

# Mapeamento digital para indicação preliminar de áreas suscetíveis a desastres mistos.

Silvia Elena Ventorini

Profa. Dra. Departamento de Geociências-UFSJ  
sventorini@ufs.edu.br

Thiago Gonçalves Santos

Graduando em Geografia – UFSJ  
thiaguim.13@gmail.com

Évelyn Márcia Pôssa

Doutoranda em Geografia - IGC/UFMG  
evelynpossa@gmail.com

Juliano Batista Romualdo

Graduando em Geografia – UFSJ  
juliano.ufsj@gmail.com

## Resumo

Em muitas cidades brasileiras as prefeituras carecem de base cartográfica organizada e de recursos humanos especializados para elaboração de mapeamento digital como apoio à gestão e ao planejamento de áreas propícias aos desastres mistos. Neste artigo apresenta-se a investigação para gerar base digital de dados cartográficos como apoio à identificação de áreas suscetíveis a desastres mistos, e como suporte ao planejamento e gestão urbana. O desafio foi o uso de documentos cartográficos em multiescalas e multiresoluções espaciais disponibilizados em órgãos públicos para gerar mapas temáticos e análises de áreas suscetíveis a enchentes, alagamentos e erosões na cidade de São João del-Rei, localizada no estado de Minas Gerais. A fundamentação teórica e metodológica adotada foi a Teoria Geral dos Sistemas aplicada à Geografia, e os procedimentos incluíram a geração de mapas temáticos, mapeamento espaço-temporal da área urbana, sobreposição de mapas, coleta e análise de dados primários e secundários. Os resultados indicaram a consolidação e a expansão urbana para áreas suscetíveis a enchentes, alagamentos e erosões. O mapeamento e a análise conjunta de dados primários e secundários mostraram-se adequados e de baixo custo para a indicação de suscetibilidades aos desastres mistos no sítio urbano, tanto em áreas já consolidadas como em áreas em processo de expansão.

**Palavras-chave:** Cartografia Digital. Planejamento urbano. Enchentes urbanas.

## Abstract

*In many Brazilian cities, the town hall lack an organized cartographic base and specialized human resources for a digital mapping elaboration as a support for the management and planning of mixed disasters propitious areas. This article presents the research to generate a digital base of cartographic data as a support to the identification of mixed disasters susceptible areas, as well as urban planning and management support. The challenge was the use of multiscale and spacial multiresolutions cartographic documents available in public agencies to generate thematic maps and analyzes of flooding and erosion susceptible areas in the city of São João del-Rei, located in the state of Minas Gerais. The adopted theoretical and methodological basis was the General Theory of Systems applied to Geography, and procedures included the thematic maps generation, the urban area spatial-temporal mapping, mapping superposition, collection and analysis of primary and secondary data. The results indicated consolidation and urban expansion for susceptible flooding and erosion areas. The mapping and joint analysis of primary and secondary data were adequate and inexpensive to indicate mixed disasters susceptibilities urban site, in already consolidated areas and in expansion process areas.*

**Key - words:** Digital Cartography. Urban planning. Urban floods.

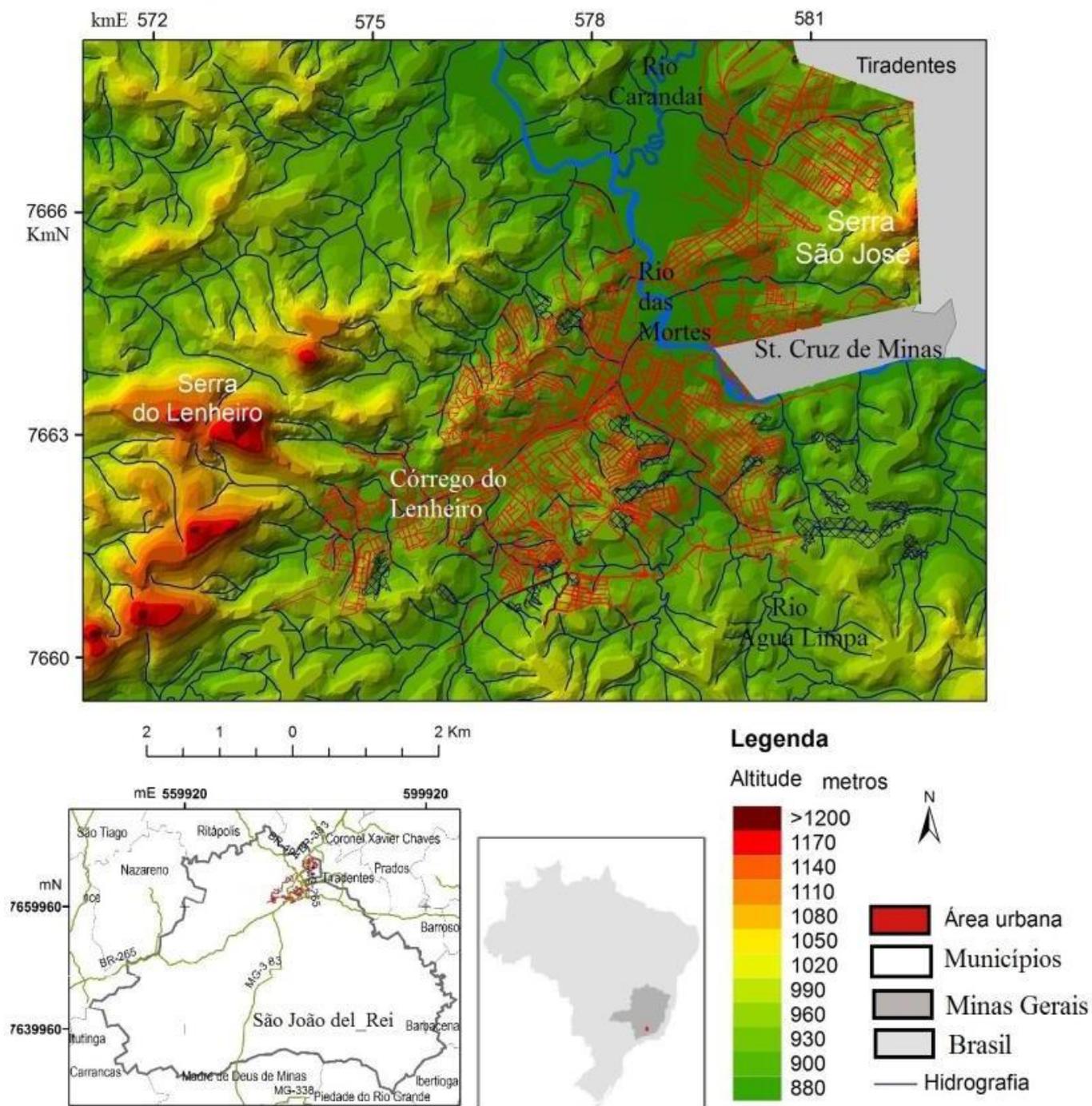
## Introdução

O processo de urbanização brasileiro é caracterizado pela apropriação do mercado imobiliário, valorização de áreas nas cidades e pela precariedade de espaços destinados à moradia popular (BRASIL, 2007). A aglomeração de pessoas nos centros urbanizados tem ampliado a ocupação de áreas com suscetibilidade a enchentes, alagamentos e deslizamentos de encostas. A ocupação antrópica em áreas inadequadas ao uso urbano nas últimas décadas tem impulsionado a busca por soluções para um planejamento sustentável do ambiente construído. O Ministério das Cidades junto com a Defesa Civil tem atuado com o objetivo de auxiliar os gestores e planejadores municipais a amenizar os prejuízos sociais e econômicos gerados pelas ocupações urbanas em áreas inadequadas. As ações ainda são insuficientes para diminuir os prejuízos gerados por desastres em diversos municípios do Brasil.

A ausência de recursos financeiros e humanos especializados para a elaboração de base digital de dados cartográficos confiáveis das características físicas, sociais e ambientais dos municípios, e em escalas adequadas, dificultam as ações do poder público para impedir a ocupação em áreas suscetíveis a desastres. O não conhecimento por parte dos planejadores e gestores municipais sobre como utilizar produtos do Sensoriamento Remoto (imagens de satélites) e base de dados cartográficos em meio analógico e digital como apoio à identificação de áreas impróprias ao uso urbano colaboram para que as cidades não tenham as áreas suscetíveis aos desastres mapeadas. A cidade de São João del-Rei, localizada em Minas Gerais, faz parte dessa realidade.

Essa cidade teve o primeiro núcleo urbano formado nas margens do Córrego do Lenheiro devido à descoberta de ouro no ano de 1701. Os fatores históricos do Brasil Colônia como as expedições organizadas pelos bandeirantes, a descoberta do ouro e a Guerra dos Emboabas marcaram os primeiros arranjos urbanos da cidade de São João del-Rei. O surgimento, a consolidação e a expansão dessa cidade foram e são condicionados pela topografia das Serras do Lenheiro e da Serra de São José, pela hidrografia e pelos limites dos municípios de Santa Cruz de Minas e Tiradentes (figura 1).

Figura 1: Localização, aspectos físicos e limites políticos da cidade de São João del-Rei.



Fonte: Base de dados digital do Departamento de Geociências da Universidade Federal de São João del-Rei

A cidade se expandiu sempre ao redor do primeiro núcleo e sem considerar os riscos, perigos e vulnerabilidades dos aspectos físicos das áreas ocupadas (solo, topografia, hidrografia e morfologia). Tais fatores têm resultado em registros, pela Defesa Civil, de prejuízos sociais, ambientais, econômicos e em óbitos ocasionados por enchentes, alagamentos, deslizamentos de encostas e erosões. O município carece de mapeamento das áreas propícias aos desastres mistos, pois a falta do mesmo dificulta as ações de planejamento e gestão para a não ocupação urbana em áreas inadequadas. Somado a isso está a carência de recursos humanos especializados para a geração de uma base de dados cartográficos em meio digital como apoio às referidas ações. Neste artigo apresenta-se a investigação para gerar base digital de dados cartográficos como apoio à identificação de áreas propícias a desastres mistos e como suporte ao planejamento e gestão urbana. O desafio foi o uso de documentos cartográficos em multiescalas e multiresoluções espaciais, disponibilizados em órgãos públicos, para gerar mapas temáticos e análises de áreas suscetíveis a enchentes, alagamentos e erosões na cidade de São João del-Rei.

Inicialmente o texto apresenta a discussão lexical sobre os termos desastres, risco, perigo e vulnerabilidade. Posteriormente, dialoga com autores sobre as potencialidades do mapeamento digital na identificação de áreas de suscetíveis aos desastres mistos. Por fim, discorre-se sobre os materiais, procedimentos metodológicos, resultados e análises da investigação.

Léxico: desastres, risco, perigo e vulnerabilidade

Como já destacado, o termo desastre refere-se aos desastres naturais, humanos de natureza e misto. Os desastres naturais são aqueles produzidos por fenômenos da natureza, independente da ação do homem e são desencadeados por características regionais como formação rochosa, pedologia, topografia, vegetação, condições meteorológicas, geodinâmica interna e externa da terra etc. Os desastres humanos de natureza são gerados pelas ações ou omissões do homem (CODAR, 1995, KOBİYAMA et al., 2006).

Os desastres mistos, atualmente, são gerados por causas naturais e antropogênicas. Suas ocorrências são provocadas pela dinâmica dos fenômenos naturais em conjunto com as atividades humanas. Os desastres não são puramente naturais, pois quase todos englobam alguma ação antrópica que acelera ou não sua ocorrência, como construções urbanas em encostas, margens de rios, áreas de sísmico, locais próximos aos processos vulcânicos etc. (KOBİYAMA et al., 2006).

Nos três tipos de desastres a ocorrência e extensão dependem de três variáveis básicas: perigo (hazards) que é composto por condições ou fenômenos com potencialidades para causar uma consequência desagradável; exposição ao risco, que abrangem estruturas, edifícios, seres humanos e outras entidades em situação de risco; e vulnerabilidade que se refere à probabilidade de ocorrer perdas de vidas humanas ou de bens materiais (WISNER et al., 2003, UITTO, 1998, SDR, 2004, BRASIL, 2007; LINDELL; PRATER; PERRY, 2006, TOMINAGA, SANTORO, AMARAL, 2009).

Risco é uma categoria de análise associada às noções de incerteza, exposição ao perigo (hazards), perda e prejuízos materiais, econômicos e humanos em função de processos de ordem natural (tais como os processos exógenos e endógenos da Terra) e daqueles associados à atividade antrópica. O risco refere-se à probabilidade de ocorrência de processos no tempo e no espaço, não-constantemente, não-determinados e à maneira como esses processos atingem a vida hu-

mana. Os termos risco, perigo e vulnerabilidade são abrangentes e envolvem fatores naturais (declividade, pedologia, geologia, clima, cobertura da terra) e antrópicos relacionados às variáveis sociais, econômicas, saúde, criminalidade etc. (WISNER et al., 2003, ISDR, 2004, TOMINAGA, SANTORO, AMARAL, 2009). Neste artigo a ênfase é para os perigos gerados por processos de ordens naturais associados às atividades antrópicas, já que no Brasil muitos dos desastres são intensificados por ações humanas que alteram, por exemplo, a dinâmica natural dos solos e dos recursos hídricos e tornam muitos locais propícios aos perigos de movimento de massa, enchentes, inundações, alagamentos e/ou enxurradas.

Publicações do Ministério das Cidades (BRASIL, 2007) indicam que no Brasil os deslizamentos de encostas e as inundações são os desastres que mais ocorrem. Esses desastres acontecem a cada período chuvoso, com variações de intensidade regidas pelo índice pluviométrico. As inundações são as responsáveis pelas perdas econômicas e os impactos mais significativos na saúde pública, mas os deslizamentos, por sua vez, são os que resultam em quantidade mais elevada de óbitos. Este fato justifica a concepção e implantação de políticas públicas municipais.

Levantamentos de riscos realizados em encostas de vários municípios brasileiros indicam que, em todos eles, a falta de infraestrutura urbana é uma das principais causas dos fenômenos de deslizamentos. Dessa forma, uma política eficiente de prevenção de riscos de deslizamentos em encostas deve considerar como áreas prioritárias de atuação os assentamentos precários e deve também fazer parte das políticas municipais de habitação, saneamento e planejamento urbano. Toda ocorrência de desastres envolve basicamente três fases diferentes: a) anterior: corresponde ao momento que precede o evento; b) durante: refere-se ao momento do impacto e suas consequências e c) posterior: é o momento da reestruturação das áreas afetadas (PARK, 1991; TOBIN, MONTZ, 1997; SMITH, 2000). Para efeito de planejamento, a fase mais importante de toda a ocorrência de desastres é a que antecede o evento.

A fase anterior à chegada dos fenômenos extremos, conhecida como etapas de Prevenção e Preparação para o impacto é a fase na qual são adotadas medidas para reduzir o impacto dos desastres, como as análises de risco, a execução de projetos de engenharia (diques, pontes, muros de contenção etc.), a elaboração de políticas públicas (plano diretor, zoneamentos ambientais, legislação etc.), a educação ambiental em escolas e comunidades afetadas, dentre outros. Nos momentos mais críticos que precedem o impacto destacam-se o mapeamento de áreas suscetíveis aos perigos e vulnerabilidade aos desastres, os sistemas de previsão meteorológica, hidrológica e de alerta. Quanto maior for o investimento nesta fase, menor será a probabilidade de danos, acarretando assim na diminuição da frequência e intensidade dos desastres (PARK, 1991; TOBIN, MONTZ, 1997; SMITH, 2000).

A literatura científica ressalta que para identificar e mapear os processos perigosos e de riscos são utilizadas as abordagens de análise qualitativa e quantitativa. A primeira abordagem é apresentada com base no estudo de um especialista, com dados adquiridos em observação de campo (análise geomorfológica), de interpretação de fotografias aéreas e imagens de satélites, análise espaço-temporal dos fenômenos, cruzamentos e/ou sobreposição de mapas temáticos que representam os fatores que ocasionam o perigo. A segunda é baseada em análises estatísticas, por meio da compreensão da distribuição espacial dos fenômenos com base nas variáveis ambientais relacionadas (TOMINAGA, SANTORO, AMARAL, 2009). Tanto na abordagem qualitativa, como na abordagem quantitativa o mapeamento digital feito em ambiente de SIG subsidia a gestão do perigo conforme é discutido na seção seguinte.

A elaboração de mapeamentos temáticos de síntese em meio digital que expressem o nível de conhecimento científico disponível para compreender e integrar as variáveis físicas e socioeconômicas e projetar o comportamento do ambiente, segundo suas reais potencialidades e vulnerabilidades, representa um campo de estudo de indiscutível relevância no âmbito da pesquisa ambiental. Razões que viabilizam cada vez mais seu estudo e aplicação (ZACHARIAS, 2007).

A elaboração de mapas temáticos com abordagem dinâmica e visando a construção de cenários deve retratar um conteúdo concreto. Assim, estes mapeamentos devem relatar o passado, o presente e o futuro. Cada um desses cenários traz uma interpretação particular de um fato: o que foi (cenário passado), o que é (cenário presente), o que será se medidas não forem tomadas (cenário futuro tendencial) e como deve ser (cenário futuro ideal) ante as potencialidades e restrições naturais (ZACHARIAS, 2007, p. 17).

A importância dos chamados “territórios digitais” para o conhecimento da distribuição dos fenômenos, planejamento e gestão dos municípios consiste na redução do tempo para análise espaço-temporal dos fenômenos, atualização de informações, dentre outros. Os territórios digitais são representações da realidade geográfica em um ambiente computacional, e podem armazenar e mostrar mais que endereços ou quadras. Podem registrar também, dados da criminalidade, exclusão social, número de pessoas afetadas por desastres naturais, locais das ocorrências, morfologia, geologia, declividade etc. (RAMOS, CÂMARA; MONTEIRO, 2007).

A elaboração de uma base de dados cartográficos em meio digital exige conhecimentos técnicos e conceituais sobre Cartografia, Geografia, Sistema de Informação Geográfica (SIG) Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento. Demanda computadores equipados com programas que possibilitem armazenamento, manipulação, análise, atualização e reprodução dos dados e profissionais com conhecimento técnico para realizar as análises e propor soluções. Muitas prefeituras não dispõem de pessoal e equipamentos especializados e os custos para a contratação desse tipo de serviço são altos, impossibilitando, em muitos casos, que as prefeituras tenham base de dados digitais (ALMEIDA; VENTORINI, 2014). A privatização dos serviços públicos deixou várias cidades brasileiras sem elementos fundamentais para gerir seus espaços urbanos, uma vez que muitas bases de dados eram propriedades das antigas estatais. Nos anos 1990, quem investiu em levantamento de dados foram as empresas privadas, com destaque para o setor de telecomunicações, como resultado, em muitos locais, o setor privado possui bases de dados mais completas que as correspondentes instituições públicas (RAMOS, CÂMARA, MONTEIRO, 2007 p. 35).

Domingues e Françoso (2008) ressaltam que a implantação de um SIG para geração e gerenciamento de uma base de dados digital requer um período relativamente longo para sua consolidação. A complexidade dos dados georreferenciados dificulta e torna, em muitos casos, dispendioso o processo de aquisição de informações e de material base, como fotografias aéreas e/ou imagens atuais de satélites com resolução de qualidade, bem como o levantamento topográfico. A concepção e a execução de propostas para planejamento e gerenciamento de problemas urbanos devem promover

resultados em curto prazo, bem como serem incorporados rapidamente pelo corpo técnico da instituição pública, fato que resulta, muitas vezes, em fracassos na adoção de um SIG.

O insucesso da implantação dos SIG municipais na grande maioria reside na falta de visão técnico/política, na ausência de planejamento da aplicação dos recursos financeiros, nas precárias condições estruturais das instituições públicas e, principalmente, na dificuldade política de enfrentar as resistências internas. É estratégico que o corpo diretivo (prefeito, secretários e diretores) de uma prefeitura esteja efetivamente convencido da importância de implantar um SIG e tenha clareza dos benefícios desta ferramenta. Se isto não ocorrer e o objetivo de implantar um SIG for somente de alguns técnicos, o projeto apresenta tendência ao fracasso (DOMINGUES; FRANÇOSO, 2008, p. 74).

Os fatores discutidos até o momento dificultam a gestão territorial por parte da gestão municipal, como a elaboração de um Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil com mapeamento digital correto das áreas suscetíveis aos riscos dos desastres mistos. A montagem e gerenciamento de uma base de dados cartográficos requer a definição clara das áreas e dos fenômenos mapeados, as variáveis que compõem as análises, as características destas variáveis e as relações entre as partes, modelando, assim, um sistema e ajustando-o frente à realidade. A preocupação com a base de dados deve focar conceitos e métodos e não somente utilizar o SIG como caixa de ferramentas, mas explorar a principal potencialidade do sistema que é a análise espacial e temporal dos dados representados (MOURA, 2003).

O desafio em mapear e analisar áreas suscetíveis à ocorrência de processos perigosos está em realizar um recorte espaço-temporal sem ignorar os seguintes fatos: a realidade mapeada está em constante mudança e a distribuição espacial das ocorrências dos fenômenos não é homogênea, ocorrendo em função de uma combinação de variáveis. Para tratar tal desafio os procedimentos metodológicos adotados na pesquisa relatada aqui tiveram como fundamentação teórica a Teoria Geral dos Sistemas Aplicada à Geografia. Essa Teoria iniciou-se em 1929 com a pesquisa de R. Defay envolvendo a Termodinâmica.

Na Geografia, Christofolletti (1979) destaca que sua aplicação teve como ponto de partida os trabalhos publicados em 1950 e 1952 por Straller. Embora esses autores sejam pioneiros na adoção de ideias de sistema em pesquisas geográficas “as proposições mais explícitas sobre o uso da teoria de sistema em Geografia Física começaram a se avolumar na década de 1960, servido como ponto de partida o artigo de Chorley” (CHRISTOFOLETTI, 1990, p. 21). A visão sistêmica aplicada aos estudos geográficos permitiu o direcionamento para a sistematização e a integração do meio ambiente com seus elementos, conexões e processos. Assim, trouxe à luz as discussões sobre a importância de não estudar o meio físico como produto final (TROPPIAIR, 2006).

Na abordagem sistêmica aplicada aos estudos que envolvem geração e análise de mapas faz-se necessário definir o que é mapeado, as variáveis que compõem esse mapeamento e suas análises, bem como as características dessas variáveis e as relações entre as partes, modelando, assim, um sistema e ajustando-o frente à realidade (MOURA, 2003). No mapeamento da cidade de São João del-Rei, esse sistema foi adotado, ao definir quais mapas gerar, quais as variáveis que os compõem e que servem de análise para identificar áreas propícias a perigos de deslizamentos de encostas, inundações e erosões.

## Materiais e Procedimentos Metodológicos

Para a elaboração do mapeamento digital foi utilizado a carta topográfica de São João del-Rei, escala 1:25.000, equidistância de 10 metros entre curvas de nível; base topográfica digital do município com 20 metros de equidistância das curvas de nível disponibilizada pelo Departamento de Geociências da Universidade Federal de São João del-Rei - UFSJ, base digital em shapefile (SHP), disponibilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, com divisão do município de São João del-Rei em setores censitários (urbano e rural) do ano de 2010, ortofotocartas, ano 1985, escala 1:10.000 e imagem do satélite IKONOS, resolução espacial 1 metro, Resolução Radiométrica: 11 bits, ambas cedidas pela Prefeitura Municipal de São João del-Rei; mapa pedológico do Campo das Vertentes, escala 1:250.000, ano 2006, disponibilizado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e imagem do sensor Operational Land Imager-OLI, a bordo do satélite Landsat-8, resolução espacial 15 metros, Banda: 500-680 nm (Pancromática), disponibilizada por United States Geological Survey (USGS).

A base digital de dados cartográficos foi elaborada por meio do software ArcGis® 10 (módulos ArcMap, ArcCatalog e ArcToolbox). Primeiramente, realizou-se o georreferenciamento das cartas topográficas na projeção South American Datum (SAD), sendo em seguida transformada em UTM/SIRGAS 2000. Posteriormente, vetorizaram-se as curvas de nível, pontos cotados e hidrografias inseridas na área urbana e seu entorno. Tal procedimento possibilitou a geração do Modelo Numérico do Terreno (MNT) para a análise das topografias no entorno da área urbana e a geração do mapa de declividade medida em graus. Um MNT foi gerado também a partir das curvas de nível, com equidistância de 20 metros, para analisar a distribuição espacial da cidade em relação aos aspectos do relevo como serras e fundo de vale.

A imagem IKONOS foi reprojetaada de UTM/SAD69 para UTM/SIRGAS 2000 e a imagem OLI reprojetaada de UTM/WGS-84 para UTM/SIRGAS. As ortofotocartas, o mapa geológico e a carta topográfica foram georreferenciadas em UTM/SAD69 e reprojetaadas para UTM/SIRGAS 2000. A alta resolução espacial da imagem IKONOS permitiu a identificação e vetorização de voçorocas no sítio urbano.

Para a caracterização da situação urbana e sua expansão foram vetorizadas a área urbana de 1984 com edificações e com lotes, a partir das ortofotocartas, e a área urbana de 2015 dividindo-a em duas classes, com edificações e com lotes. Esse cenário foi elaborado a partir da imagem OLI. No procedimento adotaram-se chaves de interpretação como tonalidade/cor, textura, padrão, forma, sombra e tamanho. A diferença simétrica entre os cenários permitiu o cálculo e a elaboração de camada da área expandida. Devido a ausência de material cartográfico representando a divisão administrativa (bairros e/ou setores) da cidade de São João del-Rei adotou-se a setorização da cidade realizada pelo IBGE (2010). O mapa da setorização da cidade foi elaborado a partir da base de dados digital do IBGE.

Para auxiliar e direcionar as análises do mapeamento foram coletados dados secundários sobre aspectos físicos, sociais, econômicos e históricos da área de estudo junto aos órgãos públicos como IBGE, Prefeitura Municipal, Defesa Civil, dentre outros. Para aferição dos mapeamentos utilizou-se os dados disponibilizados no Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil de São João del-Rei/MG (DEFESA CIVIL; CPRM, 2015). Estes dados referem-se à setorização da área urbana em graus de Risco Alto (R3) e Muito Alto (R4).

A Defesa Civil juntamente com o Serviço Geológico do Brasil realizaram a setorização com base nos registros de desastres, em área com edificações, ocasionados por enchentes, alagamentos e deslizamentos. Os locais setorizados pela Defesa Civil e o Serviço Geológico foram vetorizados a partir da imagem de satélite Ikonos e sobrepostos para análise e validação de informações dos mapas temáticos representando os cenários urbanos no ano de 1984 e 2015, a declividade do terreno, a hidrografia e as voçorocas. Dados coletados em campo também orientaram a etapa de validação.

De março de 2012 a dezembro de 2015 foram realizados quinze levantamentos de campo. Os campos foram realizados nos períodos chuvosos (fevereiro, novembro e dezembro, totalizando seis campos), secos (julho e/ou agosto, totalizando três campos) e intermediários (abril e setembro, totalizando seis campos). Os campos tiveram como objetivo analisar a situação dos processos erosivos (sulcos, ravinas e voçorocas) e identificar áreas urbanas em situação de risco aparente, como ocupação de encostas, de planícies de inundação e de bordas de voçorocas, a existência ou não de infraestrutura para coleta de águas pluviais e verificar a veracidade das informações mapeadas. Os campos incluíram registro fotográfico e registro de pontos usando um GPS.

#### Resultados e análise

A diferença simétrica entre os cenários urbanos dos anos de 1984 e 2015 mostra que a cidade de São João del-Rei cresceu 120% em 31 anos. O crescimento urbano ocorreu próximo e dentro de áreas de terraço e das margens do Rio das Mortes, do Rio Carandaí e para áreas com processos erosivos intensos (voçorocas).

A análise dos dois cenários urbanos (1984 e 2015) representando áreas com edificações e com lotes juntamente com mapas representando aspectos físicos como hidrografia, altimetria, processos erosivos (voçorocas), declividade e locais de ocorrências de desastres mistos registrados e mapeados pela Defesa Civil indicam que o núcleo urbano se expandiu para áreas suscetíveis a enchentes, alagamentos e erosões. As figuras 2, 3, 4 e 5 ilustram o mapeamento fio condutor das análises apresentadas a seguir.

Figura 2: Cenário urbano em setores no ano de 1984 e aspectos físicos

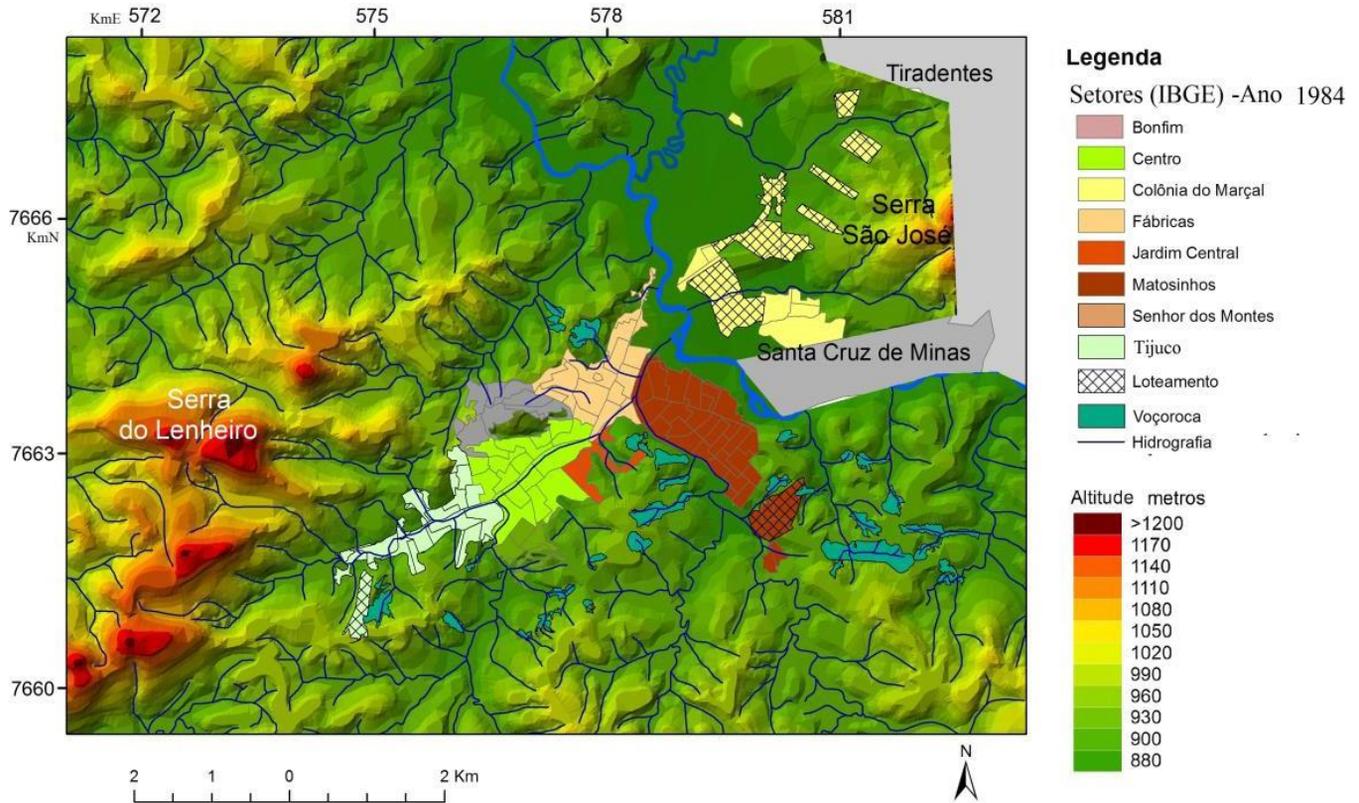


Figura 3: Declividade e locais de riscos na área urbana no ano de 1984

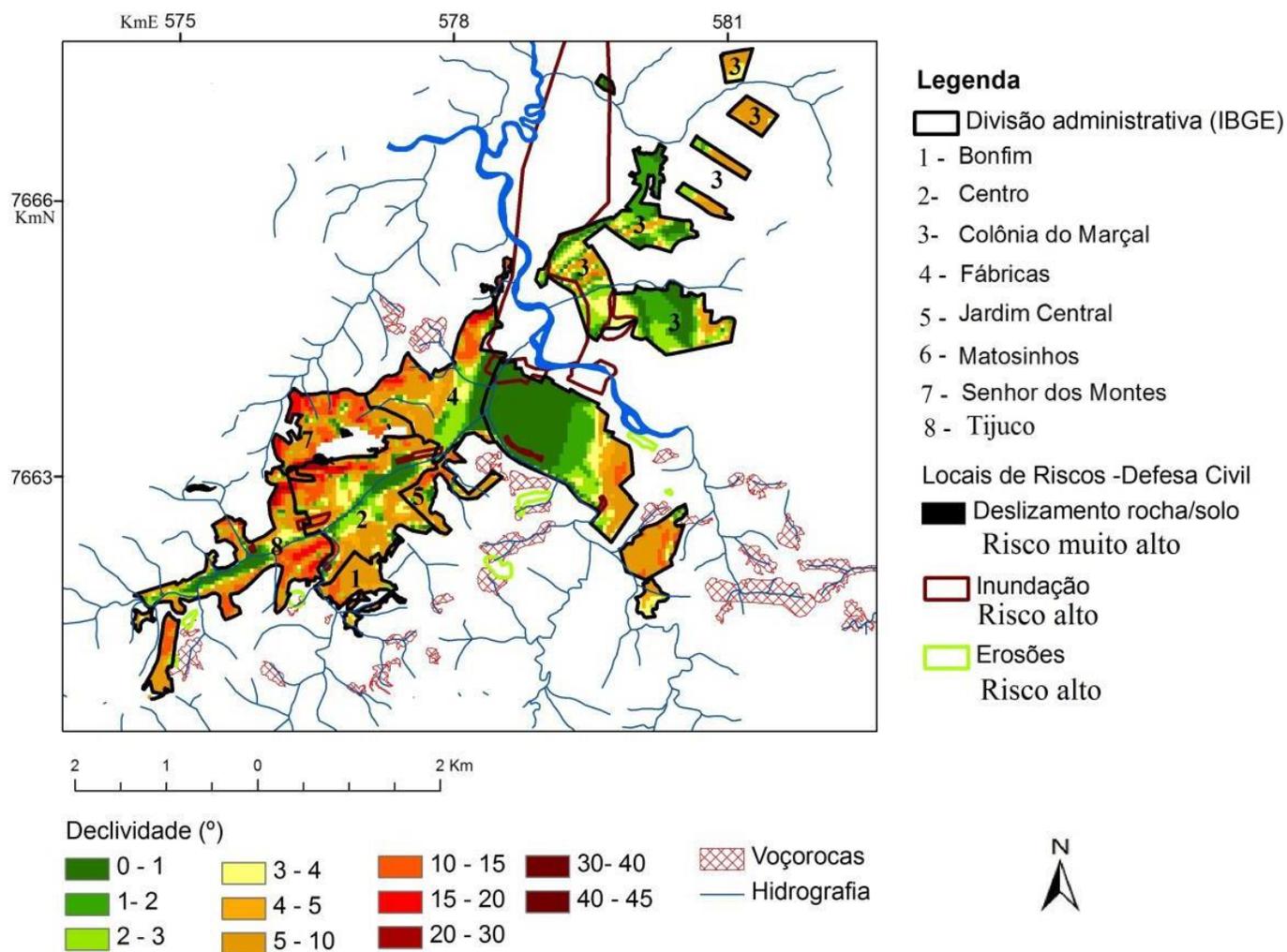


Figura 4: Cenário urbano em setores no ano de 2015 e aspectos físicos

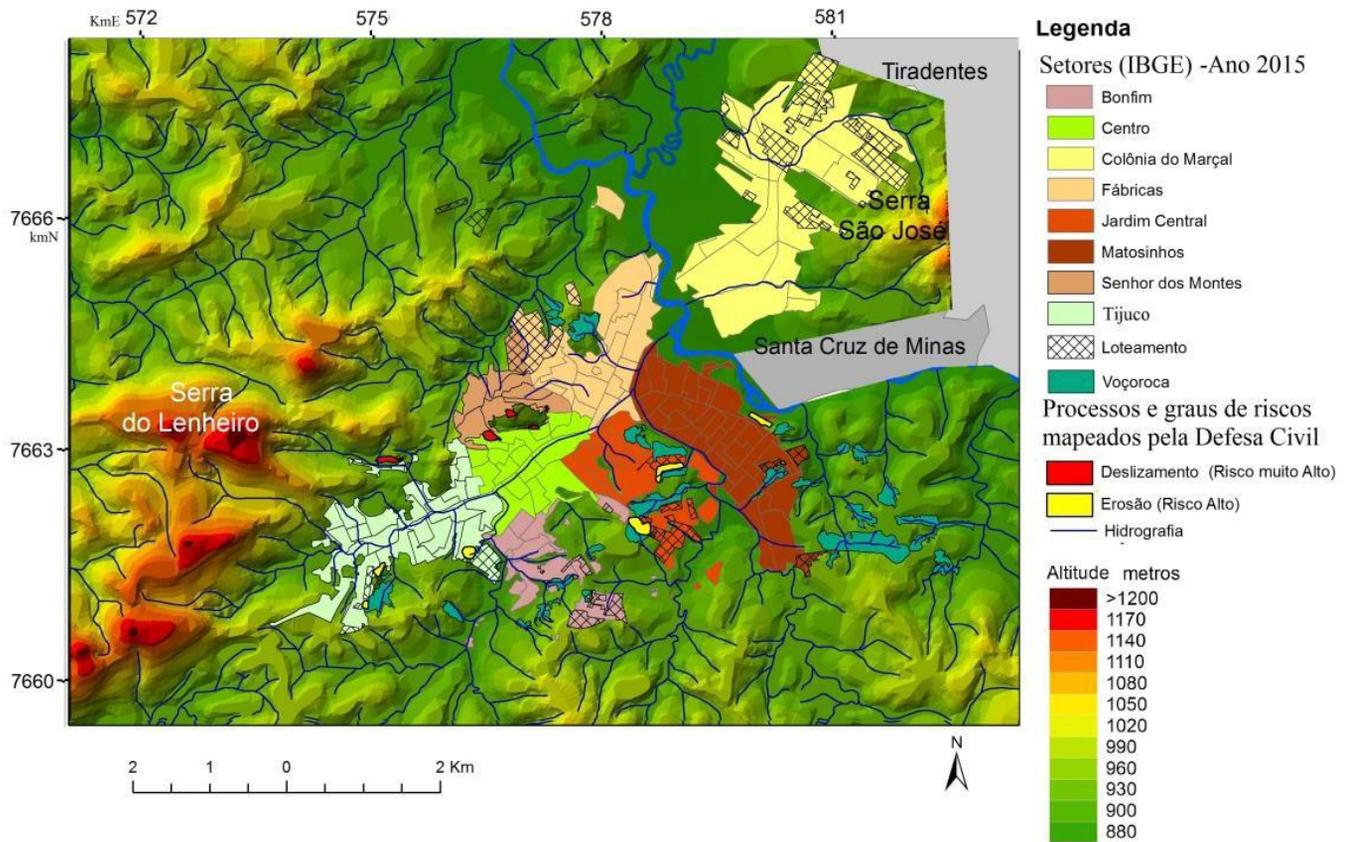
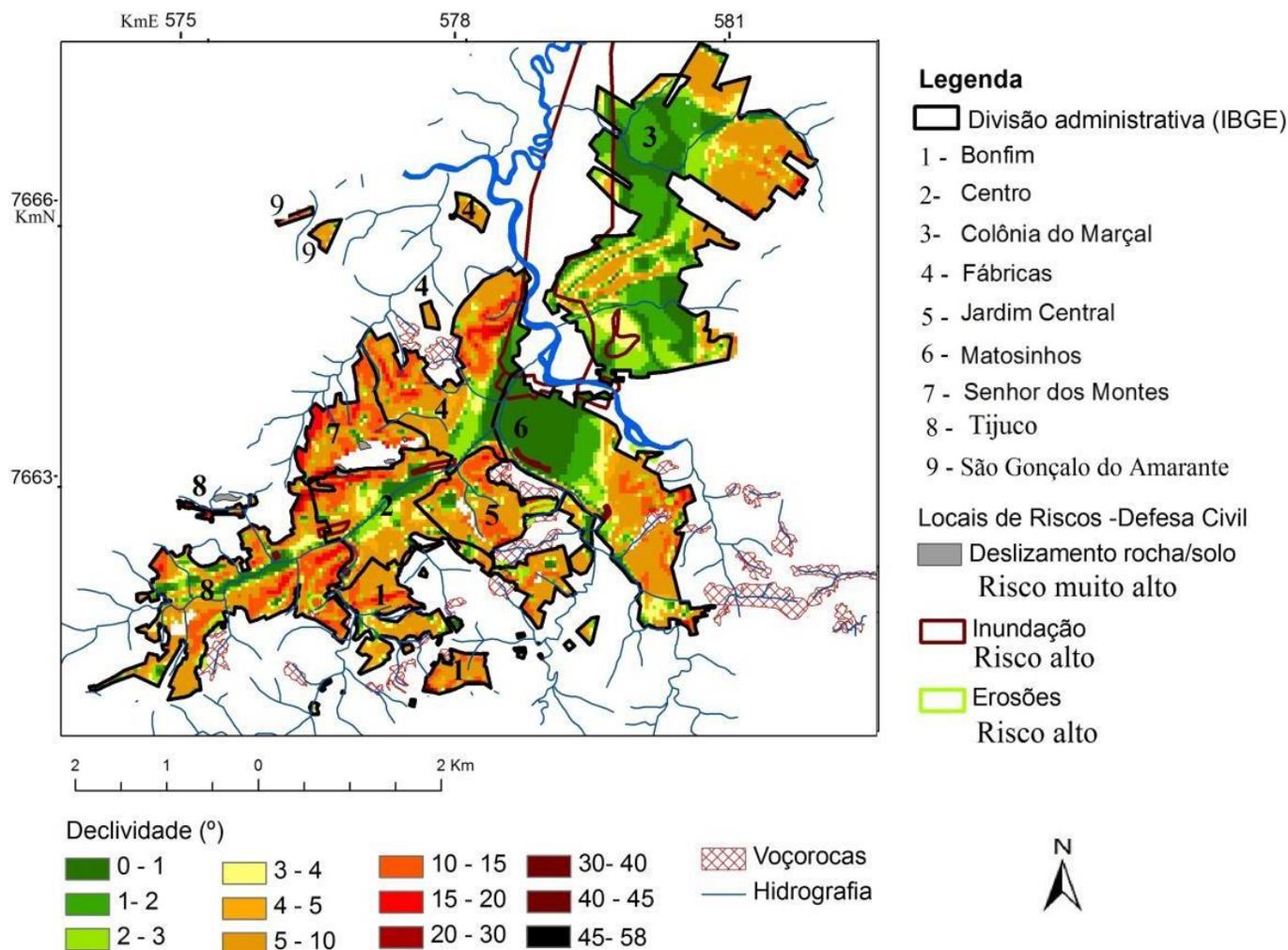


Figura 5: Declividade e locais de riscos na área urbana no ano de 2015



Na cidade de São João del-Rei há locais onde as enchentes e alagamentos são gerados por fatores naturais em períodos de chuvas intensas, nas quais as águas dos Rios das Mortes e Carandaí ultrapassam as margens plenas e escoam para as planícies de inundações. Em locais sem construções urbanas esse processo natural não causa danos. No entanto, o crescimento urbano próximo e nas planícies de inundações desses rios somado a impermeabilização do solo e a precariedade da rede de drenagem tem gerados prejuízos sociais e econômicos aos moradores dos Setores Colônia do Marçal, Matosinhos e Fábricas.

O setor Colônia do Marçal teve a maior área em expansão, aproximadamente 157% e em direção às planícies de inundação e do terraço fluvial do Rio Carandaí e nas margens e no terraço fluvial do Rio das Mortes. O crescimento populacional nesse setor foi de 101,6% residentes no período aproximado de duas décadas (1991 a 2010), passando de 4.953 para 9.986 habitantes (IBGE, 2010).

No ano de 1984 o setor Colônia do Marçal era o que mais possuía áreas destinadas aos loteamentos. No ano de 2015 as áreas antes destinadas aos loteamentos estavam com construções consolidadas e os espaços existentes, no ano de 1984, entre os lotes foram ocupados

e expandidos sem considerar a suscetibilidade natural às enchentes e alagamentos no local. O arranjo espacial foi condicionado pelos limites dos municípios Tiradentes e Santa Cruz de Minas, e das Serras do Lenheiro e São José sendo direcionado para as áreas próximas ao Rio Carandaí (vide figuras 2 e 4).

O mapa de declividade mostra que os Setores Colônia do Marçal, Fábricas e Matosinhos são os que mais têm áreas sobre a declividade entre 0° e 1°. Essas declividades nos setores Centro e Tijuco estão localizados nas margens do Córrego do Lenheiro. Naturalmente as áreas com declives entre 0° a 3° possuem escoamento lento e recebem as águas que ultrapassam as margens plenas dos rios no período chuvoso, ou seja, são suscetíveis às inundações. A ocupação urbana nessas áreas ocasiona a ampliação da área de extravasamento das águas pelos rios.

Os setores Centro e Tijuco vivem essa realidade e o problema foi agravado com a ocupação urbana das áreas com declive mais elevado ao entorno das áreas que recebem o extravasamento das águas do Córrego do Lenheiro. Nessas áreas a infiltração e a diminuição da rapidez do escoamento foram interrompidas pela impermeabilização do solo ocasionando escoamento rápido e exigindo maior capacidade de vazão dos rios e áreas de extrapolação das águas. A ineficiência da coleta das águas pluviais agrava o problema: as águas das chuvas escorrem pelas ruas e/ou são lançadas diretamente no Córrego no momento exato das chuvas.

As áreas com menor declividade, entre 0° a 3°, são as áreas mais suscetíveis aos riscos de enchentes e alagamentos na cidade. No entanto, não se deve desconsiderar as áreas próximas aos rios e com declividades entre 3° a 8° como propícias às enchentes e alagamentos sem análise detalhada da infraestrutura para coleta de águas pluviais, a quantidade de chuvas anuais e as barreiras naturais, como o desague dos rios em outros rios e as ações antrópicas como construções de pontes, aterros, dentre outros que reduzem a capacidade de escoamentos dos rios.

Os dados coletados na defesa Civil mostram que anos de 2001 a 2004, aproximadamente, 1.500 pessoas foram desalojadas devido às inundações pequenas e bruscas, quase 480 residências e 28 pontes e estradas foram danificadas, dentre outros prejuízos socioeconômicos na cidade de São João del-Rei. No ano de 2007 foram registrados prejuízos econômicos de 2.908 pessoas, 71 pessoas desalojadas, 7 pessoas desabrigadas, 1 óbito, e 1 pessoa desaparecida. Também foram danificadas e/ou destruídas 15 residências, 8 pontes e 3 prédios públicos, além de estradas e vias urbanas. No ano de 2012 os dados da Defesa Civil mostram que 2.218 pessoas tiveram suas casas afetadas por inundações, 143 ficaram desalojadas e 2 desabrigadas. Estradas, vias urbanas, rede de captação de esgoto sanitário e rede de distribuição de água foram danificadas e 18 residências, 7 imóveis comerciais e 12 pontes foram interditadas (DEFESA CIVIL, 2015).

A Defesa Civil não disponibilizou no Plano de Contingência dados quantitativos dos prejuízos ocasionados por processos erosivos, mas a análise conjunta dos dois cenários (1984 e 2015), tendo como referência as localizações das voçorocas, apontam que a cidade cresceu desconsiderando a vulnerabilidade, risco e perigos de desastres mistos. As observações registradas em campo apontam que as atividades para as instalações dos loteamentos aceleraram os processos de erosão linear, cujo solo passou a ser manejado periodicamente pelo empreendimento imobiliário (figura 6 a, b).

Figura 6: Processos erosivos em loteamentos no Setor Senhor dos Montes (a) e no Setor Fábricas (b)



Apesar de o mapa pedológico base ter escala pequena e inadequada para uma investigação detalhada sobre a suscetibilidade de locais propícios a erosão e/ou para a realização de modelos digitais, os dados em campo indicaram a importância de não ignorar suas informações. A sobreposição do perímetro urbano sobre o mapa de solo indica que a maior extensão territorial do perímetro urbano de São João del-Rei localiza-se sobre solos com médio e alto grau de suscetibilidade à erosão (CAMBISSOLOS HAPLICO Tb Distrófico, classificações CXbd3, CXbd18 e CXbd47). Assim, antes da abertura e ocupação de novas áreas ao entorno do núcleo urbano é necessário investigação geotécnica que indique as probabilidades de riscos de desastres mistos e as áreas aptas ao uso urbano. O mesmo estudo deve ser realizado em áreas com loteamentos e construções próximos aos processos de voçorocamentos.

Com o surgimento de diversos loteamentos em áreas inadequadas ao uso urbano, principalmente em locais muito próximos a processos de erosão intensa, a Gestão Municipal aprovou o Decreto 5.840 de 26 de agosto de 2014 que determina a análise do requerimento para construção pela Defesa Civil. Em seu Art. 1º destaca: “Os requerimentos referentes às novas construções deverão ser obrigatoriamente enviados à Defesa Civil e Secretária Municipal de Desenvolvimento Urbano e Sustentabilidade, para prévia avaliação, sendo devidamente assinados, antes de iniciarem as obras dos mesmos”. No entanto, a pesquisa aponta que a medida não é suficiente para impedir as construções em áreas suscetíveis aos perigos de erosões, o que pode resultar em ocorrência de desastres de mistos.

## Conclusão

Como destacado anteriormente, a concepção que orientou o trabalho foi o desafio em mapear áreas suscetíveis à ocorrência de desastres mistos a partir de mapas bases, fotografias aéreas e imagens de satélites disponibilizados gratuitamente por diversos órgãos públicos. A pesquisa teve como área de estudo a cidade de São João del-Rei, localizada no estado de Minas Gerais. A fundamentação teórica e metodológica adotada permitiu a sistematização e análise integrada dos resultados, tanto obtidos em campo como no mapeamento e nos registros da Defesa Civil. Aplicou-se a abordagem sistêmica na geração e análise dos mapas temáticos ao definir o que seria mapeado, as variáveis que fariam parte deste mapeamento, as características dessas variáveis e as relações entre as partes, modelando, assim, um sistema e ajustando-o frente à realidade (MOURA, 2003).

O diálogo com os autores apontou a importância de medidas mitigadoras para identificar os locais suscetíveis aos perigos de desastres e que a prevenção e o preparo para o impacto é uma fase muito importante para reduzir prejuízos sociais e materiais evitando, principalmente, óbitos. O diálogo indicou, ainda, que o mapeamento espaço-temporal permite analisar como era o antes e apontar como será o futuro se medidas não forem tomadas.

Os dados coletados em campo apontam que atividades antrópicas como o uso de máquinas pesadas para aberturas de ruas e de nivelamento do terreno intensificaram os processos de erosões e deslizamentos de terra nos loteamentos muito próximos a voçorocas, além de aberturas de loteamentos em solos com alto grau de erosão. Os trabalhos de campo sistemáticos e os dados secundários sobre as ocorrências de enchentes e deslizamentos de encostas e erosões possibilitaram verificar a veracidade das informações mapeadas e do modelo síntese.

A partir das análises dos resultados conclui-se que o procedimento adotado é adequado para mapear as áreas suscetíveis aos perigos de desastres mistos em sítios urbanos. Conclui-se ainda que a ausência de recursos humanos especializados pode dificultar ou impossibilitar que os municípios tenham bases digitais de dados cartográficos como apoio à tomada de medidas mitigadoras para amenizar as suscetibilidades de perigos de desastres mistos em áreas urbanas.

Embora as escalas dos mapas bases e as resoluções das imagens de satélites, com exceção da imagem Ikonos, 2005, não possibilitem o mapeamento detalhado das feições físicas, os procedimentos adotados mostraram-se adequados e de baixo custo para produzir uma base cartográfica de dados digital. Essa base cartográfica pode ser utilizada, também, como apoio em outras pesquisas, bem como para a tomada de medidas mitigadoras para a fase que antecede os riscos e perigos de ocorrência de desastres mistos na cidade de São João del-Rei.

## Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e à Pró-Reitora de Extensão Universitária pelos apoios financeiros por meio de bolsas de Iniciação Científica e Extensão, nossos agradecimentos.

## Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, Gustavo Pyra; VENTORINI, Silvia Elena. Mapeamento participativo de áreas de risco a movimento de massa no bairro Senhor dos Montes – São João Del- Rei, MG. Caderno de Geografia, Belo Horizonte, v. 24, n. 1, p.79-93, 1 jun. 2014. Semestral. Disponível em: <<http://periodicos.pucminas.br>>. Acesso em: 17 fev. 2015.
- BRASIL. Prevenção de riscos de deslizamentos em encostas: guia para elaboração de políticas municipais. Ministério das Cidades / Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2006.
- BRASIL. Mapeamento de riscos em encostas e margem de rios. Ministério das Cidades / Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2007.
- CARMO, Roberto Luiz do; ANAZAWA, Tathiane Mayumi. Mortalidade por desastres no Brasil: o que mostram os dados. Ciência & Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, v. 9, n. 19, p.3669-3681, jun. 2014. Semestral. Disponível em: <<http://www.scielo.br/>>. Acesso em: 08 fev. 2014.
- CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES. Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2010. Volume Minas Gerais / Florianópolis: CEPED UFSC, 2011, 95 p.
- CHRISTOFOLETTI, Antônio. A aplicação da abordagem em sistema na geografia física. Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro, v. 2, n. 52, p.21-35, jun. 1990.
- CHRISTOFOLETTI, Antônio. Análise de sistemas em Geografia. São Paulo: Hucitec/ Edusp. 1979, 106 p.
- CODAR, Codificação De Desastres, Ameaças e Riscos. Sistemática de codificação. Brasília: Diário Oficial, 1995. 1 p.
- CODEMIG, Mapeamento geológico – Projeto Sul de Minas, Minas gerais, 2013.
- DEFESA CIVIL; CPRM, Serviço Geológico do Brasil. Plano de Contingência da Civil de São João del-Rei. São João del-Rei, 2015.
- DOMINGUES, Cristiane Vaz; FRANÇOSO, Maria Teresa. Aplicação de geoprocessamento no processo de modernização da gestão municipal. Revista Brasileira de Cartografia, Rio de Janeiro, v. 60, n. 1, p.71-18, abr. 2008.
- EMBRAPA SOLOS, Reconhecimento de Média Intensidade dos Solos da Zona Campo das Vertentes – MG, Rio de Janeiro, 2006.
- GUHA-SAPIR, Debarati; BELOW, Regina; HOYOIS, Philippe. - EM-DAT: International Disaster Database – Université Catholique de Louvain – Brussels – Belgium, 2014 Disponível em: <<http://www.emdat.be/database>> Acesso em: 12 fev. 2015.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010. Disponível em: <[www.censo2010.ibge.gov.br](http://www.censo2010.ibge.gov.br)> Acesso em: 10 fev. 2014.
- KOBIYAMA, Masato et al. Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos. Florianópolis: Editora Organic Trading, 2006. 109 p. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/>>. Acesso em: 12 fev. 2015.
- LINDELL, Michael K.; PRATER, Carla S.; PERRY, Ronald W. Fundamentals of Emergency Management. Emmitsburg: Emergency Management Institute, 2006. (479). Disponível em: <<http://training.fema.gov/>>. Acesso em: 13 fev. 2015.
- LOBO, Carlos; TÉSSIA, Jadna. DINÂMICA MIGRATÓRIA NA REGIÃO DE INFLUÊNCIA DE SÃO JOÃO DEL-REI: os fluxos e a organização do espaço regional. Revista Paranaense de Desenvolvimento, Curitiba, v. 2, n. 121, p.149-165, dez. 2011. Semestra. Disponível em: <<http://www.faed.udesc.br>>. Acesso em: 28 fev. 2017
- MOURA, Ana Claudia Mourão. Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano. Belo Horizonte: da Autora, 2003. 249 p.
- RAMOS, Frederico Roman; CÂMARA, Gilberto; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira. Territórios Digitais Urbanos. In: ALMEIDA, Claudia Maria de CÂMARA, Gilberto; MONTEIRO, Antônio Miguel V. Geoinformação em urbanismo: cidade real x cidade virtual. São Paulo: Oficina de Texto, 2007. Cap. 4. p. 2010-229.
- SDR, International Strategy for Disaster Reduction. Living with risk: a global review of disaster reduction initiatives. New York And Geneva: United Nations, 2004. 127 p. Disponível em: <<http://www.unisdr.org/we/>>. Acesso em: 11 fev. 2015.
- TOMINAGA, Lídia Keiko; SANTORO, Jair; AMARAL, Rosângela. Desastres Naturais: conhecer para prevenir. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. 197 p. Disponível em: <<http://www.igeologico.sp.gov.br/>>. Acesso em: 10 dez. 2014.
- UITTO, Juha I. The geography of disaster vulnerability in megacities: a theoretical framework. Applied Geography, Great Britain, v. 18, n. 1, p.7-16, jun. 1998.
- WISNER, Ben et al. At risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters. 2. ed. New York: La Red (Latin America), Duryog Nivaran (south Asia) And Peri-peri (southern Africa), 2003. 124 p. Disponível em: <<http://www.preventionweb.net/>>. Acesso em: 10 fev. 2015.
- ZACHARIAS, Andréa Aparecida. A representação gráfica das unidades de paisagem no zoneamento ambiental. São Paulo: Editora Unesp, 2007. 211 p.

## ERRATA

- Na *Capa* da revista Geografias, v. 12, n. 2, jul./dez. 2016:

Onde se lia:

“Julho - Dezembro vol.13 nº2 2016”

Leia-se:

“Belo Horizonte, v. 12, n. 2, jul./dez. 2016”

- Na *Ficha catalográfica* da revista Geografias, v. 12, n. 2, jul./dez. 2016:

Onde se lia:

“Geografias: Revista do Departamento de Geografia/Programa de Pósgraduação em Geografia, Departamento de Geografia do Instituto de Geociências, UFMG - vol.12 nº1 (Jan-Jun) 2016 - Belo Horizonte: UFMG, Departamento de Geografia, 2016”

Leia-se:

“Geografias: Revista do Departamento de Geografia/Programa de Pósgraduação em Geografia, Departamento de Geografia do Instituto de Geociências, UFMG - vol.12 nº2 (Jul-Dez) 2016 - Belo Horizonte: UFMG, Departamento de Geografia, 2016”

- No artigo *Agentes produtores do espaço na Serra do Cipó (MG): um breve paralelo*, de autoria de Guilherme Augusto Pereira Malta, Maria Flávia Pires Barbosa, Solano de Souza Braga, Bernardo Machado Gontijo, publicado na revista Geografias, v. 12, n. 2, jul./dez. 2016, em todas as páginas com legendas bibliográficas:

Onde se lia:

“Belo Horizonte, 01 de Julho – 31 de Dezembro de 2016. Vol.13, nº2, 2016”

Leia-se:

“Belo Horizonte, v. 12, n. 2, jul./dez. 2016”

- No artigo *O não-moderno e a dialética na crise da modernidade: Uma visão sobre a perspectiva urbana de Lefebvre*, de autoria de Victor Augusto Campos Alves, publicado na revista Geografias, v. 12, n. 2, jul./dez. 2016, em todas as páginas com legendas bibliográficas:

Onde se lia:

“Belo Horizonte, 01 de Julho – 31 de Dezembro de 2016. Vol.13, nº2, 2016”

Leia-se:

“Belo Horizonte, v. 12, n. 2, jul./dez. 2016”

- No artigo *Os lugares da festa: narrativas de espaço, tempo e etnicidade no Congado mineiro*, de autoria de Patrício Pereira Alves de Sousa, publicado na revista Geografias, v. 12, n. 2, jul./dez. 2016, em todas as páginas com legendas bibliográficas:

Onde se lia:

“Belo Horizonte, 01 de Julho – 31 de Dezembro de 2016. Vol.13, nº2, 2016”

Leia-se:

“Belo Horizonte, v. 12, n. 2, jul./dez. 2016”

- No artigo *Análise da precipitação e eventos extremos em região semiárida: o caso da sub-bacia hidrográfica do Rio Figueiredo, Ceará - Brasil*, de autoria de Bárbara Maria de Almeida Maia, Flávio Rodrigues do Nascimento, Francisco Sérgio de Almeida Pinheiro, publicado na revista Geografias, v. 12, n. 2, jul./dez. 2016, em todas as páginas com legendas bibliográficas:

Onde se lia:

“Belo Horizonte, 01 de Julho – 31 de Dezembro de 2016. Vol.13, nº2, 2016”

Leia-se:

“Belo Horizonte, v. 12, n. 2, jul./dez. 2016”

- No artigo *Análise multitemporal dos estágios de desenvolvimento da atividade turística e das mudanças no uso e ocupação do solo do distrito de Monte Verde (MG)*, de autoria de Laura M. G. Salles Bachi, Marcos Antonio Timbó Elmiro, publicado na revista Geografias, v. 12, n. 2, jul./dez. 2016, em todas as páginas com legendas bibliográficas:

Onde se lia:

“Belo Horizonte, 01 de Julho – 31 de Dezembro de 2016. Vol.13, nº2, 2016”

Leia-se:

“Belo Horizonte, v. 12, n. 2, jul./dez. 2016”

- No artigo *Mapeamento digital para indicação preliminar de áreas suscetíveis a desastres mistos*, de autoria de Silvia Elena Ventrini, Évelyn Márcia Pôssa, Thiago Gonçalves Santos, Juliano Batista Romualdo, publicado na revista Geografias, v. 12, n. 2, jul./dez. 2016, em todas as páginas com legendas bibliográficas:

Onde se lia:

“Belo Horizonte, 01 de Julho – 31 de Dezembro de 2016. Vol.13, nº2, 2016”

Leia-se:

“Belo Horizonte, v. 12, n. 2, jul./dez. 2016”

- No documento *Dissertações defendidas no Programa de Pós-graduação em Geografia/UFMG no 2º semestre de 2016*, publicado na revista Geografias, v. 12, n. 2, jul./dez. 2016, em todas as páginas com legendas bibliográficas:

Onde se lia:

“Belo Horizonte, 01 de Julho – 31 de Dezembro de 2016. Vol.13, nº2, 2016”

Leia-se:

“Belo Horizonte, v. 12, n. 2, jul./dez. 2016”

- No documento *Teses defendidas no Programa de Pós-Graduação em Geografia/UFMG no 2º semestre de 2016*, publicado na revista Geografias, v. 12, n. 2, jul./dez. 2016, em todas as páginas com legendas bibliográficas:

Onde se lia:

“Belo Horizonte, 01 de Julho – 31 de Dezembro de 2016. Vol.13, nº2, 2016”

Leia-se:

“Belo Horizonte, v. 12, n. 2, jul./dez. 2016”