

EXPANSÃO URBANA PARA ÁREAS DE RISCO DE INUNDAÇÃO E DE MOVIMENTO DE MASSA: O ESTUDO NO MUNICÍPIO DE SÃO JOÃO DEL-REI - MG

EXPANSIÓN URBANA PARA ÁREAS DE RISCO DE INUNDACIÓN Y DE MOVIMIENTO DE MASA: EL ESTUDIO EN EL MUNICIPIO DE SÃO JOÃO DEL-REI - MG

URBAN EXPANSION TO AREAS OF RISK OF FLOOD AND MOVEMENT IN MASS: THE STUDY IN THE CITY OF SÃO JOÃO DEL-REI - MG

Évelyn Márcia Pôssa

Mestranda em Sensoriamento Remoto pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE.
Avenida dos Astronautas, 1758, CEP: 12227-010, São José dos Campos, SP.
E-mail: evelynpossa@gmail.com

Silvia Elena Ventorini

Professora do Departamento de Geografia da Universidade Federal de São João Del-Rey - UFSJ. Avenida Visconde do Rio Preto, sn., CEP: 36301-360, São João Del-Rey, MG.
E-mail: sventorini@ufsj.edu.br

Resumo: A partir da década de 1960 o Brasil assistiu a um rápido processo de crescimento urbano, no qual muitas vertentes e canais fluviais foram modificados e ocupados pelo homem de modo desordenado. Impactos sobre canais fluviais e vertentes são os que mais geraram consequências negativas de ordem socioambiental no Estado de Minas Gerais - Brasil entre o período de 1991 a 2010. O município de São João Del-Rei, situado no centro-sul do referido Estado, é um exemplo dessa realidade: no período de 2001 a 2012 o município registrou nove ocorrências de desastres naturais. Nesse contexto, este artigo apresenta resultados do mapeamento de áreas vulneráveis a movimento de massa e enchentes nas Bacias do Ribeirão Água-Limpa e do Córrego do Júlio localizadas em São João Del-Rei. A pesquisa teve como fundamentação a Teoria Geral dos Sistemas. No processo de expansão urbana houve ocupação de margens de rios e planícies de inundação, impermeabilização de vertentes e devastação da mata ciliar. Além disso, a cidade de São João Del-Rei possui precária infraestrutura de drenagem urbana, fatos que explicam 60% dos desastres ocorridos na cidade serem por inundação.

Palavras-chave: Expansão urbana, Diagnóstico Ambiental, Desastres naturais, Base de Dados Georreferenciados.

Abstract: From the 1960's Brazil watched a quick process of urban growing, in which many hillsides and fluvial channels were changed and occupied by the man in a disorderly way. Impacts upon fluvial channels and hillsides are the one that most cause negative consequences in a socio-environmental way in the state of Minas Gerais – Brazil from 1991 to 2010. The city of São JoãoDel-Rei, located in the center-south of the referred state, is an example of this reality: in the period between 2001 and 2012, the city registered nine cases of natural disasters. In this context, the article intend to present results of the mapping of vulnerable areas to the movement of mass and floods in the basins of “Rio Água-Limpa” and the “Córrego do Júlio”, located in São JoãoDel-Rei. The research had as base the General Theory of Systems. In the process of urban expansion there were the occupation of margins of rivers and plains of flood, waterproofing of hillsides and devastation of the ciliary forests. Beside it, the city of São João Del-Rei has a poor infrastructure of urban drainage, facts that explain 60% of the disasters in the city have occurred on account of the flood.

Keywords: Urban expansion; Environmental diagnostic; Natural disasters, Base of the georeferenced datas.

Resumen: A partir de la década de 1960, el Brasil asistió un rápido proceso de crecimiento urbano, donde muchas pendientes y canales fluviales fueran cambiados y ocupados por el hombre de modo desordenado. Impactos sobre canales fluviales y pendientes son los que más generan consecuencias negativas de orden socio-ambiental en el estado de Minas Gerais – Brasil de 1991 hasta 2010. El municipio de São João Del-Rei, situado en el centro-sur del referido Estado, es un ejemplo de esa realidad: en el período de 2001 hasta 2012, el municipio registró nueve casos de desastres naturales. En ese contexto, el artículo pretende presentar resultados del cartografía de áreas vulnerables al movimiento de masa y inundaciones en las bacías del “RibeirãoÁgua-Limpa” y del “Córrego do Júlio”, localizadas en São João Del-Rei. La pesquisa tubo como fundamentación la Teoría General de los Sistemas. En el proceso de expansión urbana, hubo ocupación de márgenes de los ríos y planícies de inundación, impermeabilización de pendientes y devastación de la mata ciliar. Además la ciudad de São João Del-Rei tiene precaria infraestructura de drenaje urbana, fatos que explican 60% de los desastres ocurridos en la ciudad sean por inundación.

Palabras Clave: expansión urbana; diagnóstico ambiental; desastres naturales; base de datos georeferenciados.

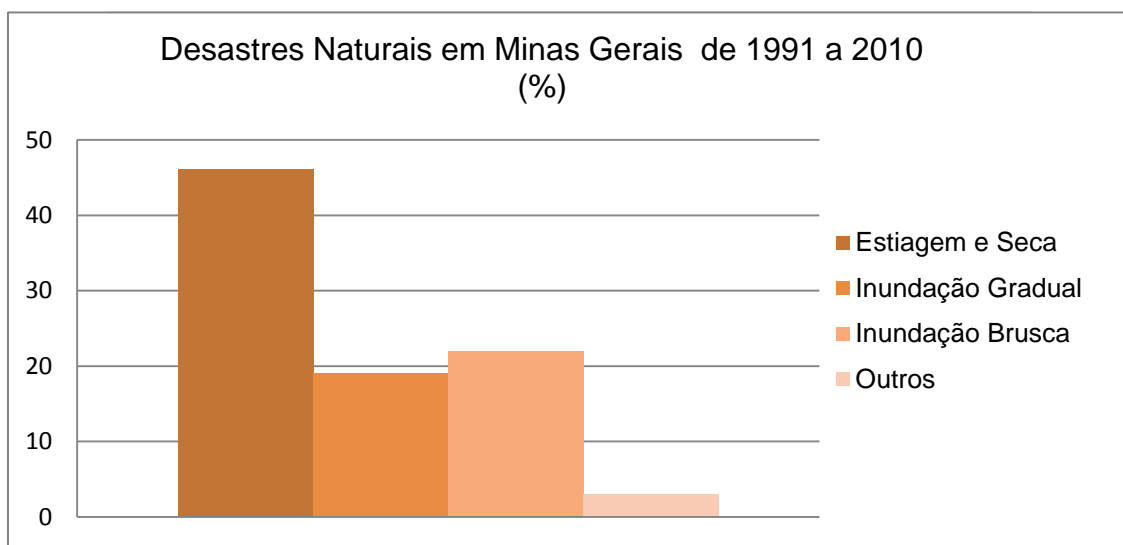
Introdução

A partir da década de 1960 o Brasil assistiu a um rápido processo de crescimento urbano, no qual muitas vertentes e canais fluviais foram modificados pelo homem de modo desordenado, sob parâmetros funcionais e tecnicistas que desconsideraram a geomorfologia fluvial e seus processos naturais (PORATH, 2004), incluindo a ocupação de planícies de inundação, impermeabilização desordenada de vertentes, retificação e canalização de rios sem devido planejamento, devastação das áreas de preservação nas margens, dentre outros.

Dados apresentados no *Atlas Brasileiro de Desastres Naturais* elaborado pelo Centro Universitário de Estudos e Pesquisas Sobre Desastres (CEPED, 2011) indicam que os impactos sobre canais fluviais e vertentes foram os que mais geraram desastres naturais com danos de caráter social e ambiental no Estado de Minas Gerais no período de 1991 a 2010.

De acordo com a CEPED (2011), 41% dos registros de desastres naturais no Estado de Minas Gerais são por *inundação*, subclassificada em *gradual* (19%), que se refere ao extravasamento dos canais fluviais de modo paulatino e previsível, e *brusca* (22%), gerada repentinamente por chuvas intensas e concentradas (Gráfico 1). Já os desastres naturais por movimento de massa, representado no Gráfico 1 juntamente com outras tipologias, estão relacionados à geomorfologia, ao intemperismo, à erosão e à acomodação do solo.

Gráfico 1 - Desastres Naturais mais recorrentes no Estado de Minas Gerais



Fonte de dados: CEPED (2011)

A prevenção e mitigação de desastres passa pelo conhecimento das características da paisagem e de seu contexto ambiental, bem como o conhecimento da natureza das intervenções antrópicas atuantes sobre ela (CREPANI, et al., 2001). Como suporte aos estudos sobre fenômenos de expressão espacial, diversas abordagens são adotadas, dentre elas, a análise geoespacial, métodos interdisciplinares das ciências sociais e naturais, sensoriamento remoto e o geoprocessamento (IBGE, 2010). Esta última denota basicamente o conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica (CÂMARA, et al., 1999) e permite o gerenciamento de um amplo espectro de dados, como a manipulação simultânea de mapas temáticos, imagens de satélite, dados coletados em campo, dados socioeconômicos, entre outros, por meio de ferramentas denominadas *Sistemas de Informação Geográfica (SIG)*.

No contexto de estudos de desastres naturais, os SIG possibilitam equipes multidisciplinares atuarem em todas as fases da gestão da vulnerabilidade ambiental, como identificação, prevenção, recuperação e redução de riscos de desastres (SAITO, et al. 2011). Ainda de acordo com os autores supracitados, respostas às perguntas como, “onde e o que ocorreu?” são premissas básicas para as primeiras ações durante um evento de desastre.

A crise enfrentada pelo setor público brasileiro, nas décadas de 1980 e 1990, culminou na privatização de várias estatais detentoras de importantes bases cartográficas, imagens aéreas e de satélite, que então passaram a ser de domínio privado, deixando muitas cidades brasileiras sem os *inputs* essenciais para compreensão de seus territórios e, por conseguinte, dificultando a formulação de políticas de planejamento e ordenamento territorial (RAMOS et al., 2007).

Neste cenário, cita-se o município de São João Del-Rei, situado na mesorregião dos Campos das Vertentes, no centro-sul do estado de Minas Gerais. A precariedade de documentos cartográficos básicos para subsidiar a formulação de políticas planejamento urbanos que visem à prevenção e mitigação de desastres naturais no município de São João Del-Rei instigou pesquisadores a iniciar o estudo sobre áreas urbanas vulneráveis a movimento de massa e inundação por meio da utilização de técnicas do Geoprocessamento.

De acordo com os dados da Defesa Civil de São João Del-Rei, no período de 2001 a 2012 o município registrou nove ocorrências de desastres naturais, sendo seis por inundação, perfazendo um total de 7.484 pessoas afetadas. Desses seis registros cinco ocorreram nas bacias do Ribeirão Água-Limpa e do Córrego Júlio.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é apresentar resultados do mapeamento¹ de áreas urbanas vulneráveis a movimento de massa e inundação nas bacias do Ribeirão Água-Limpa e Córrego do Júlio.

Desastres Naturais: breve conceituação

O glossário da *Defesa Civil Nacional* define *desastre* como resultado de eventos adversos naturais e/ou provocados pela atividade antrópica sobre um ecossistema, levando a prejuízos humanos, materiais e/ou ambientais. A intensidade de um desastre está diretamente relacionada à interação entre a magnitude do evento adverso e o grau de vulnerabilidade do sistema receptor afetado (CASTRO, 1998).

Já o *risco* é conceituado pela *Estratégia Internacional para La Reducción de Desastres* (EIRD, 2004) como a probabilidade de consequências negativas ou prejuízos esperados, humanos ou ambientais, podendo ser expresso por *Risco = Ameaças x Vulnerabilidade*.

No contexto brasileiro, em 2012 foi instituída a Instrução Normativa *Codificação Brasileira de Desastres* (Cobrade), elaborada a partir da classificação adotada pelo *Banco de Dados Internacional de Desastres* (EM-DAT), com objetivo de adequar a classificação brasileira de desastres naturais aos padrões estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU), além da necessidade de simplificação da classificação dos desastres contida no modelo de anterior, que considerava tipologias de eventos adversos muitas vezes jamais ocorridos no país (BRASIL, 2012). Dentre as tipologias consideradas pela atual Instrução Normativa Cobrade estão: *movimento de massa, alagamento, inundação*, entre outros.

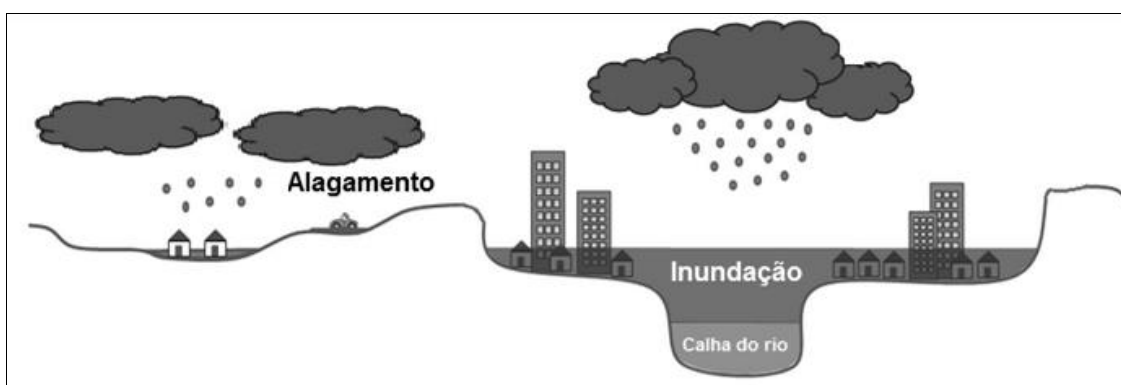
Movimentos de massa caracterizam-se por rupturas de solo/rocha sob ação direta da gravidade, devido à redução da resistência dos materiais de vertente (TOMINAGA, 2009), gerando deslizamentos, corridas de detritos/lama e as quedas de blocos de rocha. Este tipo de evento é frequente em áreas de vertentes apresentando declividades superiores a 45%, em regiões de clima úmido (CEPED, 2011). Os principais fatores que contribuem para a ocorrência deste tipo de desastre estão os relacionados à geologia, geomorfologia, aspectos climáticos e hidrológicos, vegetação e formas de uso e ocupação do solo (TOMINAGA, 2009). De acordo com o

¹O estudo recebe o apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG

Anuário Brasileiro de Desastres Naturais (BRASIL, 2012), cerca de 60% dos eventos de movimentos de massa ocorreram no estado de Minas Gerais no ano de 2012.

Desastres por *alagamento* são produzidos por meio da combinação de precipitações intensas e fatores antrópicos, levando a elevados escoamentos superficiais, com a superação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana, provocando acúmulo de água em vias, edificações e outras infraestruturas urbanas (BRASIL, 2012) (Figura 1).

Figura 1 - Esquema simplificado de eventos de inundação e alagamento



Fonte: Adaptado de Jacob (2014).

Eventos de *inundação* são gerados por elevadas precipitações dentro de uma bacia hidrográfica, resultando no extravasamento dos canais fluviais para planícies marginais com ocupação antrópica (CEPED, 2011) (Figura 1). Além dos fatores mencionados acima como condicionantes à ocorrência de eventos de inundação e alagamento, Amaral e Ribeiro (2009) citam ainda:

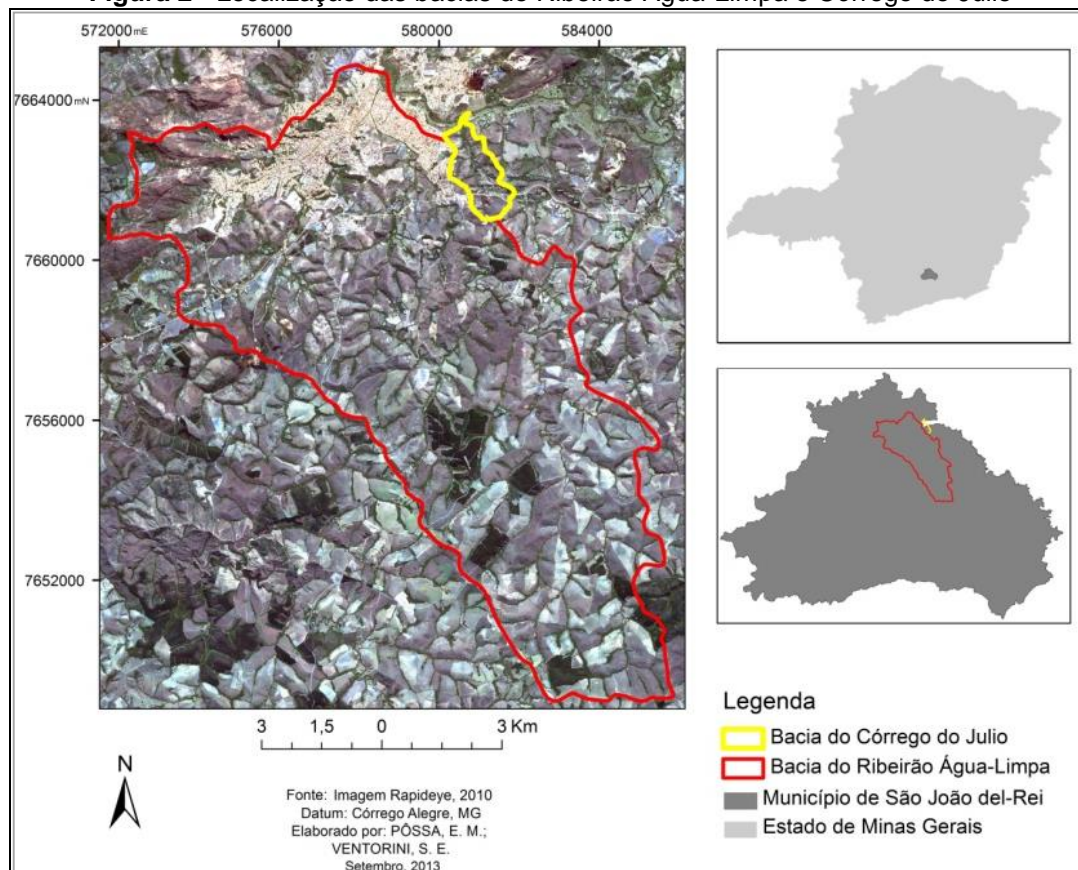
- a) formas do relevo;
- b) características da rede de drenagem da bacia hidrográfica;
- c) características do solo e o teor de umidade;
- d) presença ou não de cobertura vegetal;
- e) uso e ocupação irregular nas planícies de inundação e margens dos corpos d'água;
- f) disposição irregular de lixo nas proximidades do canal fluvial;
- g) alteração da paisagem fluvial (vazão, retificação e canalização de cursos d'água, impermeabilização do solo, entre outras);

Muito tem se discutido sobre a redução, prevenção e controle permanente de riscos de desastres naturais na sociedade. Estas três ações são representadas pela expressão *Gerenciamento de Desastre*. O gerenciamento dos desastres, do ponto de vista institucional, é composto por etapas de *Prevenção, Mitigação, Preparação, Alerta, Resposta, Reabilitação, Reconstrução e Desenvolvimento*, dentre as quais, estudos que abordam a investigação de áreas urbanas vulneráveis, como o mapeamento de áreas de risco no município de São João Del-Rei, se enquadram na etapa de prevenção, que constitui-se na fase da identificação dos riscos, indicação dos locais ameaçados, servindo como base para quantificação e estabelecimento de prioridades (MARCHIORI; SANTORO, 2009).

O estudo das bacias do Ribeirão Água-Limpa e Córrego do Júlio: caracterização e procedimentos metodológicos

As bacias do Ribeirão Água-Limpa e do Córrego do Júlio, afluentes do Rio das Mortes, localizam-se entre as coordenadas UTM 23S 571368 mE e 7665359 mN; 581.944 mE; 7.661.059 mN e zona 23S, no município de São João Del-Rei - MG (Figura 2).

Figura 2 - Localização das bacias do Ribeirão Água-Limpa e Córrego do Júlio



Insere-se numa região de relevo ondulado (suave a forte), com vertentes de topos convexos e cobertura pedológica suscetível a processos erosivos (FERREIRA, et al., 2012). As bacias perfazem juntas uma área de 100,3 Km² (a bacia do Água-Limpa com 98,11 Km² e a do Córrego do Júlio com 2,19 Km²), com altitudes variando de 890m a 1218m. A região apresenta um período de estiagem que se estende de junho a agosto e um período chuvoso de outubro a março, o qual representa 80% do total anual do índice pluviométrico (IGAM, 2010).

A região foi ocupada no século XVIII para exploração do ouro (MARICATO, 1997). Segundo Dean (1996), a atividade mineradora somada às características da cobertura pedológica contribuiu para a formação de voçorocas na região. Além dos fatores antropogênicos, há a ocorrência de processos neotectônicos em São João Del-Rei (SAADI, et al., 2005), o que pode contribuir para a elevada ocorrência de voçorocas, como resultado do ajuste às novas condições geomorfológicas regionais (ÁVILA, 2009).

Recentemente a dinâmica populacional do município tem gerado reaquecimento da economia local. No período de 1991 a 2010 a população urbana do município cresceu 15%, segundo dados Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas - IBGE (1991, 2010). Por questões de classificação do IBGE, essa contagem populacional não inclui cerca de 10.000 universitários que estudam na Universidade Federal de São João Del-Rei (fundada no ano 2002) e residem temporariamente na cidade. Estes fatos contribuem para o aumento da especulação imobiliária, que influencia a dinâmica de ocupação da terra, desconsiderando aspectos naturais da região como, planícies de inundação, terrenos com incidência de voçorocas etc.

A alta demanda por imóveis no município pressiona as leis de regulação à expansão urbana, que na maioria das vezes não determina pontualmente as características para a classificação de áreas aptas ao uso urbano. Além disso, a carência de base digital de dados georreferenciados sobre o território de São João Del-Rei dificulta a realização de análises, planejamento e ordenamento territorial (PÔSSA et al., 2012). Tais fatos contribuem para proliferação de loteamentos em áreas impróprias a ocupação urbana, sem devido estudo e planejamento, aumentando potencialmente os riscos socioambientais. Estes fatos, instigaram o desenvolvimento do estudo para a elaboração de uma base de dados georreferenciados das Bacias Ribeirão Água-Limpa e Córrego do Júlio.

A adoção das referidas bacias como unidade espacial de pesquisa teve como base a lei 9.433/97, que adota a bacia hidrográfica como unidade de estudo, planejamento e gestão ambiental. De acordo com Zacharias (2010, p.26), o planejamento ambiental define-se por “integrar informações, diagnosticar o ambiente, prevê ações e normatizar o uso por meio de uma linha ética de desenvolvimento” e o gerenciamento constitui o período posterior ao planejamento, com ações ligadas à aplicação, à administração, ao monitoramento das propostas fixadas na fase do planejamento.

O presente trabalho tem como fundamentação teórica a Teoria Geral dos Sistemas (TGS), que teve seus princípios desenvolvidos por R. Defay em 1929, os quais foram aplicados, inicialmente, à Termodinâmica (CHRISTOFOLETTI, 1979). As bases teóricas da TGS foram ampliadas à Geografia quando fundamentaram o estudo ambiental paisagístico de Chorley e Kenedy, em 1971. A partir disso, os autores difundiram a abordagem sistêmica da paisagem em estudos geográficos (ZACHARIAS, 2010), fato que contribuiu para o aprimoramento metodológico da Geografia Física.

De acordo com Chadwick (1973) denomina-se sistema um conjunto de partes que apresenta interdependência entre seus componentes e atributos. A apreensão sistêmica do ambiente, por meio da análise integrada dos elementos e das relações entre seus atributos fundamenta o estudo, a gestão, o planejamento e o monitoramento do espaço ou de alguns elementos presentes neste, numa perspectiva moderna de abordagem ambiental (MEDEIROS; CÂMARA, 2001).

Para Moura (2003, p.51), “os processos incorporados pelo termo ‘Geoprocessamento’ (Cartografia Digital, Sensoriamento Remoto e principalmente os Sistemas de Informação Geográfica- SIG) requerem abordagem sistêmica em sua montagem”. O SIG, por exemplo, possibilita a manipulação sistematizada de dados e permite uma modelagem ajustável frente à realidade. A partir disso, considera-se a análise sistêmica adequada ao Geoprocessamento.

Os procedimentos metodológicos tiveram início com a realização de pesquisa bibliográfica sobre o contexto no qual estão inseridas as bacias do Ribeirão Água-Limpa e do Córrego do Júlio, etapa que viabilizou a caracterização geral da área de estudo por meio de importantes publicações sobre a região como o Diagnóstico socioambiental da Bacia Alto Rio Grande, (FERREIRA, 2012) e Diagnóstico da Bacia hidrográfica do Rio das Mortes e Jacaré (IGAM, 2010), dentre outras. Nesta etapa,

coletaram-se ainda dados secundários junto à prefeitura e aos órgãos municipais e dados em campo por meio de visita técnica à área.

Após a pesquisa bibliográfica inicial, realizou-se um levantamento seguido de análise da documentação cartográfica disponibilizada pelo Banco de Dados do Departamento de Geociências da UFSJ. O material selecionado é composto por: duas Cartas Topográficas, uma na escala 1:50.000, do ano de 1975, elaborada pelo IBGE e a outra na escala de 1:25.000, edição de 1994, do Ministério do Exército Brasileiro, que foram utilizadas como base para a vetorização de dados como altitude, hidrografia e delimitação das bacias hidrográficas; uma imagem do satélite *Ikonos*, do ano de 2008, resolução de 1 metro, para a coleta de dados da área urbana e dados sobre feições erosivas²ocorrentes na bacia do Córrego do Júlio; uma imagem do satélite *Rapideye*, do ano de 2010, com resolução de 5 metros, para correção fisiográfica e extração de dados sobre a área urbana.

O software utilizado para a geração da base de dados foi o *ArcGis10* (módulos *ArcMap*, *ArcCatalog* e *ArcToolbox*). Este SIG foi utilizado para a digitalização de dados; georreferenciamento com determinação de Sistema de Coordenada e datum; correção das feições fisiográficas; cálculos de área e para elaboração do seguinte material cartográfico: Mapa de localização da Área de Estudo; Mapa Temático de Feições Erosivas e Mapa Temático das Áreas de Risco para Ocupação Urbana da Bacia do Córrego do Júlio; Carta Clinográfica e Perfil Topográfico da Bacia do Ribeirão do Água-Limpa; Carta de Drenagem e Carta Hipsométrica para ambas as bacias.

Além disso, foram elaborados *buffers* de 50 metros em tornos das nascentes e 30 metros em tornos dos rios para analisar as condições de preservação das áreas de preservação permanente. A análise ocorreu com a sobreposição dos *buffers* à imagem *Ikonos* para a avaliação da ocupação das margens dos canais e da degradação e/ou preservação de áreas de preservação permanente. As dimensões dos *buffers* tiveram como base a lei 12.651 de 2012, que determina uma zona de preservação de 30 metros para rios de até 10 metros de largura e um raio de 50 metros para as nascentes.

As Cartas de Drenagem foram geradas a partir dos dados da rede de drenagem e do limite de área das bacias, vetorizados a partir das cartas topográficas. Por meio dos dados de altimetria elaborou-se o Modelo Numérico do Terreno - MNT e

² Neste estudo, foram consideradas apenas feições erosivas geradas por processos erosivos intensos, como: ravinamento e voçorocamento.

as Cartas Hipsométricas. O MNT da bacia do Ribeirão Água-Limpa foi utilizado ainda para a elaboração da Carta Clinográfica e o Perfil Topográfico.

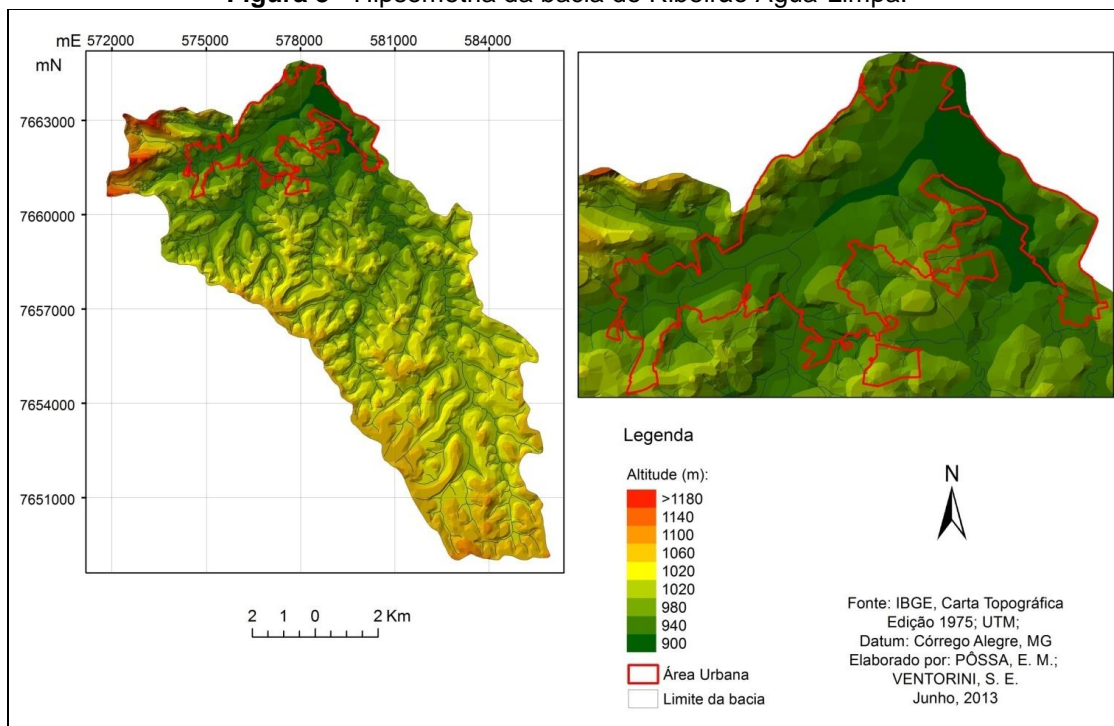
Por meio da sobreposição das curvas de nível vetorizadas, à imagem de satélite de 2008 seguido de fointerpretação elaborou-se o Mapa de Feições Erosivas da Bacia do Córrego do Júlio. O Mapa das Áreas de Risco para Ocupação Urbana da bacia do Córrego do Júlio foi elaborado a partir do cruzamento do Mapa de Feições Erosivas, dos dados da Mata ciliar, dados de altimetria e Área Urbana (2008) e da Carta de Drenagem.

A seguir, apresentam-se os resultados e suas análises.

Diagnóstico de áreas de risco nas bacias Ribeirão Água-Limpa e Córrego do Júlio: resultados e análises

O cruzamento da Carta Hipsométrica com área urbana (Figura 3) indicou que o sítio urbano de São João Del-Rei presente nos limites da bacia do Ribeirão Água-Limpa, com uma área de 10,12 Km², distribui-se pelo fundo de vale, com ocupação de planícies de inundação e altitudes variando de 900 a 1020 metros.

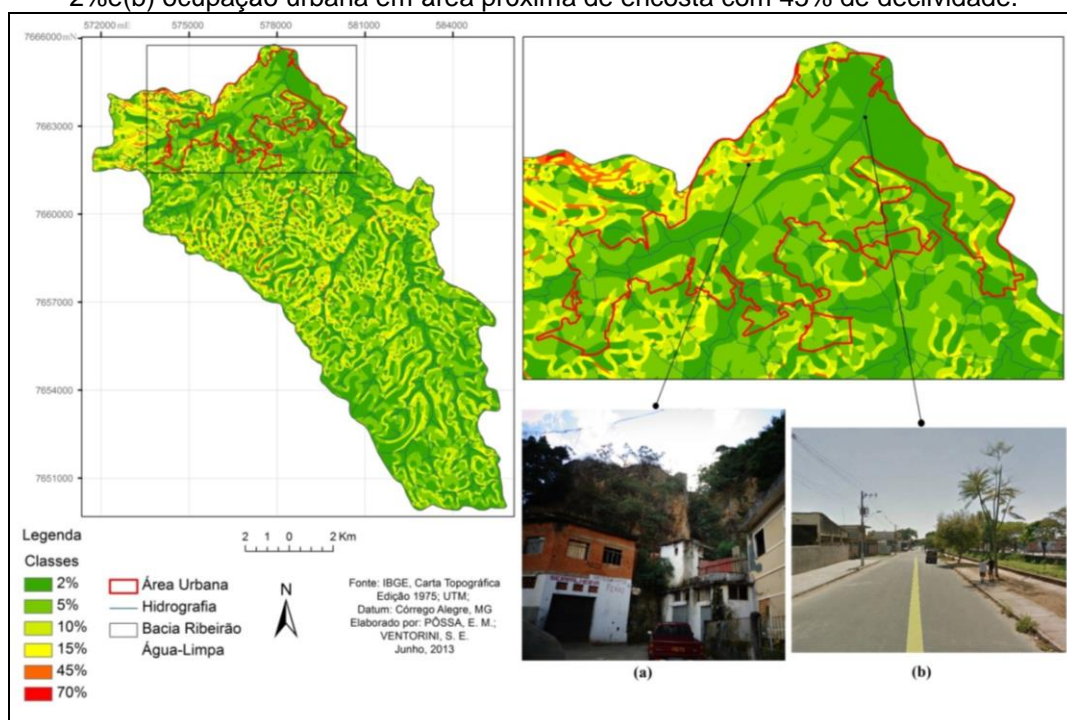
Figura 3 - Hipsometria da bacia do Ribeirão Água-Limpa.



A análise da Carta Clinográfica (Figura 4) indicou a presença de residências próximas a encostas com declividades de 45%, caracterizadas por

fortemente inclinadas, de acordo o Manual para Levantamento Utilitário do Meio Físico e Classificação de Terras no Sistema de Capacidade de Uso (LEPSCH; JÚNIOR, 1983). Identificou-se ainda que cerca de 40% (aproximadamente 4,1 Km²) da área urbana na bacia do Ribeirão Água-Limpa encontra-se em terrenos com declividades de até 2%, que segundo Lepsch e Júnior (1983), caracterizam-se por áreas planas com deflúvio lento, isto é, possuem escoamento lento e por isso são suscetíveis a inundação (figura 4).

Figura 4 - Carta Clinográfica com enfoque na área urbana; (a) área urbana com declividade de 2% e (b) ocupação urbana em área próxima de encosta com 45% de declividade.



A análise das informações coletadas em campo (reconhecimento direto de áreas de expansão) e do material cartográfico gerado indica que a expansão urbana nas bacias se dá por meio das áreas com ocorrência de feições erosivas. Dos oito loteamentos abertos na última década na área de estudo (Loteamento popular do Tejuco, Jardim das Acácias, Parque Real, Vila Belizário, Colinas dos Inconfidentes, Vila Tiradentes, loteamento no Pio XII e Vila Lombardi), seis localizam-se em bordas de voçorocas (Figuras 5 e 6). A construção de infraestrutura urbana nesses terrenos pode gerar instabilidade geotécnica e, conseqüentemente, resultar em movimento de massa.

Figura 5 - Loteamento em borda de voçoroca

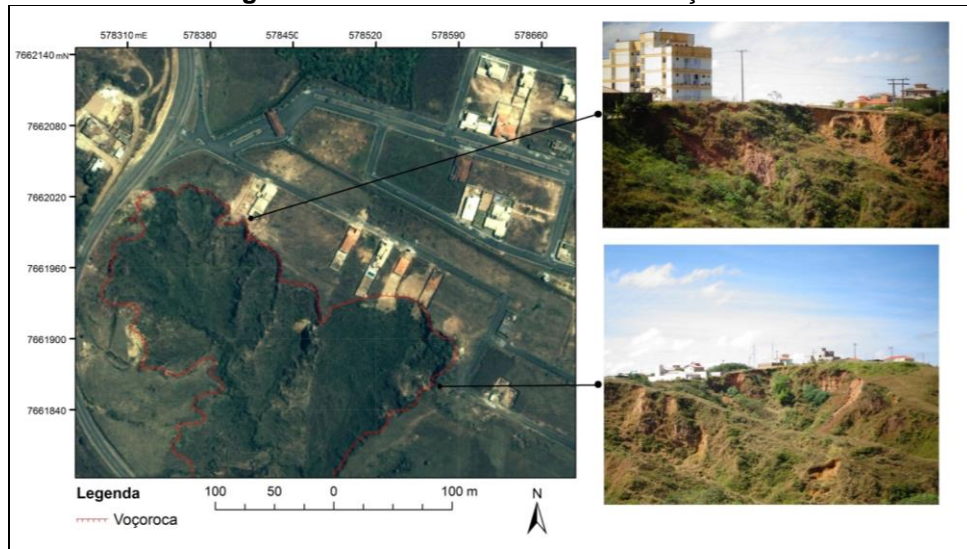
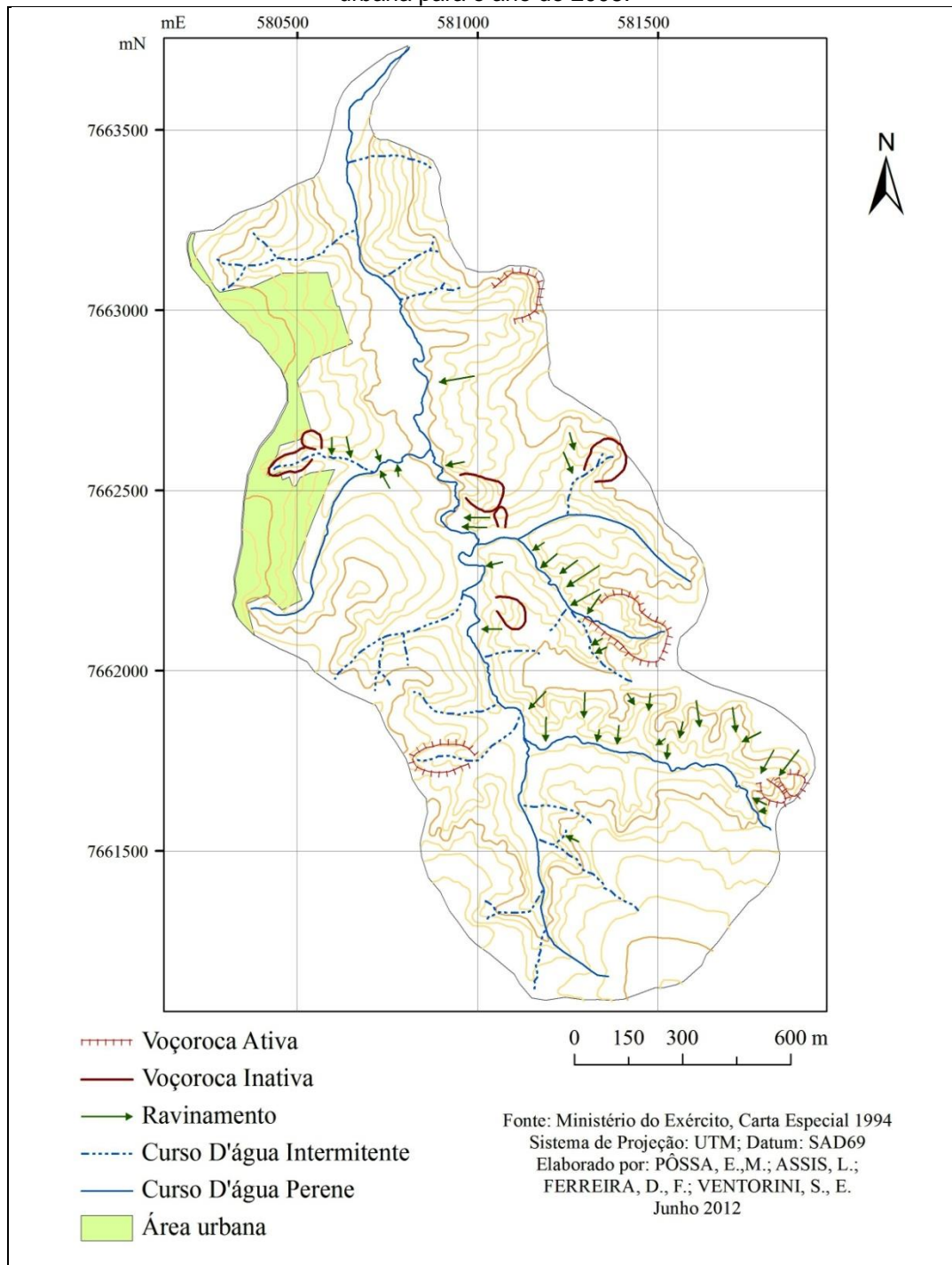


Figura 6 - loteamento Vila Belizário em borda de voçoroca



A partir das informações coletadas em campo na Bacia do Córrego do Júlio e por meio do cruzamento de dados sobre feições erosivas com a área urbana, identificou-se a presença de voçorocas inativas, caracterizadas pelo alto grau de ocupação por vegetação e suavização das bordas, próximas à área urbana (Figura 7).

Figura 7 - Carta de Feições Erosivas da Bacia do Córrego do Júlio, com representação da área urbana para o ano de 2008.



Entretanto, há nesse local despejo de entulho e de água captada pela rede hidráulica das residências, o que pode contribuir para a reativação dos processos erosivos, colocando em risco a estabilidade do terreno circundante e, por conseguinte, as residências. Além dos riscos de movimento de massa, os processos de

ravinamento e voçorocamento disponibilizam grande carga de sedimentos para os cursos d'água, o que contribui para o assoreamento de rios à jusante. O assoreamento diminui a profundidade do canal fluvial, podendo potencializar os efeitos das inundações.

Por meio dos resultados do *buffer* sobreposto à imagem de satélite e de visita à área de estudo identificou-se zonas urbanas às margens de canais fluviais, ocupação inadequada conforme a Lei 12.651 de 2012 (Figura 8 A e B). A ocupação das margens demanda devastação da mata ciliar e conseqüentemente diminuição da capacidade de infiltração de água no solo, ao mesmo tempo em que a proximidade da área urbana de canais fluviais representa alta vulnerabilidade aos efeitos do transbordamento natural do rio.

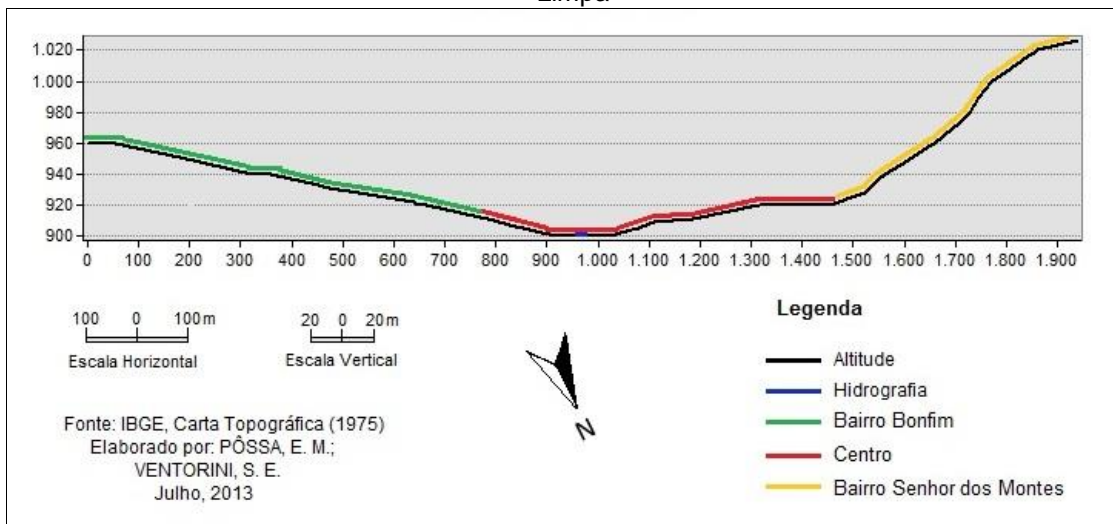
Figura 8 - Residências próximas ao Ribeirão Água-Limpa, MG; (A) ocupação urbana de áreas de preservação permanente; (B) Residências à margem do Ribeirão Água-Limpa



Por meio do Perfil Topográfico do Córrego do Lenheiro (Figura 9), na bacia do Água-Limpa, e de dados coletados em campo, identificou-se a impermeabilização do solo das vertentes adjacentes ao córrego Lenheiro. A margem direita do Ribeirão Água-Limpa, próximo à confluência com o Córrego do Lenheiro há, igualmente, o processo de impermeabilização (Figura 8A). Segundo Porath (2004), a impermeabilização das vertentes contribui para a potencialização das inundações na área urbana, pois gera alteração na dinâmica de drenagem das águas pluviais, com diminuição da capacidade de infiltração de água no solo e aumento do volume e da

velocidade de escoamento superficial, resultando em pico de vazão nas baixas declividades.

Figura 9 - Perfil longitudinal do Córrego do Lenheiro, pertencente à bacia do Ribeirão Água-Limpa



Além da impermeabilização das vertentes o município apresenta carências de infraestrutura básica de rede de drenagem urbana, como bocas-de-lobo, sarjetas e galerias (Figuras 10 e 11), fato que contribui para um colapso da drenagem da água pluvial, que passa a escoar, sobretudo, superficialmente, com elevada velocidade e fluxos direcionados pela malha urbana, aumentando a magnitude e a frequência de alagamentos e inundações em áreas de menor declividade nas bacias.

Figura 10 e 11 - Ausência de sarjeta e boca-de-lobo em ruas de São João Del-Rei.



As inundações de janeiro de 2012 são classificadas pela defesa Civil como o pior desastre ocorrido no município, pois deixou 143 desalojados, dois desabrigados

e afetou 2.218 pessoas (Figuras 12 e 13). Do ano de 2001 a 2012 a Defesa Civil de São João Del-Rei registrou quatro ocorrências de deslizamento, sendo duas em 2004 no bairro Tejuco e Pio XII e em 2008 no bairro Tejuco e Centro.

Figura 12 - Enchente em 2012 no bairro Nossa Senhora de Fátima, São João Del-Rei



Fonte: <<http://jornaloprogresso.blogspot.com.br>> Acesso em: 14 set. 2013

Figura 13 - Após a enchente de janeiro de 2012 no bairro Nossa Senhora de Fátima



Fonte: Imagem de Thiago Morandi. Disponível em: <<http://www.gazetadesaojoadelrei.com.br>> Acesso em: 14 de set. 2013.

A análise dos dados da Defesa Civil do município, que inclui as ocorrências e do número de pessoas afetadas, somado aos resultados do presente estudo indica que as inundações configuram-se como principal tipologia de desastre natural no município, perfazendo cerca de 60% dos registros de desastres no período de 2001 a 2012. As inundações resultam de uma confluência de fatores naturais e antrópicos, alguns desses apresentados nessa pesquisa.

Conclusão

A expansão urbana de São João Del-Rei para áreas de risco constitui um processo histórico, iniciado com a instalação do núcleo urbano na planície de inundação do córrego do Lenheiro (bacia do Água-Limpa) e expandindo, sobretudo, pelas vertentes de cobertura pedológica suscetíveis à processos erosivos e áreas de planície de inundação.

Os aspectos paisagísticos e o modo de ocupação da cidade condicionam a uma relação problemática entre o urbano e a natureza, representada por mais de 8.000 pessoas afetadas por desastres naturais de 2001 a 2012 no município. A ocupação de áreas de baixa declividade (2%) e das margens de rios, o alto índice pluviométrico concentrado em um único período do ano, a impermeabilização de vertentes e a precária infraestrutura de drenagem urbana são alguns dos fatores que configuram as inundações naturais dos canais fluviais e alagamento como causas de danos humanos e materiais. Outro aspecto identificado por meio do presente estudo foi a presença de bairros populares e de alto padrão em bordas de voçoroca.

Diante desse cenário e da carência de base cartográfica sobre o território de São João Del-Rei, destaca-se a importância desta pesquisa por concretizar a elaboração de uma base de dados georreferenciados, que possibilita a espacialização e a análise integrada de dados ambientais, subsidiando a elaboração de diagnósticos ambientais em diversas temáticas. A base de dados será disponibilizada, gratuitamente, na web em extensão DWG e JPG, para que pesquisadores e gestores possam utilizá-la para o desenvolvimento de novas pesquisas e ações mitigadoras.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro por meio de bolsa de Iniciação Científica.

Referências Bibliográficas

AMARAL, R.; RIBEIRO, R. R. Inundação e Enchentes. In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Org.) **Desastres naturais**: conhecer para prevenir. São Paulo : Instituto Geológico, 2009.

ÁVILA, F.F. **Análise da cobertura pedológica em uma topossequência na bacia do córrego das Pereiras** - Depressão de Gouveia/MG. Dissertação (Mestrado). Belo Horizonte: IGC/UFMG, 2009.

Brasil. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres. **Anuário brasileiro de desastres**

naturais: 2012 - Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres. Brasília: CENAD, 2012.

CÂMARA, G.; DAVIS, C; MONTEIRO, A. M.; D'AGE, J. C. L. **Geoprocessamento: Teoria e Aplicações**. São José dos Campo: INPE, Edição On-line, 1999. v. 1. Disponível em: < <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/> >. Acesso em: 17 fev. 2015.

CASTRO, A. L. C. **Glossário de defesa civil**: estudo de riscos e medicina de desastres. Brasília: MPO/ Departamento de Defesa Civil, 1998 283 p.

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. **Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2010: volume Minas Gerais**. Florianópolis: CEPED UFSC, 2011.

CHADWICK, G. **Una visión sistêmica del planeamiento**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 1973.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de sistemas em Geografia**. São Paulo: Hucitec/Edusp. 1979.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; FILHO, P. H.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento Remoto e geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001. Disponível em: <<https://www.ufpe.br/latecgeo/images/PDF/senso%20e%20geoprocessamento.pdf>>. Acesso em: 17 fev. 2015.

DEAN, W. **A Ferro e Fogo**. São Paulo: Companhia das Letras, 1996.

ESTRATEGIA INTERNACIONAL PARA LA REDUCCIÓN DE DESASTRES (EIRD). **Vivir con el riesgo**: informe mundial sobre iniciativas para la reducción de desastres. [S.I.]: Secretaría Interinstitucional de la Estrategia Internacional para La Reducción de Desastres, Naciones Unidas (EIRD/ONU), 2004. Disponível em: <<http://www.eird.org/>>. Acesso em: 12 fev. 2015.

FERREIRA, L. R. M. et al. **Recursos hídricos: cadastramento dos usuários de água do Alto rio Grande, município de Lavras-Minas Gerais**. São João Del Rei-MG: Instituto Voçorocas, Instituto Voçorocas- Diagnósticos Socioambientais da Bacia Alto rio Grande- GD1, Número 11, 2012. 39p.

FUNARI, P. P. A. **A vida cotidiana na Roma antiga**. São Paulo: Annablume, 2003.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Diagnóstico da Bacia Hidrográfica do Rio das Mortes e Jacaré**. Versão digital preliminar – em fase de complementação e revisão. CBH, vertentes do Rio Grande, 2010. Disponível em: <<http://www.pdrh-gd2.com.br/>> Acesso em: 07 set. 2013.

JACOB, A. C. P. **Você sabe qual a diferença entre alagamento e inundação?** Rio de Janeiro:[S.I.], 2014. Disponível em: < <http://aquafluxus.com.br/> >. Acesso em: 17 fev. 2015.

LE GOFF, J. **História e memória**. (1924). Tradução Bernardo Leitão [et al.]. Campinas: Editora da UNICAMP, 1990.

LEPSCH, I. F.; JÚNIOR, R. B. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. [s.l.]: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983.

MARCHIORI, D. G.; SANTORO, J. Gerenciamento de Desastres Naturais. In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Org.) **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo : Instituto Geológico, 2009.

MARICATO, E. **Habitação e Cidade**. São Paulo: Atual, 1997.

MEDEIROS, J S; CÂMARA, Gilberto. **Geoprocessamento para projetos ambientais**. São José dos Campos: INPE, 2001. 1-35. Disponível em: <www.dpi.inpe.br/gilberto/livro>. Acesso em: 12 jan. 2012.

PORATH, S. L. **A paisagem de riosurbanos** : a presença do Rio Itajaí-Açu na cidade de Blumenau. 2004. 150f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina.

PÔSSA, E. M.; ASSIS, L. F.; FERREIRA, D. F.; VENTORINI, S. E. **Base de dados cartográficos e o diagnóstico ambiental: a bacia do Córrego do Júlio – São João Del-Rei – MG**. Disponível em: < www.eng2012.org.br>. Acesso em: 14 out. 2012.

SAADI, A.; BEZERRA, F. H. R.; COSTA, R. D.; IGREJA, H. L. S.; FRANZINELLI, E. Neotectônica da Plataforma Brasileira. In: SOUZA, C. R. et al (org.). **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, 2005.

SAITO, S. M. ; SAUSEN, T. M. ; PARDI LACRUZ, M.S. ; MADRUGA, R. A. ; LIMA JÚNIOR, E.R. . Avaliação dos desastres naturais ocorridos no Rio Grande do Sul em 2008. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011.

SANTOS, M. **Metamorfoses do espaço habitado**. São Paulo: editora USP, 2008.

TOMINAGA, L. K. Escorregamentos. In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Org.) **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo : Instituto Geológico, 2009.

ZACHARIAS, A. A. **A representação gráfica das unidades de paisagem no zoneamento ambiental**. São Paulo: Ed. UNESP, 2010.

Recebido em: 03/02/2014

Aprovado para publicação em: 25/09/2014