

Capacitação em Gestão de Riscos – 2015
Organização e execução: UFRGS e CEPED/RS
Realização: Ministério da Integração Nacional
Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil
Departamento de Minimização de Desastres

CAPÍTULO 5

MAPEANDO E AVALIANDO O RISCO

Porto Alegre, julho de 2015

SUMÁRIO

5	Mapeando e avaliando o risco.....	3
5.1	Mapeando e avaliando a suscetibilidade.....	3
5.2	Mapeando e avaliando a ameaça e o perigo	7
5.3	Mapeando e avaliando a vulnerabilidade	10
5.3.1	Vulnerabilidade física	11
5.3.2	Vulnerabilidade de função	13
5.3.3	Vulnerabilidade Social.....	14
5.4	Mapeamento e avaliação do risco propriamente dito.....	21
5.5	Hierarquização dos riscos.....	26
5.6	Recursos utilizados no mapeamento de risco.....	27
5.7	Níveis de detalhamento e escalas recomendadas	29
5.8	Métodos de mapeamento mais utilizados no Brasil	34
5.9	Uso do geoprocessamento na gestão de riscos	39

5 Mapeando e avaliando o risco

A gestão de risco implica, em primeiro lugar, no conhecimento do risco sob a qual uma sociedade está exposta, por meio do seu mapeamento e avaliação. Essa etapa, prevista no Art. 6º da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (BRASIL, 2012), subsidia o estabelecimento de medidas preventivas e corretivas nas áreas prioritárias.

Dentre os tipos de mapeamentos existentes, destaca-se o mapeamento de suscetibilidade, ameaça, perigo e vulnerabilidade, os quais conjuntamente permitem a obtenção do mapa final de risco em uma determinada área. A partir dos dados obtidos nesses estudos, são realizadas atividades de prevenção, mitigação e preparação (gestão de risco), bem como de resposta e recuperação (gerenciamento de desastres).

Este tópico tem por objetivo possibilitar ao aluno:

- Conhecer as principais técnicas de mapeamento e avaliação de suscetibilidade, vulnerabilidade, ameaça e perigo e o consequente risco, para os diferentes tipos de processos;
- Compreender como as ferramentas de geoprocessamento podem ser utilizadas para auxiliar a gestão de risco e gerenciamento de desastres.

5.1 Mapeando e avaliando a suscetibilidade

A avaliação da suscetibilidade constitui-se no primeiro passo para a avaliação de risco. Ela indica a **potencialidade de ocorrência de processos naturais e tecnológicos em uma área específica**, sem considerar seu período de recorrência ou seus possíveis danos e prejuízos.

O conhecimento da suscetibilidade é de grande importância aos municípios, e está previsto no **Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais**. Esse mapeamento contribui para o planejamento do uso e ocupação do solo, controle da expansão urbana e avaliação de cenários potenciais de risco. Além disso, ele pode auxiliar na elaboração de medidas de restrição à ocupação, de modo a evitar a formação de novas áreas de risco (CPRM, 2014).

Com o avanço das geotecnologias (SIG, GPS e sensoriamento remoto) muitas técnicas têm sido propostas para mapeamento e avaliação da suscetibilidade, sendo que não existe um método melhor ou mais adequado. A preferência por um ou outro método irá depender:

- Da disponibilidade, qualidade e precisão dos **dados existentes**;
- Da **escala** de mapeamento adotada;
- Da **capacidade técnica** da equipe para uso das ferramentas disponíveis;
- Dos **resultados esperados**;

- Da relação **custo/benefício**.

De maneira geral, os métodos de mapeamento e avaliação da suscetibilidade podem ser divididos em **quantitativos** e **qualitativos**, conforme apresentado na Figura 1. Essa divisão pode ser aplicada também para o mapeamento e avaliação de perigo e risco.

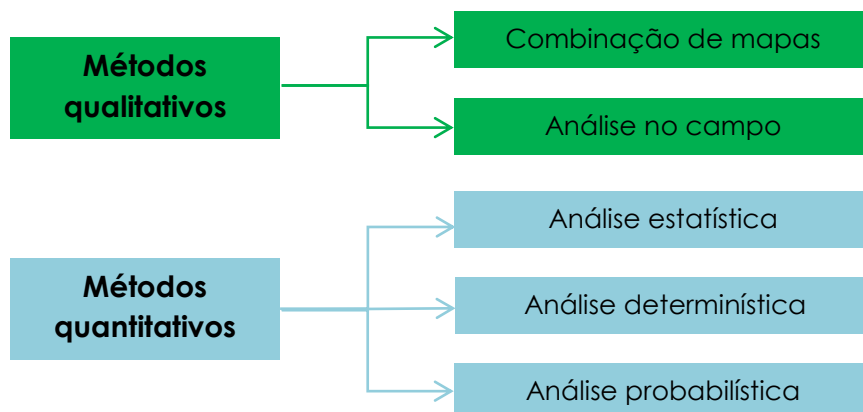


Figura 1. Métodos de mapeamento e avaliação da suscetibilidade qualitativos e quantitativos.
(Fonte: adaptado de Aleotti e Chowdhury, 1999)

Por exemplo: O método deve ser selecionado em função da escala de trabalho.

- A avaliação da suscetibilidade em **áreas extensas**, como uma bacia hidrográfica ou um município, pode ser realizada por meio de **métodos qualitativos**, em escalas médias;
- Já para **áreas pequenas**, como uma encosta isolada ou o segmento de um rio, o mapeamento pode ser auxiliado por investigações **quantitativas** com **abordagens determinísticas**, em escalas grandes.

Os **métodos qualitativos** são fortemente baseados no conhecimento e na **opinião de especialistas**. Muitas vezes eles são de rápida aplicação, no entanto seu inconveniente principal está em sua **subjetividade**, já que em muitos casos o resultado depende diretamente do conhecimento de quem está avaliando. Dessa forma, é essencial que os mesmos possuam um conhecimento detalhado dos processos em análise, avaliem os dados de eventos anteriores e interpretem corretamente as evidências de campo.

No âmbito do **Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais**, a elaboração de **Cartas municipais de suscetibilidade a movimentos de massa e inundações** ficou a cargo do Serviço Geológico Brasileiro (CPRM), o qual está mapeando 286 municípios prioritários. A metodologia utilizada pela CPRM tem **base semiquantitativa** e varia de acordo com a geomorfologia do local. De uma maneira geral, a metodologia adotada pode ser dividida em 5 passos principais, conforme mostrado na Figura 2.

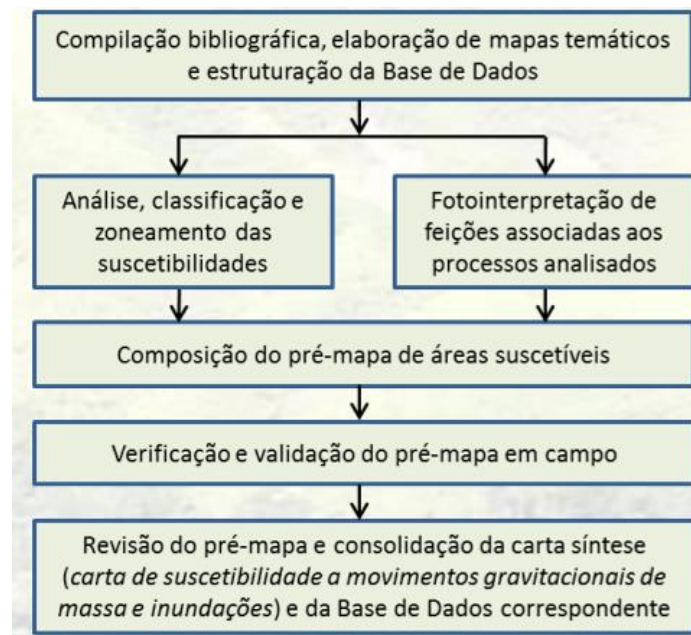


Figura 2: Sequência de procedimentos básicos desenvolvidos para a elaboração de cartas de suscetibilidade segundo a metodologia adotada pela CPRM. (Fonte: CPRM, 2014).

Exemplo: A Figura 3 apresenta o mapa de suscetibilidade a movimentos de massa e inundações elaborado pela CPRM para o município de Santa Maria Madalena, RJ. Para a confecção desse mapa se utilizou uma **metodologia qualitativa** baseada na combinação dos seguintes mapas:

- Geologia;
- Declividade;
- Padrões de relevo;
- Solo.

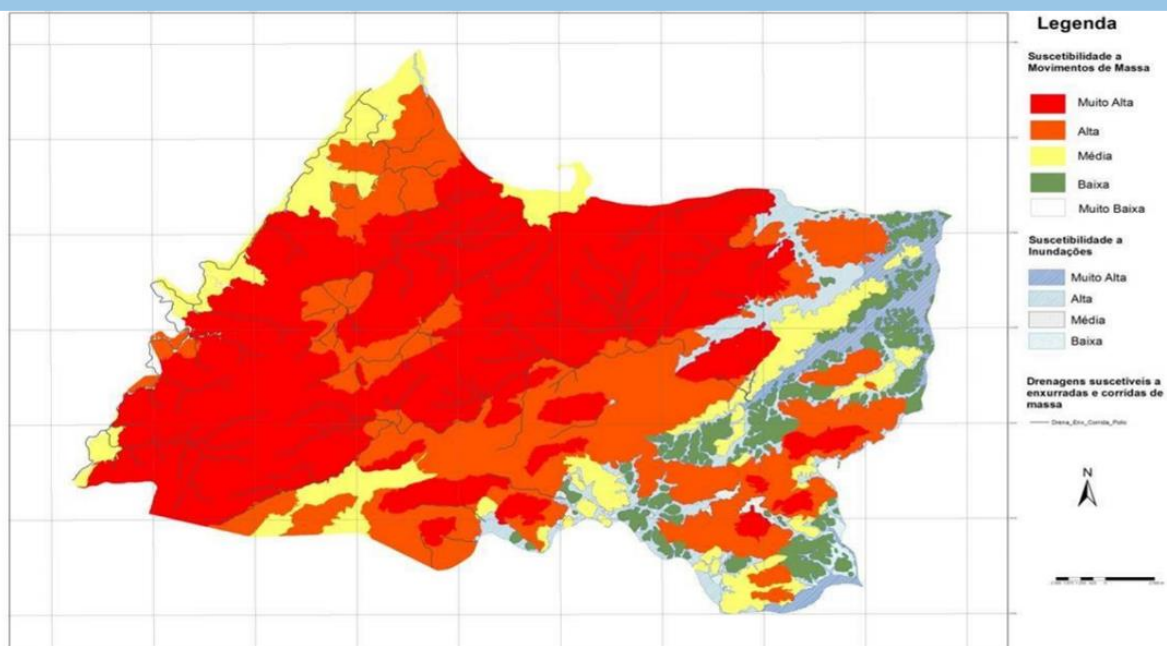


Figura 3: Mapa de suscetibilidades a movimentos de massa e inundações, em escala 1:25.000, do município de Santa Maria Madalena, RJ. (Fonte: Sampaio et al., 2013).

Para saber mais sobre a elaboração e interpretação das cartas municipais de suscetibilidade a movimentos de massa e inundações acesse: <http://www.brasil.gov.br/observatoriiodaschuvas/mapeamento/mapa-suscetibilidade.html> e http://www.ipt.br/centros_tecnologicos/CTGeo/livros/29-cartas_de_suscetibilidade_a_movimentos_gravitacionais_de_massa_e_inundacoes_1:25000:nota_tecnica_e.htm

Exemplo: O mapa de suscetibilidade à ocorrência de incêndios florestais mostrado na Figura 4 foi elaborado a partir do método semiquantitativo, denominado **combinação de mapas**. Foram sobrepostos os seguintes fatores:

- Total de radiação solar;
- Forma das encostas;
- Combustibilidade.

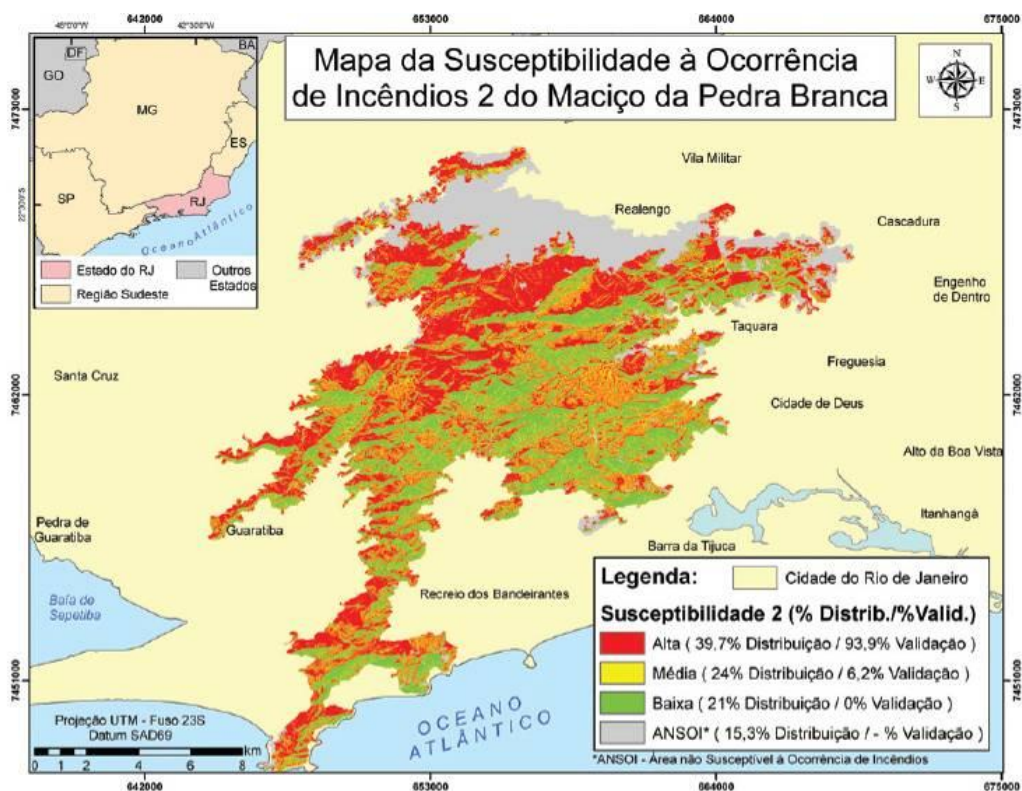


Figura 4: Mapa da suscetibilidade à ocorrência de incêndios florestais do Maciço da Pedra Branca. (Fonte: Coura et al., 2009).

Os **métodos quantitativos** buscam reduzir a subjetividade da análise, através da quantificação dos graus de suscetibilidade em valores numéricos. Eles podem, por exemplo, basear-se em **análises estatísticas** realizadas sobre a distribuição espacial dos acidentes e/ou desastres já ocorridos (frutos de um bom inventário) em relação aos fatores condicionantes considerados importantes. Podem ainda se basear em **análises determinísticas**, as quais utilizam modelos matemáticos para quantificar a suscetibilidade, por exemplo, às inundações (Figura 5).

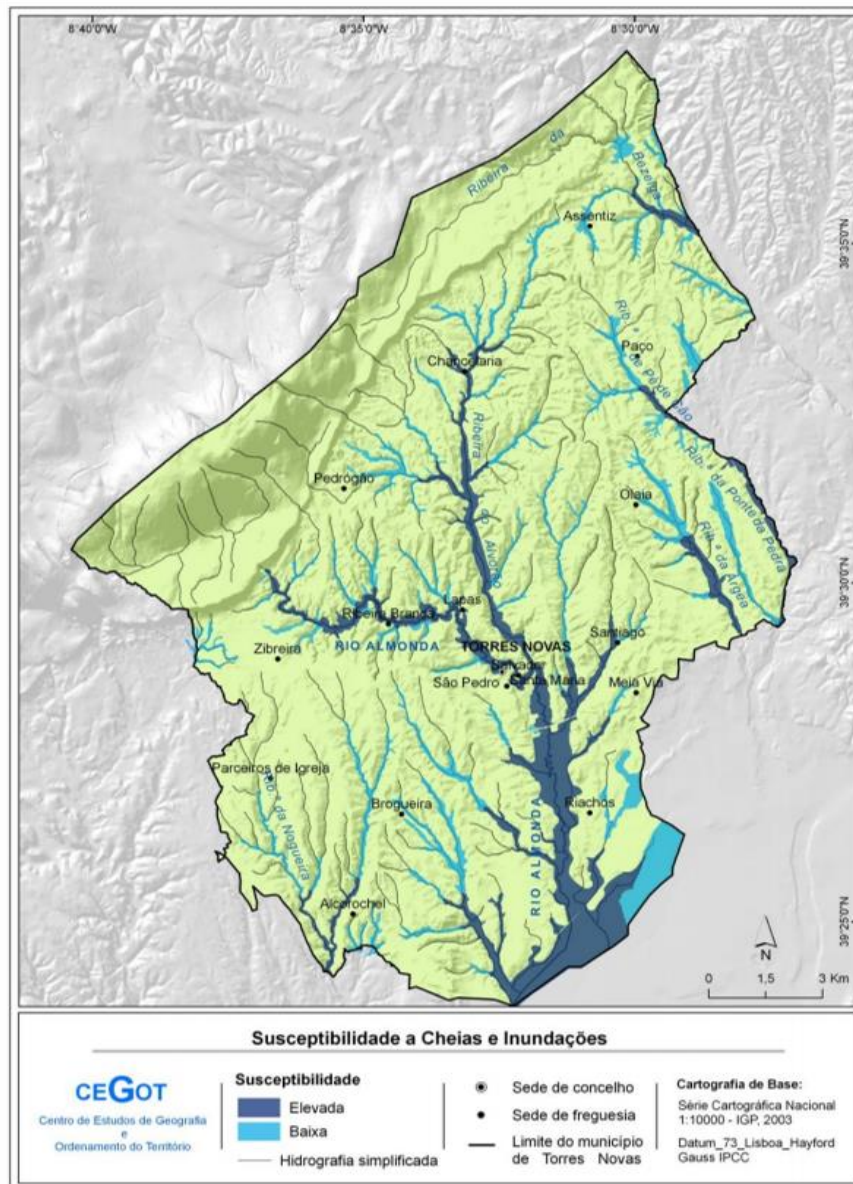


Figura 5. Mapeamento da susceptibilidade a inundações obtido por meio do modelo matemático HEC-RAS®. Fonte: CUNHA et al. (2012)

O que diferencia a classificação dada para a elaboração dos mapas de susceptibilidade das figuras 3 e 4 (qualitativos) da figura 5 (modelos) é a base de informações para sua elaboração e as ferramentas de análise. Nas duas primeiras, os níveis de susceptibilidade são definidos desde a opinião de especialistas (que varia de acordo com a percepção de cada um) até cruzamento de dados e mapas obtidos por diversos meios, de forma sistemática (veja mais em Diniz e Freitas, 2013). Por outro lado, a utilização de modelos numéricos exige um grande volume de dados confiáveis e modelos sofisticados de análise para a determinação das áreas suscetíveis (figura 5).

5.2 Mapeando e avaliando a ameaça e o perigo

Relembrando....

Entende-se como **ameaça** a condição que evidencia a **possibilidade** de ocorrência de **eventos adversos**, com capacidade de causar danos e prejuízos. Na avaliação da ameaça não se inclui **nenhum tipo de previsão**, ou seja, não é avaliada a probabilidade de que esses processos ocorram.

Já o perigo é a situação que tem potencial para **causar consequências indesejáveis**, e para a qual é possível fazer uma estimativa de **intervalos de tempo de ocorrência** (frequência). **Na avaliação do perigo, a suscetibilidade é combinada com os fatores desencadeantes**, como por exemplo, o tempo de retorno (TR) de chuvas intensas, o que permite estabelecer uma frequência determinada para os eventos potenciais.

Dessa forma, a avaliação do perigo é resultante da combinação das informações do mapa de inventário de processos (frequência de inundações, deslizamentos, erosões, etc.) e do meio físico (suscetibilidade: tipo de solo, declividade, clima, entre outros).

No caso de inundações e ou alagamentos, é importante identificar locais onde foram retiradas a mata ciliar e a vegetação próxima aos cursos d'água, pois potencializam o assoreamento; obras que modificam a vazão do rio, como canalizações e retificações; a impermeabilização na bacia hidrográfica, que altera o sistema natural de drenagem. Todos estes processos incidem no perigo.

Assim como a suscetibilidade, o mapeamento e avaliação de perigo podem ser realizados de maneira **quantitativa** ou **qualitativa**, seguindo as mesmas técnicas apresentadas anteriormente, usadas de forma combinada em diversos arranjos, sendo as principais:

- Análise no campo;
- Combinação de mapas;
- Análise estatística;
- Análise determinística;
- Análise probabilística.

O perigo é quantificado sob a forma de **probabilidade** temporal e, portanto, não é definido através de uma unidade de medida de danos, vidas ou financeira, é **a chance de uma ocorrência no tempo** (perigo de queda de blocos de 0,1%/ano ou perigo de inundação atingir a cota da casa, uma vez em 15 anos).

Como a medida de probabilidade requer um período longo de dados, muitas vezes o **perigo** é definido de forma **qualitativa**, como **alto, médio** ou **baixo** em função de evidências de campo. Tendo dados, ele pode ser avaliado de forma **quantitativa**, em termos de **probabilidade de ocorrência** da ameaça.

Exemplo: 5% de chance de que ocorra uma estiagem nos próximos dois anos e que cause perda da produção agrícola em uma determinada área rural.

Exemplo: a Figura 6 mostra um **mapa de perigo a terremotos** elaborado por meio de **modelos probabilísticos**. Esse mapa ilustra a probabilidade de que ocorram terremotos com 0,2 segundos de duração no Hawaii, com uma probabilidade de excedência de 10% em 50 anos.

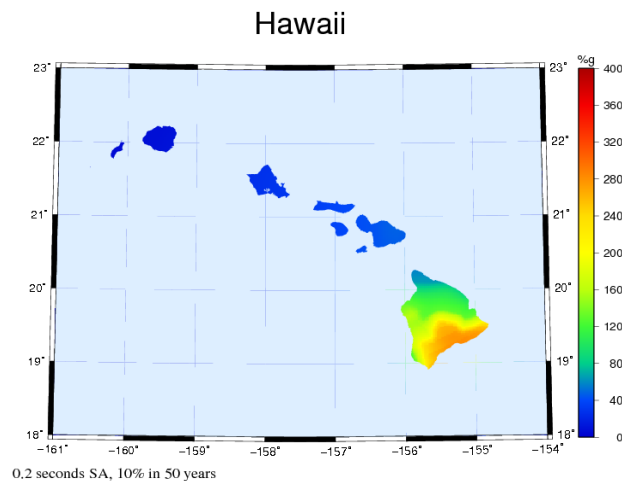


Figura 6. Mapa de perigo a terremotos no Hawaii, EUA. (Fonte: USGS, 1998).

A avaliação do perigo a inundação pode ser elaborada de maneira qualitativa, conforme o roteiro apresentado a seguir:

- **Levantamento preliminar e georreferenciamento de ocorrências de inundação:** levantamento de informações sobre o meio físico da área em estudo, elaboração de um cadastro com as ocorrências desses processos, o que permitirá identificar a probabilidade qualitativa desses eventos ocorrerem no futuro;
- **Execução de trabalhos de campo e espacialização dos dados:** com o cadastro é possível selecionar as **áreas mais críticas** para a realização de trabalhos de campo para verificação e caracterização dos fenômenos ocorridos.
- **Delimitação e caracterização de setores de perigo a inundação:** os setores de perigo buscam expressar a **probabilidade de ocorrência dos processos perigosos**, sua distribuição espacial (abrangência), intensidade (altura de água) e recorrência (com intervalo de tempo).
- **Delimitação dos Setores de Perigo:** tem por finalidade **delimitar a abrangência espacial das classes de nível de atingimento**, baseado em interpretação visual e uso das bases cartográficas, definindo níveis de classificação: **baixo, moderado, alto** e muito alto.

Exemplo: A Figura 7 mostra um exemplo de um **mapa de perigo a inundações** elaborado a partir do roteiro mostrado anteriormente.

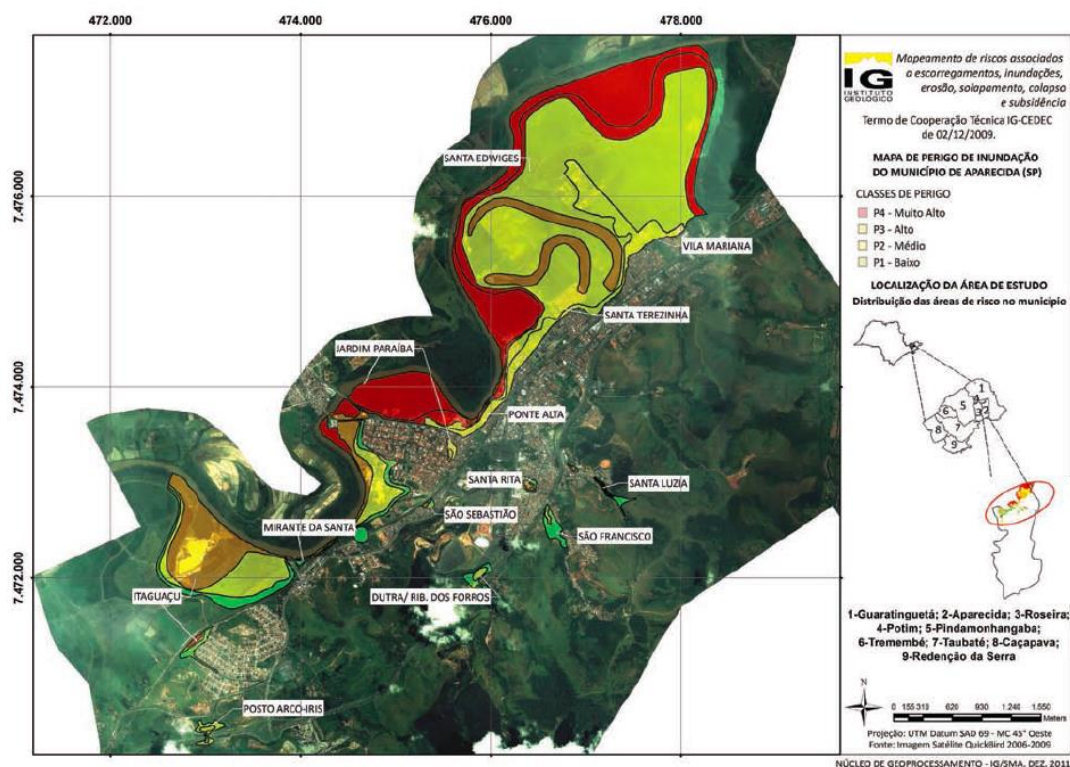


Figura 7. Mapa de perigo a inundações do município de Aparecida/SP. Fonte: IG (20--)

Resultados como os das figuras 6 e 7 se constituem importantes ferramentas de auxílio à gestão pública, que baseada nessas informações têm embasamento para a tomada de decisão quando da restrição de urbanização dessas áreas, seja impedindo que a mesma seja ocupada, seja indicando condições para a sua ocupação.

5.3 Mapeando e avaliando a vulnerabilidade

Como discutido no capítulo 2, a vulnerabilidade está associada à condição dos elementos sob ameaça ou em perigo (indivíduos, comunidades ou cenários expostos) e pode ser avaliada através do grau esperado de danos e prejuízos no caso de um evento acontecer. A redução da vulnerabilidade dos elementos expostos é uma das medidas mais eficazes para mitigar os danos humanos, materiais e ambientais.

Sabe-se que não é possível evitar a ocorrência de chuvas intensas ou tempestades, no entanto, podem-se preparar melhor as comunidades e sistemas a fim de que possam ter melhor resposta às ameaças. Para tanto, é importante dimensionar e mapear a vulnerabilidade, ou seja, definir **o quê, quem, onde e quantos** são os **elementos vulneráveis**. Adicionalmente, **como** vivem e se organizam, quais são as relações entre si, de forma que se possa trabalhar em medidas efetivas de diminuição da vulnerabilidade, sendo elas estruturais e/ou não estruturais (abordadas no capítulo 7).

O levantamento de dados para mapeamento da vulnerabilidade pode ser realizado por meio do seguinte roteiro:

- **Execução de trabalhos de campo:** nessa fase é realizado *in loco* o levantamento dos elementos expostos e vulneráveis. É necessário observar as características físicas e ambientais, as infraestruturas e os serviços disponíveis na área analisada, o perfil da população residente nestas áreas. Para a melhor sistematização dos dados, pode-se preparar questionários para serem aplicados junto aos moradores ou formulários para levantamento de informações sobre as moradias.
- **Trabalho de escritório:** compreende a compilação e a geração de informações a partir das observações de campo, bem como a conciliação de informações espaciais de diferentes fontes. Algumas ferramentas para a geração de mapas podem ser utilizadas, como os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), que permitem a realização de análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados.

Exemplo: No próprio site do IBGE, é possível espacializar e criar alguns mapas com informações dos habitantes do seu município por setor censitário. Através do link <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=2R&uf=43> é possível escolher algumas variáveis de interesse para caracterizar a população residente, por exemplo, por faixa etária. Mas verifique a área do setor analisado em relação à área do setor censitário, às vezes as informações não podem ser diretamente utilizadas.

Para saber mais: para conhecer mais sobre o acesso e compartilhamento de dados, acesse o Portal Brasileiro de Dados Geoespaciais, que reúne a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE), <http://www.inde.gov.br>.

Mas a vulnerabilidade tem várias facetas e há itens essenciais a serem observados, para permitir a análise da vulnerabilidade física, vulnerabilidade de função e vulnerabilidade social. É preciso ter em mente qual é a ameaça que se está avaliando.

Ao realizar o mapeamento de vulnerabilidade, também é importante ter uma visão integrada das características físicas dos elementos avaliados.

5.3.1 Vulnerabilidade física

A vulnerabilidade física se relaciona a um tipo de dano direto que, a residência, bem ou pessoa pode sofrer no caso de um evento adverso ocorrer, teoricamente variando entre altamente vulnerável (espera-se grande grau de perda) a não-vulnerável (sem danos). É importante observar a localização e o padrão construtivo das construções e infraestrutura, sua exposição a situações que as colocam em perigo e o possível dano esperado.

- **Padrão construtivo das moradias e características da urbanização**

Os materiais utilizados para construção de moradias nos taludes de corte e aterro ou em planícies de inundação podem propiciar maior vulnerabilidade. As construções de alvenaria são mais rígidas do que as construções de madeiras, as quais podem ser mais

vulneráveis devido à baixa capacidade de resistir ao impacto de processos hidrológicos ou geológicos. As áreas onde há predominância de construção do tipo madeira são denominadas de baixo padrão construtivo.

No caso das inundações, um dos principais elementos a ser observado é a ocupação ou não de planícies de inundação (exposição), ou seja, aquela área onde o rio, em seu processo natural, extravasa em episódios de cheia. A atenção deve ser dada a todos os tipos de loteamento, seja regular ou não. Embora moradias de alvenaria apresentem maior resistência à água do que moradias de taipa (Figura 8), no caso de enxurradas com alto poder destrutivo, mesmo construções de alvenaria muito expostas podem ser severamente danificadas ou destruídas (Figura 9).



Figura 8. Casa de taipa destruída durante as chuvas de janeiro no Parque Brasil, Zona Norte de Teresina/PI. (Foto: Gil Oliveira/ G1)

Uma observação a ser feita, é que, residências de alvenaria, no caso de desabamentos provocados por deslizamentos ou enxurradas, podem causar danos humanos maiores que aqueles provocados por materiais mais leves, como madeira. Além disso, é necessário sempre fazer a avaliação da vulnerabilidade de acordo com a região e o tipo de ameaça que pode ocorrer. Em regiões de inundação, as construções de madeira sobre palafitas, por exemplo, tendem a diminuir a sua vulnerabilidade. Na Amazônia, casas flutuantes podem ter um padrão construtivo muito simples, mas são pouco vulneráveis às inundações sazonais.



Figura 9. Casas de alvenaria atingidas por enxurrada em Cachoeiro do Itapemirim/ES. (Fonte: CEDEC/ES).

5.3.2 Vulnerabilidade de função

Assim como as pessoas e residências, os sistemas de infraestrutura, hospitais e serviços também são vulneráveis a perigos e podem sofrer danos e prejuízos. A vulnerabilidade de função visa medir o potencial de danos ao seu funcionamento. Quando afetados por eventos há prejuízos não só ao hospital, mas impactos diretos e indiretos à população. Mesmo que um deslizamento não atinja o hospital diretamente, mas impeça o acesso (fechamento de estradas), configura um prejuízo (vulnerabilidade de função). Nestes casos, as consequências são sentidas por aqueles que estão a vários quilômetros de onde ocorreu o desastre. As secas que afetam o abastecimento de reservatórios de hidrelétricas no país elevam o custo da produção de energia elétrica e, consequentemente, da tarifa que é paga pelo consumidor.

Os impactos causados pelos desastres de evolução súbita, como as enxurradas, deslizamentos, vendavais e tornados, ou de evolução gradual, a exemplo das secas, provocam diferentes tipos de transtornos às comunidades. Os danos não se restringem apenas aos aspectos econômicos, mas também aos sociais e ambientais. As aulas interrompidas em uma escola atingida por uma inundação ou deslizamento levam ao atraso ou até mesmo à perda do ano letivo de estudantes; o lixo acumulado pela falta de coleta pode provocar a contaminação de solos e corpos d'água; a obstrução de uma rodovia ou ponte impede o fluxo de pessoas e mercadorias, entre outros exemplos.

As principais funções e serviços que devem ser avaliados em um mapeamento de vulnerabilidade são listados a seguir:

- Segurança pública, em especial Defesa Civil, Bombeiros e Polícia Civil (atendimento de emergências);

- Saúde pública, com especial atenção ao atendimento de emergências e controle de epidemias;
- Abastecimento de água potável, alimentos, energia elétrica e combustível;
- Esgotamento sanitário;
- Limpeza urbana e remoção de entulhos;
- Comunicações, com especial atenção aos sistemas de telefonia e internet;
- Transportes terrestres, com especial atenção a estações rodoviárias e terminais urbanos;
- Transportes aéreos, locais e de longas distâncias;
- Instituições de ensino fundamental, médio e superior;
- Outras instalações comunitárias (igrejas e outros templos religiosos, asilos, creches, estádios, ginásios).

As seguintes informações devem ser levantadas a fim de complementar e definir a vulnerabilidade, conforme o tipo de ameaça:

- Estimar quanto tempo (horas, dias, semanas) de interrupção do serviço afetado;
- Avaliar qual a população atingida direta e indiretamente;
- Identificar os principais responsáveis pelo rápido restabelecimento dos sistemas e se estão aptos para a pronta resposta.

Cabe ressaltar que todos os passos acima mencionados devem ser previamente levantados e conectados com as fases de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação, e devidamente incluídos nos planos de contingência, a fim de que realmente sejam eficazes para a redução dos danos em uma comunidade. A Estratégia Internacional para a Redução de Desastres (EIRD/ONU) já realizou campanhas promovendo a inserção de escolas e hospitais como infraestruturas fundamentais nos planos de gestão de risco. No Brasil, infelizmente já houve inúmeros casos de escolas e hospitais atingidos por inundações e deslizamentos como, por exemplo, nas inundações ocorridas em junho de 2010 nos estados de Pernambuco e Alagoas e na tragédia da Região Serrana do Rio de Janeiro em 2011. Nesse novo paradigma da gestão integral dos riscos e desastres, todos os elementos devem ser considerados no mapeamento e dimensionamento da vulnerabilidade.

5.3.3 Vulnerabilidade Social

A vulnerabilidade social é o conceito que representa a vulnerabilidade da população aos impactos negativos causados pelos perigos e desastres. Para mensurá-la deve-se identificar as características que aumentam ou diminuem a sua capacidade de resistir aos impactos, de preparação para a resposta e de recuperação frente a um evento ou desastre. Este conceito também auxilia na gerência dos riscos e na avaliação das perdas potenciais.

No Brasil já existe um Protocolo Nacional Conjunto para Proteção Integral a Crianças e Adolescentes, Pessoas Idosas e Pessoas com Deficiência em Situação de Riscos e Desastres que tem por objetivos:

I - Assegurar a proteção integral aos direitos da criança e do adolescente, da pessoa idosa e da pessoa com deficiência, em situação de riscos e desastres, com objetivo de reduzir a vulnerabilidade a que estiverem expostos; e

II - Orientar os agentes públicos, a sociedade civil, o setor privado e as agências de cooperação internacional que atuam em situação de riscos e desastres no desenvolvimento das ações de preparação, prevenção, resposta e recuperação, nos três níveis da Federação.

Para saber mais: Para acessar o Protocolo Nacional Conjunto acesse www.integracao.gov.br

O mapeamento da vulnerabilidade social possibilita um melhor planejamento e definição de políticas públicas para a população, principalmente nas ações de prevenção, preparação, resposta e recuperação de desastres. Alguns indicadores são mais comumente utilizados, tais como idade, renda, escolaridade e gênero, mas outros também podem ser considerados, dependendo do contexto social a ser analisado. Estes indicadores devem ser levantados por meio do trabalho de campo, com utilização de questionários e entrevistas, mas, em função da escala do mapeamento, existe também a possibilidade de utilizar alguns indicadores já levantados pelo IBGE, como citado anteriormente.

- **Idade**

As características etárias de uma população exposta são importantes para mapear e dimensionar a vulnerabilidade social. Em contextos de riscos de desastres, crianças e idosos representam as pessoas mais vulneráveis devido ao maior tempo de permanência em casa, à dificuldade de locomoção autônoma e em função da menor resistência a possíveis ferimentos. Além disso, são aqueles que apresentam menor autonomia e que necessitam de cuidados específicos no processo de resposta e recuperação. Conhecer o perfil etário da população ajuda a planejar aspectos relacionados às ações de gestão de risco.

Exemplo: Um exemplo ilustrativo dessa importância pode ser obtido quando se examina a história da grande inundação de janeiro de 2010 que atingiu o município de São Luiz do Paraitinga, SP. Grande parte dos dez mil habitantes era de idosos e crianças, que puderam ser salvos graças ao trabalho dos moradores locais, os quais souberam mapear em quais residências se encontravam as crianças e os idosos, muitos dos quais enfermos, acamados e cadeirantes. Por meio desse trabalho de mapeamento, os grupos mais vulneráveis puderam ser identificados e resgatados antes que uma tragédia maior ocorresse. Para saber mais sobre essa história, acesse <http://www.amisaoluiz.org.br/portal/praticantes-de-rafting-salvam-vidas>.

Você conhece o perfil etário da população de seu município? Conhecer o perfil etário da população pode ajudar nas ações de gestão de risco.

Para saber mais: Para conhecer o perfil etário da população, você pode acessar fontes de informação como, por exemplo, o site do IBGE (<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>).

- **Escolaridade**

Geralmente, a maior escolaridade significa uma capacidade maior de compreender as informações disseminadas nos meios de comunicação como, por exemplo, ler e interpretar uma notícia de jornal com a previsão do tempo, em que frequentemente se faz uso de termos técnicos não tão comuns à maioria das pessoas. Por vezes, não só a compreensão dos termos técnicos pode ser um obstáculo às ações de gestão e comunicação de risco, como também os meios de comunicação que são utilizados para disseminar uma informação, que nem sempre são acessíveis a todos (estações de rádio locais em muitas comunidades ainda é o grande meio de comunicação).

Atualmente, as redes sociais (Twitter, Facebook etc.) têm sido utilizadas para veicular informações, dada sua grande rapidez em replicar conteúdo. Entretanto, se as novas gerações possuem maior familiaridade com as novas tecnologias de comunicação, o mesmo não se pode afirmar em relação aos adultos e idosos. Nesse sentido, torna-se importante diversificar os canais de transmissão de informação para ampliar o público que se quer atingir. O rádio, por exemplo, pode se constituir em um meio de comunicação mais acessível aos que têm certa dificuldade no processo de leitura, de acesso às novas tecnologias, como também àqueles que se encontram no trânsito. Por vezes, essa diversificação dos canais de transmissão de informação pode ser importante para lidar com as falhas tecnológicas que geralmente ocorrem durante os eventos como, por exemplo, a inoperância dos serviços de telefonia móvel, a falta de acesso à internet. Nas circunstâncias de desastres, é comum que os meios de comunicação falhem. Nessas situações de crise, às vezes entram em cena aparelhos de comunicação desconhecidos para a maioria das pessoas como, por exemplo, os rádios utilizados por radioamadores.

A escolaridade é um aspecto fundamental a se considerar nas ações de gestão de risco. Geralmente, nas ações educativas voltadas à temática de desastres têm-se utilizado cartilhas, manuais, apostilas, sem considerar que nem todos podem ter acesso à leitura e à compreensão dos termos técnicos ali utilizados. Diante desse desafio, torna-se cada vez mais importante criar materiais educativos que se preocupem em adotar linguagens mais acessíveis, fazendo uso de termos mais simples e utilizando-se imagens para esclarecer os conceitos abordados.

Exemplo: Um exemplo dessa tentativa é o vídeo produzido pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas chamado “Áreas de risco: informação para prevenção”. Para assistir o vídeo acesse <http://www.youtube.com/watch?v=bhKWHx08jFA>.

Para saber mais: Outros projetos têm sido desenvolvidos para fomentar a percepção social em torno dos riscos e desastres, buscando envolver as comunidades em ações de monitoramento de situações de risco como, por exemplo, o projeto “Pluviômetros nas Comunidades”. Aos poucos, o investimento em ações educativas e preventivas introduz um novo paradigma de atuação frente ao tema dos desastres, focando na gestão de risco. Para acessar o projeto “Pluviômetros nas comunidades” acesse <http://www.cemaden.gov.br/pluviometros>.

Alguns itens gerais relativos à escolaridade podem ser acessados na página do IBGE ou na Secretaria de Educação do seu município, mas também pode ser realizado um trabalho de campo com alguns

moradores de áreas de risco para pesquisar sobre a temática de desastres. Existem muitos temas que você pode explorar: os moradores sabem o que é um pluviômetro? O que é acumulado de chuva? Quais riscos o morador identifica no bairro? Quais são os sinais de risco de deslizamento? Qual o meio de comunicação mais utilizado? Há uma série de outras perguntas que podem ser levantadas dependendo do contexto social e dos tipos de desastres mais comuns enfrentados na sua região. A escolaridade também pode ser um fator muito importante ao se traçar projetos de recuperação socioeconômica de municípios atingidos por desastres, uma vez que os projetos de qualificação profissional podem se constituir em fontes de geração de renda, recuperação socioeconômica e também psicossocial.

Para saber mais: Você também pode consultar o "Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil 2013" (<http://atlasbrasil.org.br/2013/perfil>), e conhecer o perfil do seu município no que se refere aos aspectos educacionais.

- **Renda**

A Figura 10 expressa a desigualdade social existente entre a Favela de Paraisópolis e o Bairro do Morumbi, no município de São Paulo. A partir da figura, pode-se identificar uma série de elementos que contribuem para pensar em como a variável renda é um aspecto fundamental para se considerar no mapeamento da vulnerabilidade social.



Figura 10. Fotografia aérea do bairro Morumbi, São Paulo/SP. Foto: Tuca Vieira/Folha Imagem

A renda irá definir as opções de escolha no mercado de terras e de imóveis, possibilitando que as pessoas possam adquirir ou não um imóvel em uma área segura, que possam melhorar suas condições de vida, investindo, por exemplo, na infraestrutura de suas moradias, na aquisição de eletrodomésticos e equipamentos de telecomunicação (televisão, telefones celulares), aquisição de seguros etc. O uso que se faz do espaço urbano depende, em larga medida, da condição de renda.

Na imagem da Figura 10, enquanto no condomínio do Bairro do Morumbi grande parte da área é utilizada para produção de infraestruturas de lazer (quadras de tênis, piscinas, áreas verdes para drenagem etc.), na favela de Paraisópolis o uso do espaço é priorizado e disputado entre os inúmeros moradores que buscam cumprir o direito fundamental de acesso à moradia. Outros aspectos que chamam a atenção são o número de unidades habitacionais e a estimativa da quantidade de pessoas ocupando as áreas da favela e do condomínio, isto é, o adensamento populacional de cada uma das áreas.

As pessoas com maior renda dispõem de mais recursos materiais para reduzir as condições de vulnerabilidade social que estruturalmente se produzem na sociedade. Diante de situações de desastres, geralmente essa lógica também se reproduz, na medida em que elas dispõem de mais recursos para lidar com ameaças e desastres e apresentam maior capacidade de recuperação socioeconômica no pós-impacto de desastres. Mapear e dimensionar a distribuição de renda de regiões e municípios que estão sujeitas a algum tipo de ameaça é um primeiro passo para planejar as ações de mitigação de desastres, os serviços assistenciais como envio de água potável, cestas básicas, etc., bem como as políticas públicas para reconstrução e recuperação de áreas atingidas. Essa informação muitas vezes precisa ser analisada num contexto maior, de estado e até mesmo de país.

Para saber mais: Você pode consultar o **Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil 2013** (<http://atlasbrasil.org.br/2013/consulta>) e o perfil do seu município (<http://atlasbrasil.org.br/2013/perfil>) para saber qual a renda per capita média, o grau de concentração de renda, a porcentagem de pessoas vulneráveis à pobreza etc. A renda é um dos elementos-chave para definir o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal.

- **Gênero**

O Marco de Ação de Hyogo reitera a importância de se integrar a perspectiva de gênero nas políticas, planos e processos de gestão de risco, incluindo os aspectos relativos à avaliação de risco, alertas antecipados, gestão da informação, capacitação e educação. Considera-se que **é imprescindível colocar em pé de igualdade as necessidades, experiências e opiniões de homens e mulheres** nas ações de prevenção, preparação, mitigação, resposta e recuperação. Para atingir esse objetivo inicial de equidade de gênero, cabe dedicar uma atenção especial ao empoderamento das mulheres para garantia de sua participação na construção das políticas relativas ao tema.

Segundo o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (2010), as mulheres e as meninas ocupam um lugar de especial vulnerabilidade ante as ameaças, o que se reflete não somente na maior porcentagem de mulheres e meninas que morrem e que estão propensas a falecer nos desastres, como também no aumento da violência doméstica e sexual no pós-desastre, nas condições de alojamento nos abrigos temporários, no sofrimento social vivenciado no processo de recuperação.

Para saber mais: No Brasil, alguns estudos têm sido realizados para tratar desse tema, como a dissertação "A dimensão de gênero na análise sociológica de desastres: conflitos entre desabrigadas e gestoras de abrigos temporários relacionados às chuvas", de autoria de Mariana Siena. Visite o link a seguir:

http://www.bdt.d.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificado/tde_arquivos/24/TDE-2009-09-11T161345Z-2393/Publico/2441.pdf

Uma das principais dificuldades para se mapear a vulnerabilidade a desastres a partir dessa perspectiva de gênero é a inexistência de informações quantitativas confiáveis que possibilitem analisar se as mulheres morrem mais que os homens nos desastres ocorridos no Brasil, se há mais mulheres residindo em áreas de risco do que homens, se há mais mulheres do que homens desabrigados, etc. A experiência e a atuação das Coordenadorias Municipais de Proteção e Defesa Civil podem fornecer informações para começar a construir essa base de dados e mapear a vulnerabilidade a desastres nessa perspectiva de gênero, uma prática cada vez mais adotada e recomendada internacionalmente.

- **Pessoas com deficiência**

Entre os grupos mais vulneráveis a riscos de desastres estão as pessoas com deficiência visual, auditiva e motora, além da deficiência mental ou intelectual. Numa circunstância de risco ou de desastre, demandam auxílios especiais para receber avisos e alertas, para se proteger e, se necessário, deixar suas casas, assim como para permanecer nos abrigos temporários.

De acordo com dados preliminares do Censo de 2010, o Brasil possui 45.623.910 de pessoas que têm, ao menos, uma dessas deficiências, o que representa 23,92% do total da população. Considerando o grau de severidade da deficiência visual, constatou-se que há, no Brasil, aproximadamente 528.624 pessoas cegas e 6.056.684 pessoas que enxergam com grande dificuldade. O total de pessoas com deficiência mental ou intelectual é de cerca de 2.617.025, o que representa 1,37% do total da população brasileira.

Para saber mais: Você pode acessar o site da Secretaria Nacional de Promoção dos Direitos da Pessoa com Deficiência (<http://www.pessoacomdeficiencia.gov.br/app/indicadores/censo-2010>) e obter maiores informações desses indicadores, bem como da legislação federal a respeito do tema.

Para saber mais: A preocupação internacional em relação ao tema das pessoas com deficiência em situações de desastres tem sido cada vez mais crescente. O Dia Internacional para a Redução de Desastres em 2013 teve como propósito intensificar as discussões em torno da temática. Para saber mais, visite o site: <http://eird.org/americas/13/oct/2013/iddr/index.html>.

Para saber mais: No Brasil, existem alguns estudos sobre o tema, como a dissertação "Do estigma social à invisibilidade: a pessoa com deficiência física nas políticas públicas voltadas para a redução de desastres", de autoria de Débora Geraldi. Acesse esse estudo através do link: http://www.bdt.d.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificado/tde_arquivos/24/TDE-2010-11-17T095644Z-3390/Publico/3299.pdf.

- **População em situação de rua**

Ondas de frio são fenômenos que ocorrem principalmente na região Sul do país e porções da região Sudeste, podendo oferecer riscos de morte, principalmente para a população em situação de rua, que se encontra mais vulnerável a este tipo de perigo.

Por *população em situação de rua* se compreende as pessoas que estão utilizando, em um dado momento, como local de moradia ou pernoite, espaços de tipos variados situados sob pontes, marquises, viadutos, à frente de prédios privados e públicos, em espaços públicos não utilizados à noite, em parques, praças, calçadas, praias, embarcações, estações de trem e rodoviárias, à margem de rodovias, em esconderijos abrigados, dentro de galerias subterrâneas, metrô e outras construções com áreas internas ocupáveis, depósitos e prédios fora de uso e outros locais relativamente protegidos do frio e da exposição à violência. São também considerados componentes da população em situação de rua aqueles que dormem em albergues e abrigos, de forma preferencial ou ocasional, alternando o local de repouso noturno entre estas instituições e os locais de rua (BRASIL, 2009).

Recentemente têm sido formuladas políticas públicas para inclusão desse segmento populacional em condição de alta vulnerabilidade social. Para tanto, tem se procurado dimensioná-lo e mapeá-lo. O Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome (MDS) realizou, entre agosto de 2007 e março de 2008, o I Censo e Pesquisa Nacional sobre População em Situação de Rua, em um levantamento que abrangeu 71 municípios brasileiros. Foram identificadas 31.922 pessoas maiores de 18 anos em situação de rua, o que equivale a 0,061% da população dessas cidades. Alguns desses municípios pesquisados situam-se em áreas sujeitas a ondas de frio e grandes quedas de temperatura, que podem oferecer riscos de hipotermia à população em situação de rua. Dentre os municípios pesquisados, destacam-se Campinas/SP, com mais de mil pessoas vivendo nas ruas, e Curitiba/PR, com mais de 2.700. Outros municípios também são preocupantes do ponto de vista do risco supracitado, sobretudo pela severidade dos fenômenos meteorológicos, tal como o ocorrido em julho de 2013, quando ao menos 128 municípios da região Sul do país registraram neve. O município de São Paulo também sofreu esses efeitos, registrando ao menos três mortes de pessoas em situação de rua. Novo levantamento foi realizado no final de 2013 e os dados em breve estarão disponíveis.

Resumindo...

É possível observar qual grau de vulnerabilidade será resultante da integração de várias situações adversas. É importante ressaltar que apenas o baixo poder aquisitivo não indica maior vulnerabilidade, mas sim a conjunção de diversos fatores, como a vulnerabilidade física e social. O conhecimento e a identificação das variáveis envolvidas na análise da vulnerabilidade possibilitam planejar ações de gestão de risco, formulando políticas públicas de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação. A partir desse planejamento, é possível melhorar as condições de vida da população, diminuindo sua vulnerabilidade ante situações de ameaça, diminuindo, por conseguinte, o risco, investindo em medidas para aprimorar as características do terreno, das moradias, e o acesso à informação. Mapear e quantificar a vulnerabilidade é um caminho para favorecer a criação de cidades mais resilientes.

5.4 Mapeamento e avaliação do risco propriamente dito

Uma série de dados que são necessários para o mapeamento e avaliação do risco propriamente dito, foram revisados. Para o mapeamento de risco é preciso avaliar as consequências adversas potenciais, associadas à ocorrência de desastres. Para tanto, deve-se considerar:

- A **suscetibilidade** do terreno às ameaças estudadas;
- A probabilidade temporal das ameaças, ou seja, o **perigo** dos fenômenos;
- A **vulnerabilidade** dos elementos expostos ao risco (ex. população, infraestrutura, atividades econômicas);
- **Os danos e prejuízos** associados ao desastre em potencial (p.ex., número de mortos, feridos, danos materiais, prejuízos diretos e indiretos esperados).

Tendo em vista as dificuldades de obter estes dados quantitativos, a avaliação do risco geralmente é realizada de maneira **qualitativa ou semiquantitativa**.

Entretanto, em casos especiais, a avaliação do risco pode ser elaborada de maneira **quantitativa ou semiquantitativa**, onde o mapa é montado a partir de graus de probabilidade de ocorrência, número de habitantes, atividades econômicas e instalações que poderão ser afetadas, além de outras informações consideradas relevantes.

Exemplo: a Figura 11 representa o risco de inundações de um determinado local e foi elaborada considerando os danos e prejuízos esperados à estrutura dos edifícios com a ocorrência de inundações com um tempo de retorno de 20 anos (danos previstos em 20 anos).

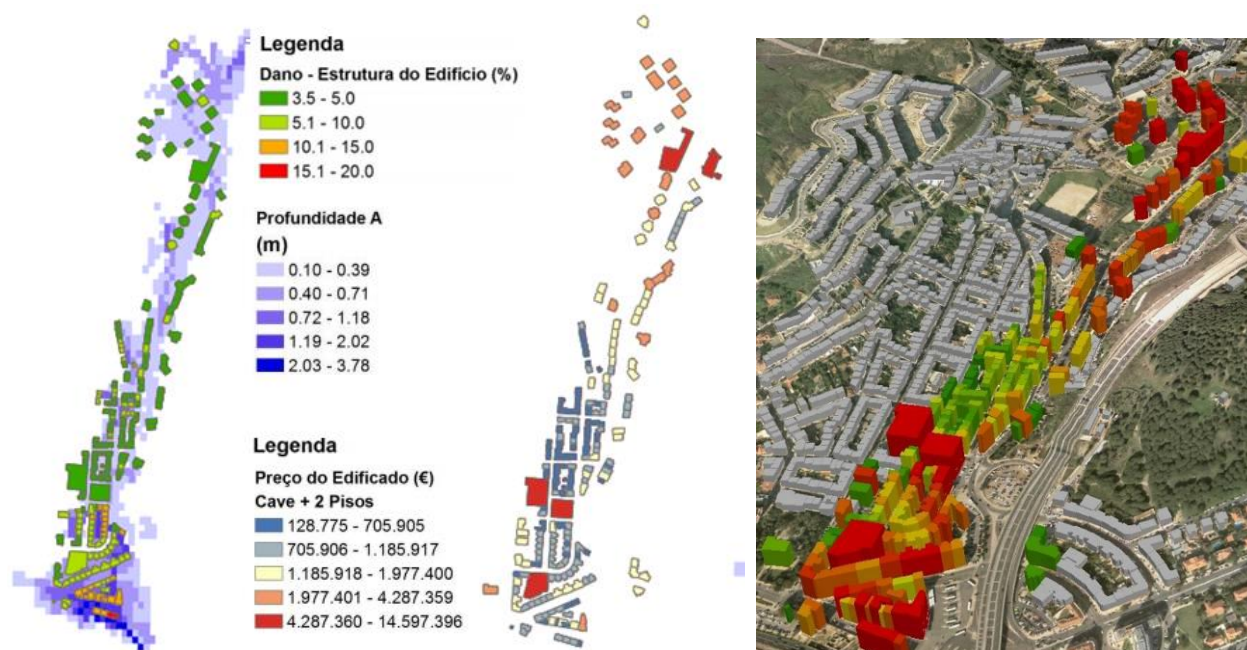
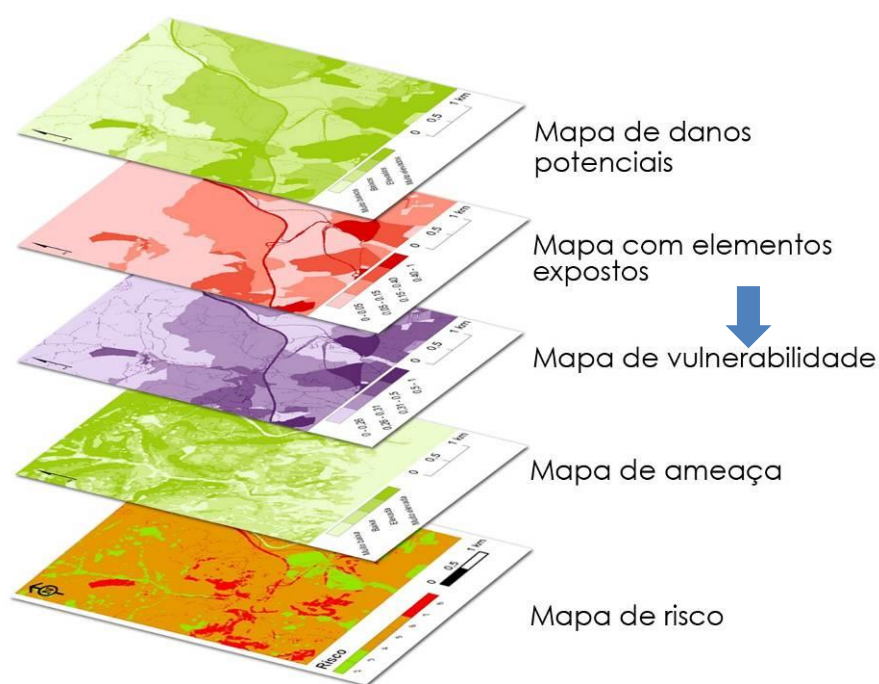


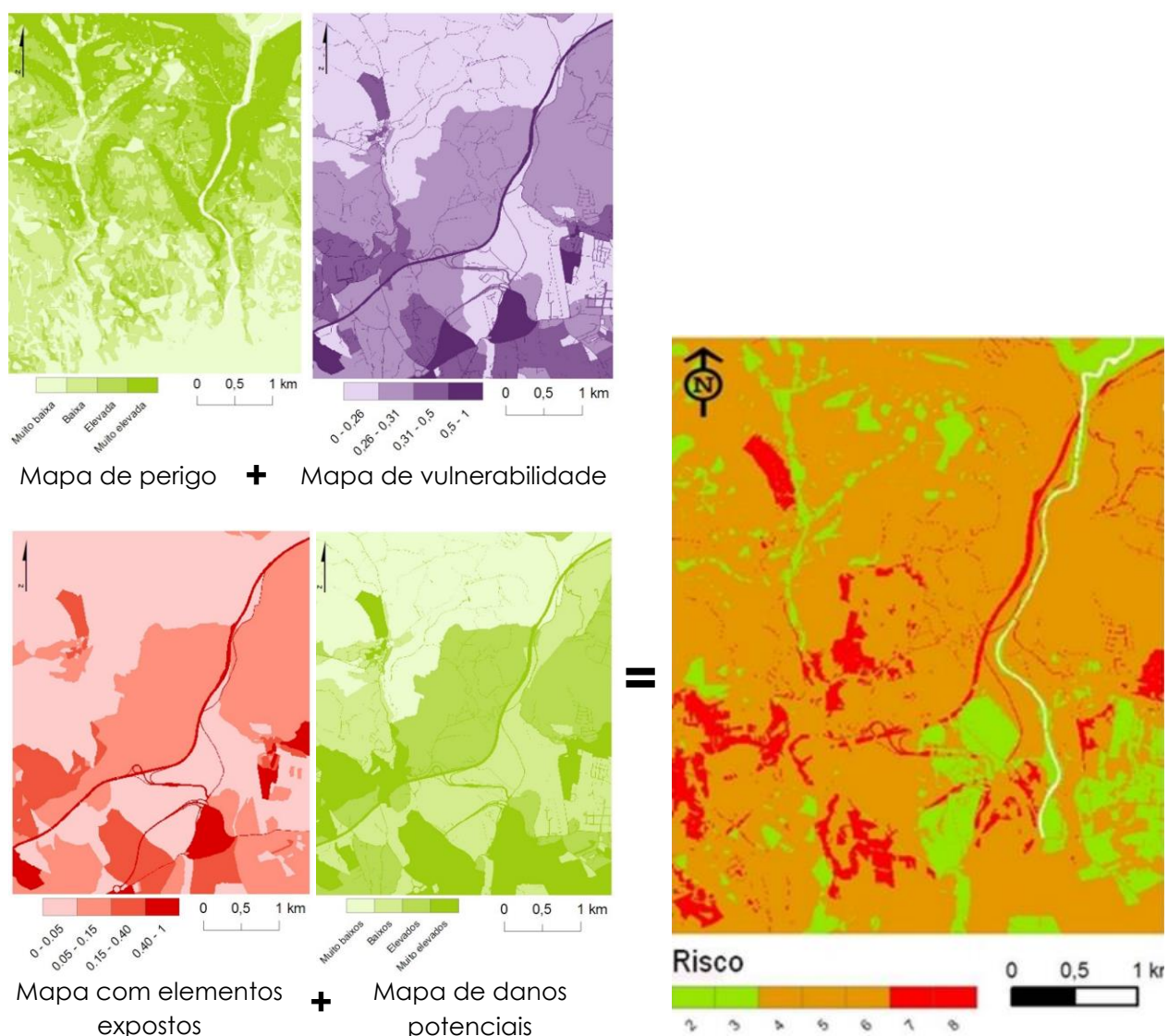
Figura 11. Representação do risco de inundação. Fonte: Meyer et al. (2009)

Exemplo: a representação qualitativa do risco a escorregamentos mostrada na Figura 12 foi elaborada por meio da **combinação de mapas** que representam o perigo do evento, a vulnerabilidade dos elementos, os elementos expostos e uma avaliação dos danos potenciais.

Entre as técnicas de avaliação qualitativa de riscos destaca-se a metodologia aplicada pelo IPT e CPRM para mapear o risco à inundação e a escorregamentos. Nestes estudos, os setores de risco pré-determinados por agentes da Defesa Civil ou técnicos das Prefeituras, são inspecionados em campo e formalmente identificados em mapas a partir do resultado de inspeção visual direta, entrevistas de campo e indicadores observados, pela equipe. São utilizadas fichas e planilhas para sistematização das informações, fotografias aéreas oblíquas e imagens de satélite, além dos registros de acidentes prévios e fotografias georeferenciadas dos locais (cortes, aterros, trincas, marcas de inundação). Esta **setorização do risco (instalado)** está sendo realizada nos 821 municípios prioritários.



(a)



(b)

Figura 12. (a) recortes de mapas sobrepostos; (b) representação do risco qualitativo a escorregamentos elaborado por meio da combinação de mapas. (Fonte: adaptado de Guillard e Zêzere, 2010)

Para acessar a lista de municípios acesse: <http://www.brasil.gov.br/observatorioidaschuvas/municipios-selecionados.html>.

O **zoneamento do risco** por meio desta técnica tem permitido a delimitação de zonas homogêneas em relação ao grau de probabilidade de ocorrência do processo considerando os seus danos, e tem sido de fundamental importância para o monitoramento e controle das áreas e emissão de alertas pelo sistema CENAD/CEMADEN.

O **zoneamento das áreas de risco a escorregamentos** utilizado pelo IPT e CPRM pode ser dividido, de maneira geral, nas seguintes etapas:

a) Pré-setorização: nessa etapa avaliam-se alguns parâmetros básicos como:

- Declividade da encosta;
- Tipo do processo (queda, tombamento, escorregamento, etc.);
- Posição da ocupação em relação à encosta (Figura 13);
- Qualidade da ocupação e sua vulnerabilidade (Figura 14).



Figura 13. Ocupação de encosta (área de risco de deslizamento).



Figura 14. Moradias vulneráveis em área de risco de deslizamento.

b) Setorização do risco: essa etapa é realizada com base em:

- Auxílio de fichas de campo, também chamados de *check list* (Figura 15);
- Uso de plantas, mapas, ou mesmo guias de ruas;
- Uso de fotografias aéreas e imagens de satélite;

- Uso de fotografias oblíquas de baixa altitude, coletadas desde helicópteros (Figura 16);
- Trabalhos de campo com equipe treinada (Figura 17);
- Conhecimento do histórico da área.

Figura 15 displays a field checklist form from the Prefeitura Municipal de Piracicaba. The form is titled 'CARACTERIZAÇÃO DO EVENTO' and includes sections for 'LOCALIZAÇÃO', 'TIPOLOGIA', 'DESCRIÇÃO SUCINTA', and 'CROQUI'. Handwritten notes in blue ink provide details about a landslide event on 04/01/01, mentioning 'Barragem de concreto da favela', 'Crescimento grande material', '8 casas de 2 pavimentos', '12 (5 crianças)', 'Área de risco', '1,5m', 'Rocha de/ella', and '75'. A sketch of a house is also present.

Figura 15. Fichas de campo (check list).

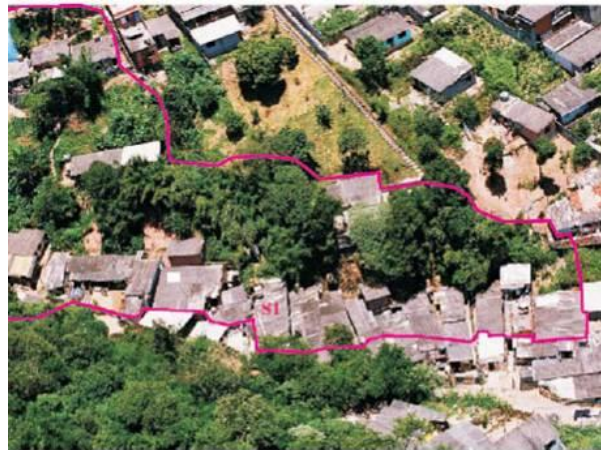


Figura 16. Imagens oblíquas de helicóptero.



Figura 17. Execução de trabalhos de campo.

Exemplo: Nota-se que na apresentação do resultado do mapeamento das áreas de risco elaborado pela CPRM são indicados o grau de risco (qualitativo), a quantidade de casas e de pessoas em risco e sugestão de ações necessárias para a sua mitigação (Figura 18).

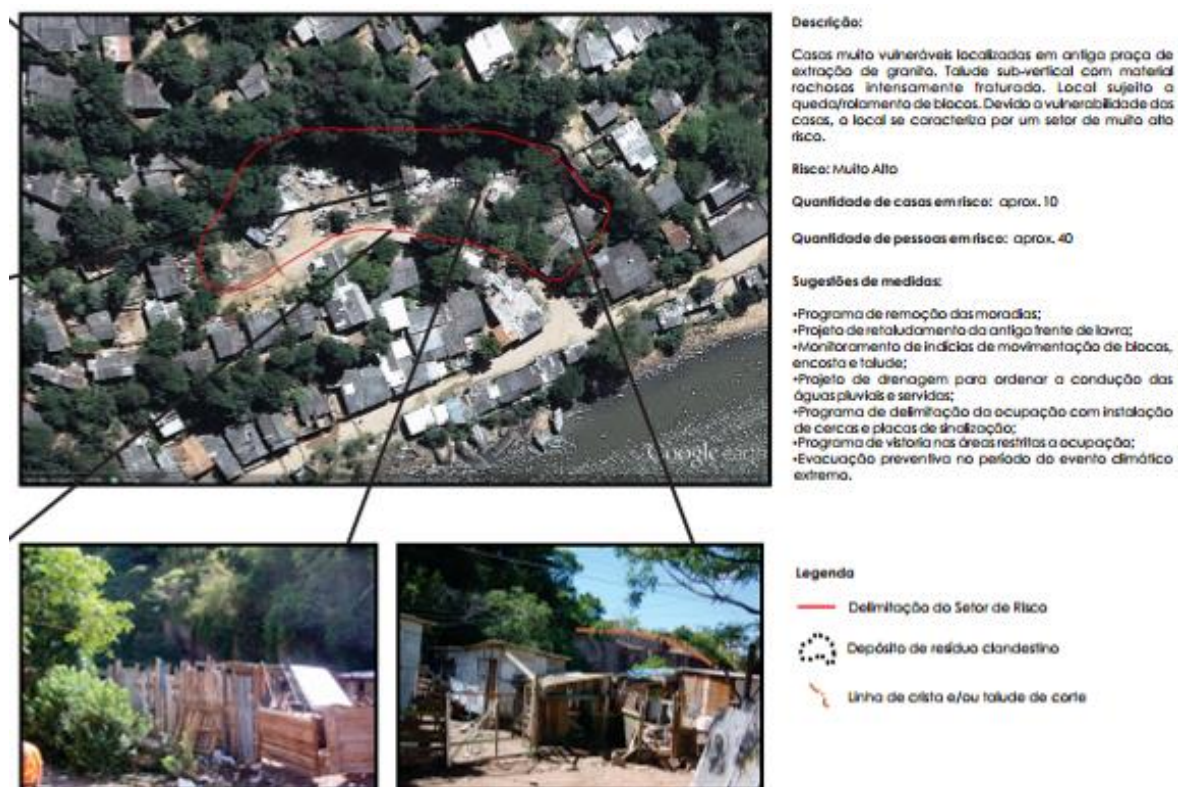


Figura 18. Setorização do risco a escorregamento no município de Porto Alegre elaborado pela CPRM em 2012.

A setorização do risco a movimentos de massa e inundações, exemplificada na figura 18, está sendo realizada pela CPRM nos 821 municípios prioritários.

5.5 Hierarquização dos riscos

A hierarquização de riscos consiste na ordenação dos locais mais críticos em um município ou região baseado na definição do grau de risco de um determinado processo de desastre ocorrer em um dado local.

Em função do grande número de processos e variáveis que devem ser analisados, existem diferentes metodologias utilizadas para hierarquizar os riscos.

Essa etapa é considerada essencial na fase de prevenção de desastres, pois é através da hierarquização de riscos que são definidas as áreas prioritárias para as intervenções de gerenciamento de riscos de desastres.

Como exemplo, no Quadro 1 é apresentada a metodologia qualitativa de hierarquização de riscos a deslizamentos e inundações utilizada pelo Serviço Geológico Brasileiro (CPRM).

Quadro 1. Hierarquização qualitativa de risco a escorregamentos utilizada pela CPRM.

Graus de Risco	Descrição
R1 Baixo	Não há indícios de desenvolvimento de processos destrutivos em encostas e margens de drenagens. Mantidas as condições existentes, não se espera a ocorrência de eventos destrutivos.
R2 Médio	Observa-se a presença de alguma(s) evidência(s) de instabilidade (encostas e margens de drenagens), porém incipiente(s). Mantidas as condições existentes, é reduzida a possibilidade de ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas.
R3 Alto	Observa-se a presença de significativa(s) evidência(s) de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes etc.) Mantidas as condições existentes, é perfeitamente possível a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas.
R4 Muito Alto	As evidências de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, trincas em moradias ou em muros de contenção, árvores ou postes inclinados, cicatrizes de escorregamento, feições erosivas, proximidade da moradia em relação ao córrego etc.) são expressivas e estão presentes em grande número e/ou magnitude. Mantidas as condições existentes, é muito provável a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas.

5.6 Recursos utilizados no mapeamento de risco

Diversos recursos são necessários para um adequado mapeamento de risco, em diferentes áreas e em diferentes níveis de precisão. É importante lembrar que alguns desses recursos estão disponíveis de forma gratuita, porém muitos possuem custos para serem adquiridos e estes custos devem ser adequados às verbas existentes para tanto. A ênfase deste item, e grande parte dos exemplos, será a apresentação da metodologia do risco de deslizamentos e inundações adotada pelo IPT e CPRM (risco instalado).

Entre as principais informações espaciais que podem ser empregadas para o mapeamento, além daquelas utilizadas para o mapeamento de ameaças e perigos, destacam-se a utilização de imagens de satélite do *Google Earth* para localização das áreas visitadas; os limites municipais e setores censitários¹ do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE), que contêm informações sobre as características da população residente em um espaço geográfico menor do que o limite municipal.

Como exemplo de recursos, são citados:

Levantamentos aerofotogramétricos, imagens de satélite e fotos aéreas:

- Identificação de área de risco e de setores de risco (setorização preliminar);
- Auxílio em levantamentos de campo para a setorização das áreas de risco.

¹Setor censitário: é a unidade territorial de coleta das operações censitárias, definido pelo IBGE, com limites físicos identificados, em áreas contínuas e respeitando a divisão político-administrativa do Brasil.

A Figura 19 mostra a utilização de fotografias oblíquas de baixa altitude para setorizar o risco instalado em uma área urbana.

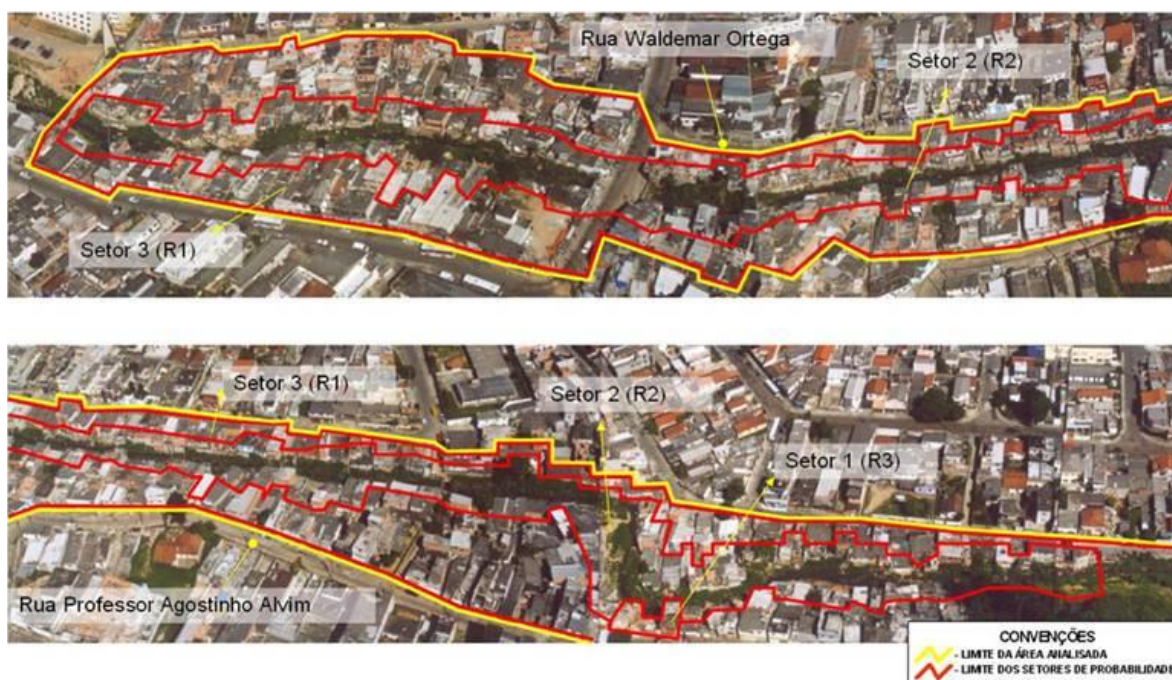


Figura 19. Setorização de risco com o uso de imagens oblíquas obtidas em voos de helicópteros.

Sistema de Posicionamento Global (GPS) e softwares de geoprocessamento e sensoriamento remoto:

- Georreferenciamento de dados e imagens e construção de banco de dados georreferenciados;
- Coleta de coordenadas geográficas em campo;
- Elaboração de mapas em um Sistema de Informação Geográfica (SIG);
- Processamento digital de imagens de satélite, fotos aéreas e dados de levantamentos por radar.

Alguns SIG são disponibilizados gratuitamente ao público, a exemplo do software SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas), desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Para acesso aos tutoriais e download do software SPRING, acesse: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/index.html>.

Base de dados

- Vinculação de diferentes fontes de base de dados georreferenciadas relacionados e utilização das mesmas na elaboração de mapas em um software SIG.

5.7 Níveis de detalhamento e escalas recomendadas para cada tipo de mapeamento

Para que a reprodução dos elementos físicos em um mapa plano seja possível é necessário que os mesmos sofram reduções em suas proporções reais. Isso ocorre por meio da definição de escalas de mapeamento, as quais indicam o nível de redução gráfica e de detalhamento dos elementos. Embora a escala seja definida como a relação entre a dimensão representada do objeto no mapa e sua dimensão no espaço geográfico real (CRUZ; MENEZES, 2009), representa também o nível de detalhe da informação original (veja adiante).

A seleção da escala de trabalho é um dos pontos fundamentais de qualquer estudo relacionado com o mapeamento de desastres, não existindo uma escala única para estudar esses processos. A seguir serão apresentados os principais conceitos relacionados com o tema e sugestões de escalas mais apropriadas para cada tipo de mapeamento.

A escala de mapeamento sempre deverá ser indicada nos mapas, por meio de uma escala numérica e/ou gráfica. A escala numérica (Tabela 1) é indicada em forma fracionária, sendo que o numerador representa a medida no mapa e o denominador a medida da superfície real.

Exemplo: a escala 1:10.000 significa que cada 1 cm no mapa corresponde a 10.000 cm ou 100 metros no espaço real.

Tabela 1. Escalas numéricas mais comuns e seus equivalentes.

Escala	1 cm no mapa representa
1:1.000	10 metros
1:5.000	50 metros
1:25.000	250 metros
1:50.000	500 metros
1:100.000	1.000 metros

Na escala gráfica a correspondência entre um objeto no mapa e no espaço real é indicada através de uma reta graduada, como a mostrada na Figura 20. Nesse exemplo, cada centímetro do mapa corresponde a 4 quilômetros na realidade. Sua vantagem é que a reprodução do mapa (fotos, cópias ou projeções em tela), permite a manutenção da escala gráfica.

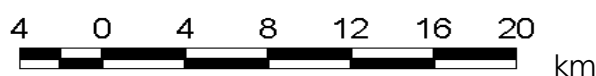


Figura 20. Exemplo de escala gráfica

Frequentemente são empregadas expressões como escala **maior** ou **menor** entre diferentes mapas, o que pode trazer confusões. O termo **escala maior** indica maiores representações dos elementos físicos representados no mapa, ou seja, esses elementos podem ser mais bem visualizados, com maior nível de detalhamento. O inverso se aplica nas escalas menores, ou seja, a utilização de uma **escala menor** indica uma **maior redução** dos elementos representados no mapa.

Exemplo: Na Figura 21 é possível visualizar porções de uma mesma localidade em diferentes escalas (na tela de computador, por ex.), onde é possível perceber que a maior escala é a da direita (1:25.000).

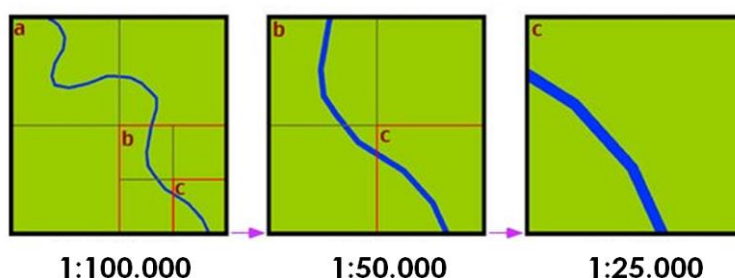


Figura 21. Visualização de porções de uma mesma localidade em diferentes escalas.

Mas é importante ressaltar que um mapa originalmente concebido na escala de 1:50.000, por exemplo, não terá uma precisão maior do que a permitida para essa escala, mesmo que seja feito um zoom da imagem. As informações apresentadas em um mapa sempre estarão associadas à escala na qual os dados espaciais foram originalmente mapeados.

Por esse motivo, **não** se pode dizer que ao aplicar a função de zoom em um mapa digital já finalizado é possível obter uma maior escala.

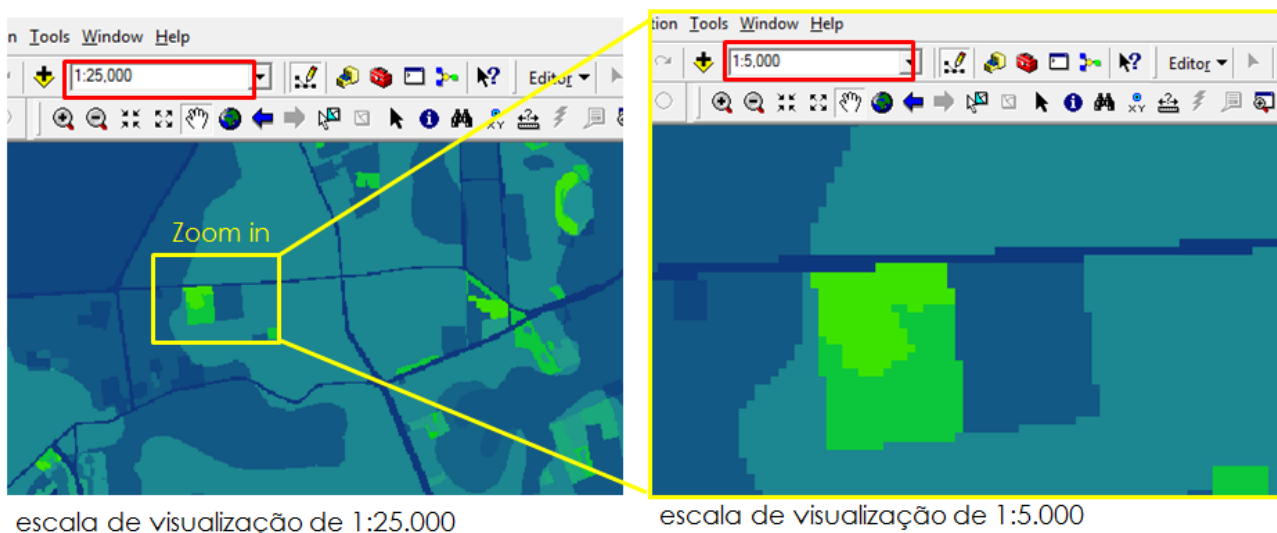


Figura 22. Utilização da ferramenta zoom in em um mapa com dados em escala original de 1:50.000.

Exemplo: Na figura 22, é possível visualizar o resultado da utilização da ferramenta *zoom in* em um mapa com escala original de 1:50.000. Note que o que ocorreu foi uma simples ampliação dos elementos representados, e não um maior detalhamento da área. Isso ocorre porque a utilização do zoom altera apenas o tamanho da área de visualização, mas não a escala original em que o mapa foi gerado. O nível de detalhamento sempre estará vinculado à escala original de mapeamento, que neste caso é 1:50.000.

É importante salientar que quanto maior a escala utilizada mais informações serão obtidas e maior será o custo associado ao mapeamento para uma mesma área.

Surge então a dúvida sobre qual escala deve ser utilizada para realizar os mapeamentos referentes a desastres. O fato é que não existe uma resposta única sobre a escala a ser adotada para a elaboração dos mapas. A escala a ser adotada irá depender dos seguintes fatores:

- Tipo da ameaça analisada;
- Extensão da área de estudo;
- Resultados que se pretende alcançar com o estudo;
- Grau de detalhamento desejado;
- Método utilizado no mapeamento (quantitativo ou qualitativo);
- Tipo de área estudada (urbana ou rural);
- Financiamento disponível;
- Qualidade das bases digitais existentes.

Existem algumas propostas na literatura técnica que sugerem as escalas de detalhamento mais adequadas para cada tipo de mapeamento. No Quadro 2 é apresentada a proposta elaborada por Dourado (2013).

Cabe salientar que as escalas indicadas no Quadro 2 variam conforme o evento analisado, pois **para cada processo uma escala é mais adequada que outra**. Por exemplo, no caso de vendavais ou secas é inviável realizar mapeamentos em escalas detalhadas (escalas de 1:10.000 a 1:5.000), já para os deslizamentos, essas escalas são as mais adequadas. Uma proposta de escalas aplicáveis a cada tipo de perigo natural é mostrada na Tabela 2. Recomenda-se também examinar as propostas de Diniz e Freitas (2013) alinhadas com as escalas recomendadas por um grupo de especialistas internacionais (*Joint Technical Committee 1*, documento traduzido por Macedo e Bressani, 2013).

Quadro 2. Escalas para diferentes tipos de mapeamento e suas aplicações.

Nível de aplicação	Escala	Mapeamentos aplicáveis	Área coberta (km ²)	Objetivos
Global	< 1:5.000.000	inventário (nível preliminar) e suscetibilidade (nível preliminar)	> 10.000.000	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Priorização de países e/ou regiões ▪ Emissão de alertas
Continental Muito pequena	1:5.000.000 a 1:1.000.000		1.000.000 a 10.000.000	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Priorização de regiões ▪ Inventário dos principais desastres de países e/ou regiões ▪ Análise dos fatores deflagradores ▪ Implantação de programas nacionais ▪ Planejamento do uso do solo a longo prazo ▪ Avaliação estratégica ▪ Seguros ▪ Emissão de alertas
Nacional Pequena	1:1.000.000 a 1:100.000		100.000 a 1.000.000	
Regional Região	1:100.000 a 1:50.000	inventário, suscetibilidade, perigo (nível preliminar) e vulnerabilidade (nível preliminar)	10.000 a 100.000	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Planejamento do uso do solo a nível regional ou municipal ▪ Seguros ▪ Emissão de alertas
Municipal Média	1:50.000 a 1:25.000		1.000 a 10.000	
Bairro Grande	1:25.000 a 1:5.000	suscetibilidade, perigo, vulnerabilidade, risco (nível preliminar)	10 a 1.000	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zoneamento de uso do solo ▪ Desenvolvimento de políticas e medidas para a redução de risco ▪ Emissão de alertas
Local Muito grande	> 1:5.000	vulnerabilidade, risco e mapeamentos cadastrais	> 10	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Desenvolvimento de políticas e medidas para a redução de risco ▪ Emissão de alertas ▪ Implantação de obras de engenharia ▪ Planejamento detalhado de uma área

Fonte: adaptado de Dourado (2013).

Tabela 2. Escalas de mapeamento aplicáveis a diferentes tipos de eventos adversos.

NÍVEL DE APLICAÇÃO	ESCALA	DESLIZAMENTOS	INUNDAÇÕES	SECAS E VENDAÍAS
Global	< 1:5.000.000	Pouco aplicável	Pouco aplicável	Moderadamente aplicável
Continental Muito pequena	1:5.000.000 a 1:1.000.000	Pouco aplicável	Moderadamente aplicável	Altamente aplicável
Nacional Pequena	1:1.000.000 a 1:100.000	Pouco aplicável	Altamente aplicável	Altamente aplicável
Regional Região	1:100.000 a 1:50.000	Moderadamente aplicável	Altamente aplicável	Altamente aplicável
Municipal Média	1:50.000 a 1:25.000	Altamente aplicável	Altamente aplicável	Moderadamente aplicável
Bairro Grande	1:25.000 a 1:5.000	Altamente aplicável	Altamente aplicável	Pouco aplicável
Local Muito grande	> 1:5.000	Altamente aplicável	Pouco aplicável	Pouco aplicável

Fonte: adaptado de Van Westen (2012) e Dourado (2013).

A **escala pequena**, que varia de 1:1.100.000 a 1:100.000, permite identificar áreas suscetíveis a perigos naturais em nível geral e com um baixo detalhe. Esta escala é utilizada principalmente em projetos de planejamento em nível nacional ou regional, visando ao planejamento do uso do solo a médio e longo prazo.

A **escala média**, que varia de 1:100.000 a 1:25.000, permite fazer um inventário de ameaças e zoneamento de suscetibilidade para obras regionais, mapeamento de perigo a nível preliminar no território analisado. A partir dela é possível definir as prioridades para o mapeamento de detalhe, além disso, os mapas executados nesta escala são adequados aos estudos do meio físico visando à aplicação de instrumentos de planejamento territorial.

A maior parte dos dados geomorfométricos, censitários e temáticos do território brasileiro encontra-se disponível nessa escala. O mapeamento nesse nível de detalhe é fundamental para evitar o aparecimento de novas áreas de perigo e para gerenciar as já existentes.

A **escala grande**, que varia de 1:25.000 a 1:5.000, apresenta um maior refinamento no nível de detalhe, aplicável ao mapeamento de eventos como deslizamentos e inundações. Permite o inventário de deslizamentos de menor tamanho, zoneamento de perigo e suscetibilidade para áreas locais, nas escalas maiores permite a avaliação do risco. Para inundações, permite um grau de refinamento dos limites de áreas inundáveis que não é possível nas escalas anteriores.

A escala **muito grande**, que é maior que 1:5.000, é a mais adequada para a gestão das áreas de risco, porque permite a tomada de decisões lote a lote, rua a rua. Os planos de contingência de Defesa Civil são elaborados com base em mapas nesse nível de detalhe, sendo que a partir deles é possível identificar as áreas críticas para a realização de intervenções estruturais e não estruturais, além de permitir a realização do monitoramento das áreas de risco.

Verifica-se que no caso de deslizamentos, por exemplo, o nível de detalhamento necessário para a proposição de obras de estabilização de encostas exige um conhecimento detalhado da área (escala > 1:5.000). A área deve ser minuciosamente descrita, determinadas as suas características físicas, condições topográficas e principais deflagradores dos deslizamentos, aproximando-se da escala de projeto executivo (>1:1.000). Já para o mapeamento de inundações, a escala utilizada geralmente é menor do que 1:5.000.

Essas recomendações de diferenciação nas escalas aplicadas para cada tipo de mapeamento são decorrência, também, dos custos envolvidos para a realização de cada um deles. No mapeamento de suscetibilidade, por exemplo, o nível de detalhamento é menor que no de perigo, e o de perigo é bem menor que no de risco. Assim, os tomadores de decisão devem optar por um tipo de mapeamento de menor nível de detalhamento nos estudos iniciais. Dessa forma, é possível reduzir custos pela limitação do mapeamento mais detalhado apenas nas áreas onde ele se fizer realmente necessário (FELL et al., 2008).

Para a gestão de problemas causados pela ocupação de áreas inadequadas, como encostas íngremes e planícies de inundação, as escalas de trabalho mais adotadas ficam entre 1:10.000 e 1:25.000. Já para os estudos realizados em níveis regionais as escalas são

menores ($< 1:50.000$), sendo que estes mapas são de caráter indicativo e têm como principal papel, subsidiar o planejamento urbano e regional.

Os mapeamentos em escala global ou continental ($> 1:1.000.000$) destinam-se principalmente à geração de índices de risco para cada país, que relacionados aos índices de desenvolvimento socioeconômico permitem que as organizações internacionais como o Banco Mundial, BAD, OMS, PNUD, FAO façam priorizações (VAN WESTEN, 2012).

5.8 Métodos de mapeamento mais utilizados no Brasil

Conforme visto nos itens anteriores, o mapeamento é uma ferramenta fundamental para a gestão de risco de desastres. Através do mesmo é possível identificar as áreas onde os eventos adversos podem ocorrer, e consequentemente seu perigo e risco, realizar a avaliação das áreas afetadas e a comparação do antes e depois do desastre. Além disso, o mapeamento permite a análise espacial de dados históricos, o que fornece informações relevantes sobre o comportamento dos desastres e auxilia, sobretudo, na avaliação dos danos e prejuízos.

Entre os tipos de mapeamentos mais conhecidos, destaca-se o **mapeamento de áreas de riscos de desastres**, principalmente os que se referem às áreas que envolvem riscos geológicos (deslizamentos, corridas de lama) e hidrológicos (inundações e enxurradas). Este tipo de mapeamento é de extrema importância na gestão de riscos, uma vez que permite atuar na prevenção, mitigação e preparação, reduzindo dessa maneira, os danos e prejuízos causados pelos desastres.

A partir destes mapas pode-se elaborar medidas preventivas, planificar as situações de emergência e estabelecer ações conjuntas entre a comunidade e o poder público, visando à defesa permanente contra os desastres. Tais medidas estão associadas à identificação das áreas com maior potencial de serem afetadas, onde são hierarquizados os cenários de risco e a proposição de medidas corretivas (MARCELINO, 2007).

Este tipo de mapeamento também é utilizado para o planejamento das situações de emergência, na evacuação da população frente a um perigo eminente, para a logística da resposta ao desastre, nas operações de resgate, na restauração das áreas afetadas, e nas atividades de educação, capacitação, preparação e conscientização das comunidades em risco identificadas no mapa, visando à redução do risco e o número de pessoas afetadas.

O **mapa de áreas de risco à inundação** é uma importante ferramenta para a prevenção, controle e gestão deste evento adverso. O Programa de Redução de Riscos do Ministério das Cidades (BRASIL, 2007) sugere uma metodologia **de mapeamento para áreas de risco de inundação em áreas urbanas** desenvolvida pelo Instituto de Pesquisas Tecnológica (IPT), que segue os seguintes passos:

1. **Identificação e delimitação preliminar de área de risco** em fotografias aéreas (fotos aéreas de baixa altitude ou de helicóptero) ou plantas cartográficas. No caso de

cidades, devem ser identificados prioritariamente os assentamentos precários localizados ao longo dos cursos d'água;

2. Após isto, deve ser feita a **localização das áreas de risco** em plantas cartográficas, guias de ruas, fotografias aéreas de levantamento aerofotogramétricos recentes ou imagens de satélite de alta resolução (*GeoEye, World View, Rapid Eye, Google Pro*). Este tipo de informação permite fazer uma **pré-setorização** ou **setorização** preliminar das áreas e de compartimentos de risco, no caso de inundações o vetor de análise são a bacia de drenagem e o curso d'água;
3. Após a setorização preliminar devem ser feitos **levantamentos de campo para análise mais detalhada dos processos** que ocorrem na área (preenchimento da ficha de cadastro, fotos de campo, dados de vulnerabilidade e periculosidade da área);
4. De posse dos dados de campos, confrontados com os obtidos em fotos, imagens e mapas faz-se a **síntese final da setorização de risco** com a delimitação dos compartimentos com os diferentes graus de risco de inundação.

Exemplo: Para mitigar os danos causados pelas inundações na cidade de Itabuna, na Bahia, Hora e Gomes (2009) desenvolveram um modelo conceitual para "*Mapeamento e avaliação do risco a inundação do rio Cachoeira em trecho da área urbana do município de Itabuna/BA*", produzido em ambiente de SIG (Figura 23). Neste estudo foram definidas as cotas de inundação considerando Tempos de Retorno (TR) de 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos.

A escala de trabalho utilizada foi de 1:2.000, e o critério adotado para a determinação do grau de risco foi o recomendado pelo Ministério das Cidades que classifica o risco em quatro graus: Muito Alto, Alto, Médio e Baixo, conforme mostra o mapa de risco obtido (Figura 24).

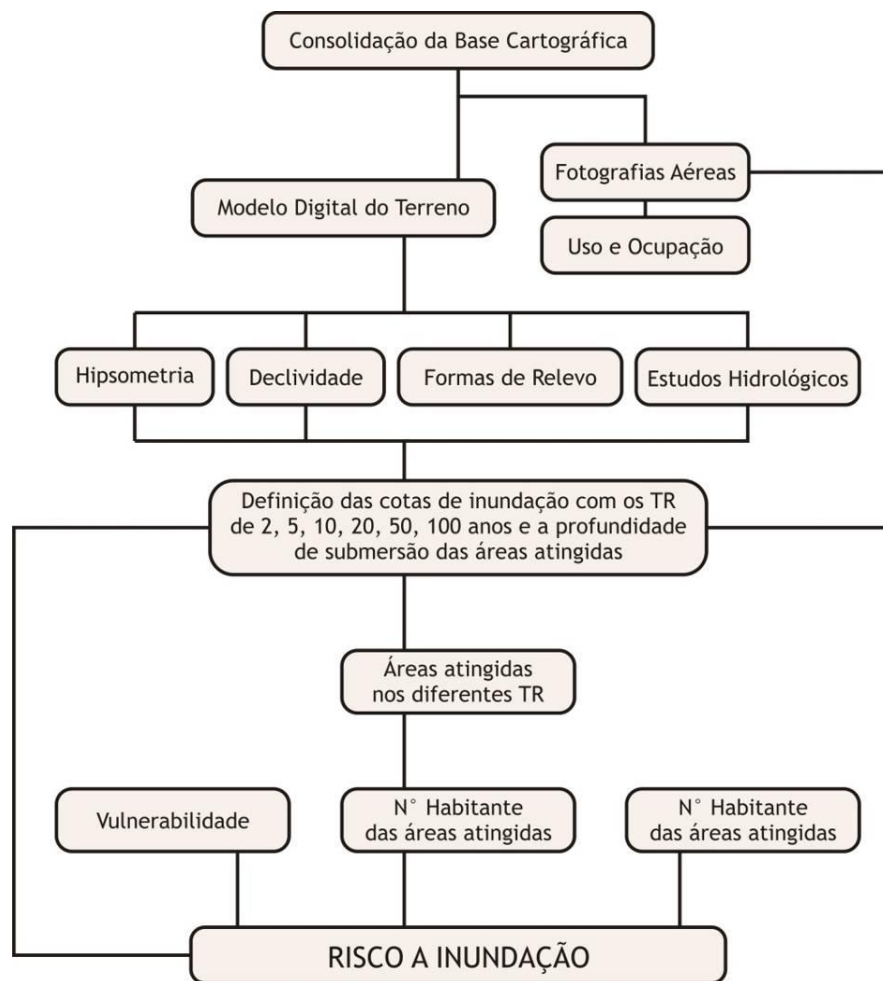


Figura 23. Modelo conceitual da metodologia adotada para o mapeamento de áreas de risco à inundação num trecho do rio Cachoeira, Itabuna, BA. Fonte: Hora e Gomes (2009).

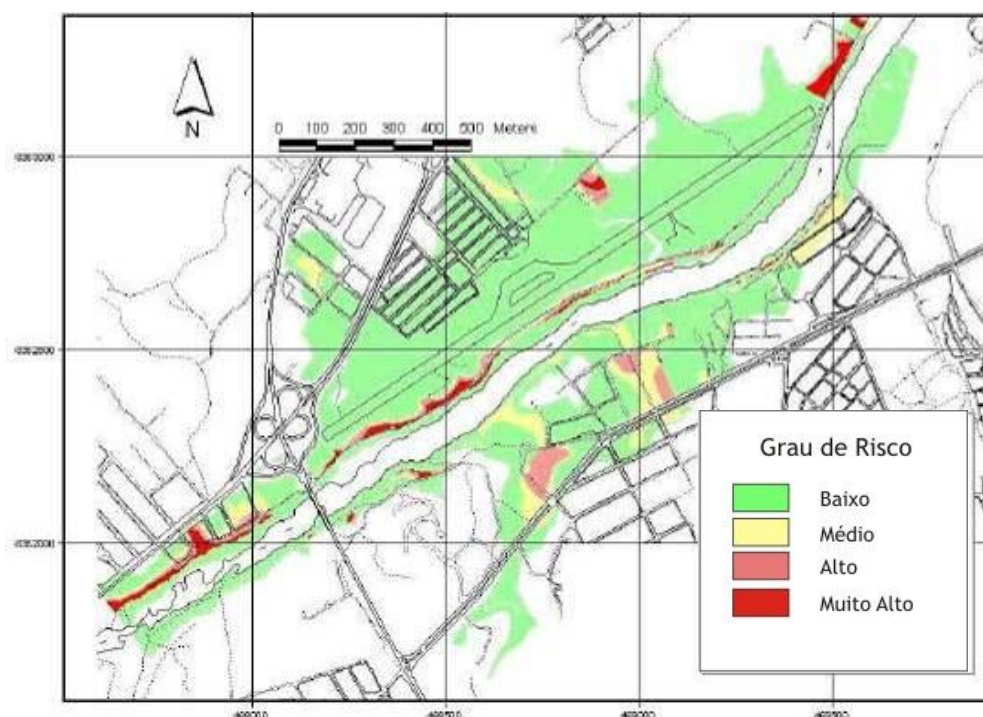


Figura 24. Mapa de risco a inundação do rio Cachoeira, Itabuna, BA. Fonte: Hora e Gomes (2009).

No **Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais do Governo Federal** (PPA 2012–2015) o mapeamento, isto é, a produção do conhecimento geológico-geotécnico em municípios com alto e muito alto risco a deslizamentos e inundações é um dos quatro eixos temáticos. O Ministério das Minas e Energia, por meio da CPRM-Serviço Geológico do Brasil, recebeu a incumbência de atuar neste mapeamento. Está previsto até 2014 a realização do mapeamento de áreas de risco nas áreas urbanas de 821 municípios e de suscetibilidade em 286 municípios considerados críticos. O foco é naqueles recorrentemente afetados por inundações, enxurradas e deslizamentos, buscando contribuir para a mitigação e redução das perdas de vidas e danos relacionadas a desastres naturais.

Dois tipos de mapeamentos estão sendo realizados:

- **A Setorização de Riscos a Movimentos de Massa e Inundações**, que consiste na identificação e delimitação de áreas urbanas classificadas como de risco Muito Alto e Alto, em escala variável de 1:1.000 a 1:2.000; para processos de rupturas em encostas e deslizamentos e inundações;
- A geração de **Cartas Municipais de Suscetibilidade a Movimentos de Massa e Inundações**, que indicam no território municipal, as áreas de suscetibilidade Muito Alta, Alta, Média, Baixa e Muito Baixa para processos de movimentos de massa, enxurradas e inundações, na escala 1:25.000.

As etapas da metodologia adotada para a **Setorização de Riscos** são:

1. Uso de imagens de satélite, bases cartográficas e bibliografia disponível, para o reconhecimento preliminar da área;
2. Contato institucional com SEDEC/COMDECs para a integração de técnicos municipais e de Proteção e Defesa Civil com os pesquisadores da CPRM, para identificar os setores de risco alto e muito alto a movimentos de massa e/ou sujeitas a processos de inundação;
3. Delimitação sobre imagens de satélites/fotografias aéreas da setorização, que é um polígono envolvendo a porção de uma encosta ou planície de inundação com potencial para sofrer algum tipo de processo natural ou induzido, que possa causar danos;
4. Elaboração dos mapas (pranchas) de setorização, no tamanho A3, com fotos de campo do setor relativas às rupturas e aos indícios observados no terreno e moradias, e outras estruturas urbanas em risco. Neles estão também a descrição da tipologia do processo e todas as informações para o entendimento dos condicionantes da ruptura;
5. Estimativa do número de moradias (prédios) e pessoas afetadas ou passíveis de serem afetadas;
6. Indicação de intervenções recomendadas estruturais/não estruturais (obras de contenção, drenagem, educação ambiental, remoção ou relocação de moradores e moradias) entre outras intervenções.

7. Geração do polígono, envolvendo as moradias que estão sob risco, em um ambiente SIG e fazendo uso de imagens Google Earth georreferenciadas ou imagens de sensores remoto de alta resolução, com a vetorização em tela;
8. Transferência destas informações para os representantes dos municípios e defesa civil, com apresentações e disponibilização das pranchas em formato PDF-impressas e digital (Figura 25), os dados vetoriais e a base de dados (Figura 26). Elas são entregues também ao CEMADEN, CENAD, Ministério das Cidades e outros órgãos e instituições integrantes do Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais do Governo Federal.

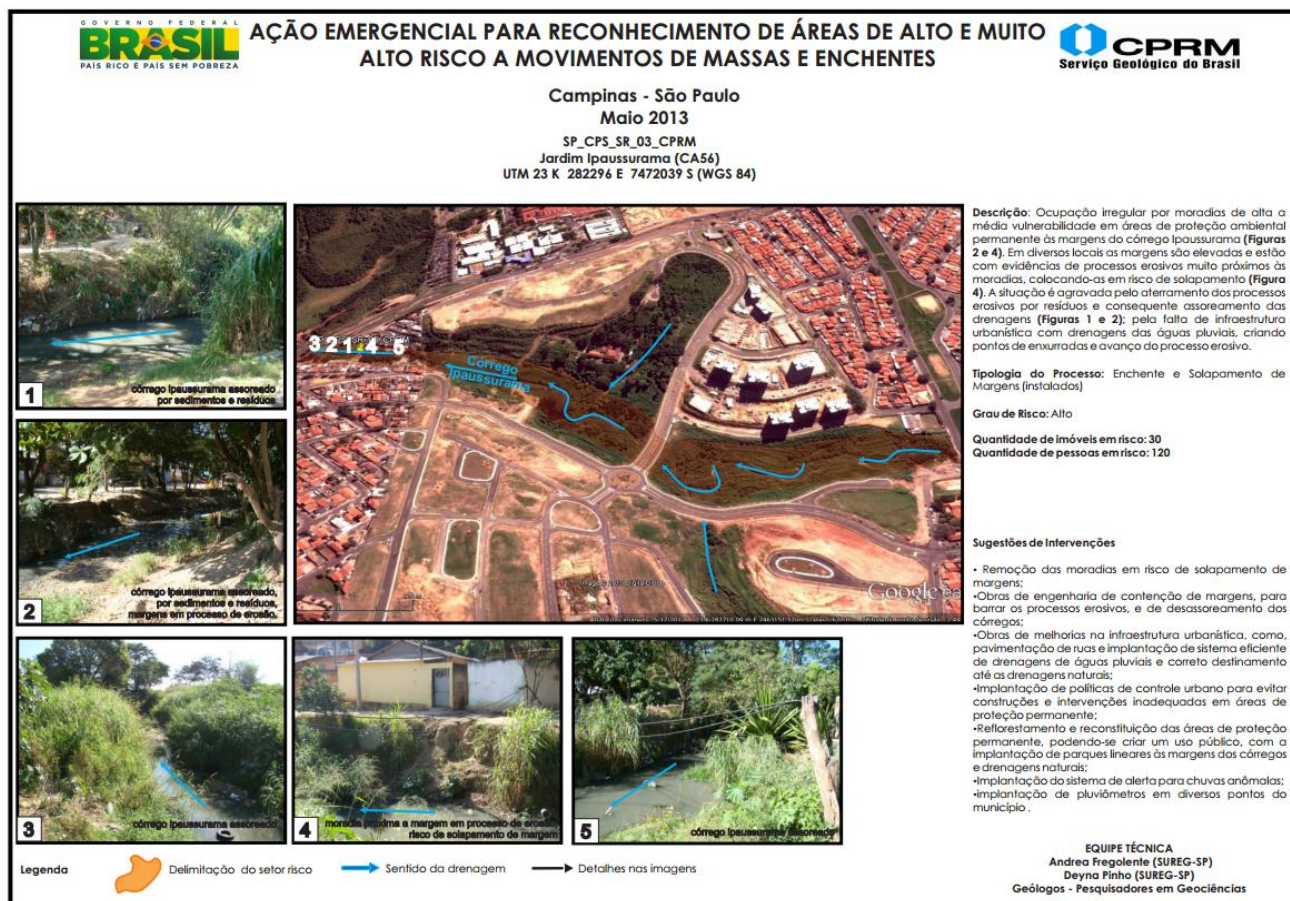


Figura 25. Prancha com a setorização de riscos e descrição dos processos de inundação elaborada pela CPRM. Fonte: <<http://campinas.sp.gov.br/arquivos/meio-ambiente/plano-saneamento/fichas-informativas-15-1.pdf>>.

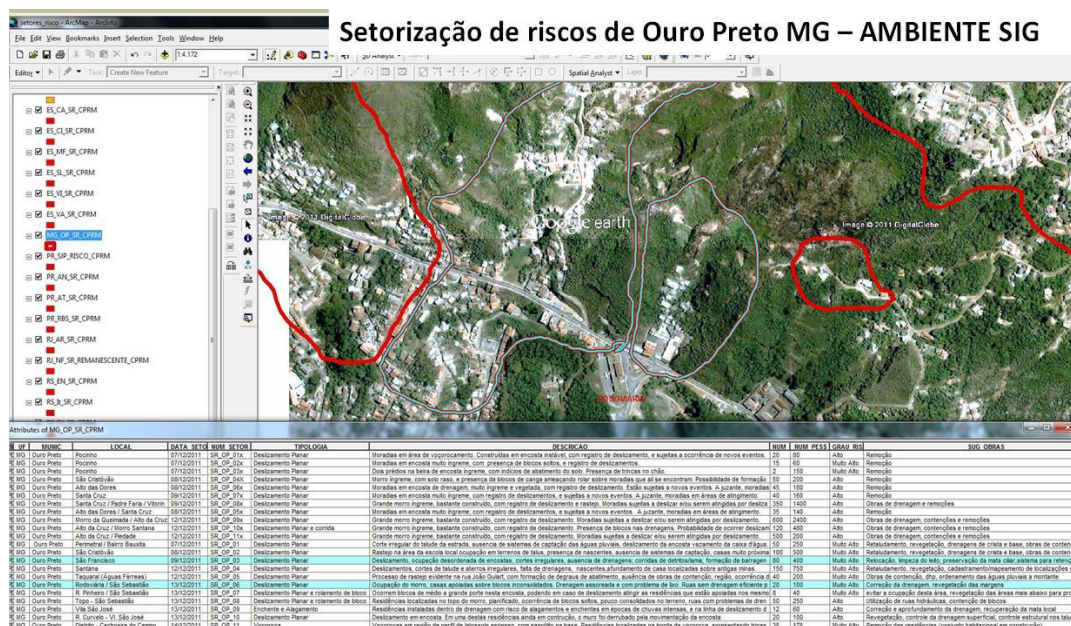


Figura 26. Setorização de risco do município de Ouro Preto, MG, em ambiente SIG.

5.9 Uso do geoprocessamento na gestão de risco

Este item tem por objetivo apresentar os conceitos de geoprocessamento e Sistemas de Informação Geográfica (SIG), além de mostrar as possibilidades e praticidade da aplicação destas ferramentas nas diferentes etapas da gestão de riscos.

Geoprocessamento é o conjunto de ferramentas usadas para coleta e tratamento de informações geográficas (espaciais), tendo como resultado a geração de mapas, relatórios, arquivos digitais, etc. Na Figura 27 é apresentado um esquema mostrando algumas possibilidades de uso das ferramentas de geoprocessamento.



Figura 27. Esquema mostrando utilizações das ferramentas de geoprocessamento

Para simplificar, pode-se dizer que o geoprocessamento representa qualquer tipo de processamento de dados georreferenciados realizado através do uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), que envolve diversos componentes como pessoas, dados, software, hardware e metodologias (Figura 28).

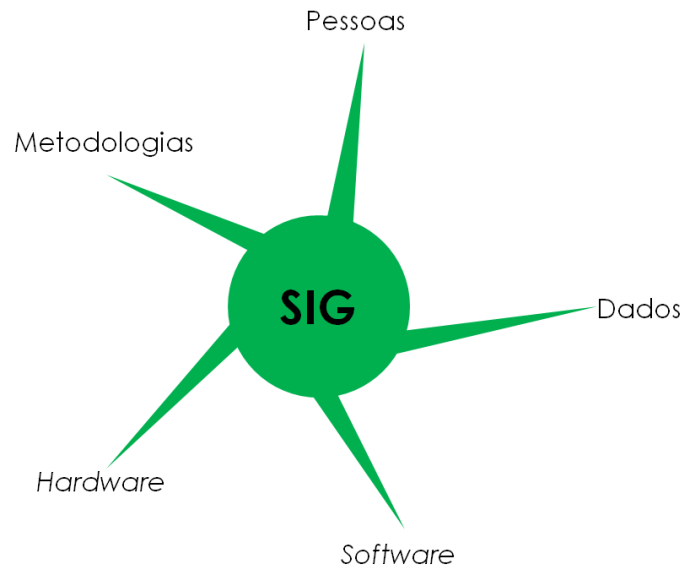


Figura 28. Componentes de um SIG.

SIG é um sistema auxiliado por computador para aquisição, armazenamento, análise e visualização de dados geográficos. É, portanto, uma **ferramenta do geoprocessamento**. Esse sistema é composto por uma variedade de elementos, como banco de dados espaciais, sistema de visualização cartográfica, sistema de análise geográfica, análise estatística, entre outros.

As principais fontes de dados para gestão de riscos utilizadas no geoprocessamento são adquiridas por meio de inventários de eventos, mapas analógicos e digitais (geologia, cartografia, tipos de solos, ocupação, etc.); imagens de satélite; fotografias aéreas; dados coletados com GPS; levantamentos topográficos; dados estatísticos e relatórios de inspeção.

Entre as vantagens do uso do geoprocessamento destacam-se (complementado de ISSAI, 2013):

- organização de banco de dados e utilização mais eficiente dos dados disponíveis (maior disponibilidade potencial);
- integração de dados de diversas fontes, origens e formatos;
- realização de análises complexas por meio de cruzamento de dados;
- geração de informações com um baixo custo financeiro e otimização do tempo de análise;
- mais facilidade na tomada de decisões;
- melhoria da coordenação e a comunicação entre diferentes setores, aumentando a eficiência ;
- criação de relações entre conjuntos de dados que podem parecer desconexos quando analisados individualmente, mas quando sobrepostos em um mapa mostram-se correlacionáveis;

- melhoria do entendimento dos desastres no processo de gestão de riscos, uma vez que auxiliam no seu mapeamento;
- aumento da produtividade dos técnicos.

Desta forma, o geoprocessamento constitui-se em uma tecnologia importante para a gestão de riscos, podendo ser utilizado em todas as etapas (Figura 29), desde a prevenção de desastres, mitigação, preparação e resposta até a recuperação.

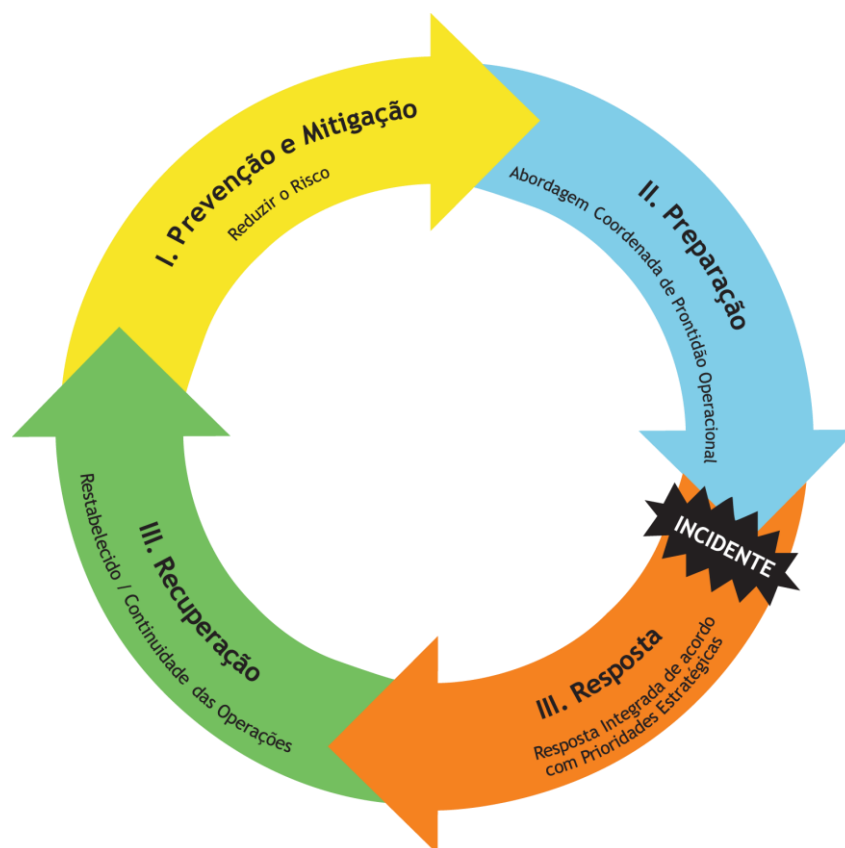


Figura 29. Ciclo contínuo da gestão de riscos e gerenciamento de desastres

Na **prevenção**, o geoprocessamento pode auxiliar no mapeamento de suscetibilidade, perigo, vulnerabilidade e risco. Esses mapas podem ajudar a direcionar os recursos para mapeamentos mais detalhados, além de auxiliar na priorização de estratégias de intervenção e mitigação em áreas de maior risco.

Outra ferramenta importante para a prevenção de desastres é a elaboração de mapas com os registros de eventos anteriores. Esses mapas, chamados de **inventários**, fornecem dados básicos para o planejamento regional e auxiliam na definição de áreas prioritárias onde estudos mais detalhados devem ser conduzidos.

Na **preparação**, o geoprocessamento possui diversas aplicações, principalmente no apoio para a elaboração do plano de contingência, podendo oferecer as seguintes informações básicas (MARCELINO, 2007):

- definição de rotas de evacuação;
- identificação de hospitais, abrigos e centros de operações de emergência;

- realização de treinamentos e simulados de desastres;
- criação de modelos digitais de desastres;
- criação e gerenciamento de sistemas de alerta;
- monitoramento de desastres;
- auxílio no desenvolvimento de planos de contingência;
- cálculo do tempo de resposta de emergências.

A realização de treinamentos com a utilização de geoprocessamento permite simular diferentes cenários de desastres. Dessa forma, é possível capacitar equipes de técnicos e a população em geral para uma melhor resposta frente a ocorrências de desastres.

Um modelo desenvolvido em SIG para estimar possíveis danos ocasionados por episódios de desastres é utilizado pela *Federal Emergency Management Agency* (FEMA) nas áreas suscetíveis a tempestades e furacões. Os mapas de saída do modelo incluem prejuízos estimados pela ação do vento sobre as edificações localizadas ao longo do caminho da tempestade (FEMA, 2008). A partir desses cenários é possível verificar se existem escolas, abrigos e hospitais localizados nas áreas afetadas pelos desastres.

Na **resposta**, o geoprocessamento proporciona aos gestores meios necessários para melhorar sua atuação frente aos desastres, uma vez que estes, por serem ocorrências extraordinárias, requerem respostas rápidas, organizadas e coordenadas de um amplo conjunto de indivíduos e órgãos.

Alguns exemplos específicos de como o geoprocessamento pode melhorar a resposta aos desastres incluem (ESRI, 2013):

- compreender o alcance dos danos;
- identificar locais onde pessoas possam estar presas, feridas ou necessitando de apoio médico e de resgate;
- localizar pessoas nas operações de busca e salvamento com a utilização de um GPS;
- identificar potenciais abrigos (escolas, bibliotecas, igrejas, edifícios públicos), hospitais, polícia, bombeiros, entre outros, desde que previamente cadastrados em um banco de dados;
- mapear locais adequados para postos de comando de incidentes para fornecer apoio logístico para a equipe de segurança pública;
- identificar locais com suprimentos e materiais necessários para a resposta e recuperação.

Em desastres de longa duração (por exemplo, inundações e incêndios florestais), os SIG podem modelar a velocidade, direção e intensidade do evento. Assim, é possível alertar as pessoas em perigo e mobilizar recursos públicos para as ações de resposta.

Em 2003, nos EUA, um *software* de SIG foi utilizado na modelagem de um incêndio florestal ocorrido no Sul do Estado da Califórnia. A partir da direção dos ventos, foi possível modelar

cenários e verificar os locais que seriam atingidos. Com isso, foi possível evacuar previamente cerca de 95.000 pessoas (ESRI, 2004).

Outra utilização de SIG na resposta a desastres ocorreu também nos EUA, por meio do uso de uma série de mapas produzidos, quando o furacão Katrina atingiu a cidade de New Orleans no Estado da Louisiana em 2005. Os socorristas e equipes de emergência utilizaram mapas de ruas mostrando a densidade populacional, as principais referências urbanas citadas nas chamadas de emergência e as coordenadas de latitude e longitude necessárias ao resgate por helicóptero. Foram empregados mapas de suscetibilidade na identificação de áreas que provavelmente haviam sido afetadas pelas inundações e mapas com pontos estratégicos para a resposta (abrigos, hospitais, pontos de distribuição de água e locais com produtos perigosos). Também foram utilizados mapas para o fechamento de estradas e restrições de acesso (LONGLEY, 2013).

Na **recuperação**, o uso de geoprocessamento ajuda na avaliação dos danos e na identificação de áreas seguras para a relocação e reconstrução das comunidades afetadas. O uso de imagens aéreas e de satélite também pode ser aplicado para verificar a magnitude dos danos de um determinado desastre, pois por meio delas é possível visualizar uma mesma localidade antes e após a ocorrência do desastre, permitindo uma maior precisão na reconstrução. Na Figura 30, são apresentadas imagens aéreas do Porto de Yuriage, na cidade de Natori no Japão mostrando a situação antes e depois do tsunami ocorrido no local em 2011.



(a)



(b)

Figura 30. Imagens aéreas do Porto de Yuriage, na cidade de Natori no Japão mostrando a situação (a) antes e (b) depois do tsunami ocorrido no local em 2011. Fonte: Google, Digital Globe, GeoEye.

Algumas iniciativas de sucesso para aplicação do geoprocessamento no Brasil são citadas abaixo:

- Disponibilização gratuita de imagens de satélite e softwares de geoprocessamento com funções de processamento digital de imagens de satélite, mapeamento, análise espacial, modelagem numérica de terreno (MNT) e consulta a bancos de dados espaciais (Exemplo: aquisição do software SPRING e imagens do Satélite Sino-

Brasileiro de Recursos Terrestres - CBERS através de iniciativa do governo brasileiro, por meio do Instituto de Pesquisas espaciais – **INPE**, entre vários outros);

- Disponibilização gratuita de dados espaciais, tendo como fontes principais:

1. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (**IBGE**) e a Diretoria de Serviço Geográfico do Exército (**DSG**) como organizações responsáveis pelo mapeamento sistemático de todo o território nacional;

2. Diretoria de Hidrografia e Navegação (**DHN**) e o Instituto de Cartografia Aeronáutica (**ICA**) para trabalhos específicos;

3. Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (**CPRM**), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (**EMBRAPA**), Instituto Brasileiro de Administração Municipal (**IBAM**), Instituto de Terras (Planejamento Rural), Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (**IBAMA**), Instituto Estadual de Florestas (**IEF**) e outras Instituições Federais e Estaduais;

4. Prefeituras Municipais e órgãos associados;

5. Universidades e Institutos de Pesquisa, por meio de estudos e pesquisas já realizados e em execução sobre diversos campos, em especial sobre geoprocessamento, permitindo a utilização de dados já em formato digital.

Referências

- ALEOTTI, P.; CHOWDHURY, R. Landslide hazard assessment: summary review and new perspectives. **Bulletin of Engineering Geology and the Environment**, v. 58, n. 1, p. 21-44, 1999.
- ATLAS DO CENSO DEMOGRÁFICO 2010 / IBGE. – Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 160 p. Acompanha um CD-ROM, em bolso. ISBN 978-85-240-4281-2. 1. Brasil - **Censo demográfico**, 2010 - Atlas. 2. Mapas estatísticos - Brasil. 3. Brasil - População - Mapas I. IBGE. Gerência de Biblioteca e Acervos Especiais CDU 311.213.1:314(81)(084.42)2010 RJ/IBGE/2013-06 DEM.
- BRASIL. Ministério das Cidades/Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT. **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios**. CARVALHO, C. S.; MACEDO, E. M.; OGURA, A. T., organizadores. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT, 2007. 176 p. ISBN 978-85-60133-81-9.
- BRASIL. **Lei Nº 12.608, de 10 de abril de 2012**. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; e dá outras providências. Brasília, 2012.
- COURA, P. H. F.; SOUSA, G. M. de; FERNANDES, M. do C. Mapeamento geológico da susceptibilidade à ocorrência de incêndios no maciço da Pedra Branca, município do Rio de Janeiro. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 32, n. 2, Rio de Janeiro 2009.
- CPRM 2014 file:///C:/Users/ADM/Documents/Downloads/1096-Nota_Tecnica_Explicativa_CPRM_IPT_Publicacao_3016_EDICAO_1.pdf
- CRUZ, C. B. M.; MENEZES, P. M. L. A cartografia no ordenamento territorial do espaço geográfico brasileiro. In.: ALMEIDA, F. J. & SOARES, L. D. A. **Ordenamento Territorial**. Coletânea de textos com diferentes abordagens no contexto brasileiro. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. p. 195-225.
- CUNHA, L.; LEAL, C.; TAVARES, A.; SANTOS, P. **Risco de inundação no município de Torres Novas (Portugal)**. REVISTA GEONORTE, Edição Especial, V.1, N.4, p.961 – 973, 2012.
- DINIZ, N. C.; FREITAS, C. G. L. Cartografia Geotécnica, Coord. Capítulo 7 in: **Parâmetros para cartografia geotécnica e diretrizes para medidas de intervenção de áreas sujeitas a desastres naturais**. Coordenação Geral e Organização: Coutinho, R. Q. Ministério das Cidades – Programas Urbanos, Cartografia Geotécnica/ UFPe – GEGEP/DECivil, 2013. Documento Técnico. Acesso: <http://www.cidades.gov.br/index.php/carta-geotecnica/5233.html>
- DISASTERS CHARTER. **Fires in Portugal**. 2005. Disponível em: <www.disasterscharter.org/web/charter/activation_details?p_r_p_1415474252_assetId=ACT-099>. Acesso em: 04 nov. 2013.
- DISASTERS CHARTER. **Flood in Santa Catarina State, Brazil**. 2008. Disponível em: <www.disasterscharter.org/web/charter/activation_details?p_r_p_1415474252_assetId=ACT-235>. Acesso em: 04 nov. 2013.
- DISASTERS CHARTER. **Floods in Brazil: Belo Horizonte - Campos dos Goitacazes**. 2012. Disponível em: <www.disasterscharter.org/web/charter/activation_details?p_r_p_1415474252_assetId=ACT-385>. Acesso em: 04 nov. 2013.
- DISASTERS CHARTER. **Flood in Parana river Argentina**. 2013a. Disponível em: <www.disasterscharter.org/image/journal/article.jpg?img_id=161526&t=1373355947871>. Acesso em: 04 nov. 2013.
- DISASTERS CHARTER. **Flood in northeast China**. 2013b. Disponível em: <www.disasterscharter.org/web/charter/activation_details?p_r_p_1415474252_assetId=ACT-447>. Acesso em: 04 nov. 2013.
- DOURADO, F. **Workshop sobre movimentos gravitacionais de massa – MGM**. Porto Alegre: The World Bank, 2013.

ESRI, Environmental Systems Research Institute. **Hosted by Montana Department of Public Health and Human Services disaster preparedness exercise uses GIS**. Montana, 2006.

ESRI, Environmental Systems Research Institute. **GIS aids disaster relief**. 2013. Disponível em: <www.esri.com/services/disaster-response/disaster-relief>. Acesso em: 9 jul. 2013.

ESRI, Environmental Systems Research Institute. **Crises Prove the Value of GIS**. 2004. Disponível em: <www.esri.com/news/arcuser/0104/disaster.html>. Acesso em: 09 jul. 2013.

FELL, R.; COROMIDAS, J.; BONNARD, C. CASCINI, L.; LEROI, E.; SAVAGE, W. Z. Joint Technical Committee on landslides and engineerd slopes, JTC-1. Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land-use planning. **Engineering Geology**, v. 102, n. 3-4, p. 99-111, 2008.

FEMA, Federal Emergency Management Agency. **How FEMA Uses GIS In Disaster Response**. Pennstate, 2008. Disponível em: <www.e-education.psu.edu/geog588/11_p4.html>. Acesso em 09 jul. 2013.

GEOSCIENCE AUSTRALIA. **Landslide search**. 2013. Disponível em: <www.ga.gov.au/landslides-web/landslips.htm>. Acesso em: 08 jul. 2013.

GUILLARD, C.; ZÊZERE, J. L. **Análise qualitativa do risco de deslizamento na área de Fanhões-Trancão (Região a Norte de Lisboa)**. In: Actas do XII Colóquio Ibérico de Geografia 6 a 9 de Outubro de 2010, Porto: Faculdade de Letras (Universidade do Porto).

HORA, S.B; GOMES, R. L.; Mapeamento e avaliação do risco a inundação do Rio Cachoeira em trecho da área urbana do Município de Itabuna/BA. **Sociedade & Natureza**, v. 21, n. 2, p. 57-75, 2009.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Noções Básicas de Cartografia**. Rio de Janeiro, IBGE, julho de 1998.

International Charter Space and Major Disasters - <http://www.disasterscharter.org/home>.

IRIGARAY, C.; FERNÁNDEZ, T.; EL HAMDOUNI, R. AND CHACÓN, J. Evaluation and validation of landslide susceptibility maps obtained by a GIS matrix method: examples from the Betic Cordillera (southern Spain). **Natural Hazards**, n. 41, p. 61-79, 2007.

ISSAI, International Standards of Supreme Audit Institutions. **Audit of disaster preparedness: Guidance for Supreme Audit Institutions**. 2013.

MACEDO, E. S. e BRESSANI, L.A. (Org.) (2013) **Diretrizes para o zoneamento da suscetibilidade, perigo e risco de deslizamento para planejamento do uso do solo**. 1a. ed. São Paulo: ABGE/ABMS, 2013. 88p.

MARCELINO, E. V. **Desastres naturais e geotecnologias: conceitos básicos**. Santa Maria: INPE, 2007.

MEYER, V., S. et al. (2009). **A multicriteria approach for flood risk mapping exemplified at the Mulde river, Germany**. *Natural Hazards* 48(1): 17-39.

Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome. **Rua: aprendendo a contar: Pesquisa Nacional sobre a População em Situação de Rua**. Brasília: MDS; Secretaria de Avaliação e Gestão da Informação. Secretaria Nacional de Assistência Social, 2009.

MUNICH RE. NATHAN **World map of natural hazards**. Munique: 2011. Disponível em: <www.munichre.com/publications/302-05972_en.pdf>. Acesso em 18 jun. 2013.

OAE, Organization of American States. **Primer on natural hazard management in integrated regional development planning**. Washington, D.C: OEA, 1991. 400 p.

PIMENTEL, J.; **A atuação do Serviço Geológico do Brasil (CPRM) na gestão de riscos e resposta a desastres naturais**. Utilização de geotecnologias nas ações de mapeamento e prevenção de

desastres; Apresentação no Latin America GEOSPATIAL Forum, Painel Risk Management & Disaster Response; Centro de Convenções Sul América, Rio de Janeiro, 13 de setembro de 2013,

Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo. **Género y Desastres**. New York: PNUD, 2010.

SAMPAIO, T. Q.; PIMENTEL, J.; SILVA, C.R., MOREIRA, H. F.; **A atuação do Serviço Geológico do Brasil (CPRM) na gestão de riscos e resposta a desastres naturais**. In: VI CONSAD de Gestão Pública; Centro de Convenções Ulysses Guimarães Brasília/DF – 16, 17 e 18 de abril de 2013, p.27

SMURBE; SUDECAP. **Carta de inundações de Belo Horizonte**: identificação de áreas potencialmente suscetíveis. Belo Horizonte: SMURBE; SUDECAP, 2009. Disponível em: <<http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/>>. Acesso em: 18 jun. 2013.

USGS. 1998 <http://earthquake.usgs.gov/hazards/products/hi/1998>.

VAN WESTEN, C. J. Remote sensing and GIS for natural hazards assessment and disaster risk management. In: **Application of space technology for disaster risk reduction**: international training course lecture notes. Dehradun: Indian Institute of Remote Sensing (IIRS); Centre for Space Science and Technology Education in Asia and the Pacific (CSSTEAP), 2012. p. 307-375.