

# Redução de Riscos Ambientais: o Necessário Enfoque Interdisciplinar

Arlindo Philippi Jr

*Engenheiro civil e sanitarista, Faculdade de Saúde Pública da USP*

Eduardo Mario Mendiondo

*Engenheiro de recursos hídricos,  
Escola de Engenharia de São Carlos da USP*

## INTRODUÇÃO

O saneamento é uma das áreas de maior riqueza de exemplos nas quais riscos ambientais decorrem da interação entre fenômenos naturais e atividades humanas, ambos precursores e modificadores do meio, afetando a segurança e proteção cidadãs.

Essas ocorrências causam, por falta de saneamento, também danos à saúde humana e à economia da sociedade. Constituem, portanto, uma área de interesse da saúde pública e da saúde ambiental, por meio do estudo de ações preventivas, mitigadoras e recuperativas das suas causas e efeitos. Disto, entende-se que é perfeitamente possível planejar a redução de riscos além de atender às emergências.

Este capítulo, por um lado, apresenta o saneamento ligado ao estudo de redução de riscos de desastres dividido em fases: de ações preventivas ou recuperativas, e de atendimento de emergências, via planos de ação. Por

outro lado, apresenta conceitos de desastres naturais, de origem climatológica e geológica, de desastres antrópicos e de desastres sinérgicos. O capítulo discute e define também os conceitos de ameaças, vulnerabilidade, exposição e riscos, tanto no contexto da saúde pública quanto no de outros setores, como social, econômico e ambiental. Assim, verifica-se que, ao abordar o saneamento, os enfoques e conceitos podem variar com a escala temporal e espacial em que eles são estudados.

A continuação são abordados, ainda, os aspectos institucionais de redução de riscos de desastres pela sociedade por meio da organização do novo Sistema de Proteção e Defesa Civil.

Como exemplo prático de saneamento serão discutidos os riscos de desastres oriundos de enchentes no Brasil, causando impactos na saúde pública, na economia e no ambiente. Como destaque, os novos sistemas de informação geográfica (SIG) voluntária serão tratados como ferramenta de auxílio à tomada de decisão frente aos riscos dos desastres ambientais.

As considerações finais introduzem as tendências interdisciplinares, as oportunidades nacionais e internacionais na área, incluindo a evolução de novas técnicas de prevenção e controle de riscos de desastres.

## OS DESASTRES NATURAIS E ANTRÓPICOS

Apesar de a idade da Terra ser relativamente conceituada, a percepção de sua idade e tempo geológico é quase impossível para a imaginação humana. O tempo da escala da vida humana é mais facilmente definido. Desse fato decorre que a maioria dos processos ambientais e sociais, que podem ser percebidos, está dentro da nossa faixa de percepção temporal e espacial.

A complexidade ambiental é o resultado desse tempo evolutivo, e a procura de conhecimento sobre ela dá-se, apesar das limitações inerentes, em grande parte pelo entendimento das incertezas e do não determinismo desses acontecimentos.

Os fenômenos naturais conhecidos, principalmente os de origem geológica e meteorológica, desenvolvem-se no espaço da biosfera e da litosfera, proporcionando modificações no ambiente. Entre esses fenômenos, alguns provocam alterações que modificam sensivelmente as condições sociais e ambientais do planeta. Eles causam o que o campo de conhecimento da ecologia da paisagem chama de distúrbios naturais. Um exemplo típico são os incêndios que ocorrem espontaneamente no bioma de cerra-

do brasileiro, acarretando no desenvolvimento evolutivo da vegetação e no da fauna endêmica.

É importante ressaltar que essas definições emergem de uma visão predominantemente antropocêntrica, ou seja, muitos dos conceitos derivam da interação dos fenômenos naturais com a cultura humana. Sob um prisma ecocêntrico, pode-se considerar que esses fenômenos são somente naturais, ou seja, não causariam distúrbios se não houvesse um enfoque humano sobre eles (Washington et al., 2017).

Os fenômenos naturais são a base de transformação e evolução da natureza, ao provocarem distúrbios no meio. Quando esses distúrbios interagem com o ser humano é que o conceito de desastre pode ser forjado.

O desastre pode então ser definido como o efeito final, ou efeitos, desses vários fenômenos precursores de riscos e processos ambientais que evoluem sistematicamente (Horita et al., 2017). Ele é o resultado de riscos de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema, causando danos sociais, econômicos e ambientais (PPDC, 2000).

Os desastres resultantes das atividades humanas podem ser denominados como de origem antrópica em contraposição àqueles denominados naturais. Entretanto, em alguns casos essa separação não é tão clara.

Noji (2000) considera que o desastre é:

O resultado de uma ruptura ecológica importante na relação entre os seres humanos e o meio ambiente; um evento de tal magnitude que a comunidade atingida necessita de esforços extraordinários para enfrentá-lo, geralmente necessitando de ajuda externa ou [às vezes até] apoio internacional.

Dentro da perspectiva da saúde pública, os desastres são definidos pelos efeitos que causam nas pessoas, porque de outra forma seriam somente fenômenos naturais meteorológicos ou geológicos.

A Organização Panamericana da Saúde (Paho, 2000) define que o termo desastre geralmente se refere a um evento natural em combinação com os seus efeitos deletérios. Portanto, o desastre está inserido em um ciclo de riscos que antecede ou sucede aos desastres.

Os desastres naturais podem ser divididos, para melhor compreendê-los, em: os de origem climatológica e os de origem geológica. No primeiro grupo podem ser descritos os furacões, os tornados, as inundações, as secas, as avalanches, as tormentas tropicais, os incêndios florestais e a desertificação. No segundo grupo, os de origem geológica, os terremotos, os

vulcões, os tsunami (ondas gigantes), os maremotos e as erupções vulcânicas (Mendiondo, 2010). Entre ambas as classificações existem desastres naturais oriundos de riscos de deslizamentos, corrida de detritos e movimentos de massas, que têm os mesmos processos precursores de riscos de desastres de origem hidrometeorológica.

Apesar de serem fenômenos naturais, a alteração progressiva do ambiente, por meio do desmatamento, do cultivo e pastoreio excessivo, dos assentamentos humanos em zonas de risco, pode provocar um agravamento nesses desastres.

Como exemplos de desastres antrópicos (causados por ações humanas), podem ser citados os desmatamentos, a retirada e o uso intensivo de materiais minerais, as mudanças de cursos d'água, a ocupação de várzeas e encostas, as queimadas, a produção e deposição inadequada de lixo, a poluição atmosférica, a aplicação de agrotóxicos e a explosão de artefatos nucleares. Os desastres antrópicos de cunho tecnológico são: as falhas de infraestrutura, os acidentes de transporte, os vazamentos de substâncias químicas e radiação, as explosões e os incêndios (PPDC, 2000). Todos os tipos de guerra são desastres antrópicos e que têm efeitos sobre a própria espécie e sobre o ambiente.

Noji (2000) considera que os desastres antrópicos podem ser subdivididos em três grandes categorias: 1) emergências complexas; 2) desastres tecnológicos (também referidos na literatura como acidentes); e 3) desastres (ou acidentes) de infraestrutura. Na primeira categoria estariam as guerras, os distúrbios civis e outros conflitos políticos e territoriais. A segunda categoria refere-se a grandes acidentes industriais, incidentes de contaminação grave, vazamentos nucleares, grandes incêndios e explosões. A última categoria refere-se àqueles ocasionados por falhas na infraestrutura, tais como rompimento de barragens, queda de fornecimento de energia elétrica e, por fim, os acidentes de transporte.

Também pode haver uma relação antrópica quanto à reincidência de surtos de doenças pós-evento. Dengue, leptospirose, malária e febre amarela, entre outras, são exemplos de impactos ligados à falta de saneamento, tendo um ser vivo como o veículo transmissor do risco de desastre. Mosquitos e roedores, por exemplo, ligados aos antigos paradigmas higienistas dos séculos XIX e XX, ainda reincidem em processos deflagradores de riscos de desastres de cheias sobre uma urbanização descontrolada e com falta de controle sobre os resíduos sólidos (Coutinho et al., 2015; Londe et al., 2016).

O Brasil tem como desastres mais frequentes os deslizamentos, as enchentes, as erosões, as secas, os incêndios florestais, as chuvas de granizo. Mais recentemente, talvez promovidos por modificações microclimáticas, têm ocorrido vendavais rápidos em escala de velocidade de vento como se fossem verdadeiros furacões.

A Tabela 1 apresenta os dez principais desastres naturais no mundo, por número de mortos, no período de 1947 a 1980. O que se verifica é que os desastres de origem climatológica (furacões, tufões, nevascas) causam o maior número de mortes no mundo. Entretanto, diversas citações na literatura indicam que os prejuízos econômicos de maior monta são causados por desastres de origem geológica (terremotos, vulcanismos, tsunamis).

**Tabela 1** – Mortes de pessoas decorrentes de diversos tipos de desastres no mundo, no período de 1947 a 1980.

Tipo de desastre	Numero de mortes (em milhões)
Ciclones tropicais, furacões, tufões	499
Terremotos	450
Inundações	194
Tempestades elétricas e tornados	29
Nevascas	10
Ondas de calor	7
Avalanches	5
Deslizamentos	5
Tsunamis	5

Fonte: Shah (1983).

Muitas vezes não se distingue claramente os desastres naturais daqueles de origem antrópica, visto que o processo pode ser iniciado por um tipo que, por sua vez, potencializa o outro. Como exemplo, podem ser citados os terremotos que, destruindo a infraestrutura de uma cidade, provocariam incêndios, aumentando sobremaneira os danos físicos e

econômicos, as inundações que podem causar surtos de leptospirose, além dos impactos econômicos nas comunidades atingidas. Esse tipo de desastre tem sido referido na literatura como sinérgico. Em outras palavras, os desastres sinérgicos seriam a interação entre um desastre natural e um antrópico.

Foram apresentados até aqui os conceitos de fenômenos, distúrbios e desastres naturais, assim como os de desastres antrópicos e sinérgicos. Do grupo dos desastres antrópicos emergem as categorias descritas como emergências e acidentes ambientais. Esses conceitos variam na literatura corrente de acordo com o enfoque metodológico dado pelas diferentes disciplinas que abordam, descrevem e planejam as ações de gerenciamento de desastres e as suas consequências.

Por exemplo, no aspecto puramente legal, uma situação de emergência é o reconhecimento pelo poder público de uma situação anormal, provocada por desastres, causando danos superáveis pela comunidade afetada. Quando os danos não são superáveis pela própria comunidade, denomina-se estado de calamidade pública, que é o reconhecimento pelo poder público de uma situação anormal, provocada por desastres, causando sérios danos à comunidade afetada, inclusive à incolumidade ou à vida de seus integrantes (Defesa Civil, 1999).

Noji (2000), por sua vez, enfocando os desastres sob a ótica da saúde pública ao estabelecer as fases do desastre (ver item "As fases do desastre"), indica que a fase denominada de emergência ambiental inicia-se logo após o impacto da chegada do desastre, quando se inicia também o apoio e a assistência às vítimas. Dessa maneira, nessa concepção metodológica, para se focar a problemática do desastre pode-se considerar como emergência ambiental a fase mais aguda do desastre, em que a necessidade de ajuda é premente.

O que se verifica então é que os conceitos de desastre, emergência e acidente são interligados e suas definições têm interpretações ligeiramente diferentes, com o viés característico presente dentro das várias disciplinas que os abordam. Nardocci (1999), por exemplo, indica que inicialmente o interesse por essa área foi adotado no setor industrial mais pela necessidade de segurança do trabalho e para diminuição dos prêmios de seguros. Na saúde pública o interesse e a necessidade justificam-se pela ocorrência de mortalidade, morbidade e movimentação de populações.

## PERIGO, RISCO E VULNERABILIDADE

Dada a aleatoriedade e a imprevisibilidade dos fenômenos ambientais, não se pode enfocá-los somente de uma maneira determinista, especialmente quando ligados ao saneamento. Faz-se necessário também um enfoque probabilístico; desse fato decorre a importância da área de conhecimento de gerenciamento de riscos.

Yassi et al. (2001) apontam que pelo fato de haver, nos diferentes países e instituições, leis e enfoques diferentes para a regulamentação do gerenciamento de riscos, a terminologia utilizada pode variar nos relatórios de avaliação de risco.

Nesse aspecto, Silveira (2002) argumenta que na verdade existem alguns conceitos de risco, algumas vezes essencialmente diferentes entre si. Pereira (1998) enumera várias definições de risco mostrando que existe muita divergência entre autores ou entidades. Após extensiva apresentação de várias interpretações do conceito de risco, o autor informa que se pode entender, contudo, que as definições dadas para riscos concordam com a existência de dano potencial (em qualquer de suas formas), da probabilidade e da frequência da ocorrência dos acidentes. Os termos “probabilidade” e “frequência” inserem nas definições existentes o conceito estatístico e de quantificação do risco.

Em certas definições na literatura corrente, a associação do risco com o perigo e a perda é muito frequente. Nesses casos, o risco pode ser definido predominantemente de forma probabilística, e o perigo refere-se aos atributos de um evento que pode levar a uma situação, ou situações, em que ocorrem danos.

Nardocci (1999) expõe que “o conceito de perigo é exclusivamente qualitativo e não apresenta variações significativas no seu conteúdo, estando sempre relacionado a alguma propriedade inerentemente perigosa”.

Já um risco ambiental é uma medida da probabilidade. Pressupõe que um indivíduo, ou uma população, tem de sofrer algum tipo de problema de ordem ambiental. Molak (apud Silveira, 2002) argumenta que, a partir do desenvolvimento do cálculo das probabilidades, teria evoluído a moderna análise de riscos, “campo de conhecimento que visa avaliar e derivar probabilidades de ocorrência de um efeito adverso de um agente (químico, físico ou outro), de um processo industrial, de uma tecnologia ou da própria natureza”.

Segundo Silveira (2002), uma análise de risco à saúde se desenvolve em quatro etapas:

- Identificação dos riscos.
- Avaliação da toxicidade.
- Avaliação da exposição.
- Caracterização dos riscos.

O que se pretende então é que os riscos de desastres podem ser descritos como um perigo com probabilidade de aumentar a ocorrência de fenômenos produzidos, em um determinado tempo e espaço, sujeitos às diferentes formas de vulnerabilidade e exposição do setor afetado.

Esses perigos causam impacto sobre os sistemas socioeconômicos dos seres humanos. O grau de suscetibilidade a esses impactos é definido como a vulnerabilidade que esse sistema tem em relação a determinado desastre. O nível de preparo comunitário para os desastres, o estado dos assentamentos humanos e da infraestrutura determinam, em grande parte, o grau de vulnerabilidade para a redução de riscos à sociedade. Faz-se necessária, portanto, uma análise da prévia vulnerabilidade humana, visando a preparação, atuação e mitigação frente aos desastres.

Smith (1996) argumenta que o conceito de vulnerabilidade implica “uma medida de risco combinada com o nível de habilidade social e ecológica para lidar com o resultado do evento”. Timmerman (apud Smith 1996) define vulnerabilidade, na escala da comunidade, como “o grau em que um sistema, ou parte de um sistema, reage adversamente à ocorrência de um evento danoso”.

Alguns objetivos podem ser considerados quando se realiza uma análise de vulnerabilidade (Paho, 1998), tais como:

- Identificação e quantificação dos perigos (naturais ou antrópicos).
- Avaliação da suscetibilidade dos sistemas de saneamento ambiental.
- Medidas de mitigação e adaptação que devem ser implementadas, como melhoria das bacias hidrográficas, avaliação das estruturas e fundações (redução da vulnerabilidade do sistema), manutenção da rede de saneamento básico etc.

- Identificação das medidas e dos procedimentos para o desenvolvimento de um plano de emergência, incluindo aspectos de sistemas de monitoramento e alertas de desastres.
- Avaliação da eficácia dos planos de emergência, mitigação e implementação das atividades de treinamento.

Discutidos os conceitos de perigo e vulnerabilidade, o risco pode, então, ser entendido como a probabilidade de um perigo ambiental impactar sobre um sistema socioeconômico com determinado grau de vulnerabilidade (Paho, 2000). Dessa maneira, sendo a exposição um fator dentro da vulnerabilidade, uma equação possível para risco de desastre pode ser definida como:

$$\text{Risco} = \text{Perigo} \times \text{Vulnerabilidade} \quad \text{Equação 1}$$

No caso de os desastres naturais não serem considerados durante a vida útil de projetos e obras, a vulnerabilidade dos sistemas aumenta muito. Entretanto, a vulnerabilidade de um sistema socioeconômico pode e deve ser avaliada quando o planejamento para o manejo dos desastres é desenvolvido.

A análise de vulnerabilidade é a base para o estabelecimento de qualquer plano de emergência ambiental. Ela é importante para:

- Estabelecimento das medidas de mitigação nos componentes do sistema de águas urbanas (abastecimento de água, esgotamento sanitário, resíduos sólidos e drenagem urbana, integrados).
- Organização e preparação permanente para possíveis riscos de desastres, incorporados como políticas, planos e projetos locais.
- Avaliação das situações durante emergências.

A análise de vulnerabilidade pode ser utilizada para a simulação de desastres naturais e artificiais, o que permite estabelecer planos de emergência que contemplem a melhor alocação de recursos físicos e humanos para atendimento durante e após o desastre.

A primeira e maior dificuldade com a qual se defronta quando se inicia um processo de avaliação da vulnerabilidade de um sistema é a disponibilidade de informação que pode ser coletada.

Segundo Noji (2000), essa informação compreende a distribuição geográfica da população; a localização dos prédios públicos e privados com número significativo de pessoas (hospitais, escolas, fábricas); as plantas de todas as redes de infraestrutura (água, esgotos, energia, gás, telefone); e a correlação entre a distribuição geográfica da população e a distribuição dos perigos potenciais (fábricas, aeroportos, sistemas geradores de energia). Portanto, são vários os fatores que podem determinar a vulnerabilidade de certa região a determinados tipos de desastres (ou perigos). O Quadro 1 ilustra alguns exemplos de desastres e os fatores que implicam maior ou menor vulnerabilidade.

**Quadro 1** – Desastres e fatores de vulnerabilidade.

Desastre	Fator de vulnerabilidade
Deslizamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desmatamento intenso</li> <li>• Erosão do solo</li> <li>• Habitação em local não apropriado</li> <li>• Estradas e linhas de comunicação em áreas montanhosas</li> <li>• Construções com fundações inadequadas</li> <li>• Tubulações enterradas</li> <li>• Falta de conhecimento científico e tecnológico sobre o fenômeno</li> <li>• Falta de sistemas de monitoramento e alerta</li> <li>• Inexistência de corpo de proteção civil local</li> </ul>
Enchentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de mapeamento de cheias e de planos diretores</li> <li>• Habitações localizadas em áreas sujeitas a enchentes</li> <li>• Habitações e fundações não dimensionadas para resistir a alagamentos</li> <li>• Falta de sistemas de alerta e de treinamento e educação ambiental</li> <li>• Solo com pouca capacidade de infiltração (erosão, impermeabilização urbana)</li> </ul>
Queimadas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Percentual de umidade abaixo de limiar crítico</li> <li>• Amplitude térmica elevada</li> <li>• Distribuição dos combustíveis na área</li> <li>• Secas meteorológicas, hidrológicas e agronômicas</li> <li>• Falta de sistemas de aviso e de monitoramento integrado</li> <li>• Proximidade de núcleos urbanos e assentamentos humanos</li> </ul>

Fonte: adaptado de WHO (2001).

Neste item foi exposta uma pequena parte da extensa discussão na literatura sobre os conceitos de desastres naturais, antrópicos e sinérgicos, sobre emergência e acidente, bem como sobre risco, perigo e vulnerabilidade. Esses conceitos têm interfaces explicativas teóricas e práticas consideráveis, não havendo unanimidade e consenso entre os autores. Entretanto, o enfoque dado pela área da saúde pública e da saúde ambiental é na forte preocupação social, em contraposição àquele dado pela área dos acidentes industriais, focado na segurança, na redução de custos e, só mais recentemente, pressionado por vários fatores, nas preocupações ambientais.

## **A SAÚDE PÚBLICA**

Os efeitos mais imediatos dos desastres são um conjunto de transtornos econômicos causados principalmente pela interrupção, mesmo que parcial, das atividades produtivas. Os colapsos de infraestruturas, como estradas, comunicações, serviços de saneamento e fontes de energia são fatores que podem causar ruptura da coesão social. Pessoas podem perder suas moradias; podem haver atos de violência e vandalismo, além de grandes movimentações de populações atingidas.

Quando se procura averiguar os efeitos dos desastres sobre a saúde humana, há de se considerar que as diversas regiões onde eles ocorrem têm condições socioeconômicas diferentes, assim como padrões epidemiológicos completamente distintos.

Esses padrões podem ser interpretados por meio da epidemiologia descritiva, sendo definidos como as doenças que ocorrem em determinada região; as hipóteses de significância biológica que podem ser consideradas; as populações em risco; assim como o estabelecimento do grau desse risco e o monitoramento dessas populações (Yassi et al., 2001).

Uma das grandes preocupações, na ótica da saúde pública, em relação aos efeitos dos desastres, é que esses podem causar mortes, lesões ou enfermidades que ultrapassem a capacidade do setor de saúde em atender a todos, na área de sua influência. Além disso, toda a infraestrutura física dos serviços de saúde pode ser atingida, prejudicando ou tornando-os inoperantes (Noji, 2000).

Em relação às epidemias, considera-se que elas ocorram raramente após um desastre, e quando ocorrem estão mais diretamente associadas ao movimento de populações e às consequentes más condições sanitárias de

alojamento. Pode haver um incremento nos tipos e na quantidade de vetores transmissores de doenças, principalmente em locais onde eles são endêmicos, pelas modificações nas condições ambientais e também pela alteração nos serviços de saneamento ambiental (Paho, 2000).

A movimentação de populações em decorrência dos desastres tem um significado especial, pois os serviços de saúde precisam atender a uma situação totalmente nova, desde que não haja um plano específico predeterminedo, e não corresponder às necessidades. No mesmo plano sofrem influência todos os serviços de saneamento ambiental.

Os sintomas psicológicos em reação aos desastres variam um pouco entre crianças e adultos. As crianças tendem a reagir melhor e procuram ser cooperativas. Os adultos têm uma estrutura psicológica mais estável durante o evento do desastre, talvez até pela intensa atividade de cooperação necessária. Entretanto, os problemas podem aparecer depois do desastre, tais como pesadelos, insônia, sensação de desesperança. Pessoas que exercem funções nos serviços de atendimento para desastres estão expostas a forte pressão psicológica e emocional e podem precisar de acompanhamento clínico (Yassi et al., 2001).

Os efeitos apresentados são os que geram maior interesse de estudo por parte da saúde pública, visto a sua influência direta na saúde das populações atingidas.

## **O desastre socioambiental**

O processo de estudo, modelagem e entendimento dos desastres não é trivial, e sim de difícil determinação científica. As atividades humanas formam um tecido social que se descortina sobre a paisagem natural, desenvolvendo uma multiplicidade de relações de causa e efeito, dentro de variadas escalas temporais e espaciais. Essas relações podem aumentar o grau de aleatoriedade e, consequentemente, de imprevisibilidade dos desastres.

Vários fatores que implicam aumento de risco associado aos desastres podem ser listados. Além das características culturais das sociedades humanas existem também fatores de ordem social que potencializam os riscos e aumentam a vulnerabilidade das populações, ou seja, a sua suscetibilidade aos perigos naturais e antrópicos.

O crescimento da urbanização das últimas décadas tem um efeito potencializador sobre os desastres. Os indivíduos migram para os grandes

centros, entre outras razões, à procura de melhoria salarial e atraídos pela possibilidade de utilização dos serviços públicos que a cidade supostamente dispõe e poderia lhes propiciar. Isso ocorre principalmente nos países em desenvolvimento. O que se verifica, então, é que as cidades não conseguem prover os serviços públicos necessários para toda essa massa de migrantes recém-chegada (WRI, 1997).

O resultado são populações marginalizadas, desprovidas de habitação adequada, de alimentação saudável, de serviços de saúde, sem acesso a educação e a transporte seguro e barato, carentes de segurança e lazer, e com saneamento precário. Esses indivíduos são mais vulneráveis, sob todos os aspectos, aos desastres naturais e artificiais, seja em suas ruas, no seu bairro, na sua cidade ou na sua região.

A condição social do indivíduo estabelece uma maior vulnerabilidade às ameaças ambientais e, conseqüentemente, o expõe a um risco maior. Essa condição associada ao fator habitação geralmente promove uma ocupação e um parcelamento do solo em áreas não apropriadas sob o aspecto da saúde e da segurança ambiental, tais como áreas alagadiças e insalubres, encostas de morros com declividade acentuada e sem cobertura vegetal e proximidade a polos industriais. Adicione a isso a alta densidade populacional desses bairros, e também as condições péssimas de saneamento básico e os indicadores sociais negativos (baixa escolaridade, violência, mortalidade infantil).

Noji (2000) mostra que um mesmo tipo de desastre apresenta a relação de uma pessoa atingida nos países desenvolvidos para seis nos países em desenvolvimento. Isso ilustra claramente a importância das condições socioeconômicas e culturais na fenomenologia dos desastres.

Por outro lado, a violência urbana, nesses casos, pode ser considerada em parte um efeito do desastre antrópico, de origem socioeconômica, causado principalmente pela marginalidade e desigualdade social. Esse tem sido um processo mundial, atingindo tanto os países desenvolvidos como aqueles em desenvolvimento.

Os efeitos dos desastres têm sido cada vez maiores, tanto em número de vítimas como em termos econômicos (Noji, 2000). A constante evolução da cultura humana para uma forma de viver mais sofisticada, em termos tecnológicos e culturais, pode ser um dos fatores de aumento da vulnerabilidade das populações aos desastres; em especial as populações mais pobres, que são mais expostas a riscos, como várzeas dos rios, encostas com declividade acentuada, áreas costeiras sensíveis e locais com falhas geológicas.

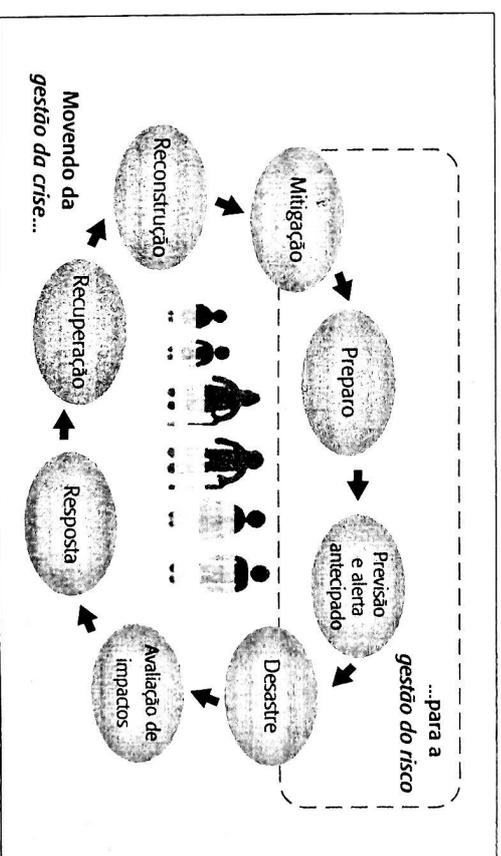
O dogma internacional da necessidade de crescimento econômico para os países em desenvolvimento tem prejudicado sobremaneira as políticas de planejamento e controle ambiental dessas nações.

Talvez o entendimento do fenômeno dos desastres seja o maior exemplo da complexidade e dos paradoxos existentes nas inter-relações dos seres humanos com o meio ambiente. A natureza dos desastres interage com o estilo de desenvolvimento promovido, deliberado ou não, pela cultura humana.

## As fases do desastre

A fenomenologia dos desastres, seus efeitos, as medidas preventivas, o socorro emergencial e as intervenções recuperativas estabelecem três fases de ocorrência. A Figura 1 apresenta aspectos que diferenciam e integram aspectos de gestão de riscos e gestão de crises e desastres.

**Figura 1** – Comparativo e integração entre a gestão de crises e desastres e a gestão de riscos.



Fonte: adaptada de Wilhite et al. (2000).

Na literatura encontram-se várias denominações para as diversas fases do desastre, mas o importante é o entendimento de que elas são divididas

de acordó com os acontecimentos. De uma maneira simples pode-se entender o ciclo do desastre como o antes, o durante e o depois. Essas fases promovem, respectivamente, o estabelecimento de atividades de prevenção, mitigação, resposta, reabilitação ou reconstrução.

A Defesa Civil do Estado de São Paulo (PPDC, 2000) estabelece quatro fases: a preventiva, o socorro, a assistencial e a recuperativa. Já a Organização Panamericana da Saúde (Paho, 2000) considera três aspectos fundamentais do gerenciamento dos desastres em um processo que seria denominado ciclo do desastre: a preparação, a resposta e a mitigação.

Noji (2000), por sua vez, divide em fase pré-desastre, o desastre propriamente dito (podendo estabelecer-se uma fase inicial de impacto, depois a emergência), e a fase pós-desastre, com as suas características de reabilitação e reconstrução. É importante salientar que a duração dessas fases é proporcional ao tipo de desastre e à sua correspondente magnitude. A comparação entre uma enchente ocasionada por uma chuva torrencial e uma seca crônica ilustra bem a escala temporal da emergência ambiental e consequentemente todo o aspecto de planejamento pré e pós-desastre.

Historicamente, o tipo de enfoque dado aos desastres foi sempre uma resposta ao já acontecido, não se planejava para antecipar e mitigar, e o atendimento durante o desastre era feito com uma preparação quase incipiente.

A experiência tem permitido que haja um entendimento razoável dos desastres hoje em dia. A natureza e a causa dos desastres, assim como as populações em risco, são mais bem estudadas e conhecidas, fazendo com que alguns efeitos sobre a saúde das populações possam ser minimizados. Esse entendimento sobre as mortes e lesões das populações afetadas é o ponto de partida para o estudo e o conhecimento das causas e dos efeitos dos desastres.

A preparação para o desastre é uma atividade multissetorial e extremamente dinâmica. São formados sistemas nacionais que desenvolvem planos e programas para o manejo do desastre como um todo (prevenção, mitigação, resposta, reabilitação e reconstrução). Esses sistemas nacionais serão apresentados mais adiante.

### ***Fase anterior ao desastre***

O que se busca na primeira fase é uma redução de risco por meio de ações de planejamento que visam prevenir e mitigar as causas e os efeitos das ameaças. Essa fase de preparação inclui o desenvolvimento de siste-

mas, os procedimentos e os recursos para o atendimento das populações atingidas.

A prevenção é um conjunto de ações que busca evitar a ocorrência de um desastre natural ou humano (diques, canalização, conservação do solo).

A mitigação são as ações destinadas a diminuir os efeitos potenciais de um evento, normalmente por meio da redução da vulnerabilidade do meio (sistemas de alerta, treinamento, divulgação de informação, intervenções nos assentamentos humanos).

Muito da destruição causada pelos desastres pode ser minimizada se prevenção e mitigação suficientes forem efetivadas por meio de medidas estruturais e não estruturais. As primeiras são medidas que buscam minimizar ou eliminar as causas, como por exemplo a execução de obras para contenção de enchentes. Já as medidas não estruturais estão associadas ao gerenciamento e aos comportamentos, em vez de serem voltadas para a infraestrutura física.

Por exemplo, a simples observância de códigos de postura, de normas de parcelamento e uso do solo, de códigos florestais, que consideram a mitigação dos efeitos dos desastres, poderia reduzir muito as consequências dos desastres sobre as populações. Também se enquadraram como mitigação a preparação para emergências e desastres; a aplicação de programas de desenvolvimento institucional de recursos humanos, de caráter científico e tecnológico; mudança cultural; motivação e articulação empresarial; monitoração-alerta e alarme; planejamento operacional; mobilização e aparelhamento; e apoio logístico.

Países industrializados têm conseguido prevenir e mitigar os desastres porque possuem capacidade de prognosticar, além de fiscalizar os códigos de construção mais severamente. Também têm sistemas de alerta mais eficientes, serviços médicos de emergência mais efetivos e planos de ação de emergência ambiental delineados.

Dessa forma, as medidas de prevenção e mitigação devem ser a primeira estratégia das autoridades, além dos programas de treinamento e educação da comunidade.

Como em quase todo processo que envolve a questão ambiental, a coleta de dados, por meio de inventários direcionados à elaboração de diagnósticos, é necessariamente o primeiro passo para a elaboração de um planejamento. Os exemplos de dados a serem coletados e atividades a serem desenvolvidas incluem:

- Levantamento de mapas sobre os locais específicos dos desastres potenciais associados aos riscos gerados.
- Condução da análise de vulnerabilidade.
- Estabelecimento da relação de recursos físicos e humanos disponíveis que possam ser requisitados durante a ocorrência do desastre.
- Planejamento das medidas de prevenção e mitigação.
- Educação e treinamento do pessoal da saúde e da comunidade.

É importante ressaltar que nessa fase se discute e se elaboram as medidas de prevenção dos desastres. Existe uma clara analogia entre a fase pré-desastre e a medicina preventiva. A mitigação que se pode efetuar envolve as ações tomadas para a redução dos efeitos dos desastres.

No aspecto específico do planejamento para a saúde, deve ser desenvolvido um sistema gerencial, com as responsabilidades de coordenação e os planos de contingência para comunicação definidos. As relações com as outras pessoas da Defesa Civil (ver o item "Sistema de Emergência Ambiental") são especificadas nessa fase. As informações sobre as populações e a localização dos serviços e da infraestrutura de saúde devem estar disponíveis para esse pessoal. Com base na frequência histórica e no tipo de desastre incidente, é possível desenvolver uma estimativa das necessidades de ajuda e das equipes que atuarão durante a situação de emergência.

Do planejamento na fase pré-desastre emerge o Plano de Ação de Emergência (PAE) (ver o item "Plano de Ação de Emergência"), assim como no planejamento urbano resulta o Plano Diretor. O PAE deve ser testado nessa fase, antes do seu acionamento real, para que se verifique a sua eficiência por meio de simulações das várias ações previstas (Philippi Jr, 1988).

Resumindo, o que se deve fazer nessa fase, principalmente em termos de saúde pública, é estabelecer quais são as necessidades reais das populações atingidas, quais são os recursos necessários e os disponíveis e avaliar a eficácia dos programas, visando melhorar o planejamento como um todo.

### ***Fase durante o desastre***

Um desastre pode durar alguns segundos (terremotos), algumas horas ou dias (enchentes) ou até mesmo vários anos (secas). As condições para a aplicação das ações previstas no PAE decorrem portanto do tipo de escala

temporal que se está enfrentando. O planejamento para o momento crítico das ações iniciais da emergência deve considerar a duração e o impacto inicial do desastre. Dessa maneira, os sistemas de alerta têm sensibilidade diferente de acordo com essas características.

As ações iniciais devem ser rápidas e efetivas (especialmente nos desastres agudos) e envolvem principalmente operações de busca e resgate; assistência médica de emergência; restauração dos serviços de infraestrutura (comunicação, energia, transporte); e evacuação de áreas, especialmente as vulneráveis.

Diferente da fase antes do desastre, quando o PAE pode ser testado por meio da simulação, na fase durante o desastre pode-se avaliar a sua capacidade efetiva de redução da morbidade e mortalidade relacionadas a ele. A existência do PAE aumenta sobremaneira a confiança e autoestima da comunidade perante o desastre (Philippi Jr, 1988).

Imediatamente deve ser feita uma avaliação dos danos causados por meio da identificação das necessidades e do estabelecimento das prioridades para socorro às populações afetadas. Essa avaliação deve fornecer informação precisa aos coordenadores, para que eles possam mobilizar todos os recursos físicos, humanos e financeiros da maneira mais eficiente possível pelo PAE. A ação e a mobilização rápidas podem ter resultados extremamente significativos na redução dos efeitos dos desastres sobre as populações humanas e, dependendo do caso, até sobre o meio ambiente.

### ***Fase posterior ao desastre***

Na fase de reconstrução busca-se voltar às condições normais dos serviços, assim como reparar a infraestrutura de saúde. Nessa fase, a eficácia do PAE é reavaliada, o que pode resultar em modificações para melhorar a eficiência.

Ações mais efetivas de prevenção da morbidade e da mortalidade são inseridas no plano. Por exemplo, o aumento da taxa de mortalidade em relação ao mesmo tipo de desastre ocorrido anteriormente pode determinar, desde que não tenham sido causadas por fatores não controláveis, que certas fases do plano não estão sendo efetivas (comunicação, recursos emergenciais).

Nesse ponto, a vigilância em saúde pública, utilizando a amostragem sistemática de dados epidemiológicos e a análise e interpretação dos dados sobre os eventos específicos de saúde, tem extrema importância para o

monitoramento das condições de saúde da população, servindo também para retroalimentar o PAE, de maneira que o próximo desastre seja encarado com dados mais realistas e informações mais precisas.

## Plano de Ação de Emergência

O objetivo maior dentro do planejamento para os desastres é a preparação de um PAE. De fato ele decorre como consequência da efetivação desse planejamento e deve conter principalmente os seguintes elementos:

- Estar dirigido para uma ameaça específica ou às mais frequentes.
- Estar relacionado a um plano nacional de defesa civil.
- Avaliar o risco que um país ou determinada região (área geográfica específica) tem em relação a determinados desastres, definindo cenários possíveis para avaliação das decisões que devem ser tomadas em função dos recursos disponíveis.
- Listar os eventos possíveis de ocorrer e quais as necessidades da área da saúde para enfrentá-los.
- Organizar as coordenadorias centrais, regionais e locais, com as funções e responsabilidades definidas, determinando as responsabilidades para cada ação necessária.
- Adotar padrões e regulamentos.
- Desenvolver sistemas de alarme e de evacuação de populações atingidas.
- Adotar medidas para assegurar que recursos financeiros e materiais estejam disponíveis e possam ser mobilizados em situação de desastres.
- Desenvolver programas de educação ambiental e em saúde.
- Coordenar comunicação com a mídia.
- Organizar exercícios de simulação de desastres que testem os mecanismos de resposta.
- Desenvolver aplicativos em um sistema de informação geográfica (SIG) com informações demográficas, epidemiológicas, mapas topográficos e temáticos, bem como localização dos serviços de saúde e saneamento na área afetada.

## Sistema de Emergência Ambiental

As comunidades e os cidadãos estão sempre à mercê de riscos oriundos de situações de calamidade pública, decorrentes de ações antrópicas sobre o meio ou de eventos naturais.

Para que os efeitos das calamidades sejam minimizados, há de existir coordenação das ações de emergência, distribuição de tarefas e estabelecimento de parcerias entre os diversos setores sociais, públicos e/ou privados, ações de centralização de informações e também a descentralização das ações preventivas, de socorro, de recuperação e assistenciais.

Desse modo, uma ferramenta que vise à pronta resposta, no atendimento satisfatório das necessidades específicas de cada ocorrência, pode ser determinado como um instrumento que garante a segurança da população diante daqueles eventos. A Defesa Civil pode ser traduzida como esse instrumento, uma vez que tem como função difundir e apoiar ações de prevenção, de socorro, de mediação e de assistência que se destinem a evitar e/ou minimizar as condições adversas provenientes da ocorrência de situações emergenciais.

O objetivo é exatamente o de tomar medidas que diminuam o risco potencial na ocorrência de eventos emergenciais, no sentido de preservação do bem-estar social e, se for o caso, no sentido de reposição do *status quo* anterior, numa situação em que haja prejuízos materiais, danos ambientais, agravos à vida humana etc.

Por conta da natureza da atribuição e porque se refere a uma ação conjunta de autodefesa da própria comunidade, a Defesa Civil é atribuição precípua de Estado, pelo menos no que se refere à coordenação. Entretanto, sem esforço conjunto entre os órgãos municipais, estaduais e federais, bem como dos atores sociais, não há possibilidade de eficiência na elaboração, implementação e execução de planos, programas e projetos de Defesa Civil, tampouco da necessária pronta resposta na ocorrência de situações de emergência.

O dever do Estado em garantir a vida e a incolumidade dos cidadãos é constitucional, e tal se dá desde a primeira das constituições brasileiras, a de 1824, cujo art. 179 determinava: "A Constituição também garante os socorros públicos". A norma teve previsão por conta da seca crônica sofrida pela região Nordeste, que avultava a necessidade de ações emergenciais e de planejamento para que as consequências fossem minimizadas,

dada a enorme importância econômica da região para o país, àquela época.

Ficou, dessa maneira, estabelecido constitucionalmente que a garantia assistencial em situações de emergência, tenham elas origem natural ou tecnológica, em todo o território nacional, é da União.

## **O CONTEXTO HISTÓRICO E INSTITUCIONAL DE RISCOS DE DESASTRES**

Nos séculos XX e XXI, há vários momentos significativamente históricos que caracterizam as gerações de ações para redução de riscos de desastres. Esses marcos podem ser vistos como gerações, que se dividem em três: entre 1940 e 2010 (1ª geração), entre 2011 e 2014 (2ª geração) e de 2015 a 2030 (3ª geração).

### **Marco histórico de 1ª geração (1940-2010)**

Esta primeira geração de ações se caracterizou por iniciativas de governo como forma de “combater” as emergências aumentadas principalmente pela crescente urbanização e falta de saneamento suficiente nas metrópoles brasileiras após a crise financeira global de 1929 e no período entre a Primeira e Segunda Guerra mundiais. Exemplos a seguir mostram aspectos desses marcos.

Em 1942 foi promulgado o Decreto-lei n. 4.624, de 26 de agosto, dando conta da criação do Serviço de Defesa Passiva Antiaérea, que ficava sob a supervisão do Ministério da Aeronáutica. A criação do órgão ameaçava as aspirações de defesa do território nacional, à época em que o mundo vislumbrava um conflito mundial de grandes proporções, a Segunda Guerra Mundial, com vistas à proteção da população e do território nacional de ataques inimigos. Em 1943, passa a ser Serviço de Defesa Civil, não mais subordinado ao Ministério da Aeronáutica, mas ao Ministério da Justiça e Negócios Interiores, tendo sido extinto em 1946.

A partir desse momento, apesar da inexistência institucional de um órgão governamental permanente de Defesa Civil, as respectivas medidas, ações e coordenação, de cunho governamental, no atendimento e socorro

das populações afetadas por calamidades ou situações de emergência, continuaram a ser elaboradas e implementadas, bem como notadamente havia situações que requeriam planos de ações abrangentes e com respostas imediatas, sendo contemplados por diversas instituições.

O governo federal passou a assumir uma responsabilidade institucional constante no sentido de minimizar ou remediar os efeitos deletérios que se substanciavam quando ocorriam os eventos emergenciais.

Então, com ações emergenciais e preventivas do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas, a partir de 1945, foram tomadas várias medidas voltadas à promoção da Defesa Civil. Em 1969 foi instituído o Fundo Especial para Calamidades Públicas (Funcap) (Brasil, 1969); e em 1988, o Sistema Nacional de Defesa Civil (Sindic) (Brasil, 1988). Os objetivos do então Sindec foram especificados em 1993, por decreto (Brasil, 1993). Em 1994, também por decreto, foram definidas a utilização e aplicações dos recursos do Funcap (Brasil, 1994). O conjunto dessas ações originou a criação da chamada Defesa Civil, redundando na aprovação da estrutura regimental do Ministério do Planejamento e Orçamento (Decreto n. 1.792, de 15 de janeiro de 1996) e na criação do Departamento de Defesa Civil (Dedec), bem como na criação do Ministério da Integração Nacional, na reforma ministerial de 1999, sendo determinado, então, que a Secretaria de Defesa Civil (Sedec) ficaria subordinada a esse ministério.

Os conceitos de situação de emergência e estado de calamidade pública são atualizados pelo Decreto n. 7.257/2010 (Brasil, 2010a). A transferência de recursos da União para os entes federativos e a elaboração de Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil, entre outros itens, foram estabelecidas pela Lei n. 12.341/2010, alterada posteriormente pelas Leis ns. 12.608/2012 e 12.983/2014 (Brasil, 2010b).

Deve-se ressaltar que a Defesa Civil tem atuação multissetorial, obrigatoriamente executada pelos três níveis de governo (federal, estadual e municipal), com participação da comunidade.

Diante de tudo o que foi apresentado, tem-se que a Defesa Civil, no país, organiza-se sob a forma de sistema, composto por vários órgãos, e criado com o objetivo de atender às exigências contidas no art. 21, XVIII, da Constituição de 1988: “planejar e promover a defesa permanente contra as calamidades públicas, especialmente as secas e as inundações”.

## Marco histórico de 2ª geração (2011-2015)

O Brasil se reorganiza em um novo marco interinstitucional após a ocorrência do megadesastre na região serrana do Rio de Janeiro em 2011, com mais de 1.000 mortos e desaparecidos, por chuvas excepcionais que impactaram em excepcionais deslizamentos, movimentos de massas e enchentes urbanas localizadas. Em 2012 é sancionada a Lei federal n. 12.608, que institui o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil e incorpora uma ação coordenada entre União, estados e municípios para a redução de riscos de desastres. Procedimentos e critérios para decretar situação de emergência e estado de calamidade pública, com base na codificação de desastres da Organização das Nações Unidas (ONU), foram indicadas pela Instrução Normativa n. 1, em 2012 (Brasil, 2012a).

A Lei n. 12.608/2012 estabelece as diretrizes da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), englobando ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação, e define o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (Simpdec), orientado para planejamento, articulação, coordenação e execução de planos, programas, projetos e ações de proteção e defesa civil (Brasil, 2012b).

O Simpdec integra órgãos e entidades públicas e privadas para atuarem em interação com a comunidade, em todo o território nacional, composto pela seguinte estrutura:

- Órgão superior: Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil (Compdec). Constituído por representantes dos ministérios e de órgãos da administração pública federal, designados pelo Ministro de Estado da Integração Nacional. Ao Compdec compete, entre outras atribuições, aprovar as diretrizes de ação governamental de proteção e Defesa Civil e de deliberar sobre as ações de cooperação internacional de interesse do Simpdec. Ao Ministério da Integração Nacional, representado pelo titular da Secretaria Nacional de Defesa Civil (Sedec), cabe a presidência do Conselho.
- Órgão central: Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (Sepdec). Compete à Sedec, do Ministério da Integração Nacional, articular e coordenar as ações de Defesa Civil; gerenciar tecnicamente e fiscalizar as ações específicas desenvolvidas; promover a implementação das ações conjuntas dos órgãos integrantes do Simpdec; entre outras atribuições.

- Órgãos regionais: Coordenadorias Regionais de Proteção e Defesa Civil (Corpdec). A vinculação e a localização, por região geográfica, serão estabelecidas em regulamento. Sob a supervisão técnica da Sedec, compete aos órgãos compatibilizar e consolidar os planos e os programas estaduais, além de coordenar as de proteção e Defesa Civil para o planejamento regional, em suas áreas de atuação: regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sul e Sudeste.

- Órgãos estaduais: Coordenadorias Estaduais de Proteção e Defesa Civil (Cepdec), Coordenadoria de Proteção e Defesa Civil do Distrito Federal.

- Órgãos municipais: Comissão Municipal de Proteção e Defesa Civil (Compdec). A implantação é feita pela prefeitura municipal. Cabe ao prefeito determinar a criação de uma Compdec, iniciativa que pode partir das autoridades locais ou dos cidadãos da comunidade, conscientes da necessidade desse órgão para a segurança da população.

- Órgãos setoriais: órgãos e entidades da administração pública federal, dos estados, do Distrito Federal e dos municípios, envolvidos nas ações de proteção e Defesa Civil.

- Órgãos de apoio: instituições públicas e privadas, organizações não governamentais (ONG), clubes de serviços e associações que prestam ajuda aos órgãos do Simpdec, em circunstâncias de desastres, caracterizando a participação da cidadania.

No estado de São Paulo, o Sistema Estadual de Defesa Civil foi criado em 1976 com representantes de órgãos e entidades do estado e dos municípios, por entidades privadas e pela comunidade.

Todos os órgãos do Simpdec têm atribuições, mas a atuação do órgão municipal de Defesa Civil é extremamente importante, tendo em vista que os desastres ocorrem no município. O município deve estar preparado para atender imediatamente à população atingida por qualquer tipo de desastre, reduzindo perdas materiais e humanas. Por isso a importância de cada município criar a sua Compdec.

O sistema, tal qual foi descrito, pressupõe o conceito de interdependência de todos os fatores envolvidos, quer sejam sociais, políticos, econômicos ou ambientais, para conseguir atingir os propósitos de uma efetiva gestão ambiental condizente com as realidades brasileiras.

## Marco histórico de 3ª geração (2015-2030)

Com a declaração internacional do Marco de Sendai para Redução de Riscos de Desastres 2015-2030, uma nova geração de fundamentos, ações e visões são implementadas em escalas nacionais, regionais e internacionais, cujos quatro princípios reúnem (Unisdr, 2015):

1. Compreensão do risco de desastres.
2. Fortalecimento da governança do risco de desastres para gerenciar o risco de desastres.
3. Investimento na redução do risco de desastres para a resiliência.
4. Melhoria na preparação para desastres a fim de providenciar uma resposta eficaz e melhor na recuperação, reabilitação e reconstrução.

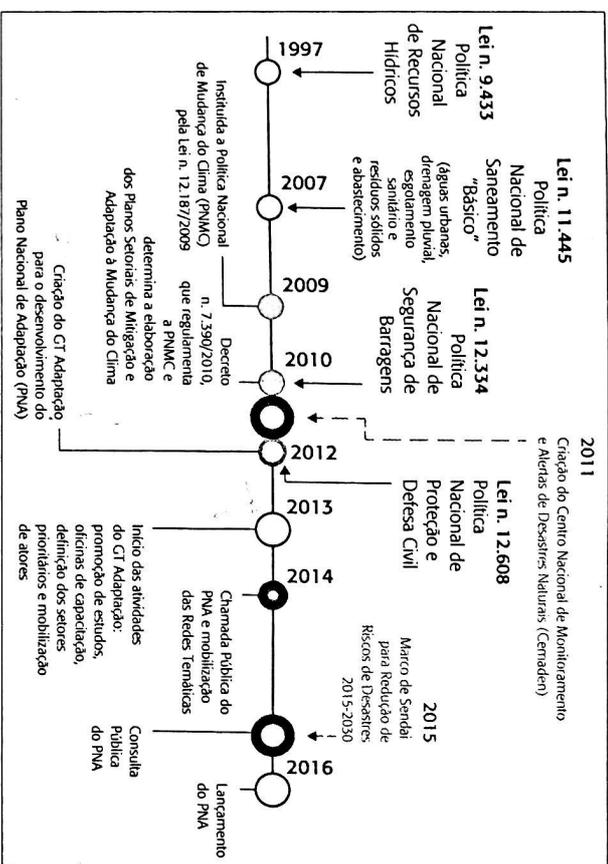
A Figura 2 sintetiza os panoramas histórico e institucional recentes, nos contextos nacional e internacional, que condicionam a evolução dos fundamentos, instrumentos e ações políticas.

Nessa figura, o contexto histórico recente (período 1997-2016) mostra os marcos nacionais e internacionais de estratégias de redução de riscos de desastres. É importante salientar que no período de 1997 a 2012 foram promulgadas quatro leis federais caracterizadas por concepção e enfoque interdisciplinares, em direção à redução de riscos de desastres:

- 1997 – Lei federal n. 9.433, Política Nacional de Recursos Hídricos.
- 2007 – Lei federal n. 11.445, Política Nacional de Saneamento Ambiental.
- 2009 – Lei federal n. 12.187, Política Nacional de Mudança do Clima.
- 2012 – Lei federal n. 12.608, Política Nacional de Proteção Civil.

A título de ilustração, cabe aqui mencionar o Plano Plurianual 2016-2019 do governo federal, que prevê o Programa 2040 – Gestão de Riscos e de Desastres, cujo objetivo é aumentar a capacidade de emitir alertas de desastres naturais por meio do aprimoramento da rede de monitoramento, com atuação integrada entre os órgãos federais, estaduais e municipais.

**Figura 2** – Contexto histórico recente (1997-2016) com marcos nacionais e internacionais de estratégias de redução de riscos de desastres.



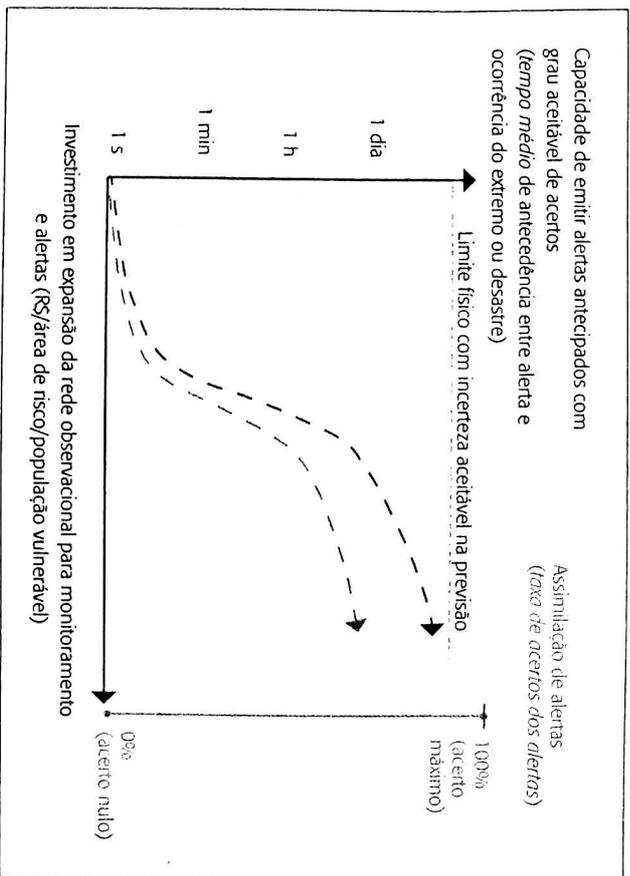
Fonte: adaptada de Ministério do Meio Ambiente (disponível em: <http://www.mma.gov.br/clima/adaptacao/plano-nacional-de-adaptacao>; acesso em: 13 jul. 2017).

Da mesma forma, no que concerne ao escopo do Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), as metas 2016-2019 são:

- Aumentar o tempo de antecedência do alerta de risco muito alto de deslizamentos e enxurradas para no mínimo 2 horas.
- Melhorar de 65 para 80% a taxa de acerto de previsões das condições deflagradoras de desastres.
- Realizar o monitoramento para emissão de alertas de desastres em municípios críticos, a partir de modelagem dinâmica.
- Estabelecer parcerias com 12 centros federais, estaduais e municipais de monitoramento e alerta de desastres naturais.
- Implantar seis novos sistemas de alerta hidrológicos.

A Figura 3 mostra um exemplo que ilustra uma estratégia prática de aumento proporcional de duas variáveis: (1) capacidade tecnológica e científica na emissão de alertas (eixo vertical à esquerda na Figura 3) e (2) taxa de acerto de alertas em relação aos desastres ocorridos (eixo vertical à esquerda). Ambas as variáveis dependem do aumento da rede observacional (eixo horizontal).

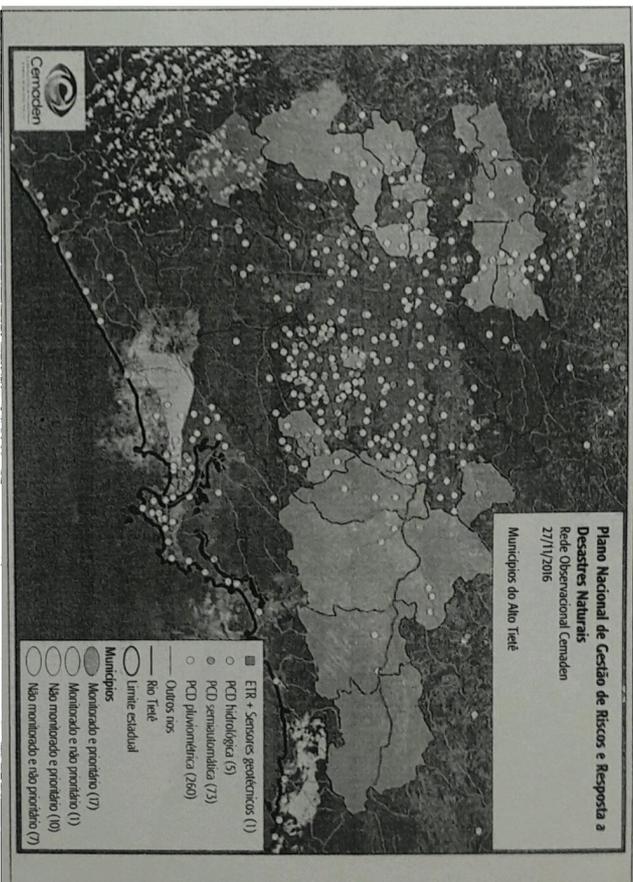
**Figura 3** – Exemplo gráfico dos condicionantes de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações para o monitoramento e alertas de desastres a partir do aumento da rede observacional.



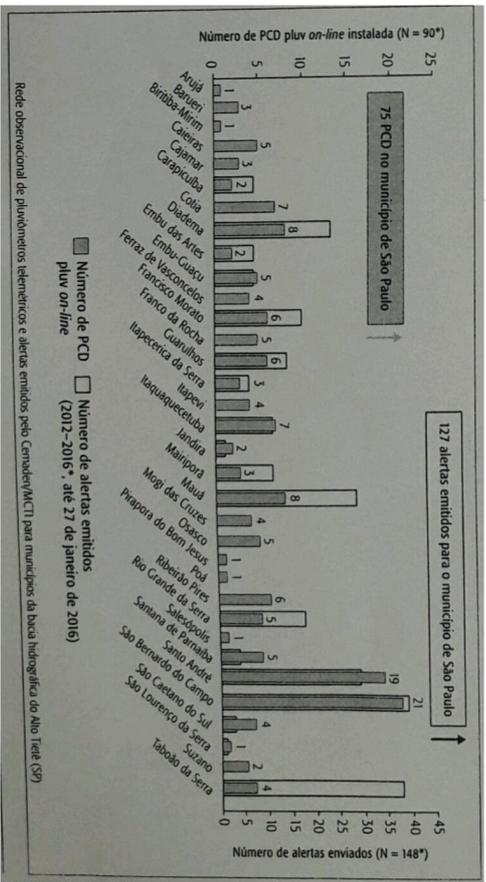
Nota: O gráfico é ilustrativo, sem escalas rígidas, para aplicação a desastres de enxurradas, deslizamentos e enchentes.

Por outro lado, a Figura 4 exemplifica uma rede observacional de monitoramento e alertas de riscos de desastre existentes, e um comparativo entre os números de sensores de monitoramento e de alertas emitidos em municípios da Região Metropolitana de São Paulo. Essa rede de monitoramento e alertas é considerada de última geração em virtude de incorporar os princípios de Sendai, enquanto enfrenta os desafios típicos de operação, manutenção e colaboração dos agentes e órgãos do Sindpec, de

**Figura 4a** – Exemplo de rede observacional de monitoramento e alertas de riscos de desastres.



**Figura 4b** – Comparativo proporcional entre número de sensores de monitoramento (cinza, apresentados no eixo vertical da esquerda por número de pluviômetros automáticos on-line, com colunas de fundo cinza) e número de alertas (coluna de fundo branco) emitidos em municípios da Região Metropolitana de São Paulo.



Fonte: Cemaden (2016).

trabalhar de forma integrada para reduzir os riscos de desastres, isto é, para salvar vidas.

Exemplos específicos ligados ao saneamento ambiental na gestão de riscos de enchentes são tratados na sequência.

## A QUESTÃO DAS ENCHENTES

As enchentes ou inundações são estatisticamente os desastres mais frequentes, respondendo por 33% do total de desastres ocorridos nas décadas de 1980 e 1990 no mundo (Noji, 2000). Furacões, tufões e vendavais corresponderiam a 25% do total de desastres. Entretanto, quando se verifica, em termos de número de mortes e perdas monetárias, os terremotos vêm em primeiro lugar.

As enchentes podem disseminar a leptospirose, a febre tifóide e os hospedeiros de enfermidades potencialmente transmitidas pela água. Provavelmente, essas doenças sejam transmitidas mais pelo ato de beber água contaminada do que por contato da pele com as águas das enchentes, com exceção da leptospirose.

Os primeiros fatores emergenciais durante o desastre das enchentes são o abastecimento de água potável, o manejo adequado das águas residuárias e dos resíduos sólidos e o alojamento das populações atingidas. Somente esses fatores, quando não administrados, já são suficientes para um aumento na ocorrência das enfermidades.

Certamente a oferta de água potável é a primeira resposta do PAE ao desastre, assegurando, às populações, a manutenção da qualidade de vida próxima àquela que dispunham. Esse fato compreende as bases fundamentais da saúde pública no saneamento básico, que é a disponibilização de água potável.

O provimento de água deve prever quantidades adequadas para beber, higiene pessoal, cozinhar, bem como para a limpeza e higiene das habitações ou abrigos.

Além da quantidade adequada, evitando assim que os indivíduos se utilizem de fontes inseguras de água, a qualidade dessa água deve ser boa para evitar a disseminação de doenças (WHO, 2003). Todos esses fatos devem estar previstos no PAE, e as fontes de água mapeadas e avaliadas quanto à sua potabilidade também, pois essa disponibilidade de água potável é parte integral da resposta à emergência.

As pessoas devem receber de 15 a 20 L de água potável por dia em condições normais. Para a sobrevivência, esse número deve ser em torno de 3 a 5 L por pessoa por dia.

A questão primordial para o fornecimento de água durante uma emergência é a origem dessa fonte. As águas superficiais estão mais facilmente disponíveis, mas também estão mais sujeitas à contaminação por excretas, agentes químicos e outros despejos. As subterrâneas, quando disponíveis, provavelmente terão uma qualidade microbiológica melhor.

Uma água livre de contaminação microbiológica e toxicológica, em níveis que não alterem a saúde humana, é considerada potável. Em condições normais, as características da água que devem ser observadas são o conteúdo microbiano, a turbidez, o pH, a presença de substâncias químicas indesejáveis e a cor. Entretanto, durante uma situação de emergência, as análises podem limitar-se aos coliformes fecais e à posterior desinfecção da água, de acordo com os índices de contaminação.

Em situações extremas, uma simples fervura da água (durante pelo menos um minuto para cada 1.000 m acima do nível do mar) pode assegurar a sua potabilidade. Somente essa atitude pode inativar as principais bactérias patogênicas (*V. cholerae*, *Yersinia enterocolitica*, *E. coli*, *Salmonella*, *Shigella sonnei*, *Campylobacter jejuni*) e alguns protozoários (*Cryptosporidium parvum*, *Giardia lamblia* e *Entamoeba histolytica*).

Esse procedimento pode ser limitante em grandes populações e também demanda combustível para a sua efetivação. Uma demanda imediata por grandes quantidades de água pode ser obtida de rios e lagos, requerendo uma forma de tratamento químico para a sua potabilidade. Elas podem ser tratadas com cloro, iodo ou permanganato de potássio. O cloro tem sido utilizado preferencialmente pelo custo mais efetivo, pela disponibilidade e pela facilidade para a sua aplicação e seu monitoramento no campo.

A filtração pode ser necessária para a remoção de amebas, giárdias e esquistossomos (o protozoário *Cryptosporidium parvum* é resistente à cloração). Ela pode ser efetuada utilizando-se areia, diatomita e combinações de areia e antracita. Quando possível, a remoção da turbidez pode ser efetuada pela sedimentação, que deve ser realizada antes da filtração e da cloração. A adição de sulfato de alumínio pode melhorar sobremaneira a sedimentação por meio da coagulação.

Nesses processos mais simples de tratamento (desinfecção, filtração, sedimentação), a contaminação química (metais, por exemplo) não pode

ser removida. Para ser considerada segura, essa água deve ter cloro residual entre 0,2 e 0,5 mg/L (em circunstâncias de alto risco), pH entre 6,5 e 8,5, ausência de patógenos filtráveis e níveis de turbidez abaixo de 5 mcm.

A Portaria n. 1.469 (dezembro de 2000) do Ministério da Saúde estabelece que, após a desinfecção, a água deve conter um teor mínimo de cloro residual livre de 0,5 mg/L, sendo obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L em qualquer ponto da rede de distribuição (caso ela não tenha sido danificada no desastre), recomendando-se que a cloração seja realizada em pH inferior a 8,0 e tempo de contato mínimo de 30 minutos. Depois que o abastecimento de água está garantido, deve-se considerar as águas residuárias oriundas das atividades humanas, o que também faz parte do provimento do saneamento básico. O manejo inadequado pode causar contaminação, disseminação de vetores e problemas de odores e estética.

As doenças que podem ser transmitidas nessa fase (em função da possibilidade de contato com fezes humanas) são febre tifoide, disenteria bacilar e amebiana, hepatite, poliomielite, esquistossomose e várias contaminações por vermes.

Quando houver possibilidade de tratamento individual de esgotos por ocasião da emergência deve-se privilegiar essa opção pela facilidade em adotá-la, tendo em vista as diversas técnicas e tecnologias de saneamento básico de baixo custo disponíveis para imediata utilização. Até o restabelecimento do sistema coletivo, quando esse existir e for danificado, deve-se optar por soluções individuais e de custo reduzido.

Onde não existir água encanada, pode-se optar por privadas com fossa estanque, em que o tanque é construído (ou pré-moldado) de concreto; privada com fossa de fermentação que apresenta duas câmaras de fermentação; ou privadas químicas constituídas de um tanque cilíndrico removível, contendo solução de soda cáustica (NaOH). Onde existir água encanada funcionando, o tanque séptico (pré-moldado), seguido preferencialmente por filtro anaeróbio formado por um leito de brita em um tanque de forma cilíndrica, pode solucionar o problema de pequenos grupos. Para a destinação final de efluentes podem ser utilizados sumidouros, valas de infiltração e de filtração.

Esse manejo inclui também o estabelecimento de áreas específicas para a instalação dos sanitários; a proteção desses sanitários das águas superficiais; a consideração dos fatores culturais em relação ao manejo dos dejetos; a facilidade de acesso; e a manutenção adequada desse equipamento.

O que se deve considerar, em uma visão maior, é que os sistemas de abastecimento de água e de coleta e tratamento de esgotos sanitários são particularmente importantes para a manutenção da saúde e do bem-estar da população.

No aspecto da infraestrutura, os problemas maiores que emergem com um desastre são o perigo de contaminação da rede de abastecimento de água e o custo de seu reparo. A estratégia para reduzir a vulnerabilidade do sistema e também uma capacidade de restauração deve estar prevista no PAE. Outra ação importante é a adequação do manejo de resíduos sólidos em eventos de emergência. Deve-se providenciar o armazenamento adequado e o encaminhamento, assim que possível, para a destinação final. No armazenamento, cuidados especiais devem ser tomados para evitar que tais resíduos sejam arrastados pelas águas pluviais, ou que animais possam ter acesso. Os resíduos sólidos devem ser preferencialmente armazenados sobre um estrado, de forma a ficarem afastados do solo. Se necessário, podem ser enterrados provisoriamente, em local adequado.

O que se deve ter em mente é que o PAE não é um processo estático, mas dinâmico, e deve ser implementado e modificado continuamente, por meio dos programas para mitigação dos desastres, resposta às emergências e reconstrução.

## **SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG)**

Um sistema de informações é o ponto de partida para estudar os desastres, suas causas e seus efeitos, e as ações que devem ser empreendidas antes, durante e depois deles. Ao mesmo tempo, a abordagem é interdisciplinar e multissetorial, o que por si só já demanda uma grande variedade de informações.

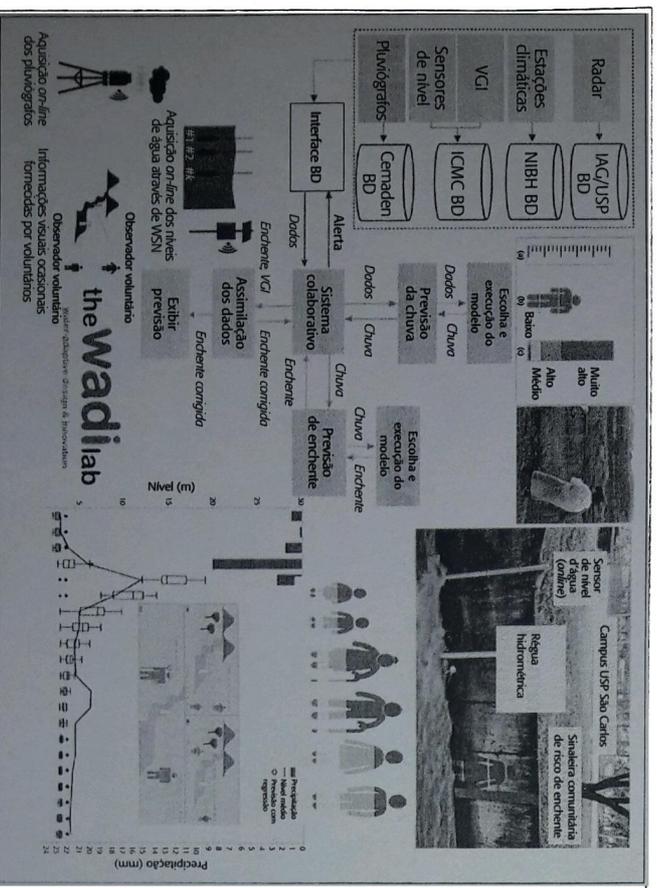
Os tipos de respostas às emergências ambientais estão associados à disponibilidade de informação. Todas as técnicas de emergência ambiental necessitam da informação para avaliar o risco de determinado desastre; local os sistemas de alerta, as rotas de evacuação, onde estão os recursos disponíveis; e verificar os graus de vulnerabilidade e os sistemas de referência para avaliar os ciclos de riscos (Carvalho et al., 2016).

É importante salientar nesse momento a oportunidade de utilização de um SIG. Tecnicamente, um SIG pode ser considerado uma caixa de ferramentas digital para coleta, armazenamento, busca, análise, transferência e exposição de dados espaciais.

Os dados de ameaças potenciais e de vulnerabilidade podem ser analisados por meio de uma álgebra espacial de mapas. Os SIG permitem que se faça sobreposição de informação, obtendo a partir disso mapas derivativos com a informação desejada, como o nível de risco, por exemplo. A capacidade de armazenamento, integração e manipulação de dados tornam esses sistemas uma ferramenta indispensável quando se planeja trabalhar com a prevenção e a mitigação de desastres.

A Figura 5 exemplifica como os SIG colaborativos podem ser integrados com sistemas de alertas de baixo custo (Abe et al., 2017). Dessa maneira, podem modelar os sistemas naturais, como enchentes, e os antrópicos, como graus de urbanização que aumentam os riscos de inundações. Cada plano de informação pode representar uma variável de interesse para análise.

**Figura 5** – Exemplo de SIG colaborativo integrado com sistema de alerta comunitário de baixo custo para redução de riscos de enchentes urbanas.



VGI: Volunteer Geographic Information (Sistemas de Informações Geográficas Voluntárias); NIBH BD: Banco de Dados do Núcleo Integrado de Bacias Hidrográficas do SHS-EESC-USP; ICMC BD: Banco de Dados do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação; Cemaden BC: Banco de Dados do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais; WSN: sensores submersos na corrente d'água integrados via rede *wifi* (sem fio) aos alarmes comunitários.

Fonte: Abe et al. (2017).

Em síntese, os SIG podem ser utilizados como uma ferramenta auxiliar na fase de prevenção, pelo gerenciamento da grande quantidade de dados necessários para a avaliação de risco e de vulnerabilidade. Também nessa fase eles podem auxiliar na elaboração das rotas de fuga, no projeto dos centros de operações na emergência e para a integração com os dados do sensoriamento remoto (imagens de satélite, fotografias aéreas) na elaboração dos sistemas de alarme. Na fase da emergência, podem, em combinação com os Sistemas de Posicionamento Global (GPS), auxiliar nas operações de procura e resgate e nas áreas devastadas e de difícil orientação. Na fase final, ajudam a organizar as informações sobre os danos e a localização dos recursos de reconstrução.

Os SIG podem ser potencialmente explorados, em termos de sua efetiva utilização, principalmente na primeira fase do desastre, em que as atividades de planejamento, em especial o diagnóstico e o prognóstico, podem ser auxiliadas e desenvolvidas por essa ferramenta.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Existe grande complexidade na inter-relação dos fenômenos naturais com a cultura humana. Por essa razão, a abordagem científica sobre a questão ambiental segue uma tendência, nas últimas décadas, com novos paradigmas. Destes, extrapolam-se as antigas limitações deterministas e reducionistas, e são apresentadas demandas tanto por interdisciplinaridade como por coprodução e coevolução de setores e sistemas, pactuadas pelo novo marco de ciência, tecnologia e inovação do século XXI.

Argumenta-se, por um lado, sobre a necessidade de focar a problemática ambiental de uma forma sistêmica, visto que tanto a aleatoriedade dos fenômenos naturais como a própria vulnerabilidade social não podem ser entendidas e explicadas totalmente pelos métodos científicos tradicionais.

Por outro lado, os termos multi, inter e transdisciplinaridade, na literatura corrente, indicam um caminho de formação de novos paradigmas que apontam caminhos de transversalidade e inclusão para metodologias, análises, sínteses e explanações da complexa teia de relacionamentos entre setores, escalas e visões. É daí que surgem cada vez mais enfoques participativos, colaborativos e voluntários para a gestão de riscos de desastres e emergências ambientais.

Os estudos voltados a essa gestão e as consequências desses eventos sobre as populações humanas, sob certa forma, sintetizam essa complexa cadeia de subjetividade e não determinismo. O enfoque sobre essa questão pode estabelecer uma síntese de todo o inter-relacionamento dos processos naturais com as atividades antrópicas, visando a resiliência e sustentabilidade.

Os acidentes e os desastres ambientais expressam, em uma escala de tempo e espaço determinada, os vários exemplos de problemas ambientais existentes e as formas utilizadas para a sua prevenção, mitigação e recuperação. Por exemplo, grande parte dos conceitos e metodologias das áreas de manejo de recursos naturais e de controle de poluição são necessários na abordagem do planejamento, do atendimento e da reconstrução nas emergências.

As emergências ambientais demandam a integração de diversos campos do conhecimento humano e de profissionais altamente gabaritados. Faz-se necessário integração intelectual e prática de profissional especializada com visão e concepção multi, inter e transdisciplinar, em função da complexidade das interações sociais, econômicas, políticas e ambientais que essa questão requer.

Esse enfoque permite a utilização de grande parte do conhecimento científico ambiental atual dirigido para um planejamento ambiental adequado, fato que permite integração de áreas distintas do conhecimento, tais como análise e gerenciamento de riscos, tecnologias de geoinformação, sistema de proteção e Defesa Civil; em suma, de todas as formas estruturais e não estruturais de planejar, mitigar e reconstruir diante da adversidade dos desastres.

O sistema econômico mundial dominante tem como dogma central o pressuposto de inegotabilidade dos recursos naturais para suprir a sua demanda por insumos. Tal falácia tem ocasionado uma série de iniquidades sociais, políticas e econômicas com consequências desastrosas para o meio ambiente.

Os limites de crescimento precisam ser compreendidos, para o estabelecimento de um equilíbrio adequado entre a demanda por recursos e a oferta de capital natural que a natureza pode dispor. A pressão demográfica não pode ser considerada a maior vilã da questão ambiental. Quando se argumenta que um crescimento populacional aumenta automaticamente a demanda por espaço natural, na verdade é mais uma questão de alocação

e utilização mais racional e equitativa do que o consumo direto dos recursos disponíveis.

O não entendimento desse critério óbvio induzirá cada vez mais a um relacionamento equivocado do ser humano com a natureza, que acaba por ser traduzido na forma de desastres e todas as suas consequências.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as inspirações recebidas dos colegas do Núcleo Integrado de Bacias Hidrográficas (Nihb); do The Water-Adaptive Design & Innovation Lab (The Wadi Lab); e do Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos da USP: Marina B. de Macedo, Maria Clara Fava, Clarissa C. de Freitas, Diego A. Guzmán-Arias, Camilo E. Restrepo-Estrada, Guilherme S. Mohor, César de Ambrogi Lago, Narumi Abe, Felipe A. A. de Souza, Fernando Abreu e João Belini; do Sistema de Informações Ambientais para o Desenvolvimento Sustentável (Siades): Cintia Philippi Salles, Mary Lobas de Castro e Vicente Silveira. Agradecem também a Capes, USP, Incline-II e Fapesp.

## REFERÊNCIAS

- ABE, N. et al. Utilização de dados voluntários no gerenciamento de riscos de enchentes. In: GÜNTHER, W.M.R.; CICCOTTI, L.; RODRIGUES, A.C. (Orgs.). *Desastres: múltiplas abordagens e desafios*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017, p. 153-168.
- BRASIL. Decreto-lei n. 950, de 13 de outubro de 1969. Institui no Ministério do Interior o Fundo especial para calamidades públicas (Funcap) e dá outras providências. Disponível em: [www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/1965-1988/De10950.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/1965-1988/De10950.htm). Acesso em: 10 out. 2016.
- \_\_\_\_\_. Decreto n. 97.274, de 16 de dezembro de 1988. Dispõe sobre a organização do Sistema Nacional de Defesa Civil e dá outras providências. Disponível em: [www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/D97274.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D97274.htm). Acesso em: 10 out. 2016.
- \_\_\_\_\_. Decreto n. 895, de 16 de agosto de 1993. Dispõe sobre a organização do Sistema Nacional de Defesa Civil e dá outras providências. Disponível em: [www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Decreto/D0895.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Decreto/D0895.htm). Acesso em: 10 out. 2016.

- \_\_\_\_\_. Decreto n. 1.080, de 08 de março de 1994. Regulamenta o Fundo especial para calamidades públicas e dá outras providências. Disponível em: [www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/D0895.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D0895.htm). Acesso em: 10 out. 2016.
- \_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Portaria n. 1.469, de 29 de dezembro de 2000. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília (DF), 2000. Disponível em: [bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2006/prtl1469\\_10\\_07\\_2006.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2006/prtl1469_10_07_2006.html). Acesso em: 9 ago. 2017.
- \_\_\_\_\_. Decreto n. 7.257, de 04 de agosto de 2010. Regulamenta a Medida Provisória 494 de 02/07/2010 para dispor sobre o Sistema Nacional de Defesa Civil, sobre o reconhecimento de situação de emergência e estado de calamidade pública, transferências de recursos para ações de Socorro, assistência às vítimas, restabelecimento de serviços essenciais e reconstrução nas áreas atingidas por desastre e dá outras providências. 2010a. Disponível em: [www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/2010/D7257.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2010/D7257.htm). Acesso em: 10 out. 2016.
- \_\_\_\_\_. Lei n. 12.340, de 01 de dezembro de 2010. Dispõe sobre as transferências de recursos da União aos órgãos e entidades dos Estados, Distrito Federal e Municípios para a execução de ações de prevenção em áreas de risco de desastres e de resposta e de recuperação em áreas atingidas por desastres e sobre o Fundo Nacional para calamidades públicas, proteção e defesa civil e dá outras providências. 2010b. Disponível em: [www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/2010/Lei/l12340.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/2010/Lei/l12340.htm). Acesso em: 10 out. 2016.
- \_\_\_\_\_. Instrução Normativa n. 1, de 24 de agosto de 2012. Estabelece procedimentos e critérios para a decretação de situação de emergência ou estado de calamidade pública pelos Municípios, Estados e pelo Distrito Federal, e para o reconhecimento federal das situações de anormalidade decretadas pelos entes federativos e dá outras providências. 2012a.
- \_\_\_\_\_. Lei n. 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil-PNPDEC. 2012b. Disponível em: [www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/2012/Lei/l12608.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/2012/Lei/l12608.htm). Acesso em: 10 out. 2016.
- CARVALHO, T. et al. An Open Source Approach for Watershed's Delimitation to Support Flood Monitoring. *International Journal of Distributed Systems and Technologies*, v. 7, p. 77-88, 2016. DOI: 10.4018/IJDST.2016100105.
- [CEMADEN] CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS. Disponível em: [www.cemaden.gov.br](http://www.cemaden.gov.br). Acesso em: 6 jul. 2017.
- COUTINHO, M.P. et al. Instrumentos de planejamento e preparo dos municípios brasileiros à Política de Proteção e Defesa Civil. Urbe. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v. 7, p. 383-396, 2015. DOI: 10.1590/2175-3369.007.003.A006.
- DEFESA CIVIL. Orientação legal: ações nas emergências. São Paulo, 1999. Disponível em: <http://www.defesacivil.sp.gov.br/documentos/biblioteca/manual/manuaorientacao.htm>. Acesso em: 12 maio 2012.
- [ESRI] ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. Disponível em: <http://www.esri.com>. Acesso em: 6 jul. 2017.
- HORITA, F. et al. Bridging the gap between decision-making & emerging big data sources: Application of model-based framework to disaster management in Brazil. *Decision Support Systems*, 2017. DOI: 10.1016/j.dss.2017.03.001.
- LONDE, L.R. et al. Flood-related leptospirosis outbreaks in Brazil: perspectives for a joint monitoring by health services and disaster monitoring centers. *Natural Hazards (Dordrecht Online)*, v. 84, p. 1419-1435, 2016. DOI: 10.1007/s11069-016-2493-8.
- MENDIONDO, E.M. Reducing vulnerability of disasters in urban areas of humid tropics. In: PARKINSON, J.N.; GOLDENFUM, J.A.; TUCCI, C.E.M. (Eds.). *Integrated Urban Water Management in the Humid Tropics*. Paris: Unesco, 2010.
- NARDOCCI, A.C. Risco como instrumento de gestão ambiental. São Paulo, 1999. Tese (Doutorado) – Faculdade de Saúde Pública da USP.
- NOJI, E.K. (Ed.). *Impacto de los desastres en la salud pública*. Washington (DC): Organización Panamericana de la Salud, 2000.
- [PAHO] PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION. Natural disaster mitigation in drinking water and sewerage systems: guidelines for vulnerability analysis. Washington (DC), 1998.
- \_\_\_\_\_. *Natural disasters: protecting the public's health*. Washington (DC), 2000. 119p.
- PEREIRA, N. Análise de risco ambiental de processo siderúrgico. São Paulo, 1998. Tese (Doutorado) – Faculdade de Saúde Pública da USP.
- PHILLIPPI JR, A.; PELICIONI, M.C.F. (Eds.). *Educação ambiental e sustentabilidade*. 2.ed. Barueri: Manole, 2015.
- PHILLIPPI JR, A. (Ed.). *Saneamento do meio*. São Paulo: Fundacentro, 1988.
- [PPDC] PLANO PREVENTIVO DE DEFESA CIVIL. São Paulo: Coordenadoria Estadual de Defesa Civil, 2000.
- SHAH, B.V. Is the environment becoming more hazardous: a global survey, 1947-1980. *Disasters*, v. 7, p. 202-9, 1983.
- SILVEIRA, P.S.M. Gerenciamento de riscos associados aos acidentes tecnológicos na indústria química: o papel dos trabalhadores e dos dirigentes para a otimização dos resultados. São Paulo, 2002. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Saúde Pública da USP.
- SMITH, K. *Environmental hazards: Assessing risk and reducing disaster*. Londres: Routledge, 1996.
- [UNISDR] UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION. Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres 2015-2030. 2015. Disponível em: <http://www.unisdr.org/we/inform/publications-and-publications/item/11062>. Acesso em: 12 maio 2012.

- vel em: <http://www.defesacivil-pr.gov.br/arquivos/File/Marco/MarcodeSendai-Portugues.pdf>. Report A/CONF.224/CRP.1. Acesso em: 28 jul. 2017.
- WASHINGTON, H. et al. Why ecocentrism is the key pathway to sustainability. *The Ecological Citizen*, v. 1, n. 1, p. Y-Z, 2017.
- [WHO] WORLD HEALTH ORGANIZATION. Health action in crisis: natural disasters profiles. 2001. Disponível em: <http://www.who.int/disasters/igd/fm?doctypeID=32>. Acesso em: 6 jul. 2017.
- \_\_\_\_\_. *Guidelines for drinking water quality*. 3.ed. Genebra, 2003.
- WILHITE, D.A. et al. Planning for Drought: Moving from Crisis to Risk Management. 2000. *Drought Mitigation Center Faculty Publications*. Disponível em: <http://digitalcommons.unl.edu/droughtfacpub/33>. Acesso em: 6 jul. 2017.
- [WRI] WORLD RESOURCES INSTITUTE. A guide to total environment: the environment 1996-1997. 1997. Disponível em: [http://www.wri.org/wr-96-97/up\\_txl.html](http://www.wri.org/wr-96-97/up_txl.html). Acesso em: 12 maio 2004.
- YASSI, A. et al. *Basic environmental health*. Nova York: Oxford University Press, 2001.

## Bibliografia consultada

- ALMEIDA, J.B.; MELLO, C.S.; CAVALCANTI, Y. *Gestão ambiental: planejamento, avaliação, implantação, operação e verificação*. Rio de Janeiro: Thex, 2000.
- BRILHANTE, O.M. *Gestão e avaliação de risco em saúde ambiental*. Rio de Janeiro: Fiocruz, 1999.
- BURROUGH, P.A. *Principles of geographic information systems for land resources assessment*. Oxford: Claredon Press, 1986. 193p.
- HELLER, L. *Sanamento e saúde*. Brasília (DF): Secretaria de Defesa Civil/Opas/OMS, 2000.
- MEICHES, I.A.M. Integração de gerenciamento de riscos ambientais. São Paulo, 1998. Tese (Doutorado) – Faculdade de Saúde Pública da USP.
- PHILIPPI JR, A.; ROMÉRO, M.A.; BRUNA, G.C. (Eds.). *Curso de gestão ambiental*. 2.ed. Barueri: Manole, 2015.
- SILVA, C.V. Comunicação de riscos ambientais: uma ferramenta para a tomada de decisões. São Paulo, 2000. Tese (Doutorado) – Faculdade de Saúde Pública da USP.
- STAR, J.; ESTES, J. *Geographic information systems – an introduction*. Nova Jersey: Prentice-Hall, 1990. 303p.