas afeta a condição de instalação.	Favorável desde que a camada superficial não esteja compactada.	Em algumas condições podem contaminar o topo da zona saturada próximos as fontes, o que poderá afetar a qualidade das águas que fluem das fontes.	Colapsividade

			1.2	>10	5 a 10	Favorável/ Moderada	Camada superficial compactada ou ausente devido às atividades antropogênicas. A profundidade do topo rochoso pode limitar a profundidade e eficiência do sistema.	Com condições moderadas visto que a camada superficial está sobre camada de material com menores valores de K.	Condição mais severa que a da Subzona 1.1	Colapsividade No caso da sobreposição da Fm. Itaqueri pode ocorrer siltitos e argilitos com minerais expansivos.
2	Unidade 3 Unidade 9	10^{-4} a 10^{-6}	2.1	>10	>10	Favorável	Camada superficial compactada ou ausente devido às atividades antropogênicas. Problema de instabilidade devido à baixa coesão apresentada pelo material geológico.	Favorável, desde que a camada superficial não esteja compactada ou ausente devido às atividades antropogênicas. As águas do escoamento superficial podem apresentar altas taxas de sedimentos.	As condições são severas visto que é uma área de recarga do principal aquífero e o material geológico apresenta capacidade de sorção e retardamento baixa. É aconselhável o uso de BRP horizontais conforme procedimentos constantes de Rocha & Zuquette, 2020a,b.	Colapsividade Índice de erodibilidade elevado o que pode gerar instabilidade em taludes escavados, assim como de sedimentos.
			2.2	>10	5 a 10	Favorável	Condição semelhante à subzona 2.1.	Similar a subzona 2.1.	Condição semelhante à subzona 2.1.	Semelhante a subzona 2.1.
			2.3	5 a 10	5 a 10	Moderada	Condição semelhante à subzona 2.1.	Similar a subzona 2.1.	As condições são mais severas que a subzona 2.1.	Semelhante a subzona 2.1.
			2.4	5 a 10	>10	Moderada	Condição semelhante à subzona 2.1.	Similar a subzona 2.1.	As condições são mais severas que a subzona 2.1.	Semelhante a subzona 2.1.

3	Unidade 1 Unidade 2 Unidade 11	10 ⁻⁵ a 10 ⁻⁶	3.1	5 a 10	> 10	Moderada	A ocorrência de camadas compactadas ou ausentes impõe restrições devido às profundidades da zona saturada.	Condição moderada desde que a camada não esteja compactada ou ausente.	A condição de potencial contaminação do topo da zona saturada próximos as fontes é maior que na zona 1.	Colapsividade No caso da sobreposição da Fm. Itaqueri pode ocorrer siltitos e argilitos com minerais expansivos.
			3.2	5 a 10	5 a 10	Moderada	A profundidade e a eficiência do sistema podem ser condicionadas em função do topo rochoso com K muito baixo	Moderada a severa devido à profundidade menor do topo rochoso poderá ocorrer uma acumulo de água infiltrada gerando uma zona saturada suspensa e o fluxo paralelo a superfície do topo rochoso.	Semelhante a Subunidade 3.1.	Devido à menor profundidade do topo rochoso pode ocorrer siltitos e argilitos com minerais expansivos.
			3.3	10 a 5	3 a 5	Moderada/ Severa	Similar a 3.2	Severa devido à profundidade menor do topo rochoso poderá ocorrer uma acumulo de água infiltrada gerando uma zona saturada suspensa e o fluxo paralelo a superfície do topo rochoso.	Similar a Unidade 3.1	Similar a Unidade 3.2
4	Unidade 4 Unidade 7 Unidade 8	10 ⁻⁵ a 10 ⁻⁹ (com predomínio de <10 ⁻⁶)		3 a 5	3 a 5	Severa	Na unidade 8 podem ser encontrados matacões. Nas camadas saprolíticas existe possibilidade de minerais expansivos.	Severa a restritiva devido aos valores de K e a profundidade da zona saturada.	Os materiais geológicos apresentam capacidade de sorção e de retardamento elevada o que gera uma proteção adequada.	Podem ocorrer materiais com minerais expansivos, devido à baixa permeabilidade pode ocorrer acumulo de água de maneira que surjam fluxos em superfície e

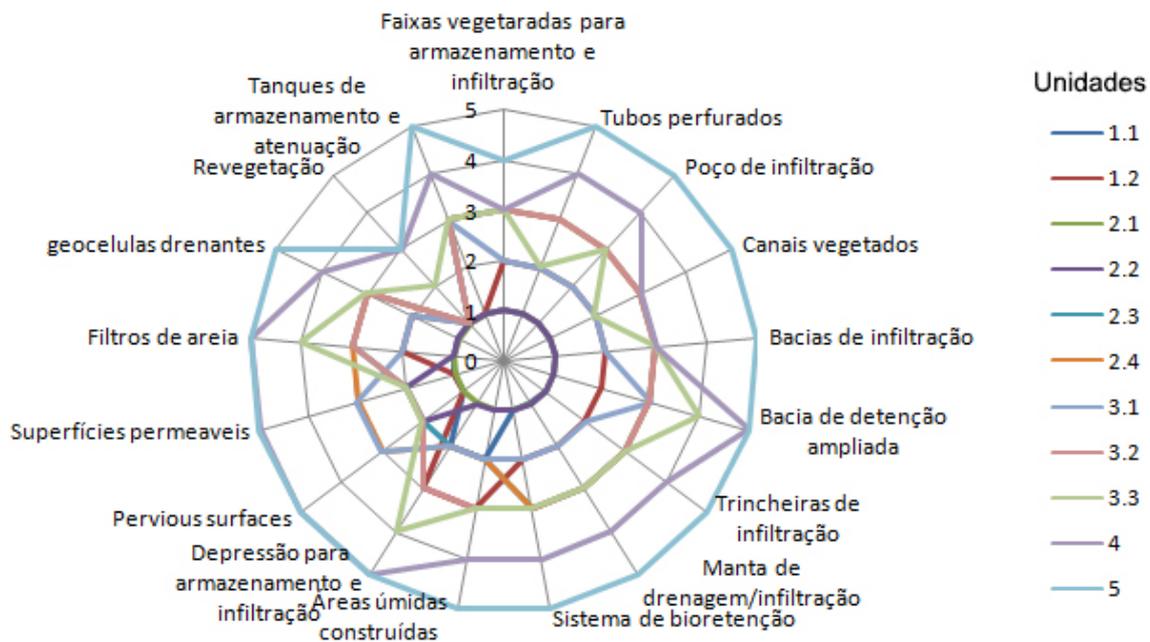
										instabilidade dos sistemas.
5	Unidade 4 Unidade 5 Unidade 6 Unidade 10 Unidade 7 Unidade 8	10^{-5} a 10^{-9} (com predominio de $<10^{-6}$)		<3	<3	Restritiva	Restritiva	Restritiva devido a K baixos, topo da zona saturada muito raso.	Profundidade da zona saturada	Compressibilidade e Expansibilidade em camadas saprolíticas.

Fonte: Zuquette et al. (2022).

Na Figura 8 encontra-se um gráfico com os graus de adequabilidade (ver legenda) para cada tipo de medida SDSs que pode ser adotada na bacia visando aumentar o tempo de permanência das águas de chuva na vertente e/ou diminuir a taxa do escoamento superficial com o aumento da infiltração.

Observa-se que não há um tipo de SDS que é adequado para todas as unidades, ou seja, diferentes tipos de SDS devem ser adotados. Ressalta-se que após esta análise é fundamental as análises de custos, assim como diretrizes que fariam parte das orientações dos planos diretores.

Figura 8. Gráfico com os graus de adequabilidade de cada tipo de SDSs considerando as características intrínsecas.



Legenda: As condições de adequabilidade para cada unidade são: 1 – Favorável, 2 – Pouco favorável, 3 – Moderada, 4 – Severa, 5 - Restritiva

Fonte: Elaborado pelo autor.

6. Considerações Finais

Considerando os aspectos, conceitos e as possibilidades de ações de prevenção e medidas de mitigação, pode-se afirmar que é um processo que somente será efetivo se estiver embasado em dados confiáveis sobre o evento perigoso, as consequências, sobre a área que seria afetada, assim como da vulnerabilidade dos elementos inseridos na área. Para tanto é necessário que equipes multidisciplinares atuem nas diferentes etapas do processo e que, para qualquer nível administrativo, municípios, estados, regiões e país, estas ações sejam objetivos sérios e com continuidade temporal.

7. Referências

BAAS, S., RAMASAMY, S., PRYCK, J. D., BATTIST, F. Disaster risk management systems analysis. FAO Environment and Natural Resources Service Series, N. 13 - FAO, 90 p., 12 figures, 9 tables, Rome, 2008.

BATES, R.L.; JACKSON, J.A.J. (Edts). Glossary of Geology. 3rd. Edition. American Geological Institute, Alexandria-USA. 1984.

BIRKMANN, J. (Ed.), Measuring Vulnerability to Natural Hazards— Towards Disaster-Resilient Societies. UNU Press, Tokyo, New York. 2006.

BLAIKIE, P., CANNON, T., DAVIS, I. and WISNER, B. At risk: natural hazards, people's vulnerability, and Disasters. London: Routledge. 1994.

BURTON, I. AND R. W. KATES. The Perception of Natural Hazards in Resource Management. Natural Resources Journal, v. III, n. 3, p. 412-441, 1964.

CANADIAN STANDARDS ASSOCIATION. Risk Management: Guideline for Decision-Makers. A National Standard of Canada. Canadian Standards Association, CAN/CSA-Q850-97. 1997. (Reaffirmed 2002 without change).

CARDONA, O. D. The Need for Rethinking the Concepts of Vulnerability and Risk from a Holistic Perspective: A Necessary Review and Criticism

for Effective Risk Management. In G. Bankoff, G. Frerks, and D. Hilhorst, editors, Mapping Vulnerability: Disasters, Development and People, chapter 3. London, 2003.

FAILACHE, M.; PONS, N.; PEJON, O.; ZUQUETTE, L. Suitability Zoning for Sustainable Drainage Systems (SuDSs): Application in a Basin in Southern Brazil. Sustainability, 2022, v.14, n.5, 2577. <https://doi.org/10.3390/su14052577>.

FEMA. Mitigation Ideas. A Resource for Reducing Risk to Natural Hazards. https://www.fema.gov/sites/default/files/2020-06/fema-mitigation-ideas_02-13-2013.pdf

HEWITT, K. Regions of Risk. Longman. Harlow Resilient Societies. UNU Press, Tokyo, New York, 1997.

MANYENA, S.B.. The concept of resilience revisited. Disasters. v. 30, n. 4, p. 434-450, 2006. <https://doi.org/10.1111/j.0361-3666.2006.00331.x>

PROVENTION CONSORTIUM. Vulnerability and Capacity Analysis. Guidance Note 9. Geneva, 2007. www.proventionconsortium.org/themes/default/pdfs/tools_for_mainstreaming_GN9.pdf.

RESILIENCE ALLIANCE. Glossary. Resilience Alliance. 2005. Acessado: Agosto, 2015. <http://www.resalliance.org/glossary>.

SCHEIDEGGER, A. E. Hazards: singularities in geomorphic systems. Geomorphology, v. 10, n.1, p. 19-25, 1994. [https://doi.org/10.1016/0169-555X\(94\)90005-1](https://doi.org/10.1016/0169-555X(94)90005-1) .

TURNER BL II, KASPERSON RE, MATSON PA ET AL A framework for vulnerability analysis in sustainability science. Proc Nat Acad Sci USA, v. 100 n. 14 p. 8074–8079. 2003. <https://doi.org/10.1073/pnas.1231335100>

UNDHA. Internationally Agreed Glossary of Basic Terms Related to Disaster Management. UN DHA (United Nations Department of Humanitarian Affairs), Geneva, December 1992.

- UNDRO. Mitigation natural disasters: phenomena, effects, and options. A manual for policy makers and planners, Office of the United Nations Disaster Relief Co-ordinator, Geneva, 1991.
- UNISDR (United Nations International Strategy for Disaster Reduction). Indicators of Progress: Guidance on Measuring the Reduction of Disaster Risks and the Implementation of the Hyogo Framework for Action. UNISDR, Geneva, Switzerland, 2008.
- UNISDR (United Nations International Strategy for Disaster Reduction). Terminology on Disaster Risk Reduction. 2009. <https://www.undrr.org/publication/2009-unisdr-terminology-disaster-risk-reduction>
- UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION. GAR Special Report: Measuring Resilience for the Sustainable Development Goals. Geneva. 2023.
- UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION AND G20 WORKING GROUP ON DRR. Good Practices for Increasing the Application of Ecosystem-based Adaptation and Nature-based Solutions for Disaster Risk Reduction Volume II. 2024.
- VARNES, D.J. Landslide Hazard Zonation: A Review of Principles and Practice. Unesco, Paris. 1984.
- VILLAGRÁN DE LEÓN, J.C. Vulnerability: A conceptual and methodological review. SOURCE Publication Series of UNU-EHS, 4, United Nations University Institute for Environment and Human Security (UNU-EHS), Bonn, Germany. 2006.
- YANG G, ZHANG P, YU F AND ZHU X A review on resilient cities research from the perspective of territorial spatial planning: a bibliometric analysis. *Front. Ecol. Evol.* v.11, 1300764. 2023. <https://doi.org/10.3389/fevo.2023.1300764> .
- WISNER, B., BLAIKIE, P., CANNON, T., DAVIS, I. At Risk: Natural hazards, People's Vulnerability and Disasters. Second ed. Routledge, London. 2004.
- ZUQUETTE, L.V. Riscos, Desastres e Eventos Naturais Perigosos. Aspectos conceituais na análise e estimativas de riscos. Elsevier, Rio de Janeiro, RJ. (ISBN 978.85-352-8209-2). 2017.
- ZUQUETTE, L.V. Riscos, Desastres e Eventos Naturais Perigosos. Fontes de eventos perigosos. Elsevier, Rio de Janeiro, RJ. (ISBN 978.85-352-8952-7). 2018.
- ZUQUETTE, L. V. (Org.). Geotecnia ambiental. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. xxxii, 399 p. ISBN 9788535280586.
- ZUQUETTE, L.; FAILACHE, M.; BARBASSA, A. Assessment of Depressional Wetland Degradation, Spatial Distribution, and Geological Aspects in Southern Brazil. *Geosciences*. v. 10, n. 8, 296, 2020. <https://doi.org/10.3390/geosciences10080296>
- ZUQUETTE, L.V.; GANDOLFI, N. Cartografia Geotécnica. Editora Oficina de Textos. São Paulo, SP, 2004, 190p.
- ZUQUETTE, L.V., FAILACHE, M., PONS, N.A.D., PEJON, O.J.. Proposta de procedimentos para o zoneamento quanto a adequabilidade para Sistemas de Drenagem Sustentáveis (SDS) baseada em características geológicas e geotécnicas: Aplicação na Bacia do Córrego do Gregório, São Carlos (SP), Brasil. *Geociências*, v. 41, n. 2, p. 373 - 390, 2022. <https://doi.org/10.5016/geociencias.v41i02.15851>