

ÁREAS DE RISCO POR PROCESSOS DE DINÂMICA GEOMORFOLÓGICA NO RIO GRANDE DO SUL: FUNDAMENTOS E CONCEITOS

Luís Eduardo de Souza ROBAINA¹

Romario TRENTIN²

RESUMO

As áreas de risco devem ser consideradas como elementos historicamente construídos no espaço urbano das cidades ao longo dos seus processos de ocupação, sendo resultado da relação entre os elementos naturais e as relações sociais, permeadas pela desigualdade, as quais se materializam no espaço. Os processos de dinâmica superficial, como as inundações e os movimentos de massa são eventos naturais e fazem parte da dinâmica do planeta e, como manifestações próprias da natureza, ocorrem independentemente da presença do homem. Quando estes processos acontecem em áreas ocupadas, como as urbanas, podem acarretar consequências econômicas e sociais de significativa dimensão. Nestes casos, estes acontecimentos são chamados de desastres naturais, e as áreas atingidas por tais processos são chamadas de área de risco. O estado do Rio Grande do Sul é seguidamente atingido por inundações e movimentos de massa. As inundações representam o processo que mais danos causa para as cidades, especialmente, as localizadas junto aos grandes rios do estado. Os movimentos de massa são mais importantes nas cidades localizadas no Planalto vulcânico do Rio Grande do Sul e nos morros graníticos da capital do estado, Porto Alegre.

Palavras-chave: Inundação. Movimentos de massa. Áreas de risco.

Abstract

Risk areas in processes dynamics geomorphological in Rio Grande Do Sul state: bases and concepts

The risk areas should be considered as elements historically constructed in urban cities along its occupation processes, being a result of the relationship between the natural elements and social relationships, permeated by inequality, which materialize in space. The dynamic surface processes, such as floods and mass movements are natural events and are part of the dynamics of the planet and, as manifestations of the nature, occur regardless of the presence of man. When these processes occur in busy areas, such as urban, can also entail significant economic and social dimension. In these cases, these events are called natural disasters, and the areas affected by these processes are called risk area. The Rio Grande do Sul state is then hit by floods and mass movements. Floods represent the process causing most damage to the cities, especially those located along the major rivers of the state. Mass movements are important in cities located in the volcanic highlands of Rio Grande do Sul and the granite hills of the Porto Alegre city.

Key words: Flood. Mass movements. Risk area.

¹ Prof. Dr. UFSM – Av. Roraima, 1000 – Prédio 17, Dpto Geociências, sala 1113c – Bairro Camobi, Santa Maria/RS, CEP:97105-900 – E-mail: lesrobaina@yahoo.com.br

² Prof. Dr. UFSM – Av. Roraima, 1000 – Prédio 17, Dpto Geociências, sala 1113c – Bairro Camobi, Santa Maria/RS, CEP:97105-900 – E-mail: romario.trentin@gmail.com

INTRODUÇÃO

A cidade instituiu-se como afirmação do homem perante a natureza, cumprindo papel essencial no desenvolvimento industrial, pela necessidade de concentração espacial da mão-de-obra, indispensável às fábricas. Para Mello (2005), o aparecimento dos núcleos de ocupação urbana iniciou uma nova fase de transformação do espaço e a relação do homem com o meio natural.

De acordo com Bernardes e Ferreira (2003), as relações sociais e econômicas estão socialmente inseridas numa materialidade espacial da cidade, sendo que, pelas vias espaciais, o modo de produção veicula os seus valores de troca e uso, funcionando como um instrumento de concentração de renda. Isso resulta em uma distribuição espacial, onde as populações mais pobres ocupam as áreas da cidade mais suscetíveis a ocorrência de eventos geomorfológicos, como encostas íngremes e várzeas.

Na mesma linha, Sposito (2005) apresenta a discussão de que cidade de hoje é o resultado cumulativo de todas as outras cidades de antes, transformadas, destruídas, reconstruídas, enfim, produzidas pelas transformações sociais ocorridas através dos tempos, engendradas pelas relações que promovem estas transformações.

Neste contexto, pode-se caracterizar que, desde o período colonial, o Brasil registra ocupações nas encostas como uma herança da Idade Média trazida pelos portugueses, época em que as cidades eram construídas em lugares altos por questões militares. Isso resultou em situações de risco desde esta época, como indicado por Gonçalves (1992), quando informa que, até o ano de 1800, a cidade de Salvador já havia registrado vários movimentos de massa, com registro de mortes, destruição de casas e obras públicas, fato relacionado às inúmeras construções realizadas nas encostas da cidade.

Com relação aos rios, sabe-se que o avanço da colonização do Brasil com a construção de novos territórios ocorreu através deles, dando origem a inúmeras cidades, que, ao localizarem-se às margens dos rios, utilizaram-nos em seu benefício como via de transporte, fonte de alimentos e para irrigação dos campos agrícolas. Naquela época, os processos de inundações, muitas vezes de caráter cíclico, estiveram na origem de diversos mitos e temores, assim como originaram processos de ajustamento para proteção e controle desses processos. A maior ou menor regularidade dos regimes deu origem a padrões diversos de utilização do espaço pela sociedade e de intervenção sobre os rios.

Posteriormente a estes primeiros séculos de ocupação, muitas áreas com elevadas declividades e inundáveis continuaram e continuam a receber parcela da população. Com relação a este fato, aponta-se que a Lei das Terras, de 1850, e a abolição da escravatura, em 1888, influenciaram fortemente o início do processo de urbanização brasileira e, também, refletiram-se na ocupação de áreas de risco no país.

O final do século XIX e o início do século XX foram marcados pela realização de reformas urbanas no país, através de obras de saneamento básico, pela implantação de bases legais para o mercado imobiliário, caracterizado pela exclusão da população mais pobre, a qual, geralmente, era expulsa para as áreas periféricas da cidade ou terras menos valorizadas, como os morros e alagados (MARICATO, 2001).

A partir da metade do século XX, conforme Rossato (1993), o Brasil passou a experimentar o fenômeno de urbanização muito rápida, sendo que, entre 1940 e 1980, ocorreu uma inversão quanto ao lugar de residência da população brasileira. Em 1940, a taxa de urbanização era de 26,35%, em 1980, alcançava 68,86%. A rapidez deste processo trouxe consigo severas consequências de ordem socioeconômica e ambiental.

Esta tendência de rápida urbanização continuou ao longo do século XXI, ocasionando o predomínio cada vez maior da população urbana sobre a rural. Segundo dados do IBGE (2010), no censo de 2010, 84,4% da população brasileira residiam em áreas urbanas.

Neste contexto, as cidades brasileiras sofreram, ao longo do seu processo de ocupação e urbanização, um constante processo de separação espacial, que deu origem a duas cidades distintas: uma formal ou legal, que é caracterizada por uma ocupação pautada em preceitos urbanísticos, e outra informal ou ilegal, a qual compreende ocupações com diversas situações fundiárias e características espaciais de distribuição e construção de moradias. Esta cidade informal é, predominantemente, formada pelas classes sociais de baixa renda e, muitas vezes, localizada em áreas de morros ou áreas inundáveis.

Conforme Kowarick (1979), a distribuição das áreas ocupadas e vazias, nas grandes cidades, aponta que o traçado irregular e desconexo dos espaços urbanos, na região metropolitana, reflete a condição social dos habitantes da cidade, espelhando, no nível do espaço, a segregação que impera no âmbito das relações econômicas. Este fato é recorrente nas grandes e médias cidades brasileiras, assim como constitui um processo em desenvolvimento nas cidades de pequeno porte pelo rápido crescimento demográfico da área urbana. Esta disputa desigual por um lugar onde se possa reproduzir as condições materiais de existência (habitar, alimentar-se) e imateriais (cultura, desporto, lazer) provoca a ocupação de áreas impróprias, o que resulta no estabelecimento de áreas de risco no ambiente urbano.

ÁREAS DE RISCO

As áreas de risco, como discutido anteriormente, devem ser consideradas como elementos historicamente construídos no espaço urbano das cidades ao longo dos seus processos de ocupação, sendo resultado da relação entre os elementos naturais e as relações sociais, permeadas pela desigualdade, as quais se materializam no espaço.

Segundo Tominaga (2009), a população mundial em risco aumentou quase 80% no último decênio, sendo que mais de 90% encontram-se nos países em desenvolvimento, com as menores participações nos recursos econômicos e maior exposição aos desastres.

De acordo com Coppola (2011), nenhum desastre é natural, pois qualquer evento que venha a desencadear um desastre requer a interação com a sociedade e seu ambiente construído. A Estratégia Internacional para a Redução de Desastres (EIRD) ou sua sigla em inglês ISDR, como sucessora das disposições emanadas pela DIRDN, apresenta uma mudança de paradigma, pois retira o adjetivo "naturais" vinculado à palavra desastre, de modo que os desastres não são compreendidos mais pela ONU como eminentemente de origem natural, mas como resultado de interações complexas, e a ênfase principal, neste sentido, consiste na procura pela redução à vulnerabilidade frente aos perigos naturais, ao passar de um enfoque baseado na proteção contra os perigos para uma gestão do risco mediante uma integração e redução dos mesmos

Debido a que se tiende a utilizar la prevención de los desastres y la reducción de los mismos indistintamente, la naturaleza de la relación existente entre estos dos conceptos debe clarificarse. En el sentido más estricto del término, se puede considerar la prevención de los desastres como la adopción de medidas dirigidas a evitarlos, lo cual no siempre es posible. Por otra parte, si se interpreta de forma más minuciosa el término de reducción de desastres, el mismo abarca las medidas a ser adoptadas para reducir o limitar la severidad de éstos. (UN/ISDR, 2001, p.4)

Sendo assim, quando se trata de risco, deve-se considerar a susceptibilidade à ocorrência de fenômenos e a vulnerabilidade (fragilidade social-densidade demográfica, infraestrutura, conhecimento e percepção do risco, situação econômica, etc.) do sistema

que está sob análise (KOBAYAMA, 2006). A figura 1 apresenta, de forma esquemática, as relações envolvidas na determinação e zoneamento das áreas de risco.



Figura 1 – Sistematização dos parâmetros que definem o risco

Por outro lado, com o objetivo de trabalhos de zoneamento e cartografia, o *risco* pode ser definido por uma equação matemática que indica uma condição potencial de ocorrência de um acidente, podendo ser escrito pela fórmula:

$$R = P(fA) * C(fV) * g - 1,$$

Onde um determinado nível de risco *R* representa a probabilidade *P* de ocorrer um fenômeno físico em *A*, em local e intervalo de tempo específicos e com características determinadas (localização, dimensões, processos e materiais envolvidos, velocidade e trajetória); causando consequências *C* (às pessoas, bens e/ou ao ambiente), em função da vulnerabilidade *V* dos elementos expostos; podendo ser modificado pelo grau de *gestão* (CARVALHO e GALVÃO, 2006).

Pode-se afirmar que um evento natural traz consigo um potencial de perigo quando se relaciona com a sociedade e as suas obras construídas no espaço. Assim sendo, estar em perigo é estar ameaçado de sofrer alguma perda ou dano. Neste sentido, para Ojeda (1997), o termo perigo ou perigosidade significa a possibilidade de ocorrência de um fenômeno danoso, em um determinado período de tempo em uma dada área.

No que se refere aos perigos, classificados como naturais, UNDRO (1979) expõe que correspondem à probabilidade de ocorrência, dentro de um período de tempo específico em uma determinada área, de um fenômeno natural potencialmente danoso. Os perigos naturais são eventos ameaçadores, capazes de produzir danos ao espaço físico e social onde acontecem não só no momento de sua ocorrência, mas em longo prazo, devido às suas consequências associadas (ALCÁNTARA-AYALA, 2002).

Por sua vez, o glossário da Defesa Civil apresenta o termo ameaça como sendo equivalente ao termo perigo, o qual:

Corresponde ao risco imediato de desastre: 1. Preâncio ou indício de um evento desastroso. Evento adverso provocador de desas-

tre, quando ainda potencial. 2. Estimativa da ocorrência e magnitude de um evento adverso, expressa em termos de probabilidade estatística de concretização do evento (ou acidente) e da provável magnitude de sua manifestação (CASTRO, 2007).

Também Castro (2003) destaca que o perigo “implica a existência do homem que estima o que é um dano e o que não é”, visto que nem sempre os fenômenos naturais causam prejuízos às comunidades, podendo, então, ser considerado apenas como um evento. Neste sentido, Castro apresenta a definição adotada pelas Nações Unidas, a qual aponta que o perigo natural é “a probabilidade de ocorrência, em um determinado período, em uma determinada área, de um fenômeno natural potencialmente danoso” (Nações Unidas, 1984, p. 80, apud CASTRO, 2003).

A partir das definições e classificações apresentadas, entende-se o perigo como um evento, processo, ação ou fenômeno que pode causar danos à propriedade, perturbação social e econômica e até perda de vidas.

O segundo ponto de análise refere-se às consequências em função da vulnerabilidade da população envolvida. Não há riscos em alguma probabilidade de acidente, nem acidentes em qualquer consequência de perda ou de dano. Dessa forma, determinar a capacidade da população de enfrentar o problema, ou seja, a sua vulnerabilidade é um parâmetro fundamental para indicar o risco.

A ONU, por meio da *International Strategy for Disaster Reduction (ISDR)*, tem enfatizado, em suas publicações, que a redução da vulnerabilidade é essencial para reduzir as perdas provocadas por eventos naturais, principalmente nos países em desenvolvimento. Profissionais da área das ciências humanas, como a sociologia, a história e a geografia, vêm desenvolvendo contribuições importantes para lidar com o tema dos desastres naturais, dando ênfase especial ao papel da vulnerabilidade.

Conforme Blaikie *et al* (1996), por vulnerabilidade entende-se as características de um grupo de pessoas de antecipar, sobreviver, resistir e recuperar-se do impacto de uma ameaça natural. Dessa forma, o conceito de vulnerabilidade procura traduzir as consequências previsíveis, sobre o homem e a sociedade, de um fenômeno natural. Uma questão importante para definir o que é ser vulnerável, este estado do ser ou elemento, diz respeito à compreensão de que a vulnerabilidade é variável de acordo com as circunstâncias socioeconômicas dos elementos expostos ao evento, sendo diferenciada dentro de um determinado país, região, estado e cidade, assim como em um assentamento urbano.

Segundo Aguirre (2004), a ênfase dos estudos sobre vulnerabilidade, frente aos desastres, com o objetivo de reduzir os efeitos deles e permitir o progresso social, surgiu nos anos oitenta, fundamentalmente como parte das propostas de programas de entidades internacionais que objetivavam impulsionar o desenvolvimento econômico, uma vez que o resultado das intervenções internacionais para impulsioná-lo era ameaçado pela vulnerabilidade e pela baixa capacidade de resistência dos sistemas tecnológicos frente aos desastres.

Assim posto, pode-se compreender que as áreas de risco são o resultado da interação entre os processos da dinâmica da terra, sejam internos ou externos (os perigos) e a sociedade que, historicamente, construiu o espaço. Em uma sociedade como a nossa, onde o espaço geográfico é produzido socialmente, mas é consumido de forma tão heterogênea, uma parcela significativa da população (em estado de vulnerabilidade) vê-se obrigada a conviver com situações de risco nas cidades.

O gerenciamento, como último fator da equação, pode significar a diferença essencial entre a vida e a morte de dezenas de pessoas que habitam as áreas suscetíveis a eventos naturais causadores de acidentes e desastres.

Rebelo (2008, p.8-9), por sua vez, acresce que a gestão do risco exige, em primeiro lugar, o conhecimento do processo potencialmente perigoso e de todo o trabalho humano que possa intensificá-lo. Depois, exige o conhecimento do modo de distribuição da popula-

ção pela área que possa ser atingida pelo desencadear do processo, ou seja, o conhecimento do grau de exposição ao processo. Por seu turno, Chacín (2008) considera que a Gestão dos Riscos pode ser entendida como:

La capacidad de los actores sociales de desarrollar y conducir una propuesta de intervención consciente, concertada y planificada, para prevenir o evitar, mitigar o reducir el riesgo existente en una localidad o en una región para llevarla a un desarrollo sostenible y que es necesario intervenir ese proceso de desarrollo con las tareas que se requieran para reducir el riesgo (CHACÍN, 2008, p.193).

Conforme a terminologia utilizada pela UN/ISDR(2009), a gestão do risco de desastre é um processo sistemático que utiliza diretrizes administrativas, organização, habilidades e capacidades operacionais para executar políticas e fortalecer as capacidades de enfrentamento, com a finalidade de reduzir o impacto adverso de ameaças naturais e a possibilidade de que ocorra um desastre.

O documento intitulado "*Comunicación de la Comisión al Consejo, el Parlamento Europeo, el Comité Económico Y Social Europeo y el Comité de las Regiones - Gestión de los riesgos de inundación : Prevención, protección y mitigación de las inundaciones*" estabelece os princípios norteadores para a Gestão de risco a inundação para os países da União Europeia:

La gestión de los riesgos de inundación tiene por objeto reducir la probabilidad y el impacto de las inundaciones. La experiencia ha demostrado que el planteamiento más eficaz es el desarrollo de programas de gestión de los riesgos de inundación que incluyan los siguientes elementos:

- Prevención: evitando la construcción de viviendas y edificios industriales en las áreas expuestas a inundaciones actuales o futuras, adaptando las construcciones futuras al riesgo de inundaciones y fomentando la adecuación del uso de los terrenos y las prácticas agrícolas y de silvicultura.
- Protección: adoptando medidas, tanto estructurales como no estructurales, para reducir la probabilidad de inundaciones y sus efectos en puntos concretos.
- Preparación: informando a la población sobre los riesgos de inundación y qué hacer en ese caso.
- Planes de emergencia: preparando planes de emergencia para las inundaciones.
- Recuperación y aprovechamiento de la experiencia: recuperando cuanto antes las condiciones normales y mitigando los efectos sociales y económicos en la población afectada. (COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS, 2004, p. 4)

Conforme Coppola (2011), desde os primórdios do aparecimento do homem na superfície da Terra, há indícios da tentativa de conviver com os perigos que os processos da dinâmica da natureza podem provocar. Os nossos ancestrais pré-históricos já conheciam esses perigos e algumas evidências indicam que eles tomaram algumas medidas para reduzi-los ou mitigá-los, como o simples fato de habitar as cavernas. Na história antiga, um evento catastrófico também foi marcado por uma resposta de emergência organizada, este fato refere-se à erupção do Vesúvio em 79d.C., quando duas cidades ao sopé do vulcão foram seriamente atingidas, Herculano e Pompéia. A primeira, que estava ao pé do vulcão, e, portanto, diretamente no caminho de seu fluxo de lava, foi destruída imediatamente, já a maior parte da população de Pompéia sobreviveu, e as evidências sugerem que os líderes da cidade organizaram uma evacuação em massa.

A análise dos registros mundiais das catástrofes de origem associadas a processos naturais revela a relação existente entre a amplitude dos danos e o estado de desenvolvimento das regiões onde tais fenômenos ocorrem. Agregue-se que a amplitude dos danos e as perdas provocadas por uma catástrofe dependem, em primeiro lugar, da natureza e da magnitude das suas causas, mas também das características do espaço territorial em que ocorre.

Estudos de casos, conforme Mattedie e Butzke (2001), indicam que pessoas que vivem em áreas de risco percebem os eventos como uma ameaça, porém, não costumam atribuir os seus impactos a fatores sociais. Isso é comum com as enchentes, pois, apesar de habitar as áreas de planície de inundação dos rios, essas pessoas costumam atribuir a inundação de suas moradias à força da natureza e não à forma de ocupação do espaço.

Além disso, como observa Wenger (1978), dois fatores determinam o padrão de resposta da comunidade: os tipos de integração e os conflitos existentes no período de normalidade e a experiência acumulada na confrontação da crise. Neste sentido, o tipo de organização social pré-impacto exerce uma influência decisiva no grau de vulnerabilidade das populações a eventos naturais, de tal modo que as situações encontradas no contexto pós-desastres podem ser entendidas como extensão das condições sociais vigentes na fase pré-desastre.

Conforme a terminologia utilizada pela UN/ISDR(2009), a gestão do risco de desastre é um processo sistemático de utilizar diretrizes administrativas, organização, habilidades e capacidades operacionais para executar políticas e fortalecer as capacidades de enfrentamento, com a finalidade de reduzir o impacto adverso de ameaças³ naturais e a possibilidade de que ocorra um desastre.

Em resumo, pode-se dizer que o gerenciamento de risco constitui uma atividade da gestão ambiental urbana que procura, através de atividades sistemáticas, equacionar os cenários de risco que se encontram em nossas cidades, que envolvem atividades de diagnóstico, mapeamento e hierarquização dos problemas, com o intuito de estruturar atividades de mitigação e prevenção a fim de obter a redução das perdas.

O processo de gerenciamento do risco passa por diversas etapas que consistem em planejar, organizar, dirigir e controlar os recursos materiais e humanos de um determinado ambiente visando à prevenção das perdas, na medida em que busca reduzir a frequência e a intensidade dos acidentes no sentido de minimizar os efeitos dos riscos sobre este ambiente, ao mínimo possível.

PROCESSOS DE DINÂMICA GEOMORFOLÓGICOS E OS DESASTRES NO RIO GRANDE DO SUL

Os processos de dinâmica superficial, como as inundações e os movimentos de massa, são eventos naturais e fazem parte da dinâmica do planeta e, como manifestações próprias da natureza, ocorrem independentemente da presença do homem. Quando esses processos ocorrem em áreas ocupadas, como as urbanas, podem acarretar consequências econômicas e sociais de significativa dimensão. Nestes casos, estes acontecimentos são chamados de desastres naturais e as áreas atingidas por esses processos são chamadas de área de risco.

³ No documento intitulado "Terminologia sobre a redução de risco de desastre", a ONU/EIRD considera o termo ameaça como sinônimo para o termo perigo.

O Rio Grande do Sul é afetado por desastres naturais em quase todo o seu território. Os municípios mais afetados por inundações e movimentos de massa foram identificados através da dissertação de mestrado de Reckziegel (2007) e de dados da Defesa Civil estadual.

Inundações

As inundações são causadas por precipitações anômalas que extravasam a capacidade de recepção dos corpos hídricos (rios, lagoas, lagoas, etc.), fazendo com que a água transborde para as áreas adjacentes, causando danos.

Castro (2007, p. 34) considera o termo enchente e inundação gradual como sinônimos, situação em que as "águas elevam-se de forma paulatina e previsível, mantêm-se em situação de cheia durante algum tempo e, a seguir, escoam-se gradualmente". O autor ainda acrescenta que, normalmente, as inundações graduais são cíclicas e nitidamente sazonais, relacionam-se muito mais com períodos demorados de chuvas contínuas do que com chuvas intensas e concentradas, caracterizando-se por sua abrangência e grande extensão.

Também considera como sinônimos os termos enxurrada e inundações bruscas, situações que "são provocadas por chuvas intensas e concentradas, em regiões de relevo acidentado, caracterizando-se por produzirem súbitas e violentas elevações dos canais, os quais escoam de forma rápida e intensa" (CASTRO, 2007, p. 45). Ressalta-se que a inclinação do terreno, ao favorecer o escoamento, contribui para intensificar a torrente e causar danos, pois as enxurradas são típicas de regiões acidentadas e normalmente ocorrem em bacias de médio e de pequeno porte.

Com relação ao termo alagamento, este distingue-se dos demais por estar relacionado com a estrutura de drenagem urbana. Assim, o alagamento pode ser considerado como sendo "o acúmulo momentâneo de águas em uma dada área por problemas no sistema de drenagem, podendo ter ou não relação com processos de natureza fluvial" (TUCCI, 2001, p.93).

Em áreas urbanas, as enchentes, segundo Tucci (1995), são consequência de dois processos que ocorrem isoladamente ou de forma integrada: as enchentes em áreas ribeirinhas, que são naturais, e as enchentes incrementadas ou provocadas pela urbanização. As enchentes naturais nas áreas ribeirinhas provocam consideráveis desastres, principalmente em cidades que se situam nas margens de grandes rios, onde a população, especialmente a de baixa renda, ocupa o leito maior do rio e as planícies de inundação.

As enchentes provocadas pela urbanização acontecem devido à impermeabilização do solo, através da pavimentação das vias e passeios e, por conseguinte, da redução das áreas verdes. Esse fato faz com que aumente o fluxo superficial que escoar durante um evento de precipitação e, assim, aumente a área de inundação. O autor destaca, ainda, que as enchentes potencializadas pela urbanização dão-se, em geral, em bacias de pequeno porte, embora haja exceções, como é o caso das regiões metropolitanas, em que a urbanização também incrementa as enchentes em grandes bacias.

No estado do Rio Grande do Sul, os desastres naturais associados às inundações de caráter gradual ou brusco ocorrem em todas as regiões e os prejuízos causados são significativos, sendo que acontecem em, praticamente, todos os meses do ano com variações marcadas pelas estações do ano, conforme o regime de precipitação.

Assim, conforme Sartori (2003), no verão (22 de dezembro a 20 de março), devido ao maior aquecimento das massas de ar de origem polar, aumenta a participação dos sistemas intertropicais, na definição dos tipos de tempo. Nesta época, são comuns chuvas relacionadas com instabilidade convectiva. No outono, as Frentes Polares começam a tornarem-se mais fortes, devido ao resfriamento do Hemisfério Sul, intensificando a formação das massas

de ar Polar Atlântica e a Tropical Atlântica, gerando Frentes Quentes e intensas ciclogêneses. Esta estação de transição apresenta eventos, tanto relacionados a chuvas de grande duração como de curta duração e intensas. No inverno, em função de uma menor incidência da radiação solar, a participação de Frente Polar Atlântica é maior, permanecendo sobre o estado em mais de 22% dos dias, com aumento dos casos de frentes estacionárias e de ciclogêneses (formação de ciclones frontais). Por fim, na primavera, os fluxos (deslocamentos de massas de ar e correntes perturbadas) de origem intertropical voltam a aumentar o seu valor de frequência na região pelo enfraquecimento da intensidade dos fluxos polares, motivado pela redução dos gradientes térmicos latitudinais e pelo aquecimento do Hemisfério Sul. O aumento da participação de sistemas atmosféricos de origem intertropical provoca um acréscimo na quantidade de chuvas nesta estação, especialmente, entre final de setembro e primeira quinzena de outubro.

Quanto à distribuição espacial, pode-se dizer que o evento de inundações ocorre em todo o estado e que teve, desde o início da sua colonização, uma estreita relação com os rios que o compõem chamado de *Rio Grande*. Dessa forma, pode-se afirmar que a história das primeiras cidades do estado está diretamente ligada à proximidade com corpos d'água.

Os municípios com maior número de eventos registrados estão associados aos grandes cursos d'água do estado, como é apresentado na figura 2, conforme os levantamentos realizados através dos inventários dos últimos 30 anos no estado do Rio Grande do Sul.

Na região oeste do estado, os municípios com maior número de desastres, causados por inundações, estão situados às margens do rio Uruguai, com destaque para os municípios de Uruguaiana, São Borja, Itaqui e Porto Xavier. Além desses, ainda na região oeste, o município de Quaraí, influenciado pelo rio Quaraí, e o município de Alegrete, junto ao rio Ibirapuitã, são muito afetados por eventos de inundação.

Na região leste, as inundações dos rios Taquari, Caí e Sinos são muito significativas afetando, principalmente, no caso do primeiro, os municípios de Encantado, General Câmara, Taquari, Lajeado e Estrela, no segundo, os municípios de São Sebastião do Cai e Montenegro e, no último, Canoas, São Leopoldo e Novo Hamburgo.

No centro do estado, os municípios de Rosário do Sul, São Gabriel, Rio Pardo Cachoeira do Sul, Santa Cruz do Sul apresentam muitos registros de danos provocados por inundações, associados ao rio Santa Maria, rio Vacacaí, rio Pardo, respectivamente, e os dois últimos pelo rio Jacuí.

Os municípios de Pelotas e Rio Grande localizados no sul do estado, na Planície Costeira, junto a Laguna dos Patos, são afetados regularmente por inundações associadas a períodos longos ou de grande intensidade de precipitação e também pela ação de represamento das águas da Laguna dos Patos pelo vento sul.

Porto Alegre é afetada pelo rio Gravataí e seus afluentes na zona norte. Neste caso, os principais eventos estão associados a eventos bruscos. Além disso, Porto Alegre também é afetada por eventos de inundações nos bairros com influência do rio Guaíba.

A figura 2 apresenta a localização dos municípios que mais foram afetados por eventos de inundação nos últimos 30 anos. As figuras 3, 4 e 5 ilustram eventos de inundação em municípios do estado.

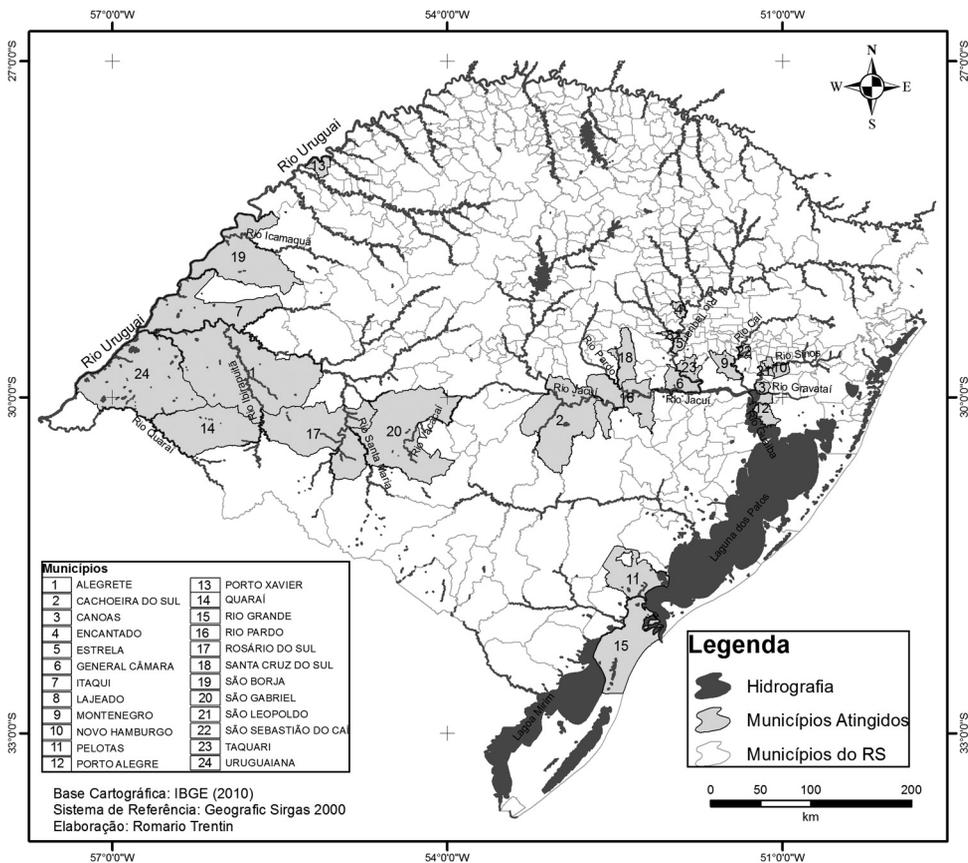


Figura 2 – Mapa dos municípios mais atingidos por eventos de inundação



Figura 3 - Inundação do rio Uruguai no município de Itaqui no ano de 1983 (A)

Fonte: Saueressig (2012) e, no município de São Borja no ano de 2009(B)

Foto: Everton Dalenogare.



Figura 4 - Inundação do rio Ibirapuitã no município de Alegrete, ano de 2009 (A) e, Inundação do Rio Uruguai no município de Uruguaiana, ano de 1983 (B)

Fonte: Banco de dados do Jornal Zero Hora
Fotógrafo: Fernando Gomes.



Figura 5 - Inundação no município de Rio Grande, ano de 2002 (A) e, Inundação do Rio Jacuí no município de Cachoeira do Sul no ano de 2009 (B)

Fonte: Defesa Civil.

Movimentos de Massa

Os movimentos de massa são reconhecidos como os mais importantes processos geomorfológicos modeladores da superfície terrestre. Constituem-se no deslocamento de material (solo e rocha) encosta abaixo, sob influência da gravidade, desencadeado pela interferência direta de vários fatores condicionantes.

Na literatura internacional, os movimentos que ocorrem nas encostas sob a ação da gravidade são denominados de *landslides*, *landslips*, *slope movements*, *mass movements* e ainda *mass wasting*.

De acordo com Bloom (1991), *mass wasting* é um termo geral para todos os movimentos gravitacionais ou movimentos de descida de detritos de rocha e materiais intemperizados. Segundo o autor, este conceito implica que a gravidade seja a força mais importante no processo, porém, ele não exclui o fluxo de água pelo fato de criar superfícies de erosão e por gerar poro pressão.

Avaliando os diferentes conceitos internacionais para os movimentos em vertentes ou encostas, Nummer (2003) conclui que o termo *landslides* pode ser utilizado como sinônimo de movimento de massa (*mass movements*), o que significa, em termos mais amplos, todo e qualquer movimento de materiais terrosos ou rochosos, sob a ação da gravidade, na

presença ou não de água, gelo ou ar, não importando a sua forma, a velocidade e nem o processo que o gerou.

Existem inúmeras classificações para os movimentos de massa que permitem associar um determinado tipo de movimento às suas características (profundidade, raio de alcance, material, etc.). Estas características, em conjunto com o entendimento dos condicionantes, possibilitam formular modelos que são fundamentais para orientar medidas preventivas e/ou corretivas.

De modo geral, as classificações de movimentos de massa baseiam-se na combinação de critérios como: (i) velocidade, direção e recorrência dos deslocamentos; (ii) natureza do material, textura, estrutura e conteúdo de água; (iii) geometria da massa movimentada; (iv) taxa de deformação do movimento.

Destacam-se as classificações brasileiras, para movimentos de massa, propostas por Jones (1973), Guidicini e Nieble (1984), pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo-IPT (1991) e por Augusto Filho (1992).

A classificação de Augusto Filho (1992) tem sido muito utilizada por ser simples e aplicar-se ao clima brasileiro. Define os termos rastejo, escorregamentos, quedas e corridas.

Os rastejos são movimentos lentos, sazonais, com uma geometria comumente indefinida e que envolvem uma grande massa de solo, depósitos superficiais (como colúvios) e material de alteração. Podem ser reconhecidos, em campo, pela presença de trinças no topo da encosta ou talude perpendiculares a direção de seu movimento, tronco de árvores e cercas inclinadas e a presença de linhas de seixos ou blocos de rocha localizadas na porção média a inferior da área afetada.

Os escorregamentos são movimentos rápidos com volumes definidos de solo ou rocha ou mesmo materiais de depósitos superficiais que se manifestam ao longo de uma ou mais superfícies de ruptura (superfície de cisalhamento).

Os movimentos de massa do tipo quedas são muito rápidos e associam-se à ação da gravidade sem a presença de uma superfície de cisalhamento e, normalmente, estão associadas à presença de descontinuidades nos maciços rochosos o que influenciará a forma do material instabilizado.

As corridas, por sua vez, são movimentos muito rápidos e que mobilizam uma grande quantidade de material como solos, rochas, material de alteração, árvores, etc. Estes movimentos, em geral, começam como um escorregamento no topo da encosta, onde o material mobilizado atinge os cursos de água, formando uma massa de grande densidade e viscosidade.

No Rio Grande do Sul, os municípios com maior registro de acidentes estão associados às cidades de maior ocupação urbana, onde as encostas são modificadas para o estabelecimento de moradias, induzindo ou aumentando a possibilidade de ocorrência de evento. Os registros são mais significativos nos municípios de Bento Gonçalves, Caxias do Sul, Santa Cruz do Sul e Porto Alegre.

A região em que se inserem os municípios de Caxias do Sul e Bento Gonçalves é conhecida como "Serra Gaúcha", que teve a ocupação associada à chegada dos imigrantes italianos, com economia, inicialmente, baseada na produção agrícola, que cedeu lugar às atividades do setor industrial a partir da década de 1920, especialmente, no município de Caxias do Sul, levando a um intenso e rápido crescimento, ocasionando pressões no espaço urbano e conduzindo ao aparecimento dos primeiros problemas ligados à ocupação desordenada.

Geomorfológicamente, está localizada no Planalto do Rio Grande do Sul, o qual é representado por pacotes de derrames vulcânicos que formam um empilhamento de estratos sub-horizontais ou homoclinais, soerguidos, o que lhe dá uma superfície ondulada, entalhada por vales estruturais, estreitos e profundos.

O intenso fraturamento das rochas vulcânicas, gerado por tectônica e devido à contração, associado ao resfriamento e solidificação da lava desempenham um papel geomorfológico no controle sobre os padrões de drenagem, as formas e a evolução das encostas. Isso resulta em um relevo caracterizado por morros com vertentes côncavo-convexo e escarpas recortadas e festonadas pelo entalhe das drenagens, gerando encostas suscetíveis a transporte e movimentos de massa. Os solos são rasos e pedregosos, em geral, mas passam localmente para porções espessas nas áreas de contato entre derrames.

Na parte baixa da vertente, podem ocorrer depósitos superficiais definidos como colúvios com espessuras variadas, que são áreas de fragilidade natural com relação aos movimentos de massa.

No município de Santa Cruz do Sul, a ocupação urbana avançou em um relevo de morros e morrotes com encostas íngremes que caracterizam a região denominada Rebordo do Planalto. A ocupação destas encostas tem provocado diversas situações de risco.

Além da região do Planalto vulcânico, os movimentos de massa são processos de risco importantes em Porto Alegre, devido à ocupação das encostas graníticas. Na cidade de Porto Alegre, as ocorrências de movimentos de massa apresentam um prolongamento no sentido sudoeste-nordeste que corresponde a faixas de morros que ocorrem na porção central do município de Porto Alegre.

A predominância de movimentos de massa nos corpos graníticos está associada, em geral, à ocorrência de material intemperizado, constituído por solo, blocos e matacões. As bordas dos corpos graníticos, por estarem expostas a maior ação de esforços tectônicos, são mais fraturadas, o que permite a ação direta dos processos de intemperismo, desagregando blocos de rocha e solo e, dessa forma, gerando variada espessura do manto de alteração que favorece a ocorrência dos movimentos de massa.

Destaca-se que alguns registros estão associados à ocupação de áreas de pedreiras desativadas. Nestas áreas, os eventos estão associados à exposição direta de rocha em vertentes verticais.

Blocos e matacões imersos no solo podem, quando em cortes no terreno, constituir-se em risco pela possibilidade de queda associada à ação erosiva da base. Na superfície, podem rolar em condições de declive muito acentuado na vertente, pela perda da resistência, que, muitas vezes, acontece pela retirada de vegetação e ação erosiva.

O mapa da figura 06 apresenta a localização de municípios do estado, que mais foram afetados por eventos de movimentos de massa nos últimos 30 anos. As figuras 7 e 8 apresentam ocupações em encosta com perigo de movimentos de massa.

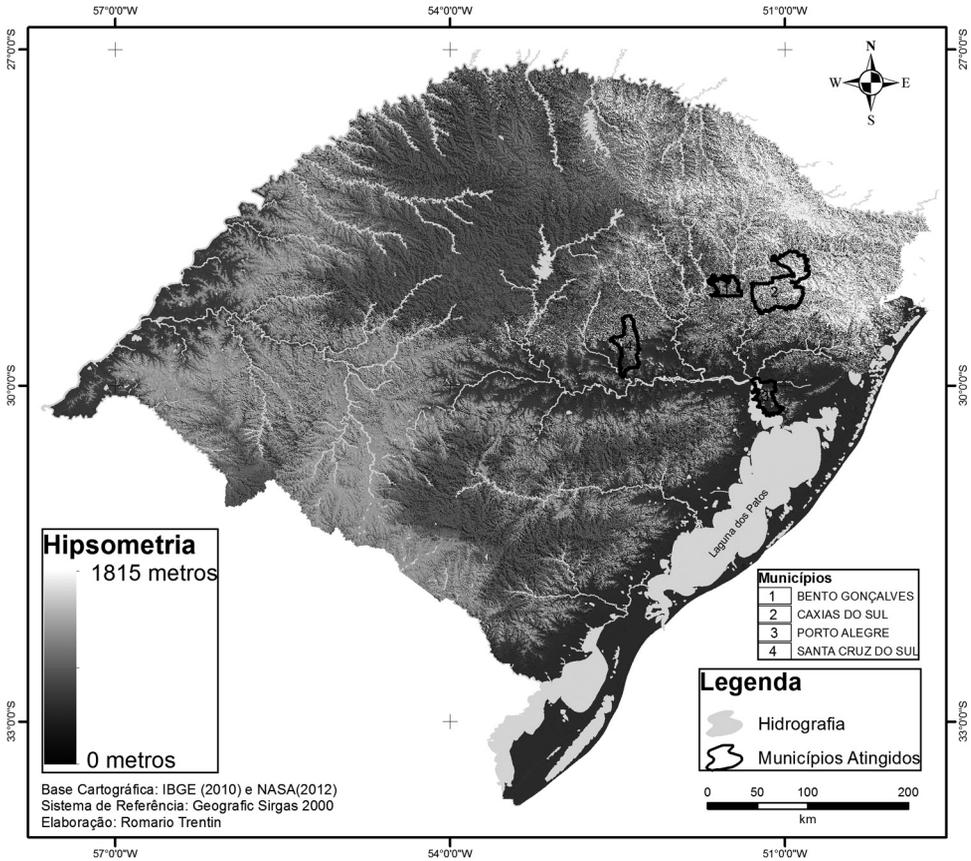


Figura 6 – Mapa dos municípios mais atingidos por eventos de movimento de massa no estado do Rio Grande do Sul

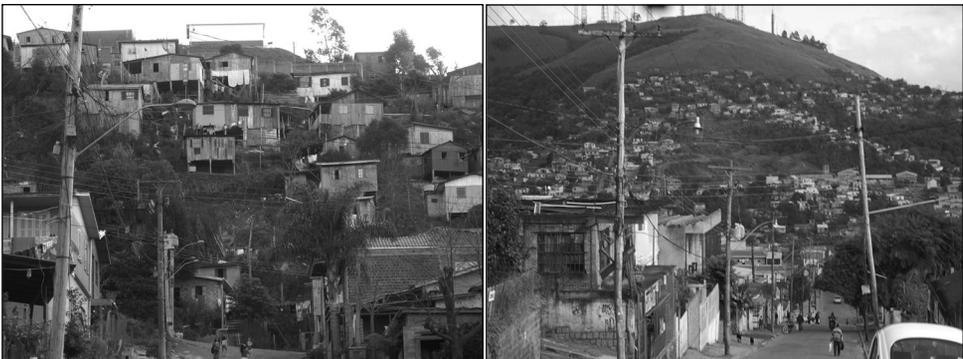


Figura 7 – Ocupação de áreas com forte inclinação, com risco de movimento de massa no município de Caxias do Sul (A) e Porto Alegre - Morro da Polícia (B)

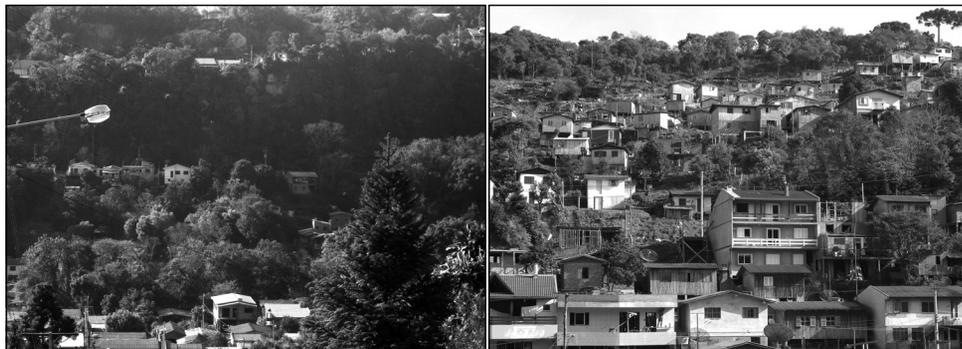


Figura 8 – Ocupação de áreas com forte inclinação, com risco de movimento de massa no município de Santa Cruz do Sul (A) e Caxias do Sul (B)

Erosão e solapamento de margens fluviais

A erosão dos bancos marginais é acompanhada por uma combinação de processos, incluindo intemperismo do material componente da margem, movimentos de massa que causam o colapso da margem e o arrasto das partículas sedimentares do fundo do canal.

Os movimentos de massa ao longo dos bancos marginais podem ser de diferentes estilos, incluindo escorregamentos rotacionais, *slumps* no rio e colapsos de porções ou placas do banco, especialmente onde o canal está cortando sob o banco marginal.

Rocha (2009) apresenta uma discussão dos fatores que controlam o colapso das margens. Dentre os fatores, o acamadamento dos sedimentos dos bancos e da planície de inundação, a pressão poro-fluído, o tipo de material e a inclinação da margem são os mais importantes.

Sedimentos com inclinações acentuadas em direção ao canal e muito intemperizados compõem a margem das situações com maior suscetibilidade.

O aumento da umidade dos solos sobre os bancos durante eventos de chuva e de cheia diminui a resistência friccional dos sedimentos do banco, podendo facilitar a ocorrência de colapsos.

Outros fatores como coesividade, granulometria, densidade e profundidade das raízes relacionam-se com a resistência erosiva e o solapamento das margens.

Este é um processo de risco muito comum em todas as cidades do estado, com as ocupações ao longo das margens, dos canais de segunda e terceira ordem, que são significativamente modificados, dependendo das condições econômicas da população. Em geral, a população menos favorecida habita as margens dos arroios e induz a ocorrência de processos com lançamento de aterro e lixo na margem, lançamento de água servida, etc., tornando-se causa e consequência dos processos naturais de erosão e solapamento das margens.

As principais características deste evento são identificadas por serem restritos ao canal de drenagem, apresentar impacto destrutivo em função da energia de escoamento do curso d'água, ter alta possibilidade de destruição de moradias e moderada a alta de perda de vidas humanas.

As figuras 9 e 10 apresentam ocupações ao longo de cursos de água com processos de solapamento e erosão de margens.



Figura 9 – Ocupação de margem de arroio com processo de erosão de margem no município de Caxias do Sul (A) (2010) e no município de Santa Maria (B) (2010)

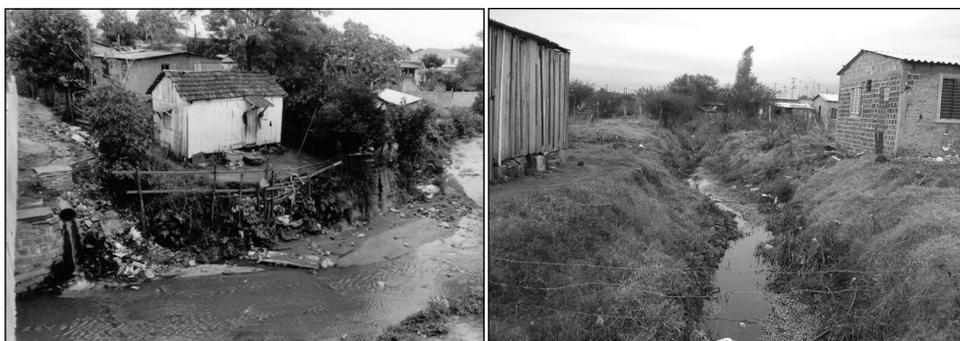


Figura 10 – Ocupação de margem de arroio com processo de erosão de margem no município de Porto Alegre (A) (2002), no município de Alegrete (2010)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ocupação das áreas suscetíveis aos processos de dinâmica natural, principalmente, aqueles de natureza geomorfológica, é pautada em fatores econômicos, políticos, sociais e culturais.

Dessa forma, o homem, além de vítima, ao mesmo tempo, é responsável pela intensificação ou desencadeamento do desastre.

A intensa e contínua ocorrência de eventos desencadeadores de risco mostra a fragilidade dos órgãos gestores frente às ações ligadas ao processo de redução da vulnerabilidade social e da ocupação de áreas sujeitas aos processos responsáveis pela ocorrência de desastres que visem à mitigação ou eliminação do risco junto à sociedade.

Sob tal perspectiva, a gestão e o gerenciamento de risco dependem do conhecimento dos vários fatores envolvidos no desenvolvimento de áreas com possibilidade de ocorrência de processos naturais, induzidos ou não, bem como a necessidade de uma clareza conceitual que venha orientar as atividades de pesquisa e de planejamento.

REFERÊNCIAS

- AGUIRRE, B. E. Los desastres em Latino américa: vulnerabilidade y resistencia. **Revista Mexicana de Sociología**, Año 66, n. 3, Julio-Septiembre, p. 485-510, 2004.
- ALCÁNTARA-AYALA, I. Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries. **Geomorphology**, v.47, n.2 -4, p.107-124, Out.2002.
- AUGUSTO FILHO, O. Caracterização Geológico-Geotécnica Voltada à Estabilização de Encostas: uma Proposta Metodológica. In: 1ª. COBRAE, Rio de Janeiro,1992. **Anais... ABMS/ ABGE**, v.2, p. 721-733.
- BERNARDES, J. A; FERREIRA, F. P. de M. Sociedade e Natureza. In: CUNHA, Sandra Baptista da; GUERRA, Antonio José Teixeira. **A Questão Ambiental: Diferentes Abordagens**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003, p. 17-42.
- BLAIKIE, P.; CANNON, T; DAVID. IAN; WISNER, B. VULNERABILIDAD: **El entorno social, político y económico de los desastres**. Peru: La Red, 1996. Disponível em: <http://www.desenredando.org/public/libros/1996/vesped/vesped-todo_sep-09-2002.pdf>.
- BLOOM, A. L. **Geomorphology: A Systematic Analysis of Late Cenozoic Landforms**. London: Prentice Hall (UK), 1991, 348p.
- CARVALHO, C. S. e GALVÃO, T (Org.). **Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas: Guia para Elaboração de Políticas Municipais – Brasília: Ministério das Cidades; Cities Alliance, 2006.**
- CASTRO, A. L. C. **Manual de desastres: desastres naturais**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2003. 174 p.
- CASTRO, A. L. C. de (Org.). **Glossário de Defesa Civil, Estudos de Riscos e Medicina de Desastres**. 5ª Ed. Brasília: Secretaria Nacional de Defesa Civil, 2007. Volume Único. 283 páginas. Disponível em: <<http://www.defesacivil.gov.br/publicacoes/publicacoes/glossario.asp>>. Acesso em: 25 jun. 2010.
- CHACÍN, B. O. La gestión ambiental en áreas de alto riesgo. Caso estado Vargas, Venezuela. In: LEMOS, A. I. G. de; ROSS, J. L. S; LUCHIARI, A. (Org.). **América Latina: sociedade e meio ambiente**. São Paulo: Expressão Popular, 2008. p. 187 – 206.
- COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS. **Comunicación de la Comisión al Consejo, el Parlamento Europeo, el Comité Económico Y Social Europeo y el Comité de las Regiones** - Gestión de los riesgos de inundación : Prevención, protección y mitigación de las inundaciones. Bruselas, 12.07.2004 COM(2004)472 final. Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2004:0472:FIN:ES:PDF>. Acesso em: 20/08/2011.
- COPPOLA, D. P. **Introduction to international disaster management**. Burlington -USA: Butterworth-Heinemann, 2011.
- GONÇALVES, N. M. S. **Impactos fluviais e desorganização do espaço em Salvador, BA**. Tese (Doutorado) –Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Departamento de Geografia. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.
- GUIDICINI, G.; NIEBLE, C.M. **Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação**. 2º ed. São Paulo: USP/Edgard Blucher, 1984. 196p.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sinopse do Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/sinopse/default_sinopse.shtm>. Acesso em: 10/12/2011.
- IPT. **Manual de Ocupação de Encostas**. CUNHA, M.A. (Coord). São Paulo: IPT, 1991, n. 1831, 216p.

- JONES, F. O. Landslides of Rio de Janeiro and the Serra das Araras Escarpment, Brazil, **Geological Survey Professional Paper**, 697, V.S. Department of the Interior, 1973.
- KOBIYAMA, M. **Prevenção de Desastres Naturais: Conceitos Básicos**. Curitiba: Ed. Organic Trading, 2006.
- KOWARICK, L. **A Espoliação Urbana**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1979.
- MATTEDIE, M. A. e BUTZKE, I. C. A relação entre o social e o natural nas abordagens de Hazards e de Desastres. **Ambiente & Sociedade**. Ano IV, n. 9, p. 93-114, 2001.
- MARICATO, E. **Brasil, cidades: alternativas para a crise urbana**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2001. 204p.
- MELLO, Sandra S. Gestão ambiental urbana dos espaços de margens dos cursos d'água. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE REGENERAÇÃO AMBIENTAL DE CIDADES: ÁGUAS URBANAS, 1., 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRJ, 2005. 1 CD-ROM.
- NUMMER, A. V. **Parâmetros Geológicos-Geotécnicos controladores dos movimentos de massa na RS486/rota do Sol-Itati/RS**. 2003. 256p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil-Geotecnia), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS. Porto Alegre-RS.
- OJEDA, A. O. Crecidas e inundaciones como riesgo hidrológico Um planteamiento didáctico. **Revista Lurral de Inves. Esp.** n. 20, p.261-283, 1997.
- REBELO, F. Um novo olhar sobre os riscos? O exemplo das cheias rápidas (flash floods) em domínio mediterrâneo. **Territorium**, n. 15, p. 7-14, 2008.
- RECKZIEGEL, B. W. **Levantamento dos Desastres desencadeados por Eventos Naturais Adversos no Estado do Rio Grande do Sul no Período de 1980 a 2005**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.
- ROCHA, I. P. da. **Relação entre a erosão marginal, atributos físicos do solo e variáveis hidrológicas e climáticas no baixo São Francisco Sergipano**. 2009. 74f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) Universidade Federal de Sergipe, 2009.
- ROSSATO, R. Cidades Brasileiras: A urbanização Patológica. **Ciência & Ambiente**, v. 4, n. 7, p. 23-32, 1993.
- SARTORI, M. G. B. A dinâmica do clima do Rio Grande do Sul: indução empírica e conhecimento científico. **Revista Terra Livre**, São Paulo, v.1,n.20,p.27-49,jan./jul.2003.
- SAUERESSIG, S. R. **Zoneamento das áreas de risco a inundação da área urbana de Itaqui-RS** Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.
- SPOSITO, M. E. B. **Capitalismo e Urbanização**. 15ª ed. São Paulo: Contexto, 2005.
- TOMINAGA, L. K. Desastres Naturais: Por que ocorrem? In: TOMINAGA, L.K., SANTORO, J., AMARAL R. (Org.). **Desastres Naturais: Conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. cap. 1, p. 11 - 24
- TUCCI, C. E. M. Inundações Urbanas. In: TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. BARROS, M. T. (Org.). **Drenagem Urbana** - ABRH. Porto Alegre: Ed. UFRGS, p.15-36, 1995.
- TUCCI, C. E. M. **Os rios na cidade: as enchentes na evolução urbana da região metropolitana de Porto Alegre**. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2001.
- UNDRO. **Natural disasters and vulnerability analysis: report of Expert Group Meeting**. Geneva, Switzerland: UNDRO, 1979.
- UN/ISDR. Marco de Acción**: Para la implementación de la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (EIRD), Junio del 2001. Disponível em: <http://www.eird.org/fulltext/marco-accion/framework-espanol.pdf>. Acesso em: 22/07/2011.

UN/ISDR. **Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres**. Ginebra, Suiza: UN, 2009.

WENGER, D. Community esponse to disaster: functional and structural alterations. In: QUARENTELLI, E. L. (Org.) **Disaster: theory and research**. New York: Sage, 1978, p.17-47.

Recebido em abril de 2013

Revisado em julho de 2013

Aceito em agosto de 2013

