

CAPÍTULO 1

DEFINIÇÕES E CONCEITOS
ASSOCIADOS AO RISCO E
AOS INSTRUMENTOS DE
PLANEJAMENTO

1.1 Os elementos do risco e o desastre

Ocorre, com frequência, o emprego de terminologias equivocadas a situações ou processos distintos. Dentre esses equívocos, está a utilização do termo “risco” como sinônimo de perigo, suscetibilidade e vulnerabilidade, entre outros. Diante disso, torna-se importante evidenciar, de antemão, que este estudo adota o conceito de risco como probabilidade de um evento, processo ou fenômeno acarretar danos aos indivíduos. Desse modo, segundo Rebelo (2003) e Ferreira e Rossini-Penteado (2011), o risco pode ser expresso conforme a equação abaixo:

$$\text{"Risco = Perigo x Vulnerabilidade"} \quad (1)$$

Em que:

Perigo = atributo social (perigo a alguém) resultante da condição de suscetibilidade + presença humana;

Vulnerabilidade = grau de precariedade diversa do ser humano exposto ao perigo.

Assim, a existência do risco mais a ocorrência de um evento causador/intensificador, neste caso, a chuva, pode desencadear um desastre. Ou seja:

$$\begin{array}{ccc} \text{Risco + Evento} & \Rightarrow & \text{Desastre} \\ & \text{Implica em} & \end{array} \quad (2)$$

Estes termos estarão presentes ao longo desse trabalho e serão evidenciados, principalmente, ao longo do Capítulo 7. Portanto, as discussões acerca da definição das terminologias serão aprofundadas nas subseções seguintes, de modo a individualizar o vocábulo, conceituá-lo e associá-lo aos processos, aos mapeamentos e à gestão.

1.1.1 Perigo

O termo “perigo” e as situações que o envolve são amplamente discutidos e, muitas vezes, polissêmicos, sobretudo quando a busca conceitual relaciona literaturas de diferentes étimos e traduções. Partindo do inglês, perigo pode ser traduzido

como “*danger*” ou “*hazard*”, dentre outros vocábulos menos usuais. Enquanto o primeiro é utilizado para indicar ou alertar sobre uma situação de perigo rápida, como algo tóxico e inflamável, o segundo é mais empregado na literatura para se referir aos perigos físicos naturais ou socioambientais.

Tricart (1992) utiliza o termo “*danger*” para se referir ao perigo e critica as definições e traduções anglo-saxônicas que utilizam “*hazard*” como sinônimo de perigo, referindo-se a elas como “não puristas”, já que o termo francês “*hasard*” significa “chance” e é modificado para “*hazard*” com significado não claro de perigo, risco, acaso, azar. Para o autor, “*danger*” (perigo) é o fenômeno grosseiro, uma situação que, independentemente da ação humana, pode afetar um ser, uma planta, um animal ou mesmo um objeto. Em síntese, Carvalho (2007) define que “*danger*” corresponde a um processo perigoso, enquanto “*hazard*” é o perigo como uma condição que tenha potencial para causar consequências.

Em relação ao exposto por Tricart (1992), cabem três comentários:

- 1) Os fenômenos existem independentemente da espécie humana, como, por exemplo, terremotos, inundações, deslizamentos, furacões, estiagens etc. Porém, para que ofereçam perigo, é necessária a presença humana, pois, do contrário, o que se tem é apenas um fenômeno natural não prejudicial (Castro, 2009).
- 2) Os fenômenos que resultam em perigo não são, em sua totalidade, extrínsecos às ações humanas, podendo ser intensificados ou causados por indução antrópica (Ojeda, 1997), tornando-se um evento de interface sociedade-natureza (Hogan; Marandola Júnior, 2004).
- 3) A colocação e a crítica em relação à tradução e à utilização dos termos perpassam décadas, sendo tema da discussão de diversos autores e, ainda assim, não se chegou a uma definição comum.

Partindo da Escola Francesa de Tricart para a Norte-Americana, Smith (1992) reconhece que existe uma confusão terminológica e que esta ocorre, também, em outras línguas. Cardozo (2009) reforça que o termo “*hazard*” é traduzido de diversas formas em países que não são de língua inglesa, e que, no Brasil, não diferentemente, é traduzido como “risco” por alguns autores e como “perigo” por outros.

Atualmente, nota-se, também, a utilização do termo “*amenaza*” (ameaça), em vez de “perigo”, para se referir ao fenômeno, substância, atividade humana ou

condição perigosa. O emprego da terminologia pode ser encontrado no documento de Estratégia Internacional para Redução de Desastres das Nações Unidas (Estratégia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas [UNISDR], 2009) e, segundo Castro (1998), é uma tendência moderna para se referir à condição de perigo potencial.

Nessa mesma tendência, Veyret (2015) utiliza a terminologia “*aléa*” como equivalente ao inglês “*hazard*”. Esse termo, apesar de pouco difundido e presente nas literaturas brasileiras, vem tomando escopo. No entanto, o uso indiscriminado desses termos no meio acadêmico e científico tem causado confusões e equívocos, pois ora são intercambiados, ora uniformizados, não ficando claras as distinções (Castro; Peixoto; Rio, 2005).

Diante disso, para este estudo, adotou-se o conceito exposto por Smith (1992), discutido por Hogan e Marandola Júnior (2004), Cardozo (2009), Faria (2011) e pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (BRASIL, 2007b), o qual consiste na tradução de “*hazard*” como perigo. Este corresponde a uma ameaça potencial para os seres humanos e seu bem-estar. A ocorrência dele está associada a um fenômeno de ordem natural ou não, o qual pode causar danos ao ser humano e/ou ao espaço social e coletivo, como perda de vidas, ferimentos, estragos às propriedades, degradação ambiental e interrupção de atividades econômicas. Considerando que o referido fenômeno que promove ou resulta em perigo ocorre sobre um determinado espaço, este recebe o nome de área de perigo, ou seja, é a porção sujeita à ocorrência de processos ou fenômenos de severidade diversa que, quando ocupada de forma indevida, pode gerar danos sociais, econômicos e ambientais (Menezes, 2014).

Assim, o conhecimento dos perigos que afetam determinado lugar, o alcance e os efeitos são fundamentais para o desenvolvimento e a segurança de uma sociedade. A partir da identificação da existência, torna-se necessário planejar o modelo de ocupação a fim de prevenir a ocorrência de desastres. Para isso, os mapas são ferramentas de grande importância e oferecem subsídio inicial para avaliações técnicas (Deyle *et al.*, 1998; Reckziegel, 2012). Por meio deles, torna-se possível representar espacialmente as áreas suscetíveis à ocorrência de determinados processos e que, com a presença humana, tornam-se áreas de perigo.

1.1.2 Suscetibilidade

Diferentemente do perigo, o qual possui relação intrínseca à presença humana em exposição, a suscetibilidade pode ser entendida como o grau de resistência natural do meio diante de um evento ou fenômeno de intensidade variada. É uma característica inerente ao meio físico e não considera as relações sociais nele presentes. Todavia, a forma na qual a relação humana é estabelecida no espaço, o tipo de uso e o padrão de ocupação da terra podem intensificar essa predisposição do meio a processos que, naturalmente, ocorreriam de forma mais lenta e menos desastrosa.

O termo “suscetibilidade” é comumente e erroneamente usado como sinônimo de vulnerabilidade e risco. Isso ocorre, na maioria das vezes, ao relacionar ou descrever processos geomorfológicos e hidrológicos, como os movimentos em massa e as inundações. No entanto, há de se reforçar que a suscetibilidade se refere à condição natural de um terreno ou estrutura que, exposto a uma situação ou evento, torna-se passível de romper com a normalidade e/ou a estabilidade física.

Segundo Alheiros *et al.* (2003), a suscetibilidade está relacionada à característica própria do meio e indica a fragilidade do ambiente frente aos processos naturais, considerando sua estrutura litológica, formato, posição, textura e outros. É vista como a predisposição à ocorrência de fenômenos naturais, podendo ser sintetizada como a propensão dos terrenos ao desenvolvimento de um fenômeno ou processo do meio físico (Sobreira; Souza, 2012). É a possibilidade de que um determinado fenômeno espacial ocorra devido a fatores condicionantes do terreno, independentemente do período de recorrência (Zêzere, 2004).

Do mesmo modo, e no âmbito das geociências, Bitar (2014) considera a suscetibilidade como uma predisposição ou propensão ao desenvolvimento de um fenômeno ou processo no meio físico, ou seja, a possibilidade de ocorrência de um evento em um dado lugar (Santos, K., 2012), expressando-se segundo classes de probabilidade ou níveis de ocorrência (Brasil, 2007b). Logo, entende-se que:

“A suscetibilidade é o quão provável um determinado fenômeno pode ocorrer independente dos fatores sociais, mas tendo a sociedade como elemento de interferência que acelera ou retarda. Dentro dessa

perspectiva, o semiárido é suscetível às secas, às planícies de inundação, às inundações e às áreas de elevação topográfica aos movimentos em massa. A ação humana atua como ferramenta de modificação da dinâmica natural, acelerando-a ou retardando-a” (Girão et al., 2018, p. 73).

A representação espacial das suscetibilidades de um dado lugar, assim como as áreas de perigo discutidas anteriormente, tem sua representação espacial a partir de mapas que indicam o quão próximo o terreno se encontra do limiar de instabilidade (Tominaga, 2007). Esses mapeamentos são importantes alternativas à cultura forense existente no Brasil, a qual é baseada na remediação e na improvidência. Assim, sobretudo por indicarem previamente áreas que demandam maior grau de atenção e predisposição de desestabilização do sistema (Riffel, 2012), os mapeamentos são ferramentas fundamentais na determinação das suscetibilidades do ambiente (Benatti, 2003; Pericato, 2018) e primárias aos planos de prevenção e planejamento.

1.1.3 Vulnerabilidade

A vulnerabilidade difere da suscetibilidade por se tratar de uma característica relacionada ao ser humano e ao grau de fragilidade deste diante de determinadas exposições. O termo é interdisciplinar e aplicável a diferentes campos temáticos, sendo associado erroneamente à suscetibilidade. Desse modo, é, muitas vezes, tratado como adjetivo ou característica da estrutura ou do lugar onde o sujeito passa a estar ambientalizado (Hogan; Marandola Júnior, 2006).

Muito utilizado na área da saúde, etimologicamente, o vocábulo “vulnerável” se refere à ferida ou a dano físico, emocional ou social, remetendo, metaforicamente, ao significado de magoar, ofender, ferir sentimentos ou moral. Na área jurídica, a vulnerabilidade remete à deterioração dos direitos civis, à perda de garantias adquiridas e à fragilização da cidadania (Sevalho, 2017). Segundo Czeresnia e Oviedo (2015), o estudo do termo como categoria política social ganhou foco no final da década de 1970, com as crises mundiais, a precarização do trabalho e mobilidade e o enfrentamento individual das contingências. Desse modo, insegurança aparece como uma dimensão consubstancial à coexistência dos indivíduos na sociedade atual.

Em termos gerais, e num escopo socioambiental, a vulnerabilidade envolve um conjunto de fatores que podem oferecer maior ou menor risco ao ser humano diante de uma situação de perigo, como enchentes, deslizamentos, doenças, despesas inesperadas, desemprego, marginalização econômica/social e outras (Esteves, 2011).

A vulnerabilidade não é um estado de ser que surge em resposta a um desastre, ela o precede e indica uma predisposição aos danos (Cardona, 2004). Segundo Furedi (2007), o termo “vulnerabilidade” emergiu nos meios de comunicação para retratar quadros e problemas sociais, funcionando como uma forma de linguagem retórica que situa as pessoas e a experiência delas no contexto de impotência e falta de assistência. Furedi (2007) salienta que o termo não se origina das experiências reais e das adversidades que as comunidades enfrentam, mas é um termo de descrição ou uma forma de diagnóstico adotado por profissionais para caracterizar grupos expostos ao risco. A condição de vulnerabilidade não deve ser entendida como sinônimo de risco, pois são categorias diferentes. O risco implica a exposição ao perigo, já a vulnerabilidade mensura a capacidade de enfrentamento e combate ao perigo, ou seja, a capacidade do sujeito em não sofrer uma potencial perda do bem-estar (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento [PNUD], 2007). Sendo um grau de exposição de um grupo ou comunidade ao longo do tempo, a vulnerabilidade compromete aspectos físicos, ambientais, técnicos, psicológicos, políticos e socioeconômicos (UNISDR, 2009; Veyret, 2015). A existência dela está relacionada a falhas governamentais resultantes de má gestão ambiental e carência de planejamento, principalmente no meio urbano (Santos, 2015).

Deschamps (2004) considera que, no meio científico, a temática da vulnerabilidade vem sendo moldada e utilizada de forma interdisciplinar, obtendo enfoque em múltiplos aspectos e ciências. Na economia, ela se refere aos choques econômicos, crises e integrações. Já na geografia, está atrelada à probabilidade de eventos geográficos, sejam eles climáticos ou geomorfológicos, atingirem negativamente esferas populacionais.

Nesse contexto, principalmente a partir do final do século XX, a vulnerabilidade ganhou um escopo social diretamente atrelado à pobreza e a um complexo de desigualdades sociais e demográficas que se refletem no espaço geográfico (Deschamps, 2004). É nesse sentido que Souza e Zanella (2010) consideram que

pessoas vulneráveis são aquelas que se encontram em condições sociais, econômicas, políticas, culturais, educacionais e de saúde precárias e desiguais. A existência de pessoas nessas condições precárias, o que indica alta vulnerabilidade, em áreas suscetíveis à ocorrência de fenômenos naturais, torna-se condição propícia para que estes se tornem catastróficos (Gonçalves, 1992). Portanto, a vulnerabilidade vem sendo utilizada, também, para caracterizar grupos sociais que são mais afetados por algum *stress* ambiental (Confalonieri, 2015), visto que é um fator relevante na configuração da distribuição espacial das situações de pobreza e privação social (Alves, 2006).

Nota-se, a partir dessas conceituações, que o termo “vulnerabilidade” envolve uma gama de fenômenos de natureza multidimensional e multifacetada. Diante da polifonia atribuída ao uso e presente nos discursos relacionados ao tema, reforça-se a necessidade de uma precisão conceitual, o que já tem sido evocado por diversos autores e favoreceria a discussão da temática no campo interdisciplinar (Hogan; Marandola Júnior, 2009).

1.1.4 Risco: etimologia e conceituação

O risco pode ser considerado como a probabilidade de ocorrência de desastre, ou seja, ele existe a partir da junção das condições de suscetibilidade e vulnerabilidade. Assim, há um risco em estar/habitar um determinado espaço suscetível à ocorrência de um fenômeno que oferece perigo. Esse risco é maior quando, além de habitar/estar, o sujeito possui condições socioeconômicas e culturais que aumentam o grau de exposição, ou seja, a vulnerabilidade. Tal sequência tende a desencadear um desastre.

O primeiro registro da palavra “risco” data do século XIV, oriundo do castelhano “*riesgo*”, que etimologicamente tem origem do latim “*resecum*”, “o que corta”, não tendo ainda relação com o perigo potencial (Gamba; Santos, 2006). Ao longo dos séculos, a palavra passou por mudanças de significados, tornando-se, até mesmo, um vocábulo militar e literário para fazer referência ao perigo que os cavaleiros e heróis estavam expostos (Mendes, 2015).

Nos séculos XVI e XVII, a expressão começou a ser utilizada para descrever situações de insegurança e perigo que poderiam comprometer as grandes viagens marítimas, sendo a possibilidade de um perigo objetivo, um ato divino, uma força maior ou uma tempestade. Não era imputada a uma conduta humana errônea, pois o homem pouco mais podia fazer do que tentar estimar a ocorrência de acontecimentos e atuar no sentido de reduzir impacto (Mendes, 2002).

A utilização do substantivo “risco” cresceu exponencialmente no século XX, assim como o adjetivo “arriscado” e o verbo “arriscar”. Assume-se, assim, uma polissemia quase infundável, originando diversos usos e aplicações do conhecimento técnico-científico da modernidade, tangendo ciências naturais, biológicas, sociais, setores administrativos e políticos (Mendes, 2015).

Atualmente, o termo “risco” se faz cada vez mais presente nos diversos ramos das ciências e no vocabulário dos pesquisadores. Com isso, adquiriu significativa envergadura no ramo das ciências sociais (Hogan; Marandola Júnior, 2004), sobretudo quando analisamos a incerteza, a insegurança e o medo que invade a sociedade contemporânea, trazendo a sensação de impotência perante o que é conhecido e desconhecido (Hogan; Marandola Júnior, 2004). O risco assume, então, a condição de exposição real e de valor humano a um perigo. Ele é, frequentemente, medido como o produto de probabilidade de perda esperada para uma área habitada e com presença iminente de um perigo (Kobiyama *et al.*, 2006; Smith, 1992).

Nesse sentido, Freitas e Lombardo (2013) preconizam que o conceito de risco está associado à possibilidade de que ocorra uma situação que cause perdas e danos sociais, econômicos ou ambientais. Essa situação pode ser um desastre, um acidente, um fenômeno social ou natural, como uma guerra ou estiagem, por exemplo. De modo mais filosófico, Hogan e Marandola Júnior (2004) veem o risco como o inconveniente de uma aposta, a probabilidade de uma aposta ter uma consequência involuntária ou voluntária, evitável ou inevitável, controlável ou incontrolável. Direcionando a conceituação para as ciências geográficas, Carpi Júnior e Dagnino (2007) consideram que o termo faz referência a situações ou áreas em que existe probabilidade, susceptibilidade, vulnerabilidade, acaso ou azar de ocorrer algum tipo de ameaça, perigo, problema, impacto ou desastre. Souza e Zanella (2010),

também no campo das geociências, tratam o risco como produto da probabilidade de ocorrência de um fenômeno natural indutor de acidentes e consequências sobre uma dada comunidade.

Entretanto, a existência do risco é algo intrínseco à repercussão das atividades humanas, de forma que uma planície inundável ou uma encosta passam a constituir um risco quando o ser humano estabelece nelas suas atividades. Dessa forma, o risco não é natural, ele resulta da interação entre natureza, sociedade e indivíduo (Moraes, 1998), estando, com isso, condicionado à percepção do perigo e possuindo relação social, pois, não havendo ameaça ao ser social, não se pode dizer que há algo ou alguém em risco (Ielo, 2015). Assim, o risco é uma construção social complexa, influenciada por fatores numerosos e origem diversa, o que determina diferentes tipologias, como riscos naturais, tecnológicos e industriais, sociais e ambientais (Veyret, 2015), além dos econômicos e geopolíticos, os quais têm um viés aplicado a outras áreas.

1.1.4.1 Tipologias de riscos

Segundo Beck (2006), a sociedade moderna tornou-se uma “sociedade de risco”, no sentido de que está cada vez mais ocupada em debater, prevenir e gerir os riscos que ela própria produziu. Esses riscos, de acordo com suas características intrínsecas, receberam e recebem diferentes nomenclaturas e são diversos. No entanto, os que se inserem no arcabouço geográfico são aqueles cuja gestão e percepções possuem relação e/ou dimensão espacial (Veyret, 2015). A literatura lusitana classifica o risco em três taxonomias: riscos naturais, riscos antrópicos e riscos mistos.

Segundo Lourenço (2006) e Mendes (2015), os naturais são aqueles em que o fenômeno se origina de processos que fazem parte da dinâmica da própria natureza. Eles podem ser condicionados por forças endógenas, como os riscos geotectônicos, ou exógenos, como os climáticos, hidrológicos, geomorfológicos e biológicos. Os riscos antrópicos podem ser subdivididos em biofísicos, sociais e tecnológicos. O primeiro, por possuir uma origem biológica, só constitui risco quando passível de transmissão (Lourenço, 2006), como, por exemplo, a covid-19. Os riscos sociais, como o nome

diz, referem-se à perda de pessoas, direitos sociais, políticos, econômicos, de estruturas familiares e outros. Os tecnológicos estão relacionados a normas e condições de trabalho, segurança, princípios de produção, manuseio, transporte e armazenamento de produtos ou tecnologias (Lourenço, 2006). Já os riscos mistos, também chamados de riscos combinados, ancoram condições naturais e ação antrópica.

Veyret (2015), sob a concepção francesa dos riscos, caracteriza-os como uma construção social e os divide em: naturais, tecnológicos, sociais e ambientais. Nesse entendimento, os naturais podem ser também agravados ou provocados pelo homem, como na promoção de queimadas e poluição. Os riscos sociais se associam à segurança social, alimentar, criminalidade, terrorismo, violência, saúde, insuficiência, moral, pobreza e desigualdades. Já os tecnológicos têm relação com a indústria e são subdivididos em menores e maiores. O primeiro está associado à degradação do meio e tem efeitos induzidos ou suportáveis, enquanto o segundo está relacionado às atividades de armazenamento e transporte de materiais tóxicos, explosões, vazamentos e incêndios (Veyret, 2015).

A definição das tipologias de risco é dada em função dos processos e tipos de perigos que eles oferecem. Porém, diferentes fatores de risco interagem uns com os outros, de modo que alguns tipos de risco podem pertencer simultaneamente a duas ou mais categorias (Veyret, 2015). É a partir dessa concepção que os riscos ambientais são definidos como resultado de um complexo de aspectos e interações entre ser humano e natureza sobre um determinado espaço (Moraes, 1998; Veyret, 2015) (fig. 1).

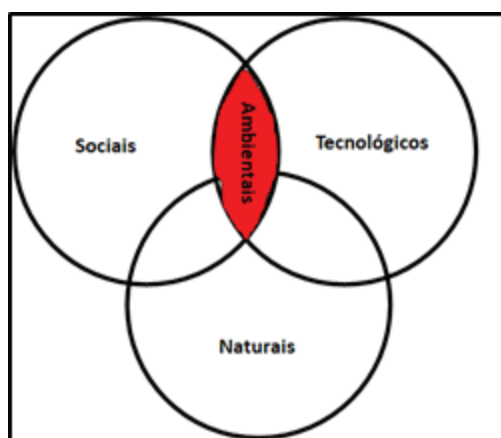


Fig. 1 - Exemplo de risco ambiental (Fonte: Ferreira, 2023).

Segundo Carpi Júnior e Dagnino (2007), a utilização desse termo possibilita o entendimento de que as situações de risco não estão desvinculadas do entorno, ou seja, do ambiente em seu sentido amplo. Além disso, o risco ambiental abriga os demais (natural, social, tecnológico), não deixando que eles sejam esquecidos ou menosprezados no entendimento.

Por apresentar significado e utilização amplos, os riscos ambientais vêm sendo cada vez mais estudados por diversas áreas e autores, obtendo escopo multidisciplinar, dado que pode englobar o meio social, o ambiente, a saúde e, conseqüentemente, a economia. Nas ciências geográficas, o risco ambiental pode ser considerado uma importante via de investigação, pois pode abarcar o rebitamento espacial de processos danosos, bem como as diferentes escalas de ocorrência. Além disso, pode ser um termo essencial na compreensão da configuração e da organização espacial, dos conflitos e dos graus de exposição (Castro; Peixoto; Rio, 2005).

Desse modo, na geografia, o risco ambiental está diretamente ligado à probabilidade de a população ser afetada negativamente por processos ou fenômenos capazes de ocasionar desastres, como, por exemplo, inundações, movimentos em massa e outros (Souza; Zanella, 2010). Segundo Almeida (2010) e Cavalcante (2013), no meio urbano, os riscos ambientais podem ser considerados uma condição potencial de ocorrência de um acidente ou desastre. Nesses espaços, a existência do risco se estrutura ao longo do tempo, devido à somatória de diferentes ações e vinculada ao modo de vida moderno (Castro; Peixoto; Rio, 2005). Quando esse risco se concretiza, ou seja, a ameaça preexistente acarreta danos ou perdas à população, configura-se o desastre.

Diante disso, toma-se, neste estudo, os riscos ambientais como a tipologia mais pertinente para compor a categoria de análise, por apresentar a relação entre ser humano e natureza. De forma sequencial, associado à compreensão da linha tênue que separa o risco do desastre, a seção a seguir discorre sobre essa segunda terminologia, de modo a conceituá-la.

1.1.5 Desastres

A palavra desastre vem do latim *dis* (mau, contrário) + *astrum* (astro) e significa uma desgraça ocasionada por um astro (Desastre..., s.d.). O tema não faz parte de uma discussão recente, pois o interesse humano por essas manifestações acompanha a própria história da humanidade e é descrito em uma variedade de mitos e lendas (Almeida, 2015). Porém, os desastres ainda são recorrentes, com definições inconsistentes e, na visão popular, fisicalistas.

O paradigma fisicalista considera o desastre como um evento impactante por si só, como um desastre natural. Ou seja, é uma ocorrência totalmente física em que a natureza recebe a culpa e o ser humano é componente secundário, dependente e vítima (Carvalho, 2018; Monteiro, 2016). Segundo Sulaiman (2014, p. 20), “os desastres foram historicamente interpretados como resultado de forças estranhas, incontroláveis, que golpeavam o homem como um castigo, ora de origem divina, ora da atuação maléfica da natureza”. Mas, nas últimas décadas, esse paradigma fisicalista deu abertura a uma visão mais integrada da temática (Monteiro, 2016), a qual insere o meio social na análise. Com isso, entende-se que, tal como o perigo, um desastre é algo intrínseco à presença humana.

Assim, desastre é um substantivo resultante da ação humana de estar em um lugar que tem seu grau de resistência saturado, fazendo com que o evento ou fenômeno atinja a integridade do sujeito ou materialidades ali presentes. Desse modo, os desastres não ocorrem em um contexto de paisagens remotas, livre de pegadas humanas (Valêncio, 2014); pelo contrário, a presença de um meio social é característica inerente ao desastre, sendo este definido como:

“[...] acontecimentos ruins, que mesclam aspectos sociais – objetivos, subjetivos e simbólicos – na vida de pessoas e nos seus lugares (de moradia, de trabalho, de circulação), o que confere às mesmas a autoridade de dizer privilegiadamente o que foi que se passou com elas” (Valêncio, 2014, p. 33).

Nesse sentido, o desastre é a união entre um evento natural e a vulnerabilidade humana em um mesmo espaço, de modo que a capacidade da sociedade em lidar

com o fenômeno influencia diretamente na extensão e na gravidade dele. São eventos excepcionais que interrompem o desenvolvimento humano normal e demandam ações humanitárias para mitigar a perda. Além disso, estão fortemente ligados aos processos de desenvolvimento humano, sobretudo às escolhas de desenvolvimento (United Nations Development Programme [UNDP], 2004)

Segundo o Glossário de Defesa Civil (Castro, 1998), um desastre é o resultado de eventos adversos, sejam eles naturais ou provocados pelo ser humano. A ocorrência dele se dá sobre um ecossistema, acarretando danos e prejuízos sociais, ambientais e econômicos. Esses prejuízos e danos são o termômetro de intensidade dos desastres, estando diretamente relacionados à interação entre a magnitude do evento e o grau de vulnerabilidade do sistema receptor afetado. Esses graus de magnitude, bem como origem e evolução, condicionam classificações ao desastre (Castro, 1998), conforme representado no QUADRO I.

Desse modo, não se deve confundir desastre com catástrofe, pois uma catástrofe possui dimensões humanas, financeiras e ecológicas muito superiores às de um desastre (Almeida; Pascoalino, 2009). O termo tem um sentido de divisão, ruptura, fechamento de ciclo, abarcando eventos do tipo terremotos, erupções ou ciclones. Todavia, só são considerados desastres se afetarem um assentamento humano (Cruz *et al.*, 2003).

Historicamente, esses processos naturais já ocasionaram grandes desastres em várias partes do mundo e do Brasil (Carvalho, 2018). Atualmente, a frequência dessas tragédias vem aumentando devido ao mau gerenciamento das bacias hidrográficas e à urbanização desordenada (Kobiyama *et al.*, 2006). Segundo Mello, Papali e Zanetti (2014), no Brasil, 84% dos registros de desastres ocorreram após a década de 1970, mostrando-se cada vez mais intensos e frequentes, principalmente os decorrentes de inundações, enxurradas e deslizamento de encostas (Bertone; Marinho, 2013).

Observa-se que esse período em que houve aumento e concentração corresponde, justamente, ao momento em que o crescimento urbano brasileiro disparou e a população passou a se concentrar majoritariamente nas cidades. Esse processo de urbanização rápido e desordenado se mostrou desprovido de planejamento e palco de disparidades socioeconômicas. A junção desses fatores intensificou a

QUADRO I - Classificação do grau dos desastres segundo o Glossário da Defesa Civil.

INTENSIDADE	Nível I	Danos e prejuízos pequenos e facilmente superáveis pelas comunidades afetadas, de modo com que a situação de normalidade é facilmente restabelecida com os recursos existentes e disponíveis na área (município) afetada, sem necessidade de grandes mobilizações.
	Nível II	Danos causados são de alguma importância e os prejuízos, embora não sejam vultosos, são significativos. Apesar disso, esses desastres são suportáveis e superáveis por comunidades bem-informadas, preparadas, participativas e facilmente mobilizáveis. A situação de normalidade pode ser restabelecida com os recursos existentes e disponíveis na área (município) afetada, desde que sejam racionalmente mobilizados e judiciosamente utilizados.
	Nível III	Danos significativos e prejuízos vultosos. Todavia, esses desastres são suportáveis e superáveis por comunidades bem-informadas, preparadas, participativas e facilmente mobilizáveis. A situação de normalidade pode ser restabelecida, desde que os recursos mobilizados na área (município) afetada sejam reforçados com o aporte de recursos estaduais e federais já disponíveis.
	Nível IV	Desastres de grande porte, caracterizados por danos e prejuízos vultosos e consideráveis. Esses desastres não são superáveis e suportáveis pelas comunidades, mesmo quando bem-informadas, preparadas, participativas e facilmente mobilizáveis, a menos que recebam ajuda de fora da área afetada. O restabelecimento da situação de normalidade depende da mobilização e da ação coordenada dos três níveis do Sistema Nacional de Defesa Civil (SINDEC) e, em alguns casos, de ajuda internacional.
EVOLUÇÃO	Súbito ou de evolução aguda	São súbitos, possuem velocidade no processo de evolução e, normalmente, são marcados pela violência dos eventos adversos causadores dos mesmos. Podem ocorrer de forma inesperada e surpreendente ou ter características cíclicas e sazonais, sendo facilmente previsíveis.
	Gradual ou de evolução crônica	São desastres insidiosos, evoluem por etapas de agravamento progressivo. Um exemplo no Brasil é a seca, pois apresenta essa característica de agravamento progressivo.
	Somação de efeitos	Caracterizam-se pela soma de numerosos acidentes semelhantes, cujos danos, quando somados ao término de um determinado período, definem um desastre muito importante. No Brasil, os estudos epidemiológicos demonstram que os desastres por somação de efeitos parciais são os que provocam os maiores danos anuais. Exemplo destes são: os acidentes de trânsito; os acidentes de trabalho; os acidentes com crianças no ambiente domiciliar e peridomiciliar.
ORIGEM	Natural	Provocados por fenômenos e desequilíbrios da natureza e produzidos por fatores de origem externa que atuam independentemente da ação humana.
	Humana	Provocados por ações ou omissões humanas. Relacionam-se com o próprio homem, enquanto agente e autor. Por isso, são produzidos por fatores de origem interna.
	Mista	Ocorrem quando as ações ou omissões humanas contribuem para intensificar, complicar e/ou agravar desastres naturais. Caracterizam-se, também, por intercorrências de fenômenos adversos naturais que atuam sobre condições ambientais degradadas pelo homem, provocando desastres.

Fonte: Castro 1998, p. 53.

problemática das águas urbanas devido à excessiva impermeabilização do solo e à ocupação de áreas passíveis de ocorrência de deslizamentos de encostas, inundações e, também, alagamentos causados por insuficiência estrutural e falta de manutenção do sistema de drenagem.

Nota-se que, recorrentemente, esses termos são utilizados de maneira equivocada para designar processos distintos. Isso ocorre, sobretudo, por parte da mídia, a qual, geralmente, utiliza os termos “inundação”, “enchente” e “alagamento” como sinônimos. Diante da dificuldade em compreender as particularidades de cada um desses processos, a seção a seguir apresenta a definição de enchentes, inundações, enxurradas e alagamentos, relacionando-a à impermeabilização e à infraestrutura urbana. Posteriormente, distingue-se os diferentes processos que englobam as denominadas movimentações em massa, enfatizando os deslizamentos.

1.2 Enchentes, inundações, enxurradas e alagamentos em áreas urbanas

"Cidades nascem abraçadas a seus rios, mas lhes viram as costas no crescimento" (Assad, 2013, p. 6).

A urbanização é considerada a maior responsável pela alteração da superfície e, consequentemente, pela mudança da dinâmica das águas nas cidades (Targa *et al.*, 2012). A retirada da vegetação, seguida da compactação e da impermeabilização do solo, diminui a capacidade de infiltração e aumenta o coeficiente de escoamento superficial. Com isso, as águas se concentram rapidamente nos talvegues e rios, dando origem aos fenômenos hidrológicos de enchentes e inundações (Miguez; Rezende; Veról, 2016).

Comumente esses dois termos são utilizados como sinônimos, mas eles diferem entre si quanto à fenomenologia. A enchente se refere ao aumento da vazão do rio por um determinado tempo. Entretanto, quando a vazão supera a capacidade de descarga do canal fluvial, indo extravasar para as áreas marginais (várzea e planície aluvial), ocorre a inundação (Herrmann, 2005) (fig. 2).

Bertoni e Tucci (2003) reiteram que esses fenômenos, quando oriundos do processo de impermeabilização do solo e da estrutura da cidade, são denominados



Fig. 2 - Perfil esquemático do processo de enchente e inundação.
(Fonte: Dowell e Lico, 2015, p. 165).

de enchente e inundação urbanas. A primeira pode ocorrer isoladamente ou em conjunto à enchente ribeirinha, que, por si só, é natural. Ambas podem causar impactos negativos ao ser humano quando este ocupa a margem dos rios, e, além disso, os dois tipos de enchentes podem evoluir para uma inundação. Quando ocorre em áreas urbanas, a inundação pode estar relacionada e ser intensificada, também, por estrangulamentos, obstruções dos canais e efeito remanso da macrodrenagem e/ou do rio principal. Além da impermeabilização do solo, outros fatores também são agravantes dos processos hidrológicos, como: aterros e pontes, drenagens inadequadas, obstruções ao escoamento junto a condutos e, principalmente, retificações, canalizações e assoreamento (Bertoni; Tucci, 2003).

A retificação e a canalização suprimem os antigos meandros e rugosidades do canal. As várzeas, sazonalmente sujeitas à inundação, são ampliadas e dão lugar, principalmente, aos sistemas viários (as denominadas marginais) que, posteriormente, tornam-se atrativos para a instalação de aglomerados populacionais. A infraestrutura, ou canal artificial, provoca a aceleração do escoamento, aumento dos picos de vazão e, conseqüentemente, aumento da frequência e do potencial das inundações (Canholi, 2014).

Já o assoreamento reduz a profundidade e o potencial de transporte do canal fluvial (natural ou artificial), o que dificulta o escoamento das águas. O processo

está diretamente relacionado à erosão a montante, que é intensificada a partir da urbanização periférica. O descarte de resíduos sólidos, como lixo, entulho e rejeitos de construção civil, também contribui para o assoreamento da calha do rio e causa obstruções (Santos, A., 2012). Como síntese, Amaral, Santoro e Tominaga (2012) dividem os condicionantes desses processos hidrológicos em dois tipos, naturais e antrópicos, conforme o QUADRO II.

QUADRO II - Condicionantes naturais e antrópicos que propiciam a ocorrência das enchentes, alagamentos e inundações.

NATURAIS	ANTRÓPICOS
Características da rede de drenagem e da bacia hidrográfica; intensidade, quantidade, distribuição e frequência das chuvas; características do solo e teor de umidade.	Uso e ocupação irregular nas planícies margens de rios; lixo e entulho nas proximidades do curso do rio; alteração das características naturais do canal; erosão e assoreamento dos canais.

Fonte: Adaptada de Amaral, Santoro e Tominaga (2012, p. 45).

Conforme o QUADRO II, naturalmente, algumas bacias hidrográficas têm predisposição ao acúmulo de fluxos, o que vai depender, basicamente, da forma que ela possui, do relevo em que está inserida, da sinuosidade do canal e da densidade de drenagem. Porém, quando se trata das inundações urbanas, ou águas urbanas, os fatores antrópicos se destacam como os principais responsáveis pela rápida concentração de água nos canais. Esses canais, por sua vez, não suportam o volume e transbordam, causando desastres e configurando áreas de risco quando há, em seu entorno, vidas e infraestruturas humanas. Não diferentemente, as enxurradas e os alagamentos também podem causar transtornos, prejuízos e vítimas. No entanto, esses processos diferem entre si e entre as inundações e as enchentes.

As enxurradas resultam do escoamento superficial concentrado e enérgico. Elas possuem relação direta com o processo de compactação e impermeabilização do solo, podendo, ou não, estar associadas às áreas de domínio dos processos fluviais (Dowell; Licco, 2015), ou seja, as enxurradas são fluxos de água decorrentes de eventos chuvosos e independentes da existência de um rio. Nas áreas urbanas, elas têm início, sobretudo, nos telhados e demais superfícies impermeáveis ou de baixa permeabilidade.

Em ambientes naturais, dotados de superfície vegetal, as enxurradas também ocorrem, mas em menor volume e intensidade. Nessas áreas, a parcela que não infiltra e percola no solo se transforma em escoamento superficial. A partir disso, o fluxo pode ser drenado para um canal fluvial ou se concentrar em superfícies deprimidas do terreno, formando áreas alagadas ou várzeas.

Já em ambiente urbano, essa dinâmica sofre alteração. Nesses espaços, o escoamento superficial predomina em relação à infiltração. Assim, há formação de enxurradas que escoam por vias e, posteriormente, deveriam ser destinadas ao sistema de drenagem artificial, implantado para conduzir as águas pluviais urbanas. Entretanto, a inexistência ou deficiência desse sistema faz com que as águas pluviais urbanas se acumulem em áreas deprimidas, como superfícies abauladas e de baixa declividade. Esse acúmulo de enxurradas em áreas que, naturalmente ou antropicamente, possuem baixa capacidade de vazão, formam represamentos, os quais são denominados alagamentos. Conforme Míguez, Rezende e Veról (2016), em ambiente urbano, os dois processos (enxurrada e alagamento) estão associados à falha do sistema de drenagem e causam impactos negativos mais pontuais, quando comparados às inundações, no entanto, possuem grande poder de destruição.

Não raramente, as enxurradas e os alagamentos se somam às inundações ribeirinhas, ou seja, ocorrem simultaneamente. Nesse processo, a obstrução do sistema de drenagem pelo aumento do volume dos rios impede a descarga do escoamento pluvial, o que retém o fluxo e gera alagamentos urbanos por falha na captação das águas superficiais (Míguez; Rezende; Veról, 2013). Logo, entende-se que a impermeabilização do solo urbano e a implementação de estruturas obstrutoras e um sistema de drenagem ineficiente são grandes condicionantes dos problemas relacionados às águas urbanas. Diante disso, a subseção a seguir discorre sobre a rede de drenagem urbana em sua concepção histórica-estrutural, pois, no caso da área de estudo desta pesquisa (São João del-Rei), a insuficiência desse sistema intensifica os processos de inundação, enchentes, enxurradas e alagamentos urbanos.

1.2.1 Sistema de drenagem

O termo “drenagem” vem do germânico “*draug*” (tornar seco), alterado pelo francês “*drainer*”, que significa “fazer escoar líquido” (Callegaro, 2014). A palavra é utilizada para designar os canais de escoamento de água, sejam eles naturais ou artificiais, na malha urbana, na zona rural ou em rodovias, visando atenuação dos riscos e dos prejuízos decorrentes de inundações (Cardoso Neto, 2009).

Segundo Cardoso Neto (2009), o caminho percorrido pela água da chuva sobre uma superfície pode ser topograficamente bem definido ou não. No entanto, após a implantação de uma cidade, o percurso das águas pluviais passa a ser determinado de acordo com o traçado das ruas. Com isso, o comportamento é alterado quantitativamente e qualitativamente, passando a percorrer, quando existem, as sarjetas e as tubulações do chamado sistema de microdrenagem. Na sequência, são conduzidas para os sistemas de macrodrenagem situados nos fundos de vale, os quais, na maioria das vezes, são os próprios rios urbanos.

De acordo com Lima *et al.* (2013, p. 5), a finalidade dos sistemas de drenagem é “recolher, transportar e rejeitar nos meios receptores, em condições apropriadas, as águas residuais domésticas, comerciais, industriais e pluviais”. No entanto, no decorrer da história, o sistema e o modo de lidar com essas águas residuais nem sempre foram os mesmos. Os primeiros sistemas de drenagem, na Idade Antiga, seguiam técnicas para o escoamento cloacal “*tout-à-la-rue*”, na qual todos os resíduos e dejetos eram lançados em áreas abertas e corpos hídricos (Cruz; Souza; Tucci, 2012).

Alguns séculos depois, técnicas de cunho sanitaria-higienista buscaram evacuar o mais rapidamente possível as águas pluviais e servidas por meio da impermeabilização de condutos artificiais, após identificarem relação com vetores de doenças. Assim, no final do século XIX, o engenheiro Saturnino de Brito revolucionou o sistema higienista no Brasil a partir da proposta de redes de condutos separados para águas pluviais e cloacais, mas infelizmente a proposta não vigorou significativamente (Cruz; Souza; Tucci, 2012), sendo grande o número de municípios que ainda se utilizam do sistema unitário e ultrapassado, o que provoca alterações no ciclo hidrológico, aceleração e

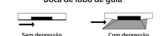
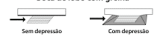
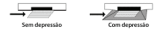
ampliação do pico de descarga superficial e sobrecarga à macrodrenagem, transferindo mais rapidamente os fluxos hídricos para a jusante (Goldenfum; Gonçalves; Souza, 2007).

Segundo Lourenço (2014), a partir da última década do século XX, embasadas nos preceitos de sustentabilidade, novas técnicas de drenagem foram desenvolvidas por países como Austrália, Reino Unido e Estados Unidos. O intuito dessas técnicas é atenuar o escoamento e vazão por pavimentos permeáveis, coberturas verdes, bacias de retenção, entre outros. Essas técnicas vêm recebendo diferentes nomes, como: Sistemas Urbanos de Drenagens Sustentáveis (SUDS), em Portugal; Sustainable Urban Drainage Systems, no Reino Unido; Low Impact Development (LID), nos Estados Unidos; Best Management Practices (BMP), no Canadá; e Water Sensitive Urban Design (WSUD), na Austrália (Lourenço, 2014). Mas, independentemente da terminologia, são técnicas majoritariamente não estruturais que buscam minimizar os efeitos da ação antrópica na paisagem, preservar a vegetação e o solo, diminuir o escoamento superficial e os riscos de inundação, dentre outros (Cruz; Souza; Tucci, 2012).

No Brasil, a adoção dessas técnicas ainda é pequena, e, nesse sentido, em 2007, o Ministério das Cidades apresentou, para o Programa de Drenagem Sustentável, um conjunto de propostas de intervenções estruturais e não estruturais direcionadas à redução das inundações e à melhoria das condições de segurança sanitária, patrimonial e ambiental dos municípios. Dentre elas, destacam-se obras de amortecimento de cheias, adequação de canais para a redução da velocidade de escoamento, sistemas de drenagem por infiltração, implantação de parques lineares, recuperação de várzea, renaturalização de cursos d'água e obras de microdrenagem, sarjetas e canaletas (Brasil, 2012a). Todavia, em 2019, o Ministério das Cidades foi fundido ao Ministério de Integração Nacional, tornando-se o Ministério do Desenvolvimento Regional, e temas como reforma urbana, drenagem, saneamento básico, riscos ambientais e meio ambiente se distanciaram das pautas de governo.

Assim, no Brasil, ainda que precário e não planejado, com vista ao crescimento das cidades, predomina o sistema estrutural de microdrenagem, composto por meios-fios, sarjetas, bocas de lobo (ou bueiros), poços de visita, galerias, condutos forçados, estações de bombeamento e sarjetões (QUADRO III).

QUADRO III - Elementos que compõem a drenagem urbana.

ELEMENTO	FUNÇÃO E CARACTERÍSTICAS
Meio-fio  Fonte: Meio-fio (2019).	Situado entre a via pública e o passeio, com a face superior nivelada com o passeio, formando uma faixa paralela ao eixo da via pública (Cardoso Neto, 2009). A altura do meio fio deve ser de aproximadamente 15 cm em relação ao nível superior da sarjeta, algo inferior a isso diminui os benefícios da capacidade de condução das águas pluviais nas ruas (Lamb, 2014).
Sarjeta  Fonte: Nunes (2016).	Dispositivo normalmente integrado ao meio-fio, formando uma calha que permite a entrada e condução de água para os sumidouros (bocas de lobo) (Lourenço, 2014). A capacidade de descarga das sarjetas depende de sua declividade, rugosidade e forma. A via pública deve possuir uma inclinação/abaulamento de 3% para que as águas não empossem e sejam direcionadas para as sarjetas. Estas devem ter a dimensão calculada de modo com que a altura da água em seu conduto não ultrapasse os 15 cm (Cardoso Neto, 2009).
Boca de lobo Boca de lobo de guia  Boca de lobo com grelha  Boca de lobo combinada  Fonte: Adaptada de Tucci (1993, p. 832).	Dispositivo de captação das águas das sarjetas. A localização dessas estruturas deve respeitar o critério de eficiência na condução das vazões superficiais, mas, no caso da não disposição de dados de escoamento, recomenda-se o espaçamento máximo de 60 m (Cardoso Neto, 2009). A primeira boca de lobo do sistema deve ser colocada no ponto em que a sarjeta já não mais sustenta o escoamento e ocorrerá um transbordamento (Pompêo, 2001). Indica-se ainda que a instalação não deve ser feita em esquinas, e sim um pouco a montante delas, devido à convergência de torrentes e à interferência na mobilidade do pedestre (Cardoso Neto, 2009).
Poços de visita  Fonte: Drenagem... (s.d.).	Dispositivo colocado em pontos convenientes do sistema para permitir a manutenção. A instalação dos poços deve atender à necessidade de visita em mudanças de direção, declividade e diâmetro, ao entroncamento dos trechos e às bocas de lobo (Lamb, 2014).
Galerias  Fonte: Sistema... (2022).	São canalizações públicas destinadas a escoar as águas pluviais oriundas das ligações privadas e das bocas de lobo. O diâmetro mínimo das galerias circulares é de 30 cm (Lamb, 2014) e a manutenção deve ser permanente, pois podem ser obstruídas por resíduos durante eventos chuvosos (Lima <i>et al.</i>, 2013).
Sarjetões  Fonte: Isaltino (2019).	Formados pela própria pavimentação nos cruzamentos das vias públicas, formando calhas que servem para orientar o fluxo das águas que escoam pelas sarjetas (Cardoso Neto, 2009).

Fonte: Ferreira, 2023.

Essas infraestruturas, quando bem projetadas e conservadas a partir de manutenções, reduzem significativamente o risco de inundação, protegem o tráfego rodoviário e de pedestres, reduzem os gastos com manutenção de vias e erosão e favorecem o escoamento (Lima *et al.*, 2013; Lourenço, 2014). O planejamento e dimensionamento desses componentes são de significativa importância, pois evitam que as águas vertam para as ruas e o paralelo com as cheias naturais não se estabeleça. Entretanto, para tal eficácia, são necessárias atitudes externas que partam da educação ambiental e cidadã, pois o acúmulo de lixo e a deterioração das galerias, dentre outros, podem ocasionar uma série de alagamentos locais (Miguez; Rezende; Veról, 2016).

Do mesmo modo que a microdrenagem precisa ser bem dimensionada e mantida para a manutenção do equilíbrio da rede, a macrodrenagem também precisa desse dimensionamento e manutenção, pois corresponde ao sistema receptor, composto pelos rios naturais, artificiais, revestidos e retificados e pelas galerias que funcionam como rios subterrâneos. Assim, o subdimensionamento e a ausência de manutenção adequada podem se tornar uma calamidade (Cardoso Neto, 2009; Miguez; Rezende; Veról, 2016).

Economicamente, o custo para implantação dessas infraestruturas é diretamente proporcional ao volume de água pluvial a ser escoado. Dessa forma, soluções alternativas podem colaborar, tanto ambiental quanto financeiramente, para a execução dos projetos, como: maximização das áreas verdes residenciais (coeficiente de aproveitamento) e em equipamentos urbanos, projetos de arborização em praças, passeios, parques e afins. Esses projetos e possibilidades visam à diminuição do coeficiente de impermeabilização e, consequentemente, do escoamento superficial (Leite; Montes, 2008).

Portanto, embora os avanços referentes ao entendimento, à importância e à ampliação das técnicas voltadas à drenagem urbana tenham sido significativos no decorrer das últimas décadas, eles precisam, necessariamente, extrapolar as políticas, os planos e os conhecimentos acadêmicos, tornando-se prática efetiva implementada no planejamento urbano.

1.3 Deslizamentos em ambientes urbanos

O conjunto de processos que recebe o nome de movimentos em massa tem denominações específicas que variam conforme a velocidade e a natureza. Essas denominações são, por vezes, confundidas, pois diversos autores as utilizam de forma diversificada. Porém, os termos mais adotados e os processos que representam movimentos em massa são: corrida de detritos, queda de blocos, subsidência, rastejamento e deslizamento (ou escorregamento) (Guerra, 2011).

A corrida de detritos (ou corrida de lama) (fig. 3) é considerada um movimento rápido que ocorre na encosta e transporta fluidos viscosos e massa, geralmente argilosa, impregnada de água. O processo ocorre a partir de um deslizamento que mobiliza grandes volumes de materiais que, sequencialmente, escoam ao longo de um ou mais canais de drenagem. As corridas são menos recorrentes do que os próprios deslizamentos, mas têm maior poder destrutivo e se estendem por uma área maior (Brasil, 2007a; Guerra, 1993, 2011).

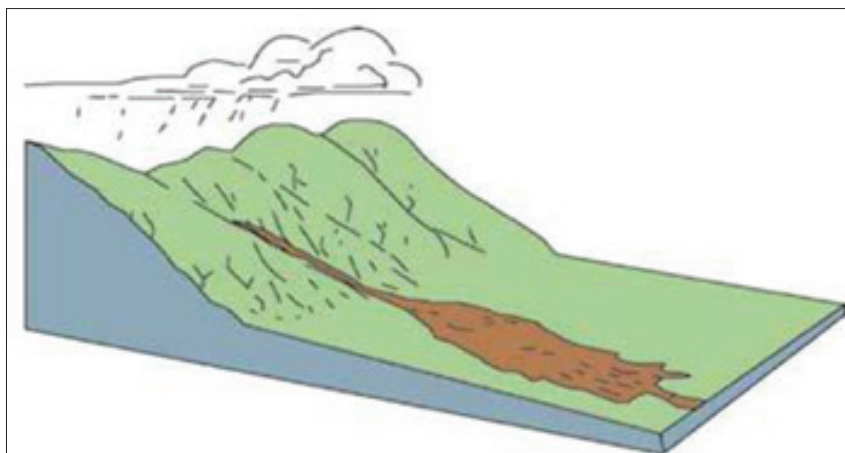


Fig. 3 - Corrida de detritos (Fonte: Bobrowsky e Highland (2008, p. 17).

Já a queda de blocos (fig. 4) está relacionada ao movimento de desprendimento, soltura de um bloco rochoso ou lasca (Guerra, 2011). Ela ocorre em ambientes onde há presença de maciços rochosos, os quais podem se desagregar pela existência

de zonas de fraqueza, por intemperismo físico e pela ação do intemperismo químico sobre as fraturas. A queda desse bloco pode ocorrer de forma íntegra ou desagregando-o em parcelas menores. Quando esse processo ocorre em uma encosta, o material tende a rolar para as partes mais baixas do terreno (Centro de Monitoramento e Alerta de Desastres, s.d.).

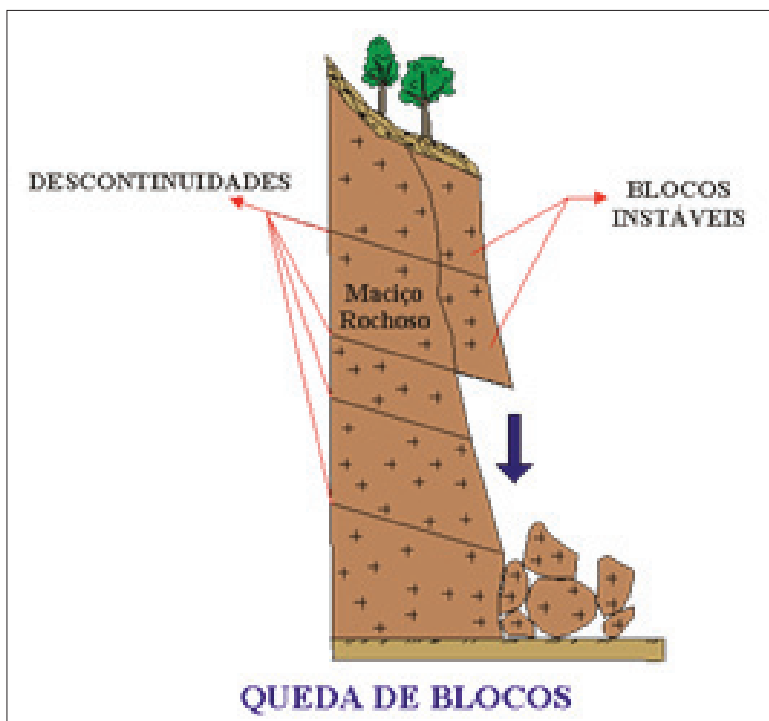


Fig. 4 - Queda de blocos (Fonte: Reis, s.d., s.p.).

Outro tipo de movimento em massa é a subsidência ou o colapso (fig. 5). Os dois termos se referem ao “afundamento” da superfície, sendo o primeiro de forma mais lenta do que o segundo. Nesses processos, ocorre um movimento em massa vertical, visto que uma camada da superfície perde a estabilidade devido à presença interna de cavidades, à redução da porosidade do solo ou à deformação de material argiloso (Centro De Monitoramento E Alerta De Desastres, s.d.). A subsidência pode ocorrer naturalmente ou por ação antrópica (CPRM, 2019).

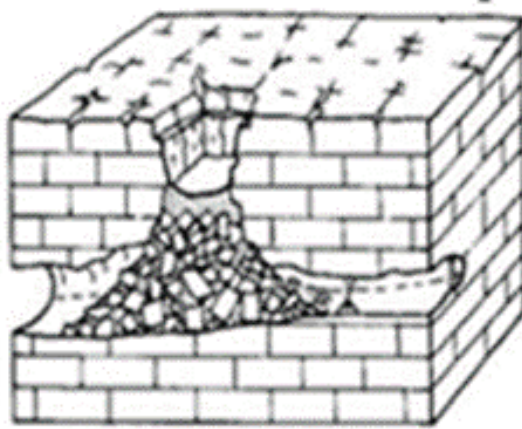


Fig. 5 - Subsidência ou colapso
(Fonte: Centro de Monitoramento e Alerta de Desastres, .d., s.p.).

Diferentemente desses movimentos, o rastejamento é um processo lento (poucos centímetros por ano) e coletivo de solo e rocha decomposta (Guerra, 1993). Ele pode ser perceptível em postes, muros, cercas e árvores, os quais adquirem, com o tempo, inclinações variadas (fig. 6). Esse tipo de movimento compromete estruturas que vão desde pequenas obras (casas, sistemas de drenagens) até grandes empreendimentos (pontes, viadutos) (Cassetti, 2005).

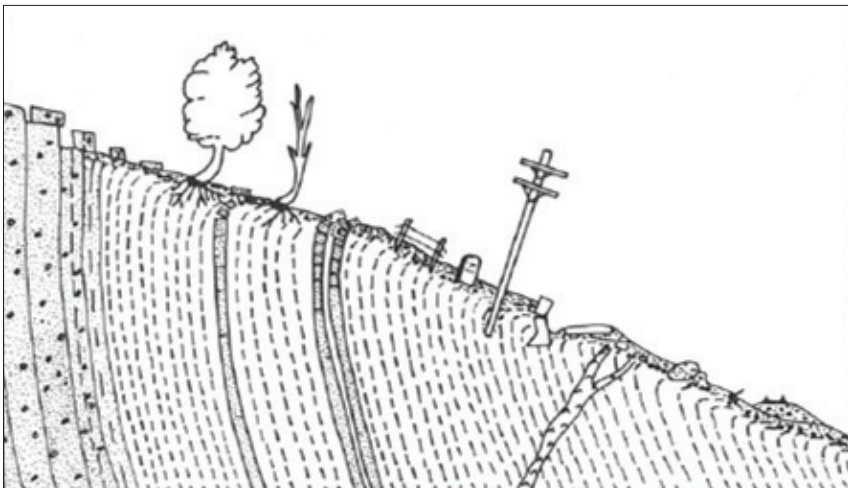


Fig. 6 - Rastejamento (Fonte: Christofolletti, 1980, p. 23).

Já os deslizamentos são movimentos rápidos, de curta duração e plano de ruptura bem definido. Esse tipo de processo se destaca entre os movimentos em massa por ser o mais recorrente, sobretudo nos países tropicais, como o Brasil. A ocorrência em ambientes ocupados pode ser catastrófica, pois envolve o transporte (movimento) coletivo de solo e/ou rocha das encostas para as partes mais baixas do terreno, com movimentos que podem ou não ser potencializados pela presença de água no sistema (Guerra; Marçal, 2006), bem como ser naturais ou induzidos. Conforme a geometria do movimento, os deslizamentos podem ser do tipo rotacional, translacional ou em cunha (fig. 7) e dependem de fatores como: inclinação da vertente, presença ou não de vegetação, consolidação do material e quantidade e frequência de precipitação, o que pode saturar o solo e ocasionar o colapso (Guerra, 1993, 2011).

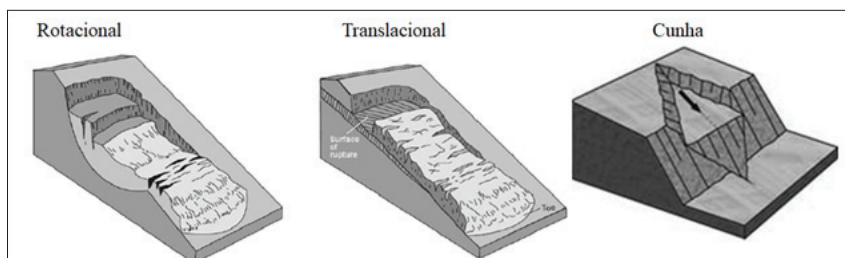


Fig. 7 - Tipos de deslizamento (Fonte: Adaptada de Piedade, 2009, p. 19).

Bateira (2001) destaca, dentre os fatores supracitados, a litologia e a precipitação como cruciais. O primeiro aparece como fator estrutural, geológico, indicando maior ou menor suscetibilidade de movimentos de materiais na vertente. Quando a litologia regional é composta por argilas, arenitos, margas e materiais sedimentares, há maior propensão de ocorrer movimentos de vertente. Tal condição, em conjunto a pluviosidade elevada e a morfologia basicamente composta por superfícies íngremes, como a região do Planalto Atlântico, deflagra deslizamentos resultantes da saturação do solo. Estes, não raramente, podem se tornar catastróficos devido à presença humana no ambiente (Amaral; Santoro; Tominaga, 2012).

Assim, os deslizamentos são processos naturais na evolução e no equilíbrio geomorfológico das vertentes. No entanto, também podem ser ocasionados e/ou

acelerados pela intervenção antrópica no sistema. Nesse sentido, Santos (2012) reitera que a ocorrência do referido processo está relacionada à declividade, à forma da encosta, às características geológicas e à pluviosidade. Além desses, o homem é indutor e acelerador do processo. Por isso, atualmente, acredita-se que o ser humano deve ser inserido entre os agentes que definem ou interferem na dinâmica das vertentes, pois, é promotor de transformações que aceleram e agravam a evolução e a estrutura das encostas a partir da ocupação e do uso desmedido da terra (Cassetti, 1991).

Diante da existência e interação desses diferentes fatores e agentes, Amaral, Santoro e Tominaga (2012) os dividem em duas categorias. A primeira, definida como agentes predisponentes, é composta pelo conjunto de condições geológicas, topográficas e ambientais. Já a segunda, denominada agentes efetivos, inclui o homem como executor de ações que desencadeiam ou aceleram o movimento em massa, tais como: retirada da cobertura vegetal, aterros, ocupação e corte nas vertentes.

No Brasil, o processo de ocupação dessas áreas vem, a princípio, de uma herança europeia pela procura das áreas mais elevadas para a construção de bases militares e castelos, visando a segurança e a integridade. Exemplos disso são as “cidades coloniais” do Rio de Janeiro e Salvador, que, conforme Gonçalves (1992 *apud* Robaina, 2008, p. 5), desde o século XVIII são palco de desastres por ocupação de vertentes.

No final do século XIX, houve uma inversão dessa relação com as encostas, de modo que os vínculos passaram a ser sociais. Assim, essas seções do relevo se tornaram lugar e alternativa para os grupos sociais marginalizados, como os escravizados e imigrantes pobres (Compans, 2007). O processo de ocupação dessas áreas se tornou ainda mais latente a partir da década de 1960, quando o modelo político-social absorveu uma abundante mão de obra vinda de outras regiões do país e que se instalou nas cidades, ocupando, sobretudo, as encostas (Corrêa; Girão; Guerra, 2007; Silva, 2014). O direcionamento da população para essas áreas, segundo Cassetti (1991), não ocorreu apenas pela necessidade de apropriação. Ele fez (e faz) parte de uma lógica determinada pelo modelo de produção capitalista, o qual não se preocupa com as questões ambientais e sociais e se apropria das áreas que possuem infraestrutura, formas e funções estratégicas à instalação do capital. Com isso, as classes menos favorecidas ficam fadadas ao espaço de habitação em

locais afastados, com menor valor agregado (valor de troca) e baixa especulação imobiliária, como as encostas.

Essa lógica de ocupação se intensificou no tempo e no espaço, assim como os desastres relacionados a ela. Segundo Macedo e Martins (2015), entre 1988 e 2016, o número de vítimas fatais de desastres causados apenas por movimento em massa foi de 3.469 pessoas distribuídas por 243 municípios brasileiros inseridos no catálogo de eventos extremos. Atualmente, em março de 2023, o número de vítimas já soma 4.246 pessoas e o número de municípios com registros passou para 275 (Macedo, 2023). Sendo assim, torna-se fundamental a implementação de políticas públicas voltadas ao planejamento territorial e à prevenção de desastres. Isso, segundo a Lei Federal n. 12.608 (Brasil, 2012b), é papel dos municípios, os quais devem mapear as áreas suscetíveis às movimentações em massa e impedir a ocupação delas. Considerando essa prerrogativa, a seção a seguir discorre sobre a importância dos mapas de suscetibilidade como subsídio ao planejamento territorial e à prevenção de desastres nesses locais.

1.4 Mapeamento de áreas suscetíveis a inundações e movimentos em massa

Os mapas são considerados importantes ferramentas de transmissão de informação espacial, portanto, exprimem parte do discurso da realidade e externam conteúdos espaciais como: localização, impactos políticos, indicadores de produtividade e insatisfação, clima, vegetação e muitos outros. Além disso, os mapas tornam possível definir dilemas e resolver problemas (Castellar; Paula, 2020) ligados ao ordenamento territorial.

Por esse motivo, os mapas são vistos como um importante componente do planejamento territorial e ambiental em todas as suas escalas e particularidades. No caso do planejamento territorial, os mapas viabilizam reconhecer e especializar as fragilidades e as potencialidades da área analisada, subsidiando, assim, tomadas de decisões acerca do modelo de ocupação e restrição. Conforme Cristo (2002) e Castro (1996), eles são dispositivos que contribuem para estabelecer e organizar o aproveitamento do espaço geográfico de maneira correta, sendo fundamentais na

elaboração e execução de planos diretores, zoneamentos e planos de ações preventivas a desastres. No caso deste último, destacam-se os mapas de suscetibilidade, os quais são produtos cartográficos primários no processo de construção da análise e da determinação do risco, bem como de prevenção. Nesse sentido, salienta-se que os mapas de suscetibilidade não devem ser confundidos com os mapas de risco. Enquanto o primeiro corresponde à base do entendimento do meio físico passível ou não à ocorrência de eventos propulsores de desastres, o segundo é resultado deste em conjunto às condições socioeconômicas e estruturais, quantificando-as e prevendo as perdas (Cardozo, 2009).

Desse modo, a elaboração de mapas de suscetibilidade é indispensável para a gestão de riscos e permite compreender e prever perigos futuros, a fim de responder emergências e mitigar consequências (Rahmati *et al.*, 2020; Silveira; Valente; Vettorazzi, 2014). A importância dessa elaboração é legalmente reconhecida por meio da Lei n. 12.608 (Brasil, 2012b), a qual inclui o mapeamento de áreas suscetíveis à ocorrência de inundações e movimentos em massa como fundamental à prevenção aos desastres (BITAR, 2014).

Segundo Bathrellos *et al.* (2017), o mapeamento das áreas suscetíveis aos referidos processos fornece informações sobre a distribuição espacial desses fenômenos naturais, o que norteia os planejadores e os gestores na seleção de locais propícios ao uso da terra. Além disso, pode ser considerada uma medida não estrutural de prevenção (Guasselli; Oliveira; Saldanha, 2010).

No Brasil, o Serviço Geológico Nacional tem produzido, em nível territorial, cartas de suscetibilidade à inundação e deslizamento em escala entre 1:25.000 e 1:50.000 (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE], 2019). Esses materiais de significativa importância e qualidade ainda não contemplam o país por inteiro. Todavia, os já elaborados podem compor o primeiro passo em direção ao reconhecimento da necessidade do aprofundamento de investigações em escala mais detalhada e direcionada ao planejamento territorial municipal. Para isso, segundo Bitar, Freitas e Macedo (2015), a escala mínima ideal a se utilizar é de 1:25.000 quando o objetivo for o reconhecimento de suscetibilidades em nível municipal. Em contrapartida, quando o recorte espacial é menor e a análise visa a identificação de aptidões à expansão urbana ou determinar o grau de risco nesses

espaços, necessita-se de maior nível de detalhamento. Assim, adota-se as escalas mínimas de 1:10.000 para as cartas de aptidão à expansão e 1:2.000 para as cartas de risco.

Entretanto, uma das grandes dificuldades que o processo encontra é o acesso aos materiais e bases cartográficas que versam sobre o tema e compõem os modelos de representação espacial da suscetibilidade à inundação e ao movimento em massa (Riffel, 2017). Conforme Sobreira e Souza (2012), infelizmente, a maioria dos municípios brasileiros não têm essas informações. Quando elas existem, são restritas às áreas ocupadas e não apresentam o nível de detalhe necessário e compatível com a análise, como resolução espacial e escala. De modo similar, Carneiro, Gomes e Silva (2014) reiteram que a falta dessa cartografia em escala compatível e atualizada se torna mais sobressalente nos municípios pequenos e médios, os quais não dispõem de recursos para investimento em materiais de alta precisão topográfica, resolução espacial e, também, para a aquisição de *softwares* de geoprocessamento.

A existência e a utilização desses produtos, por parte das instituições e órgãos, agregam grandes contribuições à implementação das mais variadas técnicas de elaboração de mapas temáticos, sobretudo voltados à espacialização dos processos de inundação e movimento em massa. A elaboração desses mapas, conforme Pfaltzgraff (2007), pode empregar diferentes metodologias, ou seja, não consiste em uma técnica unívoca, podendo ser constituídos a partir de métodos, informações e instrumentos diversos e capazes de fundamentar diferentes tipos de análise de suscetibilidade. Em consonância, Canil e Moretti (2020) consideram que os mapeamentos são executados a partir de diferentes métodos, variando conforme o objetivo e a escala. Mas, de todo modo, são essenciais para a localização e a caracterização dos problemas, das fragilidades, das potencialidades, do nível de segurança e da sustentabilidade de ocupação.

Por esse motivo, a temática compõe um tópico de destaque na Carta Brasileira de Cidades Inteligentes (Brasil, 2020a). Segundo esse documento, o uso de tecnologias de informação e comunicação, como o geoprocessamento, é importante para entender os fenômenos urbanos e aperfeiçoar a capacidade de gestão dos governos locais por meio de mecanismos inovadores da ciência de dados. Do mesmo modo, o sensoriamento remoto é mencionado como ciência que possibilita o monitoramento

contínuo do ambiente urbano com propósito de gerar dados e facilitar a regulação das dinâmicas urbanas de forma sustentável e automatizada.

Portanto, compreende-se a partir do exposto que os mapas de suscetibilidade à inundação e ao movimento em massa são ferramentas importantes ao planejamento territorial e da paisagem urbana, sobretudo quando se referem à prevenção de desastres nesses espaços. A elaboração desses materiais não é fundamentada em uma única metodologia e pode ser elaborada a partir de diferentes produtos, informações e ferramentas que possibilitem a integração dos dados espaciais que representem o meio físico e as interações nele existentes. A dificuldade de acesso a esses materiais e bases cartográficas dificulta ou impossibilita a elaboração de mapas de detalhe, entretanto, o uso do geoprocessamento e suas geotecnologias pode suprimir essa carência e propiciar a elaboração de materiais de alta qualidade e serventia ao planejamento.

Diante disso, a subseção a seguir versa brevemente sobre geoprocessamento e geotecnologias, como sensoriamento remoto e Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Estes, comumente, embasam a elaboração dos mapas de suscetibilidade à inundação e ao movimento em massa, auxiliando na gestão de riscos e prevenção de desastres.

1.4.1 A importância das técnicas de análise espacial na gestão e prevenção do risco: a aplicabilidade do geoprocessamento

O geoprocessamento e as geotecnologias que o compõem são ferramentas fundamentais para a elaboração e a integração de cenários para os estudos ambientais. Por meio dele, torna-se possível combinar informações e representações espaciais com uma visão holística, permitindo representar, por exemplo, fenômenos espaciais complexos, como as inundações e os movimentos em massa (Alves; Barbosa; Oliveira, 2011; Martins, 2013).

Etimologicamente, a palavra “geoprocessamento” surge da combinação latina de “*Geo*” (Terra), como prefixo de geografia, somado a “*processos*” (andar avante; progresso) (Moura, 2003). Assim, o termo pode ser definido como um conjunto de

processos, sequenciamentos e tratamentos de dados georreferenciados que permite a associação e a representação do espaço geográfico.

Apesar dessa definição etimológica, tecnicamente não há conceito unívoco para o geoprocessamento. De modo geral, no Brasil, destacam-se os apresentados por Câmara, Davis e Monteiro (2004) e Silva (2009), os quais definem o geoprocessamento como um conjunto de conceitos e tecnologias que operam sobre bases de dados computacionais (registros de ocorrência) para transformar estes em informação relevante. Através dele, torna-se possível identificar e tratar problemas ambientais a partir da localização, da extensão e das relações espaciais (e temporais) dos fenômenos (Silva, 1992). Sua arquitetura envolve procedimentos de entrada, manipulação, armazenamento e análise de dados espaciais georreferenciados (Christofletti; Teixeira, 1997). Desse modo, o geoprocessamento possibilita a manipulação, análise, simulação, modelagem e visualização espacial agregada, ou não, ao uso de um Sistema de Informações Geográficas (Fitz, 2008).

Ainda sobre a definição e o conceito, Moura (2003) acrescenta que o geoprocessamento engloba o processamento digital de imagens, a cartografia digital e os SIGs. Este último e o geoprocessamento são comumente confundidos, tanto em conceito como em semântica. Entretanto, o geoprocessamento, como mencionado, engloba o próprio SIG, as geotecnologias, a cartografia digital e o sensoriamento remoto.

Já o termo SIG, conforme a literatura norte-americana, é utilizado para designar as inovações, *softwares*, ou outros sistemas que lidam com as informações espaciais (Pereira; Silva, 2001). Esse sistema é baseado na combinação de *hardware*, *software*, dados, metodologias e recursos humanos que, operacionalizados, permitem ao usuário a coleta, o manuseio e a análise de dados georreferenciados (Christofletti; Teixeira, 1997). É visto como uma ferramenta computacional do geoprocessamento necessária para o armazenamento de dados georreferenciados, bem como para a realização e a otimização de análises espaciais (De By; Huisman, 2009; Silva, 1999).

Historicamente, a origem do geoprocessamento possui relação intrínseca com o desenvolvimento da informática. As primeiras tentativas de automatização dos processos ocorreram na década de 1950, na Inglaterra e nos Estados Unidos, visando reduzir custos na produção de mapas. No entanto, nesse período, a informática

e a especificidade das aplicações desenvolvidas não permitiam, ainda, que o geoprocessamento fosse classificado como um “sistema de informação” (Câmara; Davis; Monteiro, 2004).

No Brasil, o uso do geoprocessamento data da década de 1980 e tem como instituição precursora a Universidade Federal do Rio de Janeiro, na pessoa do Prof. Dr. Jorge Xavier da Silva. Posteriormente, em 1991, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) também se tornou referência em geoprocessamento a partir do lançamento e disponibilização gratuita do Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas, o SPRING.

Atualmente, a utilização do geoprocessamento é crescente e condiciona novas oportunidades a diversos tipos de profissionais. Por ser funcional, também é visto como uma ferramenta de suporte, gerenciamento e monitoramento (ROSA, 2013), servindo, entre outros, a: órgãos governamentais; administrações municipais; empresas de utilidade pública; publicidade; transporte; energia; comunicação; meio ambiente, prevenção de desastres e planejamento, seja regional, territorial ou urbano (Câmara; Davis; Monteiro, 2004; Lajo, 2021).

No caso do planejamento urbano e da prevenção de desastres, as técnicas de análise espacial, pelo uso do geoprocessamento e dos SIGs, desde a década de 1990, têm se tornado um grande aliado por possibilitar a visualização, o tratamento, o cruzamento e a análise de informações espaciais, os quais auxiliam nas decisões dos órgãos de planejamento e gestão (Pereira; Silva, 2001). Além disso, conforme Lajo (2021), as informações geoespaciais sistematicamente organizadas causam boa impressão para a equipe gestora do município, excluindo a sensação de uma administração desorganizada.

Com o controle dessas informações geoespaciais, é possível monitorar as áreas urbanas e elaborar políticas públicas embasadas e que direcionem o parcelamento do uso e ocupação do solo, além de auxiliar na elaboração do zoneamento urbano, no mapeamento dos imóveis públicos e tombados, no cadastro das atividades econômicas, na atualização do cadastro imobiliário (Lajo, 2021) e, sobretudo, na elaboração de mapas temáticos que subsidiem o planejamento urbano e a prevenção de desastres, como mapas de suscetibilidade, perigo, risco e vulnerabilidade. Esses mapas são elaborados, geralmente, no ambiente de SIG, a partir de técnicas de

modelagem. Uma dessas técnicas, pelo caminho quantitativo, é a álgebra de mapas ou modelagem ambiental (Tomlin, 1990; Zacharias, 2023), a qual, a partir de uma manipulação matemática, associa um ou mais mapas e, assim, produz novos dados (Barbosa *et al.*, 1998).

A utilização dessa técnica é bastante usual em estudos geoambientais. Somente na Revista Brasileira de Geomorfologia, 15% dos trabalhos publicados entre os anos de 2001 e 2020 empregaram a álgebra de mapas em sua metodologia (Mountanher; Morais; Uema, 2022), pois a técnica propicia uma fusão dos conjuntos ou sistemas espaciais específicos (Martinelli, 1994), fazendo dela a melhor opção para a elaboração de uma cartografia ambiental que represente, bidimensionalmente, as relações entre o meio biótico e abiótico (Sousa, 2009). Diante disso, a subseção 2.5.1.1 discorrerá brevemente sobre a álgebra de mapas e sua utilização, sobretudo associada à análise multicritério.

1.4.1.1 Álgebra de mapas e análise multicritério

A primeira importante aplicação da álgebra de mapas como um modelo simplificado de decomposição e composição de mapas temáticos, afim de estabelecer uma “arquitetura da paisagem” (Machado, 2014), data do final da década de 1960 e foi introduzida por Ian MacHarg no livro “*Design with nature*”. Na época, a partir da simples sobreposição de mapas, o autor apresentou uma caracterização integrada do território e a delimitação de áreas adequadas para diferentes usos (Macharg, 1969; Moura; Jankowski, 2016). Posteriormente, no final da década de 1970, o termo álgebra de mapas por Berry e Tomlin (1979), para descrever a técnica da análise conjunta de dados cartográficos digitais que têm tanto sentido matemático quanto espacial e gráfico (Barbosa *et al.*, 1998; Mountanher; Morais; Uema, 2022; Tomlin, 1994). Assim, o desenvolvimento do conceito ocorreu atrelado às noções de geoprocessamento, estatística, matemática e cartografia.

Conhecida também como modelagem cartográfica, a álgebra de mapas possui uma série de conceituações que variam conforme o entendimento distinto dos autores (French; Li, 2010; Mountanher; Morais; Uema, 2022). No escopo deste

trabalho, adota-se a álgebra de mapas como a associação, integração, sobreposição e/ou combinação de dados geoespaciais que, assim, propiciam uma nova informação, uma visão diferenciada ou holística do conjunto de atributos (Sampaio, 2012). O resultado desse processo pode evidenciar relações mais complexas e mútuas, as quais representam uma dinâmica espacial que, associada a um contexto ambiental, possibilita uma geoinclusão³ (Ferreira; Moura; Queiroz, 2010).

O uso dessa técnica, segundo Ventorini e Zacharias (2021), quando aplicada aos estudos que envolvem o planejamento territorial e da paisagem, fornece importantes indicativos de fragilidades e potencialidades espaciais. Assim, a álgebra de mapas corresponde a um importante procedimento de planejamento, por possibilitar a associação de diversas informações (geo)espaciais de uma determinada área, como, por exemplo: aspectos físicos, sociais, econômicos, estruturais, ambientais e políticos.

Aliada à álgebra de mapas, a análise multicritério permite definir e associar, a cada plano de informação e componente da legenda, pesos e notas conforme o grau de interação ou influência, para, assim, gerar um resultado pertinente (Moura, 2007). O método foi desenvolvido pelo matemático Thomas Saaty na década de 1970 e, na literatura, é conhecido, também, como análise hierárquica de processos e árvore de decisões.

Segundo Barros, Marins e Souza (2009), a análise multicritério é o método mais conhecido e utilizado para apoiar tomadas de decisão diante de problemas que possuem múltiplos critérios. Esses problemas, sobretudo quando relacionados ao planejamento, são muitas vezes difíceis de resolver, pois envolvem grande quantidade de dados, fenômenos e incertezas que influenciam nas decisões dos planejadores (Janssen; Rietveld, 1990).

Diante disso, e no contexto do planejamento, a principal função da análise multicritério é facilitar a integração de variáveis espaciais, representada por meio dos mapas temáticos, e os graus de incerteza dessa integração, para com isso, amparar tomadas de decisão (Jankowski; Moura, 2016). Assim, ela pode auxiliar, por

³ Inclusão geográfica ou ambiental associada à atualização, descentralização e incremento do uso de interesse social do geoprocessamento (Goes; Marino; Silva, 2011).

exemplo, na determinação de locais adequados, ou não, para execução de atividades humanas, na identificação de áreas adequadas para a expansão urbana e ambiental, áreas sensíveis e propícias a determinadas atividades agrícolas, áreas suscetíveis a inundação, erosão e movimentos em massa e o grau de risco a que a população está exposta diante desses fenômenos, entre outros.

Desse modo, o modelo de decisão baseado na análise multicritério interessa, sobretudo, a geógrafos e urbanistas, uma vez que possui baixo custo e envolve um conjunto de alternativas e/ou eventos geograficamente definidos, os quais são ordenados com base em avaliações múltiplas, conflitantes e incomensuráveis, para fornecer uma alternativa ou solução (Thill, 2019).

Tecnicamente, a análise multicritério atribui pesos e notas, baseados no grau de pertinência ou influência, aos planos de informação ou mapas e suas respectivas legendas. A matemática aplicada ao processo pode ser baseada na lógica Fuzzy, no método do Processo Analítico Hierárquico (Analytic Hierarchy Process [AHP]), ou na simples média ponderada (Costa; Dourado; Meirelles, 2018; Moura, 2007), como o adotado neste estudo.

No processo da utilização da análise multicritério por média ponderada, os diferentes planos de informação selecionados para a álgebra de mapas recebem um peso percentual que, ao final, soma 100%. Além disso, cada componente da legenda dos referidos planos de informação recebem uma nota estabelecida dentro de um intervalo mínimo e máximo, por exemplo, de 0 a 10, segundo o grau de pertinência ou influência sobre um dado evento (Moura, 2007).

Para a ponderação desses pesos, utiliza-se, comumente, da análise da realidade existente (*data-driven*), ou de consulta a especialistas (*knowledge-driven*), ou da orientação visual (*visual-driven*) ou, ainda orientada por objetivos (*objective-driven*) (Bonham-Carter, 1994; Casagrande; Moura; Rocha, 2018; Mota; Moura; Ribeiro, 2019). Caso seja considerado que uma ou mais variáveis possuam o mesmo grau de influência, os pesos também podem ser distribuídos igualmente.

Quanto às notas da legenda, para serem comparadas, e, posteriormente, efetuar-se uma integração dos planos, torna-se necessário uma normalização. Esse processo faz com que as informações adquiram um caráter contínuo, ou seja, apresentem o mesmo valor mínimo e o mesmo valor máximo, permitindo, assim, a comparação

(Ferreira *et al.*, 2004; Jankowski; Moura, 2016). Atenta-se que a normalização não altera o padrão espacial dos planos de informação, apenas uniformiza os valores mínimos e máximos (fig. 8) (Equação 3).

Não normalizado	Normalizado
25200 45500 0.072 0.102 0 300	0 1 0 1 0 1

Fig. 8 - Normalização dos valores (Fonte: Adaptada de Jankowski e Moura, 2016).

$$(xMáx - xMín) * 1 / (xMáx - xMín) \quad (3)$$

Além dessas etapas e procedimentos, destaca-se que, para a superposição dos mapas em formato *raster*, é fundamental que estes estejam com o tamanho do pixel padronizado (fig. 9). Caso os planos de informação possuam valores de linhas e colunas (*cell size*) diferentes, adota-se sempre o de menor resolução espacial no processo de padronização.

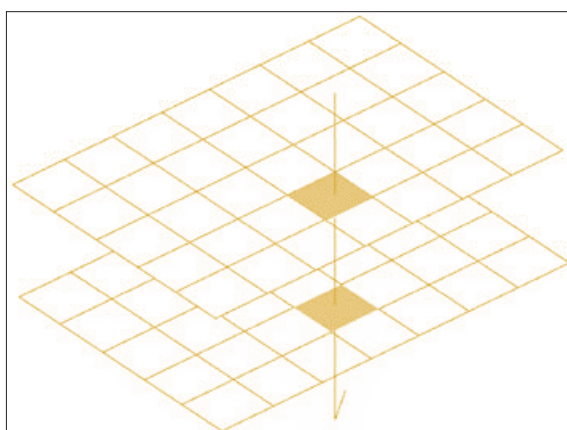


Fig. 9 - Coincidência espacial: sobreposição de planos de informação de mesma resolução (Fonte: Adaptada de Moura, 2003).

Diante da apresentação e associação entre o geoprocessamento, o SIG, a álgebra de mapas, a análise multicritério e as tomadas de decisão para o planejamento em todas as escalas e recortes espaciais, a seção a seguir versa sobre o planejamento da paisagem como unidade de análise espacial e gestão territorial.

1.5 A paisagem como instrumento de planejamento e gestão

Um dos fundamentos que embasam o planejamento, em todos os seus campos, é a análise integrada. Tal característica faz com que a paisagem, como categoria geográfica, seja um ambiente de análise espacial por compreender, de maneira sistêmica, o meio natural e as interações antrópicas que o compõem. A partir desse entendimento, as subseções a seguir visam apresentar, sumariamente, o conceito de paisagem, a relação desta com o planejamento e o histórico do planejamento urbano no Brasil.

1.5.1 Planejamento da paisagem

"Problemas de saneamento básico, saúde pública e traçado de vias de comunicação começam a surgir nesse período, em decorrência do modo de produção da paisagem urbana" (Leite, 1994, p. 83).

O termo “paisagem” é originário do francês “*paysage*” e possui uma multiplicidade de sentidos e utilizações que diferem de acordo com o objeto ou a análise do objeto de estudo. Apesar de ser um dos termos tradicionais da geografia, a paisagem também é empregada por historiadores, arquitetos e outros profissionais. Estes conduzem análises e buscam respostas baseadas na peculiaridade da visão com que a examinam (Chantal; Raison, 1986).

Como termo científico geográfico, a palavra paisagem foi introduzida no início do século XIX, por Alexander von Humboldt. No decorrer da história da geografia, o termo foi abordado por diferentes correntes filosóficas, gerando interpretações divergentes, sendo considerado polissêmico e produto do embate entre visões materialistas e idealistas (Nucci, 2010).

A história, por exemplo, define que a paisagem é representada pela estratificação do trabalho social que sucede sobre o território. Na antropologia cultural, o termo está ligado à manifestação exterior da atividade social e aos instrumentos culturais que as sociedades possuem. Na visão da psicologia, a paisagem é impressão, emoção despertada pelo homem a partir da própria sensibilidade e do ambiente (Leite, 1994). Na arquitetura, considera-se que a paisagem é formada pela individualidade ou pela associação dos lugares, e não pode ser congelada num determinado momento, porque não é uma síntese, mas uma

“[...] representação da realidade e dos elementos que a compõem. O que está representado na paisagem é a decorrência da interação entre sociedade e a natureza da interpretação individual ou coletiva, dos processos de estruturação do território” (Leite, 1994, p. 51).

Desse modo, o conceito é efeito de uma confluência de pressupostos e métodos, produto de um embate ontológico que, desde o século XVIII, acompanhou as reflexões sobre a natureza e sua espacialidade na superfície da Terra (Silveira; Vitte, 2010). As discussões acerca da paisagem visam estabelecer o tipo e os níveis de relações sociais e da natureza em um determinado espaço (Rocha, 2008).

Nessa confluência de pressupostos, Milton Santos (1988b) define paisagem como tudo aquilo que a visão alcança, além de movimentos, sons e cores. Besse (2006), de forma menos reducionista, considera-a como resultado de uma produção que, inicialmente, só cabe à escala do visível, entretanto, possui um “interior” que não se limita ao externo, ao visível, e sim a uma análise aprofundada. Moschini (2008) acrescenta que a paisagem consiste em um arranjo espacial que envolve a combinação de diferentes ecossistemas naturais e usos da terra associados às atividades antrópicas que, no decorrer do tempo, transformam-se ou desaparecem de acordo com suas funções, ou seja, “[...] existindo a partir do reflexo e visão social do sistema produtivo. Suas formas transformam-se ou desaparecem sempre que as teorias, filosofias e necessidades que as criam não são mais reais ou autoevidentes” (Leite, 1994, p. 7).

Nesse sentido, a paisagem pode ser definida como uma categoria física, biológica e social que se manifesta de forma sistêmica em suas interações, tendo

origem sistematicamente natural e modelagem física, biológica, química e antrópica. Esta última é influenciada, sobretudo, por questões socioculturais e econômicas. Essa visão integrada, cujas propriedades essenciais surgem da relação entre as partes (Fonseca, 2016), condicionam a paisagem ao princípio da Teoria Geral dos Sistemas (Bertalanffy, 2010), a qual posteriormente deu subsídio à Teoria dos Geossistemas (Bertrand, 1972; Sochava, 1977) e condicionou a concepção de integração da paisagem como um conjunto de conexões e processos integrados e dinâmicos, em que os seres bióticos se conectam e desenvolvem suas atividades (Galina; Troppmaier, 2006). Por isso, a paisagem constitui um dos mais antigos focos de análise da ciência geográfica e o método de investigação passou por várias modificações no decorrer dos séculos (Ortigoza, 2010), de acordo com as correntes epistemológicas que a compõem. No mundo contemporâneo, predominantemente urbano e antropicamente modificado, torna-se necessário ampliar o entendimento da paisagem para além da visão bucólica.

Desse modo, para este estudo que envolve um olhar para a gestão e o ordenamento do território, optou-se pelo uso da definição apresentada por Schlee *et al.* (2009, p. 232), a qual considera a paisagem como “[...] *um produto profundamente impregnado de cultura, que resulta de processos de alteração contínuos, ditados por fatos biofísicos, sociais e econômicos, portanto também políticos, rebatidos nas formas de ocupação e gestão do território*”. Além disso, adota-se o conceito de paisagem urbana como categoria que representa a materialidade das relações de consumo (Ortigoza, 2010), poder e hegemonia do capital sobre as cidades. Reforça-se que paisagem urbana exprime, no tempo histórico, o processo evolutivo da população enquanto sociedade, a cultura, a integração com o ambiente geográfico e, sobretudo, as adaptações às condições do meio em suas limitações e potencialidades (Motta; Moura, 2016). Em suma, constitui fator de análise fundamental ao planejamento.

Conforme Leite (1994), uma paisagem modificada pelo ser humano não pode ser considerada antinatural, mas sim uma paisagem cultural que deve atender critérios funcionais e estéticos. Além disso, não pode ser planejada de acordo com prioridades econômicas rigorosas que levem à perda dos valores ambientais, para que, em seguida, sejam embelezadas e pseudonaturais (Leite, 1994). Assim, a preocupação e os estudos voltados para o planejamento da paisagem e a questão

ambiental se tornaram recorrentes em âmbito mundial a partir da década de 1960, principalmente pelo grande desenvolvimento tecnológico, econômico e de exploração dos recursos minerais no pós-guerra (Prette; Ross, 1998).

No Brasil, a partir de 1960, ocorreram diversas mudanças estruturais que, com o apoio do Estado, levaram a um processo acelerado de interiorização e modernização. Esses processos alteraram a estrutura do espaço urbano e rural do território, ocasionando perda de diversidade da paisagem e crescente homogeneidade.

Nas últimas décadas, as cidades brasileiras sofreram um aumento populacional atrelado às políticas urbanas de adensamento, as quais foram baseadas apenas na infraestrutura de espaços físicos disponíveis, desprezando a questão ambiental. Tal fato resultou em problemas de ordem social e ambiental em todas as grandes cidades (Gonçalves; Nucci; Valaski, 2014).

Nesse sentido, os estudos ambientais e o planejamento tornam-se procedimentos essenciais para a caracterização da paisagem de modo observável, descritível e quantificável (Blaschke; Lang, 2009). Esses estudos visam um desenvolvimento sustentável baseado no ordenamento físico-territorial, valorizando as potencialidades e as fragilidades dos sistemas ambientais naturais, culturais e econômicos (Prette; Ross, 1998).

Portanto, o planejamento da paisagem se tornou ferramenta central de conservação orientada para a prevenção. Como instrumento, ele indica espacialmente onde há maior necessidade de ação ante aspectos de conservação da natureza e onde as atividades socioeconômicas podem ocorrer de forma eficiente. Desse modo, reduz as fragmentações da paisagem e controla determinados usos inevitáveis de maneira menos agressiva ao meio ambiente (Galler; Haaren; Ott, 2008).

Por fim, não é possível discorrer sobre o tema planejamento da paisagem no ambiente urbano sem esbarrar no planejamento urbano brasileiro, uma vez que, segundo Ugeda Júnior (2014), o planejamento da paisagem é uma alternativa metodológica que complementa o planejamento urbano utilizando as particularidades do ambiente urbano. Sendo assim, a subseção a seguir apresenta uma exposição da temática e sua concepção para, posteriormente, discorrer sobre os instrumentos legais e políticos de apoio e execução de planejamento e prevenção aos desastres.

1.5.2 Algumas considerações acerca do planejamento urbano no Brasil

Discorrer sobre temas relacionados ao planejamento não é tarefa fácil, principalmente quando este se refere ao meio urbano e ao risco ambiental. Torna-se ainda mais complexo quando as cidades, além de possuírem formação espontânea e paisagem significativamente modificada, datam de um período em que a única política existente era a de ocupação do ainda território português. Desse modo, a compreensão do espaço e da paisagem urbana contemporânea demanda um resgate histórico (Godoy, 2011) sistêmico e articulado, visto que sua construção social perpassa períodos políticos, sociais e culturais distintos. Entretanto, reconstituir esse espaço é algo laborioso, pois os registros e informações disponíveis costumam ser raros e descontínuos.

Planejar é decidir antecipadamente o que deve ser feito. O planejamento é um trabalho amplo, de delineamento e métodos a serem executados de forma sistemática, contínua e voltada para o futuro. Ele exige reexame constante das tendências e políticas que promovam o bem-estar social, sendo um meio de melhorar as decisões, um pré-requisito para as ações (Dror, 1963).

Silva (2017), embasada em Dror (1963), considera que o planejamento urbano é um processo técnico e político direcionado à organização de orientações pósteras para uma cidade a partir de diferentes ações que garantam, por exemplo: o desenvolvimento ordenado da cidade; o direcionamento do desenho do ambiente urbano; o uso e a ocupação do solo. Machado (2010) considera que o planejamento urbano consiste em um conjunto de saberes, práticas sociais e intervenções de caráter inter e/ou transdisciplinar que ajuda a pensar e transformar a realidade socioespacial a partir de mediações “político-técnicas”.

Os primeiros estudos a respeito do planejamento urbano tiveram início na Europa, sobretudo após a Revolução Industrial, o que gerou intensas mudanças na paisagem, transformou as cidades e os lugares insalubres e demandou intervenções urgentes e direcionadas para a melhoria da qualidade de vida (Marques, 2012).

No Brasil, até o século XIX, não havia a preocupação em se planejar o espaço urbano, o foco nesse período era o princípio de um higienismo e o urbanismo de Versalhes, Washington, Haussmann e Pereira Passos. Esses modelos prezavam pelo “embelezamento” das cidades e pela destruição da estrutura medieval ou colonial, de

modo a exaltar a nova burguesia. No entanto, a partir de 1930, a ideologia do planejamento enquanto técnica de base científica começou a ser vista como indispensável à solução dos problemas urbanos que se tornaram crescentes (Villaça, 1996).

Nesse período, aparecem pela primeira vez os termos “urbanismo” e “plano diretor” nos planos Agache (para o Rio de Janeiro) e Prestes Maia (para São Paulo), ambos voltados para a infraestrutura e o transporte (Silva, 2017; Villaça, 1996). Entretanto, o termo “plano diretor” só se difundiu no Brasil a partir da década de 1940, mas duas décadas depois foi substituído por outros nomes e caiu no ostracismo até a década 1980 (Villaça, 1996).

Villaça (1996) considera ainda que, entre essas décadas, foram desenvolvidas ações de melhoria urbana pelo Banco Nacional de Habitação e pelo Planasa (Plano Nacional de Saneamento), todavia não tinham por objetivo a organização do espaço urbano e não foram formulados e aplicados para cada cidade individualmente. Desse modo, no período da Ditadura Militar, o plano que mais se aproxima do planejamento urbano é a Lei Federal n. 6.766/79 (Brasil, 1979), que regulamenta loteamentos de forma individual, não no conjunto da cidade (Villaça, 1996).

Foi nos anos 1980 que as lutas urbanas ganharam organicidade a partir do Movimento Nacional da Reforma Urbana (MNRU). Com isso, difundiram-se concepções e práticas sociais que, nas décadas seguintes, tiveram repercussões importantes na estrutura jurídico-institucional, processos e dinâmicas de produção social do espaço urbano (Machado, 2010). É nesse período que o Plano Diretor “ressuscita” (Villaça, 1996) a partir da Constituição Federal de 1988 (Brasil, 1988), que determina a obrigatoriedade de sua execução em todas as cidades com mais de 20 mil habitantes (Maricato, 1997).

A década de 1990, até o ano de 2001, correspondeu a um terceiro período da história do planejamento urbano no Brasil. Os pontos marcantes desse período foram a inserção dos artigos 182 e 183⁴ na Constituição Federal (Brasil, 1988) e a

⁴ “Art. 182. A política de desenvolvimento urbano, executada pelo poder público municipal, conforme diretrizes gerais fixadas em lei, tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes. Art. 183. Aquele que possuir como sua área urbana de até duzentos e cinquenta metros quadrados, por cinco anos, ininterruptamente e sem oposição, utilizando-a para sua moradia ou de sua família, adquirir-lhe-á o domínio, desde que não seja proprietário de outro imóvel urbano ou rural” (Brasil, 1988, s.p.).

aprovação do Estatuto da Cidade pela Lei n. 10.257, de 10 de julho de 2001 (Brasil, 2001; Silva, 2017). Este último regulamentou os artigos supracitados e acrescentou instrumentos inovadores para a elaboração dos planos diretores dos municípios brasileiros (Duarte, 2011). Dentre esses instrumentos, destaca-se a obrigatoriedade do mapeamento de áreas suscetíveis e de risco, o que, posteriormente, foi regulamentado pela Lei n. 12.608 (Brasil, 2012b).

Outro marco a ser considerado no desenvolvimento dos projetos de planejamento urbano no Brasil é a criação do Ministério das Cidades, no ano de 2003. A pasta visava suprir a ausência de uma política nacional de desenvolvimento urbano consistente. Dentre as iniciativas executadas pelo Ministério, destaca-se a Campanha Nacional do “Plano Diretor Participativo: Cidade para Todos”, que, no ano de 2005, propôs a elaboração e a revisão dos planos diretores municipais, com prazo determinado até 2006, e, em seguida, a implantação dos instrumentos de planejamento urbano (Silva, 2017). Entretanto, em 2019, o Ministério das Cidades e o Ministério da Integração Nacional foram integrados. Juntos formaram o Ministério do Desenvolvimento Regional, o qual ampliou e incorporou novas pautas e reduziu a representatividade e as políticas de planejamento do antigo Ministério das Cidades.

A partir dessa breve contextualização histórica e política sobre o planejamento urbano no Brasil, a subseção a seguir discorre sobre os principais planos e instrumentos que lhe dão subsídio e contribuem para a prevenção de desastres em ambiente urbano.

1.6 Instrumentos políticos de planejamento da paisagem urbana, prevenção de riscos e desastres

Os instrumentos políticos são mecanismos que garantem ou guiam o funcionamento e a gestão econômica, social, ambiental e outras, podendo ser apresentados por meio de leis, decretos, planos e estatutos que direcionam o planejamento a curto, médio e longo prazo. No caso do planejamento da paisagem urbana voltada para prevenção, gestão de riscos e desastres, o Plano Diretor e o

Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil são ferramentas indispensáveis. Tendo em vista a importância desses instrumentos, as próximas subseções discorrem sobre a importância dos referidos planos e a relação deles com a prevenção de riscos.

1.6.1 Plano Diretor Municipal

“O plano diretor é parte integrante do processo de planejamento municipal, devendo o plano plurianual, as diretrizes orçamentárias e o orçamento anual incorporar as diretrizes e as prioridades nele contidas” (Brasil, 2001, s.p.).

A expressão “plano diretor” tem origem no meio militar como um plano de ações documentais para dirigir o tiro de baterias de artilharia. Fora do contexto militar, o termo é amplamente utilizado por profissionais urbanistas e planejadores no sentido de um plano que, ao considerar as situações locais, propõe um estado futuro a realizar (Joly, 2008).

De acordo com Silva (2006), denomina-se plano porque estabelece metas a serem cumpridas, prazos em que deve ser realizado, atividades a serem executadas e quem deve executá-las. É diretor porque fixa as orientações, regras e/ou normas do desenvolvimento urbano do município. A elaboração conta com técnicos, políticos, organizações da sociedade civil e toda e qualquer pessoa, o que lhe caracteriza como um plano de gestão e elaboração democrática, mas, mesmo depois de elaborado, é fundamental que haja um acompanhamento da população, de modo a fiscalizar a aplicação (Duarte, 2011).

Marques (2012) argumenta que o Plano Diretor deve ser a espinha dorsal de todo e qualquer planejamento das cidades, devendo enfocar aspectos políticos, físicos, sociais, econômicos, ambientais e administrativos. Para Villaça (1999), a definição mais consensual de plano diretor é: um conjunto de diagnósticos científicos que engloba a realidade física, social, econômica, política e administrativa da cidade, do município e da região. A partir disso, fornece-se um conjunto de propostas para o futuro desenvolvimento socioeconômico e a futura organização espacial dos usos do solo urbano, das redes de infraestrutura e de elementos fundamentais da estrutura

urbana, para a cidade e para o município. Essas propostas são definidas para curto, médio e longo prazos e aprovadas por lei municipal (Villaça, 1999).

O Plano Diretor é determinado pela Lei Federal n. 10.257/2001 (Brasil, 2001) para cidades com mais de 20 mil habitantes, municípios com áreas de especial interesse turístico e sob influência de empreendimentos ou atividades com impacto ambiental em âmbito regional ou nacional, municípios integrantes de regiões metropolitanas e aglomerações urbanas, e municípios incluídos no Cadastro Nacional de Municípios com áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos (Brasil, 2001).

Desse modo, considera-se que o Plano Diretor é o principal instrumento de planejamento urbano no Brasil. Ele define o macrozoneamento do território e as diretrizes gerais do uso e ocupação da terra. Com isso, pode-se afirmar que ele deve assumir um papel central para a redução das exposições diversas ao perigo presentes no meio urbano, sobretudo as que resultam do parcelamento, uso e ocupação de áreas suscetíveis à inundação e ao movimento em massa (Lemos, 2010). Nesse sentido, a criação da Lei n. 12.608/2012 (Brasil, 2012b), que institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, foi de grande importância. Com ela, estabeleceu-se que os municípios brasileiros devem acrescentar ao Plano Diretor o mapeamento de áreas suscetíveis à ocorrência de desastres naturais e impedir a ocupação dessas áreas. Além disso, cabe também a essa esfera da administração pública elaborar o Plano de Contingência para a redução dos riscos (Brasil, 2012b), o qual pode contribuir para o Plano Diretor.

Embora o Plano Diretor seja considerado um instrumento de gestão urbana, possuir caráter organizacional amplo, democrático e vantajoso, há objeções a respeito. Autores como Rezende e Ultramari (2007) consideram o Plano Diretor, tal como outros instrumentos de planejamento, algo utópico e reducionista. Segundo os autores, esses planos são direcionados, principalmente, ao planejamento físico territorial e de interesse nacional, tornando-se generalistas aos interesses e realidades municipais.

Apesar da crítica, Rezende e Ultramari (2007) não desconsideram a importância desse instrumento, apenas afirmam que há necessidade de inclusão de novas técnicas e ensaios, como por exemplo, o Planejamento Estratégico Municipal, que indica e

considera mais claramente as necessidades organizacionais de interesse local. Por fim, acredita-se que o insucesso de alguns planos diretores não se deve somente à metodologia e à essência do projeto, mas da maneira como o Poder Público municipal o elabora, manipula e/ou executa e em prol de que ou quem (Rezende; Ultramari, 2007).

1.6.1.1 Plano Diretor de Drenagem Urbana

O Plano Diretor de Drenagem Urbana (PPDU) é um instrumento de gestão da infraestrutura urbana direcionado ao escoamento das águas pluviais, dos rios e dos arroios em áreas urbanas. Segundo Bertoni e Tucci (2003), esse instrumento elenca ações e estruturas que reduzem as perdas econômicas e proporcionam a melhoria das condições do meio ambiente na totalidade. Isso se dá a partir do planejamento da distribuição das águas pluviais no tempo e no espaço, do desenvolvimento de infraestruturas e do controle de ocupações de risco de inundação.

Assae, Câmara e Fugita (1979) consideram que o PPDU é de grande valia para a administração pública, a comunidade e a economia no geral. Nele devem ser apresentados as obras a serem executadas e os prazos e potenciais do uso da terra urbana não baseados exclusivamente em projetos hidráulicos, mas também em critérios ambientais, sociais e econômicos. Além disso, deve referenciar-se e ser coerente a outros planos, como: zoneamento, sistema viário, áreas verdes etc.

Tucci (2013), em sua obra “Curso de Gestão de Águas Pluviais: Plano Diretor de Drenagem Urbana”, definiu como princípios básicos para um plano diretor de drenagem urbana os seguintes aspectos:

- 1) O Plano Diretor de Drenagem Urbana faz parte do Plano Diretor Urbano.
- 2) O escoamento, durante os eventos chuvosos, não deve ser ampliado pela ocupação da bacia;
- 3) Os impactos provenientes de quaisquer medidas não devem ser transferidos em mitigação,
- 4) O plano deve prever a minimização do impacto ambiental devido ao escoamento pluvial,

- 5) A regulamentação do Plano Diretor de Drenagem Urbana deve contemplar o planejamento das áreas a serem desenvolvidas e a densificação das áreas atualmente loteadas,
- 6) O controle deve ser realizado considerando a bacia em sua totalidade e não somente em trechos isolados;
- 7) O controle de enchentes é um processo permanente,
- 8) A participação de engenheiros, arquitetos, agrônomos e geólogos, entre outros profissionais, da população e dos administradores públicos é essencial para que as decisões públicas sejam tomadas conscientemente por todos,
- 9) O custo da implantação das medidas estruturais, da operação e da manutenção da drenagem urbana deve ser transferido aos proprietários dos lotes, proporcionalmente à área impermeável – que é a geradora de volume adicional – quando em referência às condições naturais,
- 10) O controle do escoamento urbano deve priorizar a sustentabilidade, distribuindo as medidas para aqueles que produzem o aumento do escoamento e a contaminação das águas pluviais,
- 11) É essencial uma gestão eficiente na manutenção de drenagem e na fiscalização da regulamentação.

Em consonância a isso, Mota (s.d.) completa que o principal objetivo do PPDU é criar um mecanismo de gestão para a bacia hidrográfica, o zoneamento urbano e as estruturas de macro e microdrenagem, melhorando as condições de saneamento e a qualidade de vida da cidade. Ele representa um pacote de medidas sustentáveis, preventivas, compensatórias, estruturais ou não, e visa minimizar os impactos negativos na drenagem urbana.

As medidas estruturais são aquelas que modificam o sistema fluvial, evitando os prejuízos causados por enchentes. Já as medidas não estruturais são aquelas em que os prejuízos são reduzidos (Bertoni; Tucci, 2003). Miyazawa, Takayama e Yamasaki (2009) consideram que as medidas não estruturais se baseiam, principalmente, na legislação, de modo a controlar ou impedir a instalação de empreendimentos futuros. Quanto às medidas estruturais, as mais comuns são a combinação de reservatórios de detenção ou retenção das águas pluviais dentro de cada sub-bacia. Exemplos dessas bacias são vistos com frequência na cidade de Belo Horizonte,

como a de detenção Santa Lúcia e Córrego do Leitão, com medidas estruturais que ajudam a conter o escoamento das águas pluviais.

O Plano Diretor de Drenagem Urbana vem sendo utilizado em diversos países desenvolvidos, como os Estados Unidos, a França e a Austrália. Na América do Sul, cidades como Buenos Aires, Lanús e Resistência estão em fase de elaboração do PDDU. No Brasil, as cidades de Porto Alegre, Caxias do Sul e Curitiba já estão usando os resultados desse plano nos planejamentos de bacias urbanas (Allasia *et al.*, 2003).

A principal vantagem da utilização do PDDU como instrumento de gestão é a obtenção futura de menores custos e benefícios em tempo curto para a sociedade e o meio ambiente (Marques, 2006). Tal consideração vai ao encontro da concepção de Assae, Câmara e Fugita (1979), que também consideram a obtenção simultânea de menores custos e melhores resultados como a principal vantagem do planejamento. Assae, Câmara e Fugita (1979) acrescentam, ainda, que a elaboração do PDDU é complexa e precisa da adoção de critérios básicos de planejamento para o sistema de drenagem inicial, para a macrodrenagem e para o programa de desenvolvimento das obras.

1.6.2 Plano Municipal de Saneamento Básico

O plano de saneamento básico ou ambiental compõe a gestão pública integrada e interage diretamente com o Plano Diretor (Tucci, 2005). Segundo Muniz (2014), a institucionalização do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) pode ser considerada um marco no exercício de planejar e um elemento que corrobora o Plano Diretor municipal.

No Brasil, o saneamento básico é considerado um direito assegurado pela Constituição (Brasil, 1988) e definido pela Lei n. 11.445/2007 (Brasil, 2007c) como o conjunto dos serviços, infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem urbana, manejos de resíduos sólidos e de águas pluviais, além de limpeza urbana e fiscalização preventiva das respectivas redes de distribuição e coleta (Brasil, 2007b). Esses serviços, além de favorecer a

manutenção da saúde pública, garantem a segurança da vida e do patrimônio público e privado, dado que são capazes de reduzir o risco de alagamentos, enchentes por sobrecarga de fluidos, inundações por refluxos e, também, movimentos em massa, como deslizamentos e subsidências, ocasionados por vazamentos que aumentam o escoamento subsuperficial.

Segundo Souza (2013), um dos aspectos marcantes da Lei n. 11.445 (Brasil, 2007c) é considerar a drenagem urbana no escopo do saneamento básico, incluindo a terminologia “manejo de águas pluviais”, promovendo uma significativa mudança de abordagem da temática. Logo, essas definições têm consequências diretas na maneira como a municipalidade tratará os problemas de alagamentos e inundações, bem como os princípios a serem adotados, por parte do corpo técnico e administradores, nas suas concepções (Goldenfum, 2017).

Do mesmo modo, Capanema (2022) reitera que a Lei n. 11.445 (Brasil, 2007c) promoveu importantes avanços no tratamento normativo do setor, dentre eles, a obrigação de os municípios elaborarem os planos municipais de saneamento. Tal obrigatoriedade foi regulamentada pelo Decreto n. 7.217/2010, o qual definiu que, a partir do ano de 2014, elaboração do PMSB seria “[...] *condição para o acesso aos recursos orçamentários da União ou aos recursos de financiamentos geridos ou administrados por órgão ou entidade da administração pública federal, quando destinados a serviços de saneamento básico*” (Brasil, 2010, s.p.). No entanto, esta cláusula foi modificada cinco vezes até 2023, todas prorrogando o prazo, que, atualmente, é 31 de dezembro de 2024 (Brasil, 2023b), através do: Decreto n. 8.211 (Brasil, 2014); Decreto n. 8.629/2015 (Brasil, 2015); Decreto n. 9.254/2017 (Brasil, 2017a); Decreto n. 10.203 (Brasil, 2020b); Decreto n. 11.467/2023 (Brasil, 2023b).

Além dessas modificações nos prazos estabelecidos pelo decreto regulamentador, a Lei n. 11.445 (Brasil, 2007c) sofreu cerca de onze alterações no decorrer desses dezesseis anos, sendo a última, no ano de 2020, pela Lei n. 14.026 (Brasil, 2020d), denominada de “marco do saneamento”. Nesta, destaca-se a exclusão do art. 10, o qual versava sobre o saneamento rural e protegia populações vulneráveis de acordo com a renda (Brasil, 2020d). Outra questão a ser ressaltada é que o novo marco

“[...] induz à privatização dos serviços de saneamento ao fragilizar a autonomia municipal relativa à titularidade do serviço, bem como representa a fragmentação da própria Política Nacional de Saneamento, porque o manejo dos resíduos sólidos e a drenagem das águas pluviais, que são dois pilares da política, sequer são considerados pelo novo marco” (Gonçalves; Silva, 2020, p. 87).

Tais questões acerca da Política Nacional de Saneamento são colocadas em pauta por interagirem diretamente com o fator vulnerabilidade e planejamento. Portanto, é um tema e um plano imbricado ao planejamento urbano, territorial e à própria gestão e prevenção de riscos de desastres.

Nesse sentido, Dulac e Kobiyama (2017) reforçam que, dentre as diversas políticas que influenciam e são influenciadas por questões relacionadas aos riscos de desastres naturais, destacam-se aquelas voltadas aos recursos hídricos, saneamento e defesa civil. Para os autores, ações voltadas à integração dessas temáticas podem contribuir para implementar ou melhorar o sistema de drenagem e minimizar os desastres provocados por chuvas intensas e recorrentes.

Diante disso, nota-se que a elaboração dos planos de saneamento requer planejamento integrado, construção coletiva e perspectiva estratégica que assegurem transformá-lo em ação efetiva. A participação de todos os sujeitos e linguagem acessível e clara são fundamentais na sua construção.

Apesar disso, ainda são grandes as dificuldades para elaboração e implementação, sobretudo devido à indisponibilidade de recursos financeiros e à extinção do Ministério das Cidades (entre 2019-2022). Outra limitação é a falta de qualificação profissional e de capacidade técnica municipal para estruturação do plano. Todavia, segundo Heller, Lisboa e Silveira (2013), esta última pode ser parcialmente resolvida mediante a capacitação e/ou contratação de profissionais habilitados à função.

1.6.3 Plano de Contingência, Proteção e Defesa Civil

A Lei Federal n. 12.608, de 10 de abril de 2012 (Brasil, 2012b), institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil, com o intuito principal de reduzir os riscos de desastres, preveni-los e, quando ocorridos, prestar socorro e assistência às populações atingidas. A secretaria executiva responsável por essa estrutura de proteção e defesa civil é a Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, sob interlocução do Ministério do Desenvolvimento Regional.

As ações do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil se dão de forma multisetorial, ou seja, baseadas em uma escala hierárquica administrativa que se dá em três níveis: federal, estadual e municipal. Ao nível federal, compete, dentre outras, formular, orientar e conduzir a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil em articulação com os estados e municípios. À hierarquia estadual, compete a coordenação, o monitoramento e a identificação das áreas de suscetibilidade, perigo e risco em conjunto com os municípios, possibilitando, assim, a elaboração do Plano Estadual de Proteção e Defesa Civil. Já aos municípios, compete, dentre outras, a execução da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil em âmbito local, a identificação e o mapeamento das áreas de risco de desastres, a vistoria e a incorporação das ações de proteção e defesa civil no planejamento municipal (Brasil, 2012b).

Para a execução dessa competência, o Plano de Contingência, Proteção e Defesa Civil (PCPDC) se torna instrumento fundamental, pois funciona como um suporte para a estruturação das ações específicas de preparação à resposta aos desastres. Segundo Margarida *et al.* (2013), esses planos são elaborados para responder às hipóteses específicas de desastres e devem integrar os planos diretores, pois correspondem a um planejamento tático elaborado a partir de uma possibilidade de desastre.

A elaboração desse documento compõe as atribuições da escala municipal no Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil, sendo permitido o apoio do estado tanto na produção como na divulgação. A existência dele é capaz de promover e auxiliar importantes alterações nas políticas de desenvolvimento urbano a partir

da ideia de prevenção, planejamento, organização e mitigação (Menegat, s.d.). Nele, são estabelecidos procedimentos para ações de resposta aos desastres, além de informações sobre as áreas de suscetibilidade e risco presentes no território municipal ou ambiente urbano. Desse modo, é um instrumento de defesa civil que procura fornecer maior segurança aos moradores de áreas de risco de movimentos em massa e inundações, por isso, deve ser elaborado em situação de normalidade, de modo preventivo e anterior ao possível desastre (Araújo; Bertuzzi; Freitas, 2018; Brasil, 2017b; Ferentz; Garcia, 2020; Fernandes *et al.*, 2017).

Assim, considerando que parte dos objetivos da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil é incorporar a redução de risco de desastre (Brasil, 2012b) e danos sociais e econômicos às ações de proteção e defesa civil, os PCPDCs podem ser considerados documentos fundamentais e inerentes à gestão e ao planejamento da paisagem urbana e territorial. Portanto, ressalta-se que é elementar o alinhamento entre o PCPDC e o Plano Diretor municipal.

1.7 Considerações gerais

Os termos, conceitos e nomenclaturas abordados ao longo deste capítulo são essenciais para a compreensão da gestão, mas principalmente do estudo sobre riscos. Entender, primeiramente, que o meio natural pode apresentar suscetibilidade à ocorrência de determinados fenômenos e processos é o primeiro passo para associar que ocupar, ou estar inserido, em determinados espaços pode ser perigoso. Assim, a depender das condições socioeconômicas, culturais e estruturais desses espaços e pessoas, o risco pode ser maior ou menor, bem como o dano causado por um eventual desastre.

Nota-se que a ocorrência desses desastres e situações calamitosas tem apresentado aumento no decorrer das últimas décadas e que processos como inundações, alagamentos, enxurradas e movimentações em massa vêm sendo os principais responsáveis por tais danos. Em relação a esses processos, este capítulo se debruçou sobre a definição dos termos, deixando claro que as enchentes são processos naturais relacionados unicamente ao aumento do caudal normal do rio,

sem que haja transbordamento. No caso de extravasamento do leito, dá-se o nome de inundação. Já os alagamentos e as enxurradas são processos majoritariamente estruturais e relacionados à deficiência do sistema de drenagem e captação.

Como mencionado, esses eventos (ou processos) vêm sendo mais frequentes em diversas localidades do Brasil e do mundo, configurando-se, muitas vezes, em um desastre. A isso, pode-se associar não apenas as mudanças climáticas e as precipitações mais intensas, mas também a falta de planejamento e de gestão territorial que considere essa dinâmica da paisagem. Nesse sentido, planos e políticas públicas direcionadas ao planejamento, gestão de riscos e prevenção de desastres, quando elaborados conforme as especificidades locais e bem conduzidos, implementados e atualizados, são capazes de nortear tomadas de decisão e reduzir os riscos.

No entanto, para isso, o primeiro passo é analisar sistemicamente o espaço onde será desenvolvido o trabalho, as características naturais, estruturais, sociais, econômicas e culturais. Portanto, a elaboração do diagnóstico ambiental territorial se torna uma etapa imprescindível desse processo, devendo compor todos os aspectos mencionados, dentre outros. Tendo em vista a importância dessa etapa de conhecimento espacial, o capítulo subsequente apresenta a caracterização da área de estudo em questão a partir de seus aspectos físicos naturais, o histórico da formação do núcleo urbano e as características socioeconômicas.